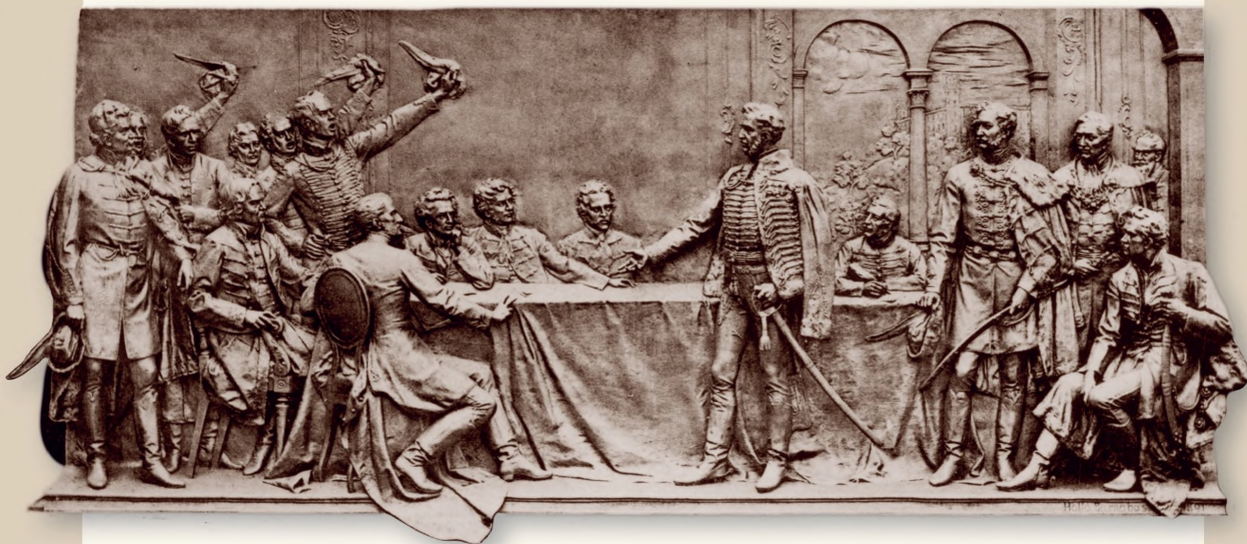


MAGYAR TUDOMÁNY

Ábrahám Péter és munkatársai
A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA
FIZIKAI TUDOMÁNYOK OSZTÁLYÁNAK
ÜNNEPI ÖSSZEÁLLÍTÁSA

Vikárius László és munkatársai
ZENEI LEVELEK



MAGYAR TUDOMÁNY

A Magyar Tudományos Akadémia folyóirata

Főszerkesztő

BOLLOBÁS ENIKŐ

Szerkesztőbizottság

BAZSA GYÖRGY – BORHY LÁSZLÓ – BOZÓ LÁSZLÓ – CSABA LÁSZLÓ
HAMZA GÁBOR – KECSKEMÉTI GÁBOR – KENESEI ISTVÁN
MOLNÁR ANTAL – PÉCELI GÁBOR – PLÉH CSABA – RÓNYAI LAJOS
SIMON FERENC – SOLTI LÁSZLÓ – SPÄT ANDRÁS – VÉRTESSY BEÁTA

Vezető szerkesztő

GEIGER ILDIKÓ

Felelős szerkesztő

SZABÓ ÉVA ESZTER

Szaklektorok

HEGYI PÁL – SZABADOS LÁSZLÓ – TERNÁK GÁBOR

Szerkesztő, rovatvezető (Könyvszemle)

SÜTŐ CSABA ANDRÁS

Olvasószerkesztő

MAJOROS KLÁRA



MTA 200 ÉVES
A MAGYAR
TUDOMÁNYOS
AKADÉMIA

Megjelenik
a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával

HU ISSN 0025 0325

A kiadásért felelős az Akadémiai Kiadó Zrt. igazgatója

Felelős szerkesztő: Thimar Márta

Olvasószerkesztő: Pócsi-Fodor Petronella

Korrektúra: Török Tünde

Termékmenedzser: Egri Róbert

Fedélterv: Petrányi Réka

Tipográfia, tördelés: Berkes Tamás



Készült a Gyomai Kner Nyomda Zrt.-ben 2025-ben.

Felelős vezető: Balla László vezérigazgató

www.gyomaikner.hu

Megjelent 20,02 (A/5) ív terjedelemben

BICENTENÁRIUMI ÖSSZEÁLLÍTÁS

A Magyar Tudományos Akadémia
Fizikai Tudományok Osztályának ünnepi összeállítása
A magyarországi fizika és csillagászat fejlődése és jövőképe

Bicentennial Collection of the Physical Sciences Section
of the Hungarian Academy of Sciences
The Evolution and Future Prospects of Physics and Astronomy in Hungary

Vendégszerkesztő: Ábrahám Péter

Bevezetés

Introduction

Csabai István

az MTA rendes tagja, egyetemi tanár, a Fizikai Tudományok Osztályának elnöke;
Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar Fizikai és Csillagászati Intézet, Budapest
istvan.csabai@ttk.elte.hu

A Magyar Tudományos Akadémia osztályai közül a XI., utolsó sorszámot hordozza a Fizikai Tudományok Osztálya. Ahogy ebben a kötetben Sólyom Jenő akadémikus történeti összefoglalójában írja, ez az Akadémia egyik legfiatalabb osztálya, 1993-ban önállósodott a Matematikai és Fizikai Tudományok Osztályából. Fizikusként elfogult vagyok ugyan, de számomra a fizika – beleértve a csillagászatot is, ami formálisan is osztályunkhoz tartozik – az egyik legrégebb tudomány. Így engedtessek meg, hogy a beköszöntőben ne csak az MTA elmúlt 200 évére szűkítve, hanem általában ünnepeljük a fizikát.

Noha a világegyetem, az élet és az emberi természet nagy kérdéseinek mindegyikén ősidők óta gondolkodtak eleink, talán a mechanika törvényeinek megértése volt a modern természettudományokat megalapozó első áttörés. A mechanika, a mozgás alaptörvényeit érdekes módon nem a földi jelenségek vizsgálatával sikerült feltárni. Ezzel kapcsolatban fel is lebbentem a fátylat a fizikusok titkáról: a legegyszerűbb jelenségeket kell kiválasztani a vizsgálat tárgyaként, amelyeket néhány betűs képletekkel pontosan le lehet írni. A földi zűrzavarban minden bonyolult, és gyakran lehetetlen kihívás elvonatkoztatni a zavaró tényezőktől. Nem is csoda, hogy Arisztotelész úgy gondolta, hogy egy tárgyra folyamatosan erővel kell hatni ahhoz, hogy egyenes

vonaltú egyenletes mozgása fennmaradjon. Azt hitte, amit a hétköznapi tapasztalat sugall bárkinek, hogy a mozgáshoz erő kell, a tárgyak maguktól megállnak, ha az erőhatást megszüntetik. Ma már tudjuk, hogy a súrlódás és közegellenállás mozgással ellentétes ereje nem engedi, hogy egy elindított test megtartsa egyenletes mozgását. Ahhoz, hogy erre rájövünk, a mennyei szférákba kellett tekinteni, ahol a „földi gyarlóságok” nem szennyezik a tiszta törvények érvényesülését. A Nap és a Föld olyan messze vannak egymástól, hogy el lehet hanyagolni belső részleteiket, és pontszerű objektumoknak lehet tekinteni azokat. Lényeges tulajdonságaik tömegükre, sebességükre és egymástól való távolságukra egyszerűsödnek. És ami még fontosabb, közöttük nincs semmi, azaz hétköznapi értelemben a „semmi”, vagyis vákuum van, ami nem zavarja szabad mozgásukat. (Megjegyzem, a modern részecskefizikai felfogás szerint a vákuum nem „semmi”, hanem a részecskék és antirészecskék komplex színtere, de a bolygómozgás szempontjából ez elhanyagolható.) Az ég kristálykupoláján vonuló fényes pontok évezredek át gyűjtött megfigyeléseiből lehetett végül meghatározni az égitestek mozgását vezérlő *törvényeket*. Mai ésszel nehéz is felfogni, hogy milyen radikális gondolat volt annak felismerése, hogy a mennyei szférákat ugyanazok az erők vezérlik, mint a földi hétköznapi jelenségeket.

A mechanika törvényeinek feltárását sorra követte a hőtan, az elektromosság, majd az atomok viselkedésének megismerése. Mára értjük, hogy az anyag részecskékből áll, amelyek a magfizika törvényei szerint földi viszonyok között csak a periódusos rendszerben található stabil atomokba rendeződnek. Innen a kémia, biológia és további tudományok veszik át a stafétát, és írják le a molekulák a sejtek vagy az emberi elme működését. A fizika jelenségeinek egyre szélesebb körű és egyre pontosabb megértése nemcsak az ősi vágyat elégítette ki, hogy megértsük, hogyan épül fel a világ a mikroszkopikus elemekből, hogyan vezérlik a természet törvényei a jelenségeket, hanem a tudásra technológiák épültek. Arthur C. Clarke-tól származik az az aforizma, hogy „[b]ármely fejlett technológia megkülönböztethetetlen a varázslatoktól” (Clarke 1973, 21). Valóban, a mechanika és a statika törvényeinek megértése tette lehetővé, hogy katedrálisokat építsünk. A termodinamika központi kérdésköre volt a hőerőgépek leírása, erre alapozva vált valóra a „hétmérföldes csizma”, a gőzgép, a robbanómotor és a sugárhajtómű, lehetővé téve, hogy kontinenseket és óceánokat szeljünk át.

A kvantummechanikának 2025-ben ünnepeljük a 100. születésnapját, erről szeptemberben az MTA-n is megemlékeztünk „A kvantumok világa – a 21. század életének formálójá” című előadás-sorozat keretében. Az absztrakt elméleti alapokra épülő szilárdtestfizika feltárta az anyag kristályszerkezetének és benne az elektronok gyakran meglepő viselkedését. Kiderült, hogy nemcsak vezetők és szigetelők vannak, hanem félvezetők is, amelyekből mikroszkopikus kapcsolók, tranzisztorok építhetők. Ezek milliárdjai lapulnak mindegyikünk zsebében, és adják kezünkbe a „varázstüköröt”, amivel videócsatelhetünk távoli szeretteinkkel.

A tudomány és technológia karöltve hozza létre az egyre újabb csodákat, amelyek közül az egyik legújabb és legdinamikusabban fejlődő terület a számítástechnika. Ez már önálló tudományágként áthatja mindennapjainkat és a legtöbb diszciplínát is.

Megváltozott módon műveljük a tudományt. Még harminc éve is szinte kizárólag „kézzel” gyűjtöttük és elemeztük az adatokat. A csillagász saját szemével nézett a távcsőbe, később pedig a fotólemezekre rögzült képeken maga számolgatta a csillagokat, galaxisokat. Épp e sorok írásakor kezdett működni a Rubin Observatórium: 8,4 méter átmérőjű tükrével és 3,2 gigapixeles kamerájával tíz óra alatt több mint 10 millió galaxist fotózott le, és felfedezett több mint 2000 új aszteroidát. Már az adatok gyűjtése is csak számítógépekkel lehetséges, és elemzésük is elképzelhetetlen gépi segítség nélkül. A genetikától a társadalomtudományokig sorolhatnánk a példákat, hogyan alakult át a közelmúltban a tudomány művelése, hogyan váltak elérhetővé eddig elképzelhetetlen vizsgálatok.

Itt el is jutunk a legfrissebb csodához: a mesterséges intelligenciához. Alan Turing közvetlen munkatársa, Irving Good mintegy hatvan évvel ezelőtti jóslata szerint az első „ultraintelligens gép” lehet az emberiség utolsó találmánya (Good 1965, 31–88). Még alig lépett ki a csecsemőkorból – már ha egyik közismert inkarnációjával, a ChatGPT 2022. novemberi születésével datáljuk –, de már most sok mindenben felveszi a versenyt az emberi intelligenciával. 2024-ben a fizikai Nobel-díjat John Hopfield és Geoffrey Hinton kapták „a mesterséges neurális hálózatokkal végzett gépi tanulást lehetővé tevő alapvető felfedezésekért és találmányokért”. Tréfásan és szerénytelenül egyik fizikus kolléga megjegyezte, hogy ez alapján nemcsak az elektromosság vagy a nukleáris energia csodáit köszönheti az emberiség a fizikusoknak, hanem a mesterséges intelligenciát is. Meglátjuk majd, hogy köszönet vagy elátkozás jár érte.

Az eredendő kíváncsiság, hogy feltárjuk a természet titkait, számos hasznos csodát eredményezett. Tévedés lenne azonban azt hinni, hogy csak a rögtön, közvetlenül hasznosítható eredményekre kellene ezentúl fókuszálni. Részben azért, mert nem tudhatjuk, hogy melyik „haszontalan” teória eredménye fog segíteni a jövőben egy fontos társadalmi probléma megoldásában. Ernest Rutherfordnak tulajdonítják a mondást: „aki azt gondolja, hogy az atommag energiáját gyakorlati célokra lehet hasznosítani, az bolondságokat beszél”. Azóta számos nukleáris erőmű üzemel, és a világ energiagondjait nagyrészt megoldaná a kontrollált magfúzió megvalósítása. De talán ennél is fontosabb, hogy az alapkutatás, a természet fundamentális jelenségeinek megértése önmagában is az emberiség egyik legfontosabb, ősidők óta tartó vágya. Nem akarok ünneprontó lenni és felsorolni az alapkutatásokat és a tudomány intézményeit világszerte érő támadásokat, valamint emiatt érzett félelmeinket és aggodalmainkat. Inkább azzal zárom a bevezetést, hogy bízzunk abban, hogy a társadalom továbbra is érteni fogja, hogy tudomány és benne a fizika nélkül szó szerint és átvitt értelemben is szegényebb lenne a világ.

Irodalomjegyzék

- Clarke, Arthur C. (1973). „Hazards of Prophecy: The Failure of Imagination”. In: *Practical Files of the Future: An Inquiry into the Limits of the Possible*. New York, NY: Harper & Row, 23–31.
- Good, Irving J. (1965). „Speculations Concerning the First Ultraintelligent Machine”. In: Alt, Franz L. – Rubinoff, Morris, szerk. *Advances in Computers* 6. New York, NY: Academic Press, 31–80.

A Természettudomány Osztályától a Fizikai Tudományok Osztályáig

From the Section of Natural Sciences to the Section of Physical Sciences

Sólyom Jenő

az MTA rendes tagja, professor emeritus, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest;
HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest
solyom.jeno@wigner.hu

Összefoglalás

A Magyar Tudományos Akadémiának a fizika és csillagászat tudományterületet átfogó osztálya, a Fizikai Tudományok Osztálya az Akadémia indulásakor megalakult Természettudományi Osztályból jött létre több átalakulás során. A cikk ezt a fejlődési folyamatot mutatja be, röviden ismertetve azoknak a fizikus és csillagász akadémikusoknak a munkásságát, akik az Akadémia 200 éve alatt meghatározó szerepet játszottak a magyar tudományosságban e két tudományterületen.

Abstract

The Section of Physical Sciences of the Hungarian Academy of Sciences covering the disciplines of physics and astronomy evolved after several transformations from the Section of Natural Sciences, which was established when the Academy was founded. The article outlines this process of development, providing brief descriptions of the work of the physicists and astronomers who played a pivotal role in Hungarian science in these two fields over the last 200 years.

Kulcsszavak: fizika, csillagászat, Természettudományi Osztály, Fizikai Tudományok Osztálya

Keywords: physics, astronomy, Section of Natural Sciences, Section of Physical Sciences

A Fizikai Tudományok Osztálya az Akadémia egyik legfiatalabb osztálya. 1993-ban önállósodott a Matematikai és Fizikai Tudományok Osztályából. A fizika tudománya – és az Osztályhoz tartozó másik nagy tudományterület, a csillagászat – azonban a kezdetektől jelen volt a Magyar Tudós Társaságban.

Széchenyi Istvánnak az országgyűlésben elhangzott felajánlása után néhány héttel a nádorhoz beterjesztett, Vay Ábrahám által összeállított tervezet¹ négy fő osztályba javasolta sorolni azokat a tudományokat, „amellyekkel a’ Tudós Társaság Tagjai foglalatostkodnának”. A tervezet szerint a Philologia, a Philosophia és a Mathesis mellett

¹ *Plánuma a felállítandó Magyar Nemzeti Tudós Társaságnak.* Alkotó küldöttség jegyzőkönyve és irományai. MTA KIK Kézirattár. A 299. IV.

a negyedik osztály a Physica lett volna, „[i]de tartozna a' Természetet gyönyörködve és bölcselkedve vizsgáló ama szép és nagy Tudomány, egész nagy kiterjedésében, tudni illik a' Physica”. De a fizikát Vay a φυσικη jelentésének megfelelően az egész természettudományra értette, hiszen javaslata szerint ide tartozott volna „a' Természet és Orvosi Tudomány, s' minden Természeti Tudományok is. Ide lehetne igen helyyesen rendelni az Oeconomyát, és a' Kereskedés Tudományát is”.

Így érthető, hogy a következő tervezetekben Physica helyett már Természettudomány szerepelt az addigra hatra bővült osztályok nevének felsorolásánál, és ezt rögzítette az első „alaprajz” és „rendszer” is. Ehhez az osztályhoz tartozott a kísérleti természettan. A matematikai természetant, mai szóhasználatnál az elméleti fizikát, valamint a csillagászatot viszont a Matematika Osztályához sorolták.

Az osztályok igazi elkülönülése csak az 1840-es évek közepén történt. Amint Arany János főtitkár erre az időre visszatekintve írta:

„Midőn társaságunk először, hat osztályban ugyan, a hat fő tudomány szerint, megalakult: ez osztályok nem voltak az önálló munkálkodás igényei szerint elkülönítve. Az egész akadémia mindig együtt tartó ülését, s általában, híven az alapszabályaiban kitűzött célhoz: »a tudományok magyar nyelven mivélése és terjesztése«, – inkább »nyelvmivelő« társulatnak tekinté magát, a hazafiak régi ohajtása értelmében, mint szak szerint munkálkodó tudományos egyesületnek.” (Arany 1876, 7)

Csak 1845-ben osztották be a hazai levelező tagokat az osztályokhoz, és az összes ülések mellett akkortól tartottak az osztályok külön ún. kis gyűléseket. Ezeken időnként elhangzott egy-egy beszámoló egy csillagászati eseményről, például az „1832 November 13-án Budán szemlélt tüzes-égi tűneményekről”, az „1847 october 8-dikán bekövetkezett gyűrűidomú napfogyatkozásról” vagy a Neptunusz bolygó felfedezéséről. Fizikai tárgyú előadás az első évtizedekben mindössze egy volt, az is egy matematikustól egy elméleti mechanikai problémáról, a d'Alembert-elv alkalmazhatóságáról szolt.

1850 nyarától, amikor a szabadságharc bukása után – ha korlátozott formában is – újra lehetővé vált a heti ülések tartása, a matematikai osztály – mivel helybeli tagjainak száma háromra olvadt – a természettudományi osztállyal közösen tartotta üléseit. Ezt a kényszerű összevonást a kiegyezés után, 1869-ben elfogadott alapszabály törvényesítette. Az osztályok száma hatról háromra csökkent, a fizika pedig ettől kezdve háromnegyed évszázadig a Matematikai és Természettudományok Osztályához tartozott.

Csillagászok az Akadémián

A fizika 19. század eleji magyarországi helyzetét jól mutatja, hogy amikor az első tagok megválasztása előtt az igazgatóság kereste az alkalmas személyeket, ezen a területen nem találtak olyanokat, akik „ezen tudós Társaságra nézve magukat érdeme-sekké tették”. Akadt viszont egy csillagász, Tittel Pál (1784–1831), korábban az egri

érseki csillagvizsgáló vezetője, 1824-től a budai csillagvizsgáló igazgatója, a pesti egyetemen az asztronómia tanára, akit az igazgatótanács méltónak talált arra, hogy 1830-ban beválassza az első tagok közé. Korai, 1831-ben bekövetkezett halála után az ő pótlása sem volt könnyű. Hamarosan az Akadémia tagja lett szopori Nagy Károly (1797–1868), aki csillagászzal is foglalkozott, és 1845-ben Bicskén csillagászati obszervatórium építésébe kezdett, bár 1833-ban más, főleg matematikai tárgyú irodalmi munkássága miatt választották levelező tagnak.

Nagy Károly 1849-től emigrációban élt, és 1861-ig kellett várni, amíg újra bekerült egy csillagász érdeklődésű, Kondor Gusztáv (1825–1897) az Akadémiára. Asztrometria tárgykörből szerzett magántanári képesítést, majdnem három évtizedig ő állította össze az *Akadémiai Almanach* számára az „égi jeleneteket” is tartalmazó csillagászati naptárt, a pesti főreáliskolában és az egyetemen azonban matematikát tanított.

A csillagászat akkor jelenhetett meg nagyobb súllyal az Osztályon belül, amikor egymás után három csillagdaalapítót is taggá választottak, akik közül ketten aktívan művelték is azt a tudományt. Konkoly Thege Miklós (1842–1916) 1871-ben állította fel obszervatóriumát ógyallai birtokán, és kezdett hozzá a napfoltok, a protuberanciák és hullócsillagok rendszeres megfigyeléséhez, majd munkatársai-val spektroszkópiai vizsgálatokat is végzett. Ezek elismeréseként lett 1876-ban az Akadémia tagja. Csillagdáját később a magyar államnak adományozta. A Felvidék cseh megszállása előtti napokban a legfőbb eszközöket sikerült átmenekíteni a Dunán, s azok alapozták meg a svábhegyi Csillagvizsgálót, a mai Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet elődjét.

Báró Podmaniczky Géza (1839–1923) 1885-ben kiskartali birtokán létesített magáncsillagdát, ahol a csillagászat iránt érdeklődő felesége, Dégenfeld-Schomberg Berta grófnő Kövesligethy Radó segítségével az elsők között figyelt meg egy extragalaktikus szupernóvát, ami nagy feltűnést keltett. Podmaniczky Gézát 1889-ben a tudomány bőkezű mecénásaként választották tiszteleti taggá, de feleségével együtt ő maga is részt vett a csillagászati megfigyelésekben. A kiskartali obszervatórium nagy távcsöve még Podmaniczky életében szintén a svábhegyi Csillagvizsgálóba került.

1890-ben pedig Gothard Jenőt (1857–1909) választották az Akadémia levelező tagjává, aki 1881-ben herényi birtokán állított fel obszervatóriumot, ahol testvérével, Gothard Sándorral az üstökösök spektroszkópiai megfigyelésével és égi fényképezéssel foglalkozott. Műszereinek többségét saját műhelyében maga építette.

Konkoly ógyallai obszervatóriumában és Podmaniczky Géza kiskartali csillagdájában is dolgozott egy időben Kövesligethy Radó (1862–1934), akit csillagászati munkáiért 1894-ben választottak levelező taggá. Addigra viszont már inkább a földrengések érdekelték. Így, Konkoly Thege Miklós halála után, bár egy ideig még voltak az Osztálynak olyan tagjai, akiket csillagászzal kapcsolatos munkájuk miatt választottak meg, egy hosszabb időszak következett, amikor a tagok között nem volt csillagászati megfigyelésekkel vagy asztrofizikával aktívan foglalkozó személy.

Természettanárak az akadémikusok között

A hazai csillagászat helyzetét az tette nehezzé, hogy a budai csillagda 1849-es megsemmisülése után mintegy háromnegyed évszázadig sem Pesten, sem Budán nem volt csillagvizsgáló, s részben emiatt a csillagászatnak évtizedekig nem volt kinevezett tanára a pesti egyetemen. A hazai fizika sem volt sokkal jobb helyzetben az Akadémia működésének első évtizedében. Jedlik Ányos 1839-es kinevezése előtt évekig csak helyettes tanárok tanították a fizikát a pesti egyetemen. A második tudományegyetemen, a kolozsvárin csak 1871-ben indult meg a tanítás. A Műegyetem elődjében, az Ipartanodában, majd a Joseph Polytechnicumban a fizikaoktatás akkor emelkedett magasabb szintre, miután 1847-ben Sztoczek József nyert kinevezést a fizika tanszékére.

Az Akadémia viszont már korábban szükségét érezte, hogy fizikával foglalkozót is megválasszanak. Amint fogalmaztak, „a' kérdéses osztálynak vannak orvosai, van természethistoricus, gazdája; ideje, hogy a' physicára is legyen külön tag”. Így kerültek be az Akadémiára középfokú iskolában természettant tanító tanárok, akiknek legalább tankönyvírói múltjuk volt. Az első ebben a sorban az 1838-ban levelező taggá választott Tarczy Lajos (1807–1881), a pápai református kollégium tanára volt.

Azért esett rá a választás, mert „egyetlen physica' tanítója a' hazában, ki tudományát magyarul dolgozta ki”. Kétkötetes *Természettan az alkalmazott mathesissel egyesülve* című munkája saját korában is váltott ki vitákat, a közülés elé terjesztett jelentés azonban a könyv második, *Természettan* című, teljesen átdolgozott kiadását az 1841 és 1844 között megjelent természettudományi munkák legjobbjának tartotta (Tarczy 1843; 1844). A jelentés kiemelte „a munkának a tudomány legújabb állásához képesti jeles kidolgozását”, és azt, hogy „ily tökéletes természettant jelenleg nyelvünkön nem bírunk”. Ennek alapján Tarczy Lajos 1845-ben, a fizika területén elsőként, az Akadémia nagyjutalmát is megkapta.

Időben előre ugorva, a gimnáziumi tanárként akadémikussá választottak sorában az utolsó az 1921-ben levelező taggá választott Mikola Sándor (1871–1945), a Fasori Evangélikus Gimnázium tanára, az Eötvös Loránd által elképzelt tudós-tanár kiváló példája volt. Tanári munkája mellett a dielektrikumok vizsgálatával is foglalkozott. Több cikke jelent meg német nyelvterületen tudományos folyóiratokban. Székfoglalóját is e témából tartotta. Később a fizikatanítás problémái és a fizika ismeretelméleti kérdései foglalkoztatták. Ő volt Wigner Jenő fizikatanára a fasori gimnáziumban.

Fizikusok vagy mérnökök?

Az első fizikus tagok, akik már kutatómunkát is végeztek, 1858-ban kerültek be az Akadémiára, amikor a Bach-korszak enyhülése újra lehetővé tette a nagygyűlés összehívását és új tagok választását. Az év végén tartott nagygyűlésen levelező taggá választották Jedlik Ányost (1800–1895) és Sztoczek Józsefet (1819–1890), majd Jedliket még aznap rendes taggá választották. Ugyanez történt Petzval Ottó matematikussal és Arany Jánossal is. Az 1860-as években pedig az Akadémia tagja lett

Szily Kálmán (1838–1924) és Akin Károly (1830–1893). Míg Jedliket természetes módon tekintjük az első komoly eredményeket elért magyar fizikusnak, Sztoczek és Szily esetében magyarázatot igényel, miért soroljuk őket a fizikus akademikusok közé. Akin neve pedig ma már szinte ismeretlen, mégis meg kell emlékezni róla, mert sajnálatosan szomorú szerepet játszott a fizika és az Akadémia kapcsolatában.

Amint Jedlik halálakor Eötvös Loránd írta: Jedlik Ányos „kellő iskolai előképzettség, vele együtt haladók támogatása és útbaigazító tanácsa nélkül, egyedül a maga erejéből, lankadatlan tudmányszeretete által serkentve, küzdötte ő fel magát e század felfedezőinak sorába” (Eötvös 1897, 288). Úgy tette le a pesti egyetemen matematikából és fizikából a doktori szigorlatot, hogy előtte csak a győri bencés líceumban végzett ilyen irányú tanulmányokat. Győri tanári éve alatt kezdett elektromosságtannal foglalkozni, és alkotta meg a „villamdelejes forgonyt”, az első egyenáramú elektromágneses motort. Visszahúzódo természete miatt azonban később, a pesti egyetemen sem alakult ki körülötte olyan tanítványi gárda, amelybe átörököthette volna kísérletező kedvét, pedig 1840-től 1878-ig volt a kísérleti fizika tanára.

Sztoczek József mérnöki végzettségű volt, életpályája a Műegyetemhez, illetve annak elődintézményeihez kötődik, mégis joggal tekinthetjük az Akadémia fizikus tagjának. Levelező taggá választásakor a Joseph Polytechnicumban az általános és technikai természettan rendes tanára volt, akinek akadémiai ajánlása mellett ez állt: „kitűnő physicus”. Az Akadémia centenáriumán Zelovich Kornél úgy emlékezett róla, hogy „Sztoczek volt az első, aki hazánkban a fizikai jelenségek törvényszerűségében a matematikai analízis fontos segédeszközét alkalmazta”.

Jedlik és Sztoczek megjelenése az Akadémián új szint hozott annak életébe. Amint Sztoczek halálakor Szily Kálmán írta:

„1858-ban, mikor Sztoczek az Akadémia tagjává választatott, a matematikai és természettudományi osztályban régi világbeli mérnökök, mezőgazdák és orvosok tették a tagok többségét. Bizonyos kedélyes dilettánság ömlött el az egész osztály működésén, s ez okból nem is volt az osztálynak valami nagy tekintélye az Akadémiában. Sztoczek és a vele egyidejűleg, vagy kevéssel utána beválasztott tagok alakították át e szellemet. Föllépésük, tudományos érvelésük s vitatkozási módjuk eleinte meglepte, de csakhamar tiszteletre gerjesztette a régi tagokat.” (Szily 1892, 629)

Sztoczek egyébként is fontos szerepet töltött be a Természettudományi Osztály életében. Eötvös József elnök 1866 végén felkérte az osztályokat, hogy beszéljék meg,

„miképpen válhatnak a jövőben az osztály felolvasásai az akadémián olyanokká, hogy az önálló tudományos nyomozásokon és fejtegetéseken kívül – a melyek saját tudományunkat öregbítik vagy előbbre is viszik, tehát mindig fő tárgyai maradnak a felolvasásoknak – egyfelől az érdekeltséget ébren tartásák, másfelől általok közvetítő legyen az osztály a külföldi tudomány

és a' magyar közönség közt, miszerint ez folyvást korán tájékozva legyen az európai tudomány állásáról”²,

s ennek érdekében válasszanak elnököt maguknak. Az évek óta közösen ülésező Matematikai és Természettudományi Osztály Sztoczek Józsefet választotta meg. 1869-ben alapszabályban is rögzítették, hogy az osztályoknak saját elnökük van. A hivatalosan is összevont Matematikai és Természettudományi Osztály 1870-ben újra Sztoczeket választotta elnökének, majd még négyszer újraválasztotta. 1886-ban mondott le erről a tisztségről, amikor az Akadémia másodelnökévé választották.

Általában Szily Kálmánt sem fizikusként ismerik, hanem mérnökként vagy még inkább nyelvészként. Ő később az MTA főtitkáráként, majd főkönyvtárnokaként tevékenykedett, pedig 1861-ban a kísérleti természettan helyettes tanáraként kezdte pályáját a Joseph Polytechnicumban, 1870-től pedig a matematikai természettan és az analitikai mechanika rendes tanára volt. Levelező és rendes tagi székfoglalójában is hőtani kérdésekkel foglalkozott, és haláláig a Matematikai és Természettudományok Osztálya tagja maradt.

„Physikai terem” az Akadémia palotájában

Az 1868-ban levelező taggá választott Akin Károlyhoz a fizika és az Akadémia kapcsolatának egy szomorú epizódja kapcsolódik. Nem sokkal a Bach-korszakot követő újrakezdés után, 1861-ben, az Akadémia Matematikai és Természettudományi Állandó Bizottsága által kiadott *Mathematikai és Természettudományi Közlemények* első számának beköszöntőjében a szerkesztő, Szabó József arról írt, hogy:

„látom immár és pedig nem messze jövőben, mikor az állam részéről évenkénti segélyezéssel dotált Akadémiában observatorium, nagyszerű physikai terem és vegytani laboratórium lesz minden szükségességgel felszerelve, s a nemzet tekintélyesebb tudósai, biztosítva anyagi gondok ellen, az ifjabb erők segédkezése mellett, tisztán tudományuknak élve töltik napjaikat.” (Szabó 1861, IX)

Az 1864-ben elkészült székház tervezésekor valóban gondoltak arra, hogy az épületben fizikai, vegytani, valamint föld- és őslénytani termeket alakítsanak ki. A jelenlegi Elnöki tanácsstermet szánták „physikai teremnek”, a mai Képes terem lett volna a „physikai bizottmány szobája”, a köztük lévő előtér pedig „folyosó physikai kísérletek végzéséhez”.

Nem állami segélyezéssel, hanem az Akadémia rendelkezésére álló pénzből, 1867-ben a fizikai teremben megindulhatott a munka. Megbízták Akin Károlyt, aki hosz-

² A Nyelv- és Széptudományi Osztály 1866. dec. 8-kai Értekezletének Jegyzőkönyve. A Magyar Tudományos Akadémia iratai, 1866. MTA KIK Kézirattár, RAL A 1280.

szabb időt töltött Angliában, és több cikke jelent meg ottani folyóiratokban, hogy vásároljon kísérleti berendezéseket, rendezze be a fizikai termet, és végezzen ott fizikai kutatást az általa „felfedezett” jelenséggel, a „kalceszcenciával” kapcsolatban. A megszüről jött emberről azonban hamarosan kiderült, hogy összeférhetetlen természetű, és talán nem erős kifejezés, hogy a tudományban kókler. Semmilyen eredményt nem tudott felmutatni, az Osztály tagjaival is összeveszett, majd 1869 tavaszán külföldre távozott. Nemcsak Akin akadémiai tevékenysége szűnt meg, hanem a rossz tapasztalat miatt ez annak a végét is jelentette, hogy az Akadémia épületében fizikai laboratórium működjön. A műszereket egy ideig még őrizték, majd 1877-ben azoknak az intézményeknek adományozták, „a hol legérezhetőbb hiányokat pótolhatnak”.

Eötvös Loránd és öröksége

A nagyvilág akkor nem értesült Jedlik találmányairól. Bár a következő generációból Szily Kálmánnak megjelent néhány cikke angol és német nyelvterületen, sőt Robert Clausius, a termodinamika egyik nagy alakja reagált is rá, az első valóban nemzetközi hírnevet szerzett magyar fizikus Eötvös Loránd (1848–1919) volt. Heidelbergi tanulmányaiból hazatérve, 23 évesen lett az elméleti fizika tanára a pesti egyetemen, 25 éves korában pedig az Akadémia levelező tagja. A szívéhez és érdeklődéséhez közelebb álló kísérleti fizikai tanszék vezetését azonban csak Jedlik Ányos nyugdíjba menetele után vehette át.

Már a kapillaritással kapcsolatos vizsgálatai is maradandó eredményre, az Eötvös-törvény felismerésére vezettek. A nyolcvanas évek közepén azonban tudományos pályája új irányba fordult, amikor a gravitáció mérésével kezdett foglalkozni. Ekkor alkotta meg torziós ingáját, amely meghozta számára a világhírt, és évtizedekig a geológusok egyik legfontosabb műszere volt. A fizika számára legfontosabb eredményét is ezzel érte el, amikor munkatársaival szinte hihetetlen pontossággal igazolta a súlyos és tehetetlen tömeg arányosságát, aminek a feltételezése Einstein általános relativitáselméletének egyik alapja volt, és amely mérésről Einstein maga rendkívül elismerően írt, amikor egy más témában Eötvöshöz fordult egy kéréssel.

Jelentős szerepe volt Eötvösnek a természettudományi kutatások támogatásának megújításában. Az 1860-ban alakult matematikai és természettudományi állandó bizottság 1871-től külön költségvetési támogatásban részesült, hogy abból anyagiilag segítse a „Magyarország természettudományi megismerésére vonatkozó adatok gyűjtését” és közreadását. Ebbe akkor sem fizikai, sem csillagászati kutatások nem értek bele. Az 1878-ban megújított bizottságnak Eötvös Loránd lett az előadója. Az ő előterjesztésére a bizottság új alapokra fektette a támogatások szétosztását. Minden évben nyilvánosan meghirdetett pályázatban szólították fel „mindazon tudósokat, kik a kísérleti tudományok előbbre vitelét [...] célzó vizsgálatokra a bizottság anyagi segélyezését [...] igénybe venni kívánják”, hogy adják be tervezetüket. Bár az így támogatást nyertek között túlsúlyban voltak az állattani és növényteni „tudományos buvárlatok”, valamint az ásványtani és geológiai vizsgálatok, csillagászokat és fiziku-

sokat is találunk a támogatottak között. Többek között Gothard Jenő „spektralanalytikai” kutatásokra, Konkoly Thege Miklós az ógyallai csillagvizsgáló évkönyveinek kiadására, Fröhlich Izidor „az elhajlított fény intenzitásának” vizsgálatára kapott támogatást.

Eötvös javaslatára a III. Osztály szinte megalakulásától kezdve támogatta anyagilag az 1891-ben létrejött Matematikai és Fizikai Társulatot, az Eötvös Loránd Fizikai Társulat elődjét. Ez a támogatás a mai napig – szinte folyamatosan – fennáll.

Eötvös Loránd abban is újdonságot hozott az Akadémia életébe, hogy ő volt az első természettudós elnök, akire kiváló elődök után elsősorban kiemelkedő tudósként emlékezünk. Többszöri újraválasztása után 1905-ben azért mondott le, hogy tudományos munkájának éljen, elvégezze azt a munkát, amelyet saját szavai szerint csak ő tud teljesíteni.

Amikor Eötvös Loránd átvehette Jedliktől a Kísérleti Fizikai Intézetet, az Eötvös-nél alig néhány évvel fiatalabb Fröhlich Izidor (1852–1931) lett az elméleti fizika rendkívüli tanára. Őt 1880-ban választották levelező taggá mint „az új nemzedék egyik legkiválóbb tagját”. Eötvös Lorándhoz hasonlóan, aki közel egy fél évszázadig, 1919-ben bekövetkezett haláláig volt az egyetem tanára és évtizedekig a kísérleti fizikai intézet vezetője, Fröhlich Izidor éppen 50 évig, 1928-as nyugdíjazásáig volt az elméleti fizika tanára, 1904-től az Elméleti Fizikai Tanszergyűjtemény vezetője. Fröhlich 1913-tól haláláig az osztálytitkári tisztséget is betöltötte. Kettejüknek tehát óriási hatásuk volt a következő fizikusnemzedékre. Minden érdemük mellett nem lehet elhallgatni, hogy a klasszikus fizikában nevelkedve kutatói érdeklődésük is megmaradt a klasszikus fizikánál. Amint Eötvös egyik tanítványa, Mikola Sándor írta:

„Hiába jönnek az újnagyszerű fölfedezések, az elektromos hullámok, az elektromos sugárzások, a radioaktivitás, hiába keletkeznek új, nagyszerű kilátópontokat nyújtó elméletek, az elektromágneses fényelmélet, a sugárzás új elmélete, az elektronelmélet, a quantumelmélet, a relativitás elve, ő még elvétve sem fordul feléjük. Pedig bizonyára voltak rájuk vonatkozó eredeti gondolatai.” (Mikola 1919, 217)

A modern fizika megjelenése az Akadémián

A 20. század fizikájának két nagy, áttörést hozó eredménye, a relativitáselmélet és a kvantummechanika csak lassan tört utat magának az Akadémián. A relativitáselméletéről az 1898-ban levelező taggá választott Farkas Gyula (1847–1930), a kolozsvári egyetemen az elméleti fizika tanára, az energiakvantumokról az 1908-ban levelező taggá választott Zemplén Győző (1879–1916) tartott előadást. Sorsuk azonban megakadályozta munkájuk kiteljesedését. Farkas Gyulának szembetegsége miatt vissza kellett vonulnia az aktív oktatói és tudományos élettől, Zemplén Győző 1916-ban az olasz fronton hősi halált halt. Az első igazi, kvantumelméleten alapuló munkát vendégként Bródy Imre mutatta be. Ő azonban nem került az Akadémia tagjai közé.

Származása miatt csak az Egyesült Izzó kutatólaboratóriumában kapott állást, ahol később fontos eredményekkel gazdagította a fizikát.

Az Eötvös Loránd tanszékét a halálát követő átmeneti időszak után átvevő Tangl Károly (1869–1940) jó érzékkel segítette tehetséges tanítványai pályáját, de megmaradt a klasszikus fizikánál, így a modern fizika tulajdonképpen Ortvy Rudolf (1885–1945) elméleti és Bay Zoltán (1900–1992) kísérleti tevékenysége révén került be a magyar fizikába és az Akadémiára. Ortvy a szegedi egyetem elméleti fizikai intézetének vezetőjeként lett 1925-ben az MTA tagja. Oktatói és iskolaszervezői munkássága különösen a pesti egyetemre kerülése után teljesedett ki. Tanítványai, Gombás Pál és Neugebauer Tibor, már a harmincas évek közepétől cikkek sorát jelentették meg a kor akkor egyik legrangosabb folyóiratában, a *Zeitschrift für Physik*-ben. Az 1937-ben levelező taggá választott Bay Zoltán, Ortvy utóda a szegedi elméleti fizikai tanszék élén, valójában kísérleti fizikus volt, sőt a kor talán legjobb hazai kísérleti fizikusa, amiben akkor tudta erényeit megmutatni, amikor az Egyesült Izzó kutatólaboratóriumának vezetője és a Műegyetemen az ország első, számára alapított Atomfizikai Tanszék vezetője lett. A közelgő háború és az azt követő események azonban, amint később látjuk, munkájának hazai kiteljesedését nem tették lehetővé.

Új kutatási irányt indított el Pogány Béla (1887–1943), Gyulai Zoltán (1887–1968) és Szalay Sándor (1909–1987) is. A Kolozsvárt és Szegedet is megjárta Pogány Béla körül egy igen eredményes spektroszkópai iskola alakult ki a Műegyetemen, elsősorban két tanítványának, Schmid Rezsőnek és Gerő Lorándnak köszönhetően. Gyulai csak a hadifogságból való visszatérte után kezdhetett tudományos pályáját. Göttingai ösztöndíjas éveiben köteleződött el a szilárdtest-fizika iránt, és lett a magyar kristályfizikai iskola megalapítója. Szalay pedig cambridge-i tanulmányútja után honosította meg Debrecenben a magfizikai kutatást, és alapozta meg ezzel a debreceni magfizikai iskolát. Gyulai Zoltánt már 1932-ben, Szalayt azonban csak 1953-ban választotta az Akadémia tagjává.

A fizikai kutatások újjászervezése 1945 után

A magyar tudományos életnek a második világháború utáni újraindulásakor a fizika nagy kihívás előtt állt, hiszen a két világháború közötti időszak három legtekintélyesebb fizikusa, Ortvy Rudolf, Pogány Béla és Tangl Károly nem érte meg ezt az időszakot. A III. Osztálynak mindössze két fizikus rendes tagja maradt, Mikola Sándor és Rybár István (1886–1971), valamint öt levelező tagja, Bay Zoltán, Békésy György (1899–1972), Császár Elemér (1891–1955), Fröhlich Pál (1889–1949) és Gyulai Zoltán (1887–1968).

Mikola Sándor rövid ideig jugoszláv fogságban volt, majd hamarosan meghalt. Rybár Istvánt, aki inkább geofizikus volt, mint fizikus, hamarosan nyugdíjba küldték, aminek politikai indítéka is volt. Békésy György 1946-ban engedéllyel Svédországba utazott a Karolinska Intézetbe, onnan viszont Amerikába távozott. Császár Elemért nehezen átlátható perben a népbíróság börtönre ítélte, az Akadémiából kizárták.

Fröhlich Pál aktívan részt vett a szegedi fizika 1945 utáni újraindításában, de 1949-ben meghalt. Bay Zoltán viszont tudományos munkája mellett – ekkor érte el egyik legjelentősebb eredményét, a Holdról visszavert radarjel detektálását, amivel alig maradt le a hasonló amerikai kísérlet mögött – igen aktívan vett részt a természettudományok nagyobb elismeréséért megindult küzdelemben. Támogatta Szent-Györgyi Albert kezdeményezését, a Magyar Természettudományi Akadémia megalakítását, annak alelnöke lett. A két akadémia 1946-os összeolvadása után pedig az akkor alakult Matematikai, Fizikai, Kémiai és Műszaki Tudományok Osztálya elnökévé választották. Két év múlva azonban politikai okok miatt Amerikába távozott.

Így tulajdonképpen Gyulai kivételével, aki 1945-ben visszautazott Kolozsvárra, és csak két év múlva foglalta el helyét a Budapesti Műszaki Egyetemen újra létrehozott Kísérleti Fizikai Tanszék élén, 1948–49-re mindazok kiestek a magyar fizikából, akik még a háború előtt lettek az Akadémia tagjai. Egy új nemzedéknek kellett átvennie a helyüket.

Ennek az új nemzedéknek volt az egyik tagja Gombás Pál (1909–1971), aki Bay Zoltánnal együtt aktív szerepet vállalt a Magyar Természettudományi Akadémiában. Ő lett annak főtitkára. A két akadémia egyesülésekor az MTA levelező, majd hamarosan rendes tagja lett. 1948-tól tíz éven át a másodelnöki, illetve alelnöki tisztséget is betöltötte. A soktestproblémái módszerek magfizikai és szilárdtest-fizikai alkalmazásában új kutatási irányt honosított meg hazánkban, egy nagyon sikeres tudományos iskolát hozott létre maga körül.

Detre László (1906–1974), a változócsillagok neves kutatója, a svábhegyi Csillagvizsgáló Intézet igazgatója is tagja lett 1945-ben a Magyar Természettudományi Akadémiának, 1946-ban pedig a Magyar Tudományos Akadémiának, azonban 1949-ben, az Akadémia átszervezésekor tanácskozó taggá minősítették, és csak 1955-ben lett újra levelező tag, majd 1973-ban rendes tag. Vele egy időre újra lett csillagász tagja az MTA-nak.

A Pázmány Péter Tudományegyetem Elméleti Fizikai Intézetében Ortvy Rudolf helyét nem a fiatalabb nemzedék egy tagja vette át, hanem az Ortwaynál egy évvel idősebb Novobátsky Károly (1884–1967), aki tanítványaiból – korát meghazudtoló lendülettel – a magyar fizika egyik legsikeresebb, elsősorban térelmélettel és részecskefizikával foglalkozó tudományos iskoláját hozta létre.

1949-ben kezdeményezték Jánossy Lajos (1912–1978) hazahívását, aki Nagy-Britanniában élve ért el kiemelkedő eredményeket a kozmikus sugárzás vizsgálatában. Hazatérte után lett az MTA rendes tagja. A kozmikus sugárzást tanulmányozó munkatársai alkották később a nagyenergiás kísérleti részecskefizikával foglalkozó csoport magját. Az általa kezdeményezett optikai kutatásokban részt vevők pedig a KFKI-s lézerfizika megalapítói lettek.

Szalay Sándornak a debreceni egyetemen végzett magfizikai kutatásai új fordulatot vettek a háború után, amikor a hazai urán-előfordulás kutatásába kezdett. Ez vezetett egy önálló akadémiai intézet, az Atommagkutató Intézet megalapításához, ahol az alacsony energiás magfizika szinten minden ágával foglalkoztak.

Fröhlich Pál még a húszas években kezdeményezte a lumineszcenciakutatásokat a szegedi egyetemen. Halála után, 1950-től Budó Ágoston (1914–1969) folytatta, majd szélesítette ki a szegedi optikai kutatásokat. Az általa vezetett akadémiai Lumineszcencia és Félvezető Tanszéki Kutatócsoport alakult később át Lézerfizikai Kutatócsoporttá, és az ott felhalmozott tudás és kapcsolatrendszer vezetett ahhoz, hogy Szegedre települt az attoszekundumos lézerimpulzusokat előállító, ultragyors folyamatok vizsgálatát lehetővé tevő nagy európai lézerfizikai kutatóközpont, az ELI ALPS (Extreme Light Infrastructure Attosecond Laser Pulse Source).

Egészen különösen alakult Simonyi Károly (1916–2001) és a fizika, valamint az Akadémia kapcsolata. Gépészmérnökként Bay Zoltán munkatársa lett. Soproni egyetemi tanárként építette meg az első magyar részecskegyorsítót és végezte el az első gyorsító magreakciót Magyarországon. Ezek alapján lett a KFKI-ban az Atomfizikai Osztály vezetője, és kapta meg 1952-ben egyszerűsített eljárásban a fizikai tudomány kandidátusa fokozatot. Amikor 1957 elején a Tudományos Minősítő Bizottság (TMB) elhatározta az ötvenes évek elején a tudományos fokozatok egyszerűsített eljárásban történt odaítélése során politikai okokból elkövetett hibák felülvizsgálatát, a Műszaki Tudományok Osztályának titkára visszautasította a Simonyi Károly ügyének felülvizsgálatára irányuló és számára a tudomány doktora fokozat odaítélését javasló, hozzá érkezett kérést, mondván: Simonyi Károly tevékenysége a fizika területére tevődött át. A Matematikai és Fizikai Tudományok Osztálya sem állt ki mellette, sőt, 1957 végén Simonyinak politikai okokból távoznia kellett a KFKI-ból. Bár egyik legnagyobb hatású műve, *A fizikai kultúrtörténete* alapján később megszerezte a műszaki tudományok doktora fokozatot, az MTA késve, csak a rendszerváltozás után, a Műszaki Tudományok Osztályának ajánlására választotta tagjai közé.

Fizikai és csillagászati kutatóintézetek

A fizika 1945 utáni újjászervezésében döntő lépés volt a tanárképzésről leválasztott fizikusképzés beindítása 1949-ben, majd a Központi Fizikai Kutatóintézet (KFKI) megalapítása az MTA felügyelete alatt 1950-ben. A kísérleti atomreaktor Csillebércre telepítésekor ez a felügyelet egy időre féloldalassá vált, 1956-tól tíz éven át a tudományos felügyeletet az Akadémia az Országos Atomenergia Bizottsággal közösen gyakorolta. Attól kezdve viszont egészen az akadémiai intézetek 2019-es elcsatolásáig a KFKI, majd utódintézményei az Akadémia felügyelete alatt működtek, szoros kapcsolatban a III., majd a XI. Osztállyal.

A második akadémiai fizikai kutatóintézet 1954-ben jött létre Debreceni Fizikai Kutató Intézet néven Szalay Sándor vezetésével. A kezdetektől magfizikai kutatásokkal foglalkozó intézet két évvel később vehette fel a ma is használt Atommagkutató Intézet nevet. Az induláskor a hazai uránkincs felkutatása és az uránnal kapcsolatos kutatás volt az egyik legfontosabb tevékenységük, de kutatásaik hamarosan az alacsony energiás magfizika szinte minden ágát lefedték.

A Konkoly Thege Miklós által Ógyallán alapított csillagvizsgáló átmenekített műszereire alapozva az 1920-as évek elején épült fel a svábhegyi Magyar Királyi Konkoly-Alapítványú Astrophysikai Observatorium, amelyet 1935-ben az állam a Pázmány Péter Tudományegyetemnek adományozott. 1951-ben egy minisztertanácsi rendelet az Akadémia felügyelete alá helyezte. Az egyetemmel azonban megmaradt a szoros kapcsolat. Az intézet igazgatója, Detre László egy időben az ELTE Csillagászati Tanszékét is vezette.

1958-ban kivált az intézetből a Dezső Loránt vezetése alatt napfizikával foglalkozó csoport, és Debrecenben önálló Napfizikai Observatórium alakult. Dezső Loránt nyugdíjba menetele után egy ideig még működött a Napfizikai Observatórium, de már a svábhegyi intézet részeként. A Műszaki Fizikai Kutatóintézet létesítését a Műszaki Tudományok Osztálya kezdeményezte, és az 1958-ban megindult munkát is ez az Osztály felügyelte.

Fizikus akademikusok új generációjának megjelenése

Az 1960-as évektől Novobátzky Károly, Gyulai Zoltán, Budó Ágoston és Gombás Pál halála, illetve Jánossy Lajos nyugdíjba vonulása miatt újabb generációváltás következett be a fizikában. Az Osztály javaslatára Pál Lénárdot (1925–2019) 1961-ben, Nagy Károlyt (1926–2016) 1965-ben választották levelező taggá. Így természetes módon Pál Lénárd lett Jánossy Lajos utódja a KFKI élén, az ELTE Elméleti Fizikai Tanszék vezetője pedig Novobátzky Károly helyett Nagy Károly lett. Ő vette át a kihelyezett akadémiai tanszéki csoport vezetését is.

Míg az egyetemen a korábbi kutatási témák, a térelméleti és elméleti részecskefizikai kutatások folytatódtak a váltás után is, a KFKI-ban, a külső körülmények változásai miatt is, megerősödött az elvárás, hogy alkalmazott kutatással, sőt akár gyártható termékekkel foglalkozzanak. Az ilyen irányú nyomás ellenére a KFKI megmaradt a kísérleti részecskefizikai és a szilárdtest-fizikai kutatások fő hazai bázisának, ahol jelentős helyet kaptak az országban máshol is művelt magfizikai, optikai és elméleti részecskefizikai, valamint térelméleti kutatások.

A hetvenes évektől egyre nagyobb számban kerültek be az Akadémiára annak a korosztálynak a legjobbjai, akik már 1945 után végeztek egyetemi tanulmányokat. Csak a már nem élők közül említve néhányukat, 1970-ben lett levelező tag Marx György (1927–2002), 1973-ban Berényi Dénes (1928–2012) és Csikai Gyula (1930–2021), 1979-ben Lovas István (1931–2014), 1982-ben Keszthelyi Lajos (1927–2022) és Szépfalussy Péter (1931–2014), 1985-ben Zawadowski Alfréd (1936–2017).

Marx György akadémikussá választásával egy időben az ELTE Atomfizikai Tanszék vezetését is átvette, és jelentősen gazdagította annak tudományos arculatát. Felkarolta a fizika közoktatása reformjának ügyét, és vezetése alatt indult meg a biofizika oktatása a fizikus szakon. Berényi Dénes és Csikai Gyula Szalay Sándor örökségét vitte tovább, egyikük az Atommagkutató Intézetben (ATOMKI), másukuk

a debreceni egyetem Kísérleti Fizikai Tanszékén. A kísérleti magfizikusból elméleti magfizikussá vált Lovas István jelentős szerepet vállalt a debreceni elméleti fizika megújításában és a KFKI-nak a rendszerváltozást követő átalakításában.

A szintén kísérleti magfizikusként induló Keszthelyi Lajos óriási érdeme a fizika más területein kiválóan használható magfizikai módszerek, például a Mössbauer-effektus hazai meghonosítása, e módszerek alkalmazása a jelenségek széles körére. Így jutott el a biofizikához, amelynek kiemelkedő művelője lett.

Szépfalusy Péter a Gombás-iskolából indulva a kvantumfolyadékok és a fázisátalakulások tanulmányozása révén lett a hazai statisztikus fizikai iskola megalapítója. Zawadowski Alfréd pedig elméleti fizikusként sok kísérleti fizikust is maga köré gyűjtve, egy igen sikeres szilárdtest-fizikai iskolát teremtett. Az akadémiakussá választott közvetlen vagy közvetett tanítványok számát nézve talán ez a legsikeresebb tudományos iskola a hazai fizikában.

Valamivel idősebb volt náluk az 1970-ben levelező taggá választott Gáspár Rezső (1921–2001) és Tarján Imre (1912–2000), valamint az 1973-ban megválasztott Bozóky László. Gáspár Rezső Gombás tanítványaként Debrecenben hozott létre egy kvantumkémiai iskolát, Tarján Imre Gyulai Zoltán tanítványaként a Budapesti Orvostudományi Egyetem Orvosi Fizikai Intézetében vitte tovább a kristályfizikai kutatást, innen jutva el a biofizikai témákig, Bozóky László pedig a korszerű sugárfizikai kutatások, a sugárterápia és sugárvédelem iskolateremtő alakja volt.

Már a kilencvenes években lett az Akadémia levelező tagja Zimányi József (1931–2006) és Németh Judit (1932–2019), akik a KFKI-ban és utódintézményeiben, illetve az ELTE Elméleti Fizikai Tanszékén hoztak létre nagyenergiás elméleti magfizikával, nehézion-fizikával foglalkozó tudományos műhelyeket.

A jelenlegi helyzet

Az utóbbi évtizedekben a fizikusok és csillagászok újabb nemzedéke került be az Akadémiára. A Fizikai Tudományok Osztályának jelenleg 26 rendes és 8 levelező tagja van. Az Osztály nemcsak abban az egyik legfiatalabb az Akadémián, hogy 1993-ban önállósodott, hanem korösszetételében is. 2025 végén a 34 hazai tagból 19-en már betöltötték a hetvenedik életévüket, az átlagos életkor mégis csak 68, mert a 15 hetvenesnél fiatalabb közül 11 hatvanévesnél is fiatalabb.

Az Osztály első nőtagja Németh Judit volt, jelenleg egy fizikus és egy csillagász női tag van, ami nem kiemelkedő, de a fizikus hallgatók nemek szerinti arányához képest nem feltűnően rossz. Izgalmasabb kérdés a csillagász tagok száma, a vidékiek aránya és a kísérleti–elméleti arány. Detre László halála után közel négy évtizedig csillagászok csak tanácskozási joggal vettek részt az Osztály életében. Mostanra viszont már két asztrofizikust is tagjává választott az Akadémia. Az utolsó néhány tagválasztás során növekedett a kísérleti fizikusok aránya is. Mára már ők vannak többségben. Nem ilyen szép a kép a vidékieket illetően. A fizikának három jelentős központja van vidéken, Debrecenben, Szegeden és Pécsen, a szegedi egyetemen a csillagászat is erős.

Ennek ellenére jelenleg mindössze három Debrecenben és két Szegeden élő tagja van az Osztálynak.

Az Osztályhoz az akadémikusokkal együtt közel 900 köztestületi tag tartozik. Közülük mintegy 120 a köztestület külső tagja.

Akadémiai kapcsolatok a nemzetközi tudományos élettel

A fizika és csillagászat számára is kiemelkedő fontosságú a részvétel a nemzetközi tudományos életben. Ennek egyik, az Akadémián keresztül megvalósuló formája a részvétel a nemzetközi szakmai uniókban. A Nemzetközi Csillagászati Unió (International Astronomical Union, IAU) 1919-ben alakult, a fizikusok pedig 1922-ben Brüsszelben határozták el a Tiszta és Alkalmazott Fizika Nemzetközi Uniója (International Union of Pure and Applied Physics, IUPAP) megalapítását. Az első világháború vesztes országait azonban évekig nem fogadták be ezekbe a szervezetekbe. Csak 1926-ban nyílt volna lehetőség a csatlakozásra, akkor azonban ez anyagi okok miatt nem valósult meg. Sem az MTA, sem a kormány nem vállalta a tagdíj fizetését.

A II. világháború után sem lett sokkal jobb a helyzet. A csillagászoknak 1947-ben, a fizikusoknak 1948-ban sikerült elérniük a csatlakozást, de az ötvenes évek elején a tagdíj be nem fizetése miatt az veszélybe került. Csak 1956-ban sikerült rendezni a tagsági viszonyt. A Fizikai Tudományok Osztálya egyben az IUPAP Magyar Nemzeti Bizottságaként is működik, az IAU Magyar Nemzeti Bizottsága feladatait pedig az Osztályon alakult bizottság látja el.

A kutatómunka szempontjából a nemzetközi tudományos társaságokban való részvételnél sokkal izgalmasabb a világon egyedülálló lehetőségeket nyújtó nemzetközi nagyberendezésekhez való hozzáférés, a nagy nemzetközi együttműködésekben való részvétel kérdése. Ebben vannak jó és – sajnos – rossz példák is. A részecskefizikusok szabályozott körülmények között tudnak bekapcsolódni a Genf melletti CERN-ben (Centre Européen pour la Recherche Nucléaire) folyó kísérletekbe. A gravitációs hullámokat vizsgálók részesei a LIGO-együttműködésnek (Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory). Az asztrofizikusok viszont anyagi okok miatt évek óta várnak arra, hogy csatlakozhassanak az Európai Déli Obszervatórium (European Organisation for Astronomical Research in the Southern Hemisphere, ESO) szervezetéhez. Ennél szomorúbb a kondenzált anyagok fizikájával foglalkozók helyzete. Korábban szerződések biztosították a hozzáférést a grenoble-i ILL (Institut Laue-Langevin) reaktorának nagyfluxusú neutronnyalábjaihoz és az ESRF (European Synchrotron Radiation Facility) szinkrotronsugár-forrásához, az MTA és a kutatásfinanszírozó szervek forráshiánya miatt azonban ezek a lehetőségek bezárultak a magyar kutatók előtt.

A nemzetközi kapcsolatokat erősítik az Akadémia külső és tiszteleti tagjai is. Már a 19. század második felétől a fizika olyan kiemelkedő személyiségeit találjuk az akkor külsőnek nevezett tagok között, mint Michael Faraday, Ludwig Boltzmann, Max Planck és Paul Dirac. A XI. Osztályhoz jelenleg 13 tiszteleti tag tartozik, a külső tagok száma pedig 22. Krausz Ferenc már jóval Nobel-díja előtt az Osztály külső tagja lett.

Az Osztályhoz tartozó kutatási területek

Az Osztály által lefedett tudományterület rendkívül széles skálán, a szubatomi részecskéktől a galaxisok világáig kutatja a természetet. Ennek megfelelően az Osztályon belül jelenleg hét és fél tudományos bizottság működik: Részecskefizikai Tudományos Bizottság, Atommag- és Sugárfizikai Tudományos Bizottság, Atom-, Molekulafizikai és Spektroszkópiai Tudományos Bizottság, Lézerfizikai Tudományos Bizottság, Szilárdtest-fizikai Tudományos Bizottság, Statisztikus Fizikai Tudományos Bizottság, Csillagászati és Űrfizikai Tudományos Bizottság, valamint a Biológiai Tudományok Osztályával közös Biofizikai Osztályközi Tudományos Bizottság.

Irodalomjegyzék

- Arany János (1876). „Titkári jelentés. A Magyar Tudományos Akadémia 1870. május 28-án tartott ünnepélyes közülésének tárgyai”. *A Magyar Tudom. Akadémia évkönyvei* 13/5 (1869–1872). Budapest: A Magyar Tudományos Akadémia Könyvtár Hivatalában.
- Balázs Lajos – Szabados László (é. n.). *A csillagászati kutatás és oktatás újjászervezése az 1945–1960 közötti másfél évtizedben*. Kézirat. *Magyar Tudományos Akadémia* (letöltés: 2025. okt. 16.). https://mta.hu/data/11_Osztaly/Dokumentumok/magyar-csillagaszat-1945-1960.pdf.
- Eötvös Loránd (1897). „Jedlik Ányos emlékezete”. *Akadémiai Értesítő* 8/6, 273–289.
- Mikola Sándor (1919). „Eötvös Loránd. 1848–1919”. *Természettudományi Közöny* 51/721, 210–225.
- Sólyom Jenő (2022). *Fizika Magyarországon 1945 és 1959 között. A fizikai kutatás és egyetemi oktatás újjászervezése*. Budapest: Typotex Kiadó.
- Sólyom Jenő (é. n.). *Fizika és csillagászat a Magyar Tudományos Akadémián, 1825–2025*. Kézirat. Megjelenés alatt.
- Szabó József (1861). „Szerkesztői bevezetés, mint történeti vázlat”. *Mathematikai s Természettudományi Közlemények* 1, V–XVII.
- Szily Kálmán (1892). „Sztoczek József emlékezete”. *Akadémiai Értesítő* 3/11, 621–631.
- Tarczy Lajos (1843). *Természettan. Második teljesen átdolgozott s javított kiadás. I. kötet a természettan történetét, a szilárd, csepegő és légnemű testek áll- moz- és hullám-tanát, végre a hangtudományt magában foglaló*. Pápán, a reformált főiskola betűivel.
- Tarczy Lajos (1844). *Természettan. Második teljesen átdolgozott s javított kiadás. II. kötet a természeti hatványok tanát, u. m. fény-, hő-, delej- és villámtant magában foglaló*. Pápán, a reformált főiskola betűivel.

Az MTA XI. Fizikai Tudományok Osztálya kutatási területei

Research Fields of the Physical Sciences Section of the Hungarian Academy of Sciences

Szubatomi fizika *Atommag- és Sugárfizikai Tudományos Bizottság és Részecskefizikai Tudományos Bizottság*

Subatomic Physics *The Committee on Nuclear and Radiation Physics and the Committee on Particle Physics*

Horváth Dezső¹ – Lévai Géza² – Wolf György³

¹ az MTA doktora, kutató professor emeritus, HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

² az MTA doktora, tudományos tanácsadó, HUN-REN Atommagkutató Intézet, Debrecen

³ az MTA doktora, kutatóprofesszor, HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

Összefoglalás

A részecske- és atommagfizika a fizika viszonylag új területei. Bár kísérleti eredmények korábbról is rendelkezésre álltak, értelmezésük és a területek elméleti megalapozása csak a kvantumelmélet keretei között vált lehetővé. A kutatások eleinte a természetben spontán előforduló folyamatokat vizsgálták, később egyre komplexebb berendezésekkel atommagok ütközését is elő lehetett idézni. A kísérletekhez egyre nagyobb gyorsító- és detektorrendszerekre volt szükség, ezért a magyar kísérleti részecskefizikusok – és kisebb mértékben a kísérleti magfizikusok – nagy nemzetközi kutatóközpontokban végeztek és végzik a méréseiket, jellemzően nagy nemzetközi kollaborációkban. Az atommagfizikában az alacsonyenergiás magfizikai kísérletek azonban máig végezhetők hazai laboratóriumokban. A hazai elméleti fizikusok mindkét területen a kezdetek óta aktívan tevékenykednek. Az alapkutatás mellett alkalmazott kutatások is folynak a hazai intézményekben, főként az atommagfizikai eredményekre alapozva.

Abstract

Particle and nuclear physics are relatively new research fields. Although experimental observations were available from earlier years, their interpretation and the theoretical foundation of these fields became possible only with quantum theory. First the focus was on observing spontaneous natural phenomena, then with complex instruments the collision of nuclei could be generated. The experiments required larger scale accelerator and detector systems, therefore Hungarian experimental particle physicists – and to a lesser extent nuclear physicists – carry out their projects in foreign institutions, in large international collaborations. Nuclear physics experiments, especially at low energy, are still carried out in Hungarian laboratories. Hungarian theoretical physicists have been active in both fields from the beginning. In addition to fundamental research, applied research projects are also carried out in Hungarian institutes, mainly based on results from nuclear physics.

Kulcsszavak: részecskefizika, atommagfizika, általános relativitáselmélet, gravitáció

Keywords: particle physics, nuclear physics, general relativity, gravitation

A kezdetek

Az első hazai kísérleti magfizikai kutatások az 1930-as években indultak. Szalay Sándor a Cambridge-ben, a Nobel-díjas Ernest Rutherford laboratóriumában megismert technikát finomítva Debrecenben az Orvostudományi Fizikai Intézetben a ^{210}Po monoenergiás α -sugárzását használta könnyű elemeken létrehozott magreakciók gerjesztési függvényének felvételére, és ebből született az első magyarországi magfizikai közlemény (Szalay 1939). Később a Kossuth Lajos Tudományegyetem (KLTE) Kísérleti Fizikai Intézete és az Atommagkutató Intézet (ATOMKI) több munkatársa (Zimonyi Gyula, Csongor Éva, Kovács Magdolna, Nagy János és Medveczky László) is végzett hasonló kutatásokat.

E technika korlátainak ismeretében megfogalmazódott az igény részecskegyorsítók építésére. Az első magyarországi gyorsítót Simonyi Károly vezetésével Sopronban építették 1951-ben. Debrecenben a KLTE Kísérleti Fizikai Tanszékén a 2 MV-os Van de Graaff-gyorsító nagyfeszültségű terminálja 1952-ben lépett működésbe. Ezt követően a KFKI-ban is Van de Graaff- és kaszkád-típusú gyorsítók építését kezdték meg. A KFKI-ban Keszthelyi Lajos ötlete volt, hogy lítiumon (p,γ) reakcióval keltett nagy, 17 MeV energiájú fotonokkal más magreakciókat lehet létrehozni. A II. világháború után Magyarországon is előtérbe került az uránlelőhelyek feltérképezése. Ennek során Szalay Sándor és Földvári Aladár geológus a Mecsekben talált egy feltűnő aktivitású, felszínre kibúvó szénréteget. A bedúsulás geokémiai mechanizmusának értelmezéséért Szalay Sándor 1952-ben Kossuth-díjat kapott. A kutatások ezt követően az erőművi hamuból kinyerhető uránra irányultak. A kísérleti részecskefizika nálunk is a kozmikus sugarak vizsgálatával kezdődött. Barnóthyne Forró Magda kozmikus sugárzást mérő laboratóriumot létesített a Pázmány Péter Tudományegyetemen 1930-ban, amelyet 1948-ig vezetett. Jánossy Lajos alapította meg a KFKI Kozmikus Fizikai Főosztályát 1950-ben, az alakult át később részecskefizikáivá. A magfizikai kutatásokat az MTA ötvenes években alapított kutatóintézeteiben, a Központi Fizikai Kutatóintézetben (KFKI, 1950) és a Debreceni Fizikai Kutatóintézetben (1954), a mai ATOMKI-ban koncentrálták.

Hazai kísérleti kutatások

A modern magfizikai kutatásokhoz szükségessé vált a részecskegyorsítók és a részecske-detektorok fejlesztése. Az utóbbi területhez kapcsolódóan az új intézetekben alfa-spektrométer, elektronspektrométer és szcintillációs gamma-spektrométer épült. A gyorsítófejlesztéshez kapcsolódóan 1957-ben a KFKI-ban elkészült egy 200 kV-os

neutrongenerátor, amelyhez egy repülésiidő-spektrométer csatlakozott. Ezzel csaknem egy időben épült meg az ATOMKI-ban egy hasonló, alacsony feszültségű neutrongenerátor. Ezek már lehetővé tették a 14 MeV energiájú neutronokkal történő magreakciók vizsgálatát. Elkészült egy gyorsneutron-spektrométer is.

Az 1960-as években nyilvánvalóvá vált, hogy a korszerű magfizikai kutatásokhoz az ATOMKI-nak egy nagyobb energiájú gyorsítóra van szüksége. Az akkori viszonyok miatt csupán egy házi építésű 5 MV feszültségű Van de Graaff-generátor (VdG) jöhetett szóba. Az építés Koltay Ede vezetésével 1971 végére fejeződött be. A nyalábsatornák közül elsőként a nagy méretű szórókamrán indultak meg a rugalmas proton- és alfa-szórás vizsgálatok (Koltay–Meskő–Végh 1975). A detektorokból nyert kísérleti adatok feldolgozása részben az intézetben kifejlesztett elektronika és szoftverek segítségével történt. Az 1960-as évek közepén totális neutronhatáskeresztmetszet-mérések indultak az ATOMKI-ban, amelyek a KLTE Kísérleti Fizikai Tanszékén folytatódtak (Csikai 1973). A mérések szerint az anyagsugárnak minimuma van a nem hagyományos $N=Z=6$ nukleonszámoknál, antikorreláció van a sugár és az egy nukleonra eső kötési energia között, és a hatáskeresztmetszetek leírhatók egy egyszerű, félklasszikus optikai modellel. Ezt a modellt a NASA is felhasználta sugárdózis-számító programjában. A neutronfizikai kutatások utána is folytatódtak a tanszéken, a Nemzetközi Atomenergia Ügynökséggel (International Atomic Energy Agency, IAEA) együttműködve. Neutronindukált magreakciók hatáskeresztmetszetét mérték aktivációs technikával az atommagok széles tömegtartományára (Cserpák et al. 1994). Kidolgoztak egy kémiai elválasztás nélküli γ -spektrometriai eljárást hasadási termékek tömegeloszlásának meghatározására, és alkalmazták azt az $^{238}\text{U}(n,f)$ folyamatra (Daróczy et al. 1974).

A magszerkezet-kutatásokat Fényes Tibor kezdte el az ATOMKI-ban, majd az 1960-as évek közepétől az 1970-es évek végéig a dubnai Egyesített Atommagkutató Intézettel együttműködésben folytatta. Az ATOMKI-ban kifejlesztett elektronikát használták a félvezető-detektoros spektrométereikben. Vizsgálták a ritkaföldfém-izotópok alfa-spektrumait, a Tl izotópok bomlását, és új izotópokat fedeztek fel. Fényes Tibor felismerte, hogy in-beam gamma- és konverzióelektron-spektroszkópai módszereket és dúsított izotópokat használva az ATOMKI-ban is lehet új eredményeket elérni a magszerkezet-kutatásban. Szupravezető mágneses elektron-spektrométert építettek, amely unikális lehetőséget biztosított a VdG-5 gyorsító, majd a ciklotron mellett végzett kísérletekhez. A program másfél évtizede alatt az $A\sim 70$ és az $A\sim 100$ magtartományokban a páratlan számú protont és neutront tartalmazó atommagok multipllett-állapotainak szisztematikus felderítésével a proton–neutron-kölcsönhatásról nyertek új információkat, tesztelték a kölcsönható bozon–fermion–fermion és a szuperszimmetria-modell alkalmazhatóságát.

Az ATOMKI-ban végzett kísérleti munka az 1990-es évek elejétől a ciklotronnal és egy hasított pólusú spektrográffal folytatódott. Az urán környéki atommagok hasadási folyamatainak és a hasadási rezonanciáknak a vizsgálata elvezetett a hiperdeformált állapotok kimutatásához (Krasznahorkay et al. 1998).

Az alacsonyenergiás kísérleti magfizikai tapasztalatokra alapozva az 1990-es években indultak el az ATOMKI-ban a kísérleti nukleáris asztrofizikai kutatások. A legkorábbi kísérletek Németországban zajlottak főként az elektronárnyékolás jelenségének tanulmányozására. Ezt követően azonban hamar elkezdődtek Debrecenben is a vizsgálatok a helyi gyorsítók asztrofizikai kutatásokra alkalmas energiatartományát kiaknázva. A nehézelem-szintézis egyik folyamata, az asztrofizikai p-folyamat vizsgálata kezdődött meg (Somorjai et al. 1998). Ez az asztrofizikai folyamat azóta is az ATOMKI-ban zajló kísérletek fókuszában van. A számos atommagon végzett rugalmas szórási mérések eredményeként egy új, asztrofizikai energiákon alkalmazható globális potenciál született, amely az ATOMKI-potenciál nevet kapta.

Az ATOMKI nukleáris asztrofizika csoportja a kezdetektől részt vesz egy olaszországi föld alatti laboratóriumban részecskegyorsítót működtető LUNA (Laboratory for Underground Nuclear Astrophysics) együttműködésben. Az extrém alacsony kozmikus háttérsugárzást kihasználva végeznek úttörő méréseket a csillagok hidrogén-égési reakcióinak vizsgálatára, számos esetben kiegészítve azokat debreceni mérésekkel. A nehéz elemek keletkezési folyamataihoz kapcsolódó méréseken túl a ${}^3\text{He}(\alpha,\gamma){}^7\text{Be}$ asztrofizikai kulcsreakció átfogó vizsgálata a ciklotronon zajlik. A 2014-ben üzembe helyezett Tandetron gyorsító által biztosított alacsonyabb nyalábenergiákkal a hidrogén-égés egyes kulcsreakcióinak tanulmányozására nyílt lehetőség. A kísérleti magfizikai alapkutatások eszközeivel az atommagfizikán túlmutató eredményeket is sikerült elérni. Ennek első példája a Szalay Sándor ötlete alapján Csikai Gyula által épített Wilson-kamra a neutrínó kimutatására. Ez 1956-ban sikerült is a ${}^6\text{He}$ béta-bomlása során visszalökött maradék mag nyomának lefényképezésével (Csikai 1957). Az utóbbi időben elindult az ATOMKI-ban az axionok, sötét fotonok, rövid élettartalmú bozonok keresése. ${}^4\text{He}$, ${}^8\text{Be}$, ${}^{12}\text{C}$ belső párkeltetési folyamatában sikerült anomáliákat kimutatni (Krasznahorkay et al. 2016), melyeket egy kis tömegű ($17\text{ MeV}/c^2$) hipotetikus részecske segítségével magyaráztak nagy nemzetközi érdeklődést kiváltva.

Kísérleti kutatások nemzetközi kollaborációban nagyberendezéseken

Az 1960–1970-es években a hazai kísérleti részecskefizikusok, túlnyomórészt Budapestről és Debrecenből, a kor lehetőségeinek megfelelően, elsősorban a dubnai Egyesített Atommagkutató Intézettel (EAI) működtek együtt. Akkoriban Dubna vezető helyet foglalt el a témában. A hetvenes évekre már ötvennél több magyar kutató dolgozott ott, és még legalább ennyi működött együtt itthonról dubnai csoportokkal. Az EAI sokoldalúsága miatt ez nemcsak a részecskefizikára korlátozódott: jelentős elméleti, atom-, szilárdtest- és magfizikai, anyagtudományi, sőt kémiai eredmények is születtek ott magyar részvétellel, és a magyar szoftverfejlesztés is számottevő volt.

Az EAI-nak szinte megalapításától kezdve igen szoros kapcsolata volt a CERN-nel (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire), az Európai Részecskefizikai Laboratóriummal, és sok magyar részecske- és magfizikusnak nyílt lehetősége arra,

hogy a CERN-ben dolgozzék az EAI kiküldetésében. Közülük messze kiemelkedik Vesztergombi György, aki rengeteget tett a magyar kutatásokért a CERN-ben, neki köszönhetjük részvételünket az SPS gyorsító NA49 és NA61 kísérleteiben, a LEP (Large Electron Positron) elektron-proton ütköztető L3 és OPAL (Omni-Purpose Apparatus at LEP), valamint az LHC (Large Hadron Collider, nagy hadronütköztető) CMS (Compact Muon Solenoid) és ALICE (A Large Ion Collider Experiment) kísérleteiben. Magyarország hivatalosan 1992-ben csatlakozott tagállamként a CERN-hez, ebben Zimányi Józsefnek és Pungor Ernőnek volt döntő szerepe. Magyar fizikusok azonban már jóval korábban, a hatvanas évektől részt vettek CERN-kísérletekben. Legnevezetesebb ilyen részvételünk az Európai Műon-egüttműködésben volt (Nagy 2013). A KFKI-ban évekig működött klasszikus CERN-kísérletek buborékkamrafelvételeit elemző laboratórium. A KFKI a kezdetektől tagja volt a LEP L3 kísérletének (Nagy 2013), ahhoz később a Debreceni Egyetem kutatói is csatlakoztak.

Máig a LEP legnagyobb eredményének az elemi részecskecsaládok számának megállapítását tartják: ezt a Z-bozon bomlási szélességének pontos mérésével lehetett megállapítani. A Z-bozon háromféle neutrínó-antineutrínó párba tud bomlani, ami háromféle lepton- és kvarkpárba korlátozza az anyagi jellegű elemi részecskék számát. A CERN LEP és az amerikai SLD-kísérletek (supercooled large droplets) áttekintő cikkében („Precision Electroweak...” 2006) az L3 együttműködésből 20, az OPAL-ból pedig kilenc szerző magyar (a KFKI-ból és Debrecenből). A LEP az amerikai Tevatron kísérleteivel együtt sokat tett az elméleti úton 1964-ben megjósolt, az elemi részecskék tömegéért felelős Higgs-bozon felfedezéséért, de csak határok közé tudták szorítani a lehetséges tömegét. Az LHC két legnagyobb kísérlete, az ATLAS és a CMS építési tervét a Higgs-bozon megfigyelésére optimalizálták. Magyarország a CMS mellett döntött, de az ATLAS-ban is vettek részt magyar kutatók. Az LHC máig legnagyobb jelentőségű eredményét, a Higgs-bozon 2012-es felfedezését követő ATLAS+CMS közös publikációnak 23 magyar szerzője volt a KFKI RMKI, az ATOMKI és a Debreceni Egyetem Kísérleti Fizikai Tanszéke részéről, de sokkal több magyar dolgozott az észlelőrendszerek építésén a felfedezést megelőző húsz évben. A debreceni kutatók a műonészlelő rendszer optikai helyzetmeghatározó rendszerének építésében vettek részt, a budapestiek pedig az előreszórta részecskék észlelésére szolgáló kaloriméterében. A CERN-ben alacsonyabb energián is folynak kutatások. Már a LEAR antiprotongyűrű (Low Energy Antiproton Ring) kísérleteiben is vettek részt magyar fizikusok. A LEAR bezárása után a CERN 1996–1999-ben megépítette az Antianyaggyárnak elnevezett tárológyűrűt. Az ottani ASACUSA-kísérlet (Atomic Spectroscopy and Collisions Using Slow Antiprotons) budapesti és debreceni kutatók részvételével mérte meg az antiproton tömegét máig legpontosabban (Horváth 2017): annak egyezése a protonéval bizonyítja az anyag és antianyag egyenértékűségét.

A kísérleti atommagfizika területén a KFKI (ma Wigner Fizikai Kutatóközpont) kutatói a múltban és napjainkban is számos jelentős nemzetközi együttműködésben vettek részt. Ezek közé tartozik többek között a FOPI- és a CBM-kísérlet a darmstadti GSI-ben, FAIR-ben, a Brookhaveni Nemzeti Laboratórium RHIC

(Relativistic Heavy Ion Collider) gyorsítójánál zajló PHENIX-kísérlet, valamint a CERN SPS gyorsítójánál végzett NA49 és NA61/SHINE kísérletek, továbbá az LHC-nél működő ALICE- és CMS- programok. A STAR-kísérletben (RHIC/Brookhaven) Magyarországot az ELTE kutatói képviselik. A PHOBOS-mérésekben (RHIC/Brookhaven) egyéni magyar részvétel folyt.

A FOPI- és CBM-kísérletekben a sűrű maganyagot vizsgálják, fő cél az erősen kölcsönható anyag fázisainak feltérképezése, kritikus pontjának keresése (Abyazimov et al. 2017). Az NA49 és NA61/SHINE együttműködésekben – amelyek célja a fázisátalakulás kritikus végpontjának keresése és a neutrínófizikához kapcsolódó mérések – a hazai kutatók jelentősen hozzájárultak az észlelőrendszerek fejlesztéséhez és a kísérleti adatok elemzéséhez. Az eredmények közül különösen figyelemreméltó, hogy az NA61 együttműködés nagy, mintegy 20%-os izospinszimmetria-sértést figyelt meg mag-mag ütközésekben, amelyre egyelőre nincs elméleti magyarázat (NA61/SHINE Collaboration 2025). Hasonlóan kiemelkedő hozzájárulások születtek a PHENIX-, STAR- és PHOBOS-kísérletekben, ahol nagy impulzusú részecskék elnyomását, a létrejövő kvark-gluon plazma viszkozitását, méretét és kvantumkorrelációit vizsgálták. Ezen kísérletekben először sikerült bizonyítékot találni a kvarkanyag létrejöttére (Heinz 2009). Az LHC ALICE és CMS kísérleteiben is a kvarkanyag tulajdonságait vizsgálták. A kiváló részecskeazonosítási képességű ALICE-detektort kifejezetten nehézion-ütközések tanulmányozására tervezték. Mindemellett az ATLAS és a CMS is sokoldalú és versenyképes nehézion-fizikai kutatási programot indított, a CMS esetében jelentős magyar részvétellel. Erre példa a hosszú távú részecskekorrelációk felfedezése különösen nagy részecskekeeltést mutató proton–proton ütközésekben (CMS Collaboration 2010). Az ALICE-kísérletben kiemelkedő magyar hozzájárulás volt egy itthon kifejlesztett és megépített gyors kiolvasó elektronika, amelyet később számos más nagy nemzetközi kísérlet is átvett. Az ALICE-kísérlet kimutatta, hogy jóval nagyobb energián is fellépnek a RHIC-nél talált effektusok, továbbá a kvarkanyag átalakulására jellemző jelek proton–proton ütközésekben is megjelennek, ami új kérdéseket vet fel e folyamatok természetéről. Az LHC négy nagy kísérlete – ALICE, ATLAS, CMS és LHCb – 2025-ben elnyerte a Breakthrough Prize in Fundamental Physics rangos kitüntetést.

A nemzetközi trendeket követve az ATOMKI magfizikai kutatásainak egy része az 1980-as évektől kezdve a nagyberendezéseken, nemzetközi együttműködésben végzett kísérletek irányába tolódott el. A KVI-ben (Kernfysisch Versneller Instituut, Hollandia) és az RCNP-ben (Research Center for Nuclear Physics, Japán) vizsgálták az atommagok óriásrezonanciáit (Krasznahorkay et al. 1999), hozzájárulva a maganyag összenyomhatóságának és szimmetriaenergiájának pontosításához. Egy másik irány a különlegesen deformált atommagok forgásának vizsgálata volt nagy gammadetektorrendszerek mellett, több kísérletben az ATOMKI-ban kifejlesztett DIAMANT töltött részecske-detektorral kiegészítve. Az ATOMKI kutatói fontos szerepet játszottak az erősen megnyúlt, szuperdeformált magalak kimutatásában (Nyakó et al. 1984), a forgási sávok lezáródásának jellemzésében, a háromtengelyűen deformált atommagokban a királis (Kuti et al. 2014) és az imbolygó forgás (Timár et al. 2019) megismeré-

sében. Meghatározóan részt vettek a kb. 50 proton- és neutronszerű atommagokban fellépő új típusú proton-neutron párkölcsönhatás kimutatásában (Cederwall et al. 2011). Az ATOMKI kutatói a 2000-es évektől bekapcsolódtak a stabilitási sávától távoli atommagok vizsgálatába. Döntően a GANIL-ban (Grand Accélérateur National d'Ions Lourds, Franciaország) és a RIKEN-ben (Rikagaku Kenkyūsho, Japán) radioaktív ionnyalábokon végzett kísérletekben feltárták a nukleonbeli héjzáródások evolúcióját, feltérképezték a deformációs szigeteket (Dombrádi et al. 2006; Elekes et al. 2007; Taniuchi et al. 2019; Kondo et al. 2023), kimutatták a valencianeutronok törzsről történő lecsatolódását, buborékszerű sűrűségeloszlású atommagot azonosítottak (Mutschler et al. 2017), négyneutronos rendszert mutattak ki (Duer et al. 2022).

Elméleti részecske- és atommagfizikai kutatások

Az általános relativitáselmélet terén kiemelkedő Perjés Zoltán eredménye, amely az Einstein–Maxwell-egyenletek egy vagy több, forgó, egységnyi specifikus töltésű forrásának stacionárius, külső gravitációs és elektromágneses mezőit írja le (Perjés 1971). E megoldást általánosították mind szuperszimmetrikus, mind heterotikus húr-elméleti vonatkozásokkal. Munkatársaival algoritmust adott meg a gravitációs multipólus momentumok számolására (Fodor–Hoenselaers–Perjés 1989), és elindította a gravitációs hullámokkal kapcsolatos hazai kutatásokat is (Gergely–Perjés–Vasúth 1998). A KFKI RMKI/HUN-REN Wigner FK munkatársai vizsgálták a Killing-horizontú fekete lyukakat, a gravitáció kvázilokális tömegének, energia-impulzusának és impulzusmomentumának lehetséges kifejezéseit (Szabados 2009). A Szegedi Tudományegyetem kutatói analitikus módszerekkel vizsgálták a gravitációs hullámok forrásául szolgáló kompakt kettős rendszerek dinamikájában és sugárzásában a spinek, tömeg-kvadrupólmomentumok és pályaeccentricitás hatását. A Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO) két detektora 100 évvel az általános relativitáselmélet megszületése után, 2015-ben észlelt először gravitációs hullámot (LIGO–Virgo 2016), amelyet két csillagtömegű fekete lyuk összeolvadása okozott. Az ELTE és az SZTE több kutatója a LIGO, míg a HUN-REN Wigner FK kutatói a Virgo együttműködés keretében vettek részt a felfedezésben. Neutroncsillag-kettős összeolvadása által létrehozott gravitációs hullámot 2017-ben észleltek (LIGO–Virgo 2017), elektromágneses kísérőjelekkel együtt, közvetlenül igazolva a gravitációs hullám fénysebességű terjedését.

A magyar elméleti részecskefizikai kutatások atomfizikai (Neugebauer Tibor) és kvantumelektrodinamikai (Novobátsky Károly) hagyományokra épülve indultak meg. A hazai részecskefizika első klasszikus eredménye a leptonszám megmaradásának hipotézise volt, amelyet Marx György Zeldovicstől, illetve Konopinskitől és Mahmudtól függetlenül javasolt (Marx 1954). A tükrözési, majd a CP-szimmetria sérüléséhez fűződő aktivitásának a kozmikus neutrínófizikához kapcsolódó szelete jelenleg is nemzetközi figyelmet kap. A neutrínó-geofizikát megalapozó munkáinak úttörő szerepét azóta is elismerik (Marx–Lux 1969; Avilez–Marx–Fuentes 1981).

A kvantumtérelméletek indefinit metrikájú állapottereinek matematikailag szigorú tárgyalásában úttörő szerepet játszott Nagy Kázmér (1960). A gravitációs kölcsönhatásnak a makroszkopikus testek kvantummechanikai viselkedésére gyakorolt hatására vonatkozó hipotézisével évtizedeken át művelt kutatási irányzatot indított el Károlyházy Frigyes (Károlyházy 1966).

Az 1970-es évek elején általánosan elfogadottá vált, hogy a részecskefizikát a nem-Abeli mértékelméletek (NAME) keretei között kell leírni. Ezekben lehetnek olyan, a perturbációszámításban nem látható szektorok, amelyeket egy mágneses jellegű töltés jellemez. E szektorok alapállapotai a mágneses töltést hordozó részecskék, a Dirac által leírt monopólus általánosításai. Klasszikusan e részecskéket az elmélet nemlineáris egyenleteinek véges energiájú, egzakt megoldásaival lehet leírni. Ilyen megoldásokat talált a Forgács–Horváth–Palla-cikk szolitonelméleti módszerekkel (Forgács–Horváth–Palla 1981).

Hasenfratz Péter és Gerardus 't Hooft megmutatta (Hasenfratz–'t Hooft 1976), hogy az $SU(2)$ mértékelmélet monopólusai az elmélet feles izospinű bozonjaival olyan kötött állapotokat alkothatnak, amelyek fermionként viselkednek, annak ellenére, hogy a modellben csak bozonmezők vannak. A klasszikusan skálainvariáns, kvarkokat nem tartalmazó NAME-kban az aszimptotikus szabadság következtében generálódik egy Λ tömegskála. Kérdés, hogy általában Λ milyen arányban áll a részecsketömegek skálájával. Ezt válaszolta meg Hasenfratz Péter és Niedermayer Ferenc (Hasenfrantz–Niedermayer 1990). Az erős kölcsönhatás elméletének vizsgálata részben csoportelméleti irányban kezdődött (Domokos Gábor, Györgyi Géza). A Kuti Gyula körül szerveződött kvark-parton elméleti csoport legfontosabb eredménye a Kuti–Weisskopf-féle relativisztikus partonmodell (1971) volt. Ők később a hadronok félfenomenologikus zsákmodelljét dolgozták ki. Kunszt Zoltán a nehéz kvarkokat tartalmazó hadronok spektroszkópiájában ért el meghatározó eredményeket (Barbieri et al. 1975).

Az erősen kölcsönható kvantumtérelméletek megoldásának talán legbiztosabb módja a rácstérelméleti módszer. Kuti Gyula társaival az 1980-as évtized elején a kvark-hadron fázisátalakulás számítógépes rácsszimulációival alapozta meg nemzetközi hírnevét (Kuti–Polónyi–Szlachányi 1981). Ekkor alapozta meg a máig nagyon sikeres magyar rácstérelméleti kutatást Kuti Gyula, Montvay István és Hasenfratz Péter. Az ELTE kutatói elsők között ismerték fel, hogy rácstérelmélet segítségével vizsgálható a korai Világegyetemnek az a pillanata, amikor az elemi részecskék a Higgs-mező által tömeget kaptak (Csikor–Fodor–Heitger 1999; Karsch et al. 1996). A Világegyetem tágulása során a kezdetben majdnem szabad kvarkokból és gluonokból létrejöttek az atommagot alkotó protonok és neutronok. A Budapest–Marseille–Wuppertal-csoport bebizonyította, hogy ez az átmenet folytonosan történt (Aoki et al. 2006), és megmutatták, hogy a proton tömege megkapható az azt alkotó kvarkok és gluonok erős kölcsönhatásának pontos leírásával (Dürr et al. 2008).

Az alapvető kölcsönhatások megismerésére a CERN-ben végzett nagy energiájú protonütközések feltárják a proton alkotórészei, a kvarkok és az őket összetartó gluo-

nek között ható erős kölcsönhatás természetét. A Debreceni Egyetem kutatói meghatározó módon hozzájárultak a protonütközések elméleti leírásához (Catani et al. 2002; Garzelli et al. 2012).

Az elméleti atommagfizikai kutatások a KFKI 1959-ben létrehozott Magfizikai Laboratóriumában kezdetben az alacsonyenergiás magfizikát célozták. Zimányi József és Lovas István a magspektroszkópiával foglalkoztak. Későbbiekben a kevéstest-problémák területén is jelentős elméleti eredmények születtek, néha együtt az ATOMKI-s kollégákkal, néha külön-külön. Ide tartozik például a háromnukleon-probléma egzakt tárgyalása Fagyejev-egyenletekkel, a kísérleti eredmények nagy pontosságú reprodukálásához szükséges potenciálok megalkotása (Doleschall 2004).

Zimányi József az 1970-es években kötelezte el magát a nehézion-fizikával. 1978-ban publikálták a Bondorf–Garpman–Zimányi-féle hidrodinamikai modellt, amely a nehézion-ütközésekben keletkező tűzgömb időbeli fejlődését írja le (Bondorf–Garpman–Zimányi 1978). Zimányi Lovas Istvánnal és Németh Judittal közösen indította el a nagyon sikeres magyar nehézion-fizikai kutatásokat. Montvay Istvánnal kidolgozta a nehézion-ütközések végállapotának leírására a hadrokémia alapjait (Montvay–Zimányi 1979). A kvarkanyag, más néven kvark-gluon plazma, a világ-egyetem anyagának feltételezett kezdeti állapota. Elméleti vizsgálata a magfizika és részecskefizika együttműködésével zajlik. Az MTA KFKI RMKI kutatói e területen világszerte elismert eredményeket értek el.

A relativisztikus nehézion-reakciók területén az ütközések nemegyensúlyi dinamikájának leírására kidolgoztak egy olyan transzportmodellt, amely sikeresen leírja az ütközések folyamán keletkezett részecskék számát és spektrumát, ezt azóta detektorok tervezéséhez is használják (Wolf et al. 1990). Jelentős kutatások folynak a hadronok közegbeli viselkedésének megértése céljából (Lutz–Wolf–Friman 2002; PHENIX Collaboration 2024). Az ultrarelativisztikus ütközések kutatásában fontos mérföldkő volt a kvark-gluon plazma egyik jelének tekintett sugárnyaláb-energiavesztesség elméleti előrejelzése (Gyulassy–Lévai–Vitev 2000), amelyet később a RHIC-gyorsítónál (Brookhaven) és az LHC-nál (CERN) kísérletileg is igazoltak. A reakciók dinamikájának leírására kidolgozták a szinkötél-modellt (Biró–Nielsen–Knoll 1984). A Zimányi József kezdeményezésére létrejött kutatócsoport a kvarkok kiszabadulását és a megfigyelhető hadronokká való egyesülését írta le (Biró–Lévai–Zimányi 1995; Greco–Ko–Lévai 2003). E modellek a kísérletek eredményeivel összhangban adták vissza a hadronizáció során keletkező részecskék viselkedését. Kimutatták, hogy a részecskespektrum nem a hagyományos Boltzmann-, hanem a Tsallis-eloszlással írható le, ami nem extenzív termodinamikára utal (Biró–Purcsel–Ürmösy 2009). Hasonlóan érdekes, hogy szintén ultrarelativisztikus ütközésekben keletkező részecskepárok korrelációjának leírására a forrásfüggvényre a Gauss- helyett a Levy-eloszlást használva sokkal jobb egyezést kapunk (PHENIX Collaboration 2024). A feltételezettnél bonyolultabb dinamikára utaló mindkét megfigyelés további kutatásokat indukált.

Az ATOMKI-ban az 1960-as évek elején kezdődtek az elméleti magfizikai kutatások, Gyarmati Borbála tevékenységével. Kezdetben komoly eredményeket hozott a rezonanciák Gamow-állapotokra alapozott leírása (Gyarmati–Vertse 1971). Később a komplex skálázás módszerét és a potenciál szeparálható kifejtését is tanulmányozták, hozzájárulva a Gamow-héjmodell kifejlesztéséhez (Betan et al. 2002), a proton-radioaktivitás jelenségének megértéséhez (Kruppa et al. 2000), fúziós folyamatok egyszerű modelljének kidolgozásához. A komplex skálázást szórási és bomló magállapotok leírására alkalmazták különböző magmodellekben. Az 1980-as évektől nagyobb teret kapott a magszerkezet vizsgálata. A fűrt- (klaszter-) modell több változatát is tanulmányozták és alkalmazták, a fenomenologikus potenciálmodelltől a mikroszkopikus modelleken (Lovas et al. 1998) át a héjkorrekciós módszerig.

Magszerkezeti indítatásból bővültek a módszertani vizsgálatok is a szimmetriák felkutatásával és alkalmazásával. Ezek új algebrai modelleket eredményeztek a héj-, a kollektív és a klaszterjelenségekre nézve (Cseh–Lévai 1994), és feltárták ezek kapcsolatát is. A szimmetriák általános szerepe további kutatásokat inspirált a fizika más területein is.

Alkalmazott kutatások

Az atommagfizikai módszereket és eszközöket a kezdetektől alkalmazott kutatásokban is használták. Ilyen korai orvosi és környezettudományi kutatások voltak az ATOMKI-ban például az izotópos nyomjelzés és a csapadékvíz béta-aktivitásának, valamint a ^{14}C szénizotópnak a hosszú idősoros monitorozása (Csongor–Hertelendi 1982). Később, ahogy a kísérleti magfizika a nagyobb energiájú gyorsítók irányába mozdult el, a hazai gyorsítók is egyre nagyobb szerepet kaptak az alkalmazott kutatások terén. Így megjelent az ionnyaláb-analitika. A KFKI-ban a protonindukált röntgenemissziós módszer (Particle-induced X-ray Emission, PIXE) mellett a Rutherford-visszaszórási technikát (Rutherford Backscattering Spectroscopy, RBS) fejlesztették magas színvonalra. Az ATOMKI-ban a PIXE mellett a magreakciók ismeretén alapuló részecske- (proton, deuteron) indukált gamma-emisszió (Particle-induced Gamma-ray Emission, PIGE) módszert honosították meg és fejlesztették tovább (Kiss et al. 1985). Az RBS módszer intézeti megvalósításához Pásztai Ferenc és Manuaba Ashrama nyújtott segítséget a KFKI-ból, ami gyümölcsöző együttműködéshez vezetett a két csoport között. Az említett módszerek sokféle alkalmazhatóságát fokozta a részben intézeti fejlesztésben megvalósított nukleáris mikroszkop (Rajta et al. 1996), ami lehetővé tette mikronos kiterjedésű anyagfelületek elemvizsgálatát és alkalmazását az anyagtudomány, a geológia, a környezetanalitika (különösen a légköri aeroszolok kutatása), a biológia, orvosbiológia és a régészet-muzeológia számos területén. Az ATOMKI VdG gyorsítójának hazai és nemzetközi együttműködésben való alkalmazásait elősegítették EU-programok.

Az ATOMKI-ban 1985-ben átadott MGC-20 ciklotron az alapkutatások mellett számos új alkalmazott kutatási irányt tett lehetővé. Elindulása után kb. egy évtizeddel

futott fel a töltött részecskével gerjesztett magreakciók hatáskeresztmetszetének és hozamának vizsgálata. Azóta számos eredmény született, valamint az új adatok disszeminációjának érdekében folyamatos az együttműködés a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (IAEA) Nuclear Data szekciójával (Tárkányi et al. 2024). Több mint két évtizede indultak a vékonyréteg-aktivációs vizsgálatok. A vizsgálandó alkatrészben besugárzással hoznak létre radioaktív nyomjelző izotópokat ismert mélységi eloszlással, majd a működés közben lekopott anyag aktivitását mérve az erózió mértéke meghatározható. 1985 óta folyik radiológyszerek fejlesztése az ATOMKI Radiokémiai Laboratóriumában a nukleáris medicina diagnosztikai és terápiás igényeinek megfelelően. A PET-kamera (pozitron-emissziós tomográfia) installálása után a klaszikus PET-radiológyszereket termelték (^{18}F FDG, ^{11}C -metionin). A ^{64}Cu és ^{52}Mn PET-izotópokkal az agrárkémiai kutatásokban növénynemesítési vizsgálatokat folytattak. Az utóbbi években további izotópcsaládokkal bővült a paletta. A csoport az Auger-elektron-emitterek által végezhető tumorterápiás kutatásokban is a világ élvonalában van.

A ciklotron a neutronfizikai kutatások kiterjesztését is lehetővé tette. 1986-tól az $E_n = (3-12)$ MeV tartományban kvázi-monoenergiás d+D, az $E_n = (0-17)$ MeV tartományban pedig széles spektrumú p+Be és d+Be neutronokkal is folynak nukleáris technológiákhoz kapcsolódó kutatások (Csikai–Fenyvesi 2012). A neutronindukált magreakciók gerjesztési függvényeinek pontosítása az egyik téma. A neutronok okozta sugárkárosodások vizsgálata anyagtudományi, részecskefizikai, dozimetriai, úrkutatási, orvosi biológiai és radiomutációs növénynemesítési projektek keretében történik. 2020-tól a lézeralapú neutronforrások neutron-foton mezőinek monitorozását célzó módszerek fejlesztése is folyik.

Míg Debrecen a gyorsítókra alapozott magfizikai kutatások centrumává vált, Budapesten a reaktorokra alapozott magfizikai kutatások is előtérbe kerültek. A nukleáris berendezések biztonságos működtetésének és engedélyeztetésének alapvető feltétele a reaktorfizikai részecsketranszport-szimulációk megbízhatósága. E szimulációk az atomreaktorok bonyolult geometriája és fizikai folyamatai miatt kihívást jelentenek, hiszen az ilyen rendszerekben lezajló jelenségek pontos leírására az analitikus megoldások nem alkalmasak. Megoldást a Monte-Carlo-módszerek kínálnak: a sztochasztikus szimulációk során virtuálisan követve a részecskék mozgását és kölcsönhatásait, az egyedi események nagyszámú ismétlésével statisztikai úton határozható meg a keresett fizikai mennyiségek.

A számítógépes kapacitások növekedésével párhuzamosan a Monte-Carlo-szimulációk kulcsszerepet kaptak az atomenergia-iparban. E módszer alkalmazásának világszinten is meghatározó alakjai voltak a KFKI Atomenergia Kutatóintézet (AEKI) munkatársai. Matematikai modelljeikre épülnek a ma szinte minden atomerőmű engedélyeztetésének alapját képező szimulációs szoftverek. E tudományos örökség egyik kiemelkedő példája a Lux–Koblinger-monográfia, a terület mindmáig alapvető kézikönyve (Lux–Koblinger 1991).

Jövőkép, kitekintés

Az elmúlt évszázad során a részecske- és atommagfizika jelentős fejlődésen ment át: a kutatók számos kérdésre találtak választ, a válaszok viszont általában újabb kérdéseket vetettek fel. Ez a szerves fejlődés, amelyhez a magyar kutatók is fontos eredményekkel járultak hozzá, várhatóan tovább folytatódik a jövőben is. A szakterületek hazai kutatókat is foglalkoztató aktuális kérdései között a legfontosabbak:

Melyek a részecskefizika standard modelljének korlátai? Milyen modell képes választ adni a standard modell hiányosságaira, például a neutrínó tömege, a gravitáció és a kvantumtérelmélet egyesítése, a sötét anyag és sötét energia magyarázatára, és minek az alacsony energiás effektív elmélete a standard modell? Hogyan keletkezik az univerzum látható tömegének nagy része a szinte tömeg nélküli kvarkokból? Melyek a kvark-gluon plazma tulajdonságai, amely a maganyag minőségileg új állapota szélsőséges hőmérsékleti és sűrűségi körülmények között? Melyek az atommagok létezésének határai, és milyen jelenségek lépnek fel a nyitott kvantumrendszerekben? Milyen formákat ölthetnek az atommagok, hogyan alakulnak a maghéjak, és milyen szerepet játszanak a magkorrelációk? Mi a szerepe az erős kölcsönhatásnak a csillagokban? Végül, de nem utolsósorban: mivel járulhat hozzá a részecske- és atommagfizika a társadalom jólétéhez és a fenntartható fejlődéshez?

A világban érvényesülő tendenciákat követve, esetenként kijelölve a szakterület magyar kutatói ezekre a kérdésekre keresik majd a választ a jövőben is.

Köszönetnyilvánítás

A cikk összeállítói köszönetüket fejezik ki azon kollégáiknak, akik szemelvényekkel járultak hozzá a cikk szövegéhez: Angeli István, Cseh József, Ditrói Ferenc, Gergely László Árpád, Gyürky György, Kiss Árpád Zoltán†, Palla László, Patkós András, Raics Péter, Sohler Dóra.

Irodalomjegyzék

- Abyazimov, Timur O. et al. (2017). „Challenges in Qcd Matter Physics –The Scientific Programme of the Compressed Baryonic Matter Experiment at Fair”. *European Physical Journal A* 53, 60. <https://doi.org/10.1140/epja/i2017-12248-y>.
- Aoki, Yasumichi et al. (2006). „The Order of the Quantum Chromodynamics Transition Predicted by the Standard Model of Particle Physics”. *Nature* 443, 675–678. <https://doi.org/10.1038/nature05120>.
- Avilez, Clicerio – Marx, György – Fuentes, Beatriz (1981). „Earth as a Source of Anti-Neutrinos”. *Physical Review D* 23, 1116. <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.23.1116>.
- Barbieri, Riccardo et al. (1975). „Meson Hyperfine Splittings and Leptonic Decays”. *Physics Letters B* 57/5, 455–459. [https://doi.org/10.1016/0370-2693\(75\)90267-1](https://doi.org/10.1016/0370-2693(75)90267-1).
- Betan, Rodolfo Id et al. (2002). „Two-Particle Resonant States in a Many-Body Mean Field”. *Physical Review Letters* 89, 042501. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.89.042501>.
- Biró, Tamás Sándor – Lévai, Péter – Zimányi, József (1995). „ALCOR: a Dynamical Model for Hadronization”. *Physical Letters B* 347/1–2, 6–12. [https://doi.org/10.1016/0370-2693\(95\)00029-K](https://doi.org/10.1016/0370-2693(95)00029-K).

- Biró, Tamás Sándor – Nielsen, Holger Bech – Knoll, Jörn (1984). „Color Rope Model for Extreme Relativistic Heavy Ion Collisions”. *Nuclear Physics B* 245, 449–468. [https://doi.org/10.1016/0550-3213\(84\)90441-3](https://doi.org/10.1016/0550-3213(84)90441-3).
- Biró, Tamás Sándor – Purcsel, Gábor – Ürmösy, Károly (2009). „Non-Extensive Approach to Quark Matter”. *The European Physical Journal A* 40/3, 325. <https://doi.org/10.48550/arXiv.0812.2104>.
- Bondorf, Jakob P. – Garpman, Sten I. A. – Zimányi, József (1978). „A Simple Analytic Hydrodynamic Model for Expanding Fireballs”. *Nuclear Physics A* 296/2, 320–332. [https://doi.org/10.1016/0375-9474\(78\)90076-3](https://doi.org/10.1016/0375-9474(78)90076-3).
- Catani, Stefano et al. (2002). „The Dipole Formalism for Next-to-Leading Order Qcd Calculations with Massive Partons”. *Nuclear Physics B* 627/1–2, 189–265. [https://doi.org/10.1016/S0550-3213\(02\)00098-6](https://doi.org/10.1016/S0550-3213(02)00098-6).
- Cederwall, Bo et al. (2011). „Evidence for a Spin-Aligned Neutron–Proton Paired Phase from the Level Structure of ^{92}Pd ”. *Nature* 469, 68–71. <https://doi.org/10.1038/nature09644>.
- CMS Collaboration (2010). „Observation of Long-Range, Near-Side Angular Correlations in Proton–Proton Collisions at the LHC”. *Journal of High Energy Physics* 2010, 091. [https://doi.org/10.1007/JHEP09\(2010\)091](https://doi.org/10.1007/JHEP09(2010)091).
- Cseh, József – Lévai, Géza (1994). „Semimicroscopic Algebraic Cluster Model of Light Nuclei. I. Two-Cluster-Systems with Spin-Isospin-Free Interactions”. *Annals of Physics* 230/2, 165–200. <https://doi.org/10.1006/aphy.1994.1024>.
- Cserpák, Ferenc et al. (1994). „Excitation Functions and Isomeric Cross Section Ratios of the $^{63}\text{Cu}(n,\alpha)^{60}\text{Co}^{\text{m.g.}}$, $^{65}\text{Cu}(n,\alpha)^{62}\text{Co}^{\text{m.g.}}$, and $^{60}\text{Ni}(n,p)^{60}\text{Co}^{\text{m.g.}}$ Processes from 6 to 15 MeV”. *Physical Review C* 49, 1525–1533. <https://doi.org/10.1103/PhysRevC.49.1525>.
- Csikai, Gyula (1957). „Photographic Evidence for the Existence of the Neutrino”. *Nuovo Cimento* 5, 1011. <https://doi.org/10.1007/BF02903226>.
- Csikai, Gyula (1973). „Use of Small Neutron Generators in Science and Technology”. *Atomic Energy Review* 11/3, 415–513.
- Csikai Gyula – Fenyvesi András (2012). „Neutronfizikai kutatások Debrecenben”. *Nukleon* 5/4, 1–6. https://nuklearis.hu/sites/default/files/nukleon/Nukleon_5_4_118_Csikai.pdf.
- Csikor, Ferenc – Fodor, Zoltán – Heitger, Jochen (1999). „Endpoint of the Hot Electroweak Phase Transition”. *Physical Review Letters* 82, 21–24. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.82.21>.
- Csongor, Éva – Hertelendi, Ede (1982). „Fission Products and Radiocarbon as Environmental Pollutants Due to Atmospheric Nuclear Weapon Tests Measured in Debrecen Since 1952”. *ATOMKI Közlemények* 24/3, 179–183.
- Daróczy, Sándor et al. (1974). „Application of Ge(Li) Detector to the Measurement of U-238 Fission Yields for 14,4 MeV Neutrons”. *Nejtronnaya Fizika* 3, 223–228 [orosz nyelven].
- Doleschall, Pál (2004). „Influence of the Short Range Nonlocal Nucleon–Nucleon Interaction on the Elastic n – d Scattering Below 30 MeV”. *Physical Review C* 69, 054001. <https://doi.org/10.1103/PhysRevC.69.054001>.
- Dombrádi, Zsolt et al. (2006). „Vanishing $N = 20$ Shell Gap: Study of Excited States in $^{27,28}\text{Ne}$ ”. *Physical Review Letters* 96, 182501. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.96.182501>.
- Duer, Meytal et al. (2022). „Observation of a Correlated Free Four-Neutron System”. *Nature* 606, 678–682. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04827-6>.
- Dürr, Stephan et al. (2008). „Ab Initio Determination of Light Hadron Masses”. *Science* 322, 1224–1227. <https://doi.org/10.1126/science.1163233>.
- Elekes, Zoltán et al. (2007). „Spectroscopic Study of Neutron Shell Closures via Nucleon Transfer in the Near-Dripline Nucleus ^{23}O ”. *Physical Review Letters* 98, 102502. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.98.102502>.
- Fodor, Gyula – Hoenselaers, Cornelius – Perjés, Zoltán (1989). „Multipole Moments of Axisymmetric Systems in Relativity”. *Journal of Mathematical Physics* 30/10, 2252–2257. <https://doi.org/10.1063/1.528551>.
- Forgács, Péter – Horváth, Zsolt – Palla, László (1981). „Exact Multimonomopole Solutions in the Bogomolny–Prasad–Sommerfield Limit”. *Physics Letters B* 99/3, 232–236. [https://doi.org/10.1016/0370-2693\(81\)91115-1](https://doi.org/10.1016/0370-2693(81)91115-1).

- Garzelli, Maria Vittoria et al. (2012). „ $t\bar{t}W^\pm + t\bar{t}Z$ Hadroproduction at NLO Accuracy in QCD with Parton Shower and Hadronization Effects”. *Journal of High Energy Physics* 2012, 056. [https://doi.org/10.1007/JHEP11\(2012\)056](https://doi.org/10.1007/JHEP11(2012)056).
- Gergely, László Árpád – Perjés, Zoltán I. – Vasúth, Mátyás (1998). „Spin Effects in Gravitational Radiation Back Reaction. III. Compact Binaries with Two Spinning Components”. *Physical Review D* 58, 124001. <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.58.124001>.
- Greco, Vincenzo – Ko, Che-Ming – Lévai, Péter (2003). „Parton Coalescence and Anti-proton/ Pion Anomaly at RHIC”. *Physical Review Letters* 90, 202302. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.90.202302>.
- Gyarmati, Borbála – Vertse, Tamás (1971). „On the Normalization of Gamow Functions”. *Nuclear Physics A* 160/3, 523–528. [https://doi.org/10.1016/0375-9474\(71\)90095-9](https://doi.org/10.1016/0375-9474(71)90095-9).
- Gyulassy, Miklós – Lévai, Péter – Vitev, Ivan (2000). „Non-Abelian Energy Loss at Finite Opacity”. *Physical Review Letters* 85, 5535. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.85.5535>.
- Hasenfratz, Péter – Niedermayer, Ferenc (1990). „The Exact Mass Gap of the $O(N)$ σ -Model for Arbitrary $N \geq 3$ in $d = 2$ ”. *Physics Letter B* 245/3–4, 529–532. [https://doi.org/10.1016/0370-2693\(90\)90686-Z](https://doi.org/10.1016/0370-2693(90)90686-Z).
- Hasenfratz, Peter – 't Hooft, Gerardus (1976). „Fermion-Boson Puzzle in a Gauge Theory”. *Physical Review Letters* 36, 1119. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.36.1119>.
- Heinz, Ulrich W. (2009). „The Strongly Coupled Quark-Gluon Plasma Created at RHIC”. *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical* 42, 214003. <https://doi.org/10.1088/1751-8113/42/21/214003>.
- Horváth Dezső (2017). „Antianyag-vizsgálatok a CERN-ben”. *Fizikai Szemle* 67/4, 115–121. <https://fizikaiszemle.elft.hu/archivum/fsz0403/hd0403.html>.
- Károlyházy, Frigyes (1966). „Gravitation and Quantum Mechanics of Macroscopic Objects”. *Il Nuovo Cimento A* 42, 390–402. <https://doi.org/10.1007/BF02717926>.
- Karsch, Frithjof et al. (1996). „Gauge Boson Masses in the 3D, $SU(2)$ Gauge-Higgs Model”. *Nuclear Physics B* 474/1, 217–232. [https://doi.org/10.1016/0550-3213\(96\)00224-6](https://doi.org/10.1016/0550-3213(96)00224-6).
- Kiss, Árpád Z. et al. (1985). „Measurements of Relative Thick Target Yields for Pige Analysis on Light Elements in the Proton Energy Interval 2.4–4.2 MeV”. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 89, 123–141. <https://doi.org/10.1007/BF02070210>.
- Koltay, Ede – Meskó, László – Végh, László (1975). „Levels of ^{41}Sc from the $^{40}\text{Ca}(p,p)^{40}\text{Ca}$ Reaction”. *Nuclear Physics A* 249/1, 173–181. [https://doi.org/10.1016/0375-9474\(75\)90098-6](https://doi.org/10.1016/0375-9474(75)90098-6).
- Kondo, Yosuke et al. (2023). „First Observation of ^{28}O ”. *Nature* 620, 965–970. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06352-6>.
- Krasznahorkay, Attila et al. (1998). „Experimental Evidence for Hyperdeformed States in U Isotopes”. *Physical Review Letters* 80, 2073. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.80.2073>.
- Krasznahorkay, Attila et al. (1999). „Excitation of Isovector Spin-Dipole Resonances and Neutron Skin of Nuclei”. *Physical Review Letters* 82, 3216. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.82.3216>.
- Krasznahorkay, Attila et al. (2016). „Observation of Anomalous Internal Pair Creation in ^8Be : A Possible Indication of a Light, Neutral Boson”. *Physical Review Letters* 116, 042501. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.116.042501>.
- Kruppa, András T. et al. (2000). „Fine Structure in the Decay of Deformed Proton Emitters: Nonadiabatic Approach”. *Physical Review Letters* 84, 4549–4552. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.84.4549>.
- Kuti, Julius et al. (2014). „Multiple Chiral Doublet Bands of Identical Configuration in ^{103}Rh ”. *Physical Review Letters* 113, 032501. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.113.032501>.
- Kuti, Julius – Weisskopf, Victor F. (1971). „Inelastic Lepton-Nucleon Scattering and Lepton Pair Production in the Relativistic Quark-Parton Model”. *Physical Review D* 4, 3418. <https://doi.org/10.1103/PhysRevD.4.3418>.
- Kuti, Julius G. – Polónyi, János – Szlachányi, Kornél (1981). „Monte Carlo Study of $SU(2)$ Gauge Theory at Finite Temperature”. *Physics Letters B* 98/3, 199–204. [https://doi.org/10.1016/0370-2693\(81\)90987-4](https://doi.org/10.1016/0370-2693(81)90987-4).
- LIGO Scientific Collaboration – Virgo Collaborations (2016). „Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger”. *Physical Review Letters* 116, 061102. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.116.061102>.

- LIGO Scientific Collaboration – Virgo Collaborations (2017). „GW170817: Observation of Gravitational Waves from a Binary Neutron Star Inspiral”. *Physical Review Letters* 119, 161101. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.119.161101>.
- Lovas, Rezső Gy. et al. (1998). „Microscopic Theory of Cluster Radioactivity”. *Physics Reports* 294/5, 265–362. [https://doi.org/10.1016/S0370-1573\(97\)00049-5](https://doi.org/10.1016/S0370-1573(97)00049-5).
- Lutz, Matthias F. M. – Wolf, György – Friman, Bengt (2002). „Scattering of Vector Mesons off Nucleons”. *Nuclear Physics A* 706, 431–496. <https://doi.org/10.48550/arXiv.nucl-th/0112052>.
- Lux, Iván – Koblinger, László (1991). *Monte Carlo Particle Transport Methods: Neutron and Photon Calculations*. Boca Raton, FL: CRC Press. https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9781351083287_A37414261/preview-9781351083287_A37414261.pdf.
- Marx György (1954). „Über die Erhaltung der Fermionenladung”. *Zeitschrift für Naturforschung A* 9/12, 1051–1052. <https://doi.org/10.1515/zna-1954-1210>.
- Marx György – Lux Iván (1969). „Geophysics by Neutrinos”. *Czechoslovak Journal of Physics B* 19, 1471–1479. <https://doi.org/10.1007/BF01698889>.
- Montvay, István – Zimányi, József (1979): „Hadron Chemistry in Heavy Ion Collisions”. *Nuclear Physics A* 316/3, 490–508. [https://doi.org/10.1016/0375-9474\(79\)90049-6](https://doi.org/10.1016/0375-9474(79)90049-6).
- Mutschler, Aurélie et al. (2017). „A Proton Density Bubble in the Doubly Magic ^{34}Si Nucleus”. *Nature Physics* 13, 152–156. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1707.03583>.
- NA61/SHINE Collaboration (2025). „Evidence of Isospin-Symmetry Violation in High-Energy Collisions of Atomic Nuclei”. *Nature Communications* 16, 2849. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-57234-6>.
- Nagy Elemér (2013). „CERN-i visszaemlékezések”. *Fizikai Szemle* 63/2, 47–50. <https://fizikaiszemle.elft.hu/archivum/fsz1302/FizSzem-201302.pdf>.
- Nagy, Kázmér L. (1960). „Indefinite Metric in Quantum Field Theory”. *Il Nuovo Cimento* 17, 92–132. <https://doi.org/10.1007/BF02911184>.
- Nyakó, Barna M. et al. (1984). „Observation of Superdeformation in ^{152}Dy ”. *Physical Review Letters* 52, 507. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.52.507>.
- Perjés, Zoltán (1971). „Solutions of the Coupled Einstein–Maxwell Equations Representing the Fields of Spinning Sources”. *Physical Review Letters* 27, 1668. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.27.1668>.
- PHENIX Collaboration (2024). „Centrality Dependence of Lévy-Stable Two-Pion Bose–Einstein Correlations in $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV Au + Au Collisions”. *Physical Review C* 110, 064909. <https://doi.org/10.1103/PhysRevC.110.064909>.
- „Precision Electroweak Measurements on the Z Resonance” (2006). *Physics Reports* 427, 5–6, 257–454. <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2005.12.006>.
- Rajta, István et al. (1996). „The New Atomki Scanning Proton Microprobe”. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms* 109–110, 148–153. [https://doi.org/10.1016/0168-583X\(95\)00897-7](https://doi.org/10.1016/0168-583X(95)00897-7).
- Somorjai, Endre et al. (1998). „Experimental Cross Section of $^{144}\text{Sm}(\alpha, \gamma)^{148}\text{Gd}$ and Implications for the P-Process”. *Astronomy & Astrophysics* 333, 1112–1116. [https://doi.org/10.1016/S0375-9474\(97\)00258-3](https://doi.org/10.1016/S0375-9474(97)00258-3).
- Szabados, László B. (2009). „Quasi-Local Energy-Momentum and Angular Momentum in GR: A Review Article”. *Living Reviews in Relativity* 12, 4. <https://doi.org/10.12942/lrr-2009-4>.
- Szalay Albert (1939). „Die Anregungsfunktionen der Umwandlungen $\text{Al}^{27}(\alpha, n)\text{P}^{31}$ und $\text{Al}^{27}(\alpha, n)\text{P}^{31*}$ ”. *Zeitschrift für Physik* 112, 29–44. <https://doi.org/10.1007/BF01325635>.
- Taniuchi, Ryo et al. (2019). „ ^{78}Ni Revealed as a Doubly Magic Stronghold Against Nuclear Deformation”. *Nature* 569, 53–58. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1155-x>.
- Tárkányi, Ferenc et al. (2024). „Extension of Recommended Cross Section Database for Production of Therapeutic Isotopes”. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 333, 717–804. <https://doi.org/10.1007/s10967-023-09283-8>.
- Timár, József et al. (2019). „Experimental Evidence for Transverse Wobbling in ^{105}Pd ”. *Physical Review Letters* 122, 062501. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.122.062501>.
- Wolf, György et al. (1990). „Dilepton Production in Heavy-Ion Collisions”. *Nuclear Physics A* 517/3–4, 615–638. [https://doi.org/10.1016/0375-9474\(90\)90222-8](https://doi.org/10.1016/0375-9474(90)90222-8).

Statisztikus és szilárdtest-fizika
*Statisztikus Fizikai Tudományos Bizottság
és Szilárdtest-fizikai Tudományos Bizottság*

Statistical and Solid-state Physics
*The Committee on Statistical Physics
and the Committee on Solid-state Physics*

Groma István¹ – Iglói Ferenc²

¹ az MTA doktora, egyetemi tanár, Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar
Fizikai és Csillagászati Intézet, Budapest

² az MTA doktora, kutató professor emeritus, HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

Összefoglalás

A tanulmányban a magyarországi statisztikus és szilárdtest-fizika történetének vázlatos ismertetése után tematikus formában összefoglaljuk a Magyarországon az elmúlt 80 évben kutatott olyan területeket, amelyekben nemzetközi mércével mérve is kiemelkedő eredmények születtek.

Abstract

In this study, after a brief overview of the history of statistical and solid-state physics in Hungary, we summarize in a thematic form the areas researched in Hungary over the past 80 years in which outstanding results have been achieved even by international standards.

Kulcsszavak: statisztikus fizika, kondenzált anyagok fizikája és anyagtudomány

Keywords: statistical physics, condensed matter physics and materials science

Bevezetés: statisztikus fizika, kondenzált anyagok fizikája és anyagtudomány

Az anyagtudomány talán az emberiség legrégebben művelt tudományága. Érdemes megemlíteni, hogy amikor rájöttek, hogy a bronz, ami egy rézalapú ötvözet, sokkal jobb szerkezeti anyag, mint a tiszta réz, ez egy új történelmi korszakot, a „bronzkort” nyitotta meg. A 17. századtól kezdve elindult a makroszkopikus anyagok, folyadékok és szilárd testek fizikai, mechanikai, elektromos, mágneses, optikai és termikus tulajdonságainak vizsgálata, és ez a terület most is a kutatások igen jelentős részét teszi ki. Ugyanakkor a 20. században minőségi változást hozott az, hogy a fenomenologikus leírás helyett a kvantummechanika segítségével mikroszkopikus elvekből indulnak ki.

A szilárdtest-fizika, mai elterjedt terminológiával és némileg kiterjesztett tematikával a „kondenzált anyagok fizikája”, a jelenségeket atomi szinten közelíti meg, így érdemi fejlődésnek csak a kvantummechanika megszületése után indult. A kondenzált anyagok fizikája a mindennapjainkban minket körülvevő anyagok viselkedését igyekszik megérteni az anyagok tulajdonságait meghatározó törvényszerűségek atomi folyamatokkal való kapcsolatának vizsgálatával. Így a szilárdtest-fizika az alkalmazásokhoz sokkal közelebb álló anyagtudomány elméleti hátterét is biztosítja, amelynek célja annak vizsgálata, hogy a szilárd testek tulajdonságai hogyan függenek az anyag összetételétől és szerkezetétől, illetve hogyan lehet meghatározott tulajdonságú, funkcionális anyagokat előállítani.

Magyarországon az egyik első, de mindenképpen legjelentősebb korai eredmény az anyagtudományban Eötvös Loránd nevéhez fűződik, aki feltárta bizonyos folyadékok felületi feszültségének hőmérséklettől és moltérfogattól való függését. Az összefüggés Eötvös-törvényként ismert.

A hazai szilárdtest-fizikai kutatások elindításában Gyulai Zoltán meghatározó szerepet játszott. Még az első világháború előtt, Kolozsváron kezdett a szelén fényelektromos tulajdonságaival foglalkozni. Később ő lett a hazai kristályfizikai iskola megalapítója. A kristályfizika, a kristálynövekedés és a kristályhibák, különösen a színcentrumok tulajdonságainak tanulmányozása évtizedekig a hazai szilárdtest-fizikai kutatások egyik kiemelt ága volt.

Az 1950-es évektől kezdve fontos változás indult el a magyar kondenzált anyagok, illetve anyagtudományi kutatásokban. Olyan nagy kutatóintézetek alakultak, mint a KFKI (Központi Fizikai Kutatóintézet) és a MÜFI (Műszaki Fizikai Kutató Intézet), ahol az ilyen irányú kutatások alapvető szerepet játszottak. Emellett a nagyobb hazai kutatóegyetemeken (ELTE, BME, Debreceni Egyetem, Szegedi Egyetem) sorra alakultak a szilárdtest-fizikával foglalkozó tanszékek és kutatócsoportok. Fontos változás volt ebben az időben, hogy a direkt iparhoz kapcsolódó kutatások is több helyen jelentősen felfutottak (Csepel Vas- és Fémművek, ALUTERV-FKI, Vas- és Fémpipari Kutatóintézet, Bányászati Kutató Intézet stb.). Az évek során ezen intézmények között igen szoros és eredményes együttműködés alakult ki, amely sok fontos nemzetközileg is kiemelkedő eredményre vezetett. Fontos megemlíteni, hogy a hetvenes évektől a szilárd testek kutatása országosan kiemelt főirány volt. Ennek leágazásai voltak a különböző célprogramok.

Az anyagtudománnyal ellentétben a statisztikus fizika a nagyszámú részecskéből álló makroszkopikus rendszerek kísérletekben megfigyelhető tulajdonságait a részecskék viselkedésének statisztikus leírásával határozza meg. Ugyanakkor a két terület egyik legfeltűnőbb közös vonása, hogy a mikrovilág és az asztronómiai távolságok közötti mindennapi világunk objektumaival foglalkozik. A statisztikus fizikában alapvető cél a makroszkopikus rendszereken értelmezett termodinamikai jellemzők és a közöttük fennálló termodinamikai összefüggések származtatása. A statisztikus fizika Maxwell, Boltzmann és Gibbs munkássága révén született meg a 19. század

végén, majd Einstein, Fermi, Dirac, Heisenberg, Landau, Neumann János és mások eredményeivel gazdagodott a 20. század elején.

A statisztikus fizika témakörébe kezdetben a gázok és folyadékok vizsgálata tartozott, míg a kondenzált anyagok a szilárdtest-fizika kompetenciájába tartoztak. A statisztikus fizika módszerei azonban más rendszerek tanulmányozásánál is hasznosnak bizonyultak. A fizikán belül megemlíthetjük a szuperfolyadékok és a szupravezetők problémáját, valamint a lágyan kondenzált anyagokat (például polimerek, folyadékkristályok, szemcsés anyagok). Ugyanakkor számos, a társtudományok által felvetett kérdést is a statisztikus fizika módszereivel lehet tárgyalni, így a kémiai reakciókat és a biológiai rendszerek motiválta kérdéseket a sejtek, a szervek vagy populációk szintjén. További interdiszciplináris problémákat szolgáltat a szociológia, a gazdaság és a pénzügy is.

A hazai kutatások alapvetően a második világháborút követően indultak el, bár a statisztikus leírásmód már megjelent a sok elektront tartalmazó atomok közelítő tárgyalásánál kissé korábban is. Ezen témakörben Gombás Pál és az általa a BME-n vezetett kutatócsoport ért el nemzetközileg is értékelt eredményeket.

A statisztikus fizika modern szemléletű alkalmazásainak hazai meghonosodása az 1960-as évekre tehető. A kutatások egyik központja az ELTE-n volt, ahol Szépfalusy Péter körül alakult ki egy nagyon eredményes csoport. Nagyjából ezzel egy időben a KFKI-ban is megindultak a statisztikus fizikai kutatások, amelyek erősen kapcsolódtak a hasonló elméleti módszerekkel dolgozó szilárdtest-fizikai témákhoz is. Ebben az időszakban kezdték alkalmazni a térelméletben kifejlesztett módszereket a statisztikus fizikában. A vizsgálatokat elindító kutatók Zawadowski Alfréd szellemi irányításával dolgoztak. Megemlíthetjük még a MÜFI-ben működő kis létszámú elméleti csoportot is. Itt kezdetben a folyadékok tulajdonságait vizsgálták, majd ebből fokozatosan modernebb problémák – perkoláció, üvegátalakulás – felé fordultak.

Az 1970-es évek elején évente egyszer rendezett többnapos szemináriumként indult el a közép-európai együttműködés a statisztikus fizikában (Middle European Cooperation in Statistical Physics, MECO). Közép-Európa alatt először Ausztria, Csehszlovákia, Jugoszlávia, Magyarország, Olaszország, Románia, Németország és Svájc volt értendő. A cél az volt, hogy a vasfüggöny két oldalán élő és dolgozó, a statisztikus fizikával és a kondenzált anyagok fizikájának elméletével foglalkozó fizikusok évente találkozzanak néhány napra, mégpedig évente váltakozva a vasfüggöny keleti, illetve nyugati oldalán. Magyar részről a fő szervező Szépfalusy Péter volt. A részt vevő országok köre fokozatosan bővült, de a vasfüggöny leomlása után is megmaradt a törekvés, hogy a helyszín lehetőleg Európa nyugati és keleti fele között váltakozzon. A MECO-t négyszer rendezték Magyarországon.

Az alábbiakban tematikus csoportosításban röviden összefoglaljuk, milyen területeken folyt az elmúlt 70 év során jelentősebb kutatás Magyarországon a kondenzált anyagok fizikája, az anyagtudomány és a statisztikus fizika területén. A háború utáni évek részletes története megtalálható Sólyom Jenő könyvében (Sólyom 2020a). A KFKI-nak mint a terület meghatározó intézményének rövid története Sólyom Jenő cikkében (Sólyom 2020b) olvasható.

Röntgenes szerkezetvizsgálat

A szerkezetvizsgálat hagyományos módja a röntgendiffrakció. A legegyszerűbb esetben ez monokromatikus sugárzást használ, és a Bragg-csúcsok helyzetéből megadja a kristályszerkezetet. Az ilyen mérés azonban technikailag csak fáradtságosan végezhető el, ezért hagyományosan pormintán szokás mérni. Ebből a fázisok és az összetétel viszonylag egyszerűen megállapítható. Ugyanakkor a pontos atomi elrendeződés meghatározása nem egyszerű feladat. Mivel a mérés során a szórt nyaláb fázisa nem detektálódik, a mért adatokból nem lehet egyértelműen megkapni a szerkezetet. Ezért valamilyen elektronszerkezetből kiindulva iterációs módszerekkel szokás a mért intenzitáseloszláshoz legjobban illeszkedő elektronsűrűséget meghatározni.

Ennek egyik Magyarországon is intenzíven fejlesztett módja az ún. „charge flipping” módszer, ahol az egyes iterációs lépések során az elektronsűrűség előjelét megváltoztatjuk, ahol annak értéke kisebb egy meghatározott küszöbnél. Majd az ebből kiszámolt szórás fázist használjuk a következő iterációban, amíg el nem érünk egy megfelelő konvergenciát. A tapasztalat szerint ez igen hatékony módszer.

Amorf és folyadék rendszereknél az itthon is intenzíven fejlesztett módszer az ún. Reverse Monte Carlo szerkezetmeghatározás, ahol az atomokat egy véletlen komponens is használó algoritmussal addig mozgatjuk, amíg a szerkezetből kiszámolt intenzitáseloszlás jól megközelíti a mért eloszlást.

Az eddig említett módszerek az atomi pozíciók és az elektronsűrűség térbeli eloszlásának meghatározására szolgálnak. Ugyanakkor a röntgendiffrakció információt szolgáltat a kristályos anyagokban a hibaszerkezetre is. Magyar kutatók jelentős elméleti és kísérleti hozzájárulásával megmutatták, hogy nagy precizitással megmérve az egyes Bragg-csúcsok alakját, igen pontosan meghatározhatók a mikroszerkezet olyan fontos paraméterei, mint a diszlokációsűrűség, annak térbeli fluktuációja, valamint a szemcseméret. Ez az ún. röntgenvonalprofil-analízis mára igen elterjedt módszerré vált.

Amint azt Gábor Dénes megmutatta, a szórt és egy referencianyaláb interferenciaképének rögzítésével a szórt nyaláb fázisinformációja is rögzíthető. A módszer röntgensugárzásra is alkalmazható, amennyiben a két nyaláb koherenciáját biztosítani tudjuk (röntgenholográfia). A megoldás ötlete Abraham Szőkétől, egy Kaliforniában élő (szintén magyar származású) fizikustól származik. Azt javasolta, hogy legyen a sugárzás forrása magának a vizsgálni kívánt anyagnak az egyik atomja. Az atom által kibocsátott sugárzás egy része kölcsönhatás nélkül lép ki az anyagból, ez a referencianyaláb. A sugárzás másik része szóródik a környező atomokról. A kettő interferenciája a hologram, amely tartalmazza a sugárzó atom környezetére vonatkozó összes információt. Az első mérést magyar kutatók egy stroncium-titanát egykristályon végezték. Egy hagyományos röntgenforrást használva a stronciumatomok által kibocsátott fluoreszcens sugárzás szögeloszlását mérték. A mért adatokból az abszorpció korrekciója után kapott hologramból rekonstruálták a forrás körüli stronciumatomok háromdimenziós képét.

Neutronos szerkezetvizsgálat

Mivel a neutronok hullámtermészetűek is, neutronokkal is tudunk diffrakciós képet előállítani. A neutronok nagy előnye, hogy a gyenge neutron-atommag kölcsönhatás miatt a neutronok képesek áthatolni akár egy méter vastagságú mintán is. Ugyanakkor a neutronok előállítása megfelelő fluxussal komoly kihívást jelent. A KFKI-ban levő reaktor azonban alkalmas erre, így a neutrontdiffrakció hazánkban is rendelkezésre áll.

Fontos vizsgálati módszer a kis szögű neutronszórás, ahol a direkt nyaláb kis szögű eltérülését mérjük meg. Ebből olyan fontos mikroszerkezeti paraméterek, mint a kiválás mérete, illetve a méreteloszlás paraméterei, valamint a makromolekulák szerkezete határozhatók meg.

A fentiekben ismertetett rugalmas neutronszóráson alapuló módszerek mellett a rugalmatlan neutronszórás vizsgálatával információt kaphatunk az anyagban lejátszódó belső gerjesztésekről.

Ennek felbontóképességének jelentős javítására javasolta 1972-ben Mezei Ferenc a neutronspin-ekho elvet. A neutronspin-ekho elvén működő első berendezés, a háromtengelyű spektrométer (ún. Mezei-flipper) fejlesztésével 1978-ra készültek el a KFKI-ban. Alkalmazásával többek között lehetővé vált az atommag szerkezetének és gerjesztett állapotainak spektroszkópiai tanulmányozása, az atomok szilárd testekben való mozgásának nyomon követése.

Képalkotó módszerek a nanoskálán

A transzmissziós elektronmikroszkóp (TEM) az 1950-es években indult dinamikus fejlődésnek. Ez a fejlődés ma is töretlen, lehetővé téve a felbontás folyamatos javítását. A mai korszerű ún. Cs/Cc korrigált mikroszkópokban (ahol a különböző lencsehibákat egy speciális komplikált tekercsrendszer alkalmazásával jelentősen csökkentik) ma már az atomi felbontás viszonylag könnyen elérhető. Az első TEM-ek az 1960-as években már Magyarországon is megjelentek. Napjainkban különböző szintű TEM-eket szinte minden anyagtudománnyal foglalkozó kutatóhelyen kiterjedten használnak a mikroszerkezet, a kristályhibák, valamint az atomi szerkezetek feltárására.

A másik, szintén az 1950-es években kidolgozott képalkotó módszer a pásztázó elektronmikroszkópia (Scanning Electron Microscope, SEM). Itt a minta felületét egy néhány nanométer méretű elektronnyalábbal pásztázzuk végig, és detektáljuk a becsapódó elektronok hatására kilépő különböző jeleket (visszaszórt elektron, szekunder elektron, röntgensugárzás stb.). A TEM-hez hasonlóan ezt a módszert is kiterjedten alkalmazzák hazánkban is. Ide kapcsolódik egy, az utóbbi két évtizedben kifejlesztett, a visszaszórt elektronok diffrakcióján (Electron Backscatter Diffraction, EBSD) alapuló vizsgálati módszer. Ez ideális eszköz a minta felületén a lokális kristályorientáció feltérképezésére, amely lehetővé teszi a modellalkotás szempontjából elengedhetetlen szemcseszerkezet feltárását.

Az 1980-as években jelent meg a pásztázó alagútmikroszkóp (Scanning Tunnel Microscope, STM), majd rövidesen az atomerő-mikroszkóp (Atomic Force Microscope, AFM). Ennek lényege, hogy egy atomszinten hegyes tűt egy piezokristállyal szubnanométeres pontossággal mozgatunk egy felület közelében, miközben az STM esetében a tű és a felszín közötti alagútáramot mérjük, míg az AFM-nél a tű és a felület közötti erő szub-pN pontossággal mérjük. Eközben két másik piezokristállyal a mintát a tűre merőleges síkban mozgatjuk. E módszerrel atomi felbontásban letapogatható a felszín morfológiája. Hazánkban is több ilyen berendezés üzemel, és igen sikeresen használják például grafén, illetve más 2D egy- és többrétegű szerkezetek tulajdonságainak feltárására. Az utóbbi időben már fontos szerepet kapott a biológiai alkalmazás is, például vírusok tanulmányozásában.

Egyéb vizsgálati módszerek

Kísérleti oldalról jelentős segítséget jelentett, hogy az 1960-as évektől kezdve a korábbi klasszikus anyagvizsgálati módszerek mellett fokozatosan megjelentek a nukleáris módszerek, mint a mágneses magrezonancia vagy a Mössbauer-effektus, amelyek már az anyag belsejében uralkodó terekről adnak felvilágosítást. Mindkét területen Magyarországon is intenzív kutatások folytak többek között a fémüvegek tulajdonságainak feltárására.

A felület- és vékonyréteg-fizika hagyományos TEM és SEM vizsgálatai mellett fontos, itthon is intenzíven használt módszer az Auger-spektroszkópia és az ellipszometria. Ezek lehetőséget adnak fém és félvezető vékony rétegek kialakulásának, kristályhibáinak tanulmányozására és összetételének mélységi elemzésére.

Szerkezeti anyagok elméleti és kísérleti vizsgálata

Az 1970-es években az Al- és Cu-ötvözetekben kialakuló kiválások, GP-zónák, rendeződési folyamatok, illetve újrakristályosodás tanulmányozására a kutatóintézetek és az egyetemek között intenzív és nagyon sikeres együttműködés alakult ki. Ez az alapkutatási eredmények mellett új ipari termékek kidolgozásához is vezetett. Ezek folytatásaként napjainkban jelentős nemzetközi együttműködésben vizsgálatok folynak a nagy deformáció modellezésére, nanoszerkezetű rendszerek tulajdonságainak feltárására, valamint nagyentrópiás ötvözetek vizsgálatára. Ezek az anyagok jelenthetik a közeljövő meghatározó anyagait az extrém körülmények között is használható anyagokra, akkumulátorelektrodák és hidrogéntárolás céljaira.

Tekintettel arra, hogy az anyagok tulajdonságait alapvetően határozzák meg a kristályhibák, ezek kollektív tulajdonságainak feltárása elengedhetetlen új anyagok előállításához. Hazánkban évtizedek óta nemzetközi szinten is kiemelkedő kutatások folynak a kristályhibák, az egyedi diszlokációk, a diszlokációk statisztikus fizikája, a diszlokációlavinák és a szerkezeti (martenzites) átalakulások területén.

Egy másik kiemelten kutatott terület a térbeli rendezettség nélküli amorf anyagok vizsgálata. Az 1959-ban felfedezett amorf fémek (fémüvegek) tanulmányozása hosszú időn keresztül a hazai anyagtudományi kutatások egyik fókuszpontja volt. A KFKI-ban először 1976-ban állítottak elő fémüveget, és vizsgálták annak különleges mechanikai és mágneses tulajdonságait, elsősorban a lehetséges ipari alkalmazások szempontjából.

Bizonyos értelemben a kristályos szilárd testek és a folyadékok között helyezkednek el a folyadékkristályok, amelyekben a folyadékaláállapotból történő hűtésekor a molekulák iránybeli és tömegközéppontjuk térbeli rendezettsége nem egyszerre jelenik meg a tér mindhárom irányában. Bár a folyadékkristályos fázis már a 19. században is ismert volt, hazai kutatása csak a hetvenes években indult meg. Elsősorban a ferroelektromos folyadékkristályok, instabilitások és nemlineáris jelenségek vizsgálatával foglalkoznak.

Kritikus jelenségek és a renormálási csoport, rendezetlen rendszerek

A hazai statisztikus fizikai kutatások az 1970-es években a nemzetközi trendeknek megfelelően a fázisátalakulások és kritikus jelenségek elméleti leírása felé fordultak. A kritikus jelenségek megértésénél az első lépést a fizikai mennyiségeknek a kritikus pont környezetében mutatott skálázási viselkedésének felismerése jelentette, amelynek konzekvens elméleti leírása a renormáláscsoport-módszerrel vált lehetővé. Ez a módszer a kritikus fluktuációk fokozatos kiküszöbölésével módszert adott a fizikai mennyiségek szingularitásait jellemző kritikus exponensek és skálafüggvények meghatározására is. A statisztikus esetben érvényes korrelációs függvények általánosításaként értelmezték az időfüggő korrelációs függvényeket, amelyeknek a kritikus pont környékén mutatott viselkedését a dinamikai skálátörvények írták le, és ezek elméleti meghatározása a megfelelő renormáláscsoport-módszerrel vált lehetővé. A kritikus jelenségek statisztikus fizikai vizsgálatával főleg az ELTE Elméleti Fizikai Tanszéken és a KFKI Szilárdtest-elméleti Osztályán foglalkoztak.

A problémakörhöz szervesen kapcsolódik a rendezetlen rendszerek és spinüvegek vizsgálata. A rendezetlenség minden valóságos minta természetes velejárója, még a legtisztább anyag is tartalmaz különböző rácshibákat, szennyező részecskéket, diszlokációkat. A szokásos fizikai rendszereknél általában feltételezzük, hogy a rendezetlenséggel kapcsolatos időskála lényegesen hosszabb a termikus vagy kvantummozgással kapcsolatos időknél, azaz a rendezetlenség a mintába mintegy be van fagyva. A statisztikus fizikai vizsgálatoknál ekkor az adott mintára kiszámolt szabadenergiát és a korrelációs függvényeket kell a rendezetlenség szerint átlagolni. A rendezetlenség egyik különleges következménye az üvegállapot megjelenése, amelyet folyadékból kellően gyors hűtéssel lehet előállítani. Ugyan az üveget már több évezred óta ismeri és alkalmazza az emberiség, az üvegállapot megértése még mindig a fizika egyik nagy kihívását jelenti. Az üvegállapot egy speciális formáját, az ún. spinüveget mintegy

ötven évvel ezelőtt fedezték fel, amikor nemmágneses fémekben (például réz, ezüst, arany) néhány százaléknyi, véletlen eloszlású mágneses ionokat (például vas, mangán, kobalt) oldottak fel. A spinűveget leíró modell esetén a mágneses ionok közötti kicserélődési kölcsönhatást Gauss-eloszlású véletlen változókkal azonosították, amely kölcsönhatás az átlagtér változatban minden spinpár között a távolságtól függetlenül hat. A látszólag egyszerű modell statisztikus fizikai kezelése nagyon nehéznek bizonyult, és Giorgio Parisi zseniális megközelítése jelentette a megoldást, amely a replikák bevezetésével és a replikaszimmetria és azzal együtt az ergodicitás sérülésének felismerésével járt. Parisi elméletének alkalmazása nagyon gyümölcsöző volt sok más, ingadozásokkal és rendezetlenséggel foglalkozó probléma esetén is. Ezzel kapcsolatban optimalizációs problémák megoldását és neurális hálózati modellek felállítását említjük meg, amely utóbbi a mesterséges intelligencia kifejlődésének egyik alapvető elemeként szolgált. A rendezetlen rendszerekkel kapcsolatos hazai vizsgálatok az 1980-as években kezdődtek el, és a kutatások azóta is komoly intenzitással folynak. A spinűvegek elméleti vizsgálatával az ELTE és a BME kutatói érték el jelentős eredményeket. A kvantumozott rendezetlen rendszerek témakörben a HUN-REN Wigner FK SZFI (Szilárdtestfizikai és Optikai Intézet) kutatói dolgoztak, akik az ún. erős rendezetlenségi renormálási csoport-módszert alkalmazták. A fermionrendszerben a rendezetlenség által kiváltott Anderson-lokalizáció problémáját a BME kutatói tanulmányozták. Klasszikus folyadékok statisztikus fizikai vizsgálatával több helyen, így a HUN-REN EK-ban, a HUN-REN Wigner FK SZFI-ben és a Pannon Egyetemen is foglalkoztak. A diszlokációk elméleti leírását statisztikus fizikai módszerekkel az ELTE Anyagfizikai Tanszéken kutatják.

Diffúzió, fázismező-elméletek, nem egyensúlyi rendszerek

A szilárd testekben lejátszódó diffúziós folyamatok alapvetőek a technológiában használt anyagok – például kiválasztott keményedő fémötvözetek, intermetallikus vegyületek, szilárd és amorf félvezetők, alakemlékező ötvözetek – termomechanikai kezeléseinek megértéséhez. A Debreceni Egyetemen több mint fél évszázada működő, nemzetközi hírű diffúziós iskola jelenleg is aktívan kutatja a nanoskálájú diffúziós és szilárdtest-reakciós folyamatokat korszerű kísérleti berendezések és fejlett számítógépes szimulációs módszerek alkalmazásával.

A diffúzióból és a másodrendű fázisátalakulások fenomenologikus elméletéből kiindulva az elmúlt harminc évben komplikált térbeli struktúrák, például dendrites kiválások leírására javasolták az ún. fázismező-elméleteket. Ez azt jelenti, hogy kiindulunk egy a releváns helytől és időtől függő rendparaméterek egy funkcionáljából. Ezután feltesszük, hogy a rendparaméter idő szerinti deriváltja arányos a funkcionál rendparaméterek szerinti funkcionális deriváltjával, illetve megmaradó mennyiség esetén annak hely szerinti megfelelő második deriváltjával. Természetesen magát a funkcionált általában valamilyen fenomenologikus megfontolással vesszük fel.

Ez a napjainkban igen elterjedt megközelítés tulajdonképpen a klasszikus termodinamika természetes nem egyensúlyi rendszerekre történő általánosítása. Az elmélet igen sikeresen használható számos területen, például ötvözetekben kialakuló kiválási morfológia meghatározásánál, megszilárduláskor a szilárd-folyadék határfelület morfológiájának modellezésére, diszlokációk kollektív tulajdonságainak leírására stb. A területen a KFKI-ban és az ELTE-n intenzív kutatások folynak.

A fázismező-elméletek általában csak egyensúlyhoz közeli állapotokat kezelnek. Új kihívást jelentenek az egyensúlytól távol álló nemegyensúlyi rendszerek. Ebbe a témakörbe tartoznak a különböző transzportfolyamatok, amelyek az egyszerű Brown-mozgás általánosítását jelentik több részecske jelenléte és kölcsönhatása esetén. E problémakörhöz tartoznak a közlekedést leíró különböző modellek is, amelyek tulajdonságait az ELTE-n és a BME-n is intenzíven vizsgálták. A kémiai reakciókat modellezve reakció-diffúzió típusú modelleket vezettek be, ahol az egyes komponensek részecskéi diffúziós mozgást végeznek, egyúttal reakcióba is léphetnek. A modell paramétereinek változtatása esetén a stacionárius állapot tulajdonságai hirtelen megváltoznak, és a rendszerben nemegyensúlyi fázisátalakulás megy végbe. A reakció-diffúzió típusú modellek vizsgálatánál fontos eredményeket ért el Menyhárd Nóra, az SZFKI (Szilárdtestfizikai és Optikai Kutatóintézet) kutatója, emellett eredményes volt az ELTE, az MFA és az SZFKI több más kutatója is.

A nemegyensúlyi folyamatok egyik gyakran alkalmazott formája a paraméterek hirtelen változtatásakor (kvencs protokoll) kialakuló állapot vizsgálata, például a minta hirtelen lehűtése a rendezetlenből a rendezett fázisba. Ezt a folyamatot a rendezett fázis csíráinak fokozatos növekedése jellemzi, és a rendparaméter, valamint a korrelációs függvények időben történő változása lép fel. Ilyen jellegű folyamatokat kísérletileg és elméletileg is vizsgálnak különböző üvegeken az üvegátalakulási pont környezetében, és a dinamikai korrelációs függvények öregedési tulajdonságait lehet megállapítani. A kristályok növekedését, kristálycsíra képződését és a megszilárdulási folyamatokat számítógépes modellezéssel is tanulmányozzák, elsősorban a Wigner FK SZFI-ben és a Debreceni Egyetemen. A növekedésnél kialakuló mintázatokat gyakran fraktálgeometria jellemzi.

A kvencs protokoll alkalmazását kvantumozott rendszerek esetén az ezredforduló körül elméletileg kezdték el vizsgálni, az első eredményeket az ELTE és az SZFKI kutatói érték el. A probléma néhány évvel később a vizsgálatok középpontjába került, amikor a kvencs protokollt kísérletileg is meg tudták valósítani ultrahideg atomi gázokon. A felmerülő kérdések a kialakuló stacionárius állapot tulajdonságaira és a relaxációs folyamat jellegére vonatkoztak. Általánosan elfogadott érvelés szerint a nem integrálható rendszerek termalizálódnak, azaz a stacionárius állapot egy effektív Gibbs-sokasággal leírható, míg az integrálható rendszereket a végtelenül sok megmaradó mennyiség miatt egy általánosított Gibbs-sokaság írja le. Ezek a vizsgálatok mind a mai napig intenzíven folynak az ELTE, a BME és a Wigner FK számos kutatójának aktív részvételével.

Szén és egyéb nanoszerkezetek

Az 1980-as évek szenzációja volt, hogy szénatomok nemcsak grafit vagy gyémánt formájában alkothatnak rendezett szerkezetet, hanem 60 szénatomból egy futball-labdára emlékeztető buckyball vagy fullerénmolekula alakulhat ki, amelyek szabályos kristályszerkezetbe rendeződhetnek. Különös érdekességük, hogy az alkáliatomokat tartalmazó fulleridek konvencionális szupravezetővé válnak. Érdekes új anyagcsaládot alkotnak a gömb alakú fullerénmolekulákból és kocka alakú kubánmolekulákból álló rotor-sztator rendszerek.

A szén nanoszerkezetek egy másik családját alkotják a nanocsövek. Kísérletileg és elméletileg is kiterjedten vizsgálták, elsősorban spektroszkópiai módszerekkel az adalékolás és a kovalens funkcionalizálás hatását a nanocsövek tulajdonságaira.

Kiderült, hogy szénatomok akár egyetlen atomi réteget is alkothatnak. Ezzel az utóbbi években itthon is kiterjedten vizsgált kétdimenziós anyagok világába is utat nyitottak. A legjelentősebb hazai eredmény a grafén nanoszerkezetek STM-litográfias kialakításának kidolgozása volt. Napjainkban a világon és hazánkban is intenzív kutatási terület a több 2D réteg megfelelő egymásra rakásával kialakított struktúrák vizsgálata. Ez teljesen új alkalmazási lehetőségeket nyit meg számos területen.

Nanoszerkezetű anyagok elméleti vizsgálata

Az utóbbi néhány évtizedben az anyagtudományi kutatások egyik legfontosabb fókuszusa a nanoszerkezetű anyagok tulajdonságainak feltárása. Ezek az anyagok a korábbiakhoz képest számos területen (szerkezeti anyagok, mágneses nanoszerkezetek, szupravezetés stb.) nyitnak új lehetőségeket. Hazánkban egyik fontos kutatási irány a nagy deformációval előállított nanoszerkezetek vizsgálata, amelyek szerkezeti anyagként, hidrogéntárolásban és az akkumulátorfejlesztésben igen perspektivikusak.

A közelmúltban kutatási irányként jelent meg a mezoszkopikus és nanoskálájú rendszerek transzporttulajdonságainak elméleti vizsgálata, illetve atomi skálájú rendszerek vezetési és kapcsolási tulajdonságainak, valamint a kvantumtartományban működő nanoelektronikai áramköröknek a kísérleti vizsgálata, ahol a spintronikában alkalmazható új anyagokat és új korrelált és topologikus jelenségeket vizsgálnak, mint a Cooper-párok széthasítása, az Andrejev-féle vagy a Majorana-féle kötött állapotok. Ezen a területen további igen eredményes hazai kutatási terület az atomi kontaktusok vizsgálata és a nanohuzalok vezetésének kísérleti vizsgálata, amely a nanotechnológia fejlődéséhez elengedhetetlen.

Félvezető anyagok kutatása

A félvezető-kutatás Magyarországon az 1950-es években indult, párhuzamosan a világ többi részén kibontakozó félvezető-forradalommal. A hazai kutatás kezdetei elsősorban a KFKI-hoz és a BME-hez kötődnek, ahol a szilárdtest-fizika és a félvezetők

alapjelenségeinek vizsgálata került előtérbe. Az 1960-as években a Tungstam vállalat is fontos szerepet játszott, különösen a félvezető fényforrások és elektronikai alkatrészek fejlesztésében.

A KFKI-ban Gyulai József az 1980-as években az „Implantációs Célprogram” keretében önálló kísérleti gyártást hozott létre. Ennek keretében félvezető eszközök is születtek: varicap dióda, nagyfrekvenciás tranzistor, MOS tranzistorok, memóriachipek.

1982-ben létrejött a Mikroelektronikai Vállalat, amely 1986-ig működött, és jó minőségben gyártott közepes bonyolultságú integrált áramköröket. Míg a KFKI intézetei a szilíciumra mint félvezetőre koncentráltak, addig a MÜFI-ben a vegyület-félvezetőket kutatták. Nemzetközi elismerést hozott Ferenczi György (MFKI) mélynívóspektrométere.

A 2000-es évek elején a kutatási fókusz áttevődött az új típusú félvezető anyagokra: szilícium-karbid (SiC), gallium-nitrid (GaN), indium-foszfid (InP) és más vegyületek. A GaN-alapú vegyület-félvezetők elhozták a világító LED-ek és lézerek forradalmát, amelyhez nemzetközi együttműködésben az MFA is hozzájárult. Napjainkban a Wigner FK-ban a Félvezető Nanoszerkezetek Csoport eredményesen kutatja a SiC nanoszerkezeteket, illetve a Wigner SZFI vezeti a magyar kvantuminformációs kutatásokat.

Az EK MFA-ban (Energiatudományi Kutatóközpont Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet) aktív kutatás folyik a vegyület-félvezetők terén a korábbi GaN és rokon anyagainak kutatása, az atomi vékony 2D félvezető anyagok heteroszerkezeteik és olyan új félvezetők, mint a gallium-oxid irányában folytatódik. Az EK MFA-ban jelenleg is ígéretes LED- és szenzorfejlesztések folynak. A BME TTK Fizikai Intézete pedig az 1D félvezető nanopálcákra és 2D van der Waals-heteroszerkezetekre épülő kvantumelektronikai, illetve nanoelektronikai kutatásairól ismert.

Mágneses tulajdonságok vizsgálata

Az 1970-es években Pál Lénárd iskolateremtő munkássága következtében a mágneses kutatások meghatározó csoportja alakult ki (Sólyom 2020c). A kutatások fő iránya a lokalizált mágneses momentumok dinamikájának leírása és a mágneses fázisátalakulások tanulmányozása volt. A következő kihívás pedig az itineráns, mozgékony elektronok által okozott mágneses jelenségeknek, különösen a felületi rétegek, illetve a fémek felületre helyezett mágneses atomok viselkedésének, a nanométeres vékony rétegekben kialakuló egzotikus mágneses szerkezeteknek a leírása volt. A mágneses kölcsönhatások versengése eredményeként tömbi anyagban is kialakulhatnak egzotikus mágneses szerkezetek, például a mágneses momentumok sündisznószerű elrendezését mutató skyrmionok szabályos rácsa.

A KFKI-ban folyó mágneses kutatásokból nőtt ki a hetvenes évek első felében a mágneses vékonyrétegek vizsgálata, majd a huzalmemória célprogram, illetve a próbálkozás egy másik mágneses tároló, a buborékmemória megvalósítására.

Egydimenziós mágneses rendszerekben, spinláncokban és spinlétrákban egy különös jelenség, a Haldane-jelenség megjelenése, míg kétdimenziós frusztrált mágne-

ses rendszerekben a spinfolyadék jellegű állapotának vizsgálata váltott ki nagy érdeklődést. A Haldane-jelenség volt az egyik első példája annak, hogy az anyag korábban ismert, bizonyos szimmetriák sérülése által definiált, lokális rendparaméterrel jellemezhető fázisaihoz képest léteznek szimmetria által védett topologikus fázisok, például topologikus szigetelők és topologikus szupravezetők. Topologikus megfontolásokkal lehet az egész és törtszámú kvantum Hall-effektus esetén is megérteni a Hall-vezetés pontos kvantáltságát.

Az 1960-as években robbant be a szilárdtest-fizikába a híg ötvözetekben megfigyelt Kondo-effektusból kinőtt téma, fémek mágneses szennyezők okozta szinguláris viselkedésének tanulmányozása. Kiderült, hogy a Jun Kondo által a szennyezett fémek anomális viselkedésére talált magyarázatból kiindulva egy egészen új fizika tárul fel, az erősen korrelált elektronrendszerek viselkedése, ahol a perturbációszámítás már nem elegendő a kölcsönható elektronok tulajdonságainak megértéséhez. A hatvanas évek második felétől a KFKI-ban NMR-mérésekkel (Nuclear Magnetic Resonance, mágnesesmagrezonancia-mérések), neutronszórásos kísérletekkel és elméletileg vizsgálták ezt a problémát. A jelenséget végül a renormálási csoporton alapuló analitikus és numerikus számolásokkal sikerült értelmezni.

Elektronrendszerek elméleti vizsgálata

A kondenzált anyagok tulajdonságainak megértésében alapvető szerepet játszik az elektronrendszerek kollektív tulajdonságainak megfelelő feltárása. Ebben a tételmentből átvett módszerek, a Green-függvények alkalmazása, a perturbációszámításban a vezető rendű korrekciókon túli járulékok felösszegzésének módszerei, majd különösen is a renormálási csoport módszerének a szilárdtest-fizikai problémákra való alkalmazása hozott áttörést. Az elektronok közötti kölcsönhatások, különösen a kvantummechanikai kicserélődés minél pontosabb figyelembevételének másik módja, a sűrűségfüggvény-elmélet is a hatvanas években született, és vált hamarosan az elektronszerkezet-számítás megkerülhetetlen eszközévé. Az elektronok közötti kölcsönhatás leárnyékolása miatt a fémek elektronrendszere sokszor elektronok gázaként kezelhető, de egyre gyakrabban találkozunk erősen korrelált elektronrendszerekkel, amelyekben a kölcsönhatási energia nagyobb a kinetikus energiánál, és azokban a sokrészecske-probléma kezelésére elkerülhetetlen a fenti analitikus módszerek vagy numerikus eljárások alkalmazása.

Szupravezetés

Az elsőfajú szupravezetők Bardeen–Cooper–Schrieffer-elmélete, majd a másodfajú szupravezetőkre is alkalmazható Ginzburg–Landau-elmélet kidolgozása a szupravezetők kísérleti és elméleti kutatását állította a szilárdtest-fizikusok érdeklődésének középpontjába.

Az 1970-es évek elejének nagy meglepetése volt, amikor Alan Heeger munkatársaival azt vélte látni, hogy egymásra rakódó szerves molekulák láncainak gyengén

csatolt és ezért majdnem egydimenziósként viselkedő rendszere a szokásos szupravezetőkhez képest magasabb hőmérsékleten szupravezetővé válik. Noha a valódi szupravezető-átalakulás e rendszerekben is csak alacsony hőmérsékleten történik meg, a vezetés majdnem egydimenziós jellege miatt egy sor új tulajdonságot lehetett megfigyelni, részben abból adódóan, hogy a csatolások egy széles tartományában az egydimenziós elektrongáz a bozon-fermion ekvivalencia miatt Luttinger-folyadékként viselkedik. A láncokon kialakuló töltéssűrűség-hullámok, illetve spinsűrűség-hullámok viselkedésének kísérleti és elméleti tanulmányozása a hazai kutatók egyik erőssége volt a hetvenes években.

Új lendületet adott a témának, amikor Georg Bednorz és Alex Müller megmutatta, hogy léteznek kerámiászerű anyagok, amelyek már a nitrogén forráspontja fölötti hőmérsékleten szupravezetők. A sok erőfeszítés ellenére a nem konvencionális szupravezetésért felelős mechanizmus a mai napig sincs megfelelően feltárva. Az ezzel kapcsolatos kutatások azonban egy új irányzatot indítottak el, az erősen korrelált elektronrendszerek kutatását, ahol az elektronok közötti kölcsönhatást csak a soktest-probléma kifinomult módszereivel vagy numerikus számolásokkal lehet figyelembe venni. A fém-nemfém átalakulás, az átmenetifém-szennyezőkön a mágneses momentum kialakulásának feltétele, a kevert vegyértékű és a nehéz fermionos vegyületek különös tulajdonságai sokáig az érdeklődés középpontjában álltak.

Ezek szorosan kapcsolódtak a kvantumkritikus pont körüli viselkedés és a nem Fermi-folyadék, különösen a Luttinger-folyadék jellegű viselkedés megértésére irányuló erőfeszítésekhez. Mára a numerikus módszerek alkalmazása vált dominánssá az erősen korrelált kvantumrendszerek mágneses tulajdonságainak, az egzotikus fázisátalakulásoknak, az ultrahideg atomi rendszerek viselkedésének leírásában, a sűrűségmátrixos renormálási csoport, a mátrixszorzat-állapotok és a tenzorhálózat-alapú módszerek segítségével.

Kölcsönható komplex rendszerek

A statisztikus fizika nemcsak atomokból vagy molekulákból felépülő makroszkopikus rendszerek viselkedését vizsgálja, hanem kölcsönható komplex rendszereket is. Az ilyen rendszerek nagyszámú egyedből, összetevőből állnak, és közöttük többnyire egyszerű alakú, ismert kölcsönhatás áll fenn, és a teljes komplex rendszer néhány jellemző tulajdonságát kutatjuk. Példaként említjük a gének, sejtek, agyi neuronok vagy egy internethálózat használói által alkotott biológiai, neurális, társadalmi, kommunikációs vagy kereskedelmi hálózatokat. A komplex rendszerek viselkedésének megértésében a hálózattudománynak alapvető szerepe van, a vizsgálatok a BME, az ELTE, a Wigner FK különböző intézeteiben történnek. Ezen témához tartozik a gazdaságfizika vagy a szociofizika, amely a pénzügyi és gazdasági folyamatokat a statisztikus fizika módszereivel elemzi, illetve az emberek kollektív viselkedésének különböző aspektusait, bizonyos közösségek egyedei közötti kapcsolatokat kutatja a hálózatalmélet segítségével. További példát jelentenek a szemcsés anyagok, miként a homok,

a rizs és más gabonamagvak, amelyeknek különleges folyási tulajdonságai vannak, az elhanyagolható termikus energia következményeként. A szemcsés anyagokkal kapcsolatos statisztikus fizikai vizsgálatok a HUN-REN Wigner FK SZFI-ben és a BME-n folynak, mind kísérleti, mind elméleti megközelítésből. Az aktív anyagokban saját mozgásra képes részecskékből álló rendszerekben a spontán módon kialakuló kollektív mozgás új rendezett formáit vizsgálják. Az ezzel kapcsolatos vizsgálatokban meghatározó szerepük volt a magyar kutatóknak az ELTE-n.

Nemlineáris dinamika, káosz kutatás

A matematikában régóta ismert volt, a fizikusok érdeklődését azonban csak a hetvenes években keltette fel, hogy determinisztikus nemlineáris differenciálegyenletekkel leírható dinamikai rendszerek időbeli fejlődése, például az egymással kölcsönható populációk dinamikája, de ugyanígy a folyadékok áramlása, nagyon érzékenyen függ a kezdőfeltételtől. Hosszabb időskálán a viselkedés megjósolhatatlanná, kaotikussá válhat. Izgalmas kérdés volt a kaotikus viselkedés jellemzése, a bifurkáció, az attraktor és a különös attraktor megjelenése feltételének vizsgálata különböző modellekben, valamint a kaotikus viselkedés és a fraktálok kapcsolatának tanulmányozása. A fizika számára különösen érdekes a kvantumkáosz, olyan kvantumrendszerek viselkedése, amelyek klasszikus megfelelője kaotikus viselkedést mutat. A kvantumkáosz a rendszer kvantált energiaszintjeinek statisztikus tulajdonságaiban és a sajátfüggvények viselkedésében jelenik meg. A kvantumkáosznak a kvantumos összefonódással való kapcsolata intenzív kutatás tárgya. A káosszal kapcsolatos kutatások elsősorban az ELTE Fizikai Intézetében folynak.

Irodalomjegyzék

- Sólyom Jenő (2020a). *Fizika Magyarországon 1945 és 1959 között. A fizikai kutatás és egyetemi oktatás újjászervezése*. Budapest: Typotex Kiadó.
- Sólyom Jenő (2020b). „70 éves (lenne) a KFKI”. *Fizikai Szemle* 70/9, 295–301.
- Sólyom Jenő (2020c). „Pál Lénárd és a hazai szilárdtest-fizikai kutatások”. *Fizikai Szemle* 70/10, 331–333.

Atomfizika, molekulafizika és spektroszkópia
a kutatás frontvonalában
Atom-, Molekulafizikai és Spektroszkópai Tudományos Bizottság

Atomic Physics, Molecular Physics, and Spectroscopy at
the Forefront of Research
The Committee on Atomic and Molecular Physics and Spectroscopy

Sulik Béla

az MTA doktora, tudományos tanácsadó, HUN-REN Atommagkutató Intézet, Debrecen

Összefoglalás

A cikkben áttekintjük az atomfizikából kifejlődött magyarországi kutatások fő vonalait, a kiemelkedő eredményeket felmutató irányokat. Ezek többsége a kémiával, az anyagtudományokkal és a kvantum-elektronikával közös határterületekre esik. Miközben az atomfizika, a molekulafizika és a spektroszkópia eszköztára az élvonalbeli kutatásokban hasznosul, az ennek során fellépő követelmények folyamatosan fejlesztik is ezt az eszköztárat.

Abstract

This article reviews the key areas of research in Hungary that have evolved from atomic physics, with a focus on those that have produced exceptional results. Many of these areas overlap with chemistry, materials science, and quantum electronics. The tools of atomic physics, molecular physics, and spectroscopy are used in cutting-edge research, and in turn, the requirements arising from this research continuously develop these tools.

Kulcsszavak: molekulafizika, spektroszkópia, kvantumkémia, atomi ütközések, plazmafizika

Keywords: molecular physics, spectroscopy, quantum chemistry, atomic collisions, plasma physics

Amikor egy tudományterület fejlődésének érett szakaszába jut, alkalmassá válik arra, hogy más, gyorsan fejlődő kutatási területeket kiforrott ismeretanyagával, módszereivel támogasson. Számítástechnikai hasonlaltal, egyre inkább operációs rendszerré válik a frontvonalbeli kutatások számára. Hozzájárul a nagy áttörésekhez, de közben magának is fejlődnie kell, egyre nagyobb kihívásokkal szembenézve, hogy ezt a szerepet betölthesse.

Az atomfizika és a molekulafizika ebbe a körbe tartoznak. Száz évvel ezelőtt, a fizika nagy forradalmainak időszakában a fejlődés egyik fő irányát jelentették, és a világról alkotott képet talán ezek bővítették a legszemléletesebben. A 19. század vége felé az atomokra mint a termodinamika rugalmas golyócskáira tekintettek, amelye-

ket a kémiában karokkal is el lehetett látni. Ráadásul képesek voltak jól meghatározott hullámhosszúságú fényt, azaz amint már a századforduló előtt világossá vált, jól meghatározott frekvenciájú elektromágneses hullámokat elnyelni és kibocsátani. Az atomokról mint összetett rendszerekről az első komolyabb információt az elektron felfedezése adta (Thomson 1897). Innentől lehetett atomfizikáról beszélni, és az atomok szerkezetéről, felépítéséről modelleket alkotni, mazsolás kalácsnak (Thomson) vagy később kis naprendszernek (Rutherford) tekintve őket. A spektroszkópia addigra már érett módszertana és felhalmozott adatai tették lehetővé a Bohr-modell megalkotását, majd a kvantummechanika kidolgozását az atomok és a mikrovilág leírására. A diszciplínák együttműködésének szép példája a spektroszkópia, amely egy fizikus (Gustav Kirchhoff) és egy vegyész (Robert Bunsen) közös munkájának eredményeként jött létre az 1850-es években.

Az atomfizika és hamarosan a molekulafizika a kvantummechanikával teljessé vált ki. Az 1920–1930-as évek döntőek voltak a világ mikroszkopikus szintű megértésében. Ebben a folyamatban számos magyar kutatónak jutott kulcsszerep. Neumann János és Wigner Jenő alapvető kvantumfizikai munkái mellett a többi „marslakó” is hozzájárult a gyors fejlődéshez, amire példa Teller Ede molekulafizikai munkássága (Kürti et al. 2008). Ortvy Rudolf és Bay Zoltán révén Magyarországon is kialakulhattak a terület tudományos iskolái. A fiatal tudományág hamarosan az iparban is megjelent; a Tungsram nemcsak egy kitűnő ipari kutatólaboratóriumot hozott létre, hanem 1938-ban Atomfizika Tanszéket is alapított a Műegyetemen. Ez már a tudományág érettségének, alkalmazhatóságának egyértelmű jele volt.

Az atomfizika mint „operációs rendszer” ismeretanyaga ekkoriban már alapvető jelentőségűnek bizonyult az anyag megismerésében, megalapozva a bonyolultabb rendszereket tárgyaló fizikai, kémiai és élettudományi diszciplínák sokaságát. A kiemelkedő atom- és molekulafizikusok többnyire a kémiában vagy a szilárdtestfizikában is maradandót alkottak, sokukat vegyészként vagy anyagtudósként tartják elsősorban számon. A magukat főként atom- és molekulafizikusnak vallók ma is aktív kutatók az anyagszerkezet megismerése, a fény-anyag kölcsönhatás megértése vagy a fúziós energiatermelésre irányuló erőfeszítések területén.

Az atomi rendszerek elméletében a kvantummechanika által adott fogalmi keretek tisztázódása már az 1930-as években megtörtént, ám a rendszerek bonyolultsága – kvantum-soktestrendszerekről lévén szó – lassította az alkalmazhatóságot. Hosszabb távon a számítástechnika fejlődése tette lehetővé a gyorsabb haladást, ám a nehézségek nagyon sok kreatív megoldást is eredményeztek. Az atomok és molekulák különböző szintű statisztikus leírása olyan terület, ahol a magyar tudomány jelentősen hozzájárult és ma is hozzájárul a fejlődéshez. Amikor Ortvy Rudolf tanítványa, Gombás Pál az atom elektronjait szabad elektrongáznak tekintette és statisztikusan tárgyalta, az a statisztikus atomelmélet előfutára volt, első megközelítése a ma széleskörűen alkalmazott sűrűségfüggvény-elméletnek. A korrelációra kidolgozott módszerére mint Thomas–Fermi–Dirac–Gombás-modellre hivatkoznak. Gombás kiváló tanítványai, Fényes Imre, Gáspár Rezső és Szépfalusi Péter olyan molekulafi-

zikai eredményeket érték el, amelyeket sajnos alulértékel a tudománytörténet. Kapuy Ede mellett, hogy nemzetközi hírv kvantumkémikus lett, megírta a vegyész Török Ferencsel közösen az első összefoglaló jellegű kvantumkémia tankönyvet (Kapuy–Török 1975). A Gombás-csoporttól függetlenül alkotott Ladik János Budapesten, majd a németországi Erlangenben, aki kidolgozta az *ab initio* kristálypálya sávszámítások elméletének alapjait. Munkásságukról bővebben Surján Péter összefoglalójában olvashatunk (Surján 2025).

Gáspár Rezső a debreceni Kossuth Lajos Tudományegyetem Elméleti Fizika Tanszékének vezetőjeként létrehozta a debreceni atom- és molekulafizikai iskolát, amely nagy nemzetközi tekintélynek örvend mind az atom- és molekulaszervezet leírásában, mind a fény-anyag kölcsönhatások molekuladinamikai tárgyalásában. Kiemelendő a sűrűségfunkcionál-elmélet kiterjesztése gerjesztett atom- és molekulaállapotokra információelméleti fogalmak alkalmazásával (Nagy 2025), valamint a lézerfényvel optikai vagy plazmonikus rezonátorokban is indítható ultragyors molekuladinamika elméleti vizsgálata. Utóbbi kiterjed a molekuláris fotodisszociáció (molekulaszétesés) kontrollálásától (Csehi et al. 2019) a sokatomos molekulákban fény által gerjesztett folyamatok szabályszerűségeinek feltárásáig (Szidarovszky et al. 2018) és az üregrezonátorba helyezett molekulák elfajult állapotainak vizsgálatáig, az ún. kevert fény-anyag (más néven polariton) állapotok kialakulásáig. Az elfajulások lehetőséget teremtenek új típusú fényátalakító rendszerek tervezésére, a kémiai dinamika katalizálására és szabályozására (Fábri et al. 2024).

Az ötvenes évek elejétől az elméleti molekulafizika és a kvantumkémia jelentős műhelyei alakultak ki az ELTE-n (Surján 2024) és a BME-n Kállay Mihály körül (Rolik–Surján 2025), együttműködve a kaotikus és nemlineáris jelenségek kutatásában és a molekulafizika számos területén. Kiemelkedő iskolát teremtettek a fullerének, a szén nanocsövek és szalagok elméleti tárgyalásában, olyan eredményekkel, mint a fullerének (Surján 1997), a C_{70} klaszter és szén nanocsövek (Szakács–Szabados–Surján 2010) elektronszerkezetének feltérképezése, az egyfalú szén nanocsövek lélegző módusának frekvenciájára vonatkozó legelső DFT-szintű számolások elvégzése (Kürti–Kresse–Kuzmany 1998), továbbá molekuladinamikai vizsgálatok szén nanocsövek belsejében lejátszódó kémiai reakciókról (Eskandari et al. 2024). Többféle típusú szén-nanostruktúra kombinációjával szintetizált objektumokat sikerült elméleti módszereikre támaszkodva feltérképezni, szoros együttműködésben a Wigner FK SZFI és a BME kísérleti munkacsoportjaival. Rezonancia Raman-vizsgálatokhoz kapcsolódó DFT-számolásokkal (densital functional theory, sűrűségfüggvény-elmélet) azonosították a szén nanocső belsejében keletkezett különböző szélességű szén nanoszalagokat (Kuzmany et al. 2021). A kísérletek a szilárdtest-fizika, a biokémia és a spektroszkópiai módszerek csúcstechnikáját igényelték, jól mutatva a diszciplínák összefonódottságát.

A Wigner FK SZFI Szerkezetkutató Laboratóriuma szintén jelentős eredményeket ért el a szén nanoszervezetek kutatásában mind kísérleti, mind elméleti téren. A fullerid szupravezetők egy speciális családjában infravörös spektroszkópiával jellemezték

a dinamikus Jahn–Teller-effektust, majd követték a rácsállandó változásával történő Mott-átalakulást, szigetelőlőből az ún. Jahn–Teller-fém állapotba, majd szupravezetőbe (Zadik et al. 2015). Raman- és fotolumineszcencia-spektroszkópai mérésekkel derítették fel nanocsövekbe zárt kismolekulák szerkezetét és polimerizációs reakcióit. A nanoszerkezetek kutatásában nanoskálás spektroszkópai, ún. közeltér-módszereket is alkalmaznak (Datz et al. 2024). A néhány nanométer térbeli felbontású infravörös szórású közeltér-mikroszkópiával (Scattering-type Scanning Near-field Optical Microscope, s-SNOM) nemcsak nanocsövek belsejébe zárt molekulák szerkezetét és reakcióit lehet vizsgálni, hanem a nanoszerkezetekben kialakuló plazmonok segítségével szilárd testekben kialakuló polaritonok is feltérképezhetők.

Az elméleti molekulafizikai iskolák a kvantumkémiai műhelyekkel szorosan együttműködve végezték és végzik kutatásaikat, melyek mind a motiváció, mind a problémafelvetések terén erősen kölcsönhatnak a szilárdtest-fizika és a biofizika határterületeivel is.

Az atom- és molekulafizikában az elmúlt évtizedek főbb kísérleti irányai az atomi héjak energiaszintjeihez képest igen nagy energiájú beavatkozásokra épülnek. A röntgensugárzás analitikai célú felhasználása a kondenzált anyagok fizikájában hosszú ideje elterjedt, standard módszerek sokaságát dolgozták ki. Az ehhez a fejlődéshez kapcsolódó nagyberendezések, a szinkrotronok és szabadelektron-lézerek megnyitották az utat a molekuladinamika vizsgálatához is, amely az anyagszerkezet kutatásának egyik frontvonalát jelenti. A fémkomplexek széles felhasználási lehetőségeket ígérő, szerves, analitikai és biokémiai szempontból egyaránt fontos, különböző funkciók ellátására „tervezhető” molekulák. A Wigner FK kutatói a Stanford Egyetem szabadelektron-röntgenlézernél (Linac Coherent Light Source, LCLS) részletesen vizsgálták ilyen fémkomplexek gerjesztésre adott válaszát az atommag és elektronmozgások összehangolt, korrelált dinamikájának megismerése céljából. A nyert információk rendkívül fontosak a molekulák tervezhetősége szempontjából (Katayama et al. 2019).

Az ún. fényhasznosító molekulák foton elnyelésével gerjesztett állapotba kerülnek, majd a gerjesztett molekulák hasznos kémiai reakciókat indíthatnak el, vagy például elektromos töltéseket választhatnak szét. Lehetnek természetesek (például klorofill) vagy mesterségesen létrehozottak. Ilyen molekulák gerjesztett állapotú dinamikáját is vizsgálták az LCLS szabadelektron-röntgenlézernél végzett egyidejű röntgenspektroszkópai és röntgenszórású kísérletek segítségével. Kimutatták és értelmezték egy új, e célból tervezett és előállított vas-karbén molekulaion ún. ligandumgerjesztett állapotát követő oszcillációit (Kunnus et al. 2020).

A nagyenergiás ionokkal bombázott atomok elektronhéjában lejátszódó folyamatok leglényegesebb jellemzője, hogy – szemben a fotonokkal vagy elektronokkal történő gerjesztésekkel – az atomi energiaskálához képest óriási lehet a lövedék kinetikus energiája, és ennek elég nagy része át is adódhat rugalmatlan folyamatok során a céltárgy atomnak. A bombázóion elektronok sokaságát távolíthatja el az atomból, néhányat akár magával is vihet. Az iongyorsítók hatvanas évek végén indult atomfizikai

alkalmazása az atom- és molekulafizika három évtizedes reneszánszát eredményezte. Addig sohasem mért folyamatokat (sokszoros ionizáció és elektrontranszfer) lehetett tanulmányozni, új jelenségeket észleltek (például elektronok befogása a lövedék folytonos energiájú állapotaiba), és mindezt elméletileg értelmezni kellett. Új utak nyíltak a plazmafizikában, a sugárbiológiában, a sugárterápiában, és új ionnyaláb-analitikai anyagvizsgálati módszerek jöttek létre.

Az ATOMKI Berényi Dénes vezette csoportja ilyen kutatásokkal vált a hetvenes évektől világszerte ismertté, köszönhetően elért eredményeiknek, valamint az ATOMKI-ban 1981 és 2004 között háromévente megrendezett nemzetközi műhelytalálkozóknak („Workshop on Fast Ion-Atom Collisions”). Kiemelkedő eredmények születtek a lövedékirányú elektronemisszió (Sarkadi et al. 1989), az ionokkal keltett többszörös ionizáció, a fotoionizáció, a többszörös elektronszórási folyamatok, a pozitron–atom ütközések (Kövér–Laricchia 1998) és ütközéses interferencia effektusok, az elméletben pedig a torzított hullámú közelítések és a klasszikus ütközési modellek területén. Az eredmények tömör összefoglalását Berényi Dénes és munkatársai írása tartalmazza (Berényi et al. 2009).

Az atomi ütközésekről talán a legértékesebb információt az emittált elektronok szög- és energiaeloszlása hordozza. Varga Dezső és kutatótársai az ATOMKI-ban ennek mérésére optimalizált elektronspektrométerek sorozatát hozták létre. Ezek (ESA-11, ESA-21, ESA-31) a mai napig sikeresen segítik az anyagtudományi kutatásokat (Stobiński et al. 2010), másrészt különböző gyorsítók és szinkrotronok mellett szolgáltatott figyelmet keltő eredményeket, elsősorban a többszörös ionizáció (ESA-21, [Kádár et al. 1990]) és fotoionizáció (ESA-22, [Riczi et al. 2003]) vizsgálatában.

Az ion-molekula ütközések fontos szerepet játszanak a légköri jelenségek értelmezésében, nemcsak a Földön, hanem általában a bolygókon is. A Napból áramló ionok és elektronok folyamatosan bombázzák az égitestek légkörét, légkör és mágneses védőpajzs híján pedig azok felszínét. Kisebb intenzitással, de jóval nagyobb energiákon ezt teszi a kozmikus sugárzás is. Az ATOMKI modern részecskegyorsítóinak széles ionválasztéka (Biri et al. 2021) lehetővé tette egy olyan program elindítását, amely nemzetközi együttműködésben (például „Europlanet 2024 RI” projekt) tanulmányozza az ionbombázással kiváltott asztrofizikai/asztrokémiai folyamatokat, nemcsak gázokban, hanem alacsony hőmérsékletű, összetett jegekben is (Sulik et al. 2023). Ez utat nyitott a jeges égitestek felületén, valamint a csillagközi molekulafelhők jég borította porszemcséin zajló, részecskebombázással kiváltott folyamatok laboratóriumi modellezéséhez (Maté et al. 2025).

Ehhez a témakörhöz is kapcsolódik, de azon több irányban is túlmutat az ATOMKI-ban a klasszikus és kvantumfizikai ütközési modellek fejlesztése és széles körű alkalmazása, az ion-elektron ütközések, az ultrahideg atomi ütközések (Xie et al. 2024), valamint a molekuláris felhőkben zajló ütközések rotációs gerjesztési mechanizmusainak elméleti vizsgálata (Demes et al. 2023).

Az erősen gerjesztett és ionizált atomi rendszerek és szabad elektronok sokaságában zajló folyamatokat a plazmafizika vizsgálja. A Wigner FK Elektromos

Gázkisülések Kutatócsoportjában a „hideg” plazmák különböző felületekkel való kölcsönhatásait tanulmányozzák, főleg anyagtudományi motivációval. Az ATOMKI ECR Laboratóriumában az ionforrások plazmáit kutatják a gyorsítótechnika élvonalát képviselő nemzetközi együttműködések keretében. A magyar plazmafizika legnagyobb kutatói közössége azonban a fúziós kutatások területén vált a nemzetközi plazmafizikai közösség megbecsült műhelyévé.

Az úttörő Simonyi Károly atommagfúzióra irányuló, az ötvenes évek végén félbeszakadt kutatásai után, a tokamak típusú fúziós berendezések világsikere kapcsán indultak újra a magyar fúziós kutatások. 1979-ben helyezték üzembe a KFKI-ban a Szovjetunióból Magyarországra szállított és átalakított berendezést MT-1 (Magyar Tokamak 1) néven. Korszerű számítástechnikai eszközökkel szerelték fel, de a kevés diagnosztikai nyílás miatt a mérési lehetőségek korlátozottak voltak: lézeres atomnyaláb-diagnosztikai módszereket, röntgentomográfiát és még néhány más mérési eljárást fejlesztettek rajta. 1992-ben MT-1M néven indult újra aktív plazmaszabályzással és lényegesen javított mérési lehetőségekkel. A felújított berendezés különböző diagnosztikai eljárások fejlesztésére és plazmafizikai folyamatok mérésére szolgált (Kocsis et al. 1992), ám 1998-ban leállították. A kutatói közösség az EURATOM program keretében folytatta a munkát különböző európai tokamakok mellett a pellet-plazma kölcsönhatás és a plazmaturbulencia vizsgálatával, valamint a kapcsolódó diagnosztikai fejlesztésekkel. Meghívást kaptak diagnosztikák építésére és plazmafizikai mérésekre a koreai KSTAR és a kínai EAST tokamakokhoz is.

Az energiatermelést célzó fúziós kutatások másik fő ágát a sztellarátorok fejlesztése jelenti. Ezek állandó üzemre képesek, és stabilabbak a plazma hirtelen összeomlását okozó zavarokkal szemben. A modern sztellarátorok első példája a Wendelstein 7-X volt. Az ott folyó munkában a KFKI RMKI kutatói is jelentős szerepet játszottak (Hirsch et al. 2008). Ez a kutatás 2016 óta a Wigner FK-ban, majd 2020-tól az Energiatudományi Kutatóközpontban működő kutatócsoport állandó részvételével zajlik, jelentős szerepet vállalva a plazmadiagnosztika – atomfizikai és spektroszkópiai módszereken alapuló – kiépítésében (alkálínyaláb-diagnosztika, elektronsűrűség- és ionhőmérséklet-mérés), a plazma gyors térképezésében, és a plazmainhomogenitások komplex vizsgálati módszereinek kidolgozásában.

2003-ban megállapodás született a nemzetközi ITER berendezés megépítéséről. 2005-ben létrejött a NUKENERG konzorcium fissziós és fúziós technológiai elemek, többek között a hazai atomnyaláb-diagnosztikai fejlesztésére. Ez volt az alapja a jelenlegi HUN-REN EK fúziós kutatólaboratóriumainak, amelyek ma már az ITER és a JT-60SA tokamak elemeinek fejlesztésében is jelentős szerepet játszanak.

Cikkünkben áttekintettük az atomfizikából kifejlődött magyarországi kutatások fő vonalait, a múltnak, a közelmúltnak és a jelennek a magyar tudományosság szempontjából kiemelkedő eredményeket felmutató irányait. Vannak olyan kutatási területek, amelyek egyértelműen a tárgyalt körbe tartoznak, például a plazmafizika nem nukleáris jelenségeket vizsgáló területei, és a gázfázisú atomi és molekuláris ütközések vizsgálata. Az áttekintett területek többsége határterület. Talán a legerősebb

az átjárhatóság a molekulafizika és a kémia között. A nagy molekulák és klaszterek vizsgálata is tekinthető a kondenzált anyagok tudományai és a molekulafizika határterületének. A molekulaszervezet elmélete nagyon sok terület fejlődése szempontjából alapvető jelentőségű, erősek a kapcsolódások az optikához és a kvantumelektronikához. Kutatásaink talán legjellemzőbb ismérve, hogy az atomfizika, a molekulafizika és a spektroszkópia eszköztárát az élvonalbeli határterületi kutatásokban hasznosítjuk, miközben azok igényei szerint fejlesztjük magát az eszköztárat.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton köszönöm Kamarás Katalinnak, Kürti Jenőnek, László Istvánnak, Nagy Ágnesnek, Surján Péternek és Zoletnik Sándornak a cikk írása során adott értékes segítségét.

Irodalomjegyzék

- Berényi, Dénes et al. (2009). „Section of Atomic Collisions”. *Atomki Annual Reports* 1–21. https://real-j.mtak.hu/11549/1/AnnualReport_2009_compressed.pdf.
- Biri, Sándor et al. (2021). „The Atomki Accelerator Centre”. *European Physical Journal Plus* 136, 247. <https://doi.org/10.1140/epjp/s13360-021-01219-z>.
- Csehi, András et al. (2019). „Ultrafast Dynamics in the Vicinity of Quantum Light-Induced Conical Intersections”. *New Journal of Physics* 21, 093040. <https://doi.org/10.1088/1367-2630/ab3fcc>.
- Datz, Dániel et al. (2024). „Generalized Mie Theory for Full-Wave Numerical Calculations of Scattering Near-Field Optical Microscopy with Arbitrary Geometries”. *Physica Status Solidi-Rapid Research Letters* 18/4, 2300370. <https://doi.org/10.1002/pssr.202300370>.
- Demes, Sándor et al. (2023). „Collision-Induced Excitation of Ammonia in Warm Interstellar and Circumstellar Environments”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 524/2, 2368–2378. <https://doi.org/10.1093/mnras/stad1970>.
- Eskandari, Somayeh et al. (2024). „Molecular Dynamics Study of Nanoribbon Formation by Encapsulating Cyclic Hydrocarbon Molecules Inside Single-Walled Carbon Nanotube”. *Nanomaterials* 14/7, 627. <https://doi.org/10.3390/nano14070627>.
- Fábri, Csaba et al. (2024). „Classical and Quantum Light-Induced Non-Adiabaticity in Molecular Systems”. *AVS Quantum Science* 6/2, 023501. <https://doi.org/10.1116/5.0191522>.
- Hirsch, Matthias et al. (2008). „Major Results from the Stellarator Wendelstein 7-as”. *Plasma Physics and Controlled Fusion* 50/5, 053001. <https://doi.org/10.1088/0741-3335/50/5/053001>.
- Kádár, Imre et al. (1990). „High-Resolution Ne K Auger Spectra from Collisions Between Ne and H^+ , Ne^{3+} , Ne^{10+} , Ar^{6+} , and Ar^{16+} (5.5 MeV/u)”. *Physical Review A* 41, 3518. <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.41.3518>.
- Kapuy Ede – Török Ferenc (1975). *Az atomok és molekulák kvantumelmélete*. Budapest: Akadémiai Kiadó.
- Katayama, Tetsuo et al. (2019). „Tracking Multiple Components of a Nuclear Wavepacket in Photoexcited CU(I)-Phenanthroline Complex Using Ultrafast X-Ray Spectroscopy”. *Nature Communications* 10, 3606. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-11499-w>.
- Kocsis, Gábor et al. (1992). „Ionization and Toroidal Dispersal of Laser Blow-off Injected Aluminium Beam in the Mt-1 M Tokamak”. *Plasma Physics and Controlled Fusion* 34/8, 1423–1431. <https://doi.org/10.1088/0741-3335/34/8/004>.
- Kövér, Ákos – Laricchia, Gaetana (1998). „Triply Differential Study of Positron Impact Ionization of H_2 ”. *Physical Review Letters* 80, 5309. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.80.5309>.

- Kunnus, Kristjan et al. (2020). „Vibrational Wavepacket Dynamics in Fe Carbene Photosensitizer Determined with Femtosecond X-Ray Emission and Scattering”. *Nature Communications* 11, 634. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-14468-w>.
- Kuzmany, Hans et al. (2021). „Well-Defined Sub-Nanometer Graphene Ribbons Synthesized Inside Carbon Nanotubes”. *Carbon* 171, 221–229. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2020.08.065>.
- Kürti Jenő et al. (2008). „Teller Ede ujjlenyomatai a molekulafizikában”. *Magyar Tudomány* 169/3, 301–317. https://epa.oszk.hu/00600/00691/00051/pdf/EPA00691_magyar_tudomany_2008-03_292-300.pdf.
- Kürti, Jenő – Kresse, Georg – Kuzmany, Hans (1998). „First-Principles Calculations of the Radial Breathing Mode of Single-Wall Carbon Nanotubes”. *Physical Review B* 58, R8869(R). <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.58.R8869>.
- Maté, Belén et al. (2025). „Hydroxylamine in Astrophysical Ices: Infrared Spectra and Cosmic-Ray-Induced Radiolytic Chemistry”. *Astronomy and Astrophysics* 695, A102. <https://doi.org/10.1051/0004-6361/202453312>.
- Nagy, Ágnes (2025). „Density Functional Theory: Preliminaries, Extensions to Excited States, Statistical and Information Concepts”. *Advances in Quantum Chemistry* [megjelenés alatt]. <https://doi.org/10.1016/bs.aiq.2025.01.007>.
- Ricz, Sándor et al. (2003). „Strong Nondipole Effect Created by Multielectron Correlation in 5s Photoionization of Xenon”. *Physical Review A* 67, 012712. <https://doi.org/10.1103/PhysRevA.67.012712>.
- Rolik, Zoltán – Surján, Péter R. (2025). „Kállay Laboratory”. *Advances in Quantum Chemistry* [megjelenés alatt]. <https://doi.org/10.1016/bs.aiq.2025.02.006>.
- Sarkadi, László et al. (1989). „Observation of Electron Capture into Continuum States of Neutral Atoms”. *Physical Review Letters* 62, 527. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.62.527>.
- Stobiński, Leszek et al. (2010). „Multiwall Carbon Nanotubes Purification and Oxidation by Nitric Acid Studied by the FTIR and Electron Spectroscopy Methods”. *Journal of Alloys and Compounds* 501/1, 77–84. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2010.04.032>.
- Sulik Béla et al. (2023). „Jeges égitestek ionokkal bombázott felületén zajló folyamatok és laboratóriumi modellezésük”. *Fizikai Szemle* 73/7–8, 256–262. <https://real.mtak.hu/174697/>.
- Surján, Péter R. (1997). „Charge vs. Spin Density Waves in the Fullerene Polymer”. *International Journal of Quantum Chemistry* 63/2, 425–435. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-461X\(1997\)63:2<425::AID-QUA13>3.0.CO;2-7](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-461X(1997)63:2<425::AID-QUA13>3.0.CO;2-7).
- Surján Péter (2024). „Kiválósági központ az Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar Kémiai Intézetében: a kvantumkémiai iskola”. *Magyar Tudomány* 185/4, 486–499. <https://doi.org/10.1556/2065.185.2024.4.6>.
- Surján, Péter R. (2025). „Pioneering Attempts in Hungary on Treating Quantum Systems”. *Advances in Quantum Chemistry* [megjelenés alatt]. <https://doi.org/10.1016/bs.aiq.2025.01.009>.
- Szakács, Péter – Szabados, Ágnes – Surján, Péter R. (2010). „Zero-Field-Splitting in Triplet-State Nanotubes”. *Chemical Physics Letters* 498/4–6, 292–295. <https://doi.org/10.1016/j.cplett.2010.08.064>.
- Szidarovszky, Tamás et al. (2018). „Conical Intersections Induced by Quantum Light: Field-Dressed Spectra from the Weak to the Ultrastrong Coupling Regimes”. *The Journal of Physical Chemistry Letters* 9/21, 6215–6223. <https://doi.org/10.1021/acs.jpclett.8b02609>.
- Thomson, Joseph J. (1897). „Cathode Rays”. *Philosophical Magazine* 44/269, 293–316. <https://doi.org/10.1080/14786449708621070>.
- Xie, Ting et al. (2020). „Optical Shielding of Destructive Chemical Reactions Between Ultracold Ground-State NaRb Molecules”. *Physical Review Letters* 125, 153202. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.125.153202>.
- Zadik, Ruth H. et al. (2015). „Optimized Unconventional Superconductivity in a Molecular Jahn-Teller Metal”. *Science Advances* 1/3, e1500059-1-9. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500059>.

Optika és lézerfizika Magyarországon *Lézerfizikai Tudományos Bizottság*

Optics and Laser Physics in Hungary *The Committee on Laser Physics*

Dombi Péter^{1,5} – Szabó Gábor² – Bor Zsolt³ – Czitrovsky Aladár⁴ –
Varró Sándor⁵ – Domokos Péter⁶

¹ az MTA doktora, tudományos tanácsadó, HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

² az MTA rendes tagja, egyetemi tanár, Szegedi Tudományegyetem, Szeged

³ az MTA rendes tagja, egyetemi tanár, Szegedi Tudományegyetem, Szeged

⁴ az MTA doktora, tudományos tanácsadó, professor emeritus, HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

⁵ az MTA doktora, tudományos tanácsadó, ELI ALPS Lézeres Kutatóintézet, Szeged

⁶ az MTA rendes tagja, HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

Összefoglalás

Az optika és a lézerfizika itthoni történetét és perspektíváit bemutató írásban a teljesség igénye nélkül néhány olyan fontos mérföldkövet villantunk fel, amelyek megrajzolják az elmúlt közel 200 év fejlődési ívét, és meghatározzák a kapcsolódó, kortárs magyar kutatások és fejlesztések perspektíváit.

Abstract

This article presents the history and prospects of optics and laser physics in Hungary. Without claiming to be exhaustive, our paper highlights several important milestones that outline the development of the field over the past 200 years, as well as defining the prospects of contemporary Hungarian research and development in this area.

Kulcsszavak: optika, lézerfizika, kvantumfizika

Keywords: optics, laser physics, quantum physics

Az optikát csak a 19. század elejétől sorolták az önálló tudományágak közé. A legtöbb magyar kutató, aki az optika területén dolgozott, más tudományterületeken is eredményes volt, illetve számos olyan nagy tudós ért el értékes eredményeket az optikában is, akiknek az érdeklődési területe nem kifejezetten az optika volt. Az egyik legkorábbi példa Jedlik Ányos, aki leginkább az önindukció elvének felfedezéséről és dinamó segítségével történő bemutatásáról ismert, azonban az általa kifejlesztett osztógép már 1845-ben 1200 optikai rácshornyot tudott létrehozni 1 mm-en. Jedlik kortársa és a Bécsi Műszaki Egyetem professzora, Petzval József érdeklődése az optika számos területére kiterjedt. Az általa 1841-ben tervezett Petzval-objektív egy ragasztott és egy légréses akromátból állt, és kiemelkedő optikai tulajdonságai miatt néhány kisebb módosítással ma is használják projektorok objektívjeként.

A tudományos fejlődés legfontosabb előrelépéseit azonban a 20. század hozta el. Einstein 1905-ben feltételezte, hogy a fény igen kis méretű fénykvantumokból áll, amelyek energiája a Planck-állandó és a frekvencia szorzata. Ahhoz, hogy a fénykvantumnak hullámtermészetet is tulajdoníthasson, Einstein az ún. túsugár-elképzeléshez folyamodott. Selényi Pál 1911-ben publikált nagyszögű interferenciára vonatkozó alapvető kísérletei azonban kimutatták a hullámhossznál sokkal kisebb méretű fluoreszcens részecskék sugárzási eloszlásának gömbhullámjellegét, s ezzel erős érvet szolgáltatott Einstein túsugárelméletével szemben. A Selényi-kísérlet a kvantum-elektrodinamika egyik alapkísérletének is tekinthető, hiszen itt találkozunk először a gömbfotonokkal, amelyek elméletét sokkal később dolgozták csak ki. Ennek különböző variánsai manapság a „szerkezettel bíró fény” (structured light) megnevezéssel igen kiterjedt kutatás tárgyát képezik.

Szintén a 20. század elejének fontos mérföldköve Pogány Béla tudományos munkássága. Ő Eötvös Loránd munkatársaként kezdte pályáját, majd a kolozsvári Ferenc József Tudományegyetemre került, és később az 1921-ben Szegedre költöztetett egyetem Kísérleti Fizika Tanszék első vezetője volt. Legjelentősebb eredménye a Harress–Sagnac-kísérlet lényegesen továbbfejlesztett változatának elvégzése volt. Eredetileg a Sagnac-effektus a speciális relativitáselmélettel kapcsolatban vetődött fel, azonban az utóbbi néhány évtizedben a lézeres giroszkópok megjelenésével került az érdeklődés középpontjába. Ennek is szerepe lehet abban, hogy Pogány Béla publikációjára még csaknem 100 év elmúltával is hivatkoznak (Pogány 1926).

Budó Ágoston tudományos pályafutását a Műegyetemen, a Pogány Béla által vezetett tanszéken kezdte. Itt írta 1937-ben a legtöbbet hivatkozott elméleti spektroszkópiai cikkét (Budó 1937). Az 1930-as évek végétől foglalkozott a poláros folyadékok dielektromos relaxációjával, majd később Ketskemény Istvánnal létrehozták a szegedi lumineszcenciaiskolát.

Ezzel részben párhuzamosan a budapesti Központi Fizikai Kutatóintézetben (KFKI) 1959-ben megalakult az Optikai Osztály, amely optikai mérés technikai csoportból, fény-anyag kölcsönhatást, koherenciát és fluktuációkat tanulmányozó részlegekből, valamint színeképelemzés-csoportból állt. Nem véletlen, hogy a spektroszkópiai (színeképelemzési) kutatások és fejlesztések eredményei alapján az első hazai lézer – először egy infravörös, később látható tartományban sugárzó He-Ne gázlézer – 1963-ban, három évvel a világ első lézerének megalkotása után a KFKI-ban épült meg. Ezután 1964-ben itt fejlesztették ki az első hazai rubinlézert, 1970-ben az első He-Cd lézert, 1972-ben az első hazai Nd:YAG lézert, majd 1981-ben itt készült el az első hordozható Nd-foszfátüveg minilézer, a LINDA-lézer. A technológia egy részét a Magyar Optikai Műveknek (MOM) adták át sorozatgyártásra. A Lézerfizikai Osztályon készült az első hazai hologram, később pedig a világon elsőként feltalált „glórialézer”, amely a *Laser Focus* című folyóirat címlapján is szerepelt.

Ezzel egyidejűleg, Budó Ágoston és Ketskemény István tudására alapozva alakult ki a szegedi lézeres iskola. Kezdetben a festéklézerekben lejátszódó tranziensek vizs-

gálata volt a téma. A nemzetközi figyelmet keltő eredmények azonban az elosztott visszacsatolású festéklézerek (EVFL) területén születtek.

Az igazi áttörést Bor Zsolt két publikációja jelentette. Egyrészt kifejlesztett egy szellemes eljárást, amellyel nem monokromatikus fényforrással is lehetséges tökéletes interferenciacsík-rendszert létrehozni, megnyitva ezzel az utat az akkoriban felfutóban levő nagy teljesítményű ultraibolya fényt kibocsátó gázlézerek (nitrogén- és excimer lézerek) használata előtt (Bor 1979).

Másrészt felismerte az EVFL-ekben fellépő ön-Q-kapcsolás jelenségét, ami elvezetett az ultrarövid impulzusú lézerkutatás irányába. Ezekkel az eredményekkel kezdődött a bő egy évtizedig tartó, igen sikeres együttműködés a göttingeni Max Planck Intézet és a Szegedi Egyetem között, amelynek során az ultrarövid impulzusok generálása, diagnosztikája, frekvenciakonverziója terén születtek jelentős publikációk. Ilyenekre példák az első egylövéses, fázisérzékeny autokorrelátor kifejlesztése (Szabó–Bor–Müller 1988), az ultrarövid lézerimpulzusok hatékony frekvenciakétszerzése és a femtoszekundumos impulzusok fókuszálás során fellépő fázisfronttorzulások leírása.

Mivel az ilyen festéklézerekkel a teljes optikai spektrumtartományban lehet femtoszekundumos impulzusokat előállítani, természetes gondolatnak tűnhetett ezen technológia birtokában az 1980-as évek közepén az ún. terawattos lézerek kifejlesztése. Az egyik úttörő publikáció Szatmári Sándor vezetésével született (Szatmári et al. 1987). Néhány évvel később Szabó Gábor a houstoni Rice Egyetemen a XeF C-A átmenetén működő excimer erősítőre alapozva megépítette a látható tartományban működő első terawattos lézerrendszert.

Ezzel egy időben az MTA Szilárdtestfizikai Kutatóintézetében (SZFKI) a már említett lézertechnológiai fejlesztések mellett világelsőként megszületett az attoszekundumos impulzusok keltésének ötlete (Farkas–Tóth 1992). A javaslat kísérleti megvalósításához és az attofizika kutatási területének megalapozásához a Krausz Ferenc által Bécsben az 1990-es években megépített lézerrendszerekre is szükség volt – az ő kutatómunkáját ismerték el a 2023-as fizikai Nobel-díjjal. E munkához járult hozzá a világon az első, ún. csörpölt lézertükör kifejlesztése is, amelyet az SZFKI Optikai Vékonyréteg Laboratóriumában készítettek el először (Szipőcs et al. 1994). Az SZFKI kutatásai a kétezres évektől fontos nanooptikai kutatási irányokkal egészültek ki (Dombi et al. 2013).

A lézeres kutatások mellett fontos új terület feltárását tették lehetővé a hazai kvantumoptikai kutatások. Ezek az 1990-es években kezdődtek főként Janszky József iskolateremtő munkássága hatására. Akkori tanítványai ma a kvantumoptika és a kvantuminformatika különböző modern témáiban vezetnek kutatócsoportokat. Janszky József a kristályfizika felől érkezett a kvantumoptikához: pályája diszlokációs terek és ponthibák tanulmányozásával indult, majd a nemlineáris optikai kristályok növesztésével foglalkozó MTA Kristályfizikai Kutatólaboratórium igazgatójaként foglalkozott számos, a nemlineáris optika témakörébe eső problémával. Nemlineáris folyamatokban a fény kvantumos statisztikájának hatását vizsgálva nagy nemzetközi

érdeklődést kiváltó eredményeket ért el a fény kvantumozásának és nemklasszikus állapotainak jellemzésében.

A kilencvenes évek egy másik fontos, alkalmazott kutatási irány kifejlődésével is büszkélkedhet. A fotoakusztikus spektroszkópia (photoacoustic spectroscopy, PAS) a fényabszorpció és az akusztikus hullámkeltés közti fizikai kapcsolatot használja ki akár kis koncentrációjú gázkomponensek detektálására. Az eljárás lényege, hogy a mintába juttatott modulált fény elnyelődése hőmérséklet-ingadozást, ez pedig detektálható periodikus nyomásváltozást okoz. A Szegedi Tudományegyetemen működő kutatócsoport kiemelkedő szerepet játszott a módszer fejlesztésében: a diódalézer és kvantumkaskád-lézer-alapú fotoakusztikus cellákkal akkor is érzékelhetők bizonyos molekulák, ha a gázkeverék molekuláinak milliárdodrészét teszik csak ki. Az eljárás ipari és környezetvédelmi alkalmazásai sokrétűek: gépjárművek emissziójának elemzésére, kémiai gyártófolyamatok valós idejű monitorozására vagy mezőgazdasági eredetű gázok – ammónia, metán, dinitrogén-oxid – kibocsátásának nyomon követésére is használható. A magyar fejlesztésű rendszereket világszerte alkalmazzák. Két alkalmazási területet külön is érdemes kiemelni, ahol a Szegedről induló fotoakusztika egyedülálló áttörést ért el (Bozóki–Pogány–Szabó 2011). Egyrészt földgázipari analitikai műszerként a szegedi WaSul fotoakusztikus koncentrációmérő műszer robbanásveszélyes környezetben és kritikus fontosságú alkalmazásokban került telepítésre több száz helyen. A másik meghatározó felhasználás utasszállító repülőgép csomagterébe telepített környezetmonitorozási labor légköri vízgőz és teljes víz (vígőz és felhő- vagy esőcseppek) mérőműszereként.

Az 1990-es évekig nem volt intenzív sugárforrás a mikrohullámú és infravörös tartomány közé eső, ún. terahertzes ($1 \text{ THz} = 10^{12} \text{ Hz}$) tartományon. Akkor jelentek meg az ultrarövid lézerimpulzusokon alapuló THz-es források, részben optikai egyenirányítással. Ez az optikai módszer akkor hatékony, ha nagy nemlineáris optikai együttthatójú anyagot használnak, amiben az ultrarövid lézerimpulzus és az általa keltett THz-es impulzus azonos sebességgel terjed. Ismert volt, hogy a lítium-niobát kristálynak nagyon jó optikai tulajdonságai vannak a hatékony THz-keltéshez, viszont a THz-es impulzus kétszer lassabban terjed benne, mint a lézerimpulzus. A Pécsi Tudományegyetem (PTE) kutatói 2002-ben egy egyedi, döntött impulzusfrontú elrendezésre tettek javaslatot, amellyel kiküszöbölhető a sebességek nagymértékű eltéréséből adódó probléma (Hebling et al. 2002). Ez az eljárás azóta a THz-es tudományterület alapvető technológiájává vált. A PTE nemzetközi szinten is számon tartott THz-es kutatási iskolája azóta is aktívan működik ezen a területen.

Megemlítendő az elmúlt ötven év legnagyobb hazai tudományos beruházása is. Az „Extreme Light Infrastructure (ELI) projekt” előkészítését 2007-ben kezdte meg egy európai konzorcium élén Gérard Mourou, akit 2018-ban Nobel-díjjal tüntettek ki a femtoszekundumos lézerimpulzusok erősítési technikájának kidolgozásáért. Mivel egy ilyen lézerközpont megépítésének finanszírozását csak több ország együtt tudja vállalni, az ELI projektet három helyszínen valósítják meg: Szegeden a legrövidebb, attoszekundumos fényfelvillanások használatára, Prágában a lézerrel keltett plazma-

közegek alkalmazására, míg Bukarestben a lézerrel kelthető magfizikai folyamatokra koncentrálva. A Szegeden 2017-ben megnyílt kutatóközpont jelenleg nyolc lézerrendszert kínál, azokkal különféle fizikai, kémiai, anyagtudományi, sőt, biológiai folyamatokat vizsgált eddig több száz kutató a világ minden tájáról. A lézerközpontban a közeljövőben újabb három lézerrendszer átadása várható.

A hazai kvantumoptikai kutatások is követték azt a robbanásszerű fejlődést, amelyet a 2010-es évek óta második kvantumos forradalomnak szokás nevezni a nemzetközi tudományos világban, és amelynek lényege az egyedi kvantumrendszerek detektálásában és kontrollált manipulációjában megszerzett képesség kiaknázása újfajta alkalmazásokban. E cél hazai kiteljesítésére 2017-ben létrejött a HunQuTech kvantumtechnológiai konzorcium, amely 2020-tól a Kvantuminformatika Nemzeti Laboratórium keretében folytatja tevékenységét. Különböző fizikai platformokon, atomokkal, fotonokkal, kristálybeli ponthibákkal, félvezető heterostrukturákkal vagy szupravezető áramkörökkel végeznek kvantuminformatikai műveleteket. A hazai kutatások fókuszában is megjelent a kvantumtechnológia, amely egyrészt hatalmas tudományos kihívás a fizikus, matematikus és informatikus kutatók számára, másrészt a megcélzott magas tudományos szint nagy innovációs potenciált jelent.

A hazai lézeres és optikai kutatások jelentőségét nem lehet túlbecsülni, hiszen a nemzetközi tudományban, a legkülönbözőbb fizikai, kémiai, biológiai és technológiai területeken ezek meghatározó szerepet játszanak. Az optika és a fotonika az elmúlt években folyamatosan növekvő szerepet játszott a modern tudományos és technológiai fejlődésben (például az információ- és adatfeldolgozásban, az ipari termelés optikai vezérlésében, mintázatfelismerésben, érzékelőtechnikában, képalkotásban, anyagfeldolgozásban, és a mikroelektronikai alkalmazások területén). Napjainkban az összes fizikai szakkikk 7%-ának témája az optika és a fotonika. Az optikai és lézeres kutatásokhoz a magyar kutatók hagyományosan jelentős mértékben hozzájárultak, és ez a jövőben is töretlenül folytatódik a kiváló hazai kutatóhelyeknek köszönhetően.

Irodalomjegyzék

- Bor, Zsolt (1979). „A Novel Pumping Arrangement for Tunable Single Picosecond Pulse Generation with a N₂ Laser Pumped Distributed Feedback Dye Laser”. *Optics Communication* 29/1, 103–108. [https://doi.org/10.1016/0030-4018\(79\)90147-0](https://doi.org/10.1016/0030-4018(79)90147-0).
- Bozóki, Zoltán – Pogány, Andrea – Szabó, Gábor (2011). „Photoacoustic Instruments for Practical Applications: Present, Potentials, and Future Challenges”. *Applied Spectroscopy Reviews* 46/1, 1–37. <https://doi.org/10.1080/05704928.2010.520178>.
- Budó, Ágoston (1937). „Intensitätsformeln für die Tripletbanden”. *Zeitschrift für Physik* 105, 579–587. <https://doi.org/10.1007/BF01371563>.
- Dombi, Péter et al. (2013). „Ultrafast Strong-Field Photoemission from Plasmonic Nanoparticles”. *Nano Letters* 13/2, 674–678. <https://doi.org/10.1021/nl304365e>.
- Farkas, Győző – Tóth, Csaba (1992). „Proposal for Attosecond Light Pulse Generation Using Laser Induced Multiple-Harmonic Conversion Processes in Rare Gases”. *Physics Letters A* 168/5–6, 447–450. [https://doi.org/10.1016/0375-9601\(92\)90534-S](https://doi.org/10.1016/0375-9601(92)90534-S).
- Hebling, János et al. (2002). „Velocity Matching by Pulse Front Tilting for Large-Area THz-Pulse Generation”. *Optics Express* 10/21, 1161–1166. <https://doi.org/10.1364/OE.10.001161>.

- Pogány, Béla (1926). „Über der Wiederholung des Harress-Sagnacschen Versuches”. *Annalen der Physik* 385/11, 215–231. <https://doi.org/10.1002/andp.19263851102>.
- Szabó, Gábor – Bor, Zsolt – Müller, Alexander (1988). „Phase-Sensitive Single-Pulse Autocorrelator for Ultrashort Laser Pulses”. *Optics Letters* 13/9, 746–748. <https://doi.org/10.1364/OL.13.000746>.
- Szatzmári, Sándor et al. (1987). „Hybrid Dye-Excimer Laser System for the Generation of 80 fs, 900 GW Pulses at 248 nm”. *Optics Communications* 63/5, 305–309. [https://doi.org/10.1016/0030-4018\(87\)90181-7](https://doi.org/10.1016/0030-4018(87)90181-7).
- Szipőcs, Róbert et al. (1994). „Chirped Multilayer Coatings for Broadband Dispersion Control in Femtosecond Lasers”. *Optics Letters* 19/3, 201–203. <https://doi.org/10.1364/OL.19.000201>.

Csillagászat és űrfizika – múlt, jelen és jövő *Csillagászati és Űrfizikai Tudományos Bizottság*

Astronomy and Space Physics: Past, Present, and Future *The Committee on Astronomy and Space Physics*

Szabados László¹ – Ábrahám Péter² – Németh Zoltán³

¹ az MTA doktora, professor emeritus, HUN-REN Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Budapest

² az MTA doktora, tudományos tanácsadó, HUN-REN Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Budapest

³ PhD, tudományos főmunkatárs, HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

Összefoglalás

A tanulmány a magyarországi csillagászat és űrfizika történetének vázlatos ismertetése után a csillagászat és űrfizika jelentőségét és interdiszciplináris kapcsolatait tárgyalja.

Abstract

After providing a brief overview of the history of astronomy and space physics in Hungary, the study discusses the significance of these fields and their interdisciplinary connections.

Kulcsszavak: csillagászat, űrfizika, tudománytörténet

Keywords: astronomy, space physics, history of science

Bevezetés

A csillagászat a legősibb tudomány. Őseink számára a Nap, a Hold és a fényes csillagok égi mozgása szolgált az időmérés és a szárazföldi vagy tengeri navigáció alapjául. Később a navigáció kiegészült az iránytű használatával, ami elvezetett a mágneses viharok felfedezéséhez. A navigáció gyakorlati szükséglete tehát egyaránt hozzájárult a csillagászat és az űrfizika korai fejlődéséhez. A csillagászat egyszersmind a legnemzetközibb tudomány. Bár a csillagos ég mindenki számára közös, bárholnán nézve ugyanazok az égitestek és kozmikus jelenségek vizsgálhatók, a földrajzi szélesség, a nappalok és éjszakák váltakozása és az időjárás akadályokat képez. Ezeket az északi és déli féltekén épített obszervatóriumokkal, illetve a különböző földrajzi hosszúságon dolgozó csillagászok összefogásával sikerül leküzdeni, akik távcsöveikkel akkor figyelik meg a kutatásra kiszemelt égitestet, amikor náluk éjszaka van és nem felhős az ég. Az űrkutatás pedig már a kezdetektől nemzetközi együttműködést igényel, az űr megismerése és meghódítása csak közös erőfeszítéssel kísérelhető meg.

Az égre csodálkozástól az űrobszervatóriumokig

A kozmosz vizsgálata évezredek óta kíváncsi emberek kedvtelése volt, akik a szükséges szakértelmet önképzéssel szerezték meg. A 17. század eleje óta a csillagos égi vizsgálata nem szabad szemmel történik, hanem távcsövek segítségével. Galileo Galilei és Johannes Kepler korára esett az első nagy paradigmaváltás a csillagászatban: az addig uralkodó geocentrikus nézetet felváltotta a heliocentrikus világkép. Az első kutatóintézetet éppen csillagászati megfigyelések végzésére alapították. Az államilag finanszírozott csillagvizsgálók közül elsőként a franciaországi Párizsi Obszervatórium létesült 1667-ben, majd az angliai Greenwichi Királyi Obszervatórium 1675-ben. Később egyetemeken is működni kezdtek csillagvizsgálók, és eközben a csillagászat tudományának felsőfokú oktatása is elterjedt a kultúrnépeknél.

Újabb hatalmas előrelépés a 19. század második felében következett be, amikor a spektroszkópia újonnan született tudományának és a fotográfiának akkor még kezdetleges módszereit is alkalmazni kezdték a csillagászok. Ezután a csillagászat hagyományos feladata, az égitestek pozíciójának pontos mérése (asztrometria) háttérbe kezdett szorulni, és a színekélelemzés adta lehetőségeket kihasználva kialakult az asztrofizika.

A 20. század sem múlt el „forradalmak” nélkül a kozmosz kutatásában. Előbb az 1920-as években kimutatták, hogy a Tejútrendszer csak egy a megszámlálhatatlanul sok galaxis közül, ráadásul a belátható Univerzum folyamatosan tágul, így alakult ki a kozmológia tudománya. A 20. század közepétől kezdve pedig más értelemben is kitágult Univerzumunk.

A látható fény ugyanis csak egy keskeny sáv az elektromágneses színekben. A kozmoszból pedig más hullámhosszokon is érkezik sugárzás, de a földi légkör annak nagy részét elnyeli. Az űrkorszak kezdetével viszont a teljes elektromágneses színekép elérhetővé vált az űrszondák fedélzetén működő detektorokkal: előbb az infravörös sugárzás teljes tartománya, majd az ultraibolya sugárzás, azt követően a röntgensugárzás, végül a gamma-sugárzás tartománya tárult fel a csillagászok számára. Az űrkorszak azt is lehetővé tette, hogy a korábban csak távcsővel megfigyelhető égitestek közül Naprendszerünk bolygóit, több holdat, kisbolygókat, üstökösöket vagy akár a napkoronát helyszíni vizsgálatokkal jobban megismerjük.

Mint cseppben a tenger – a magyar csillagászatról

A magyar csillagászat a távcső feltalálása utáni korszakban főleg a csillagászati ismeretek magyar nyelvű közlésére szorítkozott (Apáczai 1653–1655). A hazai csillagászati vizsgálatok a Nagyszombati Egyetemen kezdődtek, ahol a 18. század közepén Hell Miksa tervei szerint obszervatórium épült. A megfigyeléseket főként Weiss Ferenc végezte. Az egyetemet Mária Terézia Budára helyeztette át, ekkor az obszervatórium műszerei is Budára kerültek, ahol viszont ekkor nem volt megfigyelőállomás.

Magyarországon a 18. század utolsó évtizedeiben Hell Miksa kezdeményezésére több helyen létesült obszervatórium (Eger, Gyulafehérvár), Budán azonban csak

1815-ben létesítettek csillagvizsgálót a Gellérthegyen. Itt már képzett csillagászok dolgoztak: az alapító igazgató Pasquich János és utódja, Tittel Pál, aki az MTA elsőként megválasztott rendes tagja lett a matematikai osztályon. Az ő korai halála után a budai csillagvizsgáló tevékenysége főként meteorológiai észlelésekre korlátozódott. Az 1848–1849-es szabadságharc során pedig meg is semmisült az obszervatórium, műszereinek zömét széthordták vagy tönkretették. Kevésbé köztudott, hogy az 1840-es években Bicskén is létesült csillagvizsgáló. Alapítója, Nagy Károly azonban a szabadságharc bukása után emigrációba kényszerült. A magyar csillagászat újjáélesztése Konkoly Thege Miklós érdeme, aki 1871-ben ógyallai birtokán csillagvizsgálót épített. A külföldről vásárolt távcsövek mellé Konkoly Thege maga is készített műszereket obszervatóriuma számára, és az akkor újdonságnak számító spektroszkópia, majd a csillagászati fotometria művelésével jelentős eredményeket ért el. Bár az obszervatórium távcsövei szerény méretűek voltak az akkori legnagyobb teleszkópokhoz képest, a kutatási program jó megválasztásával sikerült nemzetközi színvonalra emelni a csillagdat. 1899-ben Konkoly Thege elérte magánobszervatóriumának állami átvételét, ettől kezdve Magyarországon ismét volt állami csillagvizsgáló Magyar Királyi Konkoly-alapítványú Asztrophysikai Observatorium néven.

Konkoly kortársai közül említést érdemel Kövesligethy Radó, aki egy ideig Konkoly obszervatóriumában dolgozott, majd a pesti Tudományegyetemen a Kozmográfiai Tanszék alapító professzora lett. A csillagászat mellett geofizikával is foglalkozott, és e földtudomány nemzetközi szaktekintélyévé vált.

Gothard Jenő a ma Szombathelyhez tartozó Herényben saját csillagvizsgálót létesített, ahol az asztrofotográfia egyik úttörőjeként elsőként fényképezte le a Lyra csillagképben található Gyűrű-ködöt gerjesztő csillagot. Egykori obszervatóriuma helyén jelenleg az ELTE Gothard Asztrofizikai Observatóriuma működik.

Kalocsán, a gimnázium tetején Haynald Lajos bíboros létesített csillagvizsgálót, ahol Fényi Gyula vezetésével a Nap vizsgálatával foglalkoztak, páratlan hosszúságú megfigyelési anyagot összegyűjtve a napfoltokról, megalapozva a később is sikeres hazai napfizikai kutatásokat.

Nagy Károly, Konkoly Thege, Kövesligethy, Gothard, Haynald és Fényi egyaránt az MTA tagja volt.

Csillagászat állami keretek között

Az I. világháború után Ógyalla Csehszlovákia része lett. A magyar állam tulajdonát képező csillagda műszereinek és könyvtárának sikeres áttelepítése Magyarország területére Tass Antal érdeme. A Konkoly által állami kezelésbe adott obszervatórium utóda a budai Svábhegyen épült fel az 1920-as években. Ez a kutatóhely aztán több intézmény, de leghosszabb ideig az MTA felügyelete alatt működött. Az intézet nemzetközi szinten nem kiemelkedő műszerezettségéhez jól illeszkedő és nemzetközi szinten is elismert eredményekhez vezető kutatási program gondos megválasztása főleg Detre László érdeme. A változó fényű csillagok szisztematikus fényességmérése ugyanis kis

távcsövekkel is végezhető, és hosszú idő (akár évtizedek) alatt átfogó homogén adatsorokat lehet kapni. Konkoly Ógyalláról átkerült kis távcsövei mellett új műszerként egy 60 cm átmérőjű tükrös távcső állt a magyar csillagászok rendelkezésére. A változócsillagok fotometriai vizsgálata eleinte fotografikus megfigyelések alapján, majd az 1950-es évektől fotoelektromos technikával történt.

A változócsillagok a csillagfejlődés rövid ideig tartó speciális fázisairól szolgáltatnak információkat: a fényességváltozás időbeli lefolyásából – az ún. fénygöréből – a csillag viselkedésére, sőt akár a belső szerkezetére is lehet következtetni, komoly alternatívaként a nagyobb távcsöveket igénylő spektroszkópai észlelésekkel szemben. A Svábhegyen eleinte RR Lyrae típusú pulzáló csillagokat vizsgáltak, azzal a céllal, hogy a pulzáció periódusának parányi időbeli változását kimutatva következtetni lehessen a csillag fejlődésére. Kiderült, hogy az ilyen csillagok közül soknak a fénygörbéje ciklikusan változik (Blazskó-effektus), és a csillagászati intézet ennek alapos vizsgálatával vált nemzetközileg ismertté (Konkoly Observatory néven). Az 1950-es évektől más típusú változócsillagokkal bővült a kutatási program. A mérési pontosság fokozódása egészen kis amplitúdójú változócsillagok észlelését is lehetővé tette, de ehhez már CCD-detektorok alkalmazására volt szükség az 1990-es évektől.

Lényeges előrelépést jelentett, és a kutatási tematika bővülését hozta magával a Piskéstetői Obszervatórium (Mátra hegység) megépítése. Az 1961 óta ott működő Schmidt-távcső nagy látómezeje lehetővé tette a sztellárstatisztikai kutatások hazai beindítását. 1975-ben pedig üzembe állt az egy méter főtükrös-átmérőjű, Ritchey–Chrétien–Coudé-teleszkóp (RCC-távcső). Ugyancsak 1961-től az intézetben szerkesztették és adták ki a Nemzetközi Csillagászati Unió megbízásából a változócsillagokkal kapcsolatos *Information Bulletin on Variable Stars* gyorskiadványt, és ennek hatására az intézet a változócsillagok kutatásának egyik nemzetközi központja lett („Information Bulletin...”).

Ez az időszak egybeesett az űrcsillagászat kibontakozásával is. A csillagászat nemzetközi jellegét mutatja, hogy az űrtávcsövekkel kapott adatok túlnyomó többsége egy kezdeti periódus után szabadon hozzáférhető a csillagászközösség számára. Ezenkívül az űrtávcsövekkel kapott fotometriai adatok pontossága elérheti a néhány milliomod magnitúdót is, 2–3 nagyságrenddel felülmúlva a földi teleszkópokkal elérhető pontosságot. Az űrteleszkópok viszont többnyire kis átmérőjűek, így továbbra is nagy az igény a földfelszíni óriás (8–10 méter átmérőjű) távcsövekkel történő észlelések iránt.

A hazai tudományos kapcsolatok keretében a Csillagvizsgáló Intézet kutatói oktatóként és témavezetőként egyaránt mindig is részt vettek az 1965-től induló csillagászképzésben. Jelentős előrelépésként 1999-ben a Szegedi Tudományegyetemen is megindult a csillagászképzés. Kiterjedt és eredményes a hazai egyetemi és kutatóintézeti együttműködés is, mint például a gravitációs hullámok kutatása terén végzett közös munka (ELTE, SZTE, Wigner FK) vagy a nukleáris asztrofizika területén folytatott együttműködés (CSFK KTM Csillagászati Intézet, ATOMKI).

A jelenlegi modern kutatási paletta diverzitását jól mutatja, hogy a magyar kutatóhelyeken művelt csillagászati kutatási témák a Naprendszer és a helioszféra vizsgálatától kezdve a Tejútrendszer szerkezetének megismerésén át az extragalaktikus csillagászatra és az Univerzum kozmológiájára is kiterjednek. Mindezt azonban nem a hazai műszerezettség korszerűsítése tette lehetővé, hanem a földi nagytávcsöves és az űrcsillagászati műszerek mérési adataihoz való hozzáférés.

Űrfizikai kutatások

A magyar űrkutatás Bay Zoltán 1946-os holdradar-kísérletével kezdődött, amikor is földi forrásból származó rádióhullámokkal „érintették meg” a Hold felszínét. A tényleges űrkorszak kezdete előtt a Föld űrbeli környezetének megismerésére a földi légkört elérő nagy energiájú töltött részecskék által kiváltott események elemzése szolgált.

A Központi Fizikai Kutatóintézetnek (KFKI) már az alapításkor meghatározó része volt a kozmikus sugárzási osztály. 1956–1957-ben a Nemzetközi Geofizikai Év programjához kapcsolódva a KFKI területén telepítették a világ második, folyamatosan működő földalatti kozmikus sugárzási obszervatóriumát, ahol két, egyenként 120 Geiger–Müller-csőből álló teleszkóp észlelte a 20 m mélybe lejutó müonok intenzitását. A folyamatos mérések alapján a 100 GeV-nél magasabb energiájú kozmikus sugárzás modulációját vizsgálták, többek között a napi és 27 napos periodicitást, valamint a Forbush-csökkenéseket, amelyeket a napkoronából a bolygóközi térbe kilökődő, mágneses teret hordozó anyag hatása okoz. A KFKI földalatti laboratóriumában végzett megfigyeléseket később kiegészítette a kiterjedt légizapороknak a Muszalahegy csúcson, bolgár kollégákkal közösen végzett mérése, ami a galaktikus kozmikus sugárzás anizotrópiájának első kimutatását eredményezte. A kozmikus sugárzással kapcsolatos földi adatsorok értelmezéséhez elengedhetetlenek voltak az űrfizikai ismeretek, így kialakult hazánkban egy űrfizikai tudásbázis, amely az űrkorszak kezdetével be tudott kapcsolódni az űrszondás mérések feldolgozásába és kiértékelésébe is.

Az űrkorszak kezdetét a Szputnyik–1 műhold 1957. október 4-i felbocsátása jelentette. Bár az űrtevékenység motivációs tényezői között meghatározó volt a nagyhatalmak versengése, már a kezdeti célok közt is szerepeltek az űrfizikai megfigyelések. A tervek szerint az első szovjet műhold is komoly tudományos műszerezettséget hordozott volna, de ezt az elsőség hajszolása miatt lecserélték a könnyebb, csak rádióadót tartalmazó Szputnyik–1-re. Ennek ellenére már ezen egyszerű eszköz megfigyelése is szolgáltatott tudományos adatokat a felsőlégkör és az ionosféra tulajdonságairól. A következő évben az első amerikai műhold lehetővé tette a Föld sugárzási övezeteinek felfedezését, a későbbi műholdak pedig bőséges információval szolgáltak a földközeli űrről. Hamarosan megkezdődött a Hold és a bolygók űrszondás kutatása is, aminek fontos eredménye volt, hogy megerősítették a korábban elméletileg megjósolt napszél létezését is.

A versengés ellenére a nemzetközi együttműködés már a kezdetektől fontos szerepet kapott az űrkutatásban. 1958-ban megalakult az Űrkutatási Bizottság

(Committee on Space Research, COSPAR), ami a hidegháború ellenére lehetővé tette az űrfizikai ismeretek cseréjét a szembenálló blokkok között. Gyakorlattá vált, hogy a széles körű érdeklődésre számot tartó, ám nagy erőforrás-igényű űrmissziókat nemzetközi együttműködésben valósítsák meg. Magyarország az Interkozmosz Együttműködés alapító tagjaként már 1970-től műszerekkel járult hozzá az űrkutatáshoz, illetve magyar kutatók az 1970-es évektől részt vettek űrszondás adatok feldolgozásában és értelmezésében. A magyar kutatók hamar megtalálták az együttműködési lehetőségeket nyugati partnerekkel is, az 1980-as évektől már NASA-adatok alapján vizsgálták a Vénusz plazmakörnyezetét, és hídszerepet töltöttek be a keleti és nyugati kutatók között (Szegő 2006). A COSPAR konferenciáját 1980-ban Magyarországon rendezték meg.

A magyar űrkutatás egyik nagy sikere volt a Halley-üstökös vizsgálata a VEGA-program keretében. Kutatóink Szegő Károly vezetésével kritikus fontosságú műszereket fejlesztettek az űrszondákra. Ezek között volt az a kamera, ami a világon elsőként készített fényképeket egy aktív üstökösmagról, és az űrszonda navigálásában is fontos szerepet kapott. A PLAZMAG nevű spektrométer felfedezte az üstökös eredetű plazma és a napszél határfelületét, a TÜNDE részecskedetektor pedig a részecskegyorsítási folyamatok megértését segítette.

A nemzetközi helyzet változásának megfelelően az együttműködések fókusza az Interkozmosz-programról fokozatosan a NASA és az ESA űrmissziói felé fordult. Ezek közül megemlítendők a Voyager űrszondák késői, a helioszféra határvidékén végzett mérései és a helioszféra poláris régióiban *in situ* méréseket végzett Ulysses űrszonda. Mérési adataik alapján magyar kutatók jelentős eredményeket értek el a kozmikus sugárzás terjedési modelljének pontosításában.

A Cassini-Huygens-program sok felfedezést tett a Szaturnusz gyűrűrendszerére és holdjaira, illetve a Titan hold légkörére és felszínére vonatkozóan. A Cluster-program elsőként vizsgálta a Föld környezetét négy egyforma, kötélekben repülő űrszonda segítségével. Ez lehetővé tette, hogy az egymás utáni mérések alapján elkülönítsék a térbeli és időbeli változások járulékait. A Venus Express űrszonda a Vénusz bolygóval kapcsolatos tudásunkban hozott értékes új ismereteket, a STEREO két űrszondájának különleges pályája lehetővé tette, hogy a Földet egyre távolabbra megelőzve, illetve követve eltérő szögekből egyszerre vizsgálják a Napot és a belső Naprendszer. A Rosetta szonda elsőként állt pályára egy üstökös körül, és követte végig aktivitását annak kezdetétől a végéig. A program keretében megtörtént az első leszállás is egy üstökösmag felszínére.

A most működő űrszondák közül a napkorona és a napszél megértése szempontjából nagy jelentőségű a Parker Solar Probe és a Solar Orbiter. Előbbi minden eddiginél közelebb kerül a Naphoz, és eléri a napkoronát is. Utóbbi a belső Naprendszer poláris régióit fogja vizsgálni. A BepiColombo űrmisszió a Merkúr és környezete felderítésére készül, de a belső Naprendszeren át vezető útja során mérni fogja a napszél tulajdonságait is. A JUICE űrszonda a Jupiter jeges holdjait fogja közelről vizsgálni. Hamarosan megvalósul a Comet Interceptor-program, amely egy olyan üstököst fog

vizsgálni, ami korábban soha nem járt még a belső Naprendszerben, így magja érintetlenül őrzi a Naprendszer ősananyagát.

A jelenkor űrfizikájának egyik kiemelt fókusza a kozmoszból fenyegető kockázatok megismerése, a potenciálisan veszélyes jelenségek megértése, előrejelzési módszerek keresése, kidolgozása. Az űridőjárás a Nap–Föld-kapcsolatok, a Naptól kiinduló, a bolygóközi teret kitöltő és a földi magnetoszférával kölcsönhatásba lépő elektromosan töltött anyagáram, a napszél kutatása, beleértve a földi hatásokat is. Mivel extrém űridőjárási események katasztrofális következményekkel járhatnak a technológiai infrastruktúrára nézve (a Föld jelentős részére kiterjedő globális áramszünetek, az elektronikus kommunikáció és navigáció szünetelése és ezek következményei), a korábban elsősorban kíváncsiság vezérelte űrfizikai kutatások társadalmi jelentősége is egyre nő.

A csillagászat és az űrfizika a modern természettudományokban

A modern fizika első területe, a mechanika alapjainak lefektetése jelentős részben csillagászati megfigyeléseken, a bolygók mozgásának magyarázatán alapult. A csillagászat szoros kapcsolata a többi természettudománnyal az asztrofizika kialakulásával folytatódott az 1870-es években, amikor sikerült színképet készíteni csillagokról. Előbb a kémiai ismeretek épültek be, amikor az égítetek anyagi összetételét laboratóriumi spektrumok felhasználásával határozták meg, majd évtizedekkel később a kvantumfizika segített az atomi és molekulaszínképek fizikai értelmezésében. Ez az együttműködés ma szorosabb, mint valaha, köszönhetően például a chilei ALMA rádiótávcső-rendszer (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array) milliméteres spektroszkópiájának, illetve a James Webb űrtávcső (James Webb Space Telescope, JWST) infravörös színképeinek és a kapcsolódó laboratóriumi méréseknek, amelyek által az asztrokémia mára érett tudományággá vált. Annak felismerése, hogy a hidrogénnél nehezebb elemek csillagokban vagy szupernóva-robbanásokban keletkeznek, elvezetett a nukleáris asztrofizika kialakulásához és a nagyenergiás jelenségek, a kozmikus sugárzás tanulmányozásához. A világegyetem tágulásának első időszakában olyan – vagy még extrémebb – viszonyok lehettek, mint a legnagyobb energiájú részecskegyorsítókban, így a kozmológiai kutatásokban csillagászok és részecskefizikusok dolgoznak együtt. A csillagászat tehát továbbra is a fizikai alapkutatások egyik hajtóereje.

A bolygóközi tér, a bolygók és a Naprendszer kis égitestjeinek vizsgálatában a csillagászat szövetségre lépett az űrkutatással és a földtudományokkal. Az űrszondák kamerái, részecske- és mágnesestér-detektorai az űrfizikai kutatásokhoz szolgáltatnak adatokat vagy éppen feltérképezik a bolygók felszínét. A bolygóközi térben in situ begyűjtött vagy üstökösökről és kisbolygókról visszahozott anyagminták a Földre hullott meteoritokkal együtt ásványtani laboratóriumokba kerülnek a szerkezetüket és kémiai összetételüket feltáró részletes vizsgálatokra.

A más csillagok körül keringő exobolygók tömeges felfedezésével – az első exobolygót 1995-ben találták egy Naphoz hasonló csillag körül – gyorsuló ütemben

folyik a csillagászat, az űrkutatás és sok más tudományág további összekapcsolódása. A felfedezett exobolygók légkörének, szerkezetének modellezése (olvadt-e a magjuk, van-e mágneses terük, működik-e lemeztektonika, van-e vulkánosság) nagymértékben támaszkodik a geofizikai tudásunkra a Föld és más bolygók belső szerkezetéről. E kutatások elvezettek az asztrobiológiához, az élethez szükséges molekulák és fizikai körülmények vizsgálatához is. Ezen kutatások azt vizsgálják, hogy vannak-e a Földhöz hasonló, életre alkalmas bolygók, és hol és hogyan jöhetett létre az élet, ha már a csillagközi térben is lehetnek egyszerű aminosavak.

A csillagászati és űrfizikai kutatások eredményei részei lettek a mindennapjainknak is. Bővülnek a kapcsolatok az anyagtudománnyal, hiszen az űrállomásokon speciális új anyagokat és eljárásokat próbálnak ki mikrogravitációs környezetben. A napfizika és a bolygóközi tér fizikája pedig összekapcsolódott a meteorológiával és a klímakutatással. Lényeges időben figyelmeztetni a földi ellátórendszereket és a műholdakat a nagyenergiás napkitörésekre, de annak megértése is fontos, hogyan lehet megtartani a Földet a jelenlegi egyensúlyi állapotában.

A csillagászati tematika szélesedése Magyarországon is megfigyelhető (Szabados 2004, 2009; Kiss 2020). Nálunk az 1990-es évekig a csillagászat egy jól behatárolt területen, az időben változó jelenségek optikai vizsgálatával ért el sikereket, valamint a debreceni napfizikai műhely is jól ismert volt nemzetközileg. Időközben az ELTE Atomfizikai Tanszékén is indultak asztrofizikai témájú kutatások, majd később a Kémiai Intézetben alakult kozmokémiai laboratórium. Az MTA intézethálózatán belül a Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont (CSFK) létrejött (2012) megteremtette a lehetőséget a „cosmic origins” irány felé való nyitásra, hiszen a központon belül folynak csillagászati, geokémiai, geofizikai és térképészeti kutatások.

Modern csillagászati és űrfizikai kutatások Magyarországon

Az elmúlt két évtizedben a magyarországi csillagászat visszatért a hazai fizika fősodrába, amit több évtizednyi szünet után három, a csillagászati kutatásokban aktív akadémikus megválasztása is jelez. A nemzetközileg elismert színvonalat mutatja több elnyert európai ERC-pályázat, amelyek által jelentős arányban dolgoznak nálunk külföldi kollégák is. ESA-tagországgént aktív részt vállaltunk az ISO és Herschel infravörös küldetéseiben, dolgoztunk/dolgozunk a Kepler, TESS, Cheops exobolygó- és asztroszeizmológiai projektjeiben, használjuk a JWST-t, készülünk a PLATO (PLANetary Transits and Oscillations of stars) és ARIEL (Atmospheric Remote-sensing Infrared Exoplanet Large-survey) űrmisszióra, és rengeteget profitáltunk a korszakas Gaia űrprogramban való részvételből. A hazai űrkutatók is számos ESA- és NASA-program részesei.

Magyar csillagászok és űrkutatók sikeresen vesznek részt nagy nemzetközi együttműködésekben: hozzájárultak a Sloan Digital Sky Survey megszületéséhez, az ELTE, SZTE és a Wigner FK kutatócsoportjai dolgoztak a LIGO (Laser Interferometer Gravitational-wave Observatory) gravitációshullám projektben, és még több hazai

intézmény kutatóinak bevonásával léptek be az újgenerációs európai gravitációshullám-detektor, az Einstein-teleszkóp konzorciumába is. Részt vettünk az ESO MATISSE (Multi-Aperture mid-Infrared SpectroScopic Experiment) infravörös interferométerre megépítésében is. Magyar kutatók kapcsolódnak a következő évtized egyik legfontosabb földfelszíni csillagászati programjához, a Vera C. Rubin Observatórium LSST (Legacy Survey of Space and Time) égboltfelméréséhez. A CSFK Csillagászati Intézet kutatói az ESA sötét anyagot és sötét energiát kutató infravörös távcsöve, a Euclid konzorciumában is részt vesznek. A csillagászati műszerépítés különleges sikere a GRBA α nanoműhold és a rajta elhelyezett gamma-detektor, előbbi a CSFK Csillagászati Intézetében fejlesztették ki.

A magyar csillagászat számára a legnagyobb előrelépés az Európai Déli Observatóriumban (European Southern Observatory, ESO) való tagság lehetne, ez jövőképünk egyik központi eleme (Az MTA Csillagászati és Űrfizikai Tudományos Bizottsága 2016). A Chilében európai összefogással felépített és üzemeltetett obszervatórium még az évtized vége előtt üzembe helyezi a világ legnagyobb teleszkópját, ami 39 méteres tükörátmérőjével új távlatokat nyit a csillagászat szinte minden területén. A csillagászat és űrfizika fontos tudományterület marad a következő évtizedekben is, és olyan húzóágazat lehet a magyar fizikán belül, mint kezdetben volt az Akadémián.

A csillagászat és űrfizika kapcsolata a társadalommal

Bár a csillagászat és az űrfizika a mindennapi élettől fényévekre álló tudományos diszciplínának tűnhet, ez súlyos tévedés. A legkorábbi galaxisok vagy a Földhöz hasonló exobolygók egyre részletesebb megfigyelése folyamatos igényt támaszt a jelenlegi technológián túllépő műszerek és módszerek kifejlesztésére, amely műszaki megoldások aztán megjelennek a hétköznapi életünkben is. Talán kevésbé ismert, de a ma oly népszerű Big Data adatvizsgálati módszereket is csillagászati projektek kapcsán dolgozták ki, hiszen az új generációs óriástávcsövek gigantikus adatmennyiségét új módszerekkel kellett kezelni. A mesterséges intelligencia egyre növekvő szerepet játszik az adatok kezelésében (Szabó–Szklenár 2025; Vida 2025). Az űridőjárás, a napaktivitás figyelése és előrejelzése ma már napi szükséglet (Forgács–Dajka–Kovács–Góra–Gálik 2025). A csillagászat gazdasági és társadalmi hasznáról a *Magyar Tudomány* közölt alapos elemzést (Kereszturi–Könyves–Tóth–Kiss 2024).

A csillagászat az egyik leginkább közérdeklődésre számot tartó tudományág is. Óriási az érdeklődés minden csillagászati és űrkutatási hír iránt, és rendkívül népszerű az amatőrcsillagászati mozgalom is. Ezt az érdeklődést érdemes lenne a fizika és más természettudományok megszerettetésére használni, hiszen láttuk, hogy a modern csillagászat által vizsgált kérdések nagyon gyorsan elvezetnek fizikai, kémiai, földtudományi, biológiai témakörökhöz.

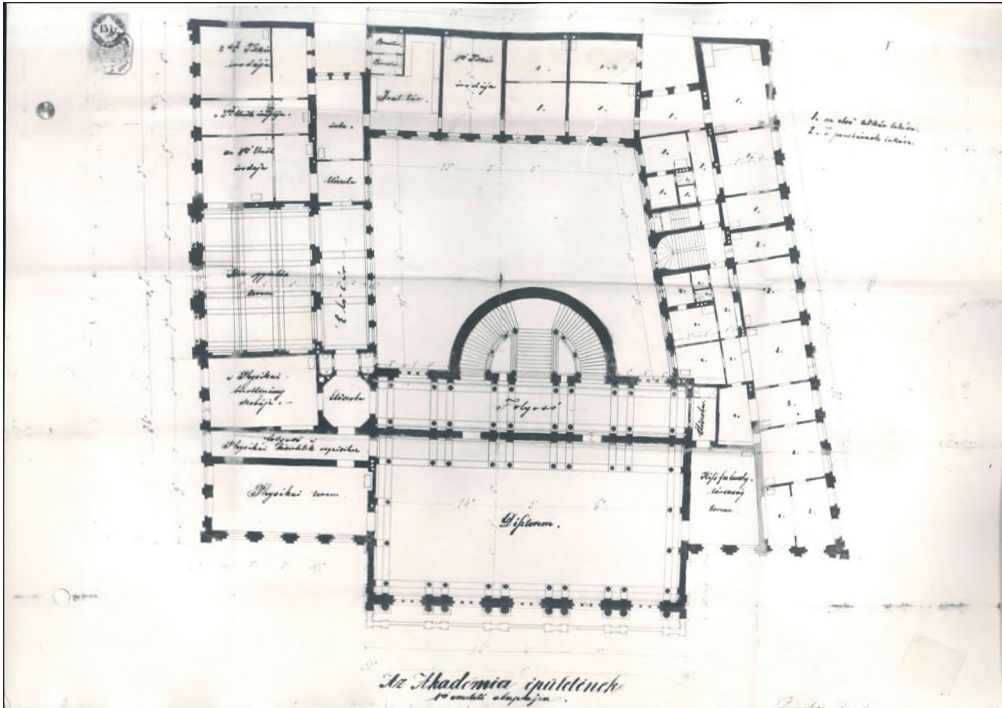
Irodalomjegyzék

- Apáczai Csere János (1653–1655). *Magyar Encyclopaedia, az az minden igaz és hasznos böltségeknek szép rendbe foglalása és magyar nyelven világra bocsátása Apáczai Tsere János által*. Ultrajecti. <https://mek.oszk.hu/07300/07334/07334.htm#1>.
- Forgács-Dajka Emese – Kovács Tamás – Góra-Gálik Barbara (2025). „A tároló jellegű neurális hálózat alkalmazhatósága a napaktivitás előrejelzésében”. *Magyar Tudomány* 186/9, 1842–1854. <https://doi.org/10.1556/2065.186.2025.9.19>.
- Information Bulletin on Variable Stars*. Konkoly Observatory (letöltés: 2025. okt. 17.). <https://ibvs.konkoly.hu/IBVS.html>.
- Kereszturi Ákos – Könyves-Tóth Réka – Kiss L. László (2024). „A csillagászat gazdasági és társadalmi haszna”. *Magyar Tudomány* 185/10, 1328–1336. <https://doi.org/10.1556/2065.185.2024.10.10>.
- Kiss L. László, szerk. (2020). „Már az Univerzum sem a régi”. Tematikus összeállítás. *Magyar Tudomány* 181/7, 867–933. <https://doi.org/10.1556/2065.181.2020.7.1>.
- Az MTA Csillagászati és Űrfizikai Tudományos Bizottsága (2016). „A magyar csillagászat jövőképe a 2010-es évek második felére”. *Magyar Tudomány* 177/12, 1507–1515. https://epa.oszk.hu/00600/00691/00159/pdf/EPA00691_mtud_2016_12_1507-1515.pdf.
- Szabados László, szerk. (2004). „Az Univerzum, amelyben élünk”. Tematikus összeállítás. *Magyar Tudomány* 110/6, 678–751. <https://epa.oszk.hu/00600/00691/00006/pdf/>.
- Szabados László, szerk. (2009). „A Csillagászat Nemzetközi Éve”. Tematikus összeállítás. *Magyar Tudomány* 170/10, 1154–1220. <https://epa.oszk.hu/00600/00691/00070/pdf/>.
- Szabó Róbert – Szklenár Tamás (2025). „Változócsillagok klasszifikációja képalapú gépi tanulási eljárásokkal”. *Magyar Tudomány* 186/7, 1449–1456. <https://doi.org/10.1556/2065.186.2025.7.18>.
- Szegő Károly (2006). „Űrkutatás – űrtevékenység – űrfizika”. *Magyar Tudomány* 167/5, 589–592. https://epa.oszk.hu/00600/00691/00029/pdf/EPA00691_magyar_tudomany_2006-05_589-592.pdf.
- Vida Krisztián (2025). „Flerek és koronaanyag-kidobódások keresése gépi tanulással”. *Magyar Tudomány* 186/4, 794–801. <https://doi.org/10.1556/2065.186.2025.4.20>.

A Fizikai Tudományok Osztálya cikkgyűjteményéhez kapcsolódóan készült egy „Mérőföldkövek a hazai fizikában és csillagászatban” című összeállítás is, amely a *Fizikai Szemle* 2025. decemberi számában jelenik meg.

A Physikai terem táblájának avatása
Sólyom Jenő avató beszéde 2025. október 29-én¹

Unveiling of the Physics Room Plaque
Jenő Sólyom's Unveiling Speech on 29 October 2025



1. ábra. Az Akadémia épületének 1. emeleti alaprajza
Forrás: Akadémiai Levéltár 502 KESZ 100/2.

Kedves Kollégák!
Tisztelt résztvevők!

Az alapítása 200 éves évfordulóját néhány nap múlva ünneplő Akadémia tényleges működésének megkezdése után harminc évvel került abba a helyzetbe, hogy saját székház építésére gondolhatott (1. ábra). Az 1848–49-es szabadságharc leverését

¹ A Magyar Tudományban megjelent szöveg a beszéd szerkesztett változata.

követő évtizedben korlátozottan tevékenykedő Tudós Társaság tíz év szünet után, 1858-ban tarthatott újra nagygyűlést és tagválasztást. Az akkori elnök, Dessewffy Emil ezután indított gyűjtést a székház építésének költségeire. Annak eredményét látva, hogy – Arany János szavaival – „az egyszerű polgárlak sőt a kunyhó is elhozta a maga filléreit”, Építési Bizottságot hoztak létre a palota koncepciójának kidolgozására, majd felkértek néhány építésszt pályázati terv benyújtására.

Ha megkérdeznék a jelenlévőket, hogy milyen funkciókat jelölhetett meg az egykori Építési Bizottság, legelőször talán a díszterem, azután a heti ülések terme, könyvtár, olvasóterem, régiséggyűjtemény, képtár és hivatali helyiségek, esetleg a főtitkár, titoknok lakása jutna az eszükbe. Nyilvánvalóan ennél többet kértek a tervek készítőitől.

Az 1860-ban alakult Matematikai és Természettudományi Bizottság nemcsak azt fogalmazta meg, hogy „a tudomány előbbre vitele, még pedig annak magas sphaeráiban, ez, a mi egy ily tudományos főintézetnek, minő egy nemzet akadémiája, méltó feladatát képezi”, hanem ennek kereteit is elképzelte. Szabó József geológus, a magyar geológiai iskola megteremtője, a bizottság jegyzője, az 1861-ben megindult *Mathematikai és Természettudományi Közlemények* szerkesztője, a kiadvány első kötetének bevezetőjében a következőt írta: „látom immár és pedig nem messze jövőben, mikor az állam részéről évenkénti segélyezéssel dotált Akadémiában observatorium, nagyszerű fizikai terem és vegyész laboratorium lesz minden szükségesekkel felszerelve, s a nemzet tekintélyesebb tudósai, biztosítva anyagi gondok ellen, az ifjabb erők segédkezése mellett, tisztán tudományuknak élve töltik napjaikat”.

Bár nem ilyen ideális körülményeket biztosítva, de a székház tervezésekor gondoltak arra, hogy az üléstermek, könyvtár, képtár és hivatali helyiségek mellett fizikai, vegytani, valamint föld- és őslénytani termeket is kialakítsanak. Friedrich August Stüler elfogadott terve három helyiséget szánt a fizikának a palota első emeletének dunai oldalán: egy viszonylag nagy alapterületű helyiséget „fizikai terem”-nek, egy szobát a „fizikai bizottmány”-nak, a köztük fekvő folyosót pedig „fizikai kísérletek végzéséhez”. Az épület használatba vételekor a Bizottság nem kapott külön szobát, de rendelkezésére állt a másik két helyiség.

A termék berendezése és az ott folyó munkák felügyelete a Matematikai és Természettudományi Bizottság feladata volt. Az 1866. évre 3000 forintot kértek az igazgatótanácstól a kutatómunka elindítására, hiszen „kellőleg kiképzett egyéniségen kívül, mi után a helyiségek megvannak, csak pénz kell, hogy fogamatba vétethessék”.

Azokban az elvekben is megállapodtak, hogy ki milyen módon kaphat lehetőséget ottani munka végzésére: „A munkálatok a tudomány magasabb körére vonatkoznak, s így céljuk a tudományt minden részében előbbre vinni. [...] A munkálkodásra jelentkezhetnek bármely physicus vagy vegyész, akár legyen már megválasztott tagja az Akadémiának, akár nem. Jelentkezése alkalmával beadandó a kiviendő munkálat terve, melyet a bizottság megbírál, s ha helyesnek találja, elfogad. [...] A kísérletező jelentést ad eredményéről a bizottságnak évnegyedenként, akár positiv, akár negativ természetűek azok, s ezen jelentések alapján határozza el a bizottság, hogy kíváná-

tosnak tartja-e a folytatást a jövőben vagy nem? A nyert eredmények az akadémiai nyomtatványokban közzé teendők.”

Az igazgatóság 1866-ban forráshiány miatt nem tudta a kérést teljesíteni. Az 1867. évi költségvetésébe viszont már belefért ez az összeg, ami lehetővé tette, hogy a Fizikai teremben megindulhasson a munka. Nem tudom, hogy volt-e több jelentkező, csak annyit, hogy 1867 márciusában Akin Károly rendelkezésére bocsátották a termeket és az anyagi támogatást.

Az osztály jelen lévő tagjainak többsége valószínűleg sohasem hallotta Akin Károly nevét, és joggal, pedig őt, aki fizikai kísérletek végzésére vállalkozott, 1868 tavaszán a matematikai osztály levelező tagjává is megválasztották, azzal indokolva azt, hogy „az elméleti physika tekintetében a szigorú szakképzettség követelményének teljesen megfelel, azt senki sem fogja kétségbe vonni, ki munkálatait ismeri”. Nemcsak ismeretlensége miatt kell néhány szóban szólni róla, hanem azért is, mert itteni tevékenysége sajnálatos módon igen szomorú következményekkel járt a „fizikai terem” sorsára nézve. Miatta lett a fizikai terem egy rövid epizód az Akadémia történetében. Akin Károlyt úgy mutatták be az Akadémiának, mint „a magasabb képzettségű természettudósok egyikét [...], ki a most Európában élő legtöbb tudomány-coryphaeus gondolkodása és munkálkodása módjával az által ismerkedett meg, hogy előadásait hallgatta, alattok s velők dolgozott, és tetőzésül Angliában telepedett le, hol vagy három évig önállólag működve, magasabb hivatottságának az európai tudományosságnak araeopagja által fényesen elismert tanuságát adta”.

A következő évek beszámolóiból tudjuk, hogy „[a] fizikai termekben megindított munkásságra 1867-ben 3,000, 1868-ban 2,000, tehát összesen 5,000 ft. volt adva; ebből fizettetett ki a bútorzat, ebből vétettek a könyvek, és sok becses új tudományos szer, s ezek között az általa kigondolt, s a calcescentia tűneményének bebizonyítására szolgáló is”. (Összehasonlításképpen, ezekben az években az egész Akadémia költségvetésében a bevételi és kiadási oldal nem érte el a 80 000 forintot.)

Hamarosan, a második, 1868-as év végére azonban a Matematikai és Természettudományi Osztály tagjai számára is világossá vált, hogy a messzi földön szerzett hírére hivatkozó ember nem nagy tudós, hanem – talán nem túlzás ezt állítani – egy kókler. Az „Akadémia fizikai termében megindított dolgozatokról” bejelentett felolvasása olyan botrányba fulladt, hogy a Jókai Mór által szerkesztett *A Hon* című napilapban az ülésről megjelent beszámoló Akinről ezt írta: „[k]omoly tudós helyett botrányhajhászt láttunk benne”.

A következő év tavaszán a szakítás is megtörtént. A Matematikai és Természettudományi Bizottság úgy döntött, hogy mivel „Akin úr a folyó év elejétől kezdve Pestről saját érdekében eltávozott, s a működést a fizikai termekben megszüntette, azt a bizottság ezennel a folyó 1869 évre megszüntettnek határozza”. Sajnálatos módon Akin Károly távozása nemcsak az ő személyes kudarca volt, és azoknak a kudarca, akik őt erre a munkára alkalmasnak vélték, hanem gyakorlatilag annak a tervnek is a végét jelentette, hogy az Akadémia palotájában a fizika aktív művelésének is van

helye. 1869 tavaszán ugyan úgy határoztak, hogy „a physikai működések folytatására, az intézkedés egyelőre függőben marad”.

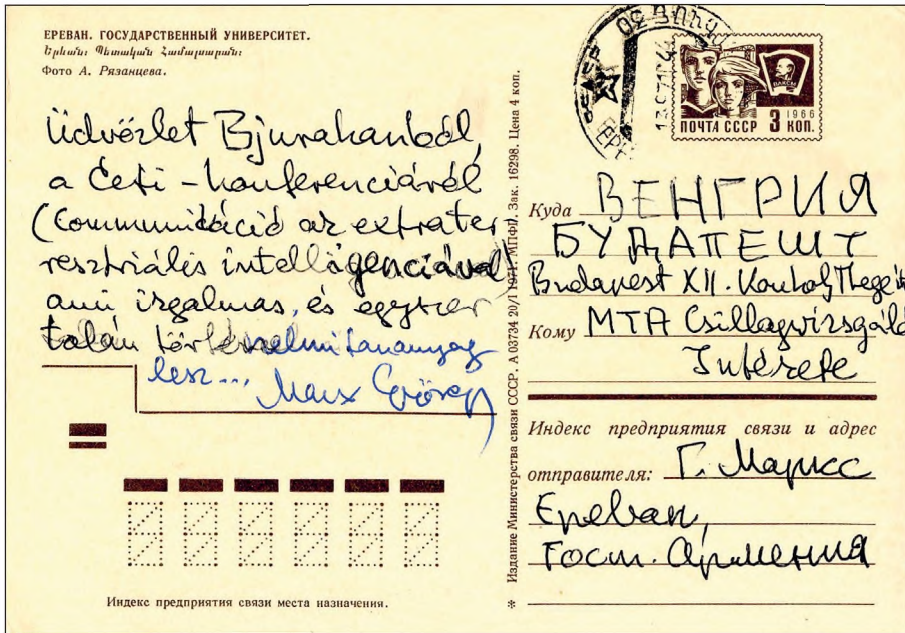
Valójában „a munkálkodás azon neme, melyet a physika és vegytan terén a bizottság egy az akadémia méltóságához mért módon inaugurálni ohajtott volna, végkép abba hagyatott”. A Fizikai terem gyűjteménye, a szertár gondosan őrzött eszközei néhány évig még a teremben maradtak, de egyre kínosabbá vált, hogy használatlanul heverték ott. 1876 tavaszán készült el a bizottsági javaslat azok sorsáról. A jelentés szerint „a physikai szertár további fenntartását tudományos fejlődésünkre nézve nem tartjuk kívánatosnak. A szertár bár gazdag egyes eszközeinek nagy értéke által, egymagában nem szolgáltat kellő anyagot nagyobb mérvű tudományos búvárlatokra. A helyiség, melyben elhelyezve van, szép és tágas, de kísérletek tételére kényelmetlen, így különösen rázkódásoknak alávett. Meggyőződésünk, hogy a m. t. akadémia szertárában elhelyezett eszközök ott soha kellőleg nem fognak használtatni, s a tudományra nézve értékesítve csak akkor lesznek, ha más tudományos intézetek szertárainak kiegészítésére fordíttatnak.”

Az eszközöket, azok értékének felbecslése után, az igazgatóság engedélyével 1877 nyarán térítésmentesen odaadományozták azoknak az intézeteknek, „a hol legérezhetőbb hiányokat pótolhatnak”. Ezek közé tartozott az egyetem Fizikai és Ásványtani Intézete, a József Műegyetem, a Meteorológiai Intézet és a tanárképző Paedagogium. A Physikai szertár kézikönyvtárát beolvastották az Akadémia könyvtárába.

A Physikai termet, a díszterem melletti saroktermet elnöki fogadóteremmé alakították át. Ma ez az elnöki tanácsterem. Ez a helyiség pedig, ahol a táblát elhelyezték, volt a folyosó a physikai kísérletek végzéséhez.

Bár kudarcba fulladt a próbálkozás, hogy az Akadémia palotája fizikai kísérleti kutatások színtere is legyen – Eötvös Lorándnak az Akadémia pincéjében végzett mérései egészen más jellegűek voltak –, legalább ez a tábla emlékeztessen arra, hogy elődeink milyen szándékokkal, álmokkal, sajnos beteljesületlen álmokkal vették birtokukba 160 éve a palotának ezt a részét.

Szabados László képeslapgyűjteményéből



A képeslap feladója Marx György (1927–2002) fizikus, asztrofizikus, az MTA tagja (levelező 1970, rendes 1982). Az üdvözlőlapot az 1971-ben az örményországi Bjurakani Asztrofizikai Obszervatóriumban tartott első amerikai–szovjet CETI (Communication with Extraterrestrial Intelligence) konferencián való részvétele alkalmával küldte. Marx György kiváló és elkötelezett tudomány-népszerűsítő is volt, sokat és sokfelé írt. Nem meglepő, hogy éppen e képeslap megírásakor fogott ki a tinta a golyóstollából. De seba, akadt másik íróeszköz. Forrás: Szabados László képeslapgyűjteményéből, <https://real-i.mtak.hu/16448/>



A svábhegyi Csillagvizsgáló Intézet 1951 és 2019 között az MTA egyik kutatóintézete volt. A közel 100 éve készített kép az intézet főépületét mutatja kelet felől. Balra két kupolaépület is látszik, amelyekben levő távcsövekkel végezték a tudományos észleléseket. A felvétel alatt a német nyelvű szöveg sajnos hibás: Sternwarte helyett Sternwarte a helyes kifejezés. (Foto: Divald) Forrás: Szabados László képeslapgyűjteményéből, <https://real-i.mtak.hu/16336/>

TUDOMÁNYHÓNAP

Bemutatkozik az Akadémia X. osztálya – az MTA 200 decemberi programjai

Section X of the Academy Presents – December Programmes of MTA 200

Haas János¹ – Burján Balázs²

¹ az MTA rendes tagja, a X. Földtudományok Osztálya elnöke,
nyugalmazott kutatóprofesszor, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest
haas@staff.elte.hu

² PhD, a X. Földtudományok Osztálya titkára, Magyar Tudományos Akadémia Titkársága, Budapest
fold@titkarsag.mta.hu

A 2025-ben fennállásának bicentenáriumát ünneplő Magyar Tudományos Akadémia minden tudományos osztályának külön hónapot biztosít arra, hogy saját tudományterületének értékeit, hagyományait és legfrissebb kutatási eredményeit a széles nyilvánosság számára is bemutathassa. Decemberben a X. Földtudományok Osztálya kerül sorra, amely a természetet és az emberi környezetet kutató, egymással szorosan összefüggő tudományágak különösen gazdag hálózatát fogja össze. Az Osztályhoz jelenleg kilenc tudományos bizottság és közel harminc albizottság tartozik, ez a szerkezeti sokféleség is jól mutatja, hogy a földtudomány mekkora szellemi és tematikus teret fed le a geológiától a geofizikán, a meteorológián és a térképészetten keresztül egészen a társadalomföldrajzig. A földtudomány nemcsak természettudományos alapon szerveződik, hanem interdiszciplináris kapcsolatai révén a társadalommal és a gazdasággal is folyamatos párbeszédben áll, a fenntarthatóság, az erőforrás-gazdálkodás, a környezeti veszélyek megelőzése vagy a településtervezés mind olyan területek, ahol a földtudományos tudás közvetlenül formálja a jövőt. A földtudomány egyik fontos sajátossága, hogy a múltba és a jövőbe egyaránt tekint, a földtani múlt rétegeiben az éghajlatváltozások nyomait olvassa, miközben korszerű mérésekkel és modellekkel a jövőbeli folyamatokat is előre jelzi. E kettős perspektíva a decemberi programokban is megjelenik, ahol az alapkutatások és a gyakorlati alkalmazások szerves egységben szerepelnek. A földtudományi hónap célja, hogy a szakmai közönség mellett a laikus érdeklődőket, iskolásokat, egyetemistákat, sőt, a döntéshozókat is megszólítsa. A rendezvények között szerepelnek a tudomány iránt érdeklődő, művelt nagyközönség érdeklődésére is számot tartó nyilvános előadások, tematikus kiállítások, valamint elsősorban a szakembereknek szóló tudományos ülésnapok is. A programok lehetőséget kínálnak a szakmai párbeszédre és a közös gondolkodásra is arról, milyen válaszokat tud adni a földtudomány a 21. század kihívásaira.

Az alábbi ismertetés a földtudományi hónap eseményeit mutatja be. A tudományos előadói ülések és a kiállítási bemutatók nem időrendben következnek, a részletes programismertetés itt nem cél, sokkal inkább a programok sokszínűségének, szakmai súlyának és ismeretterjesztő értékének kiemelése volt a feladat. A bemutatáshoz forrásként a programok fő szervezői – Berentés Ágnes, Fajtli József, Ferenczi Zita, Galáczy András, Lakatos Mónika, Mádlné Szőnyi Judit és Újvári Gábor – által készített összefoglalók szolgáltak, ezúton illeti őket köszönet, hogy az ismertetéshez a szükséges információkat rendelkezésre bocsátották!

Földtudományi konferenciák, előadói ülések

A múlt nyomában – klímaváltozások és környezeti hatások a negyedidőszakból

A Föld éghajlata soha nem volt állandó: a változás a természet egyik alapvető sajátossága. Az INQUA Magyar Nemzeti Bizottságának szervezésében megvalósuló tudományos előadói ülés a negyedidőszaki klímaváltozások Kárpát-medencei hatásait tárja fel, különös hangsúlyt helyezve az ember és környezete közötti több 10 000 éves kölcsönhatásokra. A negyedidőszak – vagyis az elmúlt 2,6 millió év – éghajlati és környezeti változásaival foglalkozó rendezvény célja, hogy tudományos alapossággal feltárja, milyen mélységekig hatott a múlt éghajlati ingadozása térségünk tájalakulására, ökoszisztémákra, és nem utolsósorban az emberi történelemre. A földtörténeti korszak glaciális (jégkorszaki) és interglaciális (köztes, melegebb) periódusai, valamint a 100–1000 éves léptékű klímaesemények nem csupán a földfelszínt formálták át, hanem döntően befolyásolták az ember megtelepedését, migrációját és társadalmi fejlődését is.

Az előadások olyan kulcskérdésekre keresik a választ, hogy milyen ütemben és hogyan változott meg a térség klímája; milyen természeti nyomokból lehet ezeket rekonstruálni; hogyan reagált a vegetáció, az állatvilág, illetve maga az ember ezekre a változásokra.

A Kárpát-medence kiváló természetes „archívum” a múlt klímaviszonyainak vizsgálatához. Annak érdekében, hogy a kutatók minél pontosabb képet kapjanak az egykori éghajlatról és annak változásairól, olyan proxy adatsorokat használnak, amelyek a cseppkövek növekedési rétegeiből, a tavak üledékeiből, a löszrétegekből, a fosszilis faégyűrűkből vagy a kagylómaradványokból olvashatók ki.

A változatos földrajzi fókuszokat és időszakokat felölelő program három témakör köré szerveződik: a természetes archívumok alapján történő paleoklímarekonstrukciók témakörében szó lesz a csapadék- és hőmérséklet-változások cseppkövekben, faégyűrűkben, löszfeltárásokban fellelhető nyomairól. Az éghajlati változások és felszínformálódás kapcsolatát tárgyaló blokkban hallhatunk a Nyírség és a Dél-Dunántúl negyedidőszaki felszínformáló folyamatairól, a homokmozgásokról és a hazai vízkészletek alakulásáról, továbbá a klímaváltozás és élő rendszerek/társadalmak kölcsönhatása témán belül előadás hangzik majd el a népességmegmozgásokról és a lucpusztulás klímaváltozás-jelző szerepéről.

A múlt eseményeinek elemzése nem csupán tudományos érdekesség: ezek az ismeretek segíthetnek megérteni a jelenkori éghajlatváltozás gyökereit, lehetséges forgatókönyveit és hatásmechanizmusait is. Az előadók a legmodernebb klímamodellezési eredményeket, a paleoklimatológia új módszereit, valamint a környezeti és régészeti adatok integrálását mutatják be. A program egyedülálló alkalmat kínál arra, hogy a különböző tudományterületek – geológia, klimatológia, archeológia, ökológia – képviselői közösen értelmezzék a múltat, és ezen keresztül jobban megértsék a jövőt. Az előadónap célja a visszatekintéssel a jelenleg zajló környezeti változások jobb megértése a múltban lezajlott folyamatok feltárása révén, azaz egyfajta tudományos előrelátás.

Géczy Barnabás 100 – kétszáz év a jura kutatás szolgálatában

A Géczy Barnabás akadémikus, az MTA rendes tagja születésének 100. évfordulója alkalmából tanítványai és volt munkatársai által szervezett emlékülés nem csupán egy kiemelkedő tudós munkásságát idézi fel, hanem egyúttal a magyarországi jura időszaki kutatások 200 éves történetét is számba veszi. Az előadások révén kirajzolódik az a tudományos örökség, amely életművében összpontosul, és amely a mai napig irányt mutat a földtani és őslénytani kutatások számára.

Géczy Barnabás nemzetközi szinten is magasan értékelt kutatói és iskolateremtő munkássága egybeesett a 20. század második felének legdinamikusabb tudományos fordulataival. Már korai éveiben a jura időszaki ammoniteszek kutatásában ért el nemzetközi visszhangot kiváltó eredményeket, módszertani precizitása – amely kutatói stílusának védjegye volt – hosszú távon is meghatározta a kutatás hazai és nemzetközi irányait.

A jura időszaki ammoniteszek mellett más ősmaradvány-csoportok is fókuszba kerülnek az előadóülésen. A brachiopodák, amelyek szisztematikus gyűjtéseinek eredményeként kerültek elő, hasonlóan alapos feldolgozást nyertek, hozzájárulva a geológiai szempontból kulcsfontosságú élőlénycsoport tanulmányozásához. A brachiopodákon túl a foraminiferák – apró tengeri élőlények, amelyek mikroszkópos vizsgálata nélkülözhetetlen a földtörténeti rétegek datálásában – szintén kiemelt szerepet kaptak nála. Korszakos Bakonycsérnye-tanulmányában úttörő módon mutatta be planktonikus foraminiferák jelenlétét a magyarországi jura rétegekben, ezzel új irányt nyitva a hazai mikropaleontológiai vizsgálatokban.

Nem csupán a mikroszkopikus világ, de a mezozoos gerincesek kutatásában is jelentős örökséget hagyott hátra. Meglátta egy korábban kevésbé értékelt magyarországi pteroszauruszlelet paleontológiai jelentőségét, erről a megfelelő specialistával együtt értékes tanulmányt tett közzé. A jura időszaki események globális földtani jelentőségét is korán felismerte: részt vett a ma „Jenkyns-eseményként” ismert globális oxigénhiányos periódus rétegtani helyzetének meghatározásában, együttműködése Hugh Jenkyns brit geológussal értékes közös kutatási eredményt hozott.

Géczy Barnabás közel 70 évet töltött az Eötvös Loránd Tudományegyetem Őslénytani Tanszékén, előbb aktív oktatóként, később professor emeritusként.

Nevéhez meghatározó tankönyvek, hiánypótló jegyzetek fűződnek, amelyek alapjaiban segítették az utóbbi évtizedek geológusnemzedékeit. Gondos felügyelet mellett is szakmai szabadságot adó témavezetőként megkerülhetetlen szerepet játszott a tanzék életében. Jelen volt, amikor az intézmény 100. és 125. évfordulóját ünnepelte, és meghatározta annak szellemiségét, kutatási irányait.

A megemlékezés során nemzetközi kitekintést is kapunk arról, hogy milyen súlyos volt ammonitesz-kutatásainak Európában, és hogy az általa lefektetett módszertani alapokat ma is alkalmazzák különböző földtani térségekben (például az osztrák Alpok kora jura faunájának vizsgálata során). Mindez bizonyítja, hogy munkássága nem csupán történeti jelentőségű, hanem jelen idejű, és ma is épül rá a tudomány.

A jubileumi előadózás külön figyelmet szentel Géczy Barnabás szemléletformáló földtani nézeteinek. Már az 1960–1970-es évek fordulóján elfogadta és alkalmazta a korszakban forradalminak számító lemeztektonikai elméletet, és az elsők között volt, aki azt magyarországi őslénytani adatokkal alátámasztotta. Ezt a merész újító gondolkodást kezdetben csak kevesen osztották, de később széles körben elfogadottá vált, új alapokra helyezve a hazai földtani értelmezéseket.

Az esemény célja nem csupán a múlt idézése, hanem annak bemutatása is, hogy az általa elindított kutatási irányok hogyan élnek tovább. A jura időszak őslénytani kutatásai ma is aktív területet jelentenek és számos mai magyar kutatás tekinthető a Géczy-féle iskola folytatásának nemcsak módszereiben, hanem szemléletében is. Az emlékülés méltó főhajtás egy kivételes tudós és tanár előtt, ugyanakkor lenyűgöző utazás is a jura időszak, a mezozoikum világába, ahol a múlt üzenetei mai kérdésekre is választ adnak.

A meteorológia válaszai a 21. század környezeti kihívásaira – 51. Meteorológiai Tudományos Napok

Az éghajlatváltozás, az egyre gyakoribb szélsőséges időjárási események, az energiaellátás biztonsága, a városi környezeti problémák és az élmezőny fenntarthatósága mind olyan, egymással szorosan összefüggő kihívások, amelyekre a tudományos közösségnek sürgős és megalapozott válaszokat kell adnia. A meteorológia ma már jóval túlmutat az időjárás előrejelzésén: kulcsszereplővé vált az alkalmazkodási stratégiák kidolgozásában, a fenntartható döntéshozatal támogatásában és a társadalmi reziliencia erősítésében.

A 2025. évi meteorológiai tudományos napok fókuszában éppen ez a szerep áll, azaz hogyan képes a meteorológia tudományos adatokra épülve aktívan hozzájárulni a környezeti krízisek megelőzéséhez és hatásainak csökkentéséhez a mezőgazdaságtól az energetikáig, a közegészségügytől a várostervezésig.

A Meteorológiai Tudományos Bizottság által szervezett előadózás egyik központi témája az éghajlatváltozás és társadalmi alkalmazkodás kérdésköre. A program középpontjában az antropogén klímaváltozás áll, különös tekintettel annak társadalmi és környezeti hatásaira. A HungaroMet új éghajlati portálja segítségével a dön-

téshozók, önkormányzatok és civilek is egyaránt hozzáférhetnek hiteles adatokhoz, klímaszcenáriókhoz és térképes szolgáltatásokhoz. Mindez a lokális alkalmazkodási intézkedések eszköztárát bővíti, a cél a tudományos tudás közérthető formában történő közvetítése.

Szó lesz a Destination Earth kezdeményezés ambiciózus céljáról, amely egy nagy felbontású, digitális földmodell létrehozása, ami az emberi tevékenységek és természeti folyamatok kölcsönhatásait is képes modellezni. Ez új távlatokat nyit a szélsőséges időjárási jelenségek – hőhullámok, özvényszerű esőzések vagy szélviharok – előrejelzésében, a jobb előrejelzések révén segíti a hatékonyabb felkészülést és a kárenyhítést. Egy előadás a 2024. augusztusi aszály és hőhullám hatásait elemzi majd, amelyek a kocsánytalan tölgyesek esetében rekord korai lombhullást idéztek elő. Az ilyen jelenségek előrejelzése nemcsak az ökológia, hanem az erdőgazdálkodás és természetvédelem szempontjából is kulcsfontosságúvá vált.

Az extrém események meteorológiai kezelése (például jégeső-elhárítás) külön blokkot kap a konferencián. Itt szó lesz a jégeső-előrejelzési módszerek fejlesztéséről, a mesterséges csapadékképzés lehetőségeiről, valamint az AROME (Applications of Research to Operations at MEscale) numerikus modell felszíni adatasszimilációjának eredményeiről. A cél a veszélyes időjárási helyzetek pontosabb, gyorsabb előrejelzése. Új kihívást jelentenek az egyre gyakoribbá váló „medikánok”, azaz a trópusi ciklonokra emlékeztető mediterrán viharok. Kialakulásuk, előrejelzésük és lehetséges hatásuk a közép-európai térségre olyan kérdések, amelyekre a meteorológia már most is keres és kínál válaszokat.

A meteorológia az energiaszektor számára is kulcsfontosságú lett. A napenergia hasznosítása elképzelhetetlen megbízható napsugárzás-előrejelzések nélkül. A *nowcasting* (nagyon rövid távú előrejelzés) és a sugárzásváltozások modellezése révén ma már optimalizálható a napelemes rendszerek működése – ezzel pedig az energiatermelés és -fogyasztás összehangolása is javulhat.

Az agrárszektor számára a meteorológiai információk már nemcsak az időjárás-előrejelzést jelentik, hanem a döntéstámogató rendszerek részévé váltak. A 2022-es aszályhelyzet tanulságai, a talajnedvesség és a csapadék közötti összefüggések elemzése, vagy a gépi tanulással támogatott termésbecslés mind azt mutatják, hogy a meteorológia ma már a precíziós mezőgazdaság alappillére. Az előrejelzések, kockázatelemzések és hosszú távú klímaszolgáltatások együttesen hozzájárulnak ahhoz, hogy az agrárium ellenállóbb legyen az időjárási szélsőségekkel szemben.

A városi környezet mikroklimája, a levegőtisztaság, a reszuszpendált aeroszolok kémiai jellemzése és egészségi hatásai is új kutatási területek. A „COOL Life” projekt példája megmutatja, hogy a városi hősziget-hatás enyhítéséhez nemcsak technikai, hanem társadalmi és szakpolitikai beavatkozásra is szükség van – és a meteorológia mindkettőhöz megbízható alapot szolgáltat.

A meteorológiai válaszok megalapozottsága a nagy felbontású, hiteles adatokon és korszerű modellezésen múlik. A KLIMADAT rendszer továbbfejlesztése, az új modellek és scenáriók lehetővé teszik, hogy a jövőbeni hőingások, csapadékeloszlások

és szélsőségek magyarországi alakulását lokális szinten is előre lehessen jelezni – ezzel segítve az alkalmazkodást az infrastruktúra-fejlesztéstől az egészségügyön át a mezőgazdaságig.

A 2025. évi Meteorológiai Tudományos Napok üzenete egyértelmű: a meteorológia nemcsak az időjárásról szól, hanem arról is, hogyan élhetünk biztonságosabban, okosabban és fenntarthatóbban egy folyamatosan változó környezeti világban. A tudományos tudás, ha elérhető és alkalmazott, valódi társadalmi értékévé válik, és ebben a meteorológia ma is, holnap is vezető szerepet játszik.

Városi bányászat – A jövő egyik legfontosabb nyersanyagforrása?

A Bányászati Tudományos Bizottság javaslatára szervezett rendezvény célja, hogy ráirányítsa a figyelmet a városi bányászatban rejlő lehetőségekre, és áttekintse a hazai kutatások és ipari fejlesztések eredményeit a témában.

Ez a civilizáció nem létezhet az anyagok nélkül. Az emberiséggel, egyidős bányászat az, amely az élethez szükséges nyersanyagokat szolgáltatja. Azt mindannyian a bőrünkön érezzük, hogy a természeti erőforrások használatának meg kell fizetni az árát, változik az éghajlat, a talaj és így az élelmiszerek és a víz minősége stb. Az is nyilvánvaló, hogy amennyiben kevesebb természeti erőforrás felhasználásával tudjuk a civilizációt fenntartani, az említett negatív hatások mérsékelhetők. Ebből a gondolatból született meg a körforgásos gazdaság koncepciója.

A körforgásos gazdaság két fő részből áll. Az első rész arra fókuszál, hogy a termelés/fogyasztás ciklust optimalizáljuk, azaz például az energiafelhasználás legyen hatékonyabb, a lakosság attitűdje legyen környezettudatosabb, javítsuk meg és használjuk tovább a termékeket, stb. A másik fő rész pedig, amelyből az elnevezés is származik, az anyagok körforgása. Minden olyan anyag, amelyet már kitermeltünk a földkéregből és itt van velünk, például utak, épületek, autók és hulladékok stb. formájában, azokat antropogén anyagoknak nevezzük. Megkülönböztetjük egymástól a természeti és az antropogén nyersanyagokat. A városi bányászat pedig az, amely az antropogén nyersanyagokat felkutatja, kitermeli és feldolgozza, azaz a hulladékokból és maradványanyagokból újra a gyártásban felhasználható alapanyagokat gyárt. Szerencsés egybeesés ez a nemzetközi elnevezés, hogy „városi bányászat”, mert így ez a bányászat megújulásának, kitörésének egy lehetséges új területe.

Ebből következik, hogy ez a „körforgásos gazdaság” legfontosabb eleme, mert itt valósul meg az elhasznált anyagok vagy az energiatartalmuk visszavezetése a gazdaságba. Az emberiségnek tehát kulcsszerepe van abban, hogy a már meglévő anyagokat újrahasznosítsa, ugyanakkor az EUROSTAT adatbázis alapján az ún. „körforgásos anyaghasználati arány” 2023-ban az EU-ban mindössze 11,8% volt!

A városi bányászattal foglalkozó előadózás és a hozzá kötődő kiállítás fő célja, hogy számba vegyük a jelenlegi hazai helyzetet, vizsgáljuk meg, hogy már most milyen hulladék anyagáramokat tudunk a gazdaságba visszaforgatni, és milyen új, innovatív technológiák fejlesztése zajlik, amelyek elősegítik az anyagok körforgását.

Az előadóülés tudományos blokkjában hazai kutatóintézetek és egyetemek munkatársai mutatják be legfrissebb eredményeiket: az érdeklődő közönség áttekintést kaphat a hazai antropogén nyersanyagkészletek rendszerezéséről és a települési szilárd hulladékok (TSZH) újrahasznosítására irányuló kutatásokról, beleértve az új hulladékaprítók, kombinált szeparátorok és a lerakók hőenergiáját hasznosító technológiák fejlesztését is. A körforgás nem áll meg a háztartási hulladéknál: a vizek települési körforgásával, a mezőgazdasági zöldhulladék biotechnológiai feldolgozásával, valamint a fahulladékból és cellulóztartalmú anyagokból előállított új építőanyagokkal kapcsolatos kutatások is fontos szerepet kapnak. A bányászati, kohászati, építési-bontási hulladékok hasznosításának egyik leginnovatívabb iránya a mechanikai aktiválás és az építőanyag-ipari integráció, melyek már a városi bányászat elveit követik. A korszerű geofizikai eszközök ma már nemcsak primer nyersanyagokat, hanem hulladéklerakókban rejlő antropogén készleteket is kutatnak.

Az előadóülés ipari szekciója többek között betekintést ad abba, hogyan jelenik meg a városi bányászat a gyakorlatban, de hallhatunk arról is, hogy a Magyar Bányászati Szövetség új Városi Bányászat Tagozatot hozna létre, jelezve, hogy a hazai bányászat nyitott az innováció és a körforgásos gazdaság irányába. Érdekesnek ígérkezik a búsakpusztai hulladékfeldolgozó bemutatása, ahol hazai fejlesztésű aprítók és a szabadalmaztatott „multiscreen” szeparátor működik. A hulladékgazdálkodás országos kulcsszereplője, a MOHU Zrt. is képviselteti magát azzal, hogy a hallgatóság megismerheti az italcsomagolások visszaváltási rendszerének első tapasztalatait.

Az előadóülést kísérő kiállítás a Nagyterem előtti folyosón lesz megtekinthető, és szemléletes módon mutatja be az elhangzottak gyakorlati hátterét. A kiállítás célja, hogy az elméleti ismeretekhez konkrét eszközöket, eljárásokat és megoldásokat társon, testközelből láttatva a városi bányászat valóságát. Miért fontos mindez? Mert a jövő bányászatának egyik kulcsfeladata lesz, hogy a városok rejtett nyersanyagkészleteit felkutassa. A bányászat történetében új korszak nyílhat, és ez nemcsak technológiai, de egyben fenntarthatósági kérdés is. Az előadóülés minden érdeklődő szakember, döntéshozó és hallgató számára izgalmas és inspiráló betekintést nyújt ebbe a gyorsan fejlődő, új tudományos és ipari területbe.

Földtudományi kiállítások, bemutatók

*„A városi bányászat, mint a körforgásos gazdaság legfontosabb eleme”
(poszterbemutató és tárgyi kiállítás)*

Az azonos témájú előadóülés kiegészítő rendezvényeként megvalósuló kiállítás a Nagyterem előtti folyosón kap helyet, ahol posztereken, videóképernyőkön, vitrinekben és asztalokon különféle interaktív bemutatók, modellek és tárgyak segítségével tárul fel a városi bányászat gyakorlata és jelentősége. A tárlat központi kérdése: milyen szerepet játszik Magyarországon a városi bányászat az antropogén anyagok visszaforgatásában a gazdaságba. Jelenleg ez az arány csupán mintegy 6%, ám a kiállításban

szereplő fejlesztések és kutatások éppen azt mutatják be, hogyan lehet ezt a mutatót jelentősen javítani a jövőben.

A kiállítás érinti a kritikus nyersanyagok és elektronikai hulladékok kezelésének kérdéskörét, az ipari hulladékból építőipari nyersanyag előállításának témáját, a települési szilárdhulladék-kezelést (TSZH) és az ehhez kapcsolódó innovatív feldolgozási módszereket, bemutat mechanikai hulladékaprítókat és robotizált rendszereket, foglalkozik a mezőgazdasági, zöld- és fahulladék újrafelhasználásával, de helyet kapnak itt szakmai közösségek és tagszervezetek bemutatkozásai is.

A Miskolci Egyetem Nyersanyagelőkészítés és Környezettechnológia Intézete bemutatja, hogyan lehet az EU számára kritikus nyersanyagokat hulladékból – például indium kinyerése LCD-kijelzőkből – visszanyerni és újrahasznosítani. Külön figyelem irányul az akkumulátorok, elektronikai eszközök, járműelektronikai komponensek bontására és elemeinek kinyerésére szolgáló technológiákra. A hazai kutatásban is előtérbe került ugyanis a városi bányászat szerepe az olyan kritikus nyersanyagellátási láncokban, amelyek az elektronikai hulladékok komplex kinyerésére és újrahasznosítására épülnek, ennek fejlesztése teoretikus és gyakorlati szempontból is kiemelt feladat, különösen az akkumulátorok és LED-es autóelektronika esetében. A fehérvárcsurgói használtautó-feldolgozóban tervezett könnyű aprítottautó-frakció (End-of-life vehicle, ELV) feldolgozó üzemének bemutatása is része a tárlatnak, ennek célja a roncsautókból származó anyagok, például fémek, műanyagok és üveg visszaforgatása.

Izgalmasan hangzik az ipari hulladékokból gyártott geopolimer-alapú, egy- és többkomponensű, habosított és szálerősítésű építőipari termékek, vagy a hulladékokból kinyerhető cement és beton adalékanyagok fejlesztéséről szóló ismertetés, de érdekes témának ígérkezik a lejárt szavatosságú konzervek újrahasznosítási technológiája terén elért eredmények bemutatása is.

A települési szilárd hulladékok (TSZH) feldolgozásával kapcsolatban számos eredményről tájékozódhatunk: lesz beszámoló a mintavételezési módszertan fejlesztéséről és EPR-es (extended producers responsibility, kiterjesztett gyártói felelősség) országos hulladékanalízisről, helyet kap kombinált légáramú, mágneses és elektromos szeparátor, téma lesz a hulladéklerakóba fektetett csővezeték segítségével történő hőkinyerés, stb.

A laikusok számára is izgalmas lehetőség a hulladékaprító gépek – kalapácsos shredder és rotoros nyíró aprítók – működésének bemutatása. Része a kiállításnak a 3B Hungária Kft. pirolízis technológiája és gépi érzékelővel felszerelt hulladékválogató robotja is, mely a mesterséges intelligencia és szenzortechnológia segítségével válogatja szét az újrahasznosítható anyagokat.

A MATE Gödöllő és a Profikomp Kft. kutatási-fejlesztési tevékenységét a mezőgazdasági és zöldhulladékból előállított műtrágyák, komposztálási technológiák bemutatása illusztrálja.

A Soproni Egyetem a fahulladék és egyéb cellulóztartalmú anyagok építőanyagként történő újrafelhasználását mutatja be, alternatív, bioalapú megoldások formájában.

Bemutatkozik a Magyar Bányászati Szövetség Városi Bányászat tagozata, amely helyi kezdeményezéseket és kutatásokat koordinál, valamint a MOHU Zrt., amely a települési szilárdhulladék-gazdálkodás innovatív anyagait és megoldásait ismerteti.

A kiállítás nemcsak technológiai-fejlesztési eredményeket mutat be, hanem belehelyezi azokat az Európai Unió és Magyarország körforgásos gazdaság keretrendszerébe. Az EU stratégiája szerint a másodnyersanyagok arányát drasztikusan – akár 50–60%-ig – kívánja növelni.

A kiállításra érdemes ellátogatni, mert a látogatók átfogó ismereteket kaphatnak arról, milyen technológiák és intézményi együttműködések állnak a hulladék nyersanyagkénti felhasználása mögött. A posztterek és a kiállított tárgyak segítik a laikus közönség tájékozódását a különféle anyaghasznosítási folyamatokról, erősítik a fenntarthatósági szemléletmódot. Rámutatnak arra, hogy a városi lét része lehet a bányászat, de nem úgy, ahogy azt hagyományosan gondolnánk, hanem újrahasznosító, innovatív formában. A tárlat a tudományos, ipari és civil szférák együttműködését is megjeleníti. Ez a kiállítás rávilágít arra, hogy a hulladékból való energia- és nyersanyag-kibocsátás csökkentése és az anyagok visszaforgatása nemcsak környezetvédelmi kérdés, hanem gazdasági lehetőség is, Magyarországon is számos kutatóintézet és vállalat dolgozik azon, hogy ez a folyamat minél hatékonyabbá és fenntarthatóbbá váljon.

Láthatatlan és látható vizek terepasztala – NaBa-MAR® modell

A Földtani Tudományos Bizottság kezdeményezésére két ismeretterjesztő tudományos bemutató várja az érdeklődő gyermekeket, felnőtteket, laikusokat és szakembereket egyaránt. A programok középpontjában a víz útja áll, ez az első pillantásra magától értetődő, ugyanakkor bonyolult viselkedésű és gyakran láthatatlanul működő természeti elem, amelynek körforgása és hozzáférhetősége alapvető fontosságú bolygónk ökológiai és társadalmi egyensúlyának fenntartásában. A székház előcsarnokában felállított két demonstrációs eszköz nem csupán tudományos igénnyel készült, hanem figyelembe veszi a közönség életkori és ismereti sokféleségét is. A cél egyértelmű: megjeleníteni a láthatatlant, érthetővé tenni az összetettet, és rávilágítani arra, hogy az emberi beavatkozások miként formálják át azokat a természetes rendszereket, amelyekhez mindennapi életünk szoros szálakkal kapcsolódik.

Hogyan és hol találja meg útját egy esőcsepp a természetben? Milyen hatással van erre az emberi tevékenység, az ipari termelés, a mezőgazdaság vagy a városfejlesztés? Ezeket a kérdéseket válaszolja meg rendkívül szemléletes módon a „Láthatatlan és látható vizek terepasztala”, amely látványos, háromdimenziós modellként mutatja be a víz útját a légkörből a felszínen át egészen a talaj mélyéig.

A terepasztalt az ELTE Természettudományi Karának Tóth József és Erzsébet Hidrogeológia Professzúrája fejlesztette ki, a Dunakanyar Kultúrtáj és Környezetvédelmi Egyesület közreműködésével, valamint a Éghajlatváltozás Multidiszciplináris Nemzeti Laboratórium alprojektjének szakmai támogatásával. A projekt célja, hogy

az ismeretterjesztést magas szinten egyesítse az élményszerű tanulással és a környezeti tudatosság fejlesztésével.

A terepasztal a víz körforgásának valamennyi fő szakaszát megleveníti, a magashegységek felett képződő esőfelhőktől indulva, a lehulló csapadékon keresztül követhetjük nyomon a víz mozgását, egészen addig, amíg végül a patakokba, folyókba vagy felszín alatti víztárolókba érkezik. A modell azonban nem áll meg itt, fontos szerepet kapnak benne azok az emberi tevékenységek is, amelyek megzavarják vagy módosítják ezeket a természetes folyamatokat.

A terepasztal olyan jelenségeket is bemutat, amelyek hétköznapiaknak tűnnek, de komoly földtani és környezeti hatásokat hordoznak. Láthatóvá teszi, miként befolyásolja egy külszíni kavicsbánya működése a talajvízszintet és a vízmozgások irányát; megjeleníti egy Benjes-sövény vízmegtartó szerepét, amely természetes módon képes lassítani a villámárvákat; szemlélteti egy parti szűrésű vízbázis víztermelését, amely gyakran a városok ivóvízellátásának kulcseleme; bemutatja, milyen következményei lehetnek egy szivárgó, veszélyes anyagokat tartalmazó föld alatti tartály jelenlétének, és végül ismerteti egy célzott felszín alatti vízpótlási rendszer működésének elvét, amely a fenntartható vízgazdálkodás egyik fontos irányzata.

A modell egyik legnagyobb erénye, hogy könnyen értelmezhető formában mutatja be a bonyolult földtani és hidrológiai folyamatokat. Nem csoda, hogy korábbi bemutatóin a kisiskolásoktól az egyetemi hallgatókig, a laikus látogatóktól a szakértőkig mindenki érdeklődéssel fordult felé. A látványos kivitelezés és a „játékszerű” felfedezés élménye hozzájárul ahhoz, hogy a látogatók ne csak megértsék, de érzelmileg is kapcsolódjanak a bemutatott témákhoz.

A második kiállítási egység a felszín alatti vízkészletek kezelésére és megőrzésére fókuszál, egy olyan kérdéskörre, amely a klímaváltozás hatására egyre égetőbbé válik. A bemutató középpontjában a NaBa-MAR® nevű, természetalapú vízpótlási rendszer áll, amely a *managed aquifer recharge* (MAR) technológiát ötvözi a tájhasználatra és földtani adottságokra épülő természetes megoldásokkal.

A módszert az ELTE TTK hidrogeológusai dolgozták ki, és a Tóth-féle vízáramlási rendszerek tudományos elméletére alapozzák. Ez az elmélet a talajvíz és rétegvizek természetes mozgását írja le, meghatározva, hogy a víz milyen irányokban és mélységekben áramlik a föld belsejében. A NaBa-MAR® ezt a tudást használja ki arra, hogy többletvizet juttasson a talaj mélyebb rétegeibe, ahol az hosszabb távon tárolható, és szükség esetén visszanyerhető ökológiai, mezőgazdasági vagy ivóvízellátási célból.

A bemutató során egy látványos, laboratóriumi környezetben készült fizikai modellt tekinthetnek meg az érdeklődők. A hordozható szerkezet az ELTE Egyetemi Kiválósági Alap támogatásával jött létre, fizikusok és hidrogeológusok közös munkájának eredményeként. A modell segítségével a látogatók nemcsak a felszíni és felszín alatti vízmozgások közötti kapcsolatot ismerhetik meg, hanem azt is, miként lehet a természetes rendszerek működését kihasználva mérsékelni az aszályos időszakok negatív hatásait.

A módszer különösen jelentős a jövő szempontjából, ugyanis a vízmegtartás és -pótlás kulcsfontosságú eszközei lehetnek a vízhiányos térségek megsegítésének, a mezőgazdasági termelés biztonsága fenntartásának, valamint az ökoszisztémák regenerációjának is. A 2024-ben európai védjegyyaltonommal ellátott technológia úttörő megközelítést képvisel Európában, sőt, nemzetközi szinten is figyelmet érdemel.

A „Láthatatlan és látható vizek terepasztala” és a NaBa-MAR® fizikai modell ki valóan kiegészítik egymást: az egyik a vízkörforgás természetes és emberi hatásokat tükröző megjelenítésére fókuszál, míg a másik a jövőorientált, alkalmazott vízgazdálkodási megoldások lehetőségeit tárja fel. Együtt komplex képet nyújtanak arról, hogy a víz nemcsak természeti erőforrás, hanem társadalmi, ökológiai és technológiai kérdés is egyben. A kiállítások célja, hogy elmélyítsék a közönség környezeti tudatosságát, és felkeltsék az érdeklődést a földtudományok iránt, különösen egy olyan korban, amikor a vízhez való hozzáférés, megőrzés és fenntartható használat egyre inkább a globális párbeszéd középpontjába kerül.

A légkör titkai nyomában – 155 év magyar meteorológiai öröksége (poszterbemutató és tárgyi kiállítás)

A székház előcsarnokában helyet kapó kiállítás nem csupán egy tudományos múltidézés, hanem egy olyan élményszerű utazás, amely végigkíséri a látogatót a magyar meteorológia történetének legfontosabb állomásain. A kiállítást a Meteorológiai Tudományos Bizottság kezdeményezte, a tárlat célja, hogy széles panorámát nyújtson az érdeklődőknek a meteorológiai mérések múltjától a modern technológiákig, a tudományos kezdeményezések gyökereitől a napjainkban is aktív szakmai szervezetek tevékenységéig.

A tárlat a meteorológia intézményesülése eseményeinek bemutatásával kezdődik. A kiegyezést követően, 1867-ben, a Magyar Tudományos Akadémia felismerte, hogy szükség van egy önálló, nemzeti meteorológiai intézet létrehozására, amely tudományos igénnyel és rendszerezetten gyűjti, elemzi és értelmezi az időjárással kapcsolatos adatokat. Az akadémiai közgyűlés 1868-ban elfogadta az új intézet szervezeti szabályzatát, és két évvel később, 1870. április 8-án, az uralkodó, I. Ferenc József hivatalosan is jóváhagyta a Meteorológiai és Földdelejességi Magyar Királyi Központi Intézet működését. Ezzel megszületett az első, a légkör jelenségeit tudományos alapossággal vizsgáló nemzeti intézmény.

Az intézet első igazgatója Schenzl Guidó lett, akit az Akadémia javaslatára neveztek ki 1870. július 12-én. A bencés rend tagjaként, valamint a budai főreáliskola igazgatójaként is ismert Schenzl nemcsak pedagógusként, hanem a légköri megfigyelések lelkes művelőjeként is maradandót alkotott. Ő volt az első akadémikus, akit kifejezetten a meteorológia területéről választottak 1867. január 30-án először levelező, majd 1876. június 8-án rendes taggá. A kiállításon külön emléktárló mutatja be munkásságát, beleértve az 1861 és 1870 között a budai reáltanodában végzett, általa rögzített méréseit. Az egyik legértékesebb kiállítási tárgy az Intézet elsőként hitelesí-

tett barométere, valamint az ehhez tartozó, Schenzl által 1870 decemberében kézzel írt hitelesítési bizonylat.

A tárlat kiállítási tárgyai a magyar nemzeti meteorológiai szolgálat feladatait 2024 óta ellátó HungaroMet Zrt. által gondozott és üzemben tartott közérdekű Meteorológiai Muzeális Szakgyűjtemény anyagából kerülnek ki. A szakgyűjtemény története egészen az 1896-os Ezredéves Országos Kiállításig vezethető vissza, ahol az akkori Meteorológiai és Földmágnesességi Magyar Királyi Központi Intézet Országos Meteorológiai és Földmágnességi Intézet egy száz négyzetméteres pavilonban mutatta be eredményeit. Az ötletgazda és szervező Konkoly-Thege Miklós volt, aki nemcsak igazgatóként, hanem az asztrofizika és a csillagászat hazai úttörőjeként is jelentős szerepet játszott. E kiállítás megalapozta a későbbi Meteorológiai és Csillagászati Múzeum létrehozását, amely máig fontos őrzője a hazai légkörkutatás tárgyi és szellemi örökségének.

A mostani kiállítás egyik fő látványossága, hogy valóban testközelbe hozza a meteorológia történelmét. Az érdeklődők többek között megtudhatják, hogy a páratartalom mérésére használt higrométerekben egykor szőke vagy barna női hajszálat használtak, mivel a haj a levegő nedvességtartalmára reagálva megnyúlik vagy megrovidül. Látható lesz egy globálsugárzás-mérő műszer is, amelyet a jobb érzékelés érdekében egy miniatűr sakktáblával láttak el. A látogatók választ kapnak arra a kérdésre is, hogy mi az a műszer, amelyet a meteorológusok „kristálygömbként” emlegetnek (ez nem más, mint a napfénytartamot rögzítő Campbell–Stokes-féle heliográf, amely a napfény által elégetett ív mentén rögzíti a napsütéses órák számát).

A tárlat kiemelt eleme egy modern meteorológiai mérőállomás, amely a legkorszerűbb digitális szenzorokkal és adatátviteli eszközökkel felszerelt. A mai technológia összehasonlítása a korai eszközökkel – a higanyos hőmérőkkel, aneroid barométerekkel vagy analóg csapadékmérőkkel – látványosan szemlélteti azt a technológiai fejlődést, amely az elmúlt évszázad során végbement a meteorológiai adatgyűjtés területén.

A kiállítás felidézi az első akadémiai Meteorológiai Tudományos Napokat is, amelyet 1975. november 11–12-én rendeztek meg, az Akadémia alapításának 150., valamint a Magyar Meteorológiai Társaság megalapításának 50. évfordulója alkalmából. Ez a konferencia fontos mérföldkő volt a hazai meteorológia történetében: a hazai kutatók itt vitatták meg azokat a tudományos kérdéseket, amelyek a nemzetközi diskurzusban is előtérbe kerültek, így az éghajlatváltozás korai jeleit, a légkör szennyezettségét vagy az előrejelzési modellek fejlesztésének lehetőségeit.

A kiállítás egyúttal méltó módon megemlékezik a Magyar Meteorológiai Társaság alapításának 100 éves jubileumáról is. A Társaság megalapítását az a cél hívta életre, hogy megmentsék az 1897 óta megjelenő *Idéjírás* című szakmai folyóiratot, amelynek kiadását az első világháború és a trianoni békeszerződés utáni gazdasági összeomlás veszélybe sodort. Az alapítók azonban sikerrel jártak, hiszen ma már az *Idéjírás* folyóirat 129. évfolyamát nyomtatják, és továbbra is a hazai meteorológiai tudományosság egyik legfontosabb fóruma maradt. A Társaság tevékenységét – csakúgy, mint

más tudományos közösségeket – az MTA is támogatja, ezzel segítve, hogy a magyar tudományos életben születő eredmények ne csak a szűk szakmai közösség számára legyenek hozzáférhetők, hanem közérthető formában, ismeretterjesztő stílusban a nagyközönséghez is eljuthassanak.

Az Akadémia bicentenáriumaához is kapcsolódó meteorológiai kiállítás nemcsak múltidézés, hanem hidat is épít a tudományos örökség, a jelenkori kutatások és a jövő meteorológusnemzedéke között. Bemutatja azt az értékes örökséget, amelyet a meteorológia tudománya az elmúlt másfél évszázad alatt felhalmozott. Egyszerre tiszteltetés azoknak, akik megalapozták a magyar meteorológiát, és lehetőség arra, hogy mindannyian jobban megértsük, hogy a légkör jelenségeinek megfigyelése, értelmezése és előrejelzése nemcsak tudományos kihívás, hanem társadalmi felelősség is.

Sókarsztoktól a lávaalagútig – Barlangok a nagyvilágban (fényképkiallítás)

Berentés Ágnes geográfus/geológus és barlangfotós több mint egy évtizede járja a Föld mélyének titokzatos világát. Egyetemi évei alatt ismerkedett meg a hazai és külföldi barlangokkal. Feltáró kutatóként kezdte ezt az életformát és az ember által soha nem látott, soha nem érintett új barlangrészek olyan hatással voltak rá, hogy megfogalmazódott benne a gondolat: mindenkinek megmutatni azt a csodát és sebezhetőséget, amit ő lát.

Felfedezte, hogy az ember által soha nem látott üregekben való barangolás megváltoztathatja valaki látásmódját, szenvedélye lett a fotózás, kíváncsisága pedig folyamatos kísérletezésre ösztönözte: hogyan lehet fényképezőgéppel megörökíteni a teljes sötétség birodalmát olyan technikákkal, amelyekkel a szem nem lát, és ahol a fény önmagában művészeti eszköz.

A barlangok nemcsak látványos fotótémák számára, hanem ezek a helyek mérnöki és tudományos izgalommal is bírnak. Berentés Ágnes nem csupán művészként közelít hozzájuk, hanem dokumentátorként is, gyakran fotóriporterkedik bányákban, feltárásokon. Magyarországon úttörőként dolgozik UV-fényes fotóprojektekben, utóbbiak közül kiemelkedik a Magyar Természettudományi Múzeumban helyet kapott „A látható láthatatlan” című kiállítás, amely ultraviola fényben fotózva helyezi más megvilágításba a már ismert vagy nem ismert föld alatti világunkat.

Fényképezőgépével bejárta Magyarország karsztterületeit, és számos külföldi expedíción vett részt fotósként világszerte. Barlangi túrái különleges kihívásokkal vannak tele: eljutott olyan rendkívüli helyekre is, mint a Holt-tenger sókarsztjai, ahol 30 cm-es, víztiszta sókockákkal borított teremben fotózott, megjárta Törökország mélyét, ahol tíz napot föld alatt töltve, 1300 méteres mélységig dokumentálta a Morcabarlangot, majd az 1000 méteres mélységben megbetegedett társa mentését is. Fotózott termál- és hidegvizes eredetű barlangokat, félméteres hófehér gipszkristályokkal Magyarországon, vagy New York állam leghosszabb barlangjának tisztára mosott, gyönyörű patakmedrét. Órákat feküdt 6 °C-os patakvízben Erdélyben, 17 órát töltött

kúszással és kötélén való mászással/lógással egyetlen kép elkészítéséért Montenegróban. Túravezetőként volt szerencséje eljutni a Jemenhez tartozó kicsi, de annál látványosabb szigetre, Socotrára is, ahol a Hoq Cave különleges képződményeit hozta haza képein. Barlangok iránti szeretete azonban nem merül ki a karsztokban. Vulkánimádóként időnként lávaalagút-barlangokat is felkeres, fotózott már a Kanári-szigetek és az Etna barlangjaiban is.

A most bemutatott kiállítás Berentés Ágnes barlangi utazásainak és vizuális kutatásainak összegzése. A képsorozat-válogatás Magyarország karsztvidékein túl a legváltozatosabb nemzetközi helyszíneken készült fotókat tartalmazza. Több mint egyszerű képválogatás, izgalmas földtani és művészi utazás a láthatatlan világ belsejébe. A látogatók testközelből megtapasztalhatják az ásványok csodálatos világát, megismerkedhetnek Berentés Ágnes egyedi látásmódjával. A tárlat arra ösztönöz, hogy újfogalmazzuk a barlangokról alkotott elképzeléseinket, többek legyenek egyszerű sötét és hideg helyeknél, ehelyett élő, sebezhető, csodákkal teli világok lehessenek.

TEMATIKUS ÖSSZEÁLLÍTÁS

Zenei levelek

Musical Letters

Vendégszerkesztő: Vikárus László

Bevezetés

Introduction

Vikárus László

CSc, habilitált egyetemi tanár, Eötvös Loránd Tudományegyetem
Humán Tudományok Kutatóközpontja Zenetudományi Intézet Bartók Archívum, Budapest;
Liszt Ferenc Zeneművészeti Egyetem, Budapest
vikarius.laszlo@abtk.hu

A nyugati műzenét reprezentáló zeneműveket rendszerint zenei források – kéziratok, nyomtatott kották – rögzítik. Ám a zeneszerzői életművekhez gyakran rendkívül fontos *szöveges* források is tartoznak. Az alkotás szempontjából legközvetlenebbek a zeneszerzők saját műveikről, illetve műveikhez írt észrevételei, magyarázatai, ismertetői. Változó azonban, mely zeneszerzőnél jön létre számottevő írásos életmű. A zeneszerzők szöveges hagyatékának létezik azonban egy jóval általánosabb típusa: a levelek. Különleges s változatos szerepük révén e sajátos történeti források (Kincses 2022), a levelek – különösen pedig a zenei témájú levelek – gyakran a zeneszerzői írásoknál is izgalmasabb forrásféleséget jelentenek.

Egy zeneszerző levelezése, esetenként bizalmasokkal folytatott legszemélyesebb magánlevelei, máskor hivatalos levelezése muzikusokkal, kiadókkal, éppoly fontos és közvetlen forrásai lehetnek a zenei alkotásnak, közvetlenül a kompozícióknak is, de a zenéről való gondolkodásnak, s nem csupán az életrajznak, mint maguk a zenei források. Hogy csupán egy szinte triviálisnak tűnő sajátosságot emeljek ki: a levelek olykor sokkal biztosabb támpontot jelenthetnek kronológiai kérdések tisztázásában, amennyiben kifejezetten komponáláshoz kapcsolódó munkáról tudósítanak, hiszen sokkal gyakrabban datáltak, mint a zenei kéziratok. Nem véletlen, hogy a zeneművek kritikai kiadásaihoz tartozó történeti bevezetőknek is – bemutatókhoz kapcsolódó előadási és fogadtatástörténeti dokumentumok, műsorlapok és kritikák mellett – épp a levelek a leggyakrabban hivatkozott forrásai. A levelek pedig közvetlen adatokat tartalmazhatnak egy mű készüléséről, bemutatásáról, kiadásáról, sajátosságairól, értelmezéséről, előadásmódjának kérdéseiről. Bizonyos esetekben – s erre kiváló példát

láthatunk majd az alább közölt tanulmányok egyikében idézett Richard Wagner-levéltben – a *zenei* levelezés kottapéldákat is közölhet, melyek esetenként kiegészítést tartalmazhatnak a közvetlen zenei forrásokhoz.

A tematikus blokk kifejezetten a *Magyar Tudomány* számára fölkért összeállítás. Valamennyi tanulmány ebből az alkalomból született. Az ötletet az összeállítás fölkért szerkesztőjének Bartók Béla és Geyer Stefi hegedűművész levelezésén végzett közreadói munkája adta (Váradi–Vikárius 2024). A szerzők a hazai zenetudománynak olyan jeles képviselői, akik valamennyien különböző, de zenetörténetileg egyaránt fontos zeneszerzői életművek kutatói. Így kap helyet a Liszt–Wagner-levelezés, Gustav Mahler, Dohnányi Ernő és a Bartók Béla-tanítvány és -munkatárs Veress Sándor levelezéseinek egy-egy dokumentuma vagy jól körülhatárolható dokumentumcsoportja.

Bár a zenetörténész – különösen, ha forráskutatásban is jártas – gyakran foglalkozik témájához kapcsolódó levelek eredeti kéziratának tanulmányozásával (akár egy-egy gyűjteményt felkeresve az eredetit kézbe véve, akár valamilyen másolatot, kópiát szerezve), mégis gyakran rá van utalva közreadásokra. A zenetörténeti levelek közreadása igen változó lehet, vannak közöttük feltétlenül megbízható, kritikai közreadások, s vannak rendkívül hasznos, ám gyakran nem éppen kritikai elvű-szándékú kiadványok. Vannak amellett akár alkalmi, akár módszeresebb összeállítások. Mindjárt kiemelendő egy sajátosság, mely a zenei élet jellemző nemzetköziségéből következik: különösen gyakori a soknyelvű levelezés. Kodály Zoltán esetében például külön adták közre magyar nyelvű leveleit (Kodály 1982), s külön kötetben angolul, franciául, németül, olaszul és latinul írott leveleit (Kodály 2002).

Szükségserű, hogy a kutató is gyakran használ közreadásokat alaposan kutatott és sokoldalúan föltárt zenetörténeti téma esetén, különösen, ha a szereplők nemzetközileg számontartott alkotók és előadóművészek. Ezért is olyan meglepő és tanulságos olvasmány Bozó Péter dolgozata Liszt Ferenc és Richard Wagner levelezésének egy időszakáról. Munkája kiválóan vezet be a többnyelvű (Wagner részéről német, Liszt részéről francia, majd német) levelezés nyelvi sajátosságaiba, s különféle egynyelvű (francia, német vagy angol) közreadásuk hiányosságaiba. Kritikai értékelést ad a számos rendelkezésre álló kiadványról. Az írás tulajdonképpeni témája ugyanakkor a „nagy” európai zenetörténet egy jelentős eseménye, mely – Liszt Ferenc meghatározó karmesteri közreműködése révén – nem választható el teljesen a magyar zenetörténet-től, még ha nem is része közvetlenül a magyarországi zenetörténetnek. A *Lohengrin* legelső előadását, weimari bemutatását Lisztnek köszönhette. Levelezése Wagnerrel az előkészületekről az opera számos meglepő zenei sajátosságát világítja meg, s nélkülözhetetlen a kor és a mű előadási gyakorlatának megismeréséhez. A tanulmány ugyanakkor társadalomtörténeti érdekességű is, hiszen 1848-as szerepvállalása miatt Wagner maga svájci emigrációban tartózkodott operája első német területen történt előadásának megszervezése és bemutatása idején.

Habár Johann Sebastian Bach zenéje áll Péteri Lóránt tanulmányának a középpontjában, valódi kronológiai helyén közöljük, hiszen a vizsgálódás a 19–20. század

fordulójának Bach-értelmezésére, s a kor előadói gyakorlatának kérdéseire vonatkozik. Noha a szerző többféle dokumentumra, különösen New York koncertéletének műsoraira és hangversenykritikáira épít, kiindulópontja Mahler egy levelének részlete. Írott és hangzó zene mindig is összetett viszonyára kérdez rá az elsősorban a barokk korra jellemző, kísérő jellegű, de egyúttal irányító, összefogó funkciójú *basso continuo*-játék gyakorlata. Felelevenítésének a 20. század elején változatos példái jelentek meg, s a megszólaltatásában különféle hangszerek játszhattak szerepet. A Mahler által nemcsak *előadott*, hanem *közre is adott* Bach-mű („Mahler *Bach-szviije*”) a kidolgozott, ám rögtönzött *continuo*-előadást szorgalmazó kotta révén új, „korszerű” formát is öltött, hiszen benne több szvitből vett tételek akár nagyobb formába is összekapcsolódtak.

Mahlernek, a New York-i Filharmonikusok akkori első karmesterének szerepe az Új Világban éles kontrasztot alkot Dohnányi Ernő II. világháború utáni részvételével az amerikai zenei életben. A tragikus történelmi események és fordulatok miatt a magyar zenei élet számos kiválósága kényszerült elhagyni hazáját, s átmeneti vagy végleges emigrációba vonulni a 19. században épp úgy, mint a 20. század folyamán. Ebből a szempontból különleges alkalmat kínál Dohnányi és Veress Sándor sorsának sajátos párhuzama emigrációjuk idején – összeállításunk két utolsó tanulmányának tárgya. Az egymást követő nemzedékekhez tartozó két komponista persze döntően más pillanatban, s más módon, de távol Magyarországtól, elvágva hazájuktól töltötték életük utolsó szakaszát, s mindketten emigrációban haltak meg.

Dohnányi töredékesen fennmaradt levelezése az 1923 óta az Egyesült Államokban élő Kenton (Kornstein) Egonnal, a Waldbauer–Kerpely-vonósnégyes egykori brácsásával váratlanul meleg emberi kapcsolat dokumentuma. A levelek ugyanakkor óhatatlanul érintik Dohnányi élete utolsó másfél évtizedének központi problémáját, mely beárnyékolta egyesült államokbeli működését is, a háborús bűnösség vádját. Kusz Veronika, Dohnányi amerikai korszakának legalaposabb ismerője és föltárója finom kézzel kalauzolja az olvasót a kényes kérdésben, melyet sajátos nézőpontból világítanak meg az itt első ízben közölt levélrészletek.

Dalos Anna tanulmánya Veress Sándornak a fontos 20. századi svájci mecénáskarmester Paul Sacherrel folytatott levelezéséről ugyancsak kényes politikai kérdést állít a középpontba, Veress belépését a kommunista pártba. Veress Sacherhez írt, „apológiaként” felfogható válaszevele kétségkívül nagyon fontos társadalomtörténeti témába világít be. Ugyanakkor egy másik levélrészlethez kapcsolódóan, mely egy Conrad Beck-mű szövegválasztása mellett érvel, s egyáltalán az alkotói őszinteség kérdését boncolgatja (jelesül Bartókra mint megkérdőjelezhetetlen példára hivatkozva) – a „vád és védekezés” ügyéhez szervesen kapcsolódóan – nemcsak a zeneéletre, hanem a zeneszerzés, sőt még általánosabban a zenei alkotás néhány meghatározó kérdésére is ráirányítja a figyelmet, méghozzá a nem szakember számára is jól megragadható módon.

Végül az összeállítás kezdeményezőjének dolgozatáról is szólok. A Bartók–Geyer-levelezés olyan különleges dokumentumegyüttes, mely sokféle, a közreadáson

messze túlmutató értelmezésre ad lehetőséget. E két fiatal muzsikussal egymáshoz írott levelei nemcsak rendkívül (és a kutatót zavarba ejtően) személyes dokumentumok. A mindkettejük számára érezhetően kitüntetett fontosságú kapcsolat miatt a levelezőtársak gondolkodását rendkívüli közvetlenséggel és mélységben tárják föl ezek az írásművek. A sajtó alá rendezés munkája csak a legszükségesebb magyarázatokat indokolta. Így a levelezéshez készült bevezetés számos értelmezési lehetőségre nem térhetett ki. Ezeket olykor a levelekhez fűzött jegyzetek pótolták, ám a tényleges értelmezés kifejtetlen maradt. E kifejtetlenül maradt témák közül különösen fontosnak tűnhet a levelezésbe foglalt zenei utalások értelmezési lehetőségeinek vizsgálata.

A közölt levélrészletek, levéldokumentumok igen változatosak. Közös azonban bennük, hogy egy-egy alkotó – sőt egy személyben előadó – nyilatkozik meg bennük. Bár az érintett élethelyzetek nagyon is különbözők, ami természetesen meghatározó a közlés szempontjából, a „zenei” levelekben a tét végső soron sohasem csupán életrajzi, de nem is csupán a zenemű maga, hanem a hitelesség – az emberi és a muzsikusi hitelesség – is. Éppen ezért olyan fontos emberi dokumentum valamennyi.

Irodalomjegyzék

- Kincses Mária Katalin, szerk. (2022). *A levél mint történeti forrás*. Budapest: L'Harmattan Kiadó.
- Kodály Zoltán (1982). *Kodály Zoltán levelei*. Szerk. Legány Dezső. Budapest: Zeneműkiadó.
- Kodály, Zoltán (2002). *Zoltán Kodály Letters in English, French, German, Italian, Latin*. Szerk. Dezső Legány – Dénes Legány. Budapest: Argumentum Kiadó–Kodály Archívum.
- Váradi Helga – Vikárus László (2024). *Geyer Stefi hegedűművész életútja: levelezése Bartók Bélával*. Budapest: Balassi Könyvkiadó.

„Nous avons fait venir une Clarinette basse”
*A Liszt–Wagner-levélváltás közreadásainak problémái
a Lohengrin-ősbemutató apropóján*

“We have ordered a Bass clarinet”
*Some Problems of the Liszt–Wagner Correspondence
in Relation to the World Premiere of Lohengrin*

Bozó Péter

PhD, Eötvös Loránd Tudományegyetem Humán Tudományok Kutatóközpontja Zenetudományi Intézet, Budapest;
Liszt Ferenc Zeneművészeti Egyetem, Budapest
pebozo@gmail.com

Összefoglalás

Liszt Ferenc és Richard Wagner levélváltásából a két szerző halála óta számos közreadás jelent meg, német, francia és angol nyelven egyaránt. Azonban e közreadások egyike sem tekinthető megbízható kritikai kiadásnak, s általában meglehetősen félrevezető képet adnak a két muzsikusz írásbeli kommunikációjáról. Tanulmányomban egyfelől a fontosabb kiadásokról adok kritikus áttekintést, másrészt azt vizsgálom, mit árul el a levelezés a *Lohengrin* weimari ősbemutatójának (1850. augusztus 28.) hátteréről.

Abstract

Since the death of the two composers, several editions of Franz Liszt and Richard Wagner’s correspondence have been published in German, French, and English. However, none of these can be considered reliable critical editions, and they generally provide a misleading impression of the written communication between the two musicians. In my study, I critically review the most significant editions and examine what the correspondence reveals about the background to the world premiere of *Lohengrin* in Weimar on 28 August 1850.

Kulcsszavak: Liszt, Wagner, *Lohengrin*, ősbemutató, levelezés

Keywords: Liszt, Wagner, *Lohengrin*, world premiere, correspondence

1. Bevezetés

Ez a munka csupán szerény mintavétel Liszt Ferenc és Richard Wagner terjedelmes, 1841 és 1882 között folytatott levelezéséből. Eredeti célom az volt, hogy közelebbről szemügyre vegyem a *Lohengrin* 1850-es weimari ősbemutatójának privát hátterét. Hamarosan rá kellett jönnöm azonban, hogy a levélváltás jelenleg elérhető közreadásai olyan filológiai útvesztőt jelentenek, hogy talán célszerű ennek kapcsán rövid útmutatást adnom e kiadványok néhány problematikus vonásáról. Az eredeti kézira-

tos dokumentumokat – néhány időközben elveszett levél autográfjától eltekintve – a bayreuthi Richard Wagner Nationalarchiv (a továbbiakban: D-BHrwa) őrzi, s ezek ma már digitális formában is tanulmányozhatók (RWM Richard Wagner Museum). Szerencsére, mert annak ellenére, hogy a két szerző halála (1883/1886) óta levélváltásukból számos kiadás jelent meg nyomtatásban, ezek egyike sem tekinthető maradéktalanul megbízhatónak.

Ami a német kiadásokat illeti, az első ilyen a Liszt elhunytát követő évben, 1887-ben jelent meg a lipcsei Breitkopf & Härtel Kiadónál. Ennek címlapján ugyan szerkesztő neve nem szerepel, ám nyilvánvalóan Liszt lányának, egyszersmind Wagner özvegyének, Cosima Wagnernek (1837–1930) a felügyeletével készült. A 309 levelet tartalmazó első közlés, amelyben több, a családra nézve érzékeny dokumentum csupán megcsonkított formában szerepel, már Cosima életében, 1910-ben új, bővített kiadásban is napvilágot látott, méghozzá a közreadó, Erich Kloss nevének feltüntetésével. Wagner leveleinek 1967-ben megindult kritikai kiadása, a *Sämtliche Briefe* tervezett 35 kötetéből eddig 27 jelent meg; a *Lohengrin*-premierrel kapcsolatos Wagner-leveleket tartalmazó, Gertrud Strobel és Werner Wolf által közreadott 3. kötet 1983-ban. Ez a kiadvány persze egyoldalú, amennyiben csak a Wagner által írottakat foglalja magában. Ez idő szerint a Liszt–Wagner-levelezés német kiadásai közül a legutolsó és legteljesebb Hanjo Kesting 1988-ban kiadott kötete, amely 351 dokumentumot tartalmaz.

Akadnak persze más nyelvű kiadások is. Francis Hueffernek köszönhetően az első német közlés alapján már 1889-ben angol fordítás is készült, melyet 1897-ben William Ashton Ellis kissé revideált formában újra megjelentetett. A mai napig ez a standard angol verzió, olyannyira, hogy a Cambridge University Press 2009-ben újra kiadta, sőt 2010 óta elektronikus formában is elérhető. A legkorábbi francia kiadás Ludwig Erich Schmitt 1900-as fordítása – Gustave Samazeuilh 1943-as, illetve Georges Liébert 2013-as új verziója egyaránt ezen alapul. Liébert kötete 402 tételt tartalmaz, vagyis Kesting 1988-as német kiadásához képest is sok újdonsággal gyarapodott. Magyarul a Liszt–Wagner-levelezésnek elenyészően csekély töredéke jelent csak meg. Mindenesetre az a nyolc dokumentum, amely Eckhardt Mária munkájának (Eckhardt 1989) köszönhetően 1989 óta anyanyelvünkön is elérhető, az eredeti kéziratok gondos tanulmányozásán alapuló, megbízható fordítás (közülük csupán az 1850. július 14-i Liszt-levél kapcsolódik kifejezetten a *Lohengrin*-premierhez). Az alábbiakban közölt levélrészletek magyarul tudtommal most válnak hozzáférhetővé először; valamennyit saját fordításomban közlöm.

2. Francia/német, tegezés/magázás

Liszt ekképpen írt Weimarból muzsikus kollégájának, Wagnernek, 1850. augusztus 12-én feladott levelében:

„Valósággal lebegünk *Lohengrin*-je éterében, s azzal hízelgek magamnak, hogy sikerül majd szándékainak megfelelően előadnunk. Mindennap három–négy-

órás próbákat tartunk, úgyhogy mostanra az egyes Szerepek és a vonósok egész rendben vannak. Holnaptól külön próbálunk majd a Fúvós hangszerekkel, amelyek a Partitúra előírásainak megfelelően teljes számban meglesznek. Szereztünk Basszusklarinétot, amelyen Wahlbrühl úr fog játszani, kitűnően. A Csellóinkat is megerősítjük, amint megérkezik Párizsból Cossmann, aki augusztus 15-étől csatlakozik Zenekarunkhoz. Az ő érkezése nagy nyereség lesz számunkra, amelyet remélhetőleg követni fog még néhány hasonló stb. stb. – röviden, biztos lehet benne, hogy mindent, aminek megvalósítása az 1850-es szentévbén Weimarban emberileg lehetséges, meg fogunk tenni *Lohengrinje* érdekében, amelyet minden buta szóbeszéd, színlelt aggályoskodás és nagyon is valódi csökönység ellenére igen tisztességesen fogunk előadni e hó 28-án, erről kezeskedem [...].”

Bár a dokumentum eredetijét a levélíró nem látta el keltezéssel, nem nehéz kikövetkeztetni az elküldés napját, csupán a zenetörténeti jelentőségű ősbemutató évszámával kell kiegészítenünk a borítékra rányomott postabélyegző dátumát. Az évszám közismert: Wagner utolsó romantikus operájának világpremierjére a levélbeli állításnak megfelelően valóban 1850. augusztus 28-án, Goethe születésnapján került sor a weimari Udvari Színházban. A levélrészletben említett két személy közül az első, Johann Wahlbrühl az intézmény egyetlen korabeli évkönyve szerint nemcsak basszusklarinéton játszott, hanem hegedűs is volt (Pohl 1855, 28). Bernhard Cossmann (1822–1910), aki zenekari csellistaként és szólistaként egyaránt tevékenykedett, ugyan német, de hosszabb ideig Párizsban működött, ahol többek között 1840 és 1846 között az olasz operaház, a Théâtre-Italien zenekarának tagja volt, mielőtt elszerződött Weimarba.

Az idézett részlet magyarul – a levélíró nagyon is érezhető lelkes odaadása ellenére – az eredetinel jóval távolságtartóbban hangzik. Ennek oka, hogy a francia nyelvű levélben Liszt következetesen magázza Wagnert, annak ellenére, hogy a levél a „cher ami” (kedves barátom) megszólítással indul. Megjegyzendő azonban, hogy a magázódás a franciában jóval szélesebb körű használatnak örvend, és kevésbé hat kimértnek, mint a magyarban. Az *Ether* (éter) szót Liszt maga emelte ki aláhúzással az eredeti kéziratban; a *Rôles* (szerepek), *Instruments à vent* (fúvós hangszerek), *Partition* (partitúra), *Clarinette basse* (basszusklarinét), *Violoncelles* (csellók) és *Chapelle* (zenekar) főnevek franciában szokatlan nagybetűs írásmódja is autográfját követi:

„Nous nageons en plein dans l’*Ether* de votre *Lohengrin*, et je me flatte que nous réussirons à le donner selon vos intentions. Chaque jour nous faisons de trois à quatre heures de répétition, et jusqu’ici les *Rôles* et le quatuor sont passablement en ordre. Demain et après, je ferai répéter isolément les *Instruments à vent*, qui seront au complet selon les exigences de la *Partition*. Nous avons fait venir une *Clarinette basse*, qui sera excellemment bien jouée par Mr. Wahlbrühl. Nos *Violoncelles* vont se trouver aussi tout rafraîchis par l’arrivée de Cossmann de Paris, qui fera partie de notre *Chapelle* à partir

du 15 août (c'est une très excellent acquisition que nous ferons, et qui sera, j'espère, suivie par quelques autres de même sorte) etc., etc., – enfin tout ce qu'il est humainement possible de réaliser à Weymar en l'an de grâce 1850, vous pouvez être assuré que nous le mettrons en œuvre pour votre *Lohengrin*, qui nonobstant tout les sots pourparlers, les fausses craintes, et les trop réels encroûtements, sera représenté fort convenablement – je vous le garantis – le 28 du courant [...]” (D-BHrwa, NA II C d Nr. 8)

Persze Liszt sem mindig franciául írt Wagnernek, hanem időnként németül, s német nyelvű leveleiben – legalábbis 1849. június 5-étől kezdve – következetesen tegezi. Wagner viszont mindig németül levelezett vele, s ugyanettől a dátumtól kezdve minden levelében a tegező formát használta. Korai levelezésük egyébként meglepően formális hangvételű: legkorábbi fennmaradt dokumentuma, Wagner 1841. március 22-én kelt, Liszthez írott levele „Sehr geehrter Herr” (Tisztelt Uram) megszólítással kezdődik; a Liszt tollából fennmaradt, legkorábbi Wagnerhez címzett levél (keltezése: 1848. július 4.) kezdetén a megszólítás „Hochverehrter Freund” (Igen tisztelt Barátom), míg a végén saját magát „Ihr aufrichtiger und ergebener Bewunderer und Freund”-ként (Őszinte és alázatos csodálója és barátja) aposztrofálja. Nem véletlen, hogy kettejük kapcsolata épp 1849 júniusában mélyült igazi barátsággá: Wagner ugyanis Liszt hatékony segítségének köszönhetette, hogy a drezdai forradalomban való részvétele és az emiatt ellene kiadott elfogatóparancs ellenére ez év májusában Svájcba menekülhetett. Ez egyúttal azt is jelentette, hogy a *Lohengrin*-ősbemutató idején már hosszabb ideje zürichi emigrációban élt, s így nem hallhatta művének ősbemutatóját.

3. A nyelvhasználat árnyalatai a közreadásokban

De térjünk vissza a levélváltás nyelvi árnyalatainak – francia/német, tegezés/magázás – változatos voltára: a jelenség annál érdekesebb, mivel a korai kiadások egy része egyáltalán nem adja vissza, sőt kifejezetten elfedi a nyelvhasználat e finomságait. Az 1887-es első kiadás valamennyi levelet német nyelven közölte, úgyhogy a fenti részlet az alábbi módon jelent meg németül, tegező formában, a postabélyegzőt figyelmen kívül hagyva, keltezés nélkül, Herr Cossmann nevében scharfes s-szel, és persze a 19. és kora 20. századi budapesti sajtóból is jól ismert fraktúraírással, az *Aether* szó aláhúzása/kurziválása nélkül, a *Rollen*, *Blasinstrumente*, *Partitur*, *Baßclarinette*, *Violoncelli* és *Kapelle* szavak nagybetűs kiemelését homályba borítva, hiszen a németben minden főnevet nagy kezdőbetűvel kell írni (a kisebb-nagyobb szövegromlásokra itt és az alábbiakban < > figyelmeztet):

„Wir schwimmen ganz im <Aether> <Deines> Lohengrin, und ich schmeichle mir, daß es uns gelingen wird, ihn <Deinen> Absichten gemäß zu geben. Wir machen täglich 3- bis 4stündige Proben und bis jetzt sind die <Rollen> und das Quartett so ziemlich in Ordnung. Von morgen an werde ich mit den

einzelnen Blasinstrumenten, welche den Anforderungen der Partitur gemäß vollzählig sein werden, Probe halten. Wir haben eine Baßclarinette kommen lassen, welche von Herrn Wahlbrühl vortrefflich gespielt werden wird. Auch unsere <Violoncelli> werden durch die Ankunft von <Coßmann> aus Paris verstärkt, welcher unserer <Kapelle> vom 15. August an angehören wird. &c. &c. – kurzum, <sei> versichert, daß wir alles, was im Gnadenjahr 1850 in Weimar zu verwirklichen menschenmöglich ist, für <Deinen> Lohengrin in's Werk setzen, welcher ungeachtet aller dummen Hin- und Herreden, der falschen Aengstlichkeiten und der all' zu wirklichen Verkrustungen, sehr anständig – ich bürge dafür – am 28. des laufenden Monats aufgeführt werden wird [...].” (Wagner, C. 1887, 1/68)

Hueffer angol fordításában (1889), illetve annak Ellis által revideált változatában (1970) tegezés és magázás kettőssége persze végképp homályba vész, hiszen az angolban ilyesféle különbségtétel nem létezik. Azonban más tekintetben sem feltétlenül az angol verzió a leghitelesebb szövegváltozat: például a három–négy órás zenekari próbák ebben ismeretlen okból két–három órára rövidültek; az *ether* szó kurziválása pedig elveszett, akárcsak a *solo parts*, *wind*, *score*, *bass clarinet*, *violoncellos* és *orchestra* nagybetűs kiemelése. Mellesleg a *score* közelebbről meg nem határozott típusú kottát jelent, a partitúra angolul *full score* volna, szemben a *vocal score*-ral, amely az operák betanításához használt zongorakivonatot jelenti:

„We float in the full <ether> of your *Lohengrin*. I flatter myself that we shall succeed in giving it according to your intentions. We rehearse every day <for two or three hours>, and the <solo parts> as well as the strings are in tolerable order. To-morrow and afterwards I shall separately rehearse the <wind>, which will be complete, in accordance with the demands of your <score>. We have ordered a <bass clarinet>, which will be excellently played by Herr Wahlbrühl. Our <violoncellos> will be strengthened by the arrival from Paris of Cossmann, who will join our <orchestra> on August 15th. This is an excellent acquisition, which will, I hope, be followed by some others of the same sort, etc. etc. In short, all that is humanly possible to do in Weimar in the year of grace 1850, you may be sure, will be done for your *Lohengrin*, which, in spite of much stupid talk, some false anxiety, and some too real impediments, will, you may take my promise, be very decently performed on the 28th inst [...].” (Hueffer 1889, 1/79–80 = Ellis 1897, 1/79–80)

Pedig Liszt nem véletlenül hangsúlyozza levelében nagybetűs kiemeléssel a vezérkönyv és az előadáshoz szükséges közreműködők, köztük külön az újonnan beszerzett basszusklarinét fontosságát. A *Lohengrin* hangszerelésében feltűnően sok az olyan mozzanat, amely a maga idejében újszerűnek és különlegesnek számított: gondoljunk többek között az előjátékot indító, magas fekvésű osztott vonóshangzásra. Az operában

zenei és dramaturgiai szempontból egyaránt fontos szerepet játszó basszusklarinét is igen különleges választás volt: a klarinétosok e váltóhangszere olyannyira nem számított a színházi zenekarok elmaradhatatlan kellékének, hogy 1830 táján még a párizsi Opera zenekarában sem használták (vö. Nectoux 1987, 471–507), s hat évvel később is különlegességszámba ment, amikor Giacomo Meyerbeer *A hugenották* című történelmi nagyoperája partitúrájában először írta elő használatát operazenekarban. Nem csodálkozhatunk tehát rajta, hogy egy Weimarhoz hasonló kisváros prózai és zenés repertoárt egyaránt játszó színházában nem állt rendelkezésre ez az instrumentum. A korabeli előadói gyakorlatot ismerve inkább az a meglepő, hogy nem a partitúrát hangszerelték át a helyi zenekar lehetőségeivel összhangban, hanem beszerezték a hiányzó hangszert, és kibővítették a vonóskart – mindezt ráadásul egy körözés alatt álló emigráns zeneszerző műve kedvéért.

Egy másik levélrészlet példáján keresztül érdemes azt is bemutatni, hogyan bántak a levélváltás közreadói Liszt német prózájával. Az alábbi idézet egy 1849. július 29-én kelt leveléből való – tudtommal ez a legkorábbi olyan fennmaradt levél, amely a *Lohengrin* bemutatásának lehetőségével foglalkozik:

„Már a múlt héten elküldtettem neked Zürichbe az összes partitúrát (a *Faust* nyitány kivételével). *Lohengrinedtől* nehezemre esett megválnom. Minél inkább elmélyedtem az eszmében és mesteri megvalósításában, annál nagyobb lelkesedést éreztem e rendkívüli mű iránt. – Mindazonáltal nézd el nekem hitvány kishitűségemet, hogy még mindig fenntartásaim vannak az előadás egészen kielégítő hatását illetően.”

Ha a szóban forgó rész 1887-es német kiadását összevetjük a levél eredetijével, nyilvánvalóvá válik, hogy Liszt német szövegének kevésbé sikerült megfogalmazásait a névtelen közreadó átirta; a nagybetűs „Dir” és „Deinem” névmás inkább Wagnerre jellemző írásszokás, Liszt eredetijében kisbetűvel szerepelnek (mellesleg a „nach Zürich” utólagos beszúrás a levélíró részéről):

„Die sämmtlichen Partituren (die Ouvertüre zu Faust ausgenommen) habe ich dir schon vorige Woche nach Zürich expedirt. Es fiel mir schwer mich von deinem Lohengrin zu trennen. Je mehr ich in den Gedanken und in die meisterliche Bearbeitung eingegangen, desto mehr stieg meine Begeisterung für dieses außerordentliche Werk! Verzeihe mir jedok [sic], meine kümmerliche Zaghaftigkeit, wenn ich noch einiges Bedenken für die gänzlich befriedigende Wirkung der Vorstellung hege.” (D-BHrwa NA II C d Nr. 4)

„Die sämmtlichen Partituren (die Ouvertüre zu Faust ausgenommen) habe ich <Dir> schon vorige Woche nach Zürich expedirt. Es fiel mir schwer mich von <Deinem> Lohengrin zu trennen. Je mehr ich in <die Konzeption> und in die meisterliche <Durchführung> eingedrungen bin, <um so höher>

stieg meine Begeisterung für dieses außerordentliche Werk! Verzeihe mir <jedoch> meine kümmerliche Zaghaftigkeit, wenn ich noch einiges Bedenken <wegen der gänzlich befriedigenden> Wirkung der Vorstellung hege.” (Wagner, C. 1887, 36)

Liszt német szövegeinek stilizálásában egyébként Kloss, sőt Kesting is követte az 1887-es kiadás példáját (Kloss 1910, 30, illetve Kesting 1988, 83); annak ellenére, hogy a francia részeket a bayreuthi dokumentumok tanulmányozása nyomán, eredeti nyelven adták közre. Hozzá kell tenni, hogy Liszt német levelei Schmitt 1889-es francia fordításában, illetve Samazeuilh 1943-as és Liébert 2013-as új kiadásában viszont hasonlóan jártak, mint francia szövegei a korai német közlésekben: franciára ültették át őket, megtartva azonban a tegező nyelvhasználatot. Náluk Liszt franciául is hol magázza, hol pedig – a németből fordított levelekben – tegezi Wagnert. A szóban forgó részlet például nemcsak Schmitt 1890-es kiadásában, hanem Liébert 2013-as közreadásában is az alábbi módon jelent meg:

„La semaine dernière, je <t’ai envoyé> à Zurich les <différents> partitions (sauf l’ouverture de « Faust »). Il m’en a coûté de me séparer de <ton> « Lohengrin ». A mesure que je me rendais mieux compte de la conception magistrale de ce drame, je sentais grandir mon enthousiasme pour cette œuvre extraordinaire. <Pardonne-moi> toutefois ma pusillanimité, et ne m’en <veuille> pas si j’ai encore quelque inquiétude au sujet de l’impression qu’elle fera sur le public.” (Schmitt 1889, 1/34–35; vö. Liébert 2013, 32)

4. Elveszett levelek

Az idézett szöveg mostoha utóélete annál meglepőbb, mivel igen fontos dokumentum, amely arról tanúskodik, hogy Lisztnek, jóllehet már pusztán a kéziratos partitúra ismeretében lelkesedett Wagner operájáért, eleinte komoly kételyei voltak a *Lohengrin* előadásának lehetőségeit illetően, mi több, kétségeit a szerző előtt sem hallgatta el. Mindez lényegesen árnyalja Wagner saját elbeszélését, akinek *Közlemény barátainak* című önéletrajzi írása (*Eine Mitteilung an meine Freunde*, 1852) azt sugallja, hogy Liszt azonnal belement a weimari bemutatóba, amint a szerző felvetette neki ezt a lehetőséget:

„Am Ende meines letzten Pariser Aufenthaltes, als ich krank, elend und verzweifeln vor mich hinbrütete, fiel mein Blick auf die Partitur meines, fast ganz schon von mir vergessenen *Lohengrin*. Es jammerte mich plötzlich, daß diese Töne aus dem todtenbleichen Papier heraus nie erklingen sollten: zwei Worte schrieb ich an Liszt, deren Antwort keine andere war, als die Mittheilung der – für die geringen Mittel Weimar’s – umfassendsten Vorbereitungen zur Aufführung des *Lohengrin*.” (Wagner 1851, 183)

„Utolsó párizsi tartózkodásom végefelé, mikor betegem, nyomorultan és kétségbeesetten töprengve meredtem magam elé, pillantásom hirtelen már szinte csaknem elfeledett *Lohengrin*em partitúrájára tévedt. Egyszerre belémnyilallt a keserűség, hogy e hangok soha nem fognak életre kelni erről a halottfehér papírról: mindössze két szót írtam Lisztnek, s válasza nem volt más, mint értesítés arról, hogy – Weimar szerény lehetőségeihez képest – a lehető legátfogo-bb előkészületek történnek a *Lohengrin* előadására.”

Ehhez képest az alábbi, 1849. október 28-án kelt levélrészlet, melyben a *Lohengrin* és a (még el sem készült) *Siegfried* kiadásáról van szó, azt jelzi, hogy Liszt kezdeti aggályai igen komolyak, és Wagner akkori helyzetét ismerve nagyon is érthetőek voltak:

„Vous me proposez de trouver un acquéreur pour le *Lohengrin* et *Siegfried*? – Ce ne sera certe pas chose facile, car ces opéras étant essentiellement et je dirais même exclusivement germaniques, ils ne peuvent être représentés que dans 5 ou 6 villes allemandes tout au plus. Or, vous ne l’ignorez pas, depuis les événements de Dresde, l’Allemagne officielle n’est guère favorable à votre nom. Dresde, Berlin, Vienne sont des terrains à peu près impossibles pendant quelque temps du moins, pour vos ouvrages.” (D-BHrwa NA II C d Nr. 5; Kesting 1988, 91)

„Azt ajánlja, hogy találjak vevőt a *Lohengrin*re és a *Siegfried*re? – Ez bizonyosan nem lesz könnyű, mivel ezek lényegüket tekintve, sőt úgy fogalmaznék: kizárólagosan germán operák, s legfeljebb öt vagy hat német város kivételével lehetetlen másutt előadni őket. Ám ne feledje, hogy a drezdai események óta a hivatalos Németország aligha szíveli az Ön nevét. Drezda, Berlin, Bécs legalábbis egy időre olyan hely az Ön műveit illetően, amely szinte szóba sem jöhet.”

A kérdést, hogy Liszt, illetve a weimari színház intendánsa, Ferdinand von Ziegesar báró mikor változtatta meg álláspontját, és határozta el magát a *Lohengrin* bemutására, nem lehet kategorikusan megválaszolni; két tényező mindazonáltal figyelmet érdemel e tekintetben. Az egyik: a művet nem a hivatalos színházi évad keretében, hanem közvetlenül előtte, reprezentatív Goethe-ünnepségek keretében mutatták be. A másik: a két muzsikusz levelezése ugyan igen terjedelmes, ám távolról sem hiánytalanul őrződött meg; így többek között az 1850. április 21. és július 2. közötti, több mint két hónapi időszakból egyetlen levél sem maradt fenn – erre a fontos tényre a rendelkezésre álló kiadások közül egyedül Liébert 2013-as munkája hívja fel a figyelmet. Pedig éppen ebben az időintervallumban, nem sokkal az augusztus végi ősbemutató előtt születhetett meg a döntés. Április 21-én, Párizsból írott levelében Wagner még arról győzködi Lisztet, hogy mutassa be operáját:

„Lieber, soeben las ich etwas in der Partitur meines Lohengrin – ich lese sonst nie in meinen Arbeiten. Eine ungeheure Sehnsucht ist in mir entflammt, dies Werk aufgeführt zu wissen. Ich lege Dir hiermit meine Bitte an das Herz: führe meinen Lohengrin auf! *Du bist der Einzige*, an den ich diese Bitte richten würde: niemand als Dir vertraue ich die Kreation dieser Oper an: aber *Dir* übergebe ich sie mit vollster, freudigster Ruhe. Führe sie auf, wo du willst: gleichviel wenn es selbst nur in Weimar ist: ich bin gewiß, du wirst alle möglichen und nötigen Mittel dazu herbeischaffen, und man wird Dir nichts abschlagen.” (D-BHrwa NA I A 3 a Nr. 21; Kesting 1988, 105–106)

„Kedves barátom, épp olvastam valamit *Lohengrinem* partitúrájában – egyébként soha nem szoktam olvasni a munkáimat. Roppant vágyra gyúltam, hogy előadva tudjam ezt a művet. Ezennel lelkedre kötöm kérésemet: adasd elő Lohengrinemet! *Te vagy az egyetlen*, akihez ilyen kéréssel fordulnék: csak Rád, senki másra nem bízhatom ennek az Operának a bemutatását: *Neked* azonban a legteljesebb, a legderűsebb nyugalommal adom át. Adasd elő, ahol akarod: nem számít, ha akár csak Weimarban: biztos vagyok benne, hogy minden lehetséges és szükséges eszközt elő fogsz teremteni ehhez, s hogy semmit sem fognak Tőled megtagadni.”

Július 2-án, vagyis a következő fennmaradt levelében viszont Wagner már arról ír, hogy Liszt nem sokkal korábban beleegyezett a mű weimari bemutatásába, mi több, már a bemutató pontos dátumát is kitűzte:

„Liebster Liszt!

Ich schicke Dir hiermit die versprochenen Anweisungen zur Aufführung des Lohengrins: verzeihe mir, wenn sie zu spät kommen, – ich habe erst kürzlich erfahren, daß Du mit so liebenswürdiger und schneller Bereitsamkeit auf meinen Wunsch, diese Oper aufzuführen, eingegangen bist. [...] Da ich erfahre, daß Du den Lohengrin schon am 28. August aufführen willst, so eile ich, jetzt wenigstens mit meiner Sendung nicht mehr im Rückstand zu bleiben, und behalte mir vor, auf einiges andere in einem späteren Briefe zurückzukommen.” (D-BHrwa, NA I A 3 a Nr. 22; Kesting 1988, 106–107)

„Drága Liszt!

Ezúton küldöm Neked a *Lohengrin* előadásához az ígért útmutatást: bocsáss meg, ha túl későn érkezik – csak a minap tudtam meg, hogy ilyen szeretetreméltóan, gyorsan és készségesen igent mondtál kérésemre, hogy előadasd ezt az operát. [...] Mivel úgy hallom, hogy a *Lohengrint* már augusztus 28-án elő akarod adatni, igyekszem, hogy legalább a küldeményemmel ne késsem el, s jelzem, hogy néhány dologra visszatérek majd még egy későbbi levelemben.”

5. Metronómszámok

Mint már utaltam rá, a svájci száműzetésben élő Wagner nem lehetett jelen a weimari ősbemutatón. Ez a szerző számára akkoriban nagyon is fájdalmas tény azonban az utókorra nézve mégiscsak pozitív következménnyel járt: éppen távolléte miatt az opera premierje kapcsán olyan instrukciókat kényszerült írásban megosztani a művet betanító és dirigáló Liszttel, amelyeket valószínűleg nem írt volna le, ha maga vezényelheti darabját. A dolog előzménye, hogy mintegy két héttel a premier előtt, augusztus 12-én kelt levelében Liszt útmutatást kért tőle a darab tempóival kapcsolatban:

„Si vous voulez[,] cher ami[,] me rendre un service[,] envoyez-moi par retour du courrier, aussitôt que possible quelques indications de métronome pour l'introduction et plusieurs autres morceaux principaux (le Duo entre Lohengrin et Elsa entre autres[,] III acte). Je ne crois guère me tromper sur ce que vous voulez et intentionnez, mais il me serait cependant très agréable d'avoir une conviction *en chiffres* à cet égard.” (H-Brwa, NA II C d Nr. 8)

„Ha megtenne nekem egy szívességet, kedves barátom, küldjön nekem postafordultával, amilyen hamar csak lehet, néhány metronómjelzést az előjátékhoz és egy-két fontosabb zeneszámhoz (többek között Lohengrin és Elza III. felvonásbeli Kettőséhez). Hitem szerint aligha tévedek a tekintetben, hogy mit kíván s mi a szándéka, mégis szívesen fogadnék egy *számszerű* útmutatást e tekintetben.”

Augusztus 16-án Wagner valóban eleget is tett a kérésnek; íme a levelében megadott metronómszámok, amelyek utóbb a Wagner-összkiadás megfelelő kötetébe, illetve a kritikai kiadás nyomán Eulenburg partitúrákiadásába is bekerültek:¹

Hangszeres előjáték



(a triolákat mindig igen kimérten)

I. felvonás, 2. jelenet, Elza énekénél (35. old.)



¹ A kottagrafika Bozó Péter munkája. A zárójelben szereplő oldalszámokkal Wagner saját kezű partitúrárisztázatára (D-Brwa, NA A II c) hivatkozott.

Később, például a fináléban ez a téma természetesen gyorsabbá válik:



(Lohengrin érkezésekor [A-dúr] talán csak egy kicsit kevésbé kimérten.)

II. felvonás – 1. jelenet



3. jelenet (197. old.)



III. felvonás, 2. jelenet (291. old.)



(Itt a nagy és mély nyugalom a fő. Éneklés közben mindig úgy éreztem, mintha kissé elidőznék a 2. és 4. negyeden: de természetesen ritmikailag alig észrevehetően, szinte csak az előadásmódban.)

(209. old.)



(309. old.)



(Itt egy kicsikét vissza kell venni az előző tempóból!)

6. Összegzés

Mint láthattuk, Liszt és Wagner levélváltása nem mindennapi kihívást jelentett a közreadók számára. Miközben a fordítók/szerkesztők igyekeztek egyetlen nyelven visszaadni, s ezáltal mintegy közös nevezőre hozni a kétnyelvű levelezés egészét, a két muzsikus nyelvhasználatának finomságai – francia és német levelek, tegezés, illetve magázás kettőssége, szokatlan nagy kezdőbetűs írásmód – rendre elsikkadtak a nyomtatott kiadásokban; és akkor még nem is beszéltünk olyan, tudományos közlés esetében megengedhetetlen szabadosságról, mint Liszt német prózájának „kijavítása”. Összességében megállapítható: ennek a dokumentumanyagnak a mai napig nincs maradéktalanul megbízható, kritikai igényű közreadása. Pedig a levélkorpusz – mint az csupán egy kis töredékéből, a *Lohengrin*-ösbemutató kapcsán írott levelekből kitűnhetett – pótolhatatlan információkkal szolgál nem csupán az opera előadói gyakorlatát illetően (lásd a metronómszámokat), hanem az ösbemutató egyéb körülményeivel kapcsolatban is. Ez még akkor is így van, ha a levélváltásban mutatkozó, feltűnő hiányok megválaszolhatatlan kérdéseket is felvetnek a weimari Udvari Színház vezetésének pozitív döntésével kapcsolatban. Mindenesetre az a tény, hogy a levelezés eredetije immár digitális formában is elérhető, hosszabb távon talán segíthet annak tisztázásában, hogy mi az, ami a rendelkezésre álló közreadások szövegében korrekciót igényel.

Irodalomjegyzék

a) A Liszt–Wagner-levelezés fontosabb közreadásai időrendben

- [Wagner, Cosima], szerk. (1887–1889). *Briefwechsel zwischen Wagner und Liszt*, Bd. 1: Vom Jahre 1841 bis 1853; Bd. 2: Vom Jahre 1854 bis 1861. Leipzig: Breitkopf und Härtel.
- Hueffer, Francis, ford., előszó (1889) – Ellis, William Ashton, átdolg. (1897). *Correspondence of Wagner and Liszt*, vol. 1: 1841–1853; vol. 2: 1854–1861. New York, NY: Scribner and Welford.
- Schmitt, Ludwig Erich, szerk., ford. (1900). *Correspondance de Wagner et de Liszt*, tome 1: 1841 à 1853; tome 2: 1854 à 1861. Leipzig: Breitkopf und Härtel.
- Kloss, Erich, szerk. (1910). *Briefwechsel zwischen Wagner und Liszt*. Leipzig: Breitkopf und Härtel.
- Samazeuilh, Gustave, szerk. előszó (1943). *Correspondance de Richard Wagner et de Franz Liszt*. Ford. Schmidt, Louis – Lacant, Jacques. Paris: Gallimard.
- Strobel, Gertrud – Wolf, Werner, szerk. (1983). *Richard Wagner: Sämtliche Briefe*, Bd. 3: Briefe der Jahre 1849–1851. Leipzig: VEB Deutscher Verlag für Musik.
- Kesting, Hanjo, szerk. (1988). *Franz Liszt–Richard Wagner Briefwechsel*. Frankfurt am Main: Insel Verlag.
- Liébert, Georges, szerk. (2013). *Franz Liszt–Richard Wagner: Correspondance*. Ford. Schmidt, Louis – Lacant, Jacques. Paris: Gallimard.

b) Egyéb

- Deathridge, John – Döge, Klaus, szerk. (1996; 1998; 2000). *Richard Wagner: Sämtliche Werke, Bd. 7/I–III: Lohengrin*. Mainz: Schott.
- Deathridge, John – Döge, Klaus, szerk. (2007). *Richard Wagner: Lohengrin*. London etc.: Eulenburg.
- Eckhardt Mária, szerk., ford. (1989). *Liszt Ferenc válogatott levelei (1824–1861)*. Budapest: Zeneműkiadó.
- Nectoux, Jean-Michel (1987). „Trois orchestres parisiens en 1830: L’Académie Royale de Musique, le Théâtre-Italien, et la Société des Concerts du Conservatoire”. In: Bloom, Peter, szerk. *Music in Paris in the Eighteen-Thirties*. Stuyvesant, NY: Pendragon, 471–507.
- Pohl, Richard, szerk. (1855). *Jahrbuch des Großherzoglich Weimarischen Hof-Theaters und der Hof-Kapelle*. Weimar: Böhlau.
- RWM Richard Wagner Museum Bayreuth (letöltés: 2025. szept. 28.). <https://digital.wagnermuseum.de/>.
- Wagner, Richard (1852). *Drei Operndichtungen nebst einer Mitteilung an seine Freunde als Vorwort*. Leipzig: Breitkopf und Härtel.

Bach, *continuo* és billentyűs hangszerek az amerikai keleti parton a 20. század elején

Bach, *Continuo*, and Keyboard Instruments on the East Coast of the United States at the Beginning of the 20th Century

Péteri Lóránt

PhD, habilitált egyetemi tanár, Liszt Ferenc Zeneművészeti Egyetem Zenetudományi Tanszék, Budapest
peteri.lorant@zeneakademia.hu

Összefoglalás

Tanulmányomban azon kérdés megválaszolásához igyekszem hozzájárulni, hogy a 20. század első évtizedében milyen mennyiségben és milyen formában volt elérhető Johann Sebastian Bach zenéje New York, illetve az amerikai keleti part közönsége számára. Elsősorban a zenekari szvitek repertoárban betöltött szerepére összpontosítok. Különösképpen érdekel az a válasz, amelyet ezek a Bach-produkciók a *continuo*, a hangszerválasztás és a hangzásarányok kihívásaira adtak. Digitalizált sajtó- és archívumi forrásokra alapozva jelen írás feltárja azt a diskurzust is, amely a felmerülő zenei megoldásokról a korabeli amerikai nyilvánosságban folyt.

Abstract

This paper examines the quantitative and qualitative features of performances of Johann Sebastian Bach's music in New York and on the East Coast of the United States during the first decade of the 20th century. My main focus is the position of the orchestral suites in the repertoire. I am particularly interested in how these Bach productions responded to the challenges of realizing the *continuo*, the choice of instruments, and the balance of sound. Based on digitized press and archival sources, the paper also explores the discourse that emerged in the American public sphere during this period in relation to the evolving musical solutions.

Kulcsszavak: Gustav Mahler, New York-i Filharmonikusok, előadói gyakorlat, átdolgozások, Arnold Dolmetsch

Keywords: Gustav Mahler, New York Philharmonic, performance practice, arrangements, Arnold Dolmetsch

Komlós Katalinnak, szeretettel

„Nemrégiben különös élvezetet leltem egy Bach-koncertben, amelyhez a *basso continuo*-t orgonára alkalmaztam, és amelyet a Steinway által e célra preparált, nagyon erős hangú spinét mellől vezényeltem, és e hangszeren improvizáltam – egészen a régiek stílusában. Számomra (és a hallgatók számára is) egész meglepő dolgok jöttek ki ebből. – Mintha reflektorfénnyel világították vol-

na meg ezt a rég eltemetett irodalmat. Erősebb hatást gyakorolt (a hangszín szempontjából is), mint bármelyik modern mű.” (Mahler 1996, 395)

A zeneszerző Gustav Mahler, ez idő tájt egyszersmind a New York-i Filharmonikusok első karmestere, barátjához és személyes pénzügyei öréhez, a bécsi bankigazgató Paul Hammerschlaghoz intézte e sorokat. Levelét nem sokkal az után írta, hogy 1909. november 10-én, a Carnegie Hallban, a New York-i Filharmonikusok élén bemutatta összeállítást, amelyet Johann Sebastian Bach zenekari szvitjeinek átdolgozott tételeiből készített (Péteri 2023, 106). Az ekkor ötvenedik életévében járó két férfiú személyes kapcsolata Mahler bécsi operaigazgatói működésének idejére vezethető vissza. 1905 nyarán a Hammerschlag család Mahlerék nyaralója közelében, a Wörthi-tó partján bérelt házat. Az összhangot nem csupán a természet szeretete, a séták és kirándulások iránti szenvedély teremtette meg Mahler és Hammerschlag között, de legalább ennyire a bécsi zenei életben szerteágazó kapcsolatokkal rendelkező, mecénásként is fontos szerepet játszó bankár kitartó érdeklődése Mahler szakmai munkája iránt (La Grange 1999, 236, 436, 443, 447; Permoser 2019). 1908 nyarán Hammerschlag és felesége már új, toblachi nyaralójában kereste fel a Mahler családot. A beszélgetések során a zeneszerző kifejezésre juttatta érdeklődését a tradicionális kínai zene iránt. Bécsbe hazatérve a bankár kínai zenei felvételeket tartalmazó fonográfhangereket vásárolt Mahlernek – ezzel alighanem elősegítve a klasszikus kínai költészetet német fordításban megzenésítő, zenei egzotikumban bővelkedő szimfonikus dalciklus, a *Dal a Földről* (Das Lied von der Erde) alakot öltését (La Grange 2008, 211). Hammerschlag, aki egyik alapítója volt az 1900-ban létrejött Bécsi Hangversenyegyesületnek (*Wiener Concert-Verein*), baráti viszonyt ápolt a nagy hatású zeneteoretikussal, Heinrich Schenkerrel is (Bent, „Paul Hammerschlag [Dr.]”), így talán azon sem kell csodálkoznunk, hogy 1909-ben Mahler a zenei előadási gyakorlat minő részletkérdéseivel traktálta őt az óceán túlsópartjáról.

A levélrészlet kulcsfogalma a gyakorta röviden *continuo*ként emlegetett *basso continuo*, vagyis a 16. század végétől a 19. század elejéig ívelő korszak előadói praxisának egyik alapvető jelensége. A *continuo* elidegeníthetetlen eleme a barokk zenének, de jelenléte nem szűkíthető erre a stíluskorszakra. A *continuo*-játékos vagy -játékosok feladata, hogy a zeneműnek a kottában rögzített legmélyebb fekvésű szólama, azaz a basszus alapján rögtönözzenek harmóniai kíséretet, amely támogatja, de egyszersmind gazdagítja is az előadásban közreműködő további hangszeres, illetve vokális szólamok összjátékát. Hogy milyen akkordoknak kell megszólalniuk a basszusszólam egyes hangjai felett, arra a zeneszerző a kottasor fölé írt számokkal utalhat. Az akkordok felrakása, összefűzése, megszólaltatásuk regisztere, modora, díszítése azonban ebben az esetben is improvizáció során bontakozik ki. A *continuo*t egy vagy több muzsikussal szólaltathatja meg: a praxis hosszú története során fontos szerepet kaptak billentyűs (például: orgona, csembaló), pengetős (például: theorba, lant, gitár) és vonós (például cselló) hangszerek is. A gyakorlat mind erőteljesebb visszaszorulása mellett két műfaj volt, amely a *continuo*-játékot – némiképp zárványszerűen – a 19. század

első felében még éltette: az olasz vígopera (opera buffa) és az egyházzene (Williams–Ledbetter 2001). Érthető tehát Mahler büszkesége, amikor 1909 őszén arról számolt be: „egészen a régiek stílusában” improvizált, s irányította billentyűs hangszer mellől együttesét.

A fent idézett levélben szóba kerülő Bach-átdolgozást az első néhány megszólaltatás után Mahler nyomtatásban is közreadta. Bár a partitúra, amelyre a továbbiakban Mahler *Bach-szvit*jeként utalok, részletesen kidolgozott continuo-szólamot tartalmaz, Mahler lábjegyzete mégis szabad rögtönzésre biztatja az előadót (Mahler 1910, 1). Az orgona, amelynek jelenlétére a Hammerschlaghoz intézett levél utal, a *Bach-szvit*nek csupán I. tételében társul a csembaló mellé continuo-hangszerként; ez a tétel egyébként az *Ouverture* a h-moll szvitből (BWV 1067). A h-moll szvit *Rondeau*-jának és *Badinerie*-jének összekapcsolásából jött létre a *Bach-szvit* II. tétele – ebben, és a művet záró IV. tételben (*Gavotte I* és *Gavotte II* a D-dúr szvitből, BWV 1068) a continuo kivitelezése a csembalóra hárul. A III. tétel (*Air* a D-dúr szvitből, BWV 1068) hangszer összeállítása csupán egyszólamú vonós-continuuóra szorítkozik. A basso continuo talpazatát egyébként a többi tételben is a csellók és nagybőgők *colla parte* játéka biztosítja (e mélyvonósok tehát egy oktáv különbséggel ugyanazt a szólamot adják elő).

A Mahler levelében emlegetett „spinétet” – valójában módosított mechanikájú modern zongorát – a Steinway cég a Metropolitan Opera megrendelésére, egyedileg gyártotta le. Egy *baby grand* zongora kalapácsaira szegecseket illesztettek azzal a céllal, hogy a hangszín a csembalóéra emlékeztessen, ugyanakkor a hang volumene megfeleljen a modern zenekari és operaházi hangzásarányoknak. Az 1906-ban használatba vett hangszerhez hozzáfért több New York-i együttes és zenei intézmény is (Wagner 2006, 59–61). Az instrumentum Mahler által emlegetett impozáns hangerejére annál is inkább szükség lehetett, hiszen a *Bach-szvit* megszólaltatásaiban igen nagy létszámú együttes vett részt. 1911 februárjában, amikor Mahler és a New York-i Filharmonikusok Új-Anglia városaiban turnézta, a darabot 16 első hegedűs, 12 második hegedűs, 8 brácsás, 10 csellista és 8 nagybőgős közreműködésével adták elő („The Philharmonic Society” 1911, 6).¹

Mahler korábban idézett állítását, miszerint Bach zenekari szvitjei „rég eltemetett irodalomnak” számítottak volna ekkortájt, érdemes lehet árnyalni. A szálak felgöngyölítésében nem kívánok visszatérni a *Máté-passió* Felix Mendelssohn által vezényelt 1829. március 11-i, berlini előadásához. Írásom hátralévő részében inkább azzal foglalkozom, hogy a 20. század első évtizedében milyen mennyiségben és milyen formában volt elérhető Bach zenéje New York, illetve az amerikai keleti part közönsége számára. Különösképpen érdekel az a válasz, amelyet ezek a Bach-produkciók a continuo, a hangszerválasztás és a hangzásarányok kihívásaira adtak, továbbá az a diskurzus, mely a felmerülő megoldásokról a korabeli amerikai nyilvánosságban folyt.

¹ Mahler partitúrája a fúvós- és üstdobszólamokat illetően hűséges Bach eredetijéhez, bár az átdolgozáshoz fűzött jegyzet szerint az első két tétel fuvalaszólóját *unisono* játszó további fuvalakkal, sőt szükség estén klarinétal kell megerősíteni a hangos (forte) szakaszokban (Mahler 1910, 1).

Johann Sebastian Bach zenéje már a 19. század második felében is jelen volt New Yorkban; a D-dúr zenekari szvitet (BWV 1068) 1867-től, a h-moll szvitet 1874-től kezdve többször is megszólaltatták (Greer 2003, 59–66). A 20. század első évtizedében azonban figyelemre méltó emelkedés tapasztalható az előadások számában. 1899 és 1909 között csak a Carnegie Hallban 159 alkalommal adtak elő Bach-művet (ami évi átlagban majdnem 16 előadást jelent).² A New York-i Szimfonikus Zenekar 1903-ban előadott öt tételt a h-moll szvitből, Frank Damrosch vezényletével.³ Fivére, Walter Damrosch, az együttes első karmestere ugyanennek a műnek a részleteit vezényelte 1906-ban és 1907-ben New Yorkban, illetve a zenekar belföldi turnéján (Toff 2005, 99).⁴ Mindössze tizenhét nappal Mahler *Bach-szvitjének* bemutatója után, s éppen annak helyszínén játszotta el a New York-i Szimfonikus Zenekar a teljes h-moll szvitet, az együttes ifjúsági koncertsorozatának nyitóeseményén, Walter Damrosch irányításával.⁵ 1907-es New York-i turnéi során a Bostoni Szimfonikus Zenekar Karl Muck vezényletével kétszer is megszólaltatta a h-moll szvit Hans von Bülow-féle, 1892-ben született előadási változatát.⁶ A Bülow által berendezett partitúra nem tartalmazza Bach számozott basszusát: a számozás nélküli *continuo*-szólamot hol oktávban játszó csellókra és nagybőgőkre, hol csak csellókra, hol pedig szólócsellóra osztja ki (Bach 1892). Míg tehát a tulajdonképpeni *continuo* ez utóbbi produkciókból bizonyosan hiányzott, addig Frank Damrosch 1908-ban, New Yorkban ugyanazt a „csembalóhatású”, átalakított zongorát használta a *Máté-passió* szimfonikus előadásához, mint amit nem sokkal később Mahler is alkalmazott a *Bach-szvit* megszólaltatásakor (Wagner 2006, 59–61). A D-dúr zenekari szvitet (BWV 1068) játszotta 1906-os New York-i vendégelőadása alkalmával a Bostoni Szimfonikus Zenekar, Wilhelm Gericke vezényletével.⁷

Ám a New York-i közönség a romantikus, illetve szimfonikus jellegű Bach-interpretációk mellett megismerkedhetett a barokk zene történeti hitelességre törekvő

² Az 1899. november 10. és 1909. november 9. között tartott előadásokhoz lásd „Performance History Search [Carnegie Hall]”.

³ A Symphony Concert for Young People programfüzete. 1903. november 28. („Complete Program of Symphony Concert for Young People...”).

⁴ 1906. november 10-i (másnap megismételt) hangverseny programja „1906 Nov 10, 11 / Subscription Season / Damrosch”; 1907. január 19-i hangverseny programja „1907 Jan 19 / Young People’s Concert / Damrosch”.

⁵ A Symphony Concerts for Young People programfüzete. 1909. november 27. „Complete Program of Symphony Concert for Young People”.

⁶ A Bostoni Szimfonikus Zenekar 1907. március 23-i („Complete Program of Boston Symphony Orchestra March, 23, 1907”) és 1907. november 7-i („Complete Program of Boston Symphony Orchestra, November 7, 1907”) hangversenyének programfüzete.

⁷ A Bostoni Szimfonikus Zenekar 1906. március 15-i hangversenyének programfüzete „Complete Program of Boston Symphony Orchestra, March 15, 1906”. Ugyanezen mű *Ouverture*-je szerepelt a Bostoni Szimfonikus Zenekar 1908. február 20-i hangversenyén is, az előadást Karl Muck vezényelte, lásd az esemény programfüzetét „Complete Program of Boston Symphony Orchestra, February 20, 1908”.

előadási gyakorlatával is. A historikus szemlélet hatása elsősorban Boston felől érte New Yorkot. A francia születésű brit muzsikusként és hangszerépítőként Arnold Dolmetsch, aki úttörő szerepet vállalt a barokk hangszeres zene eredeti instrumentumokon történő megszólaltatásában, zenész társaival 1903-ban járt először az Egyesült Államokban; turnéjuk során felléptek New Yorkban és más városokban. Dolmetsch és muzikusai műsorán egy *Bach-concerto* is szerepelt, az általuk használt hangszerek között pedig volt egy eredeti, 18. századi csembaló, a neves angol hangszerkészítő, Jacob Kirkman gyártmánya. Az 1904-es második turnét követően Dolmetsch leszerződött a bostoni Chickering & Sons hangszergyárral reneszánsz és barokk hangszerek (köztük vonósok, pengetősök és billentyűsök) gyártására (Palmer 1989).⁸ 1909 februárjában Dolmetsch és zenésztársai Bach-estet adtak Bostonban. Műsorra tűzték a h-moll szvitet is, amelyet egy fuvalából, négy hegedűből (első és második hegedűszólam együttléve), két brácsából, valamint continuo-csoportból (egy cselló, egy nagybőgő és egy csembaló) álló együttes szólaltatott meg (E. B. H. 1909, 17). A fuvalaszólót az az André Maquarre játszotta, aki ugyanezt a szólamot 1906 és 1915 között tizenhat előadáson játszotta a Bostoni Szimfonikus Zenekarral, köztük a fentebb említett New York-i vendégszereplések alkalmával is („Performance History Search [Boston]”).

A cambridge-i (Massachusetts, USA) születésű Arthur Whiting, aki az 1885-tel kezdődő évtized során Bostonban dolgozott, 1907-ben csembaló szólóestet adott New Yorkban, amely alkalommal Dolmetsch bostoni műhelyéből származó hangszeren játszott (Palmer 1989).⁹ Whiting barokk kamaraegyüttest alapított, amelyhez 1909-ben csatlakozott a fuvalista Georges Barrère, aki 1906 és 1927 között ötször játszotta a h-moll szvit szólóját a New York-i Szimfonikusok előadásain (Toff 2005, 90, 99, 105–108; „Search the Digital Archives”).

A szimfonikus megközelítés és az autenticista szándékok sajátos elegyét kínálta Bach 3. brandenburgi versenyének (BWV 1048) az a produkciója, amelyet a Bostoni Szimfonikus Zenekar 1910 novemberében mutatott be a manhattani közönségnek. A continuo szólamban olyan csembalókat alkalmaztak, amelyeket „Bostonban gyártottak, a régi hangszerek utánzataként”, a Chickering & Sons gyárban, minden bizonnyal Dolmetsch műhelyében.¹⁰ Az előadáson az együttes első karmestere, Max Fiedler vezényelt, aki „a rendelkezésére álló teljes vonóskart” felvonultatta, éles ellentétben Bach három-három hegedűből, brácsából és csellóból, valamint egy *violonéból* álló eredeti hangszereléssel. A kíváncsiaknak vélt hangzásarányok elérése érdekében ugyanakkor a continuo-csoportban „két, *unisono* játszó csembalót” alkalmazott

⁸ A könyv oldalszámozás nélküli online változatát használtam, adataim a 2. fejezetből („An Explorer Arrives: Arnold Dolmetsch”) származnak.

⁹ A könyv oldalszámozás nélküli online változatát használtam, adataim a 3. fejezetből („Dolmetsch’s American Legacy”) származnak.

¹⁰ A Bostoni Szimfonikus Zenekar 1910. november 10-i hangversenyének programfüzete, „Boston Symphony Orchestra Concert Programs, 1910–1911...”.

(„Boston Symphony Concert” 1910, 9). Vagyis a két billentyűs hangszer ugyanazt az előre rögzített zenei anyagot játszotta, ami egyszersmind azt is jelentette, hogy az improvizációnak előadásukban még véletlenül sem maradt tere.

A *Máté-passió*nak egy előadói megközelítés szempontjából ugyancsak hibrid interpretációja lehetővé tette, hogy Mahler zenekari muzsikusi együtt dolgozzanak Arnold Dolmetsch-csel, éppen abban az időben, amikor a New York-i Filharmonikusok kimagaszló gyakorisággal tűzte műsorára a *Bach-szvitet*. A liturgikus művet Montclair (New Jersey) Ötödik Bach Fesztiváljának nyitóeseményeként szólaltatták meg – az előadást ugyanakkor az első kongregacionalista egyház templomi szertartásába is beemelték 1910. május 20-án (a passió I. része) és másnap (a passió II. része). Az összesen 250 tagú kórust kísérő, együttesen 50 főt kitevő kettős zenekar muzsikusait „a New York-i Filharmoniai Társaság soraiból toborozták, amelynek Gustav Mahler, Bach kitartó és odaadó tolmácsolója az igazgatója”. A csembalóból és négy vonóshangszerből álló *continuo*-csoport billentyűse Dolmetsch volt, az előadást egy fiatal egyházzenesész és orgonista, Clarence Dickinson vezényelte (Plummer 1910, 46).

Mahler és a New York-i Filharmonikusok produkciója, a *Bach-szvit* nagy népszerűsége tett szert az amerikai közönség körében. 1909 novembere és 1911 februárja között az átdolgozás 19 alkalommal szólalt meg előadásukban, New York mellett Új-Anglia és a Nagy-tavak vidékének városaiban (Péteri 2023, 109–111). Ez a népszerűség azonban nem óvta meg a *Bach-szvitet* attól, hogy eklektikáját a historikus előadási gyakorlat szószólói megbírálják. A korabeli, keleti parti autenticista álláspont alapvetéseit jól illusztrálják Arthur Whiting egykori zongorista növendékének, a zeneszerző és zenekritikus Edward Burlingame Hillnek a szavai. A Bostonban működő muzsikusz az alábbiakban látta Arnold Dolmetsch Bach-interpretációinak fő erőnyeit:

„Éles meglátása annak, hogy a régi hangszerek használata nélkülözhetetlen; teljes összhang a díszítések eredeti értelmezésével; és méginkább az a készség, hogy inkább hagyja a zenét saját korának idiomájában megszólalni, semmint, hogy természetlen szentségtörésként megkísérelné modernizálni annak érzésvilágát.” (E. B. H. 1909, 17)

A historikus előadási ideál szempontjából nem voltak kielégítőek Max Fiedler és Mahler arra irányuló „próbálkozásai [...], hogy felélesszék a számozott basszus kíséretet, amelyet egykor a karmester csembalón rögtönzött”. Míg a kritika szerint a Mahler által használt, átalakított Steinway zongora nem segítette elő a Bach-művek „eredeti atmoszférájának visszatérését”, addig Fiedler fent említett produkciójának *unisonó*-ban játszó két csembalója „szinte semmilyen hatást nem keltett a vonósok hadseregével szemben” („Boston Symphony Concert” 1910, 9). Egyes zenekritikusok felrötták Mahlernek, hogy a *Bach-szvit*ben összezavarta a barokk zeneszerző eredeti műveinek tételrendjét, mások szívesebben hallottak volna az átalakított zongora helyett igazi csembalót (sőt klavichordot), és az alkalmazottnál karcsúbb, transzparensabb hangzású vonóskart szorgalmaztak (La Grange 2008, 568; Wagner 2006, 76, 125).

Az adott korban és az adott környezetben Mahler vállalkozásának egyik legkülönlegesebb vonása mindenesetre az a „perszonálunió” volt, hogy a karmester a billentyűs hangszernél ülve, a continuót játszva irányította a nagy létszámú zenekart. Ezt a megoldást a zenekritika és az előadást beharangozó hirdetések többnyire Mahler személyes bravúrként, rendkívüli előadói teljesítményként méltatták. A Mahler által kidolgozott, szabad rögtönzéssel elegy, egyes szakaszokban önálló tematikus értékkel bíró continuo elhangzásait gyakran szólisztikus megnyilvánulásként értékelték (Péteri 2023, 115–116). Akadt azonban olyan is, aki Mahler eljárását imponáló alapos-sággal helyezte releváns történeti szövegösszefüggésbe.

Jennie Irene Mix lebilincselően sokoldalú hölgy lehetett. 1904 és 1918 között a *Pittsburgh Post* zenekritikusaként és zenei publicistájaként működött, írt regényt, és 1912-ben megjelent egy iskolásoknak szóló tudományos ismeretterjesztő könyve is, amely a dinoszauruszok világát mutatta be (Mix 1912). 1925-ben bekövetkezett halála előtt egy éven át vezetett zenei rádióműsorokról szóló rovatot a *Radio Broadcast* című amerikai magazinban („The Listeners’ Point of View” 1925, 343). Mix egy 1910-ben született írásában Carl Philipp Emanuel Bach elméleti munkájának idézetével bizonyította, hogy a Mahler által gyakorolt, billentyűs hangszer mellőli vezénylés történetileg hitelesnek tekinthető. A Johann Sebastian Bach fiától származó szövegrész azt ecseteli, hogy a *Clavier* hangja miként tartja egyben az előadást, fogja össze a zenekari muzsikuskor játékát, és segíti a helyes tempó fenntartását (Mix 1910, 11). A Mix cikkében angolul, pontos hivatkozás nélkül közölt idézet forrása C. P. E. Bach *Versuch über die wahre Art das Clavier zu spielen, I–II* (első kiadás: 1753, 1762) című munkája, amely „sokkal több, mint billentyűs tankönyv: a 18. századi zeneelmélet, esztétika és interpretáció átfogó enciklopédiája” (Komlós 2015, 24). A pontos *locus* az I. kötet „Bevezetés”-ének 9. paragrafusához tartozó terjedelmes lábjegyzet (Bach 1787, 5). Mix Bach-idézetének jelentőségét növeli, hogy a *Versuch* első angol nyelvű kiadása csak 1949-ben jelent meg (Bach 1949), bár az elméleti munka rövidebb részletei már korábban elérhetővé váltak modern, angol nyelvű publikációkban (Mitchell 1949, VII).

Összefoglalásként tehát megállapítható, hogy a 20. század elején az amerikai Keleti Part vibrálóan izgalmas és színes terepe volt a Bach-zene értelmezésének és a basso continuoval kapcsolatos előadói attitűdöknek. A historikus (autenticista), a szimfonikus (romantikus), valamint az e kettőt ötvöző megközelítések jelenlétéhez egyaránt hozzájárultak az Egyesült Államokban született és a Közép-, illetve Nyugat-Európából érkező muzsikuskok.

Epilógusként hadd térjek vissza az írásom elején bemutatott bankár, Paul Hammerschlag köréhez. Hammerschlag barátja, a Bécsben működő Heinrich Schenker 1908-ban, tehát a Mahler-féle *Bach-szvit* bemutatása előtt nem sokkal írt lényeglátó „Bevezető”-t C. Ph. E. Bach billentyűs műveire (Komlós 2015, 23). Talán nem kell csodálkoznunk, hogy a nagy zeneelmélet-író „hihetetlen dilettantizmusról” panaszkodott naplójában, amikor egy rádióközvetítés révén, 1929 októberében először hallhatta Mahler *Bach-szvit*jét. Schenker, a tonális harmóniai rend korszakos értelmezője nem tudta megbocsátani Mahlernek, hogy megbontotta Bach eredeti műveinek hang-

nemi egységét. A hangversenyt egyébként Franz Schalk vezényelte, az átdolgozás az osztrák szociáldemokraták kultúrpolitikai programja által ihletett hangverseny-sorozat, az 1905 óta megrendezett *Arbeiter-Symphoniekonzerte* keretében hangzott fel (Heinrich Schenker 1929. október 19-i naplóbejegyzése, „Diary entry by Schenker October 19, 1929”). Ám Bach zenekari szvitjeit az 1920-as évek végén nem csak bécsi munkások és zenetudósok hallgatták. Az inkriminált rádióközvetítéssel lényegében egy időben, 1928-ban jelent meg Aldous Huxley *Point Counter Point* (Pont és ellenpont) című regénye. Ennek második, önmagában véve is polifonikus szerkezetű nagy jelenete rögzíti azt az ikonikus jelentőséget és szimbolikus szerepet, amellyel J. S. Bach h-moll zenekari szvitjét az első világháború utáni nyugati kultúra felruházta. A zenemű egy előkelő londoni rezidencián, privát koncert keretében hangzik fel. Huxley aprólékosan beszámol az előadás fiatal karmesteréről, a Pongileoni nevű fuvolistáról, valamint a „tucatnyi, névtelen” vonósról (Huxley 1983, 36). E felsorolásból – de főleg abból, ami nem szerepel benne – arra kell következtetnünk, hogy a *continuo* akkordikus megvalósítását a fiktív hangverseny hallgatósága nélkülözni volt kénytelen.

Irodalomjegyzék

- „1906 Nov 10, 11 / Subscription Season / Damrosch”. Program ID 8167. *New York Philharmonic Shelby White & Leon Levy Digital Archives* (1906. nov. 10). <https://archives.nyphil.org/index.php/artifact/56f86d9f-2e6a-4288-bb3d-fb1bf3741e68-0.1>.
- „1907 Jan 19 / Young People’s Concert / Damrosch”. Program ID 13828. *New York Philharmonic Shelby White & Leon Levy Digital Archives* (1907. jan. 19). <https://archives.nyphil.org/index.php/artifact/be624b32-57f8-49ff-819e-52c02b562219-0.1>.
- Bach, Carl Philipp Emanuel (1787). *Versuch über die wahre Art das Clavier zu spielen I*. Leipzig: Im Schwickertschen Verlage. <https://digitale-sammlungen.ulb.uni-bonn.de/content/zoom/5517734>.
- Bach, Carl Philipp Emanuel (1949). *Essay on the True Art of Playing Keyboard Instruments*. Ford. Mitchell, William J. New York, NY: Norton Company.
- Bach, Joh. Seb. [Johann Sebastian] (1892). *Suite in H moll*. Közr. Hans von Bülow. Leipzig: Jos. Aibl Verlag.
- Bent, Ian. „Paul Hammerschlag (Dr.)”. *Schenker Documents Online* (letöltés: 2025. szept. 29.). <https://schenkerdocumentsonline.org/profiles/person/entity-000328.html#correspondence>.
- „Boston Symphony Concert”. *The New York Times* (1910. nov. 11.), 9.
- „Boston Symphony Orchestra Concert Programs, 1910–1911, Trip, Season 30”. *Internet Archive*. <https://archive.org/details/bostonsymphonyor1011bost/page/n653/mode/2up>.
- „Complete Program of Boston Symphony Orchestra, March 15, 1906”. CH170222. *Carnegie Hall* (1906. márc. 15.). <https://collections.carnegiehall.org/archive/Complete-program-of-Boston-Symphony-Orchestra--March-15--1906-2RRM1TJR5SAK.html>.
- „Complete Program of Boston Symphony Orchestra, March 23, 1907”. CH169745. *Carnegie Hall* (1907. márc. 23.). <https://collections.carnegiehall.org/archive/Complete-program-of-Boston-Symphony-Orchestra--March-23--1907-2RRM1TJV14LC.html>.
- „Complete Program of Boston Symphony Orchestra, November 7, 1907”, CH174585. *Carnegie Hall* (1907. nov. 7.). <https://collections.carnegiehall.org/archive/Complete-program-of-Boston-Symphony-Orchestra--November-7--1907-2RRM1TJ13VU9.html>.
- „Complete Program of Boston Symphony Orchestra, February 20, 1908”. CH174447. *Carnegie Hall* (1908. febr. 20.). <https://collections.carnegiehall.org/archive/Complete-program-of-Boston-Symphony-Orchestra--February-20--1908-2RRM1TJ1APJ5.html>.

- „Complete Program of Symphony Concert for Young People, November 28, 1903”. CH194331. *Carnegie Hall* (1903. nov. 28.). <https://collections.carnegiehall.org/archive/Complete-program-of-Symphony-Concert-for-Young-People--November-28--1903-2RRM1TR3OP0F.html>.
- „Complete Program of Symphony Concert for Young People, November 27, 1909”. CH179362. *Carnegie Hall* (1909. nov. 27.). <https://collections.carnegiehall.org/archive/Complete-program-of-Symphony-Concert-for-Young-People--November-27--1909-2RRM1TJ71R5I.html>.
- „Diary Entry by Schenker October 19, 1929”. Közr. Marko Deisinger. *Schenker Documents Online*, OJ 1/18, 900–901. https://schenkerdocumentsonline.org/documents/diaries/OJ-04-03_1929-10/r0019.html.
- E. B. H. [Hill, Edward Burlingame] (1909). „Music and Drama. A Concert of Bach’s Music by Mr. Dolmetsch”. *Boston Evening Transcript* (1909. febr. 10.), 17. https://www.digitalcommonwealth.org/book_viewer/commonwealth:bc38cf60j#?xywh=9634%2C8075%2C1925%2C924&cv=16.
- Greer, Mary J. (2003). „»The Public ... Would Probably Prefer Something that Appeals Less to the Brain and More to the Senses.« The Reception of Bach’s Music in New York City, 1855–1900”. In: Crist, Stephen A., szerk. *Bach Perspectives, V. Bach in America*. Urbana, IL: University of Illinois Press, 57–114.
- Huxley, Aldous (1983). *Pont és ellenpont*. Ford. Látó Anna. Budapest: Európa Könyvkiadó.
- Komlós Katalin (2015). „Carl Philipp Emanuel Bach ma”. In: Komlós Katalin. *Tanulmányok a 18. századi zene történetéből*. Budapest: Rózsavölgyi és Társa, 23–29.
- La Grange, Henry-Louis de (1999). *Gustav Mahler III. Vienna: Triumph and Disillusion (1904–1907)*. Oxford–New York: Oxford University Press.
- La Grange, Henry-Louis de (2008). *Gustav Mahler IV. A New Life Cut Short (1907–1911)*. Oxford–New York: Oxford University Press.
- Mahler, Gustav (1910). *Suite aus den Orchesterwerken von Joh. Seb. Bach mit ausgeführtem Continuo*. New York, NY: G. Schirmer.
- Mahler, Gustav (1996). *Briefe*. Szerk. Herta Blaukopf. Bécs: Paul Zsolnay.
- Mitchell, William J. (1949). „Preface”. In: Bach, Carl Philipp Emanuel. *Essay on the True Art of Playing Keyboard Instruments*. New York, NY: Norton Company, VII–IX.
- Mix, Jennie Irene (1910). „Musical Comments and Current Events”. *The Pittsburgh Post* (1910. ápr. 17.), 11.
- Mix, Jennie Irene (1912). *Mighty Animals. Being Short Talks About Some of The Animals Which Lived On This Earth Before Man Appeared*. New York, NY: American Book Company.
- Palmer, Larry (1989). *Harpsichord in America. A Twentieth-Century Revival*. Bloomington–Indianapolis, IN: Indiana University Press. <https://publish.iupress.indiana.edu/projects/harpsichord-in-america>.
- „Performance History Search”. *Boston Symphony Orchestra* (letöltés: 2025. okt. 2.). <https://archives.bso.org/>.
- Permoser, Manfred (2019). „Wiener Symphoniker”. In: Boisits, Barbara, szerk. *Oesterreichisches Musiklexikon Online*. <https://dx.doi.org/10.1553/0x0001e6db>.
- Péteri Lóránt (2023). „Mr. Mahler at the Harpsichord. Bach és Amerika”. In: Péteri Lóránt. *Gustav Mahler körút: Hét tanulmány*. Pécs: Kronosz Kiadó, 106–122.
- Plummer, Harry C. (1910). „A Bach Festival”. *Boston Evening Transcript* (1910. május 21.), 46.
- „The Listeners’ Point of View”. *Radio Broadcast* (1925. júl.), 343. <https://www.worldradiohistory.com/Archive-Radio-Broadcast/Radio-Broadcast-1925-07.pdf>.
- „The Philharmonic Society, And the Program Which This Famous New York Orchestra Will Play at Court Square Theater This Evening Under the Direction of Gustav Mahler”. *The Springfield Daily Republican* (1911. febr. 15.), 6.
- Toff, Nancy (2005). *Monarch of the Flute. The Life of Georges Barrère*. Oxford–New York: Oxford University Press.
- Wagner, Mary H. (2006). *Gustav Mahler and the New York Philharmonic Orchestra Tour America*. Lanham, MD: The Scarecrow Press.
- Williams, Peter – Ledbetter, David (2001). „Continuo”. *Grove Music Online* (2001. jan. 20.). <https://doi.org/10.1093/gmo/9781561592630.article.06353>.

Online archívumok és adatbázisok

Boston Symphony Orchestra, Performance History Search. <https://archives.bso.org/>.

Carnegie Hall, Performance History Search. <https://www.carnegiehall.org/About/History/Performance-History-Search>.

Digital Collections of the Carnegie Hall Susan W. Rose Archives. <https://collections.carnegiehall.org/archive/>.

Newspapers.com by Ancestry. <https://www.newspapers.com/>.

New York Philharmonic Shelby White & Leon Levy Digital Archives. <https://archives.nyphil.org/>.

Schenker Documents Online. <https://schenkerdocumentsonline.org>.

The New York Times TimesMachine. <https://timesmachine.nytimes.com/browser>.

Zenei üzenetek jelentésrétegei Bartók Béla és Geyer Stefi levelezésében

Layers of Meaning in Musical Messages in the Correspondence Between Béla Bartók and Stefi Geyer

Vikárius László

CSc, habilitált egyetemi tanár, Eötvös Loránd Tudományegyetem Humán Tudományok Kutatóközpontja
Zenetudományi Intézet Bartók Archivum, Budapest;
Liszt Ferenc Zeneművészeti Egyetem, Budapest
vikarius.laszlo@abtk.hu

Összefoglalás

A tanulmány a zeneszerző, zongoraművész, népzenekutató Bartók Béla (1881–1945) és a hegedűművész Geyer Stefi (1888–1956) 2024-ben közreadott 1907–1908-as levelezését vizsgálja. A két nagy tehetségű muzsikusz levelezésében kitüntetett szerepet játszanak a zenével kapcsolatos témák, utalások, s a vizsgálódás a leveleknek e „zenei” sajátosságaira irányul. Abból a megállapításból indul ki, hogy a két művész számára a zene a legsajátabb közös élményvilág, amelyen keresztül (különösen kottarészletekkel) sokszor alighanem mélyebb gondolati tartalmakat is kívánnak egymással közölni. A főbb témakörök, melyekben a zene kitüntetett szerepet játszik: Bartók első, zenetörténeti jelentőségű erdélyi magyar népzenei gyűjtéséhez kapcsolódó élményei és tudományos felfedezései (köztük a pentatónia jelentőségének korai felismerése), Max Reger újszerű zenéje, maga a zenei élmény jelenségének vizsgálata különösen Beethoven cisz-moll vonósnygyese és Wagner *Trisztán és Izoldája* kapcsán, Bartók Geyer számára készülő Hegedűversenyének komponálása, témái és értelmezése, illetve a zeneszerző levelekbe följegyzett alkalmi zenei rögtönzései.

Abstract

The article discusses the correspondence between composer, pianist, and ethnomusicologist Béla Bartók (1881–1945) and violinist Stefi Geyer (1888–1956), which was published in 2024. The correspondence between these two great musical talents features musical subjects and references prominently, and the investigation focuses on the “musical” characteristics of the letters. The investigation is based on the assumption that, through music (especially notated music), which formed a significant part of their shared experience, the two musicians often attempted to convey deeper thoughts to each other. The most important subjects where music plays a prominent role are as follows: Bartók’s experiences and scientific discoveries relating to his first collection of Hungarian folk music in Transylvania (including his early recognition of the importance of the pentatonic scale); Max Reger’s innovative music; an examination of musical experience itself, particularly in relation to Beethoven’s String Quartet in C-sharp minor and Wagner’s *Tristan und Isolde*; the composition, themes, and interpretation of Bartók’s Violin Concerto for Geyer; and Bartók’s occasional extempore musical ideas that he notated in his letters.

Kulcsszavak: Max Reger, zenetörténet, népzene gyűjtés, rejtett kommunikáció, rögtönzött zenei ötletek

Keywords: Max Reger, music history, collection of folk music, hidden communication, extempore musical ideas

A 26 éves zeneszerző, zongoraművész, népzenekutató Bartók Béla (1881–1945) és a 19 éves hegedűművész Geyer Stefi (1888–1956) 1907 tavaszán ismerkedett meg egymással a Zeneakadémia Liszt Ferenc téri új épületének avató ünnepségsorozatán. Hamarosan szoros muzsikusi barátság fejlődött ki közöttük. Az ismeretség legfőbb és legmesszebb ható lenyomatát Bartók korai Hegedűversenye¹ őrzi, melyet a hegedűművésznőnek – egyenesen az ő előadói személyiségére – komponált. A Hegedűverseny eredeti formájában csak haláluk után, 1958-ban került nyilvánosságra; egy bázeli Bartók-ünnepség keretében mutatták be, majd kottáját is közreadták. A kapcsolat másféle – „hétköznapiabb” – dokumentumait őrzi az időszakból szinte hiánytalanul fennmaradt levelezésük, mely nemrégiben jelenhetett meg Geyer életéhez kapcsolódó egyéb dokumentumokkal együtt (Váradi–Vikárius 2024). (A továbbiakban, ha leveleket egyéb kiadványra történő hivatkozás nélkül említünk, az utalás mindig erre a kötetre vonatkozik, jelzése a továbbiakban V. H.–V. L.) A fiataalkori kapcsolathoz szorosan hozzátartozó levelezés a kiadásban 63 számozott egységből áll. E dokumentumok sora 1907. május–június folyamán keletkezett, levelezőlapokon fennmaradt rövid üzenetektől 1907 nyarának–őszének részben mindkét oldalról igen terjedelmes levélkompozícióin és Bartók 1908 eleji naplóföljegyzésein át egészen az 1908. február–március folyamán fokozatosan lezáruló kapcsolat búcsúleveleig terjed.

A levelezést, mely sokáig alig volt ismert, elsősorban Bartók reménytelen szerelmének tanújaként tartotta számon a zenetörténeti tudat. Pedig az első ízben Demény János által közölt három kiemelkedően fontos Bartók-levél (Demény 1951, 65–81) már nyilvánvalóvá tette, hogy többről van szó. Ugyanis a zeneszerző lázadó ifjonti gondolatainak (1907. szeptember 6. és 11.), valamint 1907. nyári első nagy erdélyi gyűjtőútja élményeinek is (1907. augusztus 16.) elsőrendű forrásai e különösen kitárulkozó levelek. Ám hiába vált Paul Sacher jóvoltából Bartók szinte összes levele ismertté (Bartók 1979, a Paul Sacher Alapítvány kiadásában), csupán a teljes levélbeli párbeszéd ismeretében kapnak az eddig töredékesen ismert gondolatok valódi értelmet.

Az itt következő tanulmány a magyar nyelvű levelezés sajtó alá rendezése során fölmerült néhány olyan gondolat kifejtését kísérli meg, amelynek nem lett volna helye a közreadói megjegyzésekben. E gondolatok a két muzsikusi közötti kommunikációban központi szerepet játszó *zene* levélbeli megjelenési formáira és értelmére irányulnak. A levelek e „zenei” elemei is kizárólag az írásban folytatott párbeszéd mindkét felének ismeretében értelmezhetők. E megközelítéssel próbálunk meg betekintést nyerni a szövegekben megjelenő közvetlen kommunikációnál gyakran mélyebb, alighanem elsősorban a zenei olvasó számára feltáruló közlési rétegekbe.

¹ A Bartók Archívumban lehetőleg nem használjuk a mára már elterjedt 1. és 2. hegedűverseny megnevezést, mert a sorszámokat csak az utókor ragasztotta a műcímekhez. Inkább körülírjuk: korai Hegedűverseny (az 1907/1908-ban komponált és a szerző életében eredeti formájában kiadatlanul maradt mű), a nagy Hegedűverseny (a Székely Zoltán hegedűművész felkérésére 1937/1938-ban komponált mű).

A két különösen tehetséges fiatal muzsikus között kétségkívül igen mély szakmai barátság alakult ki. Ezt nyilvánvalóvá teszi a kapcsolat kibontakozásának lényegében egyetlen – szűk – tere és alkalmá: Geyerék otthona, ahova Bartók – akkor már zeneakadémiai zongoratanár – kamarazenélés kedvéért heti rendszerességgel látogatott el. A levelezés eleinte lényegében az időpont egyeztetésére szorítkozott. Ezért írhatta Bartók később – 1908. január 9-i naplóföljegyzésében –, hogy „[s]zinte alig hihetem, hogy én még nem is láttam őt erdőben, mezőn, hogy még nem tehettem vele néhány száz lépésnél többet!”. Ám már az ismeretség legelején felbukkannak sajátos – bizalmas közösséget teremtő – kifejezések, mindenekelőtt a „régerezés”: Max Reger akkor legmodernebbnek számító, vitatott műveinek játszása, amit Bartók magyarázatokkal kísért. Nem véletlen, hogy utóbb, 1907. július 27-i levelében Bartók kénytelen kifakadni: „Ó jaj! hát kikkel régerezik maga *még?*” De vajon Geyer teljesen ártatlanul hozta szóba az esetet? Így írt egy héttel korábbi levelében: „Képzelve csak, múlt kedden Reger Quintettjét játszottuk. Azt hiszem, hogy szép lehet, sajnos nem játszottuk végig, mert az urak mind leszavaztak, hogy az nem zene!”

Reger zenéje mellett azonban személye is a levélbeli társalkodás – és talán a lány részéről játékos vetélkedés – részévé vált, amikor Geyer hosszabb koncertturnéinak egyikén személyesen is megismerhette, sőt játszhatott is vele. 1907. november 28-i levelezőlapjára rákerült a német zeneszerző ismeretlenül Bartóknak szóló üdvözlete és aláírása: „Freundlichen Gruß Max Reger” (V. H.–V. L., 174). Geyer 1907. december 2-án föladott levelében további részleteket is elmesélt utóbb a találkozásról:

„Reger kártyáját úgy hiszem megkapta, láthatja abból, hogy együtt voltunk vele; ő sokkal sympatikusabb mint gondoltam. Nagyon kedves volt hozzám, előjátszotta zongorán az új hegedű concertjét, (a hegedűstimmet fűtyülte), azt hiszem nagyon szép.” (V. H.–V. L., 179)

Két héttel későbbi, december 17-i keltezésű levelében pedig levélváltásról és közös koncert lehetőségéről is írt (V. H.–V. L., 186). Ugyanitt egy további zeneszerző hegedűversenyének házi előadásáról is hírt adhatott: „Ma hallottam egy elég érdekes új hegedűconcertet Erich Wolfftól. Még kézirat, és a szerző csak úgy játszotta Skizzekből, de azt hiszem, szép lesz.” Hiány tehát nem volt zeneszerzői figyelemből.

A kapcsolat korai történetét ismerve különösnek tetszhet, hogy Geyer Bartókkal ebben az időszakban nyilvánosan soha nem lépett fel. Egyik utolsó, 1908. február 21-i leveléből kiderül (V. H.–V. L., 220), hogy mégiscsak fölmerült ennek lehetősége – csak már túl későn: „Hubay múltkor össze akart minket nála hozni; én azt mondtam, hogy összevesztünk – maradjunk meg annál.” (A baráti kapcsolat két évtizeddel későbbi felelevenítése kezdetén 1929–1930-ban játszanak majd végre közös koncerteken, főként Bartók szerzői esteken Svájcban.)

Az együtt muzsikálás egyszerre volt alkalmá az együttléteknél, s – óhatatlanul – egy érzelmi kapcsolat fokozatos kibontakozásának. De a levelezés mindkét fél számára fontos gondolatvilága, témáinak szövevénye ugyancsak közösséget teremtett.

Különösen, mivel, ahogy erre megint csak mindketten újra meg újra utalnak, szóban sok mindentről nehezükre esett megnyilatkozniuk, míg a levelezés ezt is pótolta. S a gondolatvilág, melyben a legkönnyebben osztoztak, érthető módon éppen a zenével kapcsolódott össze.

A legegyszerűbb megjelenési formája a zenére mint bizalmasságot teremtő közös nyelvre történő hivatkozás, a rövidítések s különösen a kottás rövidítések alkalmi, ötletszerű használata. Ilyen például az, amikor Dohnányi Ernő op. 1-es c-moll zongoraötösét Geyer „Dohnányi V-tettje”-ként (V. H.–V. L., 106), Bartók pedig egyszerűen kottával a kvint hangközt megadva említi (V. H.–V. L., 112).

Több, mindkét muzsikus életében meghatározó szerepet játszó zenei élmény megtárgyalása is része a dialógusnak. Bár Richard Strauss Bartók számára különösen fontos szimfonikus költeménye, az *Imigyen szóla Zarathustra* is rendszeresen szóba kerül, mindenekelőtt két mű játszik az egymással megosztott élményekben kitüntetett szerepet: Beethoven op. 131-es cisz-moll vonósnygyese és Wagner *Trisztán és Izoldája*. E műveket Bartók hozza szóba július 27-i levelében, s a zene kifejezéstartalma és az átéléshez szükséges érettség kérdéseit vizsgálja. A legfontosabb fejtegetés a cisz-moll kvartett megismerésének földézése:

„Jól emlékszem még: 14 éves koromban hallottam először Beethoven cis moll kvartettjét; rajongtam érte, meg akartam ismerni. Persze, ez nem ment olyan könnyen: a pénz nálunk szűken volt; várni kellett a következő karácsonyig, s akkor se a partitúráját kaptam, hanem a 4-kezes kivonatot, mert az olcsóbb.” (V. H.–V. L., 111)

A mű tanulmányozásának története mindjárt összekapcsolódik az érzelmi hatás kérdésének vizsgálatával, s itt kapcsolódik a vonósnygyes II. tételének idézett témájához a *Trisztán*-akkord rendkívüli érzelmi töltete, aminek átéréséhez felnőtt élettapasztalat szükséges, hisz „[h]ogy érezheti át egy gyermek ezt a megrendítő, világraszóló fájdalmat, amit ép[p]len ez az egy akkord kifejez?!” (V. H.–V. L., 112).

Geyer augusztus 10-i válaszában – mondhatni lelkiismeretesen – a kapott levélbeli fejtegetések minden lényeges pontjára kitér. Különösen figyelemreméltó, amit a cisz-moll vonósnygyessel kapcsolatos saját első élményeiről elmesél:

„Beethoven cis-moll-jával furcsán jártam. 11 éves koromban hallottam Joachimtól és nagyon tetszett, de nem annyira, hogy pl. tanulmányoztam volna. Pár nap alatt még a létezését is elfelejtettem, annyira, hogy ha kérdeztek, hogy ismerem-e, rámondtam, hogy nem, annyira nem emlékeztem, hogy valaha hallottam. Most 2 éve kezembe akadt az utolsó IV-tettek partitúrája és úgy szórakozottan kezdtem benne lapozgatni, hogy vajjon mit nem ismerek még belőlük. Ahogy a cisz mollra esik a szemem – egyszerre a fülemben cseng, ahogy azt Joachim játszotta – pontosan minden nuanceszal. Mintha csak előző nap hallottam volna. A könyvet letéve is eljutottam k.b.

az I rész közepéig emlékezetből, és pedig egész pontosan. Én magam legjobban csodálkoztam ezen, mert azt hittem, hogy egy kottát se ismerek belőle.” (V. H.–V. L., 118–119)

Túl a valóban csodálatra méltó korai zenei képesség leírásán, mintha – talán tudatalanul – incselkedő, versengő magatartás is felszínre törne. Bartók 14 éves korában hallotta, Geyer már 11 évesen! Bartók megvásárolta a kottát, és zongorán játszotta, míg kívülről nem tudta, Geyer, bár tökéletesen megfeledezett az első meghallgatás élményéről, mégis elraktározta zenei memóriájában, mégpedig olyan pontosan, hogy évekkel (a leírás szerint hat évvel később) saját meglepetésére is föl tudta idézni.

A levelek mélyebb rétegeiben megbúvó üzenetek különösen fontos hordozói a friss tudományos élményekhez kapcsolódó részletek. Ismét nem egyedül Bartóknál játszik ez szerepet, noha a népzene gyűjtéshez kapcsolódó szöveges és zenei utalások természetesen az ő leveleiben bukkannak fel legsűrűbben, és kapnak változatos jelentésrétegeket. Ám Geyer maga is eljátszik – nyilván nem egészen komolyan, ám a mindent komolyan vevő Bartók számára hihetően – a gondolattal, hogy akár maga is bekapcsolódhatna a gyűjtés munkájába. Föl is jegyez néhány hallott dalt (1907. július 8. és augusztus 25. V. H.–V. L., 98, illetve 130).

Bartók a maga részéről megosztja megfigyeléseinek egy részét, így mindjárt – kelőképpen tanáros modorban – tájékoztatja a pentatónia megjelenéséről a magyar népzene régi rétegeiben. 1907. július 14-én Csíkrákoson kelt levelében találjuk erről a valóban korszakosnak bizonyult tudományos felfedezésről szóló első tudósítást (V. H.–V. L., 102.). Ehhez elméleti magyarázat, a hangsor bemutatása és egy sor újonnan hallott és rögzített népdal följegyzése is tartozik. Nem véletlen az sem, bár ez már kitekint a levelezés közvetlen dokumentumcsoportjából, hogy e dalok válogatott darabjaiból áll össze az egy évtizeddel később kiegészített formában véglegesített *Nyolc magyar népdal* koncerteken gyakran magukban szereplő első öt száma (*Öt régi magyar népdal Csik megyéből*, vö. Lampert 2024, 64*). Ez a sorozat a felfedezés korszakának, de egyúttal a különös érzelmi kapcsolatnak is egyszerre állít emléket (vö. Büky 2024, 261).

Nem szorul különösebb rejtvényfejtésre, amikor Bartók november 26-i levelében – Geyer németországi koncertturnéja idején – „Egy újonnan föltalált ó-székely ballada”-töredéket „idéz” (V. H.–V. L., 173), vagyis alkalmaz saját élethelyzetük leírására tizenkettes hangsúlyos verselésű, részben rímeket is alkalmazó négysoros versszakokban. Elgondolkodtató azonban, hogy zárójelben a következő két valódi gyűjtött népdalbeli versszakot állítja mellé, megjegyezvén: „(Egy ismert változata így van:)”.

(Istenem istenem áraszd meg a vizet
had vigyen el engem apám kapujára
apám kapujáról anyám asztalára
Had tudják meg immár kihez adtak férjhez

Tüzes katonának, nagy hegyi tolvajnak
Ki most es oda van, keresztut állani
Egy pénzért-kettőért nem szán vért ontani
Egy vöröshagymáért embert gyilkolni)

Az idézett ballada nem másról, mint egy rosszul férjhez adott lányról szól. Véletlen lenne? Talán figyelmeztetés? Ugyanakkor a két szöveg kontrasztja talán még valamit érzékeltetni kíván. Hiszen az, amivel ő foglalkozik, szó szerint „véresen” komoly. Hogy az idézet aligha véletlenszerű, az is jól mutatja, hogy ugyanezt a népdalt – lát-szólag csak pentaton dallama miatt, ám mindkét versszakával – már július 14-i, említett levelében is citálta (V. H.–V. L., 101).

Bartókot változatos gyűjtési programja nemcsak magyar falvakba, hanem alkalmanként, különösen 1907. október–novemberében a felvidéki Zobordarázs (Dražovce) szlovák faluba is elvitte, ahonnan ismét különösen sok népdalt és szlovák népdalszöveget küldött Geyernek. (Ott s akkor készült a talán legismertebb fénykép, mely falusi környezetben népdalgyűjtés közben mutatja Bartókot a fonográf-fal és az énekeseivel.) Az utak egyike különleges szerepet játszott a kapcsolatban, hiszen miatta nem tudta meghallgatni Geyer budapesti fellépését a Vigadóban október 28-án. Ismét kérdés lehet, hogy csak a dallamok miatt idézi-e a képeslapok sorozatára följegyzett népdalokat, vagy esetleg valami alkalmi szövegbe bujtatott célzatosság is rejlik mögötte (V. H.–V. L., 162–166). A friss dallamok, melyek közül egyet-egyet ismét felhasznált későbbi kompozíciókban, mindenképp új élményekről visznek üzenetet.

Külön vizsgálandó a Bartók leveleiben szereplő eredeti kompozíciók rétege. Ez maga is két csoportra osztható: egyrészt igen fontosak a készülő Hegedűverseny formálódó anyagából idézett motívumok, témák, részletek. Talán leginkább az egész levélsorozat legfontosabb tárgya, a korai Hegedűverseny kapcsán érdemes megvizsgálnunk, hogy volt-e valóban – tudatos vagy tudattalan, játékos vagy komoly – versengés a levélben folytatott párbeszéd két szereplője között. A Hegedűverseny „vezérmotívumból” kibomló témáját, úgy tűnik, a zeneszerző Geyerék jászberényi nyaralójában 1907. június 28. és július 1. között tett rövid látogatása (ifj. Bartók Béla 2021, 97) végén, vagy közvetlenül utána jegyezte föl. A megjegyzés azonban, hogy „ez a maga »Leitmotiv«-ja”, először csak Bartók 1907. szeptember 11-i levelében jelenik meg – mégpedig egy zenei rögtönzés egy részletére (egy hangzatfelbontásra) vonatkozóan (V. H.–V. L., 150). A „névjegyet”, a zenei témát Bartók adta a lánynak, s ő is idézte, használta – hol megjegyzésekkel kísérve, hol *szavak helyett* – a legtöbbször. Ám Geyer egyértelműen magáévá tette, hiszen – mint erre a lány leveleinek megismerését követően már Dille is fölhívta igen korán a figyelmet (Dille 1965, 97) – ő maga is rendszeresen használta azt önmagára utalva. Így mindjárt szeptember 18-i levelében (V. H.–V. L., 153) *aláírás helyett* szerepel a motívum, mégpedig pontosan abban a hangnemben és formában, ahogy Bartók először „kimutatta” rögtönzésében, vagyis nem a Hegedűversenyben előforduló formájában, ahogy a továbbiakban mindketten rendszeresen hivatkoznak rá.

A Bartók szeptember 21-i levelének élén álló háromféle zenés „megszólítás” – a motívum alapformája és két alakváltozata – már közvetlen idézet a Hegedűversenyből. Ezt követően a készülő mű részleteinek idézése mellett a komponista elsősorban két témaalakot emel ki mint legjellemzőbbet, a két tétel élén álló, egymással zeneileg összefüggő, ám karakterében két gyökeresen eltérő formát. Az elsőt (d–fisz–a–cisz) „Idealbild”-nek, a másodikat (disz–fisz–aisz–cisz–e) „jászberényi valóság”-nak nevezi december 21-i levelében (V. H.–V. L., 190). Geyer pedig ugyancsak mindkét témát használta önmagára utalva. Geyer december 17-i levelének borítékján *feladó* helyett szerepel a második tétel témája „Nagyon bolondan” aláírással (V. H.–V. L., 188), mely akár az akkordfelbontás öt hangjának megszövegesítéseként is értelmezhető.

A „Leitmotiv”-nak a kapcsolatban játszott szerepe miatt különösen figyelemre-méltó az, amikor Geyer előadja, hogy Richard Strauss „*Don Quixote*”-ját hallotta, sőt a partitúrát is áttanulmányozta (V. H.–V. L., 169). Talált ugyanis benne egy fontos, visszatérő motívumot (a–cisz–d–h), melyet kétségkívül azért kottáz le, mert – kimondatlanul – közvetlen kapcsolatba hozhatónak lát Bartók Hegedűversenyének vezérmotívumával. A levélbe belefoglalt zenei idézet valóban mutat rokonságot Bartók „Leitmotiv”-jával. Vajon nem annak „eredetiségét” kívánja a hasonlóság kimutatásával megkérdőjelezni? Bartók kitűnően ismerte Strauss művét, s aligha érte meglepetésként a hasonlóság. Geyer kimondatlan – incselkedő? – kérdésére mindenestre nem reagált.

Egyetlen esetben, a szeptember 26-án írt rövid, főként kottás üzenetében Bartók egyfajta feladvánnyként küld Geyernek egy kétütemes részletet mintegy hangszerelési gyakorlatként (V. H.–V. L., 156). („Ezt a kíséretet vajjon hogyan hangszerelné?”) Bár Geyer szeptember 29-én kelt válaszelevele szerint „[a] maga dolga meg van már hangszerelve” (V. H.–V. L., 157), e részlet a levelezésben sajnos nem maradt fenn, így nem tudhatjuk, hogy Bartók végül is megkapta-e, s ha megkapta, figyelembe vette-e Geyer hangszerelését a Hegedűverseny végleges alakjának e pontján.

A levelezés több kompozíciós ötletet is tartalmaz. Ilyen például a Geyer által a hangszerelési gyakorlatra nyilvánvalóan méltó „válaszként” küldött feladat eredménye. A kérdő felszólítással – „de maga hogyan harmonizálná ezt meg?” – egy azonosítatlan, vélhetőleg saját maga által kitalált basszus témát jegyez föl és küld el Bartóknak. A levelezésnek az együtt megőrzött és a kiadásnál rendelkezésre álló dokumentumai között ugyan nincs nyoma Bartók válaszának, éppen a könyv megjelenése előtt bukkant fel aukción a levelezés e hiányzó láncszeme: „Így ni!” válasz felkiáltással indul egy töredék kottás oldalnyi zongorakompozíció (igazi rögtönzés) a megadott basszus témára. Jellemzője, hogy különösen intenzíven (demonstratívan) használja ismételtten a Geyer Stefi-„Leitmotiv”-ot. (A kottalap egy spanyol aukción 2024 márciusában tűnt fel. A darab tempójelzése *Adagio molto*, amit a „con molto espressione amoroso” előadói utasítás egészít ki.)

Végül ugyancsak rögtönzésként készült eredetileg Bartók válasza Geyer 1907. augusztus 10-i hosszú levelének végén föltett, s talán ártatlannak szánt, de a másik fél számára különös fontosságot nyert kérdésére, „Magát is szabad annak [ti. barátinak]

neveznem?” (V. H.–V. L., 119–120). Az augusztus 20-i válaszlévlél elején följegyzett kotta pedig ragyogó zenei improvizáció a „Szabad engem barátjának nevezni” szövegre (V. H.–V. L., 125–126). A zeneszerző lelkesedésében még magyarázatot is fűz hozzá: „Íme! mikor a hangulatfestéshez nem elegendő a monofónia, s hozzá kell járulni egy oboaszólónak, akkord kísérettel!” Ebből a rögtönzésből bontotta ki Bartók az 1. vonósnégyes utolsó tételét megelőző „Introduzione” alighanem keserűen ironikusba fordított zenéjét (Bónis 1992, 43–44, vö. Németh 2022, 12).

A levelekben központi szerepet játszó zenei utalások példái folytathatók lennének. Ám talán ennyi is megmutatja, hogy épp ezek révén a közös műveltséget és tapasztalatot jelentő elemek révén kísérrelhetjük meg a párbeszéd mélyebb – rejtettebb – rétegeinek föltárását. Ezek részletesebb értelmezéséhez nem hagyható figyelmen kívül az egyes levlélrészletek helye az adott levélen belül, a levél helye a levelek egymásutánjában, a szerző részéről a leírás, a címzett részéről az olvasás adott pillanata, körülményei, s a pillanatban a kapcsolat dinamizmusának alakulása. Mégis, csupán így elkülönítve, típusokba rendezve lehetett külön vizsgálni az itt kifejezetten zenei témájuként – „jelrendszerüként” – kiemelt közlési réteget mint a két muzsikusz közötti kommunikáció talán legsajátabb, legintimebb gondolati rétegét.

Irodalomjegyzék

- Bartók Béla (1979). *Briefe an Stefi Geyer 1907–1908*. Ford. Nyikos Lajos. Basel: Paul Sacher Stiftung.
- Bartók Béla, ifj. (1921). *Bartók Béla életének krónikája*. Közr. Vásárhelyi Gábor – Virághalmy Ágnes. Budapest: Magyarországtudományi Intézet.
- Bartók Béla, ifj., szerk. (1981). *Bartók Béla családi levelei*. Budapest: Zeneműkiadó.
- Bónis Ferenc (1992). „Első hegedűverseny, első vonósnégyes: Bartók zeneszerzői pályájának fordulópontja”. In: Bónis Ferenc. *Hódolat Bartóknak és Kodálynak*. Budapest: Püski Kiadó, 32–46.
- Büky Virág (2024). „Este a székekelyeknél – furulyaszó Bartók műveiben”. In: Biró Viola – Vikárius László, szerk. *Bartókról, népzeneiről, zenetörténetről: Tanulmányok Lampert Vera tiszteletére*. Budapest: HUN-REN Bölcsészettudományi Kutatóközpont Zenetudományi Intézete, 251–272.
- Demény János, szerk. (1951). *Bartók Béla levelei (az utolsó két év gyűjtése)*. Budapest: Zeneműkiadó.
- Demény János, szerk. (1976). *Bartók Béla levelei*. Budapest: Zeneműkiadó.
- Dille, Denijs (1965). „Angaben zum Violinkonzert 1907, den Deux Portraits, dem Quartett op. 7 und den zwei rumänischen Tänzen”. *Documenta Bartókiana* 2. Budapest: Akadémiai Kiadó, 91–102.
- Lampert Vera (2024). „Bevezetés”. In: Bartók Béla. *Népdal-feldolgozások énekhangra és zongorára*. Közr. Lampert Vera – Biró Viola. Bartók Béla Zeneműveinek Kritikai Összkiadása 10. München–Budapest: Henle–Editio Musica Budapest Zeneműkiadó.
- Németh Zsombor (2022). *String Quartets Nos. 1–6 – Critical Commentary*. Közr. Németh Zsombor – Somfai László – Nakahara Yusuke. Bartók Béla Zeneműveinek Kritikai Összkiadása 30. München–Budapest: Henle–Editio Musica Budapest Zeneműkiadó.
- Váradi, Helga – Sackmann, Dominik, szerk. (2021). *Stefi Geyer: Materialien zu ihrer Biografie*. Bern: Peter Lang Verlag.
- Váradi Helga – Vikárius László, szerk. (2024). *Geyer Stefi hegedűművész élete – levelezése Bartók Bélával*. Budapest: Balassi Könyvkiadó.

„A világ leglustább levélírói”
*Dohnányi Ernő és Kenton Egon levelezése
az amerikai emigrációban*

“The world’s laziest letter writers”
*The Correspondence Between Ernst von Dohnányi and Egon Kenton
During Their Émigré Years in America*

Kusz Veronika

PhD, Eötvös Loránd Tudományegyetem Humán Tudományok Kutatóközpontja Zenetudományi Intézet, Budapest
Kusz.Veronika@abtk.hu

Összefoglalás

A Waldbauer–Kerpely-vonósnégyes, amely a 20. század első felének egyik legjelentősebb magyar kamarazenei társulása, s egyben az új magyar zene, azaz Bartók Béla és Kodály Zoltán műveinek propagálója volt, Dohnányi Ernő kompozícióit is gyakran műsorra tűzte. Kenton (Kornstein) Egon, aki 1912-től egy jó évtizeden át a vonósnégyes brácsásaként működött, a Dohnányival közös produkciók során kötött barátságot a zeneszerző-zongoraművésszel. Kenton 1923-ban aztán az Egyesült Államokba emigrált, és amikor Dohnányi a második világháború után, 1949-ben szintén Amerikában telepedett le, nagy örömmel köszöntötte a zeneszerzőt. Ettől fogva rendszeres levélkapcsolatban álltak, eszmét cseréltek az amerikai zeneéletéről, szakmai elfoglaltságaikról és az emigrációs lét nehézségeiről. Bensőséges hangú beszámolóik hűen tükrözik egymás iránt érzett nagyrabecsülésüket, szeretetüket és a zene, a kamaramuzsika iránt való, a megváltozott körülmények ellenére is töretlen odaadásukat.

Abstract

The Waldbauer–Kerpely String Quartet, one of the most significant Hungarian chamber music ensembles of the first half of the 20th century, was a promoter of new Hungarian music, namely the works of Béla Bartók and Zoltán Kodály, and often included compositions by Ernst von Dohnányi (Ernő Dohnányi) in its repertoire. Egon Kenton (Egon Kornstein), who played the viola in the string quartet for over a decade from 1912, became friends with the composer and pianist during their joint performances. Kenton emigrated to the United States in 1923, and when Dohnányi also settled in America after World War II, in 1949, Kenton welcomed him with great joy. From then on, they corresponded regularly, exchanging ideas about American musical life, their professional activities, and the difficulties of their émigré years. Their accounts faithfully reflect their mutual appreciation and respect, as well as their unwavering devotion to music and chamber music despite the changed circumstances.

Kulcsszavak: Dohnányi Ernő, Kenton (Kornstein) Egon, levelezés, emigráció, Waldbauer–Kerpely-vonósnégyes

Keywords: Ernst von Dohnányi (Ernő Dohnányi), Egon Kenton (Egon Kornstein), correspondence, emigration, Waldbauer–Kerpely String Quartet

„[A]zt hittem, hogy én vagyok a világ leglustább levélírója, de úgy látszik, hogy Te tul teszel rajtam, miután 2 levelemre nem válaszoltál” – állapította meg csipkelődve Dohnányi Ernő (1877–1960) régi muzsikuskollégájához, a hegedű-, brácsaművész és zenetudós Kenton (Korstein) Egonhoz (1891–1987) írt, 1953 októberében kelt levélben [10. számú levél az 1. táblázatban]. Pedig igazán nem volt jellemző rá, hogy elmaradó levelek miatt szemrehányást tegyen: jelenleg ismert, összesen mintegy 500 levélben csupán elvétele panaszkodott aktuális levelezőpartnere „lustaságáról”. Nem véletlenül – hiszen ő maga sem szeretett írni. Így volt ez a gyermekkori vakációkról, majd az első külföldi sikerekről szóló családi beszámolók idején; az 1930-as években betöltött vezetői pozíciók hivatalos és félhivatalos adminisztrációjában fuldokolva; és végül a második világháború után az amerikai emigrációban is, noha Magyarországon maradt szerettei áhítva várták saját kezűleg papírra vetett sorait. Jellegzetesen takarékosan és világosan fogalmazott leveleiben, így aztán feltűnően nagy terjedelemre rúg az állandó késedelem miatt való, sokszor mosolygató önostorozás: „valóságos scandalum, hogy mióta Amerikában vagyok – s ennek már majdnem 5 hónapja – még nem írtam haza” (Dohnányi Frigyesnek, 1901. március 18., Kelemen 2011, 117), „nagy rinocerosz vagyok, mert [...] nyolc napig zsebembe[n] hordok vagy hat levelet” (Dohnányi Máriának, 1897. október 21., Kelemen 2011, 89), vagy éppen: „már majdnem kilenc hónapja, hogy írni szándékozom Neked. Amióta ide érkeztünk, foglalkozom evvel a gondolattal, de hát... tudod már!” (Kilényi Edwardnak, 1950. július 19., Dohnányi Collection, Florida State University). Az utókor mindenesetre sajnálattal veheti tudomásul a közlésvágy és az írásos rögzítéstől való irtózás konfliktusát. „Nagyon sok, amit Neked elmondani szeretnék” – írta például nem sokkal amerikai letelepedését követően, azaz egy külső-belső eseményekben rendkívül gazdag helyzetben éppen Kenton Egonnak –, „s amit írásban már csak azért nem közölhetek, mert kötet-számba menne, s erre írás iránti ellenszenvemből nem vagyok képes” [5.].

Hogy valóban igaz-e mindez Kentonra, abban nem lehetünk egészen biztosak. Már csak azért sem, mert forrásaink hiányosak: az Eötvös Loránd Tudományegyetem Humán Tudományok Kutatóközpontja (ELTE HTK) Zenetudományi Intézet Dohnányi-gyűjteményében fennmaradt Dohnányi–Kenton-levelezés összesen 16 dokumentumot számlál (hét levelet Dohnányi és kilencet Kenton tollából), amelyek ugyan viszonylag szűk időintervallumban, 1948 és 1957 között keletkeztek, csupán két levél-pár, azaz egymásra közvetlenül válaszoló levél van köztük, s a felek maguk is gyakran hivatkoznak elveszett, meg nem kapott küldeményekre (1. táblázat).

A foghíjas forráshelyzet persze a zilált életrajzi körülmények következménye – legalábbis ami Dohnányit illeti. A zeneszerző 1944 végén hagyta el Magyarországot, s több mint három évig tengődött egy osztrák faluban kedvezőbb körülményekre, új hangversenyszerveződésekre várva, illetve arra, hogy élettársával (leendő harmadik feleségével), Zachár Ilonával és az asszony gyermekeivel együtt vízumot kapjon Angliába (Dohnányi 2002, 127–168). Utóbbi reményük a családi kapcsolatok rendezetlensége miatt hiúnak bizonyult, így Argentína felé vették útjukat: a zeneszerző első, Kentonhoz írt levele Európa elhagyásának pillanatát dokumentálja [1.]. További

1. táblázat. Dohnányi Ernő és Kenton Egon levelezése

	Feladó	Feladás helye	Dátum	Jelzet*
[1.]	Dohnányi Ernő	Beaulieu-sur-Mer, Franciaország	1948. február 23.	MZA-DE-VB-Script 8.040
[2.]	Dohnányi Ernő, Waldbauer Imre, Waldbauer Imréné, Zachár Ilona	Iowa [City], IA, USA	1949. január 28.	MZA-DE-VB-Script 8.049
[3.]	Kenton Egon	Nashville, TN, USA	1949. február 7.	MZA-DE-Ta-Script 80.218
[4.]	Kenton Egon	Nashville, TN, USA	1949. október 27.	MZA-DE-Ta-Script 80.252
[5.]	Dohnányi Ernő	Tallahassee, FL, USA	1950. május 26.	MZA-DE-VB-Script 8.074 (válasz az előző levélre)
[6.]	Kenton Egon	Nashville, TN, USA	1950. július 2.	MZA-DE-Ta-Script 80.314
[7.]	Kenton Egon	Storrs, CT, USA	1952. július 26.	MZA-DE-Ta-Script 80.557
[8.]	Dohnányi Ernő	Tallahassee, FL, USA	1952. augusztus 29.	MZA-DE-VB-Script 8.078 (válasz az előző levélre)
[9.]	Kenton Egon	Storrs, CT, USA	1952. december 12.	MZA-DE-Ta-Script 80.606
[10.]	Dohnányi Ernő	Tallahassee, FL, USA	1953. október 31.	MZA-DE-VB-Script 8.079
[11.]	Kenton Egon	Storrs, CT, USA	1955. március 29.	MZA-DE-Ta-Script 80.936
[12.]	Kenton Egon, Kenton Péter	Storrs, CT / New York	1955. április 9.	MZA-DE-Ta-Script 80.941–42
[13.]	Dohnányi Ernő	Tallahassee, FL, USA	1955. június 20.	MZA-DE-VB-Script 8.080
[14.]	Kenton Egon	Storrs, CT, USA	1956. július 22.	MZA-DE-Ta-Script 81.170
[15.]	Dohnányi Ernő	Tallahassee, FL	1956. augusztus 1.	MZA-DE-VB-Script 8.102 (töredék)
[16.]	Kenton Egon	Storrs, CT, USA	1957. január 10.	MZA-DE-Ta-Script 81.269

* Forrás és jelzet: ELTE HTK Zenetudományi Intézet, 20–21. Századi Magyar Zenei Archivum

másfél év telt el kissé idegőrlő dél-amerikai viszonyok között, mire Kenton 1949 októberében – őszinte elragadtatottsággal – amerikai földön üdvözölhette [3.]. Ő ekkor már jó másfél évtizede Amerikában élt: előbb a New York-i CBS- (Columbia Symphony Orchestra) zenekar tagja volt, majd különböző egyetemeken tanított, mint az Iowa State University (Ames, IA), a Peabody College (Nashville, TN), s végül a University of Connecticut (Storrs, CT). Időközben zenetudományi diplomát is szerzett, így élete második felében zenetörténészként, majd zenei könyvtárosként is tevékenykedett. Dohnányihoz persze elsősorban előadóművészként kötődött. Kenton ugyanis (akkor még Kornstein Egon néven) 1912-től 1923-as emigrációjáig a Waldbauer–Kerpely-vonósnégyes brácsása, s e minőségében több Dohnányi-mű (a két zongoraötös, op. 1 és op. 26, az első két vonósnégyes, op. 7 és op. 15, valamint a *Szerenád* op. 10) előadásának, illetve Dohnányival való közös produkciónak résztvevője volt. Mint arra Németh Zsombor felhívta a figyelmet, a Bartók Béla és Kodály Zoltán nevével összeforrt Waldbauer–Kerpely-vonósnégyes ugyanis a kollektív meggyőződés dacára 1944-ig legalább olyan gyakran játszott Dohnányitól, mint Bartóktól és Kodálytól, sőt az első világháború előtt még többet is (Németh 2021).

Kifejezetten Dohnányi és Kenton személyes kapcsolatának alakulásáról mindazonáltal keveset tudunk. Közös kamarahangversenyre először csak 1918. december 3-án került sor, amikor César Franck f-moll zongoraötösét játszották együtt. Joggal feltételezhető azonban, hogy már korábban megismerkedtek. Kenton talán akkor láthatta először Dohnányit, amikor zenekari tagként részt vett a zeneszerző op. 19-es fisz-moll szvitjének bemutatóján 1910. február 21-én (lásd a 16. számú levelet). Ahogy Waldbauer Imre és Kerpely Jenő, akikkel Dohnányi még az 1900-as évek előtt, részben családi kapcsolatok révén találkozott, úgy valószínűleg Kenton is barátságot kötött Dohnányival. Talán közel hozhatta őket az is, amikor az 1920/21-es évadban Dohnányi Beethoven halálának 150. évfordulója tiszteletére a szerző összes zongorás kamarazenei művét eljátszotta a Waldbauer–Kerpely-vonósnégyes tagjai közreműködésével, Kenton egy további – Dohnányi vállalkozását kiegészítő – feladatot teljesített: népszerűsítő kötetet jelentetett meg Beethoven vonósnégyeseiről (Kornstein 1920).

Leveleik, amelyek persze már egy későbbi időszakot dokumentálnak, mindenesetre arról tanúskodnak, hogy egyenrangú felek voltak a barátságban, bár Kenton „Ernö bátyám” megszólítással illette a nála közel másfél évtizeddel idősebb, tekintélyes művészt. Ez nemcsak a tisztelet, de bizonyos „családi” kapcsolat jelzése is lehetett: Kenton legalábbis Dohnányi „keresztfiaként” említette saját fiatalabbik, felnőtt fiát, Pétert – bár aktív keresztapai szerepvállalásról Dohnányi részéről biztosan nem volt szó, inkább valamiféle baráti egyezségről.

Arra ugyanakkor, hogy 1923 és 1948 között is kapcsolatban lehettek, éppenséggel az 1927-es születésű „keresztfiú” jelenti a legfőbb bizonyítékot, hiszen ebben az időszakban közös koncertjük nem volt, és levelezésük sem maradt fenn. Dohnányi azonban az 1920-as években sokszor megfordult az Egyesült Államokban, jellemzően New Yorkban időzött, így könnyen találkozhatott Kentonnal is. Talán ezekre a régi,

hosszú amerikai körutakra is utalt Kenton, amikor az 1949-ben immár a letelepedés szándékával érkező Dohnányit így üdvözölte:

„Kedves Ernő bátyám, nagy örömmel üdvözöllek *hazai* földön! A hazai földet nem úgy értem, hogy ubi bene ibi patria [ahol jól megy dolgom, ott a hazám], hanem úgy, hogy ezen a földön több millió magyar él [...] ki dolgozik és tervez függetlenül, mintahogy réges-régen otthon dolgoztunk és terveztünk, és aki megőrizte önbecsülését és humorérzékét. Sok hasonlatosságot találtam a new englandi farmer s a bihari, somogyi paraszt közt. De ez most nem lényeges. Lényeges, hogy itt vagy és szabadon, gond nélkül dolgozhatsz.” [4.]

Munkakörülményeik egyébként hasonlóak is voltak: Dohnányit a Florida State University, a néhány tízezer lakosú Tallahassee feltörekvőben lévő egyeteme szerződtette mint zeneszerző- és zongoraprofesszort. Kényelmes állása, viszonylag sok szabadideje volt, de – mint írta – „úgy élek itt, mint egy faluban” [5.]. Kenton ebben az időben az amerikai léptékben Tallahasseehez közel eső nashville-i zenei főiskolán oktatott, ami alighanem még fojtogatóbb közeg lehetett. Ő legalábbis hamarosan továbbállt, mondván, „sem a klímát, sem a déli borniert szellemet” [3.] nem tudja elviselni, és New York közelébe vágyik, hogy olykor lehetősége legyen „egy kis fél-európai levegőt szippantani” [6.]. Azt Dohnányi is elismerte, hogy „sok mindenről le kell mondani, amihez európai ember szokva van”, hozzátéve: „de hát az én koromban [73 év] megelégszünk, ha békében hagynak” [5.]. A források – levelek, naplók vagy éppen a szeretetteljes és életvidám családi fotók – márpedig valóban arról tanúskodnak, hogy az idős zeneszerző képes volt megelégedni a korábbi tapasztalataihoz képest megrázóan szerényebb sikerekkel és életvitellel.

Ám biztosan nem csak a hasonló körülmények tették, hogy Dohnányi és Kenton hasonlóan viszonyultak az emigráns léthez. Valamiféle alkati rokonság fűzhetne össze őket: mindketten rugalmasan alkalmazkodtak az új környezetükhöz, és kitűnően megtalálták az egyensúlyt az elfogadás, megértés, illetve a mégiscsak mindvégig megőrzött, kritikus, kívülálló szerep között. Ez különösen akkor tűnik fel, amikor a zeneéletről, zenei gyakorlatokról cserélnek eszmét. „Hogy a zenei viszonyok milyenek, azt biztosan tudod. Örömdetes, hogy oly sokan foglalkoznak zenével, de dilettánsoknak még se kéne diplomákat osztogatni” – összegezte Dohnányi rezignáltan [5.]. Persze ő is tisztában volt azzal, amit Kenton ki is fejtett válaszában, hogy tudniillik új hazájukban a felsőoktatást jelentős részben magántőke finanszírozza, így – némi iróniával szólva – „a tanítás nem különbözik semmiben sem a szappan vagy a jégszekrény üzlettől” [6.]. Kenton ugyanakkor azt is hozzátette, hogy „ez a cinikus felfogás nem árt sem az igazi tehetségnek, sem az igazi művészetnek” [6.], és megosztotta Dohnányival azt az érdekes megfigyelését is, miszerint 25 évvel korábban még New York közönsége sem volt felkészülve egy kamarazenei szonátaestre, az 1950-es évekre azonban ez megváltozott – bizonyára nem függetlenül attól, hogy igen széles rétegek részesülnek zeneoktatásban. Kentonnal egyetértve ezt a megál-

lapítást Dohnányi később több interjúban maga is megismételte (Loughner 1951; Sardella 1953).

Figyelemre méltó, ahogy a sok érintett téma – amerikai tapasztalatok, családi ügyek, soha meg nem valósult, közös koncerttervek – közül úgy is kitűnik a lényeg, azaz a kettejüket voltaképpen összekapcsoló kötelék, hogy azt a lehető legtermészetesebben, a legkevesebb szóval tárgyalják. „Brácsázol még? – Én most írok valamit brácsára” [1.] – így a minden előzmény nélkül Kentonnak szegezett, s végül meg nem válaszolt kérdés abban az 1948-as levélben, melynek a teljes bizonytalanságba, „terra incognitá”-ba [1.] való hajózás adta az apropóját. Az olvasónak mégis az a benyomása támad: a levélíró számára ez a kérdés, azaz a zene, zenélés, zenei alkotás lehetősége minden másnál fontosabb az életben maradáshoz. Szavakba ezt persze nem öntötték: Dohnányi olykor egy-egy tömondatban közölte, milyen kompozíción dolgozik éppen. Ő sosem, Kenton csak ritkán tekintett vissza a múltba, egy alkalommal például így: „most kaptam karácsonyra a fisz-moll szvit recordját, és jól esik visszagondolni az első előadásra a Zeneakadémián, amelyben mint brácsista részt vettem, a próbákon Herzfelddel, a première-en Veled. Mikor is volt, 910? 911?” [16.]. Különös, hogy éppen zenekari produkciót idéz fel, hiszen kettejük közös élményanyaga a kamarazene volt. Jellemző, hogy Nashville silány kulturális viszonyait Kenton úgy tudja a legegyszerűbben érzékeltetni: „Ide hiába hoztam el a kamarazenédet, nincs sem hegedűs, sem csellista, aki technikailag el tudná játszani! Szörnyű vidéki fészek” [3.].

A kamarazene a kulcsa annak a különleges dokumentumnak is, amelyben Kenton nem a megszokott, józan hangnemben ír, hanem egy látomásszerű élményét önti szavakba (a teljes levelet lásd a 2460–2461. oldalon). Mint megvallja ugyanis: „ebben az álomban az én életem és sorsom is benne volt, hiszen a nekem legemlékezetesebb pontján (kamarazene) Veled kapcsolatba kerültem” [7.]. A levél Dohnányi 75. születésnapja alkalmából született, és egy félig álmodott, félig elképzelt ünnepi – Budapesten játszódó – eseménykort vizionál tudományos díszüléssel, hangversenyekkel, társasági összejövettel. A magyarság tragikus sorsa feletti düh ihlette Petőfi-idézetet is tartalmazó levél első pillantásra meglepően patetikusnak tűnhet. De mivel Kenton végső soron nem mondja ki kívánságát Dohnányi méltó hazai értékelésére vonatkozólag, hanem ragaszkodik ahhoz, hogy álmodt mesél, azaz mintegy idézőjelbe teszi közlendőjét, a levél nem elsősorban dagályosnak, inkább mélyen szomorúnak, s ugyanakkor tapintatosnak tűnik. Tapintatosnak – hiszen tudhatta, hogy Dohnányinak nem áll szándékában magyarországi elutasítottságáról értekezni, és sejtette, hogy ennek ellenére mélyen bánthatja a helyzet. Jellemző, hogy a zeneszerző válaszlevelében csupán zárójelben köszöni meg a születésnapjáról szóló megemlékezést, inkább másra tereli a szót [8.].

Kenton azonban nemcsak ábrándozott a Dohnányival szemben a második világháború után megfogalmazott, a szélsőjobb rendszerrel való szellemi kollaborációját feltételező vádak meg nem történtté tételéről (Kusz 2021), hanem amikor lehetőség nyílt rá, határozott lépéseket is tett a zeneszerző védelmében – még ha az a több, internetes forrásban szereplő állítás, miszerint a vádakkal való küzdelem kulcsfigu-

rája lett volna, némiképp túlzó is. Kenton tollából származik mindenesetre az első, Dohnányi védelmében amerikai földön megfogalmazott írás. A *The New York Times* hasábjain 1947. március 16-án megjelent cikke válasz volt arra a pár nappal korábban névtelenül publikált, a magyar zeneéletről szóló beszámolóra, amely Dohnányi zenei diktátornak nevezte, aki minden hatalmát bevetette Magyarországon, hogy nála tehetségesebb riválisai, Bartók és Kodály működését akadályozza („Hungarian Revival...” 1947; Kenton 1947). Kenton pontokba szedett válaszában higgadtan cáfolta a megállapítást, hangsúlyozva például, hogy Dohnányi a Filharmóniai Társaság karmestereként kifejezetten sokat tett Bartók és Kodály zenéjének szélesebb körben való népszerűsítéséért. Amikor pedig 1948 őszén *Az ember* című, New York-i emigráns lap indított politikai támadást az immár Amerikában turnézó Dohnányi ellen, és Schulhof Andor, a zeneszerző impresszáriója több muzsikust felkért, hogy a gyanúsítással kapcsolatos személyes tapasztalatait írásban rögzítse, Kenton újra kifejtette álláspontját.¹ Hitelességére azonban jellemző, hogy ezúttal azt is jelezte: mivel nem volt szemtanúja a magyarországi eseményeknek az 1930-as, 1940-es években, tényszerű beszámolót nem adhat; amiről nyilatkozhat, az csupán személyes meggyőződése, azaz Dohnányi iránt való szeretete és nagyrabecsülése.

A Schulhof-féle gyűjtésben persze egymást érik a Dohnányi munkásságát, tehetségét, hatását elismerő sorok – Kentoné nem rí ki ezek közül. Inkább a Dohnányi-levelek között tűnnek fel a Kentonhoz írt beszámolók: bár a zeneszerző jellegzetesen barátságos, közvetlen hangon levelezett alig vagy egyáltalán nem ismert partnerekkel is, az az egyszerű bensőségesség és nyitottság, amellyel egykori kamarapartneréhez fordul, kivételesnek számít. Kenton valószínűleg nem is sejtette, milyen kitüntetett helye van Dohnányi szívében: a világ leglustább levélírói írásban ezt aligha tudták megvitatni. Talán egy közös hangverseny alkalmával esélyük nyílt volna rá, erre azonban a folyamatos tervezgetés ellenére végül nem került sor az amerikai emigrációban.

Storrs, Conn[ecticut]²

1952. júl[ius] 26.

Kedves Ernő bátyám,

Szeretném, ha ebben a rövid levélben le tudnám sűríteni mindazt amit tegnap este óta Veled kapcsolatban átgondoltam s átéreztem. Lesűríteni úgy, mint egy álom másodpercek alatt lesűrit egy hosszú históriát, éles, színes képekben és nem látott, de tudat alatt tudott körülményekben. Mondanom sem kell, hogy ebben az álomban

¹ Levél Schulhof Andornak, 1949. február 12. (ELTE HTK Zenetudományi Intézet 20–21. Századi Magyar Zenei Archivum, MZA-DE-Ta-Scrip 5.025/68).

² A leveleket betűhűen, de az ékezet- és központoszási hibákat korrigálva közöljük. A rövidítéseket szögletes zárójelben oldottuk fel, ugyanígy javítottunk néhány értelemzavaró hibát.

az én életem és sorsom is benne volt, hiszen a nekem legemlékezetesebb pontján (kamarazene) Veled kapcsolatba került. És így akaratlanul éber álmodozásba estem. Pesten ünnepeltük a születésnapodat.³ Délelőtt díszülés volt a M[agyar] Tud[ományos] Akadémián. Délután kamarazene, este zenekari koncert volt az Akadémián, Dohnányi programmal.⁴ Utána bankett, melyen tisztelőid, barátaid serege volt jelen, az öregek, akiknek a Te műveid az ő fiatalságukat idézi fel, a fiatalok, akik bámulattal néznek arra, aki oly határozott biztonsággal találta meg magát, és ugyanolyan biztonsággal találta meg nagy elődjeit az ő műveikben.

Mindez álom, mint száz évvel ezelőtt is

A Kárpátoktól le – az Al-Dunáig
Egy bőszerű üvöltés, egy vad-zivatar!
Szétszórt hajával, véres homlokával
Áll a viharban maga a magyar.

Ha nem születtem volna is magyarnak,
E néphez állanék ezennel én,
Mert elhagyott, mert a legelhagyottabb
Minden népek közt a föld kerekén.⁵

De a vihar el fog múlni, el kell, hogy múljon, s ami az álomnak valóság-alapot adott, az megvan és megmarad: a műveid.

Szerettem volna, ha lehetett volna itt is, mint Iowában egy hangversenyt rendezni Neked.⁶ Sajnos, ez az intézet még nagyon fiatal, koncertterem még alig épülőben, s a zenekar nagyon kezdetleges.⁷

És szeretnék e levél helyett magam Floridába menni és személyesen minden jót kívánni. Kérlek tekintsd úgy mintha ott volnék, egy a sok között akik ma szeretettel gondolkodnak Rád!

Ölel
Egon

³ Dohnányi Ernő 1952. július 27-én ünnepelte 75. születésnapját.

⁴ „Akadémia” alatt Kenton itt már minden bizonnyal a Zeneakadémiát, azaz a mai Liszt Ferenc Zeneművészeti Egyetemet érti.

⁵ Idézet Petőfi Sándor „Élet vagy halál!” című verséből. (Petőfi versében az itt idézett szöveg egyetlen strófa, valamint az első sorban nem szerepel gondolatjel.)

⁶ Közös kamarazenei partnerük, Waldbauer Imre hegedűművész 1949. január 24-én szervezett Dohnányinak hangversenyt Iowa Cityben (műsorlap: HUN-REN BTK Zenetudományi Intézet, 20–21. Századi Magyar Zenei Archivum, MZA-DE-Ta-Script 5008/82).

⁷ Kenton aktuális intézménye, a University of Connecticut 1933-ig mezőgazdasági főiskolaként működött (Connecticut Agricultural College), egyetemi akkreditációja 1938-ban zárult le.

568 Beverly Court
Tallahassee, Fla.
1952. aug. 29.

Kedves Egon,

egy örökkévalósága hogy írni akarok Neked. De tudod, hogy rettenetesen lusta levélíró vagyok, s aztán sokáig – amióta elmentél Nashvill[e-]ből – nem is tudtam, hol vagy. Pedig nagyon sokszor gondoltam Rád, s átkoztam ezeket a távolságokat, melyek annyira megnehezítik az érintkezést. Pláne itt Tallahassee-ben úgyszólván el vagyunk zárva a világtól. 2 vonatunk van napjában. Miután autóbuszra nem ülök, repülni szoktunk, ha valahová el kell mennünk.

Mint a mellékelt műsorból láthatod, múlt hónapban Nashvillben játszottam, s képzelheted, *hogy* sajnáltam, hogy Te már onnan elmentél.⁸ Mégiscsak közelebb voltunk egymáshoz. Ott megadták címedet, s írtam volna Neked akkor is, ha kedves születésnapj üdvözlétedet nem kaptam volna meg. (Külön köszönet ezért.)

Hát bizony, ki gondolta volna, hogy a Waldbauer-kvartett egyszer így lesz szétválasztva. [Waldbauer] Imrével találkoztam, de annak is már több, mint 3 esztendeje.⁹ Nemrég Redlandból egy ajánlatot kapván megtudtam, hogy [Kerpely] Jenő ott van.¹⁰ Temesváry [János] valószínűleg Pesten maradt. Azokról pedig nem lehet megtudni semmit. Mici húgommal bár levelezésben vagyunk s a levelek aránylag rendszeresen jönnek is, de írni nem mernek semmitsem, s még annyit se sikerült megtudnom, hogy barátaim közül ki él, s ki nem. Egyébként szegények mind nyomorban vannak. Csofádalom, hogy Kodály, aki már 3szor volt az országon kívül, mindig visszament.¹¹ Úgy látszik, neki jó dolga lehet.

Magamról nem sokat írhatok. Úgy élek itt, mint egy faluban. 2–3 intelligensebb kollégámmal sűrűbb érintkezésben vagyunk, egyébként sok az ismerősünk, de kevés a barátunk.¹² A Music School amerikai vonatkozásban valószínűleg elég jó, de hát a mieinkhez ne hasonlítsuk. A legkellemesebb, hogy csak 8 órát kell hetenkint adnom, s most van már egy pár kitűnő növendékem is zongorában.¹³ A zeneszerzés siral-

⁸ 1952. július 17. Nashville, Tennessee (műsorlap: ZTI MZA, MZA-DE-Ta-Script 5.008/119).

⁹ Dohnányi és Waldbauer 1949 januárjában találkozott Iowa Cityben az előző levélben említett hangverseny idején.

¹⁰ Az említett ajánlatot tartalmazó levél hollétéről nincs tudomásunk; Dohnányi legközelebb 1953 nyarán járt Kaliforniában, de akkor sem Los Angeles/Redland környékén, hanem San Franciscóban.

¹¹ Kodály 1946–1947-ben több mint hét hónapig volt távol Magyarországtól (Európa különböző országaiban és az Egyesült Államokban fordult meg), majd 1948-ban és 1949–1950-ben Angliába utazott. Eközben, 1947-ben a Szovjetunióban is járt.

¹² Dohnányit a floridai kollégák közül szorosabb barátság fűzte a lengyel zongoraművészhez, Franciszek Zacharához és a zeneelmélet-tanár Walter Cowleshez.

¹³ Biztosan zongoratanítványai voltak az 1951/52-es tanévben: Joanne Byrd, Joanne Holley, Vernon Raines (Rueth 1962). Közülük Holley nemzetközi karriert is befutott, ami pedig Dohnányi floridai tanítványai között kivételesnek számított.

mas. Hangversenyem nagyon kevés van, miután borzasztó hajszát indítottak ellenem, melynek csírája Magyarországra vezet vissza.

2.ik hegedűversenyem [op. 43] New York-i sikeréről talán hallottál.¹⁴ Egyébként zongoradarabokat komponáltam [„Three Singular Pieces”, op. 44], s most befejeztem egy hárfa „Concertinó”-t kamarazenekar kísérettel [op. 45].

A zenei élet itt kizárólagosan az egyetem keretén belül zajlik le. Fénypontja tavaly Albert Spalding több hetes tartózkodása volt (ez idén megint jön), vele rengeteget muzsikáltunk otthon, s jól esett hosszú idő után megint egy kis kamarazenével foglalkozni.¹⁵

Evvel azt hiszem, magamról bőven beszámoltam. Családi életem, hál’isten, nagyon boldog, s miután magunkkal hoztuk házi „sárkányunkat” [Hermine Lorenz], aki feleségem házában 30 évig volt, magyar kosztunk van s a ház is jól el van látva.

Örölnék, ha valamit Rólatok írnál. Hogy szegény Idát operálták, azt hallottam.¹⁶ Mi van a fiúkkal? S last not least [végül, de nem utolsó sorban], mit csinálsz Te? Ha már oly nehéz találkozunk, legalább írásban tartsuk fenn a barátságot.

Idát sokszor szívből üdvözlöm.

Téged ölel
a régi szeretettel
Ernő

Irodalomjegyzék

- Bónis Ferenc (2011). *Élet-pálya: Kodály Zoltán*. Budapest: Balassi Kiadó–Kodály Archívum.
„Budapesti Hangversenyek Adatbázisa.” *ELTE HTK Zenetudományi Intézet* (letöltés: 2025. okt. 3.). http://db.zti.hu/koncert/koncert_Kereses.asp.
Demény János, közr. (1976). *Bartók Béla levelei*. Budapest: Zeneműkiadó.
Dohnányi, Ilona von (2002). *Ernst von Dohnányi: A Song of Life*. James A. Grymes, szerk. Bloomington, Indianapolis, IN: Indiana University Press.
„Hungarian Revival: Country’s Music Struggles to Feet Despite WOES”. *The New York Times* (1947. március 9.).
Kelemen Éva, összeáll., közr. (2011). *Dohnányi Ernő családi levelei*. Budapest: Gondolat Kiadó–Országos Széchényi Könyvtár–MTA Zenetudományi Intézet.
Kenton, Egon F. (1947). „Another Report from Hungary”. *The New York Times* (1947. március 16.).
Kornstein Egon (1920). *Beethoven vonósnégyesei: tanulmány Beethoven születésének százötvenéves évfordulójára*. Budapest: Korvin Testvérek.
Kusz Veronika (2021). „A Dohnányi-ügy első hulláma (1945–1946)”. In: Laskai Anna – Ozsvárt Viktória, szerk. *Dohnányi-tanulmányok 2021*. Budapest: BTK Zenetudományi Intézet, 37–50.

¹⁴ 1952. február 14., New York City, New York Philharmonic (vez. Dimitri Mitropoulos).

¹⁵ Albert Spalding amerikai hegedűművész Dohnányi barátja és kedvelt kamarapartnere volt. Előző, illetve következő évi közös hangversenyek Tallahassee-ben: 1952. január 11. (kamara) és február 16. (zenekari); 1953. január 16. (kamara) és február 9. (zenekari) (műsorlapok: MZA-DE-Ta-Script 7.042, 7.050, 7.079, illetve MZA-DE-Ta-Script 5.024/2).

¹⁶ Kenton Egon felesége, Weiss Ida 1955-ben hunyt el.

- Loughner, Jac (1951). „Noted Hungarian Musician Visits S.F. for First Time in 23 Years”. *The San Francisco News* (1951. július 18.).
- Németh Zsombor (2021). „Dohnányi Ernő és a Walbauer–Kerpely vonósnégyes”. In: Laskai Anna – Ozsvárt Viktória, szerk. *Dohnányi-tanulmányok 2021*. Budapest: BTK Zenetudományi Intézet, 141–184.
- Rueth, Marion Ursula (1962). „The Tallahassee Years of Ernst von Dohnányi”. MA Thesis. Tallahassee, FL: Florida State University.
- Sardella, Carlo M. (1953). „Noted Musician to Be Guest Artist Tonight”. *Evening Union* (1953. április 9.).

Szabados László képeslapgyűjteményéből



Az MTA a korábban széttagolt zenetudományi és népzenei kutatásait egyesítve 1974-ben létrehozta a Zenetudományi Intézetet. Tíz évvel később az addig több várbeli kutatóépületben elhelyezett Zenetudományi Intézet új otthont kapott az Erdődy-Hatvani palotában (Budapest, I. Táncsics Mihály u. 7.). Az intézet 2012-től az MTA Bölcsészettudományi Kutatóközpontjának (BTK) részeként működött tovább az akadémiai intézethálózat 2019-es elcsatolásáig. (Kiadó: MTI Fotó Budapest)

Forrás: Szabados László képeslapgyűjteményéből, <https://real-i.mtak.hu/16333/>



Z. KODÁLY

Kodály Zoltán (1882–1967) zeneszerző, zenetudós, zeneoktató, népzenekutató, az MTA levelező (1943), majd rendes tagja (1945), 1946–1949 között elnöke egy régi képeslap facsimile kiadásán. (Kiadó: Edition Neuma, Budapest)

Forrás: Szabados László képeslapgyűjteményéből, <https://real-i.mtak.hu/16601/>

TANULMÁNYOK

„...közigyekezeteinket [...] áldani fogja a háládatos késő maradék is”

Magyar Tudomány – *a folyóirat története
a kezdetektől napjainkig*

“...our public efforts [...] will also be blessed by the grateful descendants”

Hungarian Science: *The History
of the Journal from Its Beginnings to the Present*

Tószegi Zsuzsanna

PhD, c. egyetemi docens, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest
toszegi.zsuzsanna@btk.elte.hu

Összefoglalás

A mai *Magyar Tudomány* őse, a *Magyar Akadémiai Értesítő* első évfolyama az 1840/41. évi akadémiai év eseményeit közölte. A folyóirat hosszú időn át az Akadémia híreit, illetve a tudományos értekezések kivonatait tette közzé. Az 1956 óta *Magyar Tudomány* címet viselő, a tudományok teljességét átfogó folyóirat az utóbbi évtizedekben elsőrangú tudományos publikációs fórummá vált.

Abstract

The first issue of *Magyar Akadémiai Értesítő*, the predecessor of today's *Magyar Tudomány*, covered the events of the 1840/41 academic year. For many decades, the journal published news of the Hungarian Academy of Sciences and excerpts from scientific treatises. Since 1956, when it was renamed *Magyar Tudomány*, the journal has covered all the sciences and has become a leading scientific publication forum in Hungary.

Kulcsszavak: Magyar Tudományos Akadémia, intézménytörténet, *Magyar Tudomány*, sajtótörténet

Keywords: Hungarian Academy of Sciences, institutional history, *Magyar Tudomány* (Hungarian Science), press history

A pozsonyi országgyűlésen a leendő Tudományos Akadémia alapítását elősegítő felajánlása után öt nappal, 1825. november 8-án Széchenyi István levélben kért pártfogást József nádortól és az országgyűlési követektől a „Nemzeti Nyelvnek mind szélesebb és szélesebb kiterjesztése”, valamint a „Tudományok és Mesterművek” elterjedése érdekében. Mindezek „hasznai az édes Hazára eláradván”, az ügy pártfogóinak igyekezetét a kései utódok is áldani fogják (Czinege 2025, 55). És lőn: két évszázad múltán tisztelettel adózunk az alapítók, Széchenyi István, Vay Ábrahám, Andrássy

György és Károlyi György, valamint a további adományozók előtt, akiknek 1827-ben törvényekben örökítették meg a nevét.

A Magyar Tudós Társaság, a mai Magyar Tudományos Akadémia elődje küzdelmes évek után, 1830-ban kezdhette meg tényleges működését. Az alábbiakban a leg-hosszabb ideje létező magyar nyelvű folyóirat, az Akadémia által alapított *Értesítő* – a mai *Magyar Tudomány* – történetét tekintjük át dióhéjban.

Már a kezdetek kezdetén, a Magyar Tudós Társaság legelső szabályzattervezeteinek kidolgozása során fölmerült az Akadémia eredményeiről szóló tájékoztatás igénye. Az 1828-ban papírra vetett rendszabások 9. pontja változtatás nélkül jelent meg az 1831-ben elfogadott szabályozásban: „Tulajdon évkönyveit, értekezéseivel és gyűlései’ jelesebb munkálkodásaival együtt sajtó alá bocsátja.” („A Magyar Tudós...” 1828, 70) Az Akadémia működését meghatározó 1831. évi alaprajz pedig így fogalmaz: „Hogy a’ tudós Társaság a’ tudományokat, művészégeket foganattal terjeszthesse, magyar nyelven irt különféle munkák közre bocsátása szükséges” (Kónya 1994, 64).

A rendszabásokban említett Évkönyvek sorozatának 1. kötete 1833-ban, az utolsó, a 17. számú 1889-ben került ki a nyomdából. Hosszas vita után, 1834-ben indult útjára a rövid életű, mindössze tíz évet élt Tudománytár sorozat, amely a kezdetekben félezernél több, a megszűntetése előtt már csak 79 előfizetőt mondhatott magáénak.

A Magyar Academiai Értesítő, 1840–1858

A megalakulása utáni első évtizedben a Társaság a saját „munkálkodásáról” részben a meglehetősen ritkán kiadott Évkönyvekben és a Tudománytárban, részben külső forrásokban: a *Tudományos Gyűjtemény*ben, illetve napilapokban számolt be. A hírek így viszont rendszertelenül, a napilapokban pedig gyakran csonkán jelentek meg, ezért az akkori titoknok, Schedel Ferenc azzal a javaslattal állt elő, hogy a Társaság a tagokkal, illetve a publikummal való rendszeres kapcsolattartás érdekében alapítson egy hivatalos folyóiratot. Teleki József elnök utasítására a titoknok elkészítette és 1841. június 10-én benyújtotta a *Magyar Academiai Értesítő* megalapítására, tartalmára és szerkezetére vonatkozó javaslatát. Schedel úgy vélte, a folyóirat „üdvös befolyással lehetne” a tagokkal való kontaktus kialakítására. Az *Értesítő* tervét az 1841. júniusi közgyűlés elfogadta, és úgy határozott, hogy a folyóirat első füzeté az 1840. november 16-án kezdődött közgyűléstről, az azt követő lapszámok pedig az adott akadémiai év eseményeiről számoljanak be (Viszota 1911, 370–375). Az új kiadvány fejlécében ez volt olvasható: „E’ lapok időről időre minden, az academiai gyűlésekben előforduló ’s közzétételre alkalmas tárgyakat, valamint az intézetet illető fontosabb hivatalos jelentéseket, közlik.”

Az *Értesítő* 1840/41. évi I. évfolyam öt füzetét sikerült kinyomtatni, az Akadémia anyagi nehézségei miatt azonban 1842/43-ban szüneteltetni kellett a kiadást, és az 1844. évi IV. évfolyam egy része is csak 1845-ben került az olvasókhoz. Történt ez annak ellenére, hogy 1844 karácsonyán a nagygyűlés megszüntette a Tudománytár további megjelenését, egyúttal azonban határozott az *Értesítő* folytatásáról. Hiába volt azonban az *Értesítő* soron következő anyaga sajtó alá rendezve, legközelebb csak

1847-ben tudták újra kiadni, holott a Tudománytár megszűnése óta az Akadémiának nem volt olyan orgánuma, amely a híreket és az értekezéseket közölte volna (Viszota 1911, 370–375).

Az akadémiai közgyűlések történetében Schedel 1844-ben tett először említést az *Értesítő*ről, amelynek az adott évben négy száma jelent meg. A titoknok azt is megemlítette, hogy a jelentős anyagi veszteségeket okozó Tudománytár „berekesztetik”, a továbbiakban csak az Évkönyvek és az *Értesítő* „hagyattak folyamatban” (Schedel 1844, 64–65). A következő évben Schedel csak néhány szót szolt az *Értesítő* két megjelent, illetve sajtó alatt lévő további füzetéről.

Az 1847. évi titoknoki beszámolójában Toldy Ferenc (aki abban az évben változtatta nevét Schedelről Toldyra) ezt mondta: mivel az *Akadémiai Értesítő*ben megjelennek az üléseken elhangzottak összefoglalói, illetve a tudományos közlemények, ezért a „legolcsóbb tudományos havilapra a tisztelt közönséget figyelmeztetni el nem mulaszthattam” (Toldy 1860, 71).

Az *Értesítő* 1848. 3. száma tudósított a március 20-án tartott rendkívüli kisgyűlésről. A rövid beszámoló kezdő mondatai így szóltak:

„A’ titoknok bevezetőleg rövid örömbeszéddel üdvözlőlvén a’ sajtó fölszabadítására s általában hazánk political viszonyainak gyors és szerencsés átalakulása szép időszakát, azt indítványozá, hogy az academia e nagy eredmények iránti részvételének közjeleit adandó, hálairatokat intézne a’ felséghez, mint ezen átalakulás kegyes elfogadójához; a nádorhoz, mint ki ez életkérdés eldöntésében hazafiuságának és erélyének felejtethetlen tanuságát adta; az országgyűléshez, mely political bölcseségével úgy, mint nemes elszántságával a’ hazát örök hála-ra kötelezte. [...] [A] titoknok’ indítványára, egy örömlobogó kitüzése rendeltetett el, melyre az academiának rég választott, de valóságga csak most vált e’ jelszava határozatott fölíratni: »Borúra derű!«” („Rendkívüli...” 1848, 77–78)

Garay János javaslatára pedig egy falragaszt készítettetek, amelyen az Akadémia a tudomány és az irodalom nevében „hazafiúilag” megköszönte a pesti népnek a szabad sajtó kivívásában tanúsított lelkes elszántságát.

Az 1848. márciusi szám megjelenése után egy 15 hónapos kényszerszünet következett, mialatt az Akadémia nem működhetett, ezért a folyóirat is szünetelt.

Az 1850. június 10-én tartott „öszves kis gyűlés” résztvevőinek Andrassy György másodelnök mondott beszédet. Az Akadémia „egy zivatarteljes boldogtalan időszak” és az „önkénytelen szünidő” után engedélyt kapott Geringer bárótól, a teljhatalmú császári biztostól a kis gyűlések megtartására, miáltal „tudományos társas működésünk folytatására tért nyitni méltóztatott”. A jövőben „tettel kell bebizonyítani, t. i. intézetünk eredeti rendeltetésétől el nem térve, egyedül és kizárólag tudományos működésekkel” fog foglalkozni – mondta a másodelnök („Öszves...” 1850, 1).

Az önkényuralom éveiben az Akadémia nem kapott engedélyt a teljes körű működésre, hiába érvelt az elnök, Teleki József amellet, hogy az intézmény az uralkodó

által jóváhagyott alaprajzzal és rendszabással rendelkezik. Új alapszabályt kellett kidolgozni, amely 1854-re elkészült, de a jóváhagyása még évekig késlekedett.

Az 1858-ban elfogadott alapszabály 1. §-a szerint a „magyar Tudományos Akadémia [...] az uralkodó] különös oltalma alatt álló tudományos intézet. *Célja annak a tudomány és szépirodalom művelése és terjesztése, s egyszersmind a magyar nyelvnek egész gonddal csinosbitása és gazdagítása*”. Az *Értesítő*ről, melynek szerkesztése a mindenkori titoknak feladata, az alapszabály 18. §-a rendelkezik („A Magyar Tudományos Akadémia alapszabályai” 1858, 548–552).

Magyar Akadémiai Értesítő, 1859–1865

Az 1860-ban elfogadott ügyrend alapján ismét változott az *Értesítő* megjelenési módja: az akadémiai osztályokat leképező három tematikus részre választották szét – ebben a formában 1865-ig jelent meg a folyóirat, amelynek a kiadása 1866-ban szünetelt.

A Magyar Tudományos Akadémia Értesítője, 1867–1889

Ahogy Magyarország, úgy az Akadémia életében is új korszak kezdődött 1867-ben. A hosszas vita után, 1869-ben elfogadott új akadémiai alapszabály jelentős változásokat hozott: megszűntek az abszolutizmus által kikényszerített kötöttségek és korlátozások, velük együtt például a cenzúra. Az *Értesítő*ért továbbra is magas rangú vezető felelt, akit ezentúl nem titoknakak, hanem főtitkárnak neveztek. Ez a változás személy szerint Arany Jánost érintette, aki 1865 és 1879 között töltötte be a tisztséget. Az alapszabály a főtitkár alapfeladatát így határozta meg: „szellemi téren” ő az Akadémia határozatainak a végrehajtója. A korábban soha nem látott önállóságra szert tett Akadémia új alapszabálya, amelyet Eötvös József, Arany János és Csengery Antal dolgozott ki, egészen 1945-ig volt érvényben (Kónya 1994, 16–17).

1867-ben a „három osztályú” *Értesítő*t két kiadvány váltotta föl új folyam- és kötet számozással. A *Magyar Tudományos Akadémia Értesítője* címet viselő folyóirat feladata az Akadémia tevékenységéről való folyamatos tájékoztatás lett, az *Értekezések* című sorozatban pedig a tudományos előadások, dolgozatok jelentek meg. Szily Kálmán későbbi megállapítása szerint „Az Akadémiának az 1869-es új Alapszabálya kötelességévé tette [...] a tudomány szélesebb körben való terjesztését is”. E célt szolgálta az *Akadémia Értesítője*, a *Budapesti Szemle*, illetve az 1875-ben indított tudományági sorozatok („A 150 éves...” 1978, 709–713).

Akadémiai Értesítő, 1890–1955

Az *Értesítő*t érintő következő nagy változást az 1889 őszén főtitkárrá választott Szily Kálmán kezdeményezte. A módosítást Szily azzal indokolta, hogy az Akadémia addig „nem adott a nemzet színe előtt kellő módon számot arról”, hogy miképpen, mely eszközökkel és milyen eredménnyel teljesíti nagy feladatát: a tudomány és az irodalom

magyar nyelven való művelését és terjesztését. A korábban rendszertelenül kiadott *Értesítő*ről „a magyar közönségnek tudomása sem volt” (Heinrich 1914, 661–662). Szily úgy vélte, az évente ismétlődő főtktári jelentések az Akadémia munkálkodásáról nem nyújtanak kellő áttekintést „a mi hamar felejtő és mégis hamar itélő körünkben”. Az Akadémiának szüksége van egy rendszeres időközönként megjelenő „irodalmi organumra”, melynek révén „folytonos érintkezés jöhet létre a nemzet és Akadémiája közt”. Az *Akadémiai Értesítő* néven újjászületett folyóiratot az Akadémia beltágjai, „alapítvány-tevői, a hazai tudományos társulatok és intézetek, valamint az olvasókörök és casinók” díjtalanul kapták meg (Szily 1890, 1–2).

Az összes ülés határozata alapján 1890-től a főtktár által szerkesztett *Értesítő* az előbbinél többszörös terjedelemben, a korábbtól jelentősen eltérő tartalommal és szerkezetben, minden hónap közepén jelent meg. Szily Kálmánnak még arra is volt gondolja, hogy a fontosabb napi- és hetilapok hírt adjanak az *Értesítő* megjelenéséről és az aktuális füzet tartalmáról. A *Pesti Hirlap* például így üdvözlí a megújult folyóiratot: „Remélhető, hogy a kiadvány, melynek fő célja a közönség irformálása, minél kevesebb hivatalos értesítést fog hozni s minél több olyant, melyből a közönség a tudósok munkálkodását figyelemmel kísérheti. Részünkről a vállalatot hasznosnak tartjuk” („Irodalom” 1890, 5).

Negyedszázaddal később, 300 füzet kiadása után Heinrich Gusztáv – aki 1905-től 1920-ig töltötte be az Akadémia főtktári tisztségét – jóleső érzéssel állapította meg, hogy az *Értesítő* nemcsak az Akadémia életének hű tükre, de irodalomtörténeti szempontból az egyik legértékesebb, és egyben a „legelterjedtebb, legolvasottabb folyóirataink egyike” lett (Heinrich 1914, 661–662).

A Szily Kálmán által kialakított elvek mintegy hatvan éven át voltak érvényben. A tartalom túlnyomó részét a tanulmányok, cikkek, recenziók töltötték ki, az Akadémia ügyeiről szóló hírek, beszámolók a lapszámok végén kaptak helyet.

Érdekes módon a Széchenyi tervei alapján készült festmény mása, az Akadémia allegóriája először a Szily Kálmán által szerkesztett *Értesítő* címlapján jelent meg 1890-ben. Az *Értesítő* címlapját harmincegy éven át díszítette a jól ismert kép, melyen az ifjúság istennője, Hébé a jobb kezével magasra tartott serlegből itatja nektárral Jupiter szent állatát, a sast, bal kezével pedig a magyar címet, valamint Hungáriát és Minervát ábrázoló pajzsra támaszkodik.

Az Akadémiát is mélyen érintették a 20. század első felének történelmi katalizmái, melyek közül itt csak egyet említünk meg. Az *Értesítő* 1919-ben közölte Berzeviczy Albert elnök jelentését, amelyben részletezte az Akadémiát ért károkat. A tanácskormány elvonta az ingatlanvagyon, az értékpapírok elértéktelenedtek, az Akadémia helyiségeit közoktatási célokra lefoglalták, rendeletileg betiltottak „mindennemű működést”, és megszüntették a vezetők intézkedési jogát („Elnöki jelentés...” 1919, 219–220).

Alapvető változást eredményezett az Akadémia állami támogatásáról szóló 1923. évi I. törvénycikk, amely az intézménynek államsegélyt, az alkalmazottaknak pedig állami státuszt biztosított (Kónya 1994, 19). Figyelemre méltó a törvény Klebelsberg

Kunó által jegyzett indokolásának bevezetője: „A Magyar Tudományos Akadémia [...] nem állami, nem fejedelmi, hanem nemzeti alapítás. Nemzeti áldozatkészség teremtetette előgyonát is...” (1923. évi... 1923).

Annak ellenére, hogy a folyóirat 1944/45-ben szünetelt, az 1890 és 1955 között kiadott 62 kötet folytatólagos számozással jelent meg.

Akadémiai Értesítő, 1946–1955

Az Akadémia által 1946-ban elfogadott, és 1949-ig érvényben lévő új alapszabály célja: „a magyar tudomány és a magyar irodalom művelése és terjesztése” volt (Kónya 1994, 23–24). Politikai döntés alapján 1949-ben átszervezték az Akadémiát, melynek célját, szervezetét és működését az 1949. évi XXVII. sz. törvényben határozták meg. Az 1948-ban kormánysszervként létrehozott Magyar Tudományos Tanácsot megszüntették, annak állami feladatait az akadémiai testületre ruházták (Kónya 1994, 25–26).

Az *Értesítő*ben egyre több tanulmány és könyvismertető jelent meg. 1951-től kezdve az ülések jegyzőkönyveit már nem az *Értesítő*ben, hanem a főtítkár rendelete alapján alapított *Akadémiai Közlöny*ben hozták nyilvánosságra. Az Akadémia hivatalos lapja a *Közlöny* lett, amely az MTA, illetve a felügyelete alá tartozó intézmények dolgozóinak tájékoztatását szolgálta 1990-ig. A kormány 1950-ben megalapította az Akadémia kiadványainak megjelentetésére és terjesztésére hivatott Akadémiai Kiadót („A 150 éves...” 1978, 713).

A Magyar Tudomány 1956-tól napjainkig

Témánk szempontjából fontos, hogy az 1956-ban elfogadott új alapszabályban ismét szerepel az Akadémia feladatai között a következő: 5. § b) „a tudományos kutatások eredményeinek ismertetésére [...] tudományos könyveket és folyóiratokat ad ki” (Kónya 1994, 318).

Az Elnöki Tanács 1960-ban hatályon kívül helyezte az 1949. évi akadémiai törvényt – ezt követően azonban hosszú időn át csak törvényerejű rendeletekkel szabályozta az Akadémia működését. Az 1960. évi 24. tvr. 2. § (6) b) szerint az Akadémia gondoskodik a tudományos könyv- és folyóirat-kiadásról (Kónya 1994, 333). Az 1969. évi 41. tvr.-ből ez a feladat kimaradt, az 1979. évi 6. sz. törvényerejű rendeletbe azonban visszakerült, bár kissé más megfogalmazásban: „3. § Az Akadémia részt vesz [...] a tudományos könyv- és folyóiratkiadás irányításában és fejlesztésében” (Kónya 1994, 429).

Az Akadémia elnöksége 1988-ban határozott a *Magyar Tudomány* című folyóirat tartalmi korszerűsítéséről, továbbá az *Akadémiai Közlöny* tartalmának módosításáról. 1990-től a *Közlöny*be kerültek át „a nem kifejezetten tudományos tartalmú publikációk, híryanagok”, erősítve ezáltal a *Magyar Tudomány* tudományorientált jellegét. Az Elnökség 1990-től kezdve javasolta a *Közlöny* elnevezését *Értesítő*re változtatni, hangsúlyozva, hogy a lap hivatalos jellege megmarad („Az Akadémiai

Közlöny...” 1990, 17). Az *Akadémiai Értesítő* lényegében változatlan küldetéssel mind a mai napig megjelenik. 2021-től csak *online* érhető el az Akadémiai Adattárhoz hozzáféréssel rendelkezők számára.

A Magyar Tudományos Akadémiáról szóló, hatályos 1994. évi XL. törvény a testület közfeladatai között első helyen említi a következőket: „támogatja a tudományok művelését és a tudományos kutatások végzését, támogatja a tudományos könyv- és folyóirat-kiadást” (1994. évi XL. törvény... 3. § a). A törvény kihirdetése után elfogadott akadémiai alapszabály 63. §-a külön rendelkezik az Akadémia központi folyóiratáról: „Az Akadémia Magyar Tudomány című folyóirata / Az Akadémia »Magyar Tudomány« címmel tudományos folyóiratot jelent meg tudományos eredményeknek és a fejlődés irányainak az egész tudományos közösséggel való megismertetése, a tudományirányítás és a tudományos közélet kérdéseinek megvitatása, fontos határozatok közzététele céljából. A folyóirat főszerkesztőjét az Elnökség javaslata alapján az elnök bízza meg háromévi időtartamra. A megbízás további hároméves időtartamra többször is meghosszabbítható” („A Magyar Tudományos Akadémiáról szóló 1994...” 73).

A főszerkesztők üzenetei az olvasókhöz

Mint említettük, az Akadémia központi folyóirata 1956-tól *Magyar Tudomány* címmel jelenik meg. A lap első főszerkesztője Trencsényi-Waldapfel Imre lett. Az 1. szám anonim beköszöntője kiemeli, hogy „a magyar tudomány emberei egyre fokozódó öntudattal”, szervezettséggel és tervszerűséggel állítják kutatásaikat a dolgozó nép anyagi jólétének és művelődésének szolgálatába. Az állam bőkezűen biztosítja a tudományos kutatómunka feltételeit, erkölcsileg és anyagiilag megbecsüli a tudomány dolgozóit, a dolgozó nép részéről viszont soha nem tapasztalt érdeklődés nyilvánul meg a tudomány iránt. A jövőben a *Magyar Tudomány* nemcsak a magyar és az egyetemes tudományos haladás eredményeit közli, de a hazai tudományos élet legfontosabb elvi kérdéseinek tisztázásában is részt kíván venni.

A második évtized első felében Erdei Ferenc irányította a szerkesztőség munkáját. Az 1966/1. számban közölték: az Elnökség meg volt elégedve az első évtizedben elért eredményekkel, és azt várja, továbbra is kísérik figyelemmel a kiemelt kutatási feladatok körében folyó munkákat, ismertessék az országos irányítószervek tudománypolitikai és -szervezési tevékenységét, foglalkozzanak a szocialista építés tudományos problémáival, adjanak hírt a külföldi tudományos életről, valamint a nemzetközi tudományos kapcsolatokról, és bővítsék a könyvszemlét.

Köpeczi Bélát, az Akadémia akkori főtítkárát első ízben 1973-ban nevezték ki főszerkesztővé, ezt a pozíciót 1982-ig töltötte be. Egy évtizeden át főtítkárként, majd helyettes főtítkárként látta el a *Magyar Tudomány* irányítását. Az 1977. évi 1. számban „A köztudat formálása” című írásában arról tájékoztatta az olvasókat, hogy az Akadémia elnöksége határozatot hozott arról, hogy „a Magyar Tudomány a jövőben a jelenlegi tartalom mellett »szorgalmazza a köztudat formálását szolgáló tanulmányok, cikkek, esszék írását« és gondoskodik arról, hogy a »lap szélesebb körben és nagyobb példány-

számban terjedjen» („A köztudat formálása” 1977). Köpeczi vezetése alatt jelent meg 1978-ban – tudomásunk szerint máig az egyetlen – szilveszteri különszám, a „Fanyar Tudomány. A Magyar Tudományos Akadémia Félreértéktől” címen (1978).

Straub F. Brunó főszerkesztői megbízásának utolsó évében, az 1988. 1. számban közzétették a „Merre tart a MAGYAR TUDOMÁNY?” című írást. A cikk meglehetősen gondterhes hangvételű („nehéz időket élünk”). Az anonim szerző hangsúlyozza, hogy a hasznosítható eredményeket évtizedes, „gyötrelmes” kutatómunka előzi meg, majd reményét fejezi ki, hogy a magyar tudomány hozzá tud járulni a kibontakozáshoz („Merre tart a MAGYAR TUDOMÁNY” 1988).

Köpeczi Béla másodszorra 1989 és 1996 között kapott főszerkesztői megbízást. Ő az 1990/1. számban közzétett, „Folytatás és megújulás” című írásában vázolta a *Magyar Tudomány* fő célkitűzéseit. Mint írta, a magyar kutatás valódi eredményeinek reális felméréséhez, a lebecsülés, illetve a túlértékelés elkerüléséhez külföldi szerzők tanulmányainak közzétételével kívánnak hozzájárulni. A magyar tudomány képességeinek bemutatása mellett arról is számot adnak, milyen tényezők segítik vagy akadályozzák a kutatást, illetve a kutatási eredmények hasznosítását. Az olvasók tájékoztatása az új szellemi áramlatokról szintúgy a szerkesztőség kötelessége („Folytatás és megújulás” 1990). A folyóirat Köpeczi irányítása alatt kezdett tematikus számokat szerkeszteni.

A főszerkesztői posztot 1996 nyarától betöltő Enyedi György – hangsúlyozva, hogy a *Magyar Tudomány* „nem kíván alapvető változásokat” – az 1997/1. számban hirdette meg programját: „váljon a folyóirat nyitottabbá”. Az első körben megszólítandók a határon túli magyar tudósok, a köztestületi tagok, a doktori iskolák hallgatói, a korábban a folyóirattal kapcsolatba nem került tudományos műhelyek kutatói lennének. A programban többek között szerepelt a lap tartalomjegyzékének online közzététele, a példányszám emelése, továbbá egy új sorozat kiadása a tematikus számok különlenyomataiból (Enyedi 1997). Enyedi a következő két év elején számot adott az olvasóknak arról, a szerkesztőség mit tudott a tervekből valóra váltani. 1998-ban azt írta, megjelenés előtt áll az első „Magyar Tudomány Füzet”, és több sikeres szakmai programot szerveztek. A tematikus számok pozitív fogadtatása ezek folytatására ösztönzi a szerkesztőséget. Az 1999/1. számban Enyedi a rövid számvetés mellett ezt írta: „a főgond: a folyóirat megjelentetésének pénzzavarai. [...] Akadémiánknak [...] erkölcsi kötelessége” a *Magyar Tudomány* fenntartása, melyhez „az évi teljes akadémiai költségvetés 0,06–0,08%-ára lenne szükség. Jól tudjuk, hogy a pénznek ezer helye van, de a Magyar Tudomány nem lehet ezredik a sorban” (Enyedi 1999).

A 2000/1. számban Czelnai Rudolf szintén azt jelezte, nem terveznek gyökeres átalakításokat. Felhívta a figyelmet arra, hogy a *Magyar Tudomány* nem szaklap, ezért a szerzőktől olyan tudományos integráló munkákat várnak, amelyekben a tárgyalta tudományos kérdésekhez irodalmi szintű, esszé minőségű áttekintés, háttér társul.

A főszerkesztői posztot 2001 és 2016 között betöltő Csányi Vilmos néhány alkalommal jegyzett egy-egy rövid hírt. A 2002/5. számban például a korszak nagy ígéretének számító CD-ROM megjelenését közölte. A lemezen a *Magyar Tudomány*

2000/2001-es két évfolyamának teljes anyaga kapott helyet. Csányi a 2004. májusi számban azokról a pénzügyi megszorításokról tájékoztatta az olvasókat, melyek miatt nem tudnak a szerzőknek honoráriumot fizetni.

Falus András 2017-ben vette át a stafétabotot, melyet 2023-ban adott át az utódjának. Egy 2019-ben adott interjúban elmondta, hogy a tematikus lapszámok iránt továbbra is rendkívüli érdeklődés mutatkozik mind a szerzők, mind az olvasók részéről. Az általa felkért, szakértőkből álló szerkesztőbizottság tagjai nagyon aktívak, témajavaslatokkal állnak elő, részt vesznek a benyújtott tanulmányok bírálatában. A kéziratokra vonatkozóan szigorú szabályokat alakítottak ki, amelyeket következetesen betartatnak. 2017 októberétől kezdve az Akadémiai Kiadó a nyomtatott mellett már digitális formában is közli a folyóiratot.

A lapot 2023 óta főszerkesztőként jegyző Bollobás Enikő „Lectori Salutem!” című írása indítja a 2025-ös, jubileumi év 1. számát (Bollobás 2025). Az Akadémia bicentenáriumi ünnepségsorozata két éven át tart; az ünnepi időszakban sorra jelennek meg az alapítás évfordulója tiszteletére készülő lapszámok, amelyekben az Akadémia tudományos osztályai a múltban és a jelenben elért kutatási eredményeiket mutatják be, majd a területi és a külhoni bizottságok következnek a tevékenységükről szóló beszámolóikkal. Kiemelt figyelemmel fordulnak az Akadémia 200 éve alapított könyvtára felé, és a Széchenyi Irodalmi és Művészeti Akadémia szintén készít számvetést. Az ünnepi számokból a tematikus összeállítások és az önálló tanulmányok sem maradnak ki. A magyar tudomány 200 éve előtti főhajtás részét képezi a tartalmi megújuláshoz járuló ünnepi köntös, a folyóirat szerkesztési elveire, stílusára, formai megjelenésére egyaránt kiterjedő arculatváltás.

Irodalomjegyzék

- „A 150 éves akadémiai könyv- és folyóirat kiadás dokumentumaiból” (1978). *Magyar Tudomány* 23/9, 709–713.
1923. évi I. törvénycikk indokolása a Magyar Tudományos Akadémia állami támogatásáról. <https://net.jogtar.hu/ezer-ev-torveny?docid=92300001.TVI&searchUrl=/ezer-ev-torvenyei%3Fpagenum%3D48>.
1994. évi XL. törvény a Magyar Tudományos Akadémiáról. <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99400040.tv>.
- „Az Akadémiai Közlöny tartalmi és formai módosításáról” (1990). *Akadémiai Közlöny* 39/2, 17.
- Bollobás Enikő (2025). „Lectori Salutem!”. *Magyar Tudomány* 186/1, 1–3. <https://doi.org/10.1556/2065.186.2025.1.1>.
- „Elnöki jelentés az Akadémia működésének a múlt hónapok alatti felfüggesztéséről” (1919). *Akadémiai Értesítő* 30/5–12, 219–227.
- Enyedi György (1997). „Az olvasó köszöntése”. *Magyar Tudomány*, Új folyam 42/1, 1–2.
- Enyedi György (1999). „A harmadik esztendő”. *Magyar Tudomány*, Új folyam 44/1, 1–2.
- Fekete Gézáné (összeáll.) (1975). *A Magyar Tudományos Akadémia tagjai, 1825–1973*. Budapest: MTA.
- „Folytatás és megújulás” (1990). *Magyar Tudomány*, Új folyam 35/1, 1–2.
- Fráter Jánosné (1974). „Részletek az Akadémia könyv- és folyóiratkiadásából”. *Magyar Tudomány*, Új folyam 19/9, 598–605.
- Heinrich Gusztáv (1914). „Egy kis jubileum”. *Akadémiai Értesítő* 25/12, 661–662.
- „Irodalom” (1890). *Pesti Hírlap* 12/16 (1890. jan. 17.), 5.

- Kónya Sándor (1994). „...*Magyar akadémia állíttassék fel...*”. *Akadémiai törvények, alapszabályok, ügyrendek 1827–1990*. Budapest: MTAK, 64.
- „közgyekezeteinket, hasznai az édes Hazára eláradván, áldani fogja a háládatos késő maradék is»” (2024). In: Czinege Szilvia, s. a. r., bev., jegyz. „...*a Tudós Társaság dolgában*”. *Válogatás Széchenyi István gróf levelezéséből*. Budapest: MTA–HUN–REN, 55.
- „A köztudat formálása” (1977). *Magyar Tudomány*, Új folyam 22/1, 1–2.
- „A Magyar Tudományos Akadémia alapszabályai” (1858). *Magyar Academiai Értesítő* 18/9, 548–560.
- „A Magyar Tudományos Akadémia Félreértesítője”. (1978) *Fanyar Tudomány* MZ/X. kötet – Új árfo-lyam I. kötet. Ne szólj szám...
- „A Magyar Tudományos Akadémiáról szóló 1994. évi XL. törvény, a Magyar Tudományos Akadémia Alapszabálya és Ügyrendje egységes szerkezetben (2024. június 15-től hatályos változat)”. *MTA.hu* (letöltés: 2025. ápr. 18.). https://mta.hu/data/dokumentumok/egyeb_dokumentumok/2024/Alap-szabaly_es_Ugyrend_20240615tol_hatalyos.pdf.
- „A Magyar Tudós Társaság Rendszabásai” (1828). MTA KIK Kézirattár RAL ad 8/1828. 70.
- „Merre tart a MAGYAR TUDOMÁNY?” (1988). *Magyar Tudomány*, Új folyam 33/1, 1–2.
- „Öszves kis gyűlés, jun. 10. 1850” (1850). *Magyar Academiai Értesítő* 10/1, 1.
- „Rendkívüli kis gyűlés mart. 20. 1848” (1848). *Magyar Academiai Értesítő* 8/3. 77–78.
- Schedel Ferencz (1844). *Jelentés a’ m. t. t. munkálkodásairól 1844-ben*. A Magyar Tudós Társaság Év-könyvei 7. Buda: 60–68.
- Szántó György Tibor (1983). *Fejezetek az akadémiai könyv- és folyóiratkiadás történetéből*. Budapest: MTAK.
- Szentgyörgyi Mária (1973). *Célkitűzések és reformtörekvések a Magyar Tudományos Akadémián, 1831–1945*. Budapest: MTAK.
- Szily Kálmán (1890). „Az »Akadémiai Értesítő« előrajza”. *Akadémiai Értesítő* 1/1, 1–2.
- Toldy Ferencz (1860). „Titoknoki jelentés A M. T. T. munkálkodásairól M.DCCC.XLVII ben”. In: *A Ma-gyar Tudom. Akademia Évkönyvei 1845–1847 8. kötet*. Buda: Cs. Királyi Egyetemi Nyomda, 64–77.
- Viszota Gyula (1911). „Az Akadémiai Értesítő 70 éves jubileuma”. *Akadémiai Értesítő* 22/6–7, 370–375.
- Voit Krisztina (1981). „Az akadémiai könyv- és folyóiratkiadás szervezési kérdései a múltban”. In: *Az MTA I. Osztályának Közleményei* 32/2, 23–33.

Akikre büszkék lehetünk: az MTA pszichológiához kapcsolódó tiszteleti tagjai

Those Who We Can Be Proud Of: Honorary Members of the Hungarian Academy of Sciences Related to Psychology

Pléh Csaba

az MTA rendes tagja, vendégprofesszor, Közép-európai Egyetem Kognitív Tudományi Tanszék, Budapest
vispleh@ceu.edu

Összefoglalás

A tanulmány rövid bemutatásokkal áttekinti a Magyar Tudományos Akadémia 200 éves történetének azokat a tiszteleti tagjait, akik tág értelemben a pszichológiához is kapcsolódtak. A pszichológia, filozófia, biológia, nyelvészet területéről kialakult, a szakmákon belül időrendi listába az eddigi 917 tiszteleti tagból 30 került be, ami jól mutatja a pszichológia interdiszciplináris beágyazottságát. A korban előre haladva Broca, Darwin, Helmholtz, Bühler, Bruner, Dennett, Sperber, Tomasello és Dunbar mellett a lista számos Nobel-díjas nevét is tartalmazza, mint Ramón y Cajal, Kahnemann. Magyarországi fogadtatásukat hivatkozási statisztikákkal és könyveik fordításaival érzékeltetem. A lista tanulsága, hogy a magyar tudományos világ nagy korszakaiban nem zárkózott magába, hanem igen nyitott volt a nagyvilág tudományára.

Abstract

The study provides an overview of the honorary members of the Hungarian Academy of Sciences over the last 200 years who were connected to psychology in a broad sense. From the disciplines of psychology, philosophy, biology, and linguistics, 30 of the 917 honorary members have been included in the chronological list of the professions, which clearly shows the interdisciplinary embeddedness of psychology. Moving forward in time, in addition to Broca, Darwin, Helmholtz, Bühler, Bruner, Dennett, Sperber, Tomasello, and Dunbar, the list also includes the names of several Nobel Prize winners, such as Ramón y Cajal and Kahnemann. I illustrate their reception in Hungary using citation statistics and translations of their books. The message of the list is that during its most significant periods, the Hungarian scientific community was very open to innovations in global science.

Kulcsszavak: pszichológia, interdiszciplinaritás, nemzetközi nyitottság

Keywords: psychology, interdisciplinarity, international openness

A 200 éves történetét ünneplő Magyar Tudományos Akadémia az ünneplés közepette joggal mutathatja fel folytonos beágyazottságát a tudomány nemzetközi vérkeringésébe. Ennek egyik oldalaként a nagy múltú intézmény értékrendjéről sokat elárul az is, hogy kik voltak tiszteleti tagjai, hogyan emelték be a magyar akadémikusok saját intézményükbe koruk úttörő, sokszor felforgató tudósait a nagyvilágból. Ennek illusztrálására tettem egy sétát. Egy tudomány, a pszichológia körét néztem meg

szellemi kivetüleseiben.¹ „Kicsiny” ez a tudomány akadémiai személyi jelenlétében, 1–2%-át teszi ki a köztestületi tagoknak és az akadémikusoknak is. Ugyanakkor jó esettanulmány egy ilyen sétához, mert a 19. század vége óta folytonosan ott lebeg a természettudományok és a szellemtudományok között, mindegyik térfélről átvéve hatásokat, s így arculatában jól tükrözi a tudomány teljességét.

A címben szereplő, pszichológiához kapcsolódó kifejezést a legtagabban értem. Csak külföldi tudósokat gyűjtöttem ki, a tiszteleti tagként szereplő magyarokat kihagytam. Az összeállítás nem filológiai alaposságra törekszik. Az elnevezések többször változtak 200 év alatt. A továbbiakban a mai terminológiát visszavetítve beszélek a mai tiszteletinek megfelelő tagokról, miként a kiindulásként használt weboldal is ezt az utat követi.

Alapvető forrásaim Markó László, Burucs Kornélia, Balogh Margit és Hay Diána (2003) háromkötetes almanachja, és az azóta lezajlott választások dokumentumai (Markó et al. 2003). A 2025. áprilisban nyilvántartott eddigi 917 tiszteleti tagból 30 került fel listámra, vagyis közel 3%. Szakáganként csoportosítva mutatom be őket, a megválasztás időpontja szerint. Az ajánlás indokló részének néhány mondata mellett az adott tiszteleti tag jelentőségét néhány utalásértékű mondatban érintem, s ugyanilyen röviden azt, hogy mi közük van a magyar pszichológiához. Ahol releváns, az *Arcanum* adatbázisból bemutatom a tiszteleti tag hazai láthatóságát néhány számadat tükrében.

Pszichológusok

Az akadémia első 150 évében összesen két pszichológus tiszteleti tagot választottak, az utóbbi negyedszázadban azonban hetet. Ez nyilván összefügg a lehetséges ajánló hazai pszichológus tagok számával is, s egyben tükrözi e tudomány nagyobb átfogó elismertségét.

Bühler, Karl (1937).² Bühler a Bécsi Egyetem Pszichológiai Intézetének vezetőjeként az evolúciós szemléletű funkcionalista pszichológia integrátora volt, mind elméletében, mind a tanárképzésben és az iskolaügy irányításában. Az összehasonító szemléletet összeegyeztette az emberi mentális világ kulturális beágyazásával, mivel minden lelki jelenséget jelek irányítása alá helyezett. A sokrétű szemlélet jellemzi nyelvelméletét is: a nyelvi jelek kifejező, leíró és irányító funkciójuk révén egyszerre működnek a környezetre és szellemi orientációra utaló módon. MTA-ajánlása korai kísérleti gondolkodáslélektanát, és összetett funkcionalista szemléletét emelte ki.

„A lelki élet magasabb rendű működésének vizsgálati szelleme hatja át gyermeklélektanát is, amelyben következetesen vezet a keresztül a szellemi élet

¹ Köszönöm az Akadémiai Levéltár igazgatója, Hay Diana segítségét az ajánlások fellelésében.

² A tanulmányban a tudósok neve utáni évszám taggá választásuk időpontját jelzi.

háromszakaszos fejlődésére (ösztön, szokás, értelmi funkciók) vonatkozó elméletét. Ugyancsak a gondolkodás-és fejlődéslélektani vezérszempontokat érvényesíti a nyelv lelki oldalának kutatásában is.” (MTA Tagajánlások 1937, 18)

Ajánlói a filozófus-pszichológus-kultúrpolitikus Kornis Gyula, a teológus-filozófus-pszichológus Schütz Antal és a jogász-kultúrpolitikus Moór Gyula voltak. Bühler magyar hatása jelentős volt. Bécsi magyar tanítványai, Kardos Lajos akadémikus és Brunswik Egon Bühler érzékelésméletét és evolúciós pszichológiai gondolatmenetét vitték tovább, míg Harkai Schiller Pál az evolúció és jeltan kombinációját, nyelvész követői, Laziczius Gyula és Fónagy Iván akadémikusok Bühler funkcionalista jeltani szemléletét folytatták. És a szomorú Kádár-kori konklúzió: a magyar kapcsolatok elhanyagolása miatt „[a]z 1960. évi tagrevízió tagságát nem erősíti meg” (Fekete 1975, 332). Bühler ennek ellentmondó jelenlétét a magyar tudományos diskurzusban 500 hivatkozása mutatja, ebből 360 az utóbbi fél évszázadban történt.

Leontyev, Alekszej Nyikolájevics (1973). 1973 nagy nyitás volt az MTA tiszteleti tagok terén, erős szovjet dominanciával. Tizenhárom szovjet s tizenkét más országból származó tiszteleti tagot választott a közgyűlés. Leontyev a tevékenységelvű, Vigotszkij 1930-as évekbeli örökségét felújító moszkvai pszichológiai iskola vezetője, a Moszkvai Egyetem Pszichológiai Karának alapító dékánja (1967) 1963-ban Lenin-díjat kapott fejlődéslélektani könyvéért (Leontyev 1964). Leontyev ajánlása az ideológiai mozzanatot emelte ki.

„A témákat összefogó kapocs a marxi filozófiai-antropológiai emberképre orientált emberi pszichikum-felfogás, a pszichikum társadalmi-történelmi determináltságának kibontását, felderítését célzó ún. kísérleti történelmi genetikai módszer alkalmazása és az eredményeknek mély, marxista filozófiai műveltségen nyugvó feldolgozása.” (MTA Tagajánlások 1973, 509)

Leontyevnek a tevékenységelvű dinamikus pszichológiát a marxista retorikával összekapcsoló szemlélete fontos hivatkozási pont a posztsztálini évtizedek magyar szellemi életében (Leontyev 1964; 1979). 1960–1980 között 657 hivatkozással büszkélkedhet. Ez a tekintély hamar esendővé vált. A rá következő két évtizedben 160 hivatkozása van, 2000 óta pedig összesen 13.

Leontyev ezzel együtt egyedi eset volt mint pszichológus az MTA tiszteleti tagjai között. Egy negyedszázad múlva választott újra pszichológust az MTA tagjai közé, egy liberális francia szociálpszichológust.

Moscovici, Serge (1998). A román születésű francia szociálpszichológus, tucatnyi egyetem díszdoktora, a szociális reprezentációelmélet és a kisebbségi vélemények társadalomformáló erejének képviselője. Az utóbbit igen határozottan fejtette ki egy, a rendszerváltás éveiben tartott budapesti nemzetközi konferencia-előadásában

(Moscovici 1991). Pataki Ferenc és Nyíri Kristóf ajánlása kiemeli Moscovici munkáságának méltatásában elmélet, empiria és történeti reflexió kapcsolatát:

„[ú]jraértelmezte és bevezette napjaink tudományosságába a durkheimi »kollektív reprezentáció« (szociális reprezentáció) fogalmát. [...] Eredeti és nemzetközi elismerést szerzett kezdeményezése az állhatatos kisebbség szerepének vizsgálatára a többség felbomlasztásában.” (MTA Tagajánlások 1998, 60)

A magyar pszichológiát sokban inspirálta mindkét elmélete, melyeket magyar nyelven is megjelent könyve is bemutat (Moscovici 2002). A magyar nyelvű irodalomban 170 hivatkozás van rá, elsősorban társadalmi reprezentációelméletére és a kisebbségek felszabadító hatásáról szóló munkáira.

Bruner, Jerome (2001). Pataki Ferenc és Pléh Csaba ajánlásával 2001-ben választotta tiszteleti taggá az MTA. Az ajánlás kiemeli, hogy Bruner

„[a] mai pszichológia nagy öregje, aki kétnemzedéknyi irányzat vezető alakja, a kognitív pszichológia és a modern kísérleti fejlődéslelektan megalapozóinak egyike.” (MTA Tagajánlások 2001)

Bruner a 20. század második felében a pszichológia egyik alapvető formálója volt (290 000 hivatkozással), s 100 éves életkorát is igen aktívan élte meg. Munkásságának mind a négy szakasza hozzájárult a modern pszichológia emberképének alakulásához, s mindnek szerepe volt a magyar pszichológiában.

Első korszakában (1945–1957) az észlelés akkor Új Szemléletnek nevezett aktív elméletének kidolgozásával foglalkozott (ezt közvetítette Marton Magda 1974-es kötete). Ezt követően a kognitív pszichológia a belső feldolgozást kiemelő elméletalkotója a Harvardon (1957–1970), egy időben szerepvállalásával a cselekvésselví oktatási reformokban (Bruner 1968; 1974). Ezek a törekvései nagy hatást gyakoroltak a magyar pedagógiára. A csecsemőkor és a korai nyelvhasználat kutatója volt Oxfordban (1970–1980). Kalmár Magda ebben a korszakban volt Bruner diákja, s ezt a Brunert ismertük meg az 1978-ban az MTA székházban tartott Chomskyval polemizáló előadásából. A korról sokat elmond az idézet Illyés Gyula 1978-as *Naplójegyzeteiből*. Ádám György – mint igazán kozmopolita ELTE rektor – logikusan van ott, s beszélget franciául Brunerrel és Illyéssel. A neves gyógypedagógus, Kozmutza Flóra is joggal van jelen. Aczél – egyébként pszichológus – lányának díszvendégsége azonban azt mutatja, hogy (khm.) még az egyébként profi diplomata amerikai kultúrattasé is Aczél György titkárságától kérhetett ötleteket.

„December 5. Ebéden, amit az amerikai követ és felesége a nagy New York-i pszichológus, Jerome Bruner tiszteletére adott. Flórán s rajtam kívül még Aczél Anna a férjével, Ádám György és Eisenstadt, az amerikai kultúrta-
nár-

csos. Könnyed, mégis tartalmas – néha élesen is villódzó – társalgás, nagyrészt franciául az ízlésesen szerény ebéd közben.” (Illyés 1978)

1990-től New Yorkban Bruner a narratív pszichológia elméletének részletes kidolgozójaként vált ismertté, arról szóló könyveinek több tízezer hivatkozása van (Bruner 2004; 2005). Mint tagválasztásakor készült interjújában elmondta, a narratív törekvés az ember saját maga értelmezésének és a kultúraalakításnak kitüntetett érintkezési felülete (Pléh 2001). Ez a korszaka is nagy hatást gyakorolt a magyar pszichológiára és kultúrakutatásra, László János, Pléh Csaba és Thomka Beáta munkáira. Brunernek 350 magyar hivatkozása van, a pedagógiától a művészetelméletig.

Kahnemann, Daniel (2007). Kahnemann a Princeton Egyetem és a Héber Egyetem döntéskutatója, 2001-es közgazdasági Nobel-emlékdíjas, aki Aaron Tverskyvel együtt dolgozva négy évtizeden át szisztematikus programban feltárta az emberi problémamegoldás és döntéshozatal mögöttes torzításait, a téves gyakoriság értékeléseket, az illuzórikus korrelációkat és az esetalapú elfogultságokat. Mint Forgács József, Hunyady György és Pataki Ferenc ajánlása kiemelte,

„a korlátozott információfeldolgozó kapacitással rendelkező ember nem a valószínűségszámítás, és nem az elvárt hasznosság szellemében hozza meg döntéseit, de nem is véletlenszerűen téved, hanem szisztematikus szabályokat, ún. heurisztikákat alkalmaz, amellyel leegyszerűsíti a túlzottan komplex döntési szituációkat” (MTA Tagajánlások, 2007, 52–53).

Ennek eredményei a jellegzetes döntési hibák, például könnyeben igaznak fogadjuk el azokat az állításokat, amelyek megfelelnek elvárásainknak.

A döntéssel kapcsolatos több évtizedes kutatást foglalta össze a *gyors és lassú folyamatok általános modelljében*, mely szerint az emberek használnak egy igen gyors intuitív rendszert, és egy lassabb, számszerűbb és megfontoltabb rendszert. Kahneman abban hisz, hogy a „felvilágosult abszolutista” jutalmazó rendszereket machinálva emlékeztethetjük az embereket arra, hogy racionális döntéseik esetleg rossz irányba, például szenvedélybetegséghez, kudarchoz, elszegényedéshez vezethetnek. Miközben alapvetően libertárius hozzáállást követ, ezt megpróbálja kiegészíteni egy okosító kontrollal.

Kétszázhusz hazai hivatkozása van, a közgazdaságtól a pedagógiáig. Két nagy hatású könyve (Kahneman 2013; Kahneman–Sibony–Sunstein 2021) magyarul is megjelent.

Hofstede, Gerd (2010). A holland döntéskutató pszichológus egyben a modern összehasonlító kultúrakutatás egyik formálója, hat egyetem díszdoktora. Bayer József, Kiefer Ferenc és Kulcsár Kálmán ajánlása kiemeli, hogy *Culture's Consequences* című könyve az összehasonlító interkulturális kutatás megalapítójává tette (Hofstede 1980). *Cultures and Organisations* című könyvét 17 nyelvre fordították le (Hofstede 1991).

A *The Wall Street Journal* 2008. májusi ranglistája alapján a 20 legbefolyásosabb vezetésügyi szaktekinetely egyike (*Javaslat az Akadémikusok Gyűlése számára...* 2010, 196). Száz magyar hivatkozása van, főként humánpolitikai és szervezésszociológiai témákban, a honvédségtől a nyelvoktatásig.

Tomasello, Michael (2010). Az amerikai evolúciós pszichológus és gyermeknyelv-kutató egyedülálló módon kapcsolja össze az összehasonlító szemléletet és az embergyerekek kísérleti vizsgálatát (Tomasello 2002), kiterjesztve ezt az együttműködés átfogó antropológiai elméletévé (Tomasello 2011). 2010-ben Kiefer Ferenc, Pataki Ferenc és Pléh Csaba ajánlásával választotta tiszteleti tagjává az MTA. Az ajánlás is ezt a szociális nyelvértelmezést emelte ki.

„A mai evolúciós szemléletű pszichológiai kutatás egyik legjelentősebb képviselője. Kutatásainak egyik iránya a főemlősök mentális képességeinek kísérleti vizsgálatával tisztázta az utánzás jelentőségét az emberré válásban. Általános kultúrameketekezési elmélete (*Gondolkodás és kultúra*, 2002) a kultúrát a másokra figyelő kulturális tanulásból vezeti le. Ez a szemlélet jellemzi gyermeknyelvi kutatásait is. A gyermeki szótanulást figyelmi központú társas tanulási mechanizmus keretében értelmezi A nyelvi folyamatokat is pragmatikus-cselekvéseméleti keretben értelmezi, és ezt terjeszti ki csecsemőszocializációs kutatásaira a partnerszándék olvasásának központi szerepét hangsúlyozva.” (*Javaslat az Akadémikusok Gyűlése számára...* 2010, 171)

Tomasellónak 150 említése van a mai magyar irodalomban, s két igen sokat hivatkozott könyve. Szoros kapcsolatban van magyar nyelvészekkel és pszichológusokkal. A CEU fejlődéskutatóival évtizedek óta együttműködik. Számos budapesti konferencia meghívott központi előadója (7. Nemzetközi Pragmatikai Konferencia – megismerés és nyelvhasználat –, Budapest, 2000. július 9–14., az Európai Kognitív Pszichológiai Társaság, ESCOP 18. Konferenciája, Budapest, 2013. augusztus 29. – szeptember 1.). A szoros csecsemőkutatási kapcsolatok mellett a CEU budapesti BCCD fejlődési konferenciáinak rendszeres résztvevője, és többször kiemelt előadója.

Näätänen, Risto (2019). A finn pszichológus és neurobiológus a Helsinki Egyetem és a Finn Akadémia professzoraként laboratóriumaiban „A nemzetközi kognitív pszichofiziológiai kutatás” vezetője, hat egyetem díszdoktora. Csépe Valéria, Nyíri Kristóf és Pléh Csaba ajánlása kiemeli:

„[l]egnagyobb hatású publikációja a hallási észlelésben működő, a szabályreprezentáció előjelzésében szerepet játszó agyi folyamatokat jelző eltérési negativitás (MMN) komponens első leírása és nemzetközi hatása, iskolateremtő kutatása. Elméleti és empirikus munkái több mint négyszáz publikációban jelentek meg, ezek idézettsége 50 000, h-indexe 50 feletti. Risto Näätänen mes-

tere a tudományterület számos elismert magyar kutatójának, több évtizede támogatója a finn és magyar akadémiai kapcsolatoknak.” („A 2019-es akadémiai tagválasztás...” 2008, 1785)

Ez az elektrofiziológiai felfedezés néhány évtized alatt a kognitív pszichológiai figyelemi elméletei mellett számos gyakorlati alkalmazásban (ergonómia, közlekedés, klinikai pszichológia) is alapvetővé vált. Magyar kapcsolatainak hatását bemutatandó Csépe Valéria nekrológját idézem.

„Számunkra, az akkor pszichofiziológiának nevezett területen dolgozó kutatóknak a Finn-magyar Tudományos Napok jelentették a mérföldkövet; Näätänen a Finn Akadémia alelnökeként vezette 1982-ben majd 1985-ben azt a delegációt, amelynek tagjaitól itt halottunk először a hallási környezet pásztázása során detektált eltérés agyi korrelátumáról. [...] Näätänen előadása a hallási teret pásztázó agyi folyamatokról, annak mérhetőségéről és biológiai jelentőségéről vezetett bennünket az MMN állatkísérletes modelljének kidolgozásához az MTA Pszichológiai Intézetében. Ez volt az első, amely a valódi agyi mechanizmusokat kereste, jóval az agyi képalkotó eljárások megjelenése és térhódítása előtt. Az első magyar publikáció 1987-es megjelenése óta sok kutatótársunk lépett be az »MMN klubba«, s ez vezetett a zene-, a beszéd-, az összetett hangsorok észlelésének, fejlődésének megértéséhez. [...] A kognitív pszichológia és idegtudomány kutatóinak több generációját nevelte fel, hazájában és szerte a világon. A tudományba vetett hite mindennél erősebb volt, s példát mutatott arra, hogy a kutatói léttel járó kudarccokat és sikereket miként lehet a szakmai és emberi tartás birtokában elviselni.” (Csépe 2023)

Dunbar, Robin (2022). Robin Dunbar oxfordi pszichológus és antropológus a kortárs evolúciós, összehasonlító, kognitív és szociálpszichológia, valamint az antropológia és a hálózat kutatás központi képviselője, akinek 100 000 feletti hivatkozása van. Összehasonlító primatológiai kutatásai feltárták, hogy a főemlősök világában összefüggés van a neocortex és az együtt élő csoportok mérete, valamint a csoportméret és a kurdászással töltött idő között (Dunbar 2022). Kertész János, Nyíri Kristóf és Pléh Csaba ajánlása bemutatja az ehhez kapcsolódó „szociális agy” elméletét.

„Szakterülete a főemlősök, azon belül az ember társas gondolkodásának kutatása. A 'társas agyról' szóló elméletében az emberré válás döntő mozzanata a társakra vonatkozó érzelmi és tudásrendszerek megjelenése. Megmutatta, hogy a főemlősöknél összefüggés van a neokortex aránya és az együtt élő csoportok nagysága között, ami a humáncsoportok méretére az ún. Dunbar-számot adja. A különböző méretű emberi kapcsolati hálók összefüggenek az érzelmi beruházással, a ráfordított idővel, az empátiával és a társas emlékezteti működésekkel; biológiai korrelátumaik az endorfinrendszer, az amigdala

és a szociális agyterületek. Dunbar a kapcsolatok egyéni eltéréseit, a modern technológiai kapcsolattartás és az evolúciós örökség kölcsönhatását is tisztázta.” („A 2022. évi rendes, levelező, külső és tiszteleti tagok...” 2022, 128)

Robin Dunbar sokrétű életműve mérföldköveket hozott a biológia, az idegtudomány, az antropológia, a nyelvészet, a pszichológia és a hálózattudomány területén. Ennek köszönhetően ápol szoros, publikációkban is megjelenő kapcsolatokat több hazai kutatócsoporttal, Bereczkei Tamás (Bereczkei–Dunbar 2002) és Csányi Vilmos biológussal, Kertész János hálózatkutatóval (Palchykov et al. 2012), Nyíri Kristóf kommunikációfilozófussal (Dunbar 2003) és László János és Pléh Csaba pszichológussal (Dunbar 2005), amelyek közös publikációkat és további kutatási terveket eredményeztek. A magyar szakirodalomban 200 feletti hivatkozása van. 2022. október 26-án tartotta székházát az MTA székházában „The (Neuro) Anatomy of Friendship and Community” címmel. Ennek kapcsán az MTA részletes interjút készített vele („The 150 of Us 2022”).

Dehaene, Stanislas (2025). Francia pszichológus, matematikus és idegtudós, a Collège de France professzora. Több tudományos akadémia tagja és díj nyertese: egyszerre kiváló kognitív idegtudós kutató és a tudományos fejlődés társadalmi értelmezője. Munkái a fontos kulturális rendszerek és a tudatosság idegrendszeri alapjainak feltárására irányulnak. Csépe Valéria, Kovács Ilona és Pléh Csaba ajánlásukban kiemelik:

„A számérzék, számfogalom, s tágabb értelemben a numerikus megismerés, valamint az olvasás és olvasásfejlődés kognitív idegtudományi kutatásában elért eredményeivel vált világszerte ismertté. Kutatásaiban az idegtudomány legfejlettebb technikáit a kísérleti pszichológia korszerű eljárásaival ötvözi. [...] Nagy presztízsű tudományos folyóiratok, közöttük a *Science* szerkesztőbizottságának tagja. Rendszeres kapcsolatot tart fenn a kognitív pszichológia és idegtudomány magyar kutatóival.” (*Javaslat az Akadémikusok Gyűlése számára a 2025. évi... 47*)

Kétszáz feletti magyar hivatkozása van, s két könyve a számolás és olvasás neurális hátteréről magyarul is olvasható (Dehaene 2003; 2022).

Biológusok

Flourens, Marie-Jean-Pierre (1858). Az 1858-ban MTA tiszteleti taggá választott (az MTA Tagajánlások 1833–1863 csak a nevét adja meg az ajánlottak között, további részletet nem tudunk) francia fiziológus, a Collège de France és a Francia Akadémia tagja a kísérleti idegtudomány egyik úttörője. A pszichológia számára főként azért fontos, mert 1815 táján patkányokkal és galambokkal dolgozva egy, a korban népszerű, spekulatív szűk lokalizációs felfogással, Gall frenológiájával szemben az

átfogó funkciók (a mozgás a kisagy, a gondolkodás a nagyagy funkciója) mellett állt ki. Mindezek a munkái, mind a félkörös ívjáratok szerepével kapcsolatos kísérletei a kor magyar orvosi köreiből jól ismertek voltak. A 19. században sok száz magyar hivatkozás van kísérleteire és elméletére.

Darwin, Charles (1872). A modern evolúciós gondolat megfogalmazója máig a modern funkcionális pszichológia egyik ihletője az összehasonlító pszichológia, a gyermeklélektan, az egyéni különbségek értelmezése és a mai evolúciós pszichológia sokfelé ágazó világában. 1872-es tiszteleti taggá választása Magyarországon sem légi üres térben történt, könyvei is megjelentek 1873-ban és 1884-ben. Darwin fogadtatása igen megosztott és megosztó volt a kor magyar értelmiségi közegében is. Éles kritikussai voltak a katolikus egyházi körökben, de még a polihisztor Brassai Sámuel is sokat bírálta, szakmai tartalmában azzal érvelve, hogy „kiválasztás” nem lehetséges „kiválasztó” nélkül. Darwin magyar ismertetéséért orvosi követői mellett sokat tett az Angliából hazatért Rónay Jácint. A viták közepette Arany János főtitkári támogatása mellett

„az Akadémia Margó Tivadar ajánlására 1872-ben kültagjának választotta Darwint, mégpedig 84%-kal, hét javasolt társát megelőzve, köztük Hermann Helmholtzt” (Palló 2009, 717).

Az ajánló Margó orvos akadémikus és összehasonlító anatómus volt Kolozsvárott, majd Pesten. Arany egyébként levelezett is Darwinnal. Az utóbbi mozzanatot azért tartom említésre méltónak, mert jól mutatja, hogy a bölcsészek kapcsolata a természettudományokkal a 19. század végi nagy német első „két kultúra szakítás” előtt még igen élénk volt. Darwin magyarországi hatására ez különösen igaz volt. Az orvosok mellett a magyar bölcsészek is igen élénken reagáltak rá. Csúpan 1860 és 1880 között az *Arcanum* digitalizálta lapokban 2600-szor (!) szerepel Darwin. Darwin száz éven át tartó vitatott megítélésről igen részletes filológiai beszámolót ad Réti Endre (1964), meglehetősen módon nem említve az MTA-tagságot, miközben például igen részletesen elemzi Darwin sikertelen Francia Természettudományi Akadémiai tagválasztását. Palló Gábor (Palló 2009) írása tömör, frissebb beszámoló arról, hogyan is osztja meg a 19. és 20. században – hogy egy másik tiszteleti tagunk, Daniel Dennett könyvcímét (Dennett 2010) kölcsönözzem – „Darwin veszélyes ideája” a magyar szellemi életet, ami kevésbé nyíltan vállalva, de ma is érvényes.

Helmholtz, Hermann von (1872). Darwinnal egy évben választotta tagjává az MTA a redukcionista kísérleti természettudomány egyetemes zsenijét. Ajánlása is ezt emeli ki.

„Első rangú physiolog és természetbúvár, nevezetesen az élettan természetani művelői között az első hely korunkban őt illeti meg, de e mellett a szorosan vett természetan körében is igen nagy érdemei vannak.” („Nagygyűlés 1872. május 23-án...” 1872, 158)

A német tudományos élet csillaga a pszichológia felé a korban s máig releváns speciális érzékelés elméletei (szín és hangok), általános perceptuális tanulásmélete és pozitivistá tudományfilozófiája révén máig központi szereplő. Ő is közismert volt hazánkban is a közvetlen szakmai körökön túl. Átfogó előadásait (Helmholtz 1874) Eötvös Loránd és Jendrassik Jenő fordították. Energiamegmaradási, szemtükrös, ingerületsebességi, hallási kutatásaira 1860 és 1880 közt 1000-szer, 1860 és 1940 között 5800-szor hivatkoznak a magyar folyóiratokban.

Bernard, Claude, 1873. A Collège de France és a Francia Akadémia tagja, a kísérleti élet-tan tanszék alapítója a Sorbonne-on. Bernard a kísérleti orvostudomány elméleti és gyakorlati megalapozója. Számos anyagcsere-működés (például a hasnyálmirigy) tisztázása alapján dolgozta ki a *belső miliő* fogalmát, mely a modern motivációs pszichológiák egyik kiindulópontja is. 1873-as tiszteleti taggá választása („XXXIII-dik Nagygyűlés, 1873. május 20.” 1873, 145) azt is tükrözi, hogy a kor magyar orvosi világában Bernard tan-könyvi anyag, s a 19. század második felében 200 fölötti említése van az *Arcanum* szerint.

Broca, Paul (1876). A kiváló anatómus, neurológus (1000 oldalas könyvet írt az aneurizmákról) és antropológus nevét a pszichológiában is az teszi relevánssá, hogy a lokalizációs-antilokalizációs viták közepette 1861-ben elsőként írta le egy betegnél a bal félteke alsó frontális területének (azóta 45-ös Brodmann-terület) sérülésekor felmerült súlyos beszédzavart. Azóta is az ő nevét hordozza a terület és a Broca-afázia elnevezés is. Tiszteleti taggá választását illetően a korabeli hazai tudományos integritásról sokat mond, hogy Broca mint sokszor megvádolt ateista Franciaországban számos egyházi kritika tárgya volt. Tagajánlása, melyet feltehetően Lenhossék József írt, anatómus és antropológusi kettős szerepét emelte ki.

„Broca Pál anatom Párisban, jelenleg a leghíresebb boncztanároknak egyike a párisi Faculté de médecine-n, és Franciaországnak első anthropologusa »Secrétaire général de la société anthropologique«.” („XXXVI. Akadémiai Nagygyűlés...” 1876, 138)

Broca „kranioszkópióját” a hazai idegtudomány (és anatómia) igen komolyan vette. Lenhossék József sok koponyamérése között beszámol Deák Ferenc koponyaméréséről is. Konklúziója, főként a homloki rész nagysága alapján, hogy

„Deák Ferencz koponyaviszonyai oly meglepő összhangban voltak és anynyira elárulták a nagy szellemet, hogy boncz szempontból hasonló magasztos és szép alakulást megközelítőleg csupán a már többször említett Ó-Paulinus koponyán találtam” (Lenhossék 1876, 11).

Lenhossék igen részletes emlékbeszédet is tartott Brocáról (Lenhossék 1882). Ebből kiderül, hogy 1872-ben Broca Budapesten szervezte meg az antropológiai világkongresszust és igen jó benyomásai keletkeztek.

„Általánosan ismeretes, mily jól érezte magát Broca Pál közöttünk, s mily dicsőreleg említette meg a magyar nemzetet, és pedig nemcsak míg városunkban tartózkodott, de később is minden alkalommal. Ismételten hallottuk őt lelkesülten így szólani: »Je suis tout enchanté de votre noble nation.«” (Lenhossék 1882, 17)

Az emlékbeszéd érdekessége az is, hogy miközben igen részletesen szól Broca antropológiai munkáiról és viszontagságairól, és bár az alapos bibliográfiában megadja Broca neves dolgozatát, nem veszi észre a motoros afázia leírásának korszakos jelentőségét. Néhány évvel később azonban fia, Lenhossék Mihály már így beszél erről:

„Broca 1861-ben alaposan kimutatta, hogy e [beszédhez fontos] középpont csak bal oldalt van, még pedig az alsó homloki tekervényben, a melyet az óta joggal Broca-féle tekervénynek is neveznek.” (Lenhossék 1889, 111)

Broca után fél évszázadig nem volt jelentős új neurobiológus tiszteleti tagja az MTA-nak. Hogy azután egy Nobel-díjas törje meg ezt a csendet.

Ramón y Cajal, Santiago (1925). A Nobel-díjas spanyol anatómus a modern neuronelmélet egyik úttörője, aki szövettani metszeteken alapuló csillogó rajzaival egyszerre lett a modern idegrendszeri szövettan úttörője, s annak az eredetileg csak metaforikus gondolatnak a kifejtője, hogy a neuronális rendszerben a neuronok találkozásainál mikrováltozások lehetségesek, és ezek elvileg megfelelnek a tanulási és asszociációs folyamatoknak. Az anatómus Lenhossék Mihály és a neurológus Schaffer Károly lelkes méltatásával választották meg:

„kevésbé túlzunk, ha azt mondjuk, hogy tulajdonképpen ő teremtette meg a modern ideghistológiát tanítványainak közreműködésével. Nincs olyan részletkérdése az idegrendszer mikroszkopi szerkezetének, amely ne volna az ő nevével mindörökre összeforrvá.” (*Tagajánlások 1925-ben* 1925, 37)

Ramón y Cajal (1928) fiatal kutatóknak szóló lelkesítő könyve magyarul is megjelent, a neurontan magyar képviselője, Lenhossék Mihály előszavával. Az *Arcanumban* több mint ezer hivatkozás van rá.

Kostojanc, Hacsatur (1958). Harminc évvel Ramón y Cajal után a szovjet-örmény fiziológus, az ingerületátvivő anyagok összehasonlító biokémiájának kutatója azért érdekes a magyar pszichológia számára, mert 1952 és 1958 februárja között működött az MTA Pavlov Bizottsága. Ez a befolyásos bizottság a szovjet világból az akkori szovjet Pavlov-viták nyerteseit, a passzív emberképet propagáló Bikovot és Ivanov-Szmolenszkijt preferálta például számos magyar fordítással (lásd Pléh 2024). Mégsem ők lettek tiszteleti tagok, hanem a neurokémikus Kostojanc. Ajánlóí főleg azt emelik

ki, hogy három évig nyári neurofiziológiai továbbképzéseket tartott a magyar fiziológusoknak, valamint

„az ingerületi folyamatok enzim-kémiai alapjaival foglalkozik s kísérletesen bebizonyította az ingerlékenység és idegrendszeri szabályozás jelenségének a fehérjetestek és az anyagcsere állapotától való függését” (MTA Tagajánlások 1958, 72).

Az ajánlásban, melyet Zólyomi Bálint rendszertanász, Straub F. Brúnó enzimológus és Törő Imre szövettanász készített, egy szó sincs Pavlovról.

Anokhin (Anohin), Piotr Kuzmics (1973). Anokhin ajánlásánál már nem ez a helyzet. A még közvetlen Pavlov-tanítvány Anokhin az 1950-es évek Pavlov-vitáiban a vesztes oldalon volt, mert túl aktív idegműködést, az idegrendszer generálta belső modellálási folyamatot tételezett fel. Az 1960-as évekre, mint magyarul is megjelent dolgozata mutatta (Anohin 1965), ez az aktivitás-központúság erősné vált, mind az aktivitáselví szovjet pszichológusok, mind a filozófusok számára együtt annak hangsúlyozásával ajánlásában is (az ajánlók neve ismeretlen), hogy Anokhin mintegy megelőzte az akkori burzsoá áltudományból elfogadottá vált kibernetikus szemléletet.

„Kiemelkedő jelentősége van munkáiban a funkcionális rendszer ciklikus funkcionális organizációjának a visszatérő afferenciációval, a központi idegrendszer működésének eredményeként. E jelentős felismerése jóval a kibernetika-alapvető elméleti jelentőségű koncepciója publikálása előtt jelent meg.” (MTA Tagajánlások 1973, 516)

A belső modellálás gondolata a modern neurobiológusok mellett Anokhin felfogását vonzóvá tette a figyelem és a perceptuális tanulás hazai pszichológus kutatói számára is. Ötven hivatkozása van a magyar irodalomban.

Jacob, François (1986). Az Alföldi Lajos és Szabó Gábor készítette ajánlás a magyar kapcsolatok mellett a sejtdifferenciáció molekuláris mechanizmusai és a genetika kapcsolatát emeli ki (MTA Tagajánlások 1986, 18). Ugyanakkor a Nobel-díjas francia mikrobiológus a Pasteur Intézetben a molekuláris genetika és az evolúciós gondolat összekapcsolása révén vált az új értelmezésű funkcionális biológia ihletőjévé a pszichológia felé is, mint magyarul megjelent könyvei is mutatták (Jacob 1974, 1986). Máig kiemelkedő az a gondolata, hogy az evolúció nem optimális megoldásokat ad, hanem barkácsol, újrahazsználja a rendelkezésre álló eszközöket.

Maynard-Smith, John (1993). Az angol elméleti evolúciós biológus, a Sussexi Egyetem professzora és dékánja, a The Royal Society tagja. Tagajánlása kiemeli, hogy „bevezette az evolúciósan stabilis stratégia (evolutionarily stable strategy, ESS) fogalmát” (MTA Tagajánlások 1993, 42). Maynard-Smith munkáiban a pszichológia

sámára is fontos ihlető mozzanat, hogy a biológiába az információs és szabályozási szemléletet a genetikától a viselkedésig érvényesítette (Maynard-Smith 1990). John Maynard-Smith és tanítványa, Szathmáry Eörs munkáiban a biológiai evolúció döntő fordulatai is úgy értelmeződnek, mint átmenetek az információszerveződésben, ahol az újdonságot az új kódolási elvek jelentik (lásd például Maynard-Smith–Szathmáry 1997). Ilyen az átmenet a sejtmag nélküli rendszerekről a valódi sejtmagvas rendszerekig, az aszexuális populációktól a szexuális szaporodás felé, a többsejtű szervezetekig, majd ilyen fordulat lesz a főemlős-szocialitás és az emberi természetes nyelv megjelenése is.

Maynard-Smith meggyőződéses baloldali tudós volt, aki ugyanakkor 1956-ban a magyar forradalom leverése miatt szakított a kommunista mozgalommal. Az 1990-es években Szathmáry Eörs közvetítésével a Collegium Budapest révén a magyar szellemi élet fontos inspirátora volt szemináriumaiával. Közel száz magyar hivatkozása van.

Changeux, Jean Pierre (2004). A Pasteur Intézet és a Collège de France professzora a modern neurokémia és idegrendszeri hálózatok kutatás úttörője, a magyar mellett 16 további akadémia tagja, az AE (Academia Europaea, Európai Tudományos Akadémia) Erasmus-díjának kitüntetettje. Fésűs László, Freund Tamás, Friedrich Péter, Székely György és Vida Gábor ajánlásukban azt emelték ki a membránreceptorok elemzésén túl, hogy Changeux „[t]isztázta, hogy az idegrendszer érése során milyen módon történik a számszerű szinapszisok leépülése és a neuronális hálózatok szelektív stabilizációja” (MTA Tagajánlások 2004, 47). A pszichológusok számára is fontos a fejlődés érzékeny periódusainak értelmezésében ez a szelekciós neurális hálózatfejlődési elképzelése. A kérgi hálózatok proliferáció-, majd tapasztalatalapú szelekció ciklusokban bontakoznak ki. Magyar fordításban is jól ismert könyvei mellett (Changeux 2000; 2007; Changeux–Ricoeur 2001) a Collegium Budapest vezető tanácsosaként, számos konferencia résztvevőjeként a magyar pszichológusokkal, sőt, művészet-teretikusokkal is intenzív szakmai kapcsolatokat ápol. Az *Arcanum* 300 feletti magyar hivatkozást mutat rá.

Filozófusok

Mill, John Stuart (1868). A pozitivizmus egyik rendszeralkotója, a modern asszociatív emberkép kiterjesztője az induktív logika irányába, s közben a haszonelvűséget kompenzáló szeretet és tudáselvű emberkép propagátora. Emellett a liberális filozófia és politikai gyakorlat mestere, brit parlamenti képviselő és a női egyenjogúság harcosa. 1868 márciusában választotta tagjává az MTA 25 szavazattal 4 ellenében (Első [philos, törvény- és történettudományi osztály- egyszersmind összes] ülés 1868, 98). Mill igen népszerű a magyar szellemi és politikai sajtóban, 4200 említése van, ebből, 1860 és 1920 között 1200. Mill saját korában is jól ismert volt nálunk. 1867-ben jelent meg esszéje a liberalizmusról (Mill 1867), 1874-ben a haszonelvű gazdaság alapvetése (Mill 1874), 1874–1877-ben pedig logikája (Mill 1874–1877). Mindhárom máig hosz-

szan tartó pszichológiai hatásának alapja, akárcsak 1876-ban már magyarra fordított kiáltványa a női egyenjogúságról (Mill 1876).

Taine, Hyppolite (1885). A francia filozófus, történész és irodalmár, francia akadémikus a pozitivista társadalmi miliőelmélet részletes kidolgozója. Ezt a felfogást jól mutatja Gyulai Pál ajánlása:

„Senki sem fejtette behatóbban a faj, a természeti viszonyok, a történeti alakulások sat. hatását az egyénre és műveire; senki sem kutatta több sikerrel az írók és művészek fő jellemvonását, amelyből egész szellemi működések kimagyarázhatóak.” (MTA tagajánlások 1885, 4)

Ezt bemutató fő művét, *Az angol irodalom történetét* (Taine 1881–1885) öt kötetben jelentette az MTA, Csiky Gergely fordításában, az angol változatból. A miliőelmélet mellett asszociatív intelligencia értelmezése és gyermeknyelvi esettanulmányai is befolyásolták a korai magyar pszichológiát. 1880 és 1920 közt 50-szer, összesen 250-szer hivatkoznak rá magyar lapokban.

Taine után évszázados űr van a pszichológia számára releváns filozófus tiszteleti tagok tekintetében. Dennett megválasztásával azonban minden tekintetben központi szereplőt emelt tiszteleti tagjai közé az MTA.

Dennett, Daniel (2001). Dennett a Tufts University filozófiaprofesszora, a természettudománnyal párbeszédet folytató modern filozófia egyik kiemelkedő alapja, 100 000 feletti hivatkozással. Számára – mint Darwin veszélyes eszméjét tárgyaló könyve (Dennett 2010) megmutatta – a darwinizmus bomlasztó üzenete, hogy nincsen sehol tervező, s hogy nincsenek sehol nagy tervek a természetben. Ahogy Nyíri Kristóf és Pléh Csaba ajánlása kifejti, Dennett szerint

„világunkban a rendezettség és értelem valójában a természetes szelekció vak és igen lassú folyamatainak eredménye. [...] Dennett a művészetet és az irodalmat is mint evolúciós jelenséget értelmezi, amelyben az intencionális hozzáállás alkalmazása kap új mozgásteret” (MTA Tagajánlások 2001, 49).

Ez a radikális, a tudat és az Én fogalmát is újraértelmező felfogás az elmefilozófia mellett megtermékenyítette az összehasonlító és fejlődési kognitív kutatást, s számos kulturális terület vizsgálatát is.

Dennett szoros kapcsolatot tartott a magyar filozófus, pszichológus és biológus közösséggel. Többször járt Magyarországon. 1999 márciusában Pécsen „Dennett tudata – filozófiai vizsgálat” címmel nemzetközi filozófiai konferencia volt Daniel Dennett részvételével. Érdekes interjú is készült vele a tudat dekonstrukciójáról (Boros–Dennett 2009). A Collegium Budapestnek többször volt vendége, majd 2001–2002-ben egy Szathmáry Eörs vezette megismerés evolúciós témacsoportban hóna-

pokat töltött Budapesten. Hazai vonatkoztatási kereteit jól mutatja, hogy 1980–2000 között 190, 2000-tól pedig 349 hivatkozása van, s három magyar könyve igen népszerű (Dennett 1996; 1998; 2010).

2002 júniusában tartotta meg székfoglalóját az MTA székházában „Explaining the Magic of Consciousness” (Dennett 2003). 2016-ban kilépett az MTA-ból, az akkori „filozófusbotrány” illetve a *Népszabadság* megszűnése miatt.

Nyelvészek

Humboldt, Wilhem von (1834). B. Humboldt Károly Vilmos néven választották be („A Magyar Tudós Társaság Évkönyvei...” 82), Schedl (Toldi) Ferenc és Döbrentei Gábor ajánlására (MTA Tagajánlások 1833–1863). Humboldt a pszichológiára elsősorban azért releváns, mert egyszerre képviseli a nyelv és gondolkodás egységének elvét, és a nyelvi sokféleség lehetséges gondolkodási hatásait. Humboldt (1985) számára a nyelvek „változatok egy témára”, ugyanakkor a nyelvek eltéréseivel együtt gondolkodásbéli eltérések is megjelennek. Ezért azután még a 20. század második felében is ez a romantikus koncepció a nyelv–gondolkodás viszonyban mind az univerzalista, mind a relativista felfogások kiindulópontja. Az, hogy ez nálunk is megjelenik, jól mutatja, hogy a 20. század második felében is 300 feletti magyar hivatkozása van.

Hermann, Paul (1902). Münchener nyelvészprofesszor, az ún. újgrammatikus iskola vezető képviselője. Ennek alapelve pszichológiai: a nyelvet az egyének mentális életében értelmezik. A nyelv történetét a gyermeki nyelvelsajátítás és az asszociatív törvények és az analógiaalkotás magyarázza. Petz Gedeon germanista nyelvész ajánlására választották meg. Az ajánlás szerint:

„*Prinzipien der Sprachgeschichte* című könyve (1. kiad. 1880, 3. kiad. 1898.), melyben a nyelv fejlődésének általános törvényeit fejti ki lélektani alapon s a nyelv életének nyilvánulásait éles elmével bonczolgatja. E mű az újabb nyelvészeti iránynak valóságos vezérkönyvévé lett s értékéből újabb vizsgálódások sem igen fognak sokat levonni, már csak azért sem, minthogy fejtegetései mindig megbízható nyelvi adatokon és pontos megfigyelésen alapulnak.”
(*Tagajánlások 1902-ben* 1902, 16)

Ez a szemlélet volt a korai magyar elméleti nyelvlélektannak, Gombocz Zoltán és Klemm Antal munkáinak, valamint a gyermeknyelvi naplóirodalomnak az ihletője is. Száz év múlva jelennek meg újra pszichológiai szempontból is releváns nyelvészek a tiszteleti tagok között.

Dressler, Wolfgang (2004). A Bécsi Egyetem nyelvtudományi tanszékének 1978 és 2008 közötti vezetője az afáziakutatás, a szövegtan, az összehasonlító morfológia,

a természetes morfológiaelmélet, a pragmatika és a gyermeknyelvi morfológia kiemelkedő képviselője, az osztrák és öt további akadémia tagja. Ahogy Kiefer Ferenc és Kertész András ajánlása kiemeli, „[m]orfológiai eredményeivel megvetette a természetes morfológia alapjait, amely különösen a nyelvvelsajátítás és a patolingvisztikai jelenségek magyarázatában játszik alapvető szerepet” (MTA Tagajánlások 2004, 35). Hazánkban sokirányú hatását 200 feletti magyar hivatkozása is mutatja.

Dressler, a sokoldalú, a fonológiától az alaktanon át a pragmatikáig sokat alkotó nyelvész a magyar pszichológiát kétféleképpen befolyásolta. 1980 és 2020 között a sok nyelvész mellett számos magyar pszichológus is vendégtanár volt az általa vezetett bécsi egyetemi Nyelvtudományi Tanszéken, időrendben Pléh Csaba, Gergely György, Bodor Péter, Győri Miklós, Lukács Ágnes és Forgács Bálint. Emellett a magyar pszichológusok a Dressler és Kiefer Ferenc szervezte Bécs–Budapest morfológiai konferenciáknak (Vienna–Budapest International Morphological Meeting) is állandó előadói. A három különböző nyelvterületen élőkkel együttműködésben a magyar pszicholingvisták bekapcsolódtak Dressler összehasonlító afázia (Pléh–Dressler–Wodak 1985), gyermeknyelvi (Dressler et al. 2007) és tankönyve (Beaugrande–Dressler 2000) révén nálunk is jól ismert szövegnyelvészeti munkáiba (Dressler–Pléh 1988).

Sperber, Dan (2013). Dan Sperber az École Normale Supérieure és a EU professzora, öt akadémia tagja, a mai antropológia és a pragmatikai elmélet kiemelkedő képviselője. Kiefer Ferenc, Pataki Ferenc és Pléh Csaba ajánlása munkásságának ezt a kettős arculatát emeli ki:

„Kidolgozta a kulturális átadás átfogó elméletét: a felvevő rendszer magához alakítja a kulturális tartalmakat (Sperber 2001; 2000 hivatkozás). Deirdre Wilsonnal együtt kialakította a modern pragmatikát meghatározó relevanciaelméletet (Blackwell 1986; 10 000 hivatkozás), amely szerint minden társalgási eseményt a mentálisan tárolt információkkal való összevetés irányít. Az erkölcsi érvrendszerek és az érvelés evolúciós és pragmatikai elemzése ennek az elméletnek a kiterjesztései. Elmélete számos hazai pragmatikai és pszichológiai kutatócsoport számára kiindulás.” (Sperber munkáiról lásd Sperber 2007; Sperber–Wilson 2013; az ajánlásról lásd MTA Tagajánlások 2013, 125)

Tíz éven át a CEU budapesti professzoraként aktívan részt vett a magyar szellemi életben. A 2000-es évekből 250 hazai hivatkozása van. Az MTA tiszteleti tagjaként 2014. február 20-án tartotta „Rethinking Reasoning” című székfoglalóját, mely magyarul is megjelent (Sperber–Mercier 2015).

A kortársakra nézve kicsit részrehajlónak tűnik a kép. A Bruner, Changeux, Dehaene, Dennett, Dressler, Hofstadte, Kahnemann, Näätänen, Sperber, Tomasello „csapatot” bármely kognitív tudományi doktori iskola szívesen vallaná háttérének. Ez nemcsak a dolgozat szerzőjének elfogultságát tükrözi, hanem az utóbbi nemzedék magyar aka-

démikusainak (a jelölőknek) kifejezett affinitását a bölcsészetet a természettudományokkal elegyítő kognitív szemlélet iránt.

A teljes képből nem lényegtelenek a hiányzók sem. Miközben a klasszikus Akadémia színvonalas tudósokat választ tiszteleti tagnak, a nagyon vitatott elméletek szerzőit inkább kihagyja. Csak a klasszikus kort véve, nincs itt Ernst Haeckel, Wilhelm Wundt, Émile Durkheim, Gabriel Tarde, William James, John Dewey, Ivan Pavlov, aki minket, pszichológusokat érinthetne. De vannak ebben is kivételek, legkiugróbban Darwin, aki már saját korában és a magyar tudós körökben is sokat vitatott.

Irodalomjegyzék

- „A 2019-es akadémiai tagválasztás rendes, levelező, külső és tiszteleti tagi ajánlottjai tudományos osztályonként” (2018). *Magyar Tudomány* 179/12, 1785. <https://epa.oszk.hu/00600/00691/00183/pdf/>.
- A 2022. évi rendes, levelező, külső és tiszteleti tagok (2022). Budapest: Magyar Tudományos Akadémia.
- „XXXIII-dik Nagygyűlés, 1873. május 20.” (1873). *A Magyar Tudományos Akadémia Értesítője* 7/9, 137–153.
- „XXXVI. Akadémiai Nagygyűlés. Első nap 1876. június 7-én”. *A Magyar Tudományos Akadémia Értesítője* 10/10, 133–140.
- Anohin, Piotr K. (1965). „A feltételes reflex sarkalatos problémájának módszertani elemzése”. In: Kupalov, Petr S. – Sorohova, Jekaterina V. – Kaganov, Vlagyimir M., szerk. *Filozófiai problémák a magasabbrendű idegműködés fiziológiájában és a pszichológiában*. Budapest: Akadémiai Kiadó, 192–262.
- Beaugrande, Robert de – Dressler, Wolfgang (2000). *Bevezetés a szövegyelvészethez*. Budapest: Corvina Kiadó Kft.
- Bereczkei, Tamás – Dunbar, Robin (2002). „Helping-at-the-Nest and Sex-Biased Parental Investment in a Hungarian Gypsy Population”. *Current Anthropology* 43/5, 804–809. <https://doi.org/10.1086/344374>.
- Boros János (2009). *A megismerés talánya*. Budapest: Áron Kiadó.
- Boros János – Dennett, Daniel (2009). „Elmagyarázta Daniel Dennett a tudatot? Boros János és Daniel Dennett beszélgetése”. In: Boros János. *A megismerés talánya*. Budapest: Áron Kiadó, 365–370.
- Bruner, Jerome S. (1968). *Az oktatás folyamata*. Budapest: Tankönyvkiadó.
- Bruner, Jerome S. (1974). *Új utak az oktatás elméletéhez*. Budapest: Gondolat Kiadó.
- Bruner, Jerome S. (1975). „A perceptuális készenlétről”. In: Marton L. Magda, szerk. *A tanulás szerepe az emberi észlelésben*. Budapest: Gondolat Kiadó, 125–170.
- Bruner, Jerome S. (2004). *Az oktatás kultúrája*. Budapest: Gondolat Kiadó.
- Bruner, Jerome S. (2005). *Valóságos elmék, lehetséges világok*. Budapest: Új Mandátum Kiadó.
- Changeux, Jean-Pierre (2000). *Agyunk által világosan. A neuronális ember avagy az agykutatás keresztmetszete*. Budapest: Typotex Kiadó.
- Changeux, Jean-Pierre (2007). *Az igazságkereső ember*. Budapest: Gondolat Kiadó.
- Changeux, Jean-Pierre – Ricoeur, Paul (2001). *A természet és a szabályok*. Budapest: Osiris Kiadó.
- Csépe Valéria (2023). „In memoriam Risto Kalervo Näätänen (1939–2023)”. *Magyar Tudományos Akadémia* (2023. okt. 20.). https://mta.hu/mta_hirei/in-memoriam-risto-kalervo-naatanen-1939-2023-113246.
- Darwin, Charles (1873–1874). *A fajok eredete a természeti kiválás útján I–II*. Budapest: Természettudományi Társulat.
- Darwin, Charles (1884). *Az ember származása és az ivari kiválás*. Budapest: Természettudományi Társulat.

- Dehaene, Stanislas (2003). *A számérzék. Miként alkotja meg az elme a matematikát?* Budapest: Osiris Kiadó.
- Dehaene, Stanislas (2022). *A rugalmas agy. Miért tanulunk hatékonyabban, mint a gépek?* Budapest: Typotex Kiadó.
- Dennett, Daniel (1996). *Micsoda elmék.* Budapest: Kulturtrade Kiadó Kft.
- Dennett, Daniel (1998). *Az intencionalitás filozófiája.* Budapest: Osiris Kiadó.
- Dennett, Daniel (2003). „Explaining the »Magic« of Consciousness”. *Journal of Cultural and Evolutionary Psychology* 1/1, 7–19. <https://doi.org/10.1556/jcep.1.2003.1.2>.
- Dennett, Daniel (2009). „A kultúra evolúciója”. In: Boros János. *A megismerés talánya.* Budapest: Áron Kiadó, 385–405.
- Dennett, Daniel (2010). *Darwin veszélyes ideája.* Budapest: Typotex Kiadó.
- Dressler, Wolfgang – Pléh, Csaba (1988). „On Text Disturbances in Aphasia”. In: Dressler, Wolfgang U. – Stark, Jacqueline A., szerk. *Linguistic analyses of aphasic language.* New York, NY: Springer, 151–178.
- Dressler, Wolfgang et al. (2007). „Diminutives as Pioneers of Derivational and Inflectional Development – A Cross-Linguistic Perspective”. *Antwerp Papers in Linguistics* 112/1, 81–92.
- Dunbar, Robin (2003). „Are There Cognitive Constraints on an E-World?” In: Nyíri, Kristóf, szerk. *Mobile Communication: Essays on Cognition and Community.* Vienna: Passagen Verlag, 57–70.
- Dunbar, Robin (2005). „Why Are Good Writers so Rare? An Evolutionary Perspective on Literature”. *Journal of Cultural and Evolutionary Psychology* 3/1, 7–21. <https://doi.org/10.1556/jcep.3.2005.1.1>.
- Dunbar, Robin (2022). *Barátok. Hogyan értelmezzük legfontosabb kapcsolataink erejét?* Budapest: Typotex Kiadó.
- Első (philos, törvény- és történettudományi osztály- egyszersmind összes) ülés. 1868. január 7-kén. (1868). *A Magyar Tudományos Akadémia Értesítője* 2/2, 1–338.
- Fekete Gézáné, szerk. (1975). *A Magyar Tudományos Akadémia Tagjai 1825–1973.* Budapest: MTA Könyvtára. <https://real-eod.mtak.hu/41/>.
- Helmholtz, Hermann von (1874). *Népszerű tudományos előadások.* Budapest: Természettudományi Társulat.
- Hofstede, Geert (1980). *Culture's Consequences.* Beverly Hills, CA: Sage Publications.
- Hofstede, Geert (1991). *Cultures and Organizations. Software of the Mind.* London: McGraw-Hill.
- Humboldt, Wilhelm von (1985). *Válogatott tanulmányai.* Budapest: Európa Könyvkiadó.
- Illyés Gyula (1978). *Naplójegyzetek 1977–1978.* Magyar Elektronikus Könyvtár. <https://mek.oszk.hu/01200/01271/html/03.htm>.
- Jacob, François (1974). *A tejszín és a tyúk. Az élők logikája.* Budapest: Európa Könyvkiadó.
- Jacob, François (1986). *A lehetséges és a tényleges valóság.* Budapest: Európa Könyvkiadó.
- Javaslat az Akadémikusok Gyűlése számára, a 2010. évi rendes, levelező, külső és tiszteleti tagok választására (2010). <https://real-eod.mtak.hu/3491/>.
- Javaslat az Akadémikusok Gyűlése számára a 2025. évi rendes, levelező, külső és tiszteleti tagok választására (2025). Budapest: Magyar Tudományos Akadémia. https://mta.hu/data/dokumentumok/Tagjeloltek_2025_02_NET.pdf.
- Kahneman, Daniel (2013). *Gyors és lassú gondolkodás.* Budapest: HVG Könyvek.
- Kahneman, Daniel – Sibony, Olivier – Sunstein, Cass R. (2021). *Zaj.* Budapest: HVG Könyvek.
- Lenhossék József (1876). *Deák Ferencz koponyáján tett mérések és ezekből vont következtetések.* A M. Tudom. Akadémia Évkönyvei XIV. kötetének VIII. darabja. Budapest: MTA Könyvkiadó Hivatala.
- Lenhossék József (1882). „Emlékbeszéd Broca Pál külső tag felett”. In: *Az MTA Elhunyt Tagjai Fölött Tartott Emlékbeszédek, 1. kötet (1882–1883).* Budapest: Magyar Tudományos Akadémia.
- Lenhossék Mihály (1889). „Az agyvelőről, mint a lélek műhelyéről”. *Természettudományi Közöny* 21/3. pótfüzet, 97–119.
- Leontyev, Alekszej N. (1964). *A pszichikum fejlődésének problémái.* Budapest: Kossuth Könyvkiadó.
- Leontyev, Alekszej N. (1979). *Tevékenység, tudat, személyiség.* Budapest: Gondolat Könyvkiadó–Kossuth Könyvkiadó.

- A Magyar Tudós Társaság Évkönyvei, 2. kötet. (1832–1834).* Buda: Magyar Királyi Egyetem Nyomtatása. https://adt.arcanum.com/hu/view/MTA_MagyarTudomanyosAkademiaEvkonyvei_002_1832-1834/?pg=0&layout=s.
- Markó László et al. (2003). *A Magyar Tudományos Akadémia tagjai 1825–2002 I–III.* Budapest: MTA Társadalomkutató Központ. <https://real-eod.mtak.hu/7573/>.
- Marton L. Magda, szerk. (1975.) *A tanulás szerepe az emberi észlelésben.* Budapest: Gondolat Könyvkiadó.
- Maynard-Smith, John (1990). *Kulcskérdések a biológiában.* Budapest: Gondolat Kiadó.
- Maynard-Smith, John – Szathmáry Eörs (1997). *Az evolúció nagy lépései.* Budapest: Scientia Kiadó.
- Mill, János Stuart (1867). *A szabadságról.* Ford., bev. Kállay Béni. Budapest: Ráth.
- Mill, János Stuart (1874–1877). *A deductív és inductív logika rendszere 1–3.* Budapest: Franklin Társulat.
- Mill, John Stuart (1874). *A nemzetgazdaságtan alapelvei: s ezek némelyikének a társadalom-bölcsészetre való alkalmazása 1–2.* Budapest: Légrády Testvérek.
- Mill, Stuart János (1876). *A nő alárendeltsége.* Szatmár: Nagy Nyomda.
- Moscovici, Serge (1991). „A szociálpszichológia új feladatai az új Európában: Henri Tajfel emlékelőadás”. *Valóság* 34/10, 63–74.
- Moscovici, Serge (2002). *Társadalom-lélektan. Válogatott tanulmányok.* Budapest: Osiris Kiadó.
- MTA Tagajánlások (1833–1863). „A Magyar Tudományos Akadémia tagjainak tagajánlásai, 1833–1863”. Kézirat. <https://real-ms.mtak.hu/25906/>.
- MTA Tagajánlások (1885). „Tagajánlások 1885-ben”. https://adt.arcanum.com/hu/view/MTA_Tagajanlasok_1885/?pg=1&layout=s.
- MTA Tagajánlások (1937). *Tagajánlások 1937-ben.* Budapest: Franklin-Társulat. https://adt.arcanum.com/hu/view/MTA_Tagajanlasok_1937/?pg=0&layout=s.
- MTA Tagajánlások (1958). „Tagajánlások 1958-ra”. Kézirat. https://real-j.mtak.hu/6130/1/Tagajanlasok_1958.pdf.
- MTA Tagajánlások (1973). „Tagajánlások 1973 II. kötet”. Kézirat. https://real-j.mtak.hu/6154/2/Tagajanlasok_1973_2.pdf.
- MTA Tagajánlások (1986). „Szakmai indoklás az MTA 1986. évi közgyűlésre javasolt tiszteleti tagjelölésekhez”. Kézirat. https://real-j.mtak.hu/11280/1/Tagajanlasok_1986.pdf.
- MTA Tagajánlások (1993). Kézirat. MTA Levéltár.
- MTA Tagajánlások (1998). Kézirat. MTA Levéltár.
- MTA Tagajánlások (2001). Kézirat. MTA Levéltár.
- MTA Tagajánlások (2004). Kézirat. MTA Levéltár.
- MTA Tagajánlások (2007). Kézirat. MTA Levéltár.
- MTA Tagajánlások (2013). *Javaslat az Akadémikusok Gyűlése számára, a 2013. évi rendes, levelező, külső és tiszteleti tagok választására.* Budapest: MTA. https://real-eod.mtak.hu/3490/1/MTA_AM_Javaslat_2013_000812041.pdf.
- MTA Tagajánlások (2022.) *A 2022. évi rendes, levelező, külső és tiszteleti tagok.* Budapest: MTA. https://mta.hu/data/dokumentumok/magyar_tudomanyossag_kulfoldon/2022/tagok_2022_NET.pdf.
- „Nagygyűlés 1872. május 23-án” (1872). *A Magyar Tudományos Akadémia Értesítője* 6/10, 151–166.
- Palchikov, Vasyt et al. (2012). „Sex Differences in Intimate Relationships”. *Scientific Reports* 2, 370. <https://doi.org/10.1038/00370>.
- Palló Gábor (2009). „Darwin utazása Magyarországon”. *Magyar Tudomány* 170/6, 714–726.
- Pléh Csaba (2001). „Új arcok az Akadémián. (Hunyady György, Hernád István, Jerome Bruner, Daniel Dennett, Lénárd László, Buzsáki György)”. *Magyar Pszichológiai Szemle* 56/3, 427–442.
- Pléh Csaba (2024). „Pavlov kettős szerepe a magyar pszichológia sorsában az 1950–60-as években”. *Iskolakultúra* 34/10, 67–103. <https://doi.org/10.14232/iskult.2024.10.67>.
- Pléh Csaba – Dressler, Wolfgang – Wodak, Ruth (1985). „Afázias betegek elbeszélő szövegeinek néhány jellegzetessége”. *Magyar Pszichológiai Szemle* 42/3, 196–222.
- Ramón y Cajal, S. (1928). *Tudományos kutatásra vezérlő kalauz.* Budapest: Novák.
- Réti Endre (1964). „Magyar darwinista orvosok”. *Orvostörténeti Közlemények* 18, 117–313.

- Sperber, Dan (2001). *A kultúra magyarázata. Naturalista megközelítés*. Budapest: Osiris Kiadó.
- Sperber, Dan (2007). „A guru hatás”. *Magyar Pszichológiai Szemle* 62, 127–138.
- Sperber, Dan – Mercier, Hugo (2015). „A következtetés mint társas készség.” *Magyar Tudomány* 176/2, 219–234.
- Sperber, Dan – Wilson, Deirdre (2013). „A metafora leleplezése”. In: Pléh Csaba, szerk. *Általános Nyelvészeti Tanulmányok XXV*. Budapest: Akadémiai Kiadó, 313–338.
- Tagajánlások 1902-ben* (1902). Budapest: Magyar Tudományos Akadémia. https://adt.arcanum.com/hu/view/MTA_Tagajanlasok_1902/?pg=0&layout=s&query=.
- Tagajánlások 1925-ben* (1925). Budapest: Magyar Tudományos Akadémia. https://adt.arcanum.com/hu/view/MTA_Tagajanlasok_1925/?pg=0&layout=s.
- Taine, Hippolit Adolf (1881–1885). *Az angol irodalom története 1–5*. Budapest: Magyar Tudományos Akadémia.
- „The 150 of Us – An Interview with Robin Dunbar, Honorary Member of MTA, About the Social Network Size Number of Humans”. *Magyar Tudományos Akadémia* (2022. okt. 20.). <https://mta.hu/english/the-150-of-us-an-interview-with-robin-dunbar-honorary-member-of-mta-about-the-social-network-size-number-of-humans-112469>.
- Tomasello, Michael (2002). *Gondolkodás és kultúra*. Budapest: Osiris Kiadó.
- Tomasello, Michael (2011). *Mi haszna az együttműködésnek?* Budapest: Gondolat Kiadó.

A bakteriofág terápia helye és szerepe a posztantibiotikus érában

The Place and Role of Bacteriophage Therapy in the Post-Antibiotic Era

Schneider György

PhD, egyetemi docens, Pécsi Tudományegyetem Klinikai Központ Orvosi Mikrobiológiai és Immunitástani Intézet, Pécs
schneider.gyorgy@pte.hu

Összefoglalás

A baktériumok antibiotikumokkal szembeni ellenállóságának drasztikus növekedése új terápiás megközelítések alkalmazását kívánja meg. Ez annál is égetőbb, mert amennyiben a folyamat így halad tovább, akkor hamarosan elérhetünk egy olyan krízishelyzethez, amelyet posztantibiotikus érának nevezünk, és ahol az antibiotikumok hatástalanná válnak a fertőző baktériumokkal szemben. Egyik lehetséges válasz a kihívásra a bakteriofágok terápiás célzatú alkalmazása. Ezen vírusok képesek specifikusan felismerni és elpusztítani célbaktériumukat. Jelen cikkben rövid áttekintést nyújtunk a fennálló antibiotikumkrízisről, valamint arról, hogy milyen szerepe lehet a bakteriofágoknak ezen helyzet kezelésében. Megemlítjük azon módszereket, amelyek segítségével a bakteriofágok továbbfejleszthetők, és ezzel növelhető a terápiás alkalmazhatóságuk. Kitérünk arra, hogy a bakteriofágok milyen módon alkalmazhatók, kiemelve a bakteriofág–antibiotikum-szinergizmus jelentőségét. Röviden taglaljuk azt, hogy az egyes országokban milyen szabályozások révén próbálják ezen alternatív terápiás lehetőségeket átültetni a hétköznapi gyógyításba.

Abstract

The drastic increase in bacterial resistance to antibiotics necessitates new therapeutic approaches. This is an urgent issue because, if the current trend continues, we will soon reach a crisis point where antibiotics become ineffective against infectious bacteria, marking the beginning of the post-antibiotic era. One possible solution to this problem is the therapeutic use of bacteriophages. These viruses can specifically recognize and destroy their target bacteria. In this article, we provide an overview of the antibiotic crisis and the potential role of bacteriophages in addressing it. We also discuss methods for further developing bacteriophages to increase their therapeutic applicability, and then we cover how bacteriophages can be used, emphasizing the importance of bacteriophage–antibiotic synergism. Finally, we will discuss the regulations in different countries that aim to incorporate these alternative therapeutic options into everyday treatment.

Kulcsszavak: antibiotikumrezisztencia, posztantibiotikus éra, bakteriofág-terápia, fágtervezés, szabályozás

Keywords: antibiotic resistance, post-antibiotic era, bacteriophage therapy, phage design, regulation

Antibiotikumkrízis

A több antibiotikumnak ellenálló, azaz multirezisztens (MDR) baktériumok terjedése és az ezzel kapcsolatosan megugró terápiás kudarok napjaink egyik legerősebb egészségügyi kihívását jelentik. Az előrejelzések alapján 2050-re évente 10 millió em-

ber haláláért lesz felelős az a tény, hogy a fertőzést okozó mikroorganizmus ellen egyszerűen nem áll rendelkezésre megfelelő antibiotikum (O'Neill 2014). A 2019-es évre vonatkozó becslő adat ezt az értéket világszinten 1,27 millióra becsülte (Murray et al. 2022). A 2022-es GLASS- (Global Antimicrobial Resistance and Use Surveillance System) jelentés alapján 76 országban a patogén *Escherichia coli* izolátumok 42%-a, míg a *Staphylococcus aureus* izolátumok 35%-a mutatott rezisztenciát olyan antibiotikumokkal szemben (harmadik generációs cefalosporinok, illetve methicillin), amelyek napjainkban ezen baktériumok sikeres terápiájának kulcsszerei. Mindazonáltal a romló tendencia nem áll meg, és egy OECD- (Organisation for Economic Cooperation and Development) jelentés alapján az utolsó mentővarként szolgáló ún. „last resort” antibiotikumokkal szembeni rezisztencia kétszeres növekedése becsülhető 2035-re a 2005-ös kiinduló évhez viszonyítva. Az antropogén hatásra megnövekedett evolúciós nyomás eredményeként terjedő és feldúsuló antibiotikumrezisztencia-gének hozzájárulnak a multirezisztens (MDR), kiterjedten rezisztens (XDR) és pánrezisztens (PDR) patogénekhez. Emberi fertőzések szempontjából az ún. ESKAPE-fajok: *Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* és *Enterobacter* fajok a legjelentősebbek. A WHO (World Health Organization) ezeken belül is az utolsó négy tag elleni antibiotikum fejlesztését prioritizálja. A fentiek mellett az enterális kórokozók közül a *Helicobacter pylori*, a *Campylobacter*- és *Salmonella* fajok, illetve a szexuális úton terjedők közül a *Neisseria gonorrhoeae* jelentőségét emeli ki a rezisztencia szempontjából. Az egyre növekvő számban jelen levő rezisztens baktériumizolátumok miatt jelen pillanatban is rohamos léptekkel haladunk azon krízis felé, melyet posztantibiotikus érának nevezünk (Alanis 2005).

Az antibiotikumrezisztencia terjedésének fékezése érdekében égető szükség lenne a már hosszú ideje hangoztatott tudatos antibiotikumfelhasználás alkalmazására, valamint a környezetbe került antibiotikumok, illetve antibiotikumrezisztens baktériumok, és antibiotikumrezisztencia-gének eliminálására. Ennek fontosságát demonstrálja a „One Health” koncepció, melynek lényege, hogy a mesterséges vagy természetes környezetbe juttatott antibiotikum valójában egy körforgásba kerül. A koncepció lényegét ott tudjuk megfogni, hogy ha egy antibiotikumot felhasználunk, az részben kikerül a szennyvízbe, majd onnan a természetbe, amely antibiotikumrezisztens kórokozók terjedését, de legalábbis folyamatos fennmaradását biztosíthatja. Ebből a szempontból a legkritikusabb helyek az agrárium, a gyógyszergyárak és egyéb koncentrált felhasználású helyszínek, például a kórházi kifolyók.

Ezen folyamatot csak akkor szakíthatjuk meg és esetleg fordíthatjuk valamelyest vissza, amennyiben az antibiotikumfelhasználást helyettesítjük, természetesen azon esetekben, ahol erre lehetőség van, tehát létezik hatékony alternatíva. A gyógyászat tekintetében néhány ilyen alternatív lehetőség az antitestterápia, az antimikrobiális peptidok, probiotikumok, növényi kivonatok használata és a jelen cikkünk témáját adó speciális vírusok, a baktériumokat elpusztítani képes bakteriofágok terápiás felhasználása.

Bakteriofágok

A bakteriofágok (röviden fágok) olyan vírusok, amelyek képesek baktériumokat speciálisan elöltni. Ennek során egy lítikus bakteriofág először specifikusan a célbaktérium felszínéhez kötődik egy megfelelő sejtfelszíni struktúrát (receptort) találva. A felszínen ily módon rögzült fág a genetikai anyagát a baktériumba juttatva képes magát megsokszorozni, és végső lépésként az így termelődött új bakteriofágok egy lítikus lépésben belülről feloldják a baktériumot, és kiszabadulnak a környezetbe. Ennek során a bakteriofágok nemcsak megölik a célbaktériumot, de egyben meg is sokszorozzák magukat.

A bakteriofágok felfedezése

A történelem fonalán egészen 1896-ig kell visszanyúlnunk, amikor is Ernest Hankin először figyelte meg, hogy a Gangesz és Jumna folyók vízmintái képesek voltak az általa vizsgált *Vibrio cholerae* tenyészeit elpusztítani. Ugyan nem sokat tudott ezen antibakteriális ágens mibenlétéről, de már akkor felvetette a gondolatot, hogy az egyes falusiak által használt kutak vizének baktériumölő hatása lehet felelős azért, hogy az érintett falvakban alacsonyabb a kolerás megbetegedések aránya, mint másokban. Hasonló baktériumölő hatást figyelt meg 1915-ben Frederick Twort *Micrococcus* baktériumok tanulmányozása közben, majd 1917-ben Félix d'Hérelle egy másik baktérium, a *Shigella* esetében. D'Hérelle-ben fogalmazódott meg ezen – akkor még ismeretlen karakterisztikájú – antibakteriális ágensek terápiás célzatú felhasználásának lehetősége, melyet 1919-ben előbb baromfiban, majd még ugyanabban az évben emberekben demonstrált. D'Hérelle-t tekintjük a fágterápia atyjának és nem utolsósorban a bakteriofágok keresztapjának. Eredményei, a folyamatosan fennálló bizonytalanságok és terápiás kudarcok ellenére is, felkeltették a tudományos világ és az ipar érdeklődését. Mindeközben d'Hérelle párizsi laboratóriumában számos vendégkutató töltött hosszabb-rövidebb időt. Egyikőjük, egy grúz orvos, Giorgi Eliava, többször járt d'Hérelle-nél, és megfogalmazódott bennük egy fágterápiás központ létrehozásának gondolata. Ennek hatására Tbiliszipben létrehozták a később majd Eliava nevét viselő Bakteriológiai Intézetet, amely egyéb kutatások mellett mind a mai napig a fágterápiás alkalmazások egyik vezető intézete, és amelyben fénykorában fágkészítmények tonnái állították elő. A két kutató ismeretsége és közös érdeklődése így indított el egy olyan intézetet, amelyben az egész Szovjetunió területéről érkező betegmintákból izoláltak kórokozókat, majd izoláltak ezen kórokozók ellen bakteriofágokat, és amely intézet nem utolsósorban égve hagyta a fágterápia őrlángját a lassan beköszönő antibiotikumkorszakban is.

A második világháború időszaka vált sorsdöntővé a bakteriofágok számára, hiszen annak ellenére, hogy a szovjet és a német hadsereg tábori kórházaiban sikerrel alkalmazták az ezen baktériumok elleni vírusokat dizentériás fertőzések és üszkösödés kezelésére (Summers 2012), 1944-től a nyugati szövetségeseknél csatatérre lépett

az első antibiotikum, a penicillin, amely több ezer szövetséges katona életét mentette meg hadszíntéri sebesülésüket követően. Az ezt követő antibiotikum-*boom* révén a nyugati világ a hatékonyabb és egyszerűen gyártható antibiotikumok mellett tette le terápiás voksát, amelyek alkalmazása forradalmasította a fertőző betegségek kezelését. Ezzel egy időben a bakteriofágokkal kapcsolatos kutatások egy időre visszahúzódtak egyes kutatólaboratóriumok mélyére.

A bakteriofágok mint terápiás ágensek

A korábban említett antibiotikumrezisztencia terjedése és az ebből adódó kritikus helyzet mára részben kezdi visszaforgatni a történelem kerekét, és kezdi megváltoztatni a bakteriofágokkal kapcsolatos felfogásokat. A helyzet azonban nem túl egyszerű, hiszen a növekvő igények ellenére, ellentétben az agrárvonallal, a humán orvoslásban mind a mai napig nem létezik engedélyezett bakteriofágalapú készítmény, melynek oka az alátámasztott klinikai kísérletek hiánya. Ezt meglependő, még 2000-ben indult el az első klinikai teszt az USA-ban, amelyben *Escherichia coli*-, *Staphylococcus aureus*- és *Pseudomonas aeruginosa*-ellenes fágkészítmények hatékonyságát és biztonságát vizsgálták, és amelynek eredményeit 2009-ben tették nyilvánossá (Rhoads et al. 2009). Némi látenciával, 2013-ban az Európai Unióban is indult hasonló vizsgálat (Phagoburn), amely során 27 francia, belga és svájci páciens *Pseudomonas aeruginosa*-val fertőződött égési sérülését kezelték bakteriofágokkal (Jault et al. 2019). Annak ellenére, hogy ezen utóbbi kísérlet nem igazán lett sikeres, ez volt az első eset, amikor három nemzeti szabályozó hatóság konszenzusa révén egyáltalán rávette magát, hogy megvizsgálja a fágterápia hatékonyságát humán alkalmazások esetén. Jelenleg öt nagy fágterápiás intézet létezik a világon, melyek az Eliava Phage Therapy Center (Tbiliszi, Georgia), Phage Therapy Center (Tbiliszi, Georgia), Center for Innovative Phage Applications and Therapeutics (West Philadelphia, PA, USA), Phage International (San Ramon, CA, USA) és a Phage Therapy Unit (Wrocław, Lengyelország). Látva mások lépéseit és tudatában léve az antibiotikumkrízisnek, egyre több országban fordulnak a fágterápiás alkalmazások érdemi megfontolása felé.

Bakteriofágalapú termékek–konzorciális alapú termékek

A bakteriofágok első piacra lépése az 1930-as évek végére datálódik, amikor is először a párizsi székhelyű, és ma a szépségipari termékeiről ismert L'Oréal kezdte árulni az eleinte a d'Herelle laboratóriumban előállított fágtermékeket. Az amerikai földrészen az egyesült államokbeli Eli Lilly Co. kezdett fágalapú termékeket forgalmazni. A termékek összeállításánál a vezérelv egyszerű volt: minél több olyan bakteriofág kombinációja alkossa a terméket, amely képes lizálni a betegektől származó kórokozó baktériumok mind szélesebb skáláját. Ezen törekvések ellenére már a kezdeti tapasztalatok alátámasztották, hogy az összeállított bakteriofág konzorciumon alapuló termékek sok esetben nem váltják be a hozzájuk fűzött reményeket. A kudarcoknak

volt köszönhető az is, hogy a fenti két cég is elég hamar felhagyott ezen termékek gyártásával.

Ma már tudjuk, hogy a sikertelenség első megközelítésben a fágok nagymérvű specificitásával magyarázható, ugyanis a fágfertőzés első kritikus lépése a célbaktérium felszínén levő megfelelő receptor felismerése és az ahhoz történő kötődés. Receptorként szolgálhat minden egyes sejtfelszíni struktúra, amely a baktérium felszínén található, és ha figyelembe vesszük azt a tényt, hogy egy közöséges *Escherichia coli* felszínén nagyjából 2000 db eltérő fehérje- vagy szénhidrátalapú molekula található, amely potenciális receptorként szolgálhat egy fág számára, és ráadásul ezek enyhén eltérő változatai találhatók más-más izolátumok felszínén, akkor a rendelkezésre álló fágreceptor-lehetőségek tárháza meglehetősen széles. Igen ám, de egy konkrét fág általában csak egy konkrét receptort használ a fertőzéshez. Ez azt jelenti, hogy egy fágkonzorcium összeállításánál lehetetlen feladatnak tűnik olyan fágrepertoár összeállítása, melynek tagjai összkonzorciumi szinten képesek felismerni az összes potenciális receptort és ezen receptorok eltérő szerkezetű módosulatait egy célfaj, például a *Staphylococcus aureus* esetében. Erre nincs is feltétlenül szükség, hiszen léteznek olyan felszíni struktúrák a baktériumok felszínén, amelyek jelenléte domináns, és ideális esetben nélkülözhetetlen funkciót hordozván, konzervatív aminosavsorrenddel és ebből adódóan konzervatív szerkezettel is rendelkeznek. Abban az esetben, ha sikerül azonosítani ezen ideális struktúrákat, és ezen receptorokra rendelkezünk hatékony bakteriofágokkal, akkor lehetőség lenne egy finomra hangolt konzorciumot létrehozni. A megközelítés hátránya, hogy a konzervatív receptorstruktúrák azonosítása időigényes, és ha ezen receptorstruktúrák más sejtalkotókkal (tipikusan LPS-sel [lipopoliszacharid] vagy tokkal) vannak elfedve, akkor azok felszíni kitettsége és ezzel elérhetősége is korlátozottá válik, ergo védett lesz a fág ellen.

A fágkonzorciumon alapuló termékfejlesztés egy másik iránya, hogy a fágtermékek folyamatos fejlesztése során regionális szinten gondolkozunk, és egy adott országban, tájegységen elterjedt problémás baktériumtörzsek, -klónok ellen hatékony fágokból állítunk össze bakteriofág-konzorciumot. Az ezen a gondolaton alapuló fágterápiát célzó törekvésekre hazánkban is folynak kísérletek, például az *Acinetobacter baumannii* ellen (Koncz et al. 2024). Ezen fágtermékek mindamelllett, hogy sikeresek lehetnek egy-egy kisebb-nagyobb földrajzi területen belül, az egyes klónok, evolúciós vonalak világszintű gyors terjedése, megjelenése és elszaporodása miatt adott esetben bolygónk más részein is bevetethők.

Személyre szabott fágterápia

A hatékony fágterápia egyelőre egyik legalkalmazhatóbb és legsikeresebb ága a személyre szabott fágterápia. Ennek során a páciensből kitenyészett kórokozóra tesztelnek törzsgyűjteményi fágokat, vagy próbálnak izolálni ellene terápiásan hatékonynak tűnő bakteriofágo(ka)t, amelyekkel ezt követően megkezdik a kezelést. A rendszer előnye, hogy az igények alapján összeállított készítmény felesleges fágokat nem tar-

talmaz. Ez a módszer sok esetben igen hatékonyan működik a tradicionális georgiai és lengyel, illetve újonnan létesült (belga, észak-amerikai, ausztrál, angol) fágterápiás központokban, ahol sok esetben sikerrel kezeltek már különböző fertőzéseket, és hasonló cél körvonalazódik a Debreceni Egyetem falain belül is. A személyre szabott eljárás egyik kritikus pontja a megfelelő fág megtalálása. Gyakran előfordul, hogy a folyamatosan növekvő fágkönyvtárak ellenére sem sikerül terápiás potenciállal rendelkező bakteriofágot találni. Erre lehet gyógyír a nemzetközi szinten működő fáglaboratóriumok és gyógyászati intézmények széles körű összekapcsolása, melyre jó példa a már működő Phage Alerts („Phage Directory”) vagy Phage Australia („Connect. Discover. Cure.”) kezdeményezések. A folyamat során a koordináló szervezet nemzetközi szinten hozza össze a problémás pácienssel rendelkező egészségügyi intézményeket a potenciális fággal rendelkező laboratóriumokkal. Ezek után vagy a fággyűjtemény megosztásával, vagy a problémás kórokozó fáglaboratóriumba történő küldésével nagyobb lehetőség kínálkozik hatékony bakteriofágok kiválasztására és terápiába történő bevonására. A kezdeményezés eredményeképp számos alkalommal fordult már elő, hogy több ezer kilométerre levő fág és célbaktériuma talált egymásra, és megvalósult a sikeres terápia. Természetesen a folyamat időigényes, hiszen amennyiben új fág kerül izolálásra, azt célszerű jellemezni (szekvenálás), majd ezt követően felszaporítani, és az igényeknek megfelelően tisztítani, és így beadható formába hozni.

Egy friss tanulmányban 100 db személyre szabott fágterápiás kezelés tanulságainak elemzését végezték el, ahol alsó légúti, bőr-, lágyrész- és csontasszociált fertőzéseket kezeltek *in vitro* hatékonynak bizonyult meglévő vagy adaptált bakteriofágokkal (Pirnay et al. 2024). Az esetek 77,2%-ában javulás következett be a klinikai képben, és 61,3%-ban volt tapasztalható a célbaktérium kiirtása. A legnagyobb sikerrel a felszíni, illetve a légúti fertőzések voltak megszüntethetők. A szisztémásan alkalmazott bakteriofágok sikerességét sok esetben az immunrendszer befolyásolta immunneutralizáció révén. A tanulmány egyben kiemeli, hogy jelenleg a bakteriofág és antibiotikum kombináció együttes alkalmazása tűnik a legkecsegtőbb rövid távú megoldásnak.

Bakteriofág–antibiotikum kombinált terápia

Az MDR-baktériumok mind szélesebb körű terjedése ellenére a belátható jövőben az antibiotikumok maradnak a fertőző betegségek gyógyításának alappillérei. A tárházak szűkülő lehetőségei azonban új megközelítések alkalmazását kívánják meg. Erre tűnik megfelelő megoldásnak a bakteriofág–antibiotikum-szinergia kihasználása. Ennek lényege, hogy az antibiotikumterápia sikeressége jelentősen növelhető bakteriofág együttes adásával. Valójában két eltérő antibakteriális mechanizmus együttes alkalmazásáról van szó, amely egyébként antibiotikum–antibiotikum-kombó relációjában már ismert. A bakteriofágok, habár technikailag élettelenek, mégis, megtalálva célbaktériumukat, olyan dinamikus entitásokká válnak, amelyek szaporodási ciklusuk elindításával nemcsak a célbaktérium lízisét valósítják meg, hanem egyben önmagukat is megsokszorozzák, és elméletileg hadba foghatók, amíg a célbaktériumuk

jelen van. Ezzel szemben az antibiotikumok olyan kémiai anyagok, amelyek a megfelelő makromolekulákhoz kötődve a baktériumok egyes élettani funkcióit, mint sejtfal-, fehérje-, nukleinsav-szintézis, képesek megzavarni, és idővel kiürülnek. Emellett további különbség, hogy a bakteriofágok a korábban említett receptorfelismerő képességüknek köszönhetően nagymérvű faj- vagy törzsspecificitással rendelkeznek, míg az antibiotikumokra ez nem érvényes. Ennek az a jelentősége, hogy a bakteriofágok segítségével lehetőségünk van csak a kórokozót eliminálni a rendszerből anélkül, hogy más ártalmatlan baktériumoknak ártsunk.

A baktérium–bakteriofág-szinergia alapja, hogy bizonyos esetekben a baktériumban létrejövő fágrezisztencia antibiotikum-érzékenységhöz vezethet, amelynek hatására a jelenlevő fág ellen a baktérium ugyan ellenálló lesz, de a jelen levő antibiotikummal szemben viszont érzékennyé válik, vagy éppen fordítva. Ennek egyik tipikus példája, amikor antibiotikum-rezisztenciában szerepet játszó efflux rendszerek funkcionális szempontból kritikus oligopeptidjei egyben fágreceptorokként is szolgálnak. Legyen így vagy úgy, de a célbaktérium képtelen megküzdeni a kettős hatással, és eliminálhatóvá válik. Ezen evolúciós adok-veszekre jó példa a Phab24 elnevezésű fág, melyet az *Acinetobacter baumannii* ellen izoláltak (Wang et al. 2021). A fágrezisztens klónok érzékennyé váltak a kolisztinre és egyéb antibiotikumokra, valamint a *Galleria mellonella* infekciós modell alapján megbetegítő képességük is kimutathatóan csökkent. A létrejött fágrezisztens klónok genetikai és fenotipikus analízise kimutatta, hogy a fágrezisztenciát okozó mutációk a tokot és egyes külső membránfehérjéket érintettek, amelyek viszont a jelen levő fág receptorai voltak. Hasonló jelenséget mutattak ki a Szegedi és Pécsi Tudományegyetem kutatói, közreműködve hazánk első fágterápiás cégével az Enviroinvest Zrt.-vel együtt, *Pseudomonas aeruginosa* ellen izolált bakteriofágok esetében. Az analizált fágok ellen létrejött rezisztencia az MexXY-OprM efflux rendszert érintette, és mind *in vitro*, mind egéralapú *in vivo* kísérletben kimutatták, hogy az antibiotikum–bakteriofág-kombó alkalmazása hatékonyan korlátozta a vizsgálatban részt vevő MDR *Pseudomonas aeruginosa* törzs szaporodását foszfomicin, gentamicin, tetraciklin és ceftazidim antibiotikumok jelenlétében (Valappil et al. 2021). Hasonló eredményekről számoltak be methicillinrezisztens *Staphylococcus aureus* izolátumok esetében és más baktériumoknál antibiotikum és fág együttes kezelése során (Osman et al. 2023).

Módosított bakteriofágok – bakteriofág-fejlesztés

Dacára a gyűjteményekben elérhető fágok széles repertoárjának, sok esetben nem sikerül ideális fágot találni. Ennek oka, hogy egy fágnak számos kritériumnak kell megfelelni ahhoz, hogy terápiásan sikeres legyen. Legtöbb esetben a bakteriofág *in vitro* (laboratóriumi) körülmények közt hatékony, de *in vivo* (élő rendszerben) nem váltja be a hozzá fűzött reményeket. Befolyásoló tényezők lehetnek, hogy a bélrendszerbe juttatott fágok idő előtt kiürülnek, vagy éppen mérsékelt savtűrésük miatt aktív formában már el sem jutnak a vékony-, illetve vastagbélbe; az intraperitonális

vagy intravénásan beadott fágot – főleg ismételt adások esetén – az immunrendszer hatástalanítja; a fág számára ideális célreceptort fedl a célbaktérium felszínén levő extracelluláris mátrix. Sok esetben a fág ugyan hatékony, de nem képes olyan megfelelő titert (fágkoncentrációt) elérni, amellyel hatékonyan lehetne azt termelni.

A fágokkal kapcsolatos megnövekedett ismeretanyag és a biotechnológia tárháza napjainkra lehetővé teszi, hogy a rendelkezésre álló bakteriofágok tulajdonságait igényeink szerint kombináljuk. Az utóbbi időben kerültek azonosításra olyan fágfelszíni struktúrák, amelyek fokozott kötődést képesek biztosítani bizonyos fágoknak különböző nyálkahártyasejtekhöz (Jonge et al. 2019). Biotechnológiai módszerekkel ezen BACON- (bacteroides-associated carbohydrate-binding often N-terminal), illetve Ig-szerű struktúrákkal lehetőségünk van bakteriofágokat felruházni, és ezzel elnyújtott nyálkahártya-jelenlétet biztosítani számukra, amely természetesen időben elnyújtja, ezért növeli a célbaktériummal történő találkozás esélyét. Emellett kimutatták, hogy egyes fágok esetében a kapszidjukban levő bizonyos aminosavak megváltoztatásával drasztikusan csökkenthető a fágok érzékenysége az immunrendszerrel szemben. Ennek ismeretében olyan fágok létrehozása válik lehetővé, melyek jóval hosszabb ideig lesznek képesek jelen lenni a vérben vagy a hasüregben anélkül, hogy az immunrendszer eliminálná őket. A bakteriofágok felszínén levő szénhidrátbontó enzimek (depolimerázok) célzott manipulálásával lehetővé lehet tenni, hogy ezen enzimekkel nem rendelkező bakteriofágok tokkal rendelkező baktériumokat is képesek legyenek megfertőzni. A fágok szaporodási ciklusának szabályozása ismeretében lehetőségünk van olyan módosított fágok létrehozására, melyek nagyobb *burst size*-zal rendelkeznek, tehát egy fertőzött baktériumból több utód fág képes kiszabadulni, és ezzel hatékonyabb önreplikálódást képes megvalósítani, míg a célbaktérium jelen van. A fenti módosítások kivitelezésére mind *in vivo*, mind *in vitro* technológiák rendelkezésre állnak (Hussain et al. 2023).

A hagyományos homológ rekombináció nyújtja erre az egyik legegyszerűbb lehetőséget. Ennek alapja, hogy amennyiben két eltérő fág fertőzi ugyanazt a célbaktériumot, akkor a szintetizálódó genomok közt génkicserélődés jöhet létre. A folyamat meglehetősen *random*, és ezért meglehetősen alacsony frekvenciájú, viszont amennyiben hatékony szelekciós módszer áll rendelkezésre, akkor ez a koinfekciós eljárás sikeresen alkalmazható.

A folyamatot célzottabbá tehetjük, amennyiben a célbaktériumba az átalakítandó fág fertőzése előtt egy olyan plazmidot juttatunk, mely a kicserélendő szekvencia általunk létrehozott alternatíváját tartalmazza. A plazmid helyett a cseregént polimeráz láncreakcióval (PCR) letermelt termék (szabad DNS-szál) formájában is felkínálhatjuk, majd a DNS (dezoxiribonukleinsav) lesz képes bizonyos frekvenciával beugrani a fággenomba. Ezen az elgondoláson alapszik a BRIP- (bacteriophage recombineering with infectious particles) módszer.

Ezzel szemben a BRED- (bacteriophage recombineering of electroporated DNA) módszer már csak kizárólag DNS-eket használ a folyamathoz, amely során az átalakítandó tisztított fág DNS-t, illetve az allél DNS-t (PCR-terméket) ugyanazon

célsejtbe juttatják (elektroporálják), és a keletkezett utódágokat a kívánt tulajdonságra *screenelik*.

A fágfejlesztés másik lehetősége a CRISPR (clustered regularly interspaced short palindromic repeats) Cas-rendszer alkalmazásán alapszik, amely rendszer alapvetően a baktériumok adaptív védekező rendszere a sejtbe jutó idegen DNS-ekkel (plazmid, fág stb.) szemben. A Cas fehérjehasító funkcióval, míg a CRISPR memóriefunkcióval rendelkezik, és irányítja a Cas fehérjehasító aktivitását. A manipulálás során a CRISPR-rendszert úgy programozzák be, hogy a Cas-fehérjék egy adott helyen vágják el a sejtbe jutó fág DNS-t. Nyilvánvaló, hogy a DNS sérül, amelyet helyre kell állítani. Ezt egy segédplazmiddal végzik el, mely a kritikus hely összevarrására a plazmidon kódolt allél felkínálásával biztosít lehetőséget. Az így kompletté és egyben módosítottá vált fág DNS-ről a továbbiakban immáron megtörténhet a módosított fágok termelése.

A „fág szabászat” új irányzata az *in vitro* fág szintézis. Ennek során a célzottan kiválasztott fág szekvenciákat PCR segítségével felerősítik, majd megfelelő enzimekkel irányítottan összeragasztják. A folyamatot reagenscsőben vagy élesztősejtben fenn tartható mesterséges kromoszómában (YAC, yeast artificial chromosome) végezhetik. Az így nyert fág DNS funkciójának beindítását vagy *rebootolását* és ezzel az aktív fágutódok termelését akár reagenscsőben, sejt faldeficiens baktériumokban vagy magában a célbaktériumokban végzik. A kiszabadult fágpartikulumok felpropagálása immáron a célbaktériumokban történik. Egy másik lehetőség új fágok létrehozására a kívánt komplett fág DNS teljesen mesterséges szintézise és ennek gazdasejtbe történő juttatása.

A fenti módszerek segítségével olyan fágtörzsekhez juthatunk, amelyek ugyan hatékonyak lehetnek, de még genetikailag módosított organizmusoknak (GMO) számítanak. Ez egy újabb kihívást jelent a jelenlegi engedélyeztetési eljárás amúgy sem egyszerű folyamatában.

Szabályozás

Egy új antibiotikum, mely határozott kémiai szerkezettel és ismert antimikrobás hatással rendelkezik, csak rendkívül költséges és évekig tartó eljárással engedélyeztethető. A folyamat során számos potenciális szer esik ki a kedvező és kedvezőtlen farmakokinetikai és biztonsági vizsgáló rostákon, és nagyjából 10 000 jelötmolekulából mindössze öt jut el az 1-es fázisú klinikai vizsgálatokig (Antibiotic Resistance 2010).

Ezzel szemben a bakteriofágok, hasonlóságuk ellenére rendkívül különbözőek aminosav-összetételükben, strukturálisan, amelyet eltérő genomszerkezetük határoz meg. Minden egyes terápiásan hatékony fág engedélyeztetése egyszerűen képtelenség lenne, és a mai folyamatokon végigfuttatva nem is lenne rentábilis. A megoldás mindenféleképpen abban keresendő, hogy magukat a fágterápiás eljárásokat kell szabályozni. Erre találunk példát Ausztráliában, ahol a STAMP-protokoll (Standardised Treatment and Monitoring Protocol) az eljárásra és nem a termékre

fókuszál (Khatami et al. 2022). Ez hasonló a magisztrális fágterápiás felfogáshoz. A magisztrális megközelítést használja a belga szabályozás is, amelynek értelmében a gyógyszerész a klinikus előírása alapján létrehozhat fágterápiás szert egy adott személy számára, gyakorlatilag receptre (Yang et al. 2023).

A jelen állapotból való elmozdulás kényszerét, és a fágterápiás alkalmazások hétéköznapi történő bevezetésének komolyabb szándékát jelzi az az FDA (U.S. Food & Drug Administration) által 2021-ben országsszerte szervezett konferenciasorozat, amelyben fágszakértők vitatták meg a fágterápiás megközelítések lehetőségeit és ezek keretbe foglalását. A szándék egyik megnyilvánulása az a támogatás is, amelyet az USA kormánya az Adaptive Phage Therapeutics számára szavazott meg személyre szabott terápiás fágbank létrehozására.

Az összeurópai szintén elmozdulás látszik, mivel az Európai Gyógyszerkönyvi Bizottság (EPC, European Pharmacopoeia Commission) bejelentette, hogy egy fágterápiás fejezettel bővíti szabályozását, amelynek megalkotására elsődleges célként tekint a 2023 és 2025 közti periódusban („New General Chapter...”).

A fenti törekvések finoman jelzik, hogy a szabályozás terén is elmozdulás tapasztalható annak érdekében, hogy a fentebb vázolt antibiotikumkrízis hatását a közeli jövőben valamelyest legalább tompítani tudjuk. A fennálló bizonytalanságoknak is köszönhető viszont, hogy Lengyelországban, mely több évtizedes tapasztalattal rendelkezik fágterápiában, jelenleg is csak kísérleti státuszban van a fágterápia, és csak indokolt esetben, egyedi elbírálás alapján lehet alkalmazni. Hasonló a helyzet Franciaországban is. Kínában jelenleg két részre oszlik az engedélyezés. A konkrét összetételű fágtermékek az innovatív biológiai termékek kategóriájába tartoznak, és az IND (Investigational New Drug) jelentkezés beadását követően kerülnek elbírálásra, míg a személyre szabott fágterápiás alkalmazás esetén a helyi egészségügyi tanács dönt a terápia engedélyezéséről.

Magyarország esetében a fágterápia egyelőre még nem engedélyezett, de bízunk benne, hogy ez a helyzet hamarosan megváltozik, és fokozatosan beszívárog olyan területekre, ahol ezek a partikulumok kifejtetik életmentő hatásukat.

A tanulmányt dr. Rákhely Gábor, a Szegedi Tudományegyetem Természettudományi és Informatikai Kar Biotechnológiai Tanszéke tanszékvezető egyetemi docense emlékének ajánlom.

Irodalomjegyzék

- Alanis, Alfonso J. (2005). „Resistance to Antibiotics: Are We in the Post-Antibiotic Era?” *Archives of Medical Research* 36/6, 697–705. <https://doi.org/10.1016/J.Arcmed.2005.06.009>.
- Antibiotic Resistance. Implications for Global Health and Novel Intervention Strategies: Workshop Summary* (2010). Institute of Medicine (US) Forum on Microbial Threats. Washington, DC: National Academies Press (US).
- „Connect. Discover. Cure.” *Phage Australia* (letöltés: 2025. okt. 20.). <https://www.phageaustralia.org>.

- Hussain, Wajid et al. (2023). „Genetic Engineering of Bacteriophages: Key Concepts, Strategies, and Applications”. *Biotechnology Advances* 5–6, 64: 108116. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2023.108116>.
- Jault, Patrick et al. (2019). „Efficacy and Tolerability of a Cocktail of Bacteriophages to Treat Burn Wounds Infected by *Pseudomonas aeruginosa* (Phagoburn): A Randomised, Controlled, Double-Blind Phase 1/2 Trial”. *The Lancet Infectious Diseases* 19/1, 35–45. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(18\)30482-1](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(18)30482-1).
- Jonge, Patrick A. de et al. (2019). „Evolution of BACON Domain Tandem Repeats in crAssphage and Novel Gut Bacteriophage Lineages”. *Viruses* 11/12. <https://doi.org/10.3390/V11121085>.
- Khatami, Ameneh et al. (2022). „Standardised Treatment and Monitoring Protocol to Assess Safety and Tolerability of Bacteriophage Therapy for Adult and Paediatric Patients (STAMP Study): Protocol for an Open-Label, Single-Arm Trial”. *BMJ Open* 12/12. <https://doi.org/10.1136/Bmjopen-2022-065401>.
- Koncz, Mihály et al. (2024). „Genomic Surveillance as a Scalable Framework for Precision Phage Therapy Against Antibiotic-Resistant Pathogens”. *Cell* 187/21, 5901–5918.e28. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2024.09.009>.
- Murray, Christopher J. L. et al. (2022). „Global Burden of Bacterial Antimicrobial Resistance in 2019: A Systematic Analysis”. *The Lancet* 399/10325, 629–655. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02724-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02724-0).
- „New General Chapter on Phage Therapy Medicinal Products (5.31) Adopted and Pre-published on the EDQM Website”. *EDQM. European Directorate for the Quality of Medicines & HealthCare* (letöltés: 2025. okt. 20.). <https://www.edqm.eu/en/w/new-general-chapter-on-phage-therapy-medicinal-products-5.31-adopted-and-pre-published-on-the-edqm-website>.
- O'Neill, Jim (2014). *Antimicrobial Resistance: Tackling a Crisis for the Health and Wealth of Nations*. London: Review on Antimicrobial Resistance.
- Osman, Abdul-Halim et al. (2023). „The Potential of Bacteriophage-Antibiotic Combination Therapy in Treating Infections with Multidrug-Resistant Bacteria”. *Antibiotics* 12/8. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12081329>.
- „Phage Directory”. *Phage Alerts* (letöltés: 2025. okt. 20.). <https://phage.directory>.
- Pirnay, Jean-Paul et al. (2024). „Personalized Bacteriophage Therapy Outcomes for 100 Consecutive Cases: A Multicentre, Multinational, Retrospective Observational Study”. *Nature Microbiology* 9, 1434–1453. <https://doi.org/10.1038/s41564-024-01705-x>.
- Rhoads, Daniel D. et al. (2009). „Bacteriophage Therapy of Venous Leg Ulcers in Humans: Results of a Phase I Safety Trial”. *Journal of Wound Care* 18/6. <https://doi.org/10.12968/jowc.2009.18.6.42801>.
- Summers, William C. (2012). „The Strange History of Phage Therapy”. *Bacteriophage* 2/2, 130–133. <https://doi.org/10.4161/bact.20757>.
- Yang, Qimao et al. (2023). „Regulations of Phage Therapy Across the World”. *Frontiers of Microbiology Sec. Phage Biology* 14 (2023. okt. 6.). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1250848>.
- Valappil, Sarshad Koderi et al. (2021). „Survival Comes at a Cost: A Coevolution of Phage and Its Host Leads to Phage Resistance and Antibiotic Sensitivity of *Pseudomonas Aeruginosa* Multidrug Resistant Strains”. *Frontiers of Microbiology Sec. Phage Biology* 12/783722. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.783722>.
- Wang, Xiaoqing et al. (2021). „Colistin-phage Combinations Decrease Antibiotic Resistance in *Acinetobacter baumannii* via Changes in Envelope Architecture”. *Emerging Microbes & Infections* 10/1, 2205–2219. <https://doi.org/10.1080/22221751.2021.2002671>.

A kerékpár gazdasági és társadalmi hasznossága

The Economic and Social Benefits of the Bicycle

Sigér Fruzsina¹ – Tóth Eszter² – Trón Zsuzsanna³

¹ PhD, adjunktus, Debreceni Egyetem Gazdaságtudományi Kar Világgazdasági és Nemzetközi Kapcsolatok Intézet, Debrecen
siger.fruzsina@econ.unideb.hu

² PhD, adjunktus, Debreceni Egyetem Gazdaságtudományi Kar Világgazdasági és Nemzetközi Kapcsolatok Intézet, Debrecen
toth.eszter@econ.unideb.hu

³ PhD, adjunktus, Debreceni Egyetem Gazdaságtudományi Kar Világgazdasági és Nemzetközi Kapcsolatok Intézet, Debrecen
tron.zsuzsanna@econ.unideb.hu

Összefoglalás

A kerékpározás nem csak sport vagy sportos közlekedési mód. Ez a kétszáz éve létező eszköz a 21. század első negyedében eddig felfedezetlen vagy újrafelfedezett gazdasági és társadalmi szerepben tűnik fel. Ebben az írásban kísérletet teszünk a kerékpár gazdasági és társadalmi fejlődésben betöltött szerepének feltárására. Először az ENSZ és az Európai Unió hivatalos dokumentumain keresztül vázoljuk, milyen szerteágazó gazdasági és társadalmi hasznok hozhatók összefüggésbe a kerékpárral, fejlett és fejlődő országokban egyaránt. Utána nagy vonalakban összefoglaljuk, hogy a közgazdasági kutatásokban hogyan és milyen területeken érhetők tetten a kerékpár és a kerékpározás gazdasági hatásai. Végül a kerékpározással kapcsolatos trendeket és attitűdöket vizsgáljuk meg, hogy lássuk, az emberek mennyit kerékpároznak, illetve miért vagy miért nem teszik ezt.

Abstract

Cycling is not just a sport or a means of transport. It is a tool that has existed for 200 years and is emerging in the first quarter of the 21st century with an economic and social role that has yet to be explored or rediscovered. In this paper, we investigate the role of cycling in economic and social development. First, we outline the wide range of economic and social benefits associated with the bicycle in both developed and developing countries, using official documents from the United Nations and the European Union. Then we summarize in broad terms how and in what areas the economic impacts of cycling can be found in economic research. Finally, trends and attitudes towards cycling are examined to see how much people cycle and why or why not they do so.

Kulcsszavak: kerékpározás, társadalmi hatás, gazdasági következmények, fenntartható fejlődési célok

Keywords: cycling, social impact, economic consequences, sustainable development goals

1. Összhangban az ENSZ fenntartható fejlődési céljaival és az EU kerékpáros stratégiájával

A kerékpározás nem csak sport vagy sportos közlekedési mód. A kerékpár a maga módján forradalmasította az emberek közlekedési lehetőségeit, és ezzel messzemenő gazdasági és társadalmi változásokat idézett elő. A 21. század első felében a kerékpár jelentőségének újrafelfedezését és újraértelmezését látjuk, erről mértékadó

nemzetközi szervezetek dokumentumai tanúskodnak. Korunk polikrízise idején egyszerre jelenthet hatékony eszközt a szegénység elleni küzdelemben, a klímaváltozás elleni harcban, a civilizációs betegségek leküzdésében vagy a városi zsúfoltság mérséklésében.

A kerékpározás többször előkerül az Egyesült Nemzetek Szervezete (ENSZ, United Nations, UN) fenntartható fejlődési céljaiban, mert számos szempontból hozzájárul a célok teljesüléséhez. Az ENSZ megfogalmazásában az aktív mobilitás minden szinten alapvető emberi jog – beleértve a kerékpározáshoz való jogot is. Ennek kapcsán 2018-ban június 3-át a kerékpározás világnapjává nyilvánította (United Nations 2018), majd a Közgyűlés 2022. március 15-én határozatot hozott „A mainstream kerékpározás integrálása a tömegközlekedési rendszerekbe a fenntartható fejlődés érdekében” címmel. A határozat hangsúlyozza a kerékpár egyediségét, hosszú élettartamát és sokoldalúságát – annak az eszköznek, amelyet már két évszázada használ az emberiség. Kijelenti, hogy a kerékpár egyszerű, megfizethető, megbízható, tiszta és környezetbarát, fenntartható közlekedési eszköz, amely elősegíti a környezettudatosságot és az egészséget. Kiemeli, hogy a kerékpár a fejlődés eszközeként szolgálhat, és nemcsak a közlekedés terén, hanem az oktatáshoz, az egészségügyi ellátáshoz és a sporthoz való hozzáférés eszközeként is. A kerékpár mint a fenntartható közlekedés eszköze pozitív üzenetet közvetít a fenntartható fogyasztás és termelés előmozdítása érdekében, valamint pozitív hatással van az éghajlatra, mivel a kerékpározás hozzájárulhat az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentéséhez és az éghajlatváltozás kezeléséhez. A kerékpározás a környezetszennyezés csökkentése mellett tehát messzemenő pozitív társadalmi-gazdasági hatásokkal is jár. Az ENSZ a határozatban felkéri valamennyi tagállamát, hogy a kerékpárt építsék be a tömegközlekedési rendszerükbe, a fejlődő és fejlett országok városi és vidéki környezetében egyaránt (United Nations 2022).

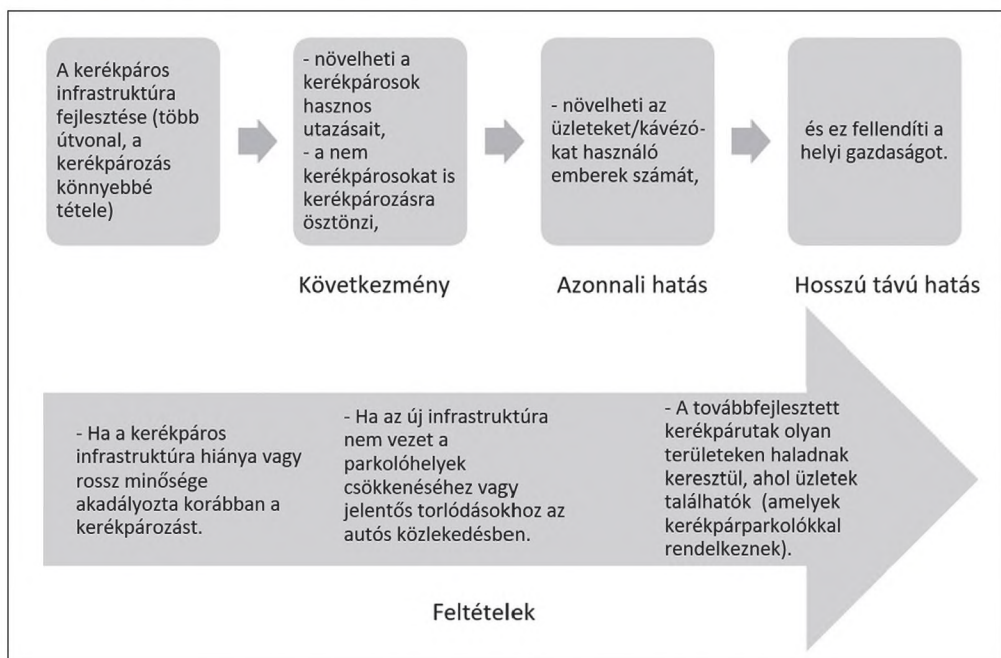
2023 májusában az Európai Kerékpáros Szövetség (European Cyclists' Federation, ECF) 33 tagja (köztük a Magyar Kerékpárosklub) által aláírt levelet küldött az Európai Bizottság (EB) elnökének, amelyben azt kérte, hogy 2024-et nyilvánítsa a kerékpározás európai évének. Ez végül nem vált valóra, ám 2023. október 4-én a Bizottság közleményt tett közzé, amelyben javaslatot tett egy kerékpározásról szóló európai nyilatkozatra („European Declaration on Cycling”). A dokumentum tervezte elismerni, hogy a kerékpározás az egyik legfenntarthatóbb, legelérhetőbb és leginkluzívabb, olcsó és egészséges közlekedési eszköz és kapcsolódási forma, valamint kulcsfontosságú az európai társadalom és gazdaság számára (European Commission 2023). A nyilatkozat 2024 áprilisában jelent meg az *Eur-Lexen* (az *Európai Unió Hivatalos Lapjában*) („Európai nyilatkozat...” 2024). Adina Vălean közlekedési biztos a közzétételkor hozzátette, hogy a kerékpárt az európai ipar egyik sarokkövének tekintik, amely ösztönzi az innovációt és a növekedést, és magas minőségű helyi munkahelyeket teremt. Összességében a kerékpározás felkarolása összhangban van az EU ipari stratégiájával és az Európai zöld megállapodással („Európai zöld...”) egyaránt (Directorate-General for Mobility and Transport 2024).

2. A kerékpár és a kerékpározás gazdasági hatásai

A Technopolis Csoport 2016-os kutatása közvetlenül a biciklis infrastruktúra fejlesztésének hatásait mérte fel, melyből magának a kerékpározásnak a hatásai is jól körvonalazódnak. Kutatásukban nyolc különböző előnyt, illetve hatáskategóriát különböztettek meg. Ezek mentén vesszük most számba a legfontosabb gazdasági hatásokat, és nézzük meg (1) a helyi gazdaság bővülése és a kerékpáros iparág gazdasági hatásait, (2) a csökkenő zsúfoltság és jobb elérhetőség gazdasági és társadalmi hatásait, valamint (3) az egészségügyi, társadalmi és gazdasági hatásokat a kerékpározásra való áttérés miatt. A közgazdászokat azonban nemcsak külön-külön érdeklik az egyes hatások, hanem a hatásmechanizmusokra, az ok-okozati összekapcsolódásokra is kíváncsiak („Evaluating the Economic...” 2016).

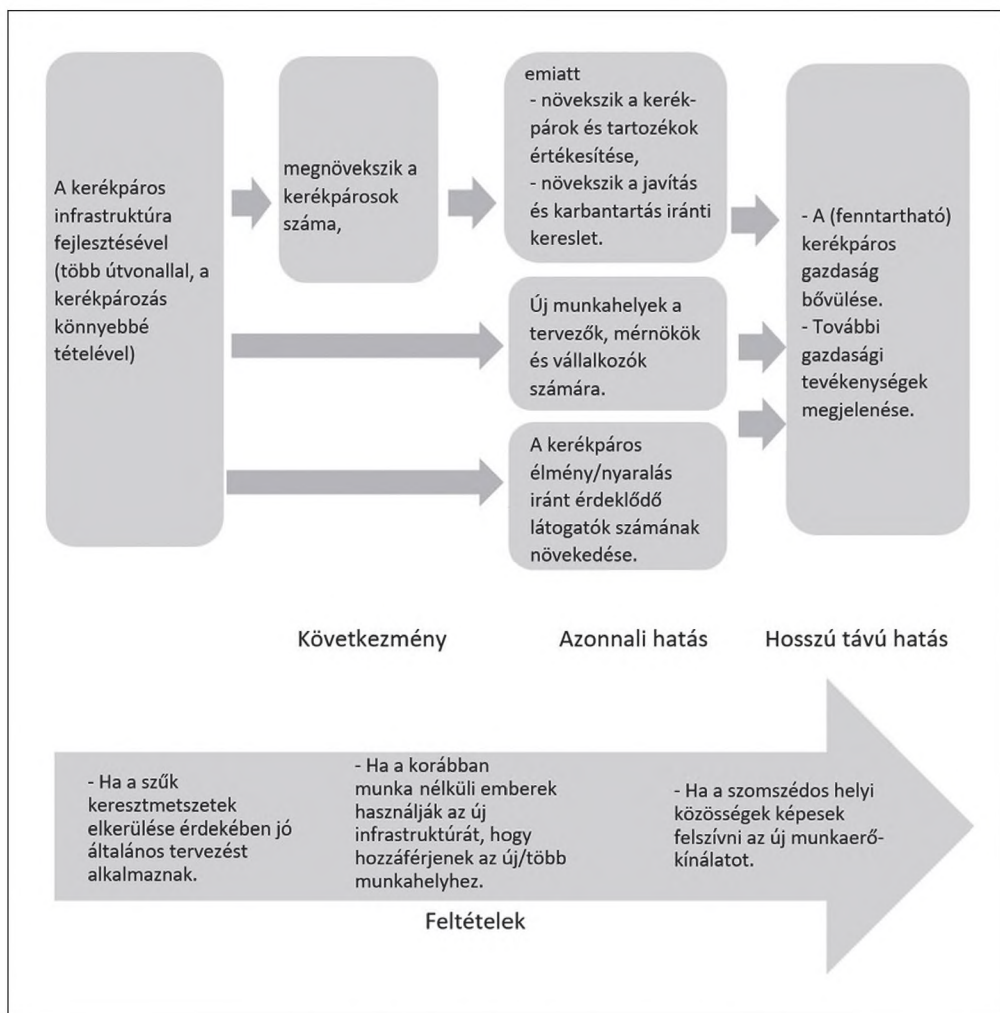
2.1. A helyi gazdaság bővülése és a kerékpáros iparág gazdasági hatásai

Az első gazdasági hatás a helyi gazdasági tevékenységek bővülése, a helyi boltokban, kávéházakban, kiskereskedelmi és vendéglátóipari vállalkozásoknál történő magasabb volumenű vásárlás, ezen üzletek megnövekedett forgalma és árbevétele. Az 1. ábra bemutatja ezt a hatásmechanizmust egy logikai modell segítségével („Evaluating the Economic...” 2016).



1. ábra. Logikai modell: a helyi gazdaság bővülése
Forrás: „Evaluating the Economic...” 2016, 15 alapján

Ha valamilyen okból javul, bővül a kerékpáros infrastruktúra, az növelheti a kerékpárosok hasznos utazásait, illetve a nem kerékpárosokat is kerékpározásra ösztönözheti, így növelheti az üzleteket/kávézókat használó emberek számát és ezen üzletek bevételeit. Jamey Volker és Susan Handy (2021) 15 olyan, az Egyesült Államokra és Kanadára összpontosító tanulmányt vizsgáltak, amelyek felmérték a kerékpáros vagy gyalogos létesítmények telepítését követően a helyi vállalkozásokra gyakorolt gazdasági hatásokat. A tanulmányok együttesen azt mutatták, hogy az aktív utazási lehetőségek létrehozása vagy javítása általában pozitív (néhol nem szignifikáns) gazdasági hatással volt a létesítményekkel határos vagy azoktól rövid



2. ábra. Logikai modell: biciklis gazdaság
Forrás: „Evaluating the Economic...” 2016, 31 alapján

távolságra lévő kiskereskedelmi és vendéglátóipari vállalkozásokra. Hat tanulmány a vizsgáltak közül arra a következtetésre jutott, hogy a kerékpárosok és/vagy gyalogosok havonta többet költöttek a helyi vállalkozásoknál, mint az autóval közlekedők.

A kerékpáros iparág vagy az ún. biciklis gazdaság egymaga is jelentős részét teszi ki a gazdasági aktivitásnak az EU-ban. Az Európai Kerékpárgyártók Szövetségének (Confederation of the European Bicycle Industry) („Industry Outlook...” 2024) 2024-ben közzétett adatai szerint a kerékpáros iparág a 2023-as gazdasági évben 170 000 feldolgozóipari munkahelyért volt felelős közvetlenül vagy közvetett módon, 19,3 milliárd eurónyi éves forgalmat bonyolított, és összesen 11,7 millió kerékpárt értékesítettek az EU-ban és az Egyesült Királyságban.

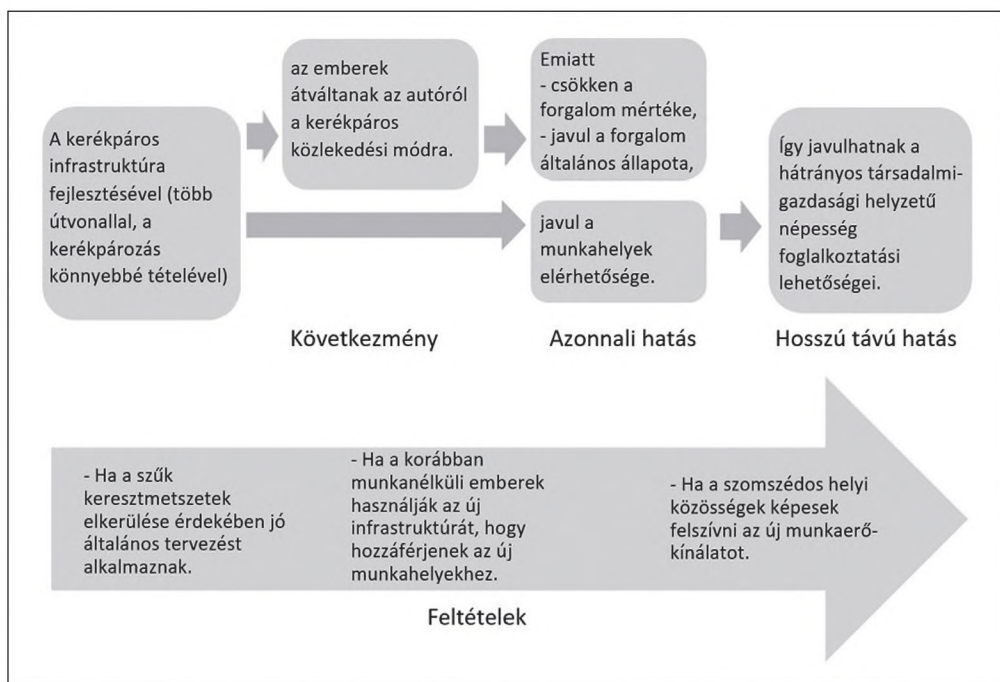
A hatásmechanizmusok itt a következőképpen néznek ki (2. ábra). A kerékpárosok számának növekedése várhatóan az eladott kerékpárok és kerékpártartozékok számának növekedéséhez vezet, és ezzel együtt a helyi kerékpárboltok fellendüléséhez is, mivel nagyobb igény támad az új kerékpárok javítására és karbantartására. A kerékpárosok számának növekedése növelheti a biciklis ruházat és kiegészítők értékesítését is, ami további lendületet adhat a helyi kerékpárboltoknak és a tágabb értelemben vett biciklis gazdaságnak. A térségben megjelenhetnek a kerékpározás szerelmesei, a kerékpáros turizmus is segítheti a gazdaság bővülését. Az Európai Kerékpáros Szövetség a kerékpározás éves gazdasági hasznát 205 milliárd euróra becsülte az EU27 országaiban („Calculating the Economic...” 2013).

2.2. A csökkenő zsúfoltság, a jobb elérhetőség gazdasági és társadalmi hatásai

A következő ok-okozati folyamat során a csökkenő zsúfoltságból és a jobb elérhetőségből eredő gazdasági és társadalmi hatásokat követjük nyomon. A 3. ábra bemutatja azt az egyszerű logikai modellt, amely összekapcsolja a kormányzati beavatkozást (a „jobb kerékpáros infrastruktúrát”) az azonnali és hosszú távú hatásokkal, valamint az események/eredmények várható láncolata mögött meghúzódó feltételezésekkel. A logikai modell szerint a jobb kerékpáros infrastruktúra bizonyos mértékű váltást eredményez a személygépkocsikról és buszokról a kerékpározásra, és ez nagy valószínűséggel csökkenteni fogja a személygépkocsi használatát, és könnyíteni fogja a városokon belüli általános zsúfoltságot. Ez pedig várhatóan csökkenti a menetidőt és az ingázási időt, javítja a városrészek összekapcsolódását, elősegítheti a dinamikusabb munkaerőpiacok kialakulását, valamint a társadalmi befogadás javulását is.

A kerékpárút-fejlesztések és a közlekedési dugók közti összefüggés számos esetben igen látványos lehet. A kerékpáros fejlesztések a dániai Koppenhágában 45%-kal alacsonyabb autóforgalmat és gyorsabb tömegközlekedést eredményeztek. Egy kerékpármegosztó program az Egyesült Államokbeli Washington DC-ben 4%-kal csök-

kentette a torlódásokat. Az új kerékpársávok 35%-kal csökkentették a gépkocsik utazási idejét New Yorkban („Walking, Cycling...” 2017).



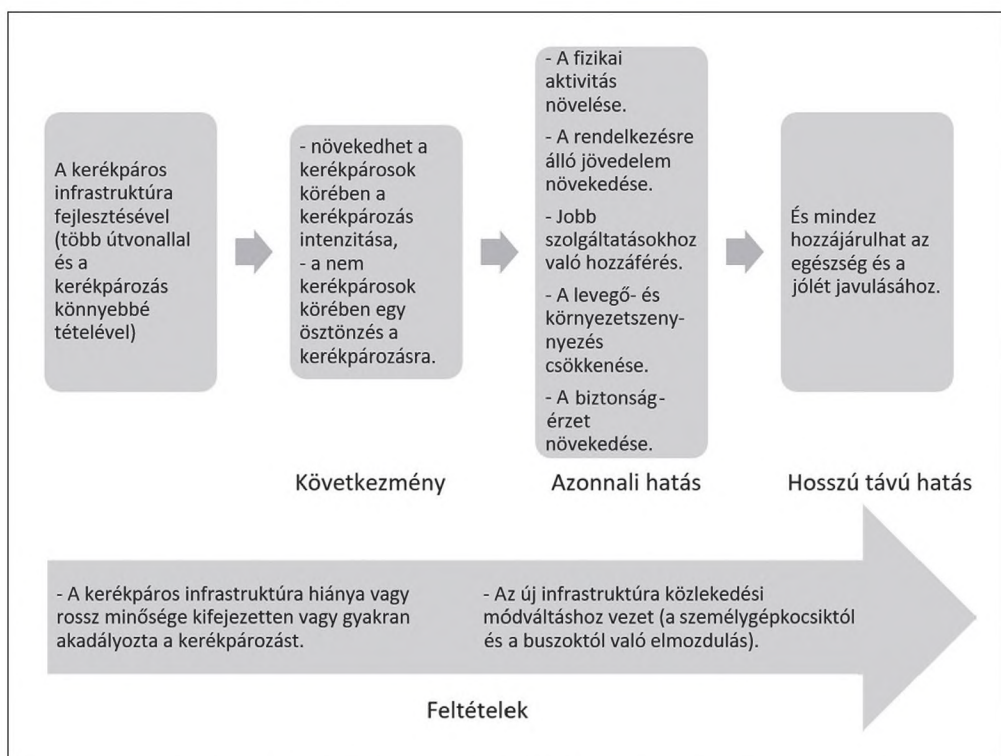
3. ábra. Logikai modell: kevesebb dugó, csökkenő zsúfoltság és jobb elérhetőség
 Forrás: „Evaluating the Economic...” 2016, 24 alapján

2.3. Egészségügyi, társadalmi és gazdasági hatások a kerékpározás növekedése miatt

A kerékpározás mind egyéni, mind társadalmi szinten javíthatja az egészségi állapotot. Mivel azonban az egészséget számos, gyakran egymással összefüggő tényező befolyásolja, a kerékpározás közvetlen hatásainak szigorú elkülönítése és számszerűsítése módszertanilag nehéz lehet. Mégis sok tanulmányt találunk, amely ezeket a hatásokat igyekszik meghatározni. Emilie Schwarz és szerzőtársai (2024) vizsgálatai szerint egy olyan alacsony vagy közepes kerékpáros kultúrával rendelkező országban, mint például Franciaország, jelentős közegészségügyi és egészséggel kapcsolatos gazdasági előnyökkel jár a kerékpározás. Kutatásaik szerint évente hozzávetőlegesen 1900 halálesetet kerülhetünk el, és 5 milliárd eurónyi közvetett költséget takaríthatunk meg a tömeges kerékpározással. Az ECF tanulmánya szerint a kerékpározás évente 18 110 idő előtti halálesetet előz meg az EU-ban, ami évi 52 milliárd eurónyi gazdasági értéknek feleltethető meg. A kerékpározás hozzájárul az egészségesebb élethez is, mivel segít megelőzni számos súlyos és krónikus egészség-

károsodást is, mint például a szív- és érrendszeri betegségek, a 2. típusú cukorbetegség, a mellrák vagy a csontritkulás¹ („The Benefits of...” 2018).

Itt érdemes megjegyezni, hogy a kerékpározás nemcsak a fizikai aktivitás növekedésén keresztül javítja a közegészségügyet (Qiu-He 2018; Blondiau-van Zeebroeck-Haubold 2016), hanem segíti a levegőminőség javulását, illetve a szén-dioxid-kibocsátás csökkenését is. Az Európai Kerékpáros Szövetség összefoglalója szerint („The Benefits of...” 2018) a kerékpározás évente több mint 16 millió tonna szén-dioxid egyenértéknek megfelelő kibocsátást takarít meg az EU-ban, ami Horvátország teljes éves szén-dioxid-kibocsátásának felel meg. A megtakarítás értéke a szén-dioxid-kibocsátás társadalmi költségétől függően 600–5630 millió eurót tehet ki. A 4. ábra a fizikai aktivitás növekedése és az egészség, valamint az általános jóllét közötti hatásmechanizmusokat mutatja be.



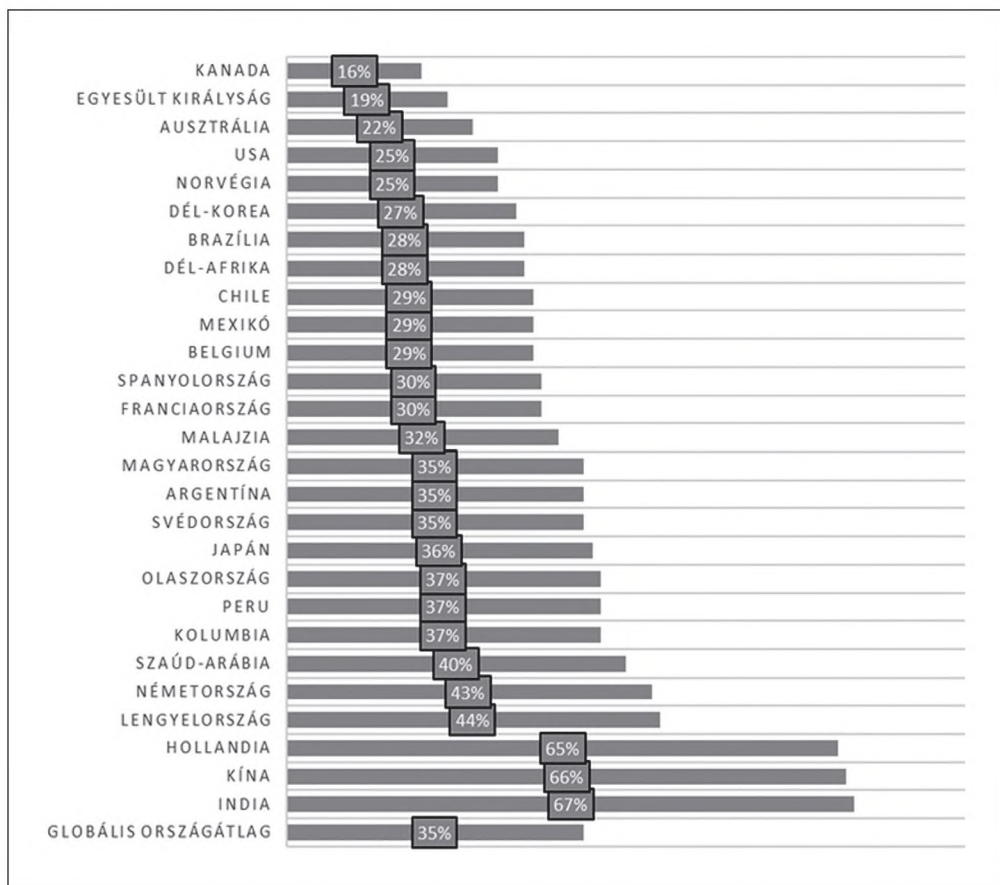
4. ábra. Logikai modell: egészségügyi hatások, fokozott fizikai aktivitás
Forrás: „Evaluating the Economic...” 2016, 34 alapján

¹ Kétségtől kívül ennek a gondolatmenetnek az is, hogy védett kerékpárút és szabálykövető közlekedési kultúra hiányában nagyobb eséllyel érheti baleset a kerékpárost. Illetve miközben a kerékpáros hozzájárul a levegőszennyezés csökkentéséhez, ő maga áldozatul eshet neki, ha olyan helyen kerékpározik, ahol ártalmas a levegő minősége.

3. A kerékpározással kapcsolatos mintázatok

3.1. Általános globális és európai trendek

Az IPSOS egy 2022-es globális felmérése szerint a világ két legnépesebb országa, India és Kína vezeti a heti rendszerességgű kerékpárhasználat globális rangsorát (5. ábra). A TOP 10-es listán² négy európai ország is helyet kapott, elsőként Hollandia (65%), amely alig lemaradva a harmadik helyezést érte el a másik két nagyhatalom mellett, majd Lengyelország (44%), Németország (43%) és Olaszország (34%) („Cycling Across...” 2022).



5. ábra. A kerékpározás gyakorisága: legalább hetente egyszer kerékpározik
Forrás: „Cycling Across...” 2022, 13 alapján

² A felmérésben nem vett rész például Dánia, amely szintén nagy kerékpározó nemzetnek számít.

A több mint 20 000 főt megkérdező piackutatás szerint a válaszadók 63%-a egyébként tud biciklizni, és majdnem felének (42%) van is saját kerékpárja, amit tudna használni közlekedési céllal. Ráadásul a biciklizés messze a leginkább kedvező megítélésű közlekedési mód a válaszadók között a maga 82%-os támogatottságával, szemben az autókra szavazó 74%-kal, a motorbiciklikre voksoló 59%-kal, és a roller 53%-os arányával („Cycling Across...” 2022).

A helyzet hasonló képet mutat Európában is. Az „Eurobarometer” 2020 júliusában jelentette meg az európai mobilitást vizsgáló különkiadását. A jelentésből kiderül, hogy nagy különbségek vannak az uniós tagállamok között. Miközben a személygépkocsi-használat továbbra is domináns, az uniós polgárok 8%-a (főként a nagyvárosokban) magántulajdonban lévő kerékpárt vagy robogót használ napi fő közlekedési eszközként. Ez a szám Hollandiában volt a legmagasabb (41%), és még egyedül Svédországban érte el legalább a válaszadók egyötödét (21%). Eközben a napi kerékpáros közlekedés aránya az EU országainak mintegy harmadában továbbra is kifejezetten alacsony volt (az utazások 1–5%-a) („Mobility and Transport...” 2020).

4. Miért és miért nem?

4.1. Alapvető tényezők

A kerékpározáshoz való hozzáállás összetett jelenség, közvetlen és közvetett, egyéni és társadalmi, nyilvánvaló és nehezen feltárható okai egyaránt vannak. A kerékpározás jelenlétét, azaz hogy egy társadalom mennyire kerékpározik, több okra vezethetjük vissza. Elsőként adódnak a földrajzi tényezők, az éghajlati és domborzati viszonyok, ebből a szempontból egyes területek egyszerűen jobban alkalmasak kerékpározásra, mint mások. Hasonlóan fontos, hogy mekkora a bejárando terület nagysága, a település kiterjedése, ebből a szempontból is azt találjuk, hogy egyes városok vagy körzetek jobban alkalmasak kerékpározásra, mint mások.

Másodsorban a közlekedési alternatívák meghatározóak: létezik-e közösségi közlekedés, mennyire megbízható és megfizethető. Az ideális biciklizhető távolságot általában öt kilométeren belülre teszik, és ez a korlát rávilágít a kerékpárhasználat és a tömegközlekedés kombinálásának növekvő fontosságára, amely mindkét közlekedési eszköz működési körét kiterjeszti. A közlekedési alternatívák másik alapvető lehetősége az egyéni mobilitás, ennek milyen feltételei vannak, milyenek az autóutak és legfőképpen a parkolási lehetőségek.

Harmadrészt a kerékpározás saját infrastruktúrája számít: jó minőségű, megfizethető kerékpárok, biztonságos kerékpárutak, azaz jó minőségű, összekapcsolt és védett kerékpárútrendszer, amely elválasztja a kerékpárosokat a gépjárműforgalomtól, nem utolsósorban megfelelő mennyiségű és minőségű kerékpártárolási és -parkolási lehetőség.

Ezek hiánya vagy alacsony minősége sok mindent megmagyaráz. Egyértelmű ugyanakkor, hogy ezek az alapvető tényezők nem adnak teljes magyarázatot arra,

hogy miért kerékpározik az egyik társadalom többet, mint a másik. A további okok feltárásához érdemes az intézményi közgazdaságtan nézőpontját alkalmazni, és megvizsgálni, milyen formális és informális intézményi tényezők játszhatnak szerepet abban, hogy a kerékpárhasználat mennyire elterjedt és elfogadott, milyen értékek, attitűdök és szerepek kapcsolódnak hozzá.

4.2. A kerékpározás informális intézményei: társadalmi és egyéni preferenciák, értékek, attitűdök, normák

A kerékpárhoz való hozzáállásnak egyéb, közvetettebb okait és magyarázatait a társadalmi és az egyéni preferenciák, értékek, attitűdök, normák adják. Ezek a Douglass Cecil North-i értelemben vett informális intézmények, társadalmi játékszabályok, azaz a társadalom által vallott értékek és társadalmi normák határozzák meg, mi a kívánatos, mi az elfogadhatatlan, és ezek tükröződni fognak az emberek preferenciáiban. A kerékpározással kapcsolatban kulcskérdés, hogy minek a szimbóluma a bicikli, milyen státusszal kapcsolódik össze: magas társadalmi státusszal (sportosság, egészség) vagy alacsony státusszal (szegénység és veszély) társul; szükséges rossznak vagy menőnek tartják-e az emberek. Azért kerékpároznak az emberek, mert nincs más választásuk, nem engedhetik meg maguknak, hogy autót tartsanak fenn, és/vagy nincs tömegközlekedési alternatíva. Vagy azért kerékpároznak, mert így döntenek, környezet- és egészségtudatosak. Az autó a legtöbb társadalomban nemcsak közlekedési eszköz, de társadalmi-gazdasági státuszt is jelöl, és mint státuszszimbólum fontos másodlagos jelentése van mind a márkának, mind az árnak, mind a méretnek.

Ansgar Hudde (2022) az iskolai végzettséggel kapcsolatban számol be attitűdkülönbségről. A legalább érettségivel rendelkező németországi városlakók 2018-ban átlagosan kétszer annyit kerékpároztak, mint 1996-ban, míg az érettségivel nem rendelkező városiak számai nem változtak ebben az időszakban. Összességében a magasabb iskolai végzettségű városlakók háromszor annyit kerékpároznak, mint a vidéki területeken élő alacsonyabb iskolai végzettségűek. Hudde amellet érvel, hogy a magasabb iskolai végzettségű emberekkel kapcsolatban általában kevésbé jellemző, hogy szegénynek vagy szakmailag sikertelennek találják őket, ha olcsó kerékpárral közlekednek. Sőt, inkább a kerékpározással szerezhetnek státuszt: a klímatudatos, egészségére is odafigyelő, modern ember státuszát. Ezzel szemben az alacsonyabb iskolai végzettségűek nagyobb valószínűséggel tartanak fenn egy drága, nagy autót státuszszimbólumként annak bizonyítására, hogy sikeresek. A kerékpár szimbolikája mögött fontos látnunk, hogy mekkorák a társadalmi egyenlőtlenségek, illetve mennyire támogatja a társadalom a nagyobb egyenlőséget. Egyenlősítő, a társadalmi egyenlőséget komoly értéknek tartó közösségben általánosabb lesz a kerékpárhasználat.

Hasonlóan fontos magyarázó ereje van annak, mennyire érzik az emberek magukénak a klímaváltozás problémáját, és mennyire hajlandók saját lépéseket tenni

ellene. Az IPSOS Global Advisor–Earth Day 2022 felmérésből kiderül, hogy kevesen tudják helyesen azonosítani a szén-dioxid-kibocsátás csökkentését legjobban szolgáló intézkedéseket. Az emberek nagy része számos intézkedésnek sokkal nagyobb hatást tulajdonít, mint amekkora az a valóságban („Earth Day...” 2022). Diana Ivanova és szerzőtársai (2020) rámutatnak, hogy az autómentes életmód az első számú módja a szén-dioxid-kibocsátás csökkentésének. Ezzel szemben az IPSOS adatai szerint az emberek a legnagyobb valószínűséggel azt gondolják, hogy az újrahasznosítás a legjobb eszköze a kibocsátás csökkentésének (a válaszadók 49%-a). A valóságban ez azonban csak a 60. leghatásosabb intézkedés, míg az első helyen álló autómentes életmódot csak az emberek 15%-a választotta.

4.3. A kerékpározás formális intézményei

A kerékpárt, a kerékpározást övező formális intézmények, azaz a jogszabályi és a szakpolitikai keret szintén sokat megmagyaráz abból, hogy miért teker egyik nemzet többet, mint a másik. Ezek az intézmények egyrészt lehetnek alulról jövők (bottom-up), civil, társadalmi mozgalmak, melyek, ha jelen vannak, felkarolhatják és támogatják a kerékpáros kultúrát, és nyomást gyakorolhatnak a döntéshozókra. Az alulról jövő kezdeményezésekhez sorolhatjuk a munkahelyi mozgásprogramokat is. Másrészt a felülről jövő (top-down) kerékpározást támogató, megtűrő vagy épp akadályozó szakpolitika komoly hatással lehet az emberek preferenciáira, melyek akár meg is változtathatók szakpolitikai eszközökkel, például adókkal vagy kedvezményekkel.

Az intézmények között mindenképp számolnunk kell a nemzetközi nyomással, befolyással, amely egyaránt lehet felülről vagy alulról jövő. A felülről jövőkről a tanulmány elején már esett szó. Az ENSZ fenntartható fejlesztési céljain és az EU vonatkozó stratégiáin felül említést érdemelhet még az ENSZ Európai Gazdasági Bizottsága (United Nations Economic Commission for Europe, UNECE) *Pan-European Master Plan for Cycling Promotion* című kiadványa is, amely szintén elég jól láthatóan jelöli ki a követendő irányt: a WHO és az UNECE égisze alatt a páneurópai régió 56 országa politikai kötelezettséget vállalt arra, hogy 2030-ig nemzeti szinten stratégiákat dolgoz ki és hajt végre a kerékpározás fejlesztésére („Pan-European...” 2021). Ugyanakkor a nemzetközi civil szervezetek, mint például az Európai Kerékpáros Szövetség és végső soron a globális közvélemény ugyan csak megkerülhetetlenül hallatja a hangját.

Az ECF publikálja azt a kiadványt, amely monitorozza a fent említett páneurópai mestertervet, és amelyből kiderül, hogy a nemzeti kerékpáros stratégiát Hollandia „találta fel” 1990-ben, majd 1996-ban az Egyesült Királyság, 2002-ben Németország és 2004-ben Csehország követte. A 2023-as kiadványban Magyarország mint a kerékpározás „rejtett bajnoka Európában” szerepel, mivel a 2023 októberében elfogadott új nemzeti kerékpáros stratégia alátámasztja azt a törekvést, hogy Magyarország a legkerékpárosabb ország legyen Közép- és Kelet-Európában.

Összegzés

Összefoglalva a témát – a kerékpározás igen sok társadalmi-gazdasági kihívás esetén tűnik reális megoldásnak vagy a megoldás részének. Sok tekintetben, egymásba fonódó területeken vannak messzemenő pozitív hatásai. Ehhez mérten a kerékpározás közgazdaságtana igencsak összetett és bonyolult téma. Ahhoz, hogy az EU és az ENSZ tagállamai, követve az ajánlásokat, minél hatékonyabb intézkedéseket vezethessenek be, elengedhetetlen, hogy ismerjék az állampolgáraik véleményét és viszonyulását a kerékpározáshoz, értsék, milyen motivációik hajtják a kerékpározást vagy épp annak az elutasítását. Ugyanilyen fontos a kerékpározáshoz kötődő számszerűsíthető gazdasági hatások megértése. A kerékpározás gazdasági szerepe és a kerékpárt övező társadalmi és egyéni preferenciák, értékek, attitűdök és normák ismerete nélkül nem lehet, de legalábbis nem érdemes a kerékpározásról gondolkodni.

Irodalomjegyzék

- Blondiau, Thomas – van Zeebroeck, Bruno – Haubold, Holger (2016). „Economic Benefits of Increased Cycling”. *Transportation Research Procedia* 14, 2306–2313. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.247>.
- „Calculating the Economic Benefits of Cycling in EU-27” (2013). *European Cyclist's Federation* (letöltés: 2024. aug. 11.). https://www.bicyclescreatechange.com/wp-content/uploads/2018/08/ECF_Economic-benefits-of-cycling-in-EU-27pdf.pdf.
- „Cycling Across the World: A 28-Country Global Advisor Survey” (2022). *IPSOS* (2022. máj.). <https://tinyurl.com/nwshzxx4>.
- Directorate-General for Mobility and Transport (2024). „EU Institutions Commit to Boost Cycling Across Europe”. *European Commission* (2024. ápr. 3.). https://transport.ec.europa.eu/news-events/news/eu-institutions-commit-boost-cycling-across-europe-2024-04-03_en.
- „Earth Day 2022: Few Can Correctly Identify Actions Which Are Best at Cutting Carbon Emissions” (2022). *IPSOS* (2022. ápr. 22.). <https://www.ipsos.com/en/global-advisor-earth-day-2022-perils>.
- „Európai nyilatkozat a kerékpározásról” (2024). *EUR-Lex* (Az Európai Unió Hivatalos Lapjának hiteles változata) (2024. ápr. 3.). https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ%3AC_202402377.
- „Európai zöld megállapodás”. *Európai Bizottság* (letöltés: 2025. ápr. 8.). https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en.
- European Commission (2023). „Annex to the Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions proposing a European Declaration on Cycling”. COM(2023) 566 final. *European Commission* (2023. okt. 4.). https://transport.ec.europa.eu/document/download/60033b3b-0652-495c-add3-ffea2388ff81_en?filename=European_Declaration_on_Cycling_text.pdf.
- „Evaluating the Economic and Social Impacts of Cycling Infrastructure: Considerations for an Evaluation Framework” (2016). *Technopolis* (2016. márc.). <https://tinyurl.com/5fndecmb>.
- Hudde, Ansgar (2022). „The Unequal Cycling Boom in Germany”. *Journal of Transport Geography* 98, 103244. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.103244>.
- „Industry Outlook. The Bicycle, E-Bike and Parts & Accessories Industries in Europe in 2023 at a Glance”. *Confederation of the European Bicycle Industry* (letöltés: 2024. aug. 10.). <https://www.conebi.eu/industry-market-reports>.
- Ivanova, Diana et al. (2020). „Quantifying the Potential for Climate Change Mitigation of Consumption Options”. *Environmental Research Letters* 15, 093001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab8589>.

- „Pan-European Master Plan for Cycling Promotion: 5th High-level Meeting on Transport, Health and Environment” (2021). *Federal Ministry for Climate Action, Environment, Energy, Mobility, Innovation and Technology, Austria 2021* (2021. máj.). https://www.klimaaktiv.at/fileadmin/Bibliothek/Publikationen/2021_Pan-European_Master_Plan_for_Cycling_Promotion.pdf.
- Qiu, Lu-Yi – He, Ling-Yun (2018). „Bike Sharing and the Economy, the Environment, and Health-Related Externalities”. *Sustainability* 10/4, 1145. <https://doi.org/10.3390/su10041145>.
- Schwarz, Emilie et al. (2024). „The Untapped Health and Climate Potential of Cycling in France: A National Assessment from Individual Travel Data”. *The Lancet Regional Health – Europe* 39/100874, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.lanepe.2024.100874>.
- „Special Eurobarometer 495: Mobility and Transport” (2020). *European Union European Data* (2020. jún. 17.). https://data.europa.eu/data/datasets/s2226_92_1_495_eng?locale=en.
- „The Benefits of Cycling: Unlocking Their Potential for Europe”. *European Cyclists’ Federation* (letöltés: 2024. aug. 11.).
- United Nations (2018). „Resolution Adopted by the General Assembly on 12 April 2018”. A/RES/72/272. United Nations, 82nd Plenary Meeting. *UN.org*. <https://documents.un.org/doc/undoc/gen/n18/106/50/pdf/n1810650.pdf>.
- United Nations (2022). „Resolution Adopted by the General Assembly on 15 March 2022”. A/RES/76/255. United Nations, 61st Plenary Meeting. *UN.org*. <https://tinyurl.com/bz2ekxy3>.
- Volker, Jamey. M. B. – Handy, Susan (2021). „Economic Impacts on Local Businesses of Investments in Bicycle and Pedestrian Infrastructure: A Review of the Evidence”. *Transport Reviews* 41/4, 401–431. <https://doi.org/10.1080/01441647.2021.1912849>.
- „Walking, Cycling and Congestion: 15 Quick Facts for Cities”. *Civitas Initiative* (letöltés: 2024. aug. 11.). https://civitas.eu/sites/default/files/15_quick_facts_eng_final.pdf.

Véroxigenátorok

Blood Oxygenators

Bélafiné Bakó Katalin

a kémiai tudomány doktora, kutatócsoport-vezető

Pannon Egyetem Mérnöki Kar Biomérnöki, Membrántechnológiai és Energetikai Kutatócsoport, Veszprém
belafine.bako.katalin@mk.uni-pannon.hu

Összefoglalás

Ebben az összeállításban a véroxigenátorokat igyekszem bemutatni – különös tekintettel a membránvéroxigenátorokra –, melyeket főként a szívsebészetben alkalmaznak, s a szív és a tüdő funkcióját képesek (átmenetileg) ellátni. Célom a véroxigenátorok történetének, a fejlesztésük lépéseinek, működésüknek és felhasználásuknak rövid ismertetése leginkább a membránok szemszögéből.

Abstract

In this paper, I will present blood oxygenators, with a particular emphasis on membrane blood oxygenators, which are mainly used in cardiac surgery and can (temporarily) perform the functions of the heart and lungs. The goal is to provide an overview of the history of blood oxygenators, their development stages, how they operate, and how they are used, primarily from the perspective of membranes.

Kulcsszavak: membrán kontaktor, szívsebészet, tüdő, gáz-folyadék anyagátadás

Keywords: membrane contactor, cardiac surgery, lungs, gas-liquid transport

Bevezetés

A szeparációs eljárások közül a membrános technikák manapság már igen sok területen elterjedtek, ami főként előnyös tulajdonságaiknak (környezetbarát, energiatakarékos, modulrendszerű, könnyen integrálható stb.) köszönhető. A membránok felületét tekintve az egészségügyben több membránt használnak fel, mint az összes többi iparágban. Ha a membránokra fordított pénzek arányát nézzük, még sokkal nagyobb a különbség az egészségügyi piac javára. Ennek ellenére a két hatalmas membrános terület között kevés kommunikáció zajlik, az egészségügyi és ipari fejlesztések külön utakon járnak, külön sajtójuk van (szaklapok, konferenciák...). Az egészségügyben alkalmazott *technikai* fejlesztéseket – úgy érzem, nem csak az orvosi társadalomnak – érdemes mélyebben is megismerni, tanulságos végigkövetni a műszaki megoldások útját, az ötletek megvalósulását, a kísérletekben felmerült buktatók, problémák leküzdését, más szóval a fejlődés menetét. Az egészségügyi membrános alkalmazások három nagy területet fednek le: hemodialízis, véroxigenátorok, gyógyszerek szabályozott hatóanyag-leadása (controlled release).

A hemodialízis vagy hétköznapi magyar nevén művesekezelés, a veseelégtelenségben szenvedő betegek véréből képes eltávolítani a salakanyagokat, víztöbbletet (Bélafiné Bakó 1997). A véroxigenátorok olyan (főként szív-) műtéteknél használatosak, amelyeknél a páciens tüdeje nem képes működni. Végül, a szabályozott (vagy késleltetett) hatóanyag-leadásnál a gyógyszerhatóanyag féligáteresztő réteggel (membrán) történő bevonásával lehet szabályozni a gyógyszer felszívódását. Ebben a tanulmányban a legkevésbé ismert terület, a véroxigenátorok felfedezését, működését, alkalmazását szeretném bemutatni, elsősorban a membránok szemszögéből.

Motiváció

A szív- és érrendszeri betegségek hosszú ideje világszerte vezető haláloknak számítanak. A kardiovaszkuláris betegségek főbb típusai a szívinfarktus, a sztrók (stroke), a koszorúér-betegség és a szívelégtelenség. Hazánkban az éves halálesetek mintegy felét okozzák a keringési rendszer zavarai. Amennyiben a betegség előrehaladott állapotú, a szívműtét sokszor elkerülhetetlen.

A szívsebészeti eljárásoknál a szív belsejét a műtéti beavatkozások számára hozzáférhetővé kell tenni. Ehhez a vérellátást biztosító nagy szíverek ideiglenes elszorítása szükséges, ami megszakítja az agy oxigénellátását, és megfelelő segédeszköz nélkül néhány percre korlátozza a műtéti időt. E műtéti idő meghosszabbításának lehetőségeit már a 19. század utolsó harmadában tanulmányozni kezdték. A kifejlesztett véroxigenátorok (illetve korábbi nevükön szív-tüdő gépek) óriási szerepet játszottak a biztonságos szívsebészet kialakulásában.

Történet

A szívsebészetben a műtéti idő meghosszabbítására azt a kézenfekvő eljárást kezdték el vizsgálni, ahol a vért mechanikus úton elterelik: a páciens egyik vénájából kivezetik, s a kezelés után egy másikba visszavezetik. A vér kivezetése a szervezetből ekkor már nem számított újdonságnak, hiszen a vérátömlesztésnél ezt már vizsgálták. Nem sokkal azután, hogy William Harvey felfedezte a vérkeringést (1628), Richard Lower angol orvos a világon először hajtott végre sikeres vérátömlesztést (Felts 2000) kutyák között (1666). Az első emberből emberbe történő vérátömlesztésre azonban 1818-ig várni kellett (ez a londoni Guy's Kórházban zajlott le).

Pont ebben az időszakban foglalkozott az angol Robert Hooke a tüdő működésével, és kísérleti úton bizonyította (Hooke 1667), hogy a vér megfelelő oxigénszintjének biztosításához nem kell feltétlenül a tüdőn keresztül áramolnia (Lim 2006), vagyis „külső segédlettel” is lehet oxigénmolekulákat juttatni a vérbe.

1868-ban Carl Friedrich Wilhelm Ludwig és Alexander Schmidt (Lipcsei Egyetem) a vér oxigéntelítését mesterséges úton úgy oldották meg (Ludwig–Schmidt 1868), hogy a vért egy ballonban a levegővel egyszerűen összerázták. Ez lehetett a kiindulási pont a „közvetlen érintkeztetéses” (direct contact) oxigenátorok fejlesztéséhez. Munkájuk

értékét emelte, hogy eljárást fejlesztettek ki a vér oxigén- és a szén-dioxid-tartalmának becslésére.

Waldemar von Schröder 1882-ben Strasbourgban a vért egy izolált vesén keresztül vezetve levegőbuborékokkal érintkeztette (Schröder 1882), s így telítette oxigénnel. A legnagyobb problémát itt a habzás okozta.

Maximilian von Frey 1885-ben építette meg a világon az első zárt áramoltatású szív-tüdő gépet kollégájával, Max von Gruberrel (Frey–Gruber 1885; Zimmer 1998; 2003; Boetther–Merkle–Witkemper 2003) Lipcsében. Maximilian von Frey Salzburgban született, orvosi, fizikusi és matematikai tanulmányokat folytatott. A lipcsei Fiziológiai Intézethez 1878-ban csatlakozott, és itt építette meg a „respirációs” készülékét, amelyet kutyaon tesztelt. Ez volt az első olyan készülék, ahol a kivezetett vért áramoltatni kellett (egy szivattyúféleség segítségével), ami nem várt nehézségeket hozott, hiszen például a vér alvadását nem tudták megakadályozni.

A készüléket Max Gruberrel együtt alakították ki, s egy hermetikusan zárt üveghengert tartalmazott, közepén egy fémhengerrel. A vért az üveghenger tetején vezették be, az üvegfalon csurgott végig, s alul gyűjtötték össze. A vékony rétegben lecsurgó vér közvetlenül érintkezett az üvegpalackba alulról bevezetett oxigénnel. Mindeközben a vérből a szén-dioxid (CO_2) a légterbe jutott, s ezt a levegőt kiszivattyúzták, analizálták, és bárium-hidroxid segítségével megkötötték a CO_2 -t. A vér áramlását pontosan és megbízhatón lehetett mérni és szabályozni. Mivel a megfelelő gáztranszporthoz szobahőfok volt szükséges, a vénából érkező vért először lehűtötték, majd a kezelés végeztével visszamelegítették. A készüléket egy kutyaából származó szervrendszer segítségével tesztelték.

Úgy tűnik, ez a felfedezés feledésbe merült, mivel John Heysham Gibbon a 20. század elején – a von Frey-féle szív-tüdő géptől függetlenül – kifejlesztett egy újabb hasonló készüléket, így tehát a szív-tüdő gépet kétszer fedezték fel... (Zimmer 2003). Gibbon (1903–1973) orvosi működése során 1931-ben elveszített egy beteget (tüdőembólia miatt), s ez sarkallta arra, hogy valamilyen megoldást találjon az ilyen, súlyos állapotú betegek megmentésére. 1934-ben kezdte el fejleszteni a szív-tüdő gépet a bostoni Massachusetts Általános Kórházban feleségével, aki az egyetlen segédje volt ekkor.

A készülék meglehetősen hasonlít felépítésében a korábban bemutatott szív-tüdő géphez. Egy függőlegesen elhelyezett, forgó henger közepébe egy álló hengert alakítottak ki, amelybe belenyúlt egy fémcső, egészen az aljáig. Ezen keresztül vezették be a 95% oxigént és 5% CO_2 -t tartalmazó gázkeveréket. A mozgó és az álló henger között felülről vékony filmként lecsurgó vér érintkezett a bejuttatott oxigéndús gázkeverékkel, így történt meg a gáztranszport.

1935-ben az első prototípust egy macskán próbálták ki, s az bő fél órát élt túl, anélkül hogy megdobbant volna a szíve (Gibbon 1937). Gibbont később az IBM (International Business Machines) mérnökei segítették a fejlesztésben. Számos kudarc után, 1953. május 6-án egy 18 éves lánybeteg műtétjénél használták 26 percen át a készüléket a philadelphiai Pennsylvania Egyetemi Kórházban (Gibbon 1954). Ez volt ez első sikeres nyitott szív-műtét.

A történeti hűséghez hozzátartozik, hogy Achille Mario Dogliotti (1897–1966) olasz szívsebész korábban, 1951. augusztus 9-én hajtotta végre a világ első nyitott szív-műtétjét egy oxigenátor segítségével, de a műtétet a 49 éves páciens nem élte túl.

Gibbon továbbfejlesztett és nagyobb méretű szív-tüdő gépe egy acélhálókkaal töltött oszlop volt, ahol a vér ellenáramban érintkezett az áramló oxigénnel. Az oszlopban 6–8 db 60 cm × 10 cm-es hálót helyeztek el függőleges pozícióban, a vér ezeken átáramolva stabil filmet képezett rajtuk, s itt történt meg az oxigénfelvétel (Lim 2006). Gibbon sikeréhez az is nagyban hozzájárult, hogy több, igen fontos felfedezés már megszületett, mire hozzálátott készüléke fejlesztéséhez. Az egyik ilyen a *heparin* Jay McLean (1890–1957) általi 1916-os felfedezése, amely központi jelentőségű a szív-tüdő gép testen kívüli (extracorporalis) keringetése szempontjából, mivel megakadályozza a véralvadást.

A vér – ami köztudottan nem egy homogén oldat – kíméletes szállítása is kihívást jelentett (Tschaut 2020), az 1934-ben feltalált görögös pumpák megfelelő megoldást jelentettek a szív-tüdő gépek megvalósításához. A páciensből a vért egy kanülön keresztül vezették el, s igen fontos volt, hogy a pumpálás során a véna ne essen össze. Ennek megelőzésére közbeiktattak egy pufferként működő kamrát (Haworth 2003). A pumpálás során felfigyeltek a habképződésre is, ennek kezelését is meg kellett oldani. A kezelés – a von Frey-féle eljáráshoz hasonlóan – itt is alacsonyabb hőfokon történt, így a vért le kellett hűteni, majd a visszavezetés előtt újra felmelegíteni. Sőt, sokszor a beteg testhőmérsékletét is csökkentették.

A vér ilyen, direkt vagy közvetlen módon történő oxigendúsítását az 1980-as évek elejéig végezték ezzel a készülékkel. Ezekben az oxigenátorokban az acéllemezeket aztán korongokkal helyettesítették, ahol egy hengerben 20–100 forgó korong érintkezett 1–2 liter vérral.

Fejlesztések

A Gibbon-féle készülék óta természetesen újabb és újabb fejlesztések történtek ezen a területen. Ezek a vér oxigénnel való telítésére szolgáló eszközök (oxigenátorok) két csoportra oszthatók:

- Buborékos oxigenátorok – ahol a vérral közvetlenül érintkezik a gáz.
- Membrán oxigenátorok – ahol a két fázis: a gáz és a vér egy permszelektív gáttal (membrán) el van választva egymástól, ezek az indirekt érintkezéses oxigenátorok.

A buborékos oxigenátorokat a Gibbon-féle készülékek után fejlesztették ki (1955 körül), amelyek egy műanyagból készült, inert részecskékkal töltött oszlopban gázbuborékok segítségével oxigénnel dúsították a vért anélkül, hogy a rettegett légembólia bekövetkezett volna. Mivel ezek a közvetlen érintkeztetéses oxigenátorok meglehetősen nagy mennyiségű vért igényeltek, ráadásul a vér egyes elemeit károsíthatták, évente viszonylag kevés műtétet végeztek vele.

A dúsítani kívánt vér levegőztetésénél az az ötlet, hogy membránt helyezzenek a két fázis közé a vérelemek károsításának megelőzésére, Willem Johan Kolff és Helmar T. Berk nevéhez fűződik (Kolff–Berk 1944). Megfigyelték, hogy az általuk használt *hemodialízis* készüléknél *levegőztetett* dializátum alkalmazásánál a beteghez visszaáramló vér színe sötétlilából élénkpirosra változott, vagyis a vér oxigéntartalma nőtt. (Ekkoriban a hemodialízis is gyerekcipőben járt még, fejlesztés alatt állt.) Azonnal látszott, hogy vér és a levegő membránon keresztüli érintkeztetése óriási előnnyel jár, de rögtön felmerültek a megvalósítás problémái is:

- (i) nem volt olyan biokompatibilis membrán, amelynek a gázpermeabilitása, mechanikai stabilitása (megfelelő vékonysága!) elfogadható lett volna;
- (ii) a membrán mindenképpen gátat (ellenállást) jelentett a gázcsere folyamatában;
- (iii) a vér- és a levegőáramlást optimalizálni kellett a megfelelő gázcsere biztosításához.

1956-ban használták először a ma is alkalmazott membrán oxigenátor típust, azonban hosszú időnek kellett még elteltie, mire a gép készen állt a piacra dobásra.

Az indirekt érintkezéses membrán oxigenátorok bevezetése jelentősen kevesebb károsodást okozott, és kevesebb vér is kellett a működtetéséhez. Így ezek a készülékek nagyon hamar elterjedtek. Az első membrán oxigenátort 1980-ban kezdték el használni, és 1985-re már az oxigenátorok fele membrános volt. Ma már kizárólag membrán oxigenátorokat alkalmaznak. Ezen időszak alatt az operációk száma is óriásit emelkedett.

A membrán oxigenátorok fejlődésének története

A membrán oxigenátorok (extracorporeal membrane oxygenator, ECMO) a membrános műveletek közül az ún. membrán kontaktorok csoportjába tartoznak (Baker 2012), s ott is a gáz-folyadék fázisú alcsoportba. Ilyen kontaktorokat használnak az élelmiszeriparban is, például sörök és más szénsavas italok szén-dioxid-tartalmának növelésére. A művelet során a membrán egyik oldalán bevezetett gáz a membránon keresztül diffundálva beoldódik a másik oldalon áramló folyadékfázisba. A transzportfolyamat hatékonyságát sokféle paraméter befolyásolja, például a membrán anyaga, felülete, a gáz(ok) parciális nyomása (mindkét oldalon), a hőmérséklet, az áramlási viszonyok, a kialakuló filmréteg vastagsága stb. Bár a membrán további gátat jelent az anyagátadás szempontjából, a (térfogathoz képest) nagy felülettel rendelkező kapilláris modulok jelentősen javítani tudják az érintkeztetés hatékonyságát.

A membrán oxigenátorok első prototípusainak konstrukciójánál a legfontosabb lépés az volt, hogy rátaláljanak a megfelelő gázáteresztő-képességgel rendelkező membránokra. Az akkoriban (1950-es évek) kereskedelmi forgalomban kapható membránok közül az etilcellulóz és a polietilén permeabilitása (áteresztőképesség)

volt a legjobb oxigénre és szén-dioxidra nézve (Clowes–Hopkins–Neville 1956). Ezeket a mikropórusos membránokat próbálták ki az adott célra, s a nagyobb felület kialakítása érdekében feltekercselték a filmlapokat, amelyeket ma spirál moduloknak hívunk.

Az első kísérletek igazolták, hogy az elképzelés jó, de a hidrofil karakterű membránok működtetésénél plazmaszivárgást észleltek (Lim 2006). Ezért hidrofób jellegű membránokkal folytatták a tesztelést, például politetrafluor-etilénnel (közismert nevén teflon). Ennek viszont gyengébb volt a gázáteresztő-képessége. Áttörést a pórusmentes szilikon filmmembránok hoztak, amelyek oxigén- és szén-dioxid-permeabilitása közelítőleg negyvenszer jobb (!), mint a tefloné (Kammermeyer 1957). A szilikonnal viszont az volt a baj, hogy mechanikai tulajdonságai igen gyengének bizonyultak, nem lehetett vékony, stabil filmet gyártani belőle. E probléma megoldása az lett, hogy egy támasztóréteget alkalmaztak (például nylon szitaszövetet), s ennek felületére simították rá az ultravékony szilikonfilmet, amelyet így már hibamentesen lehetett előállítani. Ezeket kompozit membránoknak nevezzük.

A plazmaszivárgás megelőzésére egy másik megoldásként kisebb pórusú, hidrofób membránokat kerestek. A polipropilén lett az az anyag, amelyik bevált, s ebből megbízhatóan lehetett kapillárisokat (hollow fiber) gyártani. Ezek a kapilláris modulok – a spirál modulokhoz hasonlóan – igen nagy térfogathoz viszonyított felülettel (térfogat-kitöltési sűrűség) rendelkeznek.

A membrán anyagok fejlődése azonban nem állt meg a polipropilénnél és a szilikonnál, manapság is keresik a jobb anyagokat (Lim 2006), hiszen időközben az anyag-tudomány is képesező előrehaladást mutat.

Manapság egyre elterjedtebbek a hosszabb, akár napokig tartó kezelések. Itt célszerű megemlíteni azt is, hogy a többnapos extrakorporális keringéseknél óriási kihívást jelent az orvosoknak, hogy a gép alvadásmentes, a beteg pedig vérzésmentes legyen a kezelés alatt. A biokompatibilitás ezért talán a legfontosabb szempont jelenleg a fejlesztéseknél. Nemrégiben membránként például a poli-4-metil-1-pentén (PMP) filmet kezdtek el alkalmazni, amely – a szilikonhoz hasonlóan – a pórusmentes filmmembránok közé tartozik, s biokompatibilitása sokkal jobb, mint az előzőekben említett membránoké. A szilikonmembránok következő generációja pedig a belőlük előállított kapilláris membránok, vagyis a szilikon elasztomerfilmmel bevont kapilláris csövecskék.

A gáz-folyadék membrán kontaktoroknál egy kapilláris modul működtetésénél hagyományosan a kapillárisokban vezetik a folyadékfázist, és a köpenyoldalon a gázfázist, így valósul meg az érintkeztetés a membránfalon keresztül. A membrán oxigenátoroknál azonban a kísérleti tapasztalatok azt mutatták, hogy a fordított működtetés hatékonyabb (Gaylor 1988). A fordított működtetésnél a vér áramlik a köpenyoldalon, míg az oxigént vezetik a kapillárisokban. Ennek előnyei:

- ahogy a vér a kapillárisokat kerülgeti, passzív keveredés jön létre, így a gáz–folyadék anyagátadás 2–2,5-szer hatékonyabb;

- kisebb nyomásesés alakul ki, hiszen a nagyobb viszkozitású vér a tágasabb köpenyoldalon kering, míg a kis viszkozitású gáz a kapillárisokban;
- a gázcsere igazából a kapilláris külső oldalán valósul meg, amely nagyobb, mint a kapillárisok belső felülete.

Természetesen némi hátránnyal is jár ez az elrendezés:

- a kapillárisok modulon belüli elrendezését fluiddinamikai modellek segítségével optimalizálni szükséges, hogy a vér és az oxigén eloszlását és mozgását megfelelően lehessen megszabni, működtetni;
- biokompatibilis köpenyanyagra van szükség és a véráramoltatás szabályozásához megfelelő csomópontok kialakítására.

A nagy gázátadási hatékonyság mellett ezek a fordított működtetésű kapilláris modulok kisebb terhelést jelentenek a véráramra, egyszerűek, kompaktak és viszonylag olcsók, így egyértelműen jobbnak bizonyultak, mint a buborékos alternatívák, ezért mára ki is szorították ezeket a piacról.

A membrán oxigenátorok működése

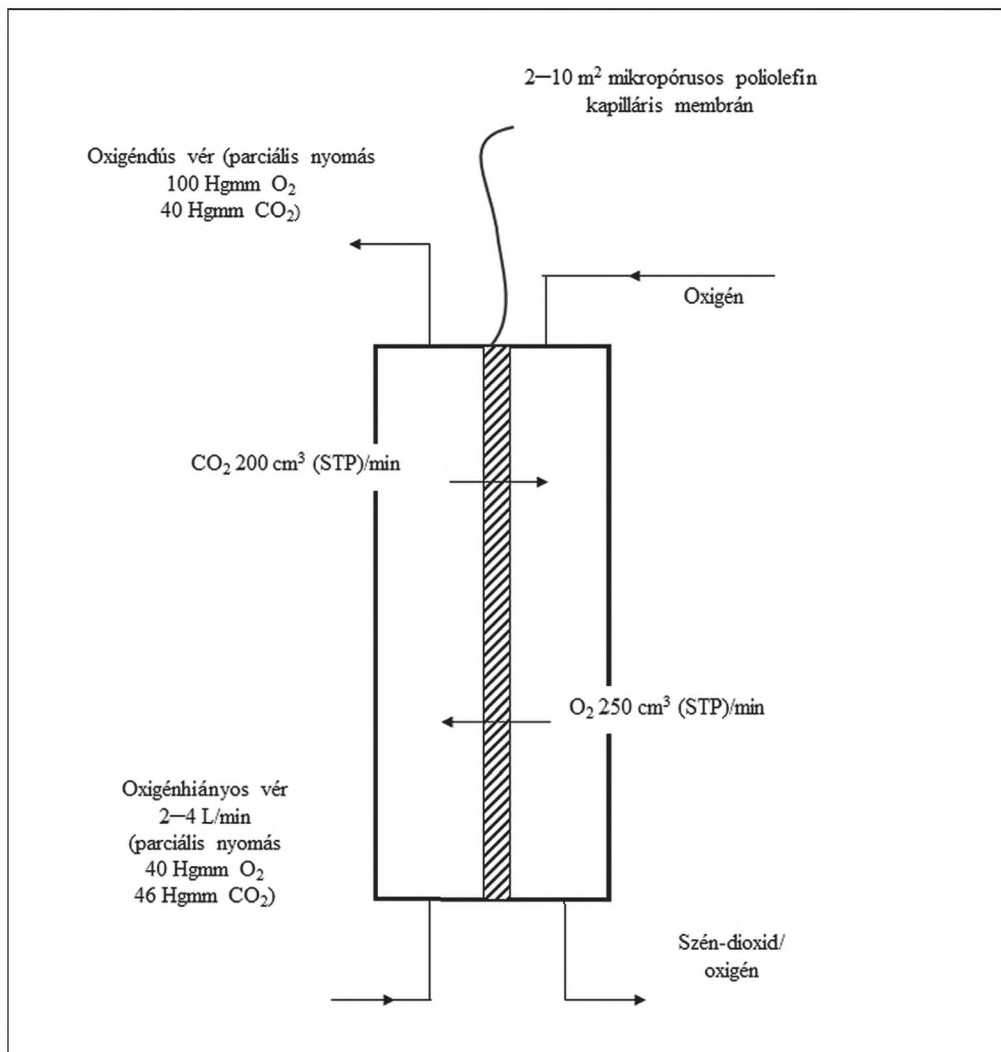
A membrán oxigenátor készülékek két fő komponensből állnak: egyrészt a tulajdonképpeni oxigenátorból, ami gondoskodik a gázcseréről, másrészt egy hőcserélő van beépítve, hogy a vér és a test hőmérsékletét az adott művelet követelményeihez igazítsák (hipotermia). A készülékben a létfontosságú paraméterek szabályozhatók:

- Az oxigenátorban az oxigén- és a szén-dioxid-átvitel gázkeverővel és áramlásmérővel szabályozható.
- A főpumpa helyettesíti a páciens szívét, és szabályozza a perctérfogatot.
- A hipo-/hipertermia készülékek a hőcserélőn keresztül szabályozhatják a páciens vérének hőmérsékletét és így testhőmérsékletét is.

A ma általánosan használt membrán oxigenátorok jól bevált készülékek a szívműtéteknél, de így is csak tökéletlenül képesek utánózni az emberi tüdőt. A vérréteg jóval vastagabb, és csak kb. $2\text{--}10\text{ m}^2$ nagyságú diffúziós terület áll rendelkezésre (1. ábra).

Az emberi tüdő membránja kb. $1\text{ }\mu\text{m}$ vastag, és a teljes gázcsere-kapacitás sokkal nagyobb, mint amennyire normál esetben szükség van. Ez lehetővé teszi, hogy akár károsodott tüdővel is elfogadható életminőségben éljünk.

A megfelelő szív-tüdő-gép kb. 250 cm^3 (STP) oxigént kell hogy szállítson percenként, és 200 cm^3 (STP)/perc szén-dioxidot kell elszállítania (Galletti–Brecher 1962). A gázoknak a vérben való kicsiny oldhatósága miatt viszonylag nagy véráram szükséges a készüléken belül, általában $2\text{--}4\text{ l/min}$, ami kb. tízszerese a műveseállomásokon szolgáló dializátorok véráramának.



1. ábra. A membrán oxigenátorok működésének vázlata
 Forrás: az ábrát Tóth Gábor készítette Faria–De Pinho 2016 alapján

Az alkalmazott kapilláris modulokban sok száz (esetleg több ezer) kapilláris csövecskét építenek be egy nagyobb átmérőjű csőbe, amelyhez megfelelő ki- és bevezető csatlakozásokat illesztenek. A kívánatos anyagátadás fenntartása és a készülék okozta nyomásesés minimalizálása miatt – ahogy azt korábban bemutattuk – a vért a kapillárisok köpenyoldalán áramoltatják, míg az oxigént a csövecskék belsejében, ellenáramban.

Összefoglalás

A membrán oxigenátorok az egészségügyi membrános alkalmazások legfontosabb területe a hemodialízis mellett, mégis, az emberek többsége nincs tisztában jelentőségükkel. Ebben az összeállításban a véroxigenátorok – különös tekintettel a membrán véroxigenátorokra – történetét, fejlesztésének lépéseit, működését, felhasználását ismertettem, leginkább a membránok szemszögéből.

Köszönetnyilvánítás

A szerző köszönetet mond Kocsis Miklós intenzív terápiás szakorvosnak, hogy átnézte a kéziratot, és észrevételeivel segítette a cikk összeállítását, valamint Tóth Gábornak az ábra elkészítéséért.

Irodalomjegyzék

- Baker, Richard W. (2012). *Membrane Technology and Applications*. Chichester: Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118359686>.
- Bélafiné Bakó Katalin (1997). „Hemodialízis Magyarországon”. *Membrántechnika* 1/1, 3–5.
- Boetther, Wolfgang – Merkle, Frank – Weitkemper, Heinz-Hermann (2003). „History of Extracorporeal Circulation: The Conceptional and Development Period”. *The Journal of the American Society of Extra-Corporeal Technology* 35, 172–183.
- Clowes, George H., Jr. – Hopkins, Amos L. – Neville, William E. (1956). „An Artificial Lung Dependent Upon Diffusion of Oxygen and Carbon Dioxide Through Plastic Membranes”. *Journal of Thoracic Surgery* 32/5, 630–637. [https://doi.org/10.1016/s0096-5588\(20\)30575-4](https://doi.org/10.1016/s0096-5588(20)30575-4).
- Faria, Mónica – De Pinho, Maria Norberta (2016). „Extracorporeal Blood Oxygenation Devices, Membranes for”. In: Drioli, Enrico – Giorno, Lidietta, szerk. *Encyclopedia of Membranes*. Berlin–Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-44324-8_1468.
- Felts, John H. (2000). „Richard Lower: Anatomist and Physiologist”. *Annals of Internal Medicine* 132/5, 420–423. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-132-5-200003070-00023>.
- Frey, Maximilian von – Gruber, Max von (1885). „Untersuchungen über den Stoffwechsel isolierter Organe. I. Ein Respirationsapparat für isolierte Organe”. *Archiv für Physiologie* 519–532.
- Galletti, Pierre M. – Brecher, Gerhard A. (1962). *Heart-lung Bypass: Principles and Techniques of Extracorporeal Circulation*. New York, NY: Grun & Stratton.
- Gaylor, John D. S. (1988). „Membrane Oxygenators: Current Developments in Design and Application”. *Journal of Biomedical Engineering* 10, 541–547. [https://doi.org/10.1016/0141-5425\(88\)90113-6](https://doi.org/10.1016/0141-5425(88)90113-6).
- Gibbon, John H., Jr. (1937). „Artificial Maintenance of Circulation During Experimental Occlusions of Pulmonary Artery”. *Archives of Surgery [Chicago]* 34/6, 1105–1131. <https://doi.org/10.1001/archsurg.1937.01190120131008>.
- Gibbon, John H., Jr. (1954). „Application of a Mechanical Heart and Lung Apparatus to Cardiac Surgery”. *Minnesota Medicine* 37/3, 171–185.
- Haworth, William S. (2003). „The Development of the Modern Oxygenator”. *The Annals of Thoracic Surgery* 76/6, PS2216–S2219. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2003.09.012>.
- Hooke, Robert (1667). „An Account of an Experiment Made by M. Hook, of Preserving Animals Alive by Blowing Through Their Lungs with Bellows”. *Philosophical Transactions of the Royal Society* 2/28, 539–540. <https://doi.org/10.1098/rstl.1666.0043>.
- Kammermeyer, Karl (1957). „Silicone Rubber as a Selective Barrier”. *Industrial & Engineering Chemistry* 49/10, 1685–1686.

- Kolff, Willem J. – Berk, Helmar T. (1944). „Artificial Kidney: Dialyzer with Great Area”. *Acta Medica Scandinavica* 117, 121–134.
- Lim, Michael W. (2006). „The History of Extracorporeal Oxygenators”. *Anaesthesia* 61, 984–995. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2044.2006.04781.x>.
- Ludwig, Carl F. W. – Schmidt, Alexander (1868). „Das Verhalten der Gase, Welche mit dem Blut durch die reizbaren Säugetiermuskeln strömen”. In: Ludwig, Carl F. W., szerk. *Arbeiten aus der Physiologischen Anstalt zu Leipzig*. Leipzig: Verlag S. Hirzel, 1–61.
- Schröder, Waldemar von (1882). „Ueber die Bildungstätte des Harnstoffs”. *Archiv für Experimentelle Pathologie und Pharmakologie* 15, 364–402.
- Tschaut, Rudolf J., szerk. (2020). *Extracorporeal Circulation in Theory and Practice*. Lengerich–Bremen–Berlin: Pabst Science Publishers.
- Zimmer, Heinz-Gerd (1998). „The Isolated Perfused Heart and Its Pioneers”. *News in Physiological Sciences* 13/4, 203–210. <https://doi.org/10.1152/physiologyonline.1998.13.4.203>.
- Zimmer, Heinz-Gerd (2003). „The Heart-Lung Machine Was Invented Twice—the First Time by Max von Frey”. *Clinical Cardiology* 26/9, 443–445. <https://doi.org/10.1002/clc.4960260914>.

TUDÓSPORTRÉ

Kiss Árpád, a tritikálékutatás atyja Árpád Kiss, the Father of Triticale Research

Pauk János

az MTA doktora, Gabonakutató Nonprofit Kft., Szeged
janos.pauk@gabonakutato.hu



1. ábra. Dr. Kiss Árpád
Forrás: Kiss Árpád családjának gyűjteményéből

A tritikálé két gabonanemzetség (*Triticum* és *Secale*) botanikai nevéből alkotott mozaikszo (*XTriticale*). A keresztezés után létrehozott nemzetséghibrid ötvözi a búza jó táplálkozási értékét és a rozs kiváló stressztoleranciáját. A nemzetséghibrid genetikai- és nemesítési kutatását Kiss Árpád indította el a II. világháborút követően, Martonvásáron (1. ábra). Ő a tritikálékutatás és -nemesítés elindítója. Alapozó kutatómunkája révén lett a tritikálé világszerte termesztendő gabona. Genetikus,

növénynemesítő, a mezőgazdaság-tudományok doktora volt. Ő hozta létre a világon elsőként a mezőgazdasági termesztésre alkalmas, államilag minősített búza-rozs állandósult nemzetséghibridet, a hexaploid tritikálét és ennek első növényfajtaát. A szakma művelői joggal ismerik őt el a világon a tritikálé atyjának, a legismertebb magyar növénynemesítőnek.

Kiss Árpád 1916. január 4-én született Budapesten és 2001. április 5-én hunyt el Kecskeméten. Diplomájának megszerzése után először kertészetekben dolgozott, de 1941-ben már a mosonmagyaróvári Országos Növénynemesítő Intézetben („Villax” intézet) kezdett dolgozni kísérletezésért felelős gazdatisztként. 1950-ben került Martonvásárra, ahol mindjárt búza-rozs hibridek kutatásával és borsónemesítéssel bízták meg.

Az 1956-os forradalom eszméivel szimpatizált és a helyi megmozdulásokba bekapcsolódott. Ennek drámai következménye lett emberi és a szakmai életére. 1957 márciusában, egy szombat este házkutatás után az intézet akkori vezetőjét, Friedrich Bélát, Kiss Árpádot és Kükedy Endrét bevitték a rendőrségre. Azt követelték Kiss Árpádtól, hogy verje meg igazgatóját, Friedrich Bélát. A borzasztó körülményt a különböző helyekről behurcolt emberek jajgatása és kiabálása súlyosbította. Kiss Árpád a verést megtagadta és azt mondta, Friedrich Béla idős ember és nem érdemi ezt, amit neki szánnak, átvállalja. Azután irgalmatlanul elbántak velük... A gyógyulás, főleg az idős Friedrich esetében, hosszú hetekig tartott, amit jelentősen nehezített a folyamatos rendőri zaklatás. Ezután az igazgatót nyugdíjazták, Kiss Árpádot pedig Kecskemétre helyezték át, aki ekkor alig múlt negyvenéves.¹

1957-től Kiss Árpád a Duna-Tisza-közi Mezőgazdasági Kísérleti Intézetben, a későbbi Zöldségtermesztési Kutatóintézetben dolgozott nyugdíjazásáig. Kutatómunkájában kezdetektől a növénynemesítés, a citogenetika és a poliploidia iránt érdeklődött. Állandósult búza-rozs hibridjei bizonyították az amfiploidokban rejlő nemesítési lehetőséget. A világon a gabonák tekintetében ezt a területet ilyen intenzitással elsőként ő kutatta. Eredményeit a legmagasabb nemzetközi szinten is elismerik.

Felismerte a búza-rozs hibrid keresztezhetőségének fajtaspecifitását. Oktoploid tritikálék nemesítése helyett (akkor ez jelentős felismerés volt) a szekunder hexaploid tritikálék előállítását javasolta. Ezeknek már első változatai – a viszonylag gyenge minőségű talajokon – versenyképesek voltak a rozssal. Nevéhez fűződik a „törpe” A3, a „féltörpe” A2 és az „alacsony-szárú” A1 tritikálék előállítása. Ezek az új növénytípusok világszerte nagy lendületet adtak a tritikálénemesítésnek.

A nemzetközi tudóstársadalom már életében elismerte és azóta is számontartja, hogy Kiss Árpád elsőként vezette be a teljesen új, mesterségesen előállított nemzetség-hibrid termesztését a világ mezőgazdaságába. Tritikáléfajtái közül az No. 57, az No. 64 E. E. (előzetesen elismert) a KT.84 Á. E. (államilag elismert), míg a nevezetes „Bókoló” Triticale az akkori NSZK-ban kapott jelentős elismerést és felhasználást (Kiss 1968).

¹ Krammerné Friedrich Márta szóbeli közlése alapján.

Kiss Árpád kiváló kutatói vénával megáldott ember volt, és ezt más fajok nemesítési kutatásában is bizonyította Kecskeméten. Növénynemesítési elkötelezettségét nem lehetett megtörni. Nem a sértődöttségbe, hanem a kutatásba merült el. A tritikálékutatáson túl az ő nevéhez kötődik a kisgyümölcsű görögdinnye nemesítésének elindítása. A kecskeméti vörös húsú, a kecskeméti heterózis és a kecskeméti triploid (mag nélküli) fajták egyaránt nemzetközi híresek lettek. Nevéhez mégis elsősorban a tritikálenemesítés korszakos eredményei kötődtek. Nyugodtan mondhatjuk, hogy teljes nemesítő munkássága, alkotó gondolkodása több mint fél évszázaddal megelőzte a piaci igényeket.

Sajnálatosan a szocialista országok gazdaságpolitikai testülete (Kölcsönös Gazdasági Segítség Tanácsa, KGST) 1969–1970-ben úgy döntött, hogy a tritikálé nemesítést hazánk abbahagyja, és azt Lengyelországban folytatják tovább. Ezért Kiss Árpád kísérleti anyagát át kellett adni a lengyel nemesítőknek, akik abból, illetve saját anyagaikból számos új fajtát állítottak elő, amelyek a vetőmagpiacon nagy sikert arattak hazájukban és a nemzetközi szintén is. Így a zseniális kutató Kiss Árpád az akadémiai intézetből történt áthelyezés után most Kecskeméten is kénytelen volt átélteni a nemesítési anyagától való elválást, megfosztást. A lengyel kutatók azonban mindig hálásan utalnak Kiss Árpád nemesítési anyagára, annak hatalmas értékére.

Nemesítő munkája mellett részt vett az MTA TMB (Tudományos Minősítő Bizottság), a MAE (Magyar Agrártudományi Egyesület) és az MBT (Magyar Biológiai Társaság) bizottságaiban, az oktatásban és tudományos folyóiratok szerkesztésében. A Szegeden Barabás Zoltán által létrehozott (1973) *Cereal Research Communications* szerkesztőbizottságában egészen haláláig tevékenykedett. Ez a tudományos lap mára már több mint 50 éves, és a gabonakutatás egyik vezető nemzetközi folyóirata. *Triticale* című könyvét a Mezőgazdasági Könyvkiadó 1970-ben nívódíjban részesítette. A könyv még ma is sok helyen megtalálható a könyvtárak polcain (Kiss 1968).

Nevét és emlékét Martonvásáron emléktábla (a Brunszvik-kastély falán), Kecskeméten, szeretett városában (a ZKI Zrt. épületének falán, a főútról is jól látható) emléktábla és utcanév őrzi. Kiss Árpád 2024 szeptemberében Magyar Örökség díjas lett.

Irodalomjegyzék

Kiss Árpád (1968). *Triticale*. Budapest: Mezőgazdasági Könyvkiadó.

Szabados László képeslapgyűjteményéből



A Petőfi Irodalmi Múzeumban őrzött relikviák: Ottlik Géza írógépe, Móricz Zsigmond írógépe, József Attila „Royal” írógépe, Móricz Zsigmond „Remington” írógépe, Thurzó Gábor írógépe, Babits Mihály – az MTA tagja – írógépe
(A képeslap kiadója: Petőfi Irodalmi Múzeum)

Forrás: Szabados László képeslapgyűjteményéből, <https://real-i.mtak.hu/16627/>



Keleti Gusztáv akvarellje az Eötvös család telkén álló – ma Budapest XII. kerületében,
a Karthauzi úton található – Karthauzi-lakról
(1860, Budapesti Történeti Múzeum, Fővárosi Képtár, fotó: Bakos Ágnes).
Komjátszegi Kelety (Keleti, sz. Klette) Gusztáv Frigyes (1834–1902) festő, grafikus, műkritikus,
az MTA levelező tagja (1874) volt.

A karthauzi című regény Eötvös József (1813–1871) jogász, író,
az MTA tagja, 1866–1871 között elnöke első nagy epikus munkája
(Kiadó: Poliprint Kft.)

Forrás: Szabados László képeslapgyűjteményéből, <https://real-i.mtak.hu/16645/>

KÖNYVSZEMLE

Ropolyi László – Szegedi Péter szerkesztők *Fényes Imre válogatott írásai*

Fényes Imre (1917–1977) a magyar fizika egyik legendás alakja, mert lassan ötven évvel halála után is hatása van. Ez a hatás az idővel halványulni látszik, ahogy ez normális is, hiszen fél évszázad nagy idő, és minden tudományterület fejlődik. Most megjelent válogatott munkái felvetik a kérdést, hogy vajon mit tanulhatunk ma Fényes Imrétől, mi az, ami maradandó munkásságából.

A kötet első írása tudományos pályafutásáról szól, a szerkesztő Ropolyi László és Szegedi Péter által összeállítva, benne a kor magyar és nemzetközi kényszereinek összefonódásával – és megdöbbentően tanulságos. Egyrészt a magyar történelemhez kötődő kolozsvári, debreceni és budapesti körülményei mutatják, hogy Fényes Imre a politikai feltételek mellett, azok ellenére tudott jelentős műveket alkotni, levonva a következtetéseket és alkalmazkodva a feltételekhez. Másrészt felvillantják a nemzetközi tudományos élethez, a korszak híres tudósaihoz való viszonyát. Fényes Imre munkásságának négy fontos része van. Egyrészt ő találta ki a kvantummechanika sztochasztikus magyarázatát, a kvantumjelenségek három fő értelmezésének egyikét. Ezen kívül a termodinamika axiomatikus megalapozásában és az irreverzibilis termodinamika magyarországi fejlődésében megkerülhetetlen a szerepe. Mindemellett kiváló tanár volt, ennek legfőbb tanúsága ez a könyv maga, hiszen a válogatás összeállítói, a könyv szerkesztői maguk is hajdani tanítványai. Másrészt a könyvben is megjelenő pedagógiai munkái, ismeretterjesztő cikkei és könyveiből kiemelt részletek is mutatják tanáros, világos gondolkodását. Művei közül kiemelkedik a magyar fizikusok nemzedékeinek fontos olvasmányaként a *Modern fizikai kisenciklopédia* (Budapest: Gondolat Kiadó, 1971), amelyet ő szerkesztett és nagy részét ő írta. A negyedik terület, amelyen dolgozott, az a fizika alapjai, filozófiája. Erre vonatkozóan az 1980-ban megjelent *A fizika eredete* című könyve említendő (Budapest: Kossuth Kiadó).

A kötet Fényes munkásságának mind a négy területéről válogat. Az első részben a filozófiai jellegű írásaiból olvashatunk. Itt nagyon tanulságos Zénón apóriáinak eredeti tárgyalása, kontrasztba helyezve Hegel megállapításaival. A válogatás ízelítőt ad ismeretterjesztő és pedagógiai munkáiból is, de leginkább a termodinamikust és a kvantummechanikust ismerhetjük meg belőle.

A termodinamikai tárgyú válogatott munkákban olvashatjuk két 1952-es cikkének magyar fordítását, ezután pedig két könyvből, a rejtélyes körülmények

között bezúzott *A termodinamika alapjaiból* (Budapest: Akadémiai Kiadó, 1952) és a *Termosztatika és termodinamika* (Budapest: Műszaki Könyvkiadó, 1968) című monográfiájából olvashatunk részleteket. Az első cikk az intenzív–extenzív állapot-határozók és állapotjelzők axiomatikus megalapozásáról szól, amit Fényes a legfontosabb termodinamikai eredményének tartott. A bezúzott könyv is 1952-ben jelent volna meg, és a termodinamika axiomatikus megalapozását tartalmazza. A másik könyv 1968-ra datálódik, és már az irreverzibilis termodinamika bemutatását is célozza, tanítvány-barát-ellenségével, a magyar termodinamika másik nagy emberével, Gyarmati Istvánnal vitatkozva. Vegyük észre: az első könyvben még köszönetet mond Gyarmatinak, de a második könyvben sem nevét, sem egy évvel korábban megjelent *Nemegyensúlyi termodinamika* című könyvét (Budapest: Műszaki Könyvkiadó, 1967) nem említi: kezdeti barátságuknak ekkor már vége, külön utakon járnak. Korabeli éles tudományos vitáiknak nincs nyoma a könyvekben, látszólag tudomást sem vesznek egymás eredményeiről. A termodinamikai válogatás a hőhalálról szóló írásával zárul.

Az utolsó részben a kvantummechanikával kapcsolatos gondolatairól olvashatunk. Itt két cikkének magyar fordítása található. Az egyik az *Acta Bolyaiana* című folyóiratban megjelent első írása. A lapot a kolozsvári Bolyai Egyetem a bécsi döntések után alapította, és csak néhány évig létezett (1946–1947). A cikk a Schrödinger-egyenlet nagyon rövid levezetését tartalmazza, legfontosabb gondolata a diffúzió és a kvantummechanika párhuzamba állítása. Ezután leghíresebb munkájának, a kvantummechanika sztochasztikus megalapozásáról szóló 1952-ben megjelent cikkének magyar fordítását olvashatjuk, majd a kvantumelméletéről szóló további elmélkedéseiből tartalmaz szemelvényeket a könyv.

Hogyan született és mi is tulajdonképpen a kvantummechanika sztochasztikus interpretációja? Fényes első rövid írása a diffúzióra vonatkozó Fürth-féle határozatlansági relációt igyekszik összekapcsolni Heisenberg határozatlansági relációjával, és ennek kapcsán a kvantummechanikát egy sajátos diffúziós elméletként írja le és értelmezi. A gondolat nem teljesen új, ne feledjük, hogy a Schrödinger-egyenlet a hővezetési-diffúziós egyenlet komplex általánosítása, maga Erwin Schrödinger a diffúzió szakértője. Ennek az első írásnak az alapgondolatát fejti ki részletesen Fényesnek a *Zeitschr.ft für Physik*ben 1952-ben megjelent nagy cikke. Ebben leszögezi: „A Heisenberg-reláció – szemben az eddigi értelmezésekkel – *kizárólag* a statisztikai szemléletmódból származik, és független a méréseknél fellépő zavaroktól” (240. oldal). Az írás számos kritikára reflektál, hiszen a kvantummechanika statisztikus értelmezésének gondolata annak valószínűségi tartalma miatt már régebben felmerült (és elvetődött). Wolfgang Pauli és Erwin Schrödinger is tisztában volt az analógiával, de mindketten a statisztikus értelmezés ellen foglaltak állást. Reinhold Fürth eredménye (1933), illetve Andrej Kolmogorov elmélete (1931 és 1933) azonban a kvantummechanika születésekor nem ismert újabb szempontokat vetettek fel. Fényes cikkében sorra veszi és meggyőzően cáfolja az ellenvetéseket. Gondolatmenetének kulcsa a termodinamikának és a mechanikának, pontosabban a diffúziós és az áramlási jelenség-

gek összekapcsolódása a Fokker(–Planck)-egyenlet révén, illetve az áramlási részben sztochasztikus és kvantumviszonyok alapvetéseként sebességpotenciál bevezetése. Úgy tűnik, Fényes nem ismerte Erwin Madelung munkáját a hidrodinamika és a kvantummechanika szoros kapcsolatáról (1926), tehát az örvénymentesség szükségességét is függetlenül ismerte fel.

Fényes német nyelvű 1952-es publikációja látszólag nem váltott ki komoly visszhangot a megjelenésekor, legalábbis nem térítette el a kvantummechanikát a koppenhágai interpretációtól. Ennek természetesen van egy tudományszociológiai háttere, de többféle tudományos érv felmerül. A szociológiai, emberi háttérhez tudnunk kell, hogy Fényes cikkével egyidejűleg jelentek meg David Bohm 1952-ben publikált nagy hatású munkái, amelyek expliciten a kvantummechanika rejtett változóiról szóltak („A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of »Hidden« Variables I–II.” [*Physical Review* 85/2]), de teljesen másként. Bohm cikkeivel kezdődött az a gondolkodás, amely a Bell-egyenlőtlenségekhez (1964) és azok kísérleti vizsgálatából kinőtt fizikai Nobel-díjhoz vezetett (2022). Fényes gondolatai csak keveseket inspiráltak, a sztochasztikus kvantummechanika iránt az érdeklődés Edward Nelson 1966-os munkájával kezdődött, aki lényegében reprodukálta Fényes elméletét. Nelson írása nagyobb visszhangot váltott ki, és a szerző általam ismert minden munkájában nagyon korrektül említi és hangsúlyozza Fényes elsőbbségét. Az is fontos még, hogy a második világháború után a világ vezető fizikai folyóirata már nem az újrainduló német nyelvű *Zeitschr.ft für Physik*, hanem az angol *Physical Review*. Bohm és később Nelson is a Princetoni Egyetemről publikálták legfontosabb munkáikat. A fentebb említett hazai viszonyok valószínűleg még inkább fontosak: a kvantummechanika Fényes által vizsgált fundamentális kérdései kevésbé izgatták a magyar fizikusokat, vagy ha igen, akkor nagyon eltérő módon. Gondoljunk csak kortársára, Jánossy Lajosra, aki 1963-tól 1978-ban bekövetkezett haláláig szintén ezzel a kérdéskörrel foglalkozott, de teljesen más oldalról: egy tízrészes cikksorozatban elemezve a kvantummechanika hidrodinamikai modelljét.

A tudományos érvek közül a legfontosabb a rejtett változók és a kvantumlogika kapcsolata. A sztochasztikus elmélet ugyanis egy *rejtett változós* elmélet, olyan értelemben, ahogy a statisztikus fizika a termodinamika *rejtett változós* magyarázata. Neumann János nevezetes bizonyítása a rejtett paraméterek lehetetlenségéről a kvantummechanikában (1932) pontosan a statisztikus értelmezés lehetetlenségéről szól. Neumannra reflektálva Fényes cikkének fő érve az, hogy ha a kvantummechanikának nincs statisztikus értelmezése, akkor a diffúzióknak sincs, hiszen a sztochasztikus megfogalmazásuk, illetve a Fürth- és a Heisenberg-féle határozatlansági relációk is nagyon hasonlóak (261. oldal). Viszont nem tud megadni egy rendes valószínűségi elméletet, helyette egy hidrodinamikai variációs elvre épülő általánosabb gondolatmenetet javasol. Nem csoda, hogy nem tudja ezt megtenni, mert annak alapja, az eseményalgebra nem fér bele Kolmogorov elméletébe, nem disztributív. Többek között ezt ismeri fel Neumann. Végül George Mackey tisztázza a kérdéskört 1963-ban, de ez a tisztázás nem sokat segít a fizikai háttér tekintetében. A válogatás több lépésben

mutatja, hogy az évtizedek folyamán hogyan alakul Fényes álláspontja a rejtett paraméterek kérdéskörében. 1959-ben amellettt érvel, hogy meg kell kerülni Neumann feltételeit (lásd a 281. oldal lábjegyzetét), majd az eseményalgebra, a kvantumlogika vizsgálatába kezd, és élete végéig folytatja azt. A válogatás a kötet végén posztumusz könyvéből, *A fizika eredete* címűből idézi a kvantumlogika rövid ismertetését. Itt Fényes már azt írja, hogy a kvantummechanikára jellemző nem disztributív eseményalgebra nem egészíthető ki disztributívva, elfogadja Neumann érvelését. Tehát Fényes egyre mélyebben megérti a fizikai gondolatok mögötti matematikai struktúrát, és ennek megfelelően korrigálja saját magát.

Fényes Imre a magyar fizika legendás alakja, aki gondolatait nagyon világosan vetette papírra, tanulhatunk tőle kvantumfizikáról és termodinamikáról. De vajon mit is? Mennyire időtállóak ezek a gondolatok? Manapság tucatszámra bukkannak fel a kvantumelmélet újabb és újabb értelmezései (sokvilág, relacionista, achronotopic stb., hogy csak néhányat említsek), és a kvantumelmélet számtalan módon fonódik össze a sztochasztikus folyamatok elméletével és a termodinamikával. Disztributív ortomoduláris szigma hálón is remekül felírhatók sztochasztikus differenciálegyenletek, ezek ráadásul disszipatív kvantumfolyamatok modelljei is lehetnek.

A pontos matematikai megfogalmazás, az axiomatizálás csak az első lépés a problémák megértése, a fizikai inkonzisztenciák azonosítása felé. Egyszerű példa, ha összevetjük az állapot szó jelentését a termodinamikában és a kvantummechanikában. A termodinamikai állapot a termodinamikai testre vonatkozik a környezettől függetlenül, míg a kvantummechanikai állapot a rendszer és a környezet viszonyára, és ez megkerülhetetlen, mert valószínűségi mértékről van szó. Ez független az eseményhálótól, tehát összevetése a valósággal, klasszikus esetben, például a kockadobás esetén is jól átgondolható. Emiatt a kvantummechanikai *állapot* fogalma nagyon félrevezető, tartalma alapján helyesebb lenne mondjuk *körülménynek* nevezni (Matolcsi Tamás javaslata). Talán ez is rávilágít arra, hogy a kvantummechanika fizikai oldala még nem megértett, és ennek gyökerei milyen mélyre nyúlnak.

A tanárok legfontosabb feladata nem az információk, hanem a kérdések átadása. A jövő fizikusai, tudományos kutatói azokból lesznek, akik olyan kérdéseket kaptak tanáraiktól, amelyek megoldása életük végéig foglalkoztatja őket. Régvolt tanárok könyveiken keresztül tanítanak. Fényes nagyszerű tanár volt, ezért érdemes olvasni válogatott írásait.

A kötetben egy zavaró hibát találtam a 274–284. oldalakon a kvantumos szöveg felett a fejléc termodinamikai fejezetre hivatkozik. Ezen kívül viszont lényeges, hogy az előszóval ellentétben a bezúzott könyvben nincs irreverzibilis termodinamika, az tisztán a termosztatika axiomatikus felépítését tartalmazza. Fényesnek nincs irreverzibilis termodinamikára vonatkozó variációs elve.

Feladta vajon Fényes a kvantummechanika elemzését és fizikai újragondolását? Talán, nem tudni. Az biztos, hogy 1952 után nem publikált több cikket a sztochasztikus elméletről. Fényes talán egyetlenegyszer volt konferencián külföldön, nem volt esélye beszélni, vitatkozni kora vezető tudósaival. Illetve mégis. Werner Heisenberg

jó néhány évvel később eljött Magyarországra, állítólag azért, hogy vele találkozhas-
son. Ekkor az ELTE Elméleti Fizika Tanszékén tartott szemináriumot. A táblára felírt
egyik képletét, talán a világegyenletet, plexivel fedték le, és úgy tudom, hogy ezt a
védett tábladarabot, Heisenberg írását azóta is őrzi valahol a tanszék. Ez is egyike
Fényes Imre legendáinak.

✱

Ropolyi László – Szegedi Péter, szerk. (2025). *Fényes Imre válogatott írásai*. Budapest:
Typotex Kiadó, 336 o.

Ván Péter

az MTA doktora

HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont, Budapest

Hargittai Balázs – Hargittai István szerkesztők
Teller szerint a világ
A tudós időtálló mondásai

A magyar származású Teller Ede – a nagyvilágban Edward Teller – jelentőségét a fizika tudományában senki sem vonja kétségbe. A világ joggal tekinti őt „a hidrogénbomba atyjának”, de a fizikai kémia területén is maradandót alkotott. A fizikustársadalom viszont az Oppenheimer-ügy során tett álságos tanúvallomása után gyakorlatilag kiközösítette őt, így – miután előbb Magyarországról, majd Németországból kényszerült menekülésre – harmadszor is száműzötté vált, amit élete hátralévő fél évszázada során Teller súlyos lelki teherként viselt.

A fizikus szakma viszonyulása hozzá még a halálát követően sem változott. Recenzióknál szokatlan módon egy személyes történetet iktatok be a könyv ismertetése előtt. Bő egy évtizede jelent meg a *Biographical Encyclopedia of Astronomers* nagyszabású lexikon. A kiadványban szereplő elhunyt tudósok életrajzának megírására a szerkesztők az adott személy honfitársai közül kértek fel szakembereket. A magyar csillagászok biográfiájának összeállításával – számomra meglepő, de örömteli módon – engem bíztak meg.

Már dolgoztam a szócikkeken, amikor az összes szerző körlevelet kapott a főszerkesztőtől, benne azoknak a tudósoknak a nevét tartalmazó listával, akik életrajzának összeállítását addig senki sem vállalta. A listán pedig Edward Teller neve is szerepelt! Vegyes érzelmek közepette természetesen azonnal jelentkeztem a Teller-életrajz elkészítésére. Egyrészt örültem, hogy Teller fontos eredményei hatására fizikusként is bekerült a csillagászokat felvonultató életrajzi lexikonba (bár tevékenységének közvetlen csillagászati vonatkozása is van: a hidrogénbombában és a csillagok belsejében egyaránt a hidrogén héliummá történő fúziója biztosítja az energiát). Ugyanakkor elszomorított, hogy az életrajzok megírásában közreműködő tucatnyi vagy annál is több USA-beli csillagász és asztrofizikus közül senki sem akarta elvállalni ezt a feladatot. Mivel akkor Teller már nem élt, eszerint még a halála után is óvakodtak attól, hogy objektív módon írjanak róla.

A Teller Edéről most megjelent könyv nem az életét és munkásságát ismerteti, ezt már korábban megtette a szerzők egyike, Hargittai István akadémikus, aki két könyvet is írt róla (*Teller Ede tragédiája* [Szombathely: Berzsényi Dániel Főiskola, 2004]; *Teller* [Budapest: Akadémiai Kiadó, 2011]). Most fiával, Hargittai Balázssal együtt Teller Ede gazdag életművéből kiválogatták és kötetbe szerkesztették Teller gondolkodásmódját, felelősségtudatát, a világhoz való hozzáállását, bölcsességét, és nem utolsósorban humorérzékét tanúsító kijelentéseit. A rövid, aforisztikus idézetek – termé-

szetesen magyarra fordítva – nemcsak Teller Ede angol nyelven megjelent könyveiből származnak, akad köztük politikusokhoz vagy tudósokhoz írt levélből vett idézet, és kakukktójásként olyan megállapítások is szerepelnek, amelyek mások által Tellerről írt könyvben vagy újságcikkben jelentek meg eredetileg.

A válogatás alapossága mellett példaszerű a könyv felépítése is. A mindössze 124 oldalas, zsebkönyv formátumú mű elején Teller Ede rövid életrajza olvasható. Az azt követő fejezetekben témakörök – vagy ha úgy tetszik, szempontok – szerint csoportosítva szerepelnek az idézetek, sőt a fejezetek elején rövid összefoglalás szerepel arról, hogy Teller maga hogyan viszonyult az adott szemponthoz. Az idézetek csoportosításául szolgáló szempontok pedig a következők: oktatás-nevelés; tudomány és technológia; politika; titkosság; honvédelem; energia, energiatermelés, környezet; ember és társadalom; vallás, élet, jövő. Minden idézet után szerepel a forrás is, ahol az eredeti szöveg olvasható.

Következzék egy rövid válogatás a 150-nél is több idézetből, kedvcsinálónak a többi elolvasásához és az olvasó gondolkodásra késztetéseként.

„Jólétünk, sőt megmaradásunk is attól függ, hogyan működünk az iskolai tanteremben.”

„A legnagyobb nehézséget nem az új elképzelések elsajátítása, hanem a régi, megcsontosodott nézetektől való megszabadulás jelenti.”

„Az összes előre nem látható dolog közül a tudomány a legkevésbé előre látható.”

„A technológia gyorsabban fejlődik, mint amilyen gyorsan az emberek alkalmazkodni tudnak az új gondolatokhoz.”

„A tudomány célja az, hogy az információtömegben megtalálja az egyszerűséget és a koherenciát.”

„...tudományos haladást nem lehet kikényszeríteni. Kényszer hatására nem várhatók találmányok és eredeti ötletek.”

„Az akadémiai hagyományok szerint végzett, sietség nélküli tudományos kutatás a mai tudomány és a holnapi ipari haladás alapja.”

„Korunk veszélye az emberi konfliktus.”

„Egy kisebbség uralma csak a kisebbségnek jó.”

„Amikor az egyik országban lejátsszódó események hatással vannak egy másik országra, akkor már nem beszélhetünk nemzeti függetlenségről.”

„A történelem tele van olyan példákkal, hogy egy egészen kis esemény gyökeresen megváltoztatta a történelem menetét.”

„Oroszország még visszatérhet, ha nem is a kommunizmushoz, de az imperialista törekvésekhez.” (Ezt a megállapítást 1993-ban adta írásba Teller.)

„A titkosság nem egyeztethető össze a tudománnyal, és még kevésbé a demokráciával.”

„Nagyon nehéz nemzetközi egyezményekre jutni, és még nehezebb azokat betartani.”

„A pesszimista övet visel és nadrágtartót is. A nukleáris reaktorokban még ennél is óvatosabbak vagyunk.”

„Az összes környezetkárosítás közül a szegénység jelenti a legsúlyosabb problémát.”

„Az óramutatót vissza lehet forgatni, meg lehet állítani, de az idő kerekét nem.”

„Senki sem szolgálhat hatékonyan ugyanabban a bizottságban túl hosszú ideig.”

„A világ teremtése sokkal könnyebb volt, mint a működtetése.”

„A múltat nem tudjuk megváltoztatni, de meg tudjuk ismerni. A jövőt meg tudjuk változtatni, de nem tudjuk megismerni.”

Az olvasmányélményen túl a kis kötet másik fő erénye Teller életének fényképekkel történő illusztrálása. A családi képek mellett Teller híres tudósok és politikusok társaságában is látható a gondosan válogatott fotókon.

✱

Hargittai Balázs – Hargittai István, szerk. (2025). *Teller szerint a világ. A tudós időtálló mondásai*. Budapest: Gondolat Kiadó, 124 o.

Szabados László

az MTA doktora, emeritus kutatóprofesszor
HUN-REN CSFK Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet, Budapest

Anna-Maria De Cesare – Giampaolo Salvi szerkesztők
Manual of Romance Word Classes

A nyelvtudomány kétségkívül felnőtté vált az utóbbi évtizedekben, ha ezt azzal mérjük, hogy milyen nagy összefoglaló kiadványok jelennek meg a különféle részterületein. Mert feltehetjük, hogy egy tudomány fiatalkorát a szakcikkek és monográfiák jellemzik, amelyek kijelölik a kutatási témákat, és tisztázzák, mik az alapkérdések, amelyekre válaszokat kell adniuk, amint ez a 19. század második és a 20. század első felében történt a nyelvészetben a történeti-összehasonlító vizsgálatok során, az újgrammatikusoknál, majd a Saussure-t követő évtizedekben. Az 1950-es évektől azután egyre több tankönyv foglalta össze a sokasodó tanszékeken tanuló növekvő számú diákságnak a tudnivalókat, kiegészülve a cikkválogatásokat tartalmazó tematikus kötetekkel.

Az 1990-es évekkel vette kezdetét a nagy összefoglaló könyvek korszaka, amelyben a szakma kiemelkedő személyiségei szerződtek jeles kiadókkal, hogy változatos témakörökben felkért szerzőgárdák segítségével több száz, sőt akár ezer oldalas vaskos könyveket jelentessenek meg. Márpedig ha nemcsak ennyi hozzáértő szerző, de e monumentális referenciaköteteket forgatni is hajlandó közönség is van, akkor tudományunk az érettség korába jutott. Mondom ezt nemcsak a jelen ismertetés tárgyaként szereplő 850 oldal terjedelmű könyv olvasójaként, hanem egy kb. 5000 oldalasra tervezett angol nyelvű magyar mondattani sorozat főszerkesztőjeként is.

A drezdai egyetemi tanár, Anna-Maria De Cesare és az ELTE professzoraként nemzetközileg jól ismert Giampaolo Salvi szerkesztésében napvilágot látott áttekintés annak a 2014-ben indult sorozatnak a 36. darabja, amely összesen kb. 60 hasonló méretű kötetet fog tartalmazni, mint az újlatin nyelveket két szempontból tárgyaló vállalkozás része; egyrészt kutatási területek, másrészt az egyes nyelvek szerint sorakoznak a mindig csak egyetlen (a nagyobb újlatin, német vagy angol) nyelven írott kötetekben tárgyalva az egységes elvek szerint szerkesztett publikációkban. (A kötetről és a sorozatról lásd <https://www.degruyterbrill.com/serial/mrl-b/html>.)

A jelen kiadvány témája, a szófajok, mind elméleti, mind leíró szempontból nem csupán fontos, de érdekes kérdéskört képvisel, főleg mert problémák sorozatával kell szembenéznie a jellemzésükre vállalkozó tudósoknak: mik az alapszófajok, melyek a „kisebb” szóosztályok, hogyan lehet őket megállapítani és így tovább, egészen olyan részletekig, mint a tulajdonnevek és a köznevek megkülönböztetése, áttekintve akár

a szófajok tanának történetét is, ami egy több ezer évre visszamenőleg dokumentált nyelvcsaládban egyébként is csábító feladat.

Az elméleti bevezetést kezelhető méretű (20–30 oldalas) fejezetek követik a „nagyobb” (azaz a katalán plusz az államalkotó) nyelvek szófajairól. Itt a vitathatatlan főbb, azaz nem zárt létszámú szóosztályok (főnév, melléknév, ige, határozószó) mellett a problémát az jelenti, milyen csoportokba rendezzük a többi szót. A szerkesztői döntés néhány természetesen adódó kategórián túl (névmás, determináns, kvantor, segédige, prepozíció, kötőszó) pár további újszerű szóosztályt is kialakított, például a fókuszálókat (vö. olasz *solo*, francia *même*) vagy a modális partikulákat, utóbbiakat mintegy német/germán mintára (vö. *schon*, *doch*), mint az olasz *ben* vagy a francia *bien*. Nem szóosztályként, hanem szintaktikai-szemantikai meggondolásokból kreáltak külön fejezetet a tagadó kifejezéseknek, az egyszerű tagadószóktól, a tagadó kvantorokon át a mondattagadás kifejezéséig. Ugyancsak a kisebb szóosztályoknak szentelt részben kerül sor az igeaspektus, -mód, -idő, *Aktionsart* stb., valamint az igenevek, azaz a nonfinit formák tárgyalására, amelyeket persze szintén nem szófajként kezelnek. Az újlatin nyelvekre jellemző klitikumokat pedig hiába is keresnénk itt, hiszen ezek nem önálló szófaji kategóriák, hanem hangsúlytalan és ezért változatos elhelyezkedésű determinánsi, névmási, határozói stb. elemek, tehát ott a helyük az illetékes fejezetekben.

A kisebb újlatin nyelveket egyenként veszik sorra a szerzők, a korábbiakhoz hasonló méretű fejezetekben, így a mediterrán vidékeken beszélt okcitan, a Szardínia szigetén honos szárd, a svájci rétoromán családba tartozó romans és ladin, továbbá az észak- és dél-itáliai nyelvjárások, valamint az újlatin (francia, spanyol vagy portugál) alapú kreol nyelvek. Ez utóbbiak a nyelvészet ideális kísérleti terepei, hiszen önálló nyelvként újraalkotott, „kreált”, valódi anyanyelvek, saját fejlődési lehetőségekkel.

A negyedik, utolsó része a könyvnek a szófajoktól érintett „kötőjeles területekre” vezeti az olvasót ilyen tárgykörökben: pszicholingvisztika, alkalmazott nyelvészet, neurolingvisztika és korpusznyelvészet, és az utóbbi típusú kutatásnak egy a kötet egészétől kissé idegen kísérletes példája, a kötőszó jellegű elemek környezet alapján való osztályozása.

A szófajok tárgyalása a morfológia, a lexikon és a szintaxis metszéspontjában kell elhelyezkedjen, és a fejezetek végig figyelemmel vannak mindhárom forrásra, negyedikként a funkcionális, szemantikai motivációt is bevonva. Megbízható, következetesen felépített és valódi referenciaműként használható kézikönyvet, vagy inkább a terjedelme folytán „kétkézes könyvet” hoztak létre a szerzők és a szerkesztők. Minden fejezetet a szakirodalmi hivatkozások zárnak, a kötetet pedig tárgykörök és nyelvek szerinti index, emellett az e-kiadásban igazán könnyű bármelyik terminusra rákeresni. A kiváló tudósok által írt monumentális könyvvel szemben talán méltatlan dolog kifogásokat felhozni, de nekem hiányzik az egyes fejezetek előtt a részfejezetek felsorolása, ami mindössze 5–8 sorral növelte volna

meg a terjedelmüket, továbbá legalább a szerzők affiliációjának a listája (esetleg e-címük és munkakörük): ez csupán 39 tétel lett volna, azaz két oldalnál nem több, de implicit elismerése teljesítményüknek.

✱

De Cesare, Anna-Maria – Salvi, Giampaolo, szerk. (2024). *Manual cf Romance Word Classes*. Berlin–Boston: De Gruyter, 850 o.

Kenesei István

az MTA rendes tagja, professor emeritus
Nyelvtudományi Kutatóközpont, Budapest;
Szegedi Tudományegyetem, Szeged