

Magyar Tudomány

150 ÉVE SZÜLETETT KÖVESLIGETHY RADÓ
vendégszerkesztők: Varga Péter és Szabados László

Mit tartogat számunkra a Mars?

Akadémiai kapitalizmus Közép-Európában

A magyar grafénkutatásról

Megalakult a Túlélés Szellemi Kör

2013•I

Főszerkesztő:

CSÁNYI VILMOS

Szerkesztőbizottság:

ÁDÁM GYÖRGY, BENCZE GYULA, BOZÓ LÁSZLÓ, CSÁSZÁR ÁKOS,
HAMZA GÁBOR, KOVÁCS FERENC, LUDASSY MÁRIA, SOLYMOSSI FRIGYES,
SPÄT ANDRÁS, SZEGEDY-MASZÁK MIHÁLY, VAMOS TIBOR

A lapot készítette:

ELEK LÁSZLÓ, GAZDAG KÁLMÁNNÉ, HALMOS TAMÁS, HOLLÓ VIRÁG,
MAJOROS KLÁRA, MAKOVECZ BENJAMIN, MATSKÁSI ISTVÁN,
PERECZ LÁSZLÓ, SIPOS JÚLIA, SZABADOS LÁSZLÓ, F. TÓTH TIBOR

Szerkesztőség:

1051 Budapest, Nádor utca 7. • Telefon/fax: 3179-524
matud@helka.iif.hu • www.matud.iif.hu
Kiadja az Akaprint Kft. • 1115 Bp., Bártfai u. 65.
Tel.: 2067-975 • akaprint@gmail.com

Előfizethető a FOK-TA Bt. címen (1134 Budapest, Gidófalvy L. u. 21.);
a Posta hírlapüzleteiben, az MP Rt. Hírlapelőfizetési és Elektronikus
Posta Igazgatóságánál (HELP) 1846 Budapest, Pf. 863,
valamint a folyóirat kiadójánál: Akaprint Kft. 1115 Bp., Bártfai u. 65.

Előfizetési díj egy évre: 11 040 Ft
Terjeszti a Magyar Posta és alternatív terjesztők
Kapható az ország igényes könyvesboltjaiban

Nyomdai munkák: Akaprint Kft. 26567
Felelős vezető: Körmendi Péter
Megjelent: 11,4 (A/5) ív terjedelemben
HU ISSN 0025 0325

TARTALOM

150 éve született Kövesligethy Radó

Vendégszerkesztők: Varga Péter és Szabados László

Varga Péter – Szabados László: Bevezetés	2
Kosztolányi Dezső: Kövesligethy Radó	4
Zsoldos Endre: Az asztrofizika születése Magyarországon.....	9
Balázs Lajos György: Kövesligethy spektroszkópiai vizsgálatai	15
Petrovay Kristóf: Kövesligethy Radó és az Egyetem	21
Varga Péter – Grácz Zoltán: Kövesligethy Radó és a magyar földrengéskutatás	29
Mónus Péter – Tóth László: A magyar szeizmológiai hálózat fejlődése és jelenlegi helyzete ...	53
Wéber Zoltán: A szeizmológia szerepe a Föld és más égitestek belső szerkezetének megismerésében	65

Tanulmány

Bujtor László: A földtan központi paradigmájának, az aktualizmus elvének korlátai – avagy mit tartogat számunkra a Mars?	73
Tamás Pál: Akadémiai kapitalizmus Közép-Európában: kutatási kérdések	81
Halmos Tamás – Suba Ilona: A napi ritmus szerepe és jelentősége a klinikumban	96

Tudós fórum

Láng István – Kerekes Sándor: Megalakult a Túlélés Szellemi Kör	103
---	-----

Interjú

Hullámmó atomok – új magyar eredmények a grafén kutatásában Egyed László beszélgetése Tapasztó Leventével	113
--	-----

<i>Kitekintés (Gimes Júlia)</i>	119
---------------------------------------	-----

Könyvszemle (Sipos Júlia)

Európa elrablása 2.0 (<i>Lévai Péter</i>)	121
Magyar szerzők angol nyelven: egy fontos szakkönyv (<i>Kárpáti Sarolta</i>)	123
Szabadság, hatalom, idő 12x (<i>Fekete Mariann</i>)	125

150 éve született Kövesligethy Radó

BEVEZETÉS

Varga Péter

az MTA doktora, tudományos tanácsadó,
MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont
Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézete
Kövesligethy Radó Szeizmológiai Observatórium
varga@seismology.hu

Szabados László

az MTA doktora, tudományos tanácsadó,
MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont
Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet
szabados@konkoly.hu

Kövesligethy Radó, az MTA egykori tagja születésének 150. évfordulója alkalmából az MTA Fizikai Tudományok Osztálya és a Földtudományok Osztálya 2012. október 17-én emlékülést tartott. Ennek a rendezvénynek nem csupán az volt a célja, hogy nagy tudósunk születésének évfordulójára emlékeztessen, hanem az is, hogy hozzájáruljon ahhoz a folyamathoz, amelynek célja a magyar elméleti asztrofizika és a korszerű hazai földrengéskutatás megteremtője helyének kijelölése a legnagyobb magyar természettudósok között. Mi tagadás, Kövesligethy Radó emléke az utóbbi évek, évtizedek során elhalványult, személyét nem övezte méltó figyelem. Rá emlékező akadémiai rendezvényre legutóbb ötven éve került sor: 1963 márciusában a Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok osztálya szentelt neki osztályülést születésének 100. évfordulóján.

Ünnepeltünk a magyar tudomány világ-szerte elismert és számon tartott büszkesége, a világegyetem és a Föld belső erőinek kutatója, aki jelentősen hozzájárult mindkét tudó-

mányterület fejlődéséhez. Kövesligethy fontos szerepet játszott a csillagok színképének vizsgálatában és osztályozásában. Ez irányú munkássága az 1880-as évek közepére esik. Az elméleti spektrálemzésről írt könyve 1890-ben jelent meg. Olyan jelenséget fedezett fel az akkor huszonnyolc éves tudós – ha nem is egészen tökéletes formában –, mint egy évtizeddel később *Wilhelm Wien* német fizikus, aki nagy fontosságú eredményéért kapta meg a Nobel-díjat 1911-ben. A Wien-törvény tette lehetővé a csillagok hőmérsékletének egyszerű meghatározását. Használatával Kövesligethy korábbi eredményeihez hasonló értékek adódtak. Az elsők között ismerte fel a pulzációelmélet szerepét a csillagok fényváltozásában (1892).

Kövesligethy első szeizmológiai tárgyú munkája 1895-ben íródott. Földrengéstani kutatásainak fő vonalát ettől kezdve a műszerekkel végezhető, úgynevezett mikroszeizmus észlelések egységes elméletének kidolgozása, valamint a földrengés hatásának közvetlen megfigyelésén alapuló makroszeizmus

adatfeldolgozás megalkotása jelentette. Eljárásainak, amelyek az elsők közé tartoztak az egész világon, legmaradandóbb része volt és maradt a földrengés-fészkek mélységének pontos meghatározása. Az utóregések vizsgálata alapján 1910 körül kimutatta a hullámterjedés sebességének változása és a kőzetekben felhalmozódó feszültségek nagysága közti kapcsolatot.

Egyetemi oktatói tevékenysége a csillagászat és a geofizika oktatása mellett kiterjedt a földrajz és a meteorológia számos területére; 1905 és 1920 között harmincöt tanítványa szerzett doktorátust a geofizika, a csillagászat, a földrajz vagy a matematika területén. Kövesligethy tanítványait igyekezett tudományos pályán tartani, és belőlük nemzetközi szinten jegyzett tudósokat képezni. Tudományos tevékenységének társadalmi elismertségét jelzi, hogy hosszabb-rövidebb időre olyan kiváló kutatókat sikerült a földrengések kutatásában érdekeltté tenni, mint *Eötvös Loránd*, *Lóczy Lajos*, *Cholnoky Jenő*, *Egervári Jenő*, *Jordán Károly*, *Réthy Antal*, *Marczell György*, *Zemplén Győző*.

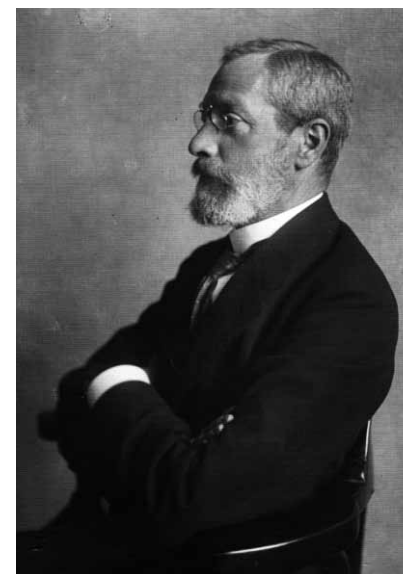
Nagy nemzetközi tudományos elismertségét jelezte, hogy 1905-ben megválasztották az akkor alakuló ISA (International Seismological Association) főtitkárául, és ezt a tiszteletet sikerült 1922-ig, a szervezet feloszlásáig meg-

tartania. Az általa irányított ISA-nak köszönhető, hogy kialakultak a szeizmológia hatékony működéséhez szükséges, napjainkig fennmaradó standardok, jelölések, adatközpontok. Az ISA főtitkáráként végzett munkáját a szeizmológusok nemzetközi közössége ma is nagyra értékeli. Ennek jele, hogy hivatalában jelenleg aktív utóda az ISA utódszervezete, az IASPEI (International Association of Seismology and Physics of the Earth Interior) főtitkára, *Peter Suhadolc* professzor (Trieszt) szükségesnek tartotta a 2012. október 17-én megtartott emlékülés résztvevőit levélben üdvözölni.

Az emlékülést követően *Pálincás József*, az MTA elnöke leplezte le az MTA Csillagászati és Földtudományi Központ Geodéziai és Geofizikai Intézet – ezen a napon Kövesligethy Radóról elnevezett – Szeizmológiai Observatóriumának új névtábláját a bejárati falon.

Cikkgyűjteményünk az emlékülésen elhangzott előadások szerkesztett változatát tartalmazza. Kedvcsinálóként előbb Kosztolányi Dezső Kövesligethy Radóval folytatott, 1925-ben lejegyzett beszélgetését adjuk közre.

Kulcsszavak: *Kövesligethy Radó*, csillagászat, színképlemezés, szeizmológia, mikro- és makroszeizmus észlelés, ISA



Kövesligethy Radó

KÖVESLIGETHY RADÓ

Kosztolányi Dezső

író, költő, újságíró (1885–1936)

Keleti hosszúság 19°, 3', 48"! Északi szélesség 47°, 29', 35"! Tehát Budapest, Thököly út. Polgári időszámítás szerint éji tizenegy óra. Éjszaka borul az utcai ákácok fehér fürtös fejére, melyek a nyitott emeleti ablakokba bekandikálnak, fölöttünk hatalmas díszletként a csillagos égbolt, alattunk a földszint, még alább a föld, mely most közel sem tetszik oly biztosnak, mint egyébkor. Dolgozószoba. Piros posztóval bevont íróasztalon villanylámpa ég, rajta egy darab papír, azon képletek, hosszú-hosszú képletek, melyeket siető kéz vetett oda tintával, mintha mi levelet írunk valakinek. Kövesligethy Radó nem messze ül a fényforrástól. Törékeny, de erős, kéneső-eleven ember, s vidám, vidám. Az alkotók vidámak. Azok ismerik a kötelesség mázsasúlyát, de könnyedén viszik, sohasem oly fáradtak, mint a közönséges emberek, kik csak tulajdon életük terhére cipelik. Rendkívül szeretteméltó, közlékeny. Mégis sohasem érzem azt, hogy valaki ennyire távol lenne tőlem, mert be van zárva számsoraiba, gömbháromszögtana köríveibe, egy tökéletes tudomány védőburkába, melynek árnyalati finomságait mi, kik csak kívülről tekintjük, nem közelíthetjük meg. Iratok, nyomtatványok. Egy levelesláda, melyben egymás mellett pihennek a XIX. és XX. század gondolkozóinak levelei, Darwin kezeírása, ki annak idején Eötvös geofizikai fölfedezése iránt érdeklődött, s

Omorinak, a japán tudósok sorai, és sok másokéi, kiket világszerte emlegetnek, mint házigazdát, kinek úttörő neve Cambridgeben és Rómában, Szentpéterváron és Sidneyben, Tokióban és Párizsban, Berlinben és Krisztiániában egyaránt ismeretes.

Ő. Kérlek, ahogy kívánod *kitárja kezét*, mindent elmondhatok. *Nem titkolózik, mint az úgynevezett „szaktudósok”, kik a latin tolvajnyelvbe burkolóznak, noha ő az igazi szaktudós, s alapvető munkáját a földrengésről latinul írta meg, mint a humanisták, hogy az egész világ olvashassa. De készsége zavarba hoz, mert eszembe jut, hogy a csillagászatból ma már aligha tudnék jelesen érettségizni.*

– *A nemzetközi geofizikai intézet, mely a háború előtt alakult...*

Ő, gyors kézmozdulattal. Megszűnt. Itt vannak köpcös, francia nyelvű köteteket emel az asztalra, a mi kiadványaink. Mind Budapestben nyomták. Erre büszke vagyok. De a háború lehetetlenné tette az együttműködést. 1922 április végén találkoztunk Strasbourgban, utoljára, akkor fölszámoltunk.

– *Még a szeizmológiai társaság sem bírta ki a háború földrengését?*

Ő. Belgiumban már a háború alatt mozgalmam indult, hogy a központi hatalmakhoz tartozó minden tudóst ki kell zárni minden tudományos egyesületből, s azt az antant tudóst, ki velük foglalkozik, pellengérré kell

állítani. A helyzet kezdettől fogva reménytelen volt. Brüsszelben ugyan a svájci képviselő – a kanadai és norvégiai támogatásával – azt ajánlotta, hogy folytassuk nemzetközi munkánkat, úgy, mintha mi sem történt volna – hiszen a tudomány, melyet szolgálunk, egy –, de indítványát a csupa előkelő tudósokból álló gyülekezet harminc szavazattal három ellenében leszavazta. Mi erre átadtuk a központi intézet bútorait, könyvtárát, műszerparkját, azután a társaság menten összeült Rómában más név alatt – Union Internationale Géodésique et Géophysique –, de ide minket már nem vettek föl, noha az ülés napirendjének egyik pontja az volt, hogy az én elméletemet vitatták. Ma már a hangulat enyhül. Különösen az olaszok kardoskodnak mellettünk. Az Aci Reale, egy 1619-ben alakult tudományos társaság, 1915-ben a háború alatt, választott tiszteleti tagjának. *Nézem az oklevelet, melyet összegyűrt, elrongyolt a háborús posta, rajta hagyva a világtérboly nyomát.*

– *Úgy tudom, magad is Itáliában születettél. Rómeó és Júlia városában, Veronában.*

Ő. 1862-ben Verona még osztrák. Az édesapám mint katonatiszt itt állomásozott, én pedig hamar elkerültem onnan. De az olasz nyelv bennem ragadt, az öntudatom alatt. Nemrégiben Nápolyban valaki kiejtéséről – fogalmam sincs, hogyan – észrevette, hogy veronai vagyok. Mindenesetre bírom annyira a nyelvet, hogy előadásokat tarthatok.

– *És a franciát, az angolt, a németet, meg ugye – mellesleg a latint, a görögöt?*

Ő. Azon csak egy ódát írtam. De azt sohasem olvassátok. Fiókomba zártam, egy színdarabbal együtt.

– *A.*

Ő. Csak az én dolgaimról. A szférák zenéje. Az első rész: Pythagoras, a szám, a második Ptolemaeus, a harmadik *Kepler*, de csak

az első két törvénye, utána tízéves intermezzo, hol megmutatom, hogy függ össze az anyag és mozgás, aztán Linz, a három törvény, Kopernikus... Erkel Gyula elvitte magával, zenét írt hozzá. Muzsikát, a szférák zenéjéhez. *Megtömi pipáját, rágyújt.*

– *Gyermekkorodban is írtál?*

Ő. Nem. Akkor már asztrológus voltam. Én már második gimnazista koromban így kiáltottam: „Csillagász leszek”. Pozsonyban jeles tanárom volt, Dohnányi – a mi Dohnányink apja –, az gerjesztett bennem kedvet. A másik döntő élményem ez: Augsburg mellett egy püspöki könyvtárban – anyai nagybátyám pap volt – kezem ügyébe akadt egy pergamenbe kötött fóliás, mely két üstökösöt ábrázolt. Megbabonázva néztem kisfiúszemmel az égi karambolt. Bennem pedig egy hang szólalt meg: „Lopd el”. Először éreztem kísértést a lopásra, és hogy nem loptam el, ma is bánom. Mert később a könyvtárt elszállították, de a kódex, melyet úgy áhítottam, a két üstökös, mely oly sokáig izgatta képzeletemet, elkallódott. Nyilván sajtópapírosnak használták. Későbbi állomásaim? Bécs. H. C. Vogel, asztrofizika. Innen Potsdamba hívtak, de én hazajöttem, Ógyallára, Konkoly-Thege mellé.

– *A csillagokhoz hűtelen lettél. Ma csak a „vak csillag”-ot szereted, a Földet.*

Ő. Ennek is az olaszok az okai. 1895-ben Ischia szigetén egy tudóstársaság arról beszélt, hogy a földrengéssel alig foglalkoztak még szakszerűen. Ez adta meg az első lökést. Aztán a messinai szerencsétlenség, melynek százhuszezren estek áldozatul, még inkább erre felé terelt, évekig töprengtem, nem lehetne-e a föld katasztrófáit előre látni, megjósolni. Tudományosan valóban lehetséges két határt felállítani: a földrengés terjedési sebessége csökken, ha az illető helyen feszültség lép föl.

De gyakorlatilag a határvonás bajos, sohasem tudni, mikor ér véget egy hullám. *Egyik könyvéből rajzot mutat, mely a kardiogramhoz hasonlít, a szív görbéihez, s olyanféle képletet, mely annyi fejtörést okoz szegény diákoknak.* Ez az ábra azt jelenti magyarul: sokkal könnyebb megállapítani, hogy valahol földrengés – volt, mint azt, hogy valahol földrengés – lesz. *Mósohyog.* Különben is egy Cambridge-i barátom okosan nyilatkozott erre vonatkozóan. Ha a meteorológus vihárt jósol, és nem lesz vihar, akkor az emberek legfőllegb vállukat vonják. De a mi profétálásunkból, akár beteljesednék, akár nem, baj származna, százerek, milliók ijedelmé.

– *Micsoda tehát maga a vizsgálódás tárgya?*

Ő. A földgolyóról keveset tudunk. Sok ezer év óta itt a kérgén mozgunk mi, emberek, de belső mi voltát csak föltevésekből sejtjük. Eddig csak két kilométerre hatolhattunk mélyébe, fúrók, aknák segítségével. Mintha tulajdon testünket sohasé láttuk volna belülről, csak kívülről, mintha nem végezhetünk volna rajta műtétet, mintha még nem boncolhattunk volna, s az orvos, ki gyógyítja, pusztán arra lenne kényszerülve, hogy túvel szúrja meg a bőrt, s a belőle kibuggyanó vércsöppecskéből következtessen arra a mozgalomra, mely benne végbemegy, a szív működésére, a tüdő, máj, vese, lép munkájára: hasonló helyzetben voltunk mi, csillagászok, kik nem szállhattunk le titkaiba, és az egyetlen bolygót, mely szinte kezünk között volt, a Földet, mely szállást ad nekünk, nem tártuk föl. *Izgatottan.* A földrengés pedig erre alkalmat adhat.

– *Szóval a mélységek zivataraiából következtetünk a Földre. Az orvostudomány is ezt művelte annak idején. Beteg szervezetünk zavaraiából állapította meg az egészséges szervezet törvényeit, az élettan sok fontos tételét. Amikor a termé-*

szet lázong, egyensúlya megbomlik, sok rejtélyét fölfedi. Lázasan-részezen őszintébb hozzánk, mint józan korában.

Ő, *egyre sebesebben.* A kérdés egyszerű. A kutató szenvedélyével. Tehát ez a gondolatmenet. *Sohase mondja, hogy övé.* Valamilyen szilárd testben való lökés hosszúsági s keresztvénnyel már ismerjük, s így a hullámok sebességéből kiszámíthatjuk a kéreg rugalmasságát, sűrűségét, a hullámokat a fősugár eredeti pontjából követhetjük oda, hová fúró és akna nem érhet, a Föld középpontjáig. Az a fontos, hogy a vizsgálódó *ismét nem mondja, hogy ő,* minél kevesebb föltevéssel éljen, s ha ezt keresztülviszi, a problémát megoldotta. Láta a Föld belsejét, anélkül, hogy láta volna, megismeri, éppoly biztosan, mintha ott járt volna. *Ebben a pillanatban a tudós, a számok, képletek embere, egy fantasztikus utazónak rémlik, ki nem messzeségbe utazik, az Északi-sarkra, nem is magasságba, repülőgépen, a híg levegőbe, hanem a szilárd földbe fúrja búvárféjét, innen az íróasztal mellől, s ott, a dantei pokolban, az igaziban, a Föld poklában horgonyt vet.*

– *Mikor fejeződhet be ez a kutatás?*

Ő. Újabban megint ezzel foglalkozom. Pihenni szeretnék, de, *nevet,* nem rajtam múlik. Egy év múlva, azt hiszem, elkészülök. Jó nyomon vagyok. Most gyönyörű biztonsággal menni fog. Nem, nem könyv. Csak vékonyka füzet. A mi munkánk olyan, hogy évekig, évtizedekig dolgozunk, aztán pár sort írunk.

– *A földrengés tan tulajdonképp fiatal tudomány. Fiatalabb, mint te, professzor úr. Hiszen te teremtetted meg.*

Ő *tiltakozik.* Azt nem lehet mondani. Már 1857-ben kezdődött az első tudományos vizsgálat, a nagy nápolyi földrengés idején. Ekkor lerándult oda Robert Mallet angol mérnök, ki – műszerek nélkül – figyelte az ellökött

földdarabok, a kerti bejárókról leguruló, roszszul odacementezett kőgolyók elgurulását, s abból állapította meg a földrengés irányát.

– *Magyarországra nézve mi a kórjósolatod?*

Ő. Nálunk a Nagy-Alföld peremén mindig voltak, lesznek földrengések. Sohasem túlságosan erősek, de állandóan várhatjuk. Itt a talaj már „megállapodóban” van, nem kell félnünk, a szilárdul épített, cementes házak állják. Csak idegrendszerünk viseli el nehezen. Egerben hallottam a földrengés kárvallottjaitól, milyen riadalmat okozott az emberekben, nem is annyira maga a rengés, mint a földalatti moraj. Frontviselt katonák, kik évekig álltak srappellzáporban, pergőtűzben, vallották, hogy a háború zenebonája semmi ahhoz képest, mikor a Föld egyszerre elbődül. Különben az egri földrengés éjszakáján, mikor még itthon voltam, s itt már híre futott a katasztrófának, úgy tíz órakor felszólított telefonon egy úriember, ki egy ötemeletes bérházban lakik. Megkért, hogy fogadjam. Eljött hozzám. Nagyon félt. Sokáig beszélgettünk. Nekem kellett őt megnyugtatom.

– *Professzor úr, te magad milyen földrengéseket éreztél?*

Ő. Egyet sem. Soha, soha. Mindig kikerült. Kergettem, de ő elszökött előlem. A két nagy kecskeméti földrengés idején, 1908-ban és 1911-ben, épp külföldön tartózkodtam. Brüsszelben és Skóciában. A brüsszeli meg a skóciai műszereken láttam a magyar földrengést. Láttam, de nem éreztem. Bolognában egy este szeizmológusokkal vacsoráztam, s csak vacsora után hallottuk, hogy megindult alattunk a föld. Nem vettük észre. Aztán utána utaztam. Mikor a Vezúv háborgott, tüzet-lávát okádott, felmásztam rá, hátra feküdtem, lehasaltam, hogy dobáljon, rengessen-ringasson. Nem akart. Azért se akar. *Majdnem szomorúan.* Nincs szerencsém. Szél

remegteti az ablakot, kitekintiünk az égre, hol más lámpák lobognak.

– *A mai csillagászat milyen nyomon halad?*

Ő. Az állócsillagokkal foglalkoznak, főképp a statisztikai tudományt használják föl, melynek az égen, hol annyi szám van, nagy szerep jut. Einstein új elméletét erjesztő kovásznak tekintem. Hogy milyen axiómát fogadunk el a fizikában, az euklideszit, mely szerint a világmindenség végtelen, vagy az einsteinit, mely szerint a világmindenség véges, az tisztán rajtunk múlik, ez gyakorlatilag nem dönthető el, de Einstein gondolata, melyet bedobott a tudományba, tovább fog erjedni és gerjedni másokban is.

– *Bocsánatot kell kérnem ezért a kérdésért, de minden ember műkedvelő csillagász – joga is van hozzá, mert amint mondják, mindenki az Univerzum Polgára –: mit szólsz Goddard holdrakétájához, mellyel a holdbelieknek akar üzenni, az amerikai milliárdos s a franciák kísérletéhez, kik a Mars-lakóknak a Szahara sivatagján a Püthagorasz tételét rajzolják föl mérőföldes vonalakkal? Vajon sikerülhet-e egyszer, valamikor kitörni a földi rabságból, sikerülhet ez a szidenális geometriai levelezés?*

Ő. A Marsban lehetnek is emberek, *vállat von,* meg nem is. De mért képzeljük azt, hogy olyanok, mint mi? A geometriai emberi tudomány pár tapasztalati tényen alapul, mely oly régi, hogy szinte axiómának érezzük. De bizonyos vagyok, hogy a légynek, melynek szeme nyolc oldallapocskából áll, más a geometriája, mint az enyém, másképp lát, mint én. Ha feketekávés findszám átlátszó peremén szemlélem ezt a négyszögű ablakot, oválissá válik. Az idegen csillagok lakói sem érthetik meg a geometriai ember nyelvét. Múltkor felhoztak hozzám egy gyönyörű vízfestményt, melyet egy spiritisza médium festett delejes álmában a hold növényeiről,

állatairól. Botanikus és zoológus barátaim elé tettem, s azt kérdeztem, látnak-e rajta egyetlen kocsánt, egyetlen fejet vagy fület, mely ismeretlen lenne? Egy sem volt ilyen. A részek összeczagyválódtak, visszasan kicserélődtek, de az egész innen volt, mitőlünk. Minden fantasztikum szegényes, mert emberi. Antropomorfizmus...

Hazafelé menet a tudós arcára gondolok, megindítóan egyszerű dolgozószobájára, mely a tudomány fényforrása. Hallgatom lépteimet.



Kopognak az aszfalton. Bámuló figyelemmel nézem a csillagokat, melyeket megszoktam, mint ruhámon a gombokat. Mily messze van tőlem a Sirius? Hát a Herkules csillag? Hazáig csak egyórás séta. Potomság. Gyalog bandukolok. Máskor bizonyára kocsira szállottam volna.

Pesti Hírlap, 1925. május 24.

Forrás: Kosztolányi Dezső (1977): *Egy ég alatt*. Szépirodalmi, Budapest, 43-49. <http://mek.oszk.hu/05500/05546/05546.htm#9>

AZ ASZTROFIZIKA SZÜLETÉSE MAGYARORSZÁGON

Zsoldos Endre

PhD, tudományos főmunkatárs,
MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont
Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet
zsoldos@konkoly.hu

Az asztrofizika kialakulása és első eredményei

Évezredek óta a csillagászok csak az égitestek látható fényét tudták megfigyelni. Így a csillagoknak is csak a pozícióját mérték, illetve a fényességét becsülték. A mérési pontosság növekedésével nagyszerű eredmények születtek. Ez a 19. század első felében érte el tetőpontját, amikor Friedrich Wilhelm Bessel 1838-ban sikeresen megmérte a 61 Cygni parallaxisát. Ez az eredmény a csillagászati műszerek adott fejlettségi szakaszában várható volt, amit jól mutat, hogy hónapokon belül két újabb csillag távolságát határozták meg: a Vegáét (α Lyrae) Georg Wilhelm Struve, míg az α Centauriét Thomas Henderson. Úgy tűnt azonban, hogy ezzel a csillagászat el is érte teljesítőképességének határait.

„Tudjuk, hogy határozhatjuk meg alakjukat [ti. az állócsillagokét], távolságukat, tömegüket és mozgásukat, de sose tudhatunk meg bármit is kémiai vagy ásványi összetételükről.” Ez volt Auguste Comte, a pozitívista filozófia megalapozójának véleménye 1835-ben.

Huszonöt évvel később azonban gyökeresen megváltozott a helyzet. Gustav Kirchhoff és Robert Bunsen heidelbergi kutatásaikkal megalapozták a spektroszkópiát. Kirchhoff

maga már a Napot vizsgálta spektroszkópjával, és hamarosan követői is akadtak: kialakult az *asztrofizika*.

Először csak a fényesebb objektumokat tudták vizsgálni: bolygókat, egyes csillagokat. Ahogy nőtt az észlelt csillagok száma, felmerült az osztályozás lehetősége, illetve szükségessége. A nevezetesebb rendszereket Angelo Secchi és Hermann Carl Vogel alkották meg, majd a század végén ezeket felváltotta a Harvard Observatóriumban létrehozott Henry Draper-katalógus klasszifikációja.

A csillagok osztályozása felvetette a kérdést: mi lehet a kapcsolat a különböző spektráltípusok között. A nyilvánvaló válasz az volt, hogy a csillagok nem állandóak, hanem fejlődnek, és a különböző evolúciós fázisokhoz más-más színkép tartozik. A csillagok evolúciójának lehetősége azonban nem ekkor merült fel először, már 1805-ben komolyan foglalkozott a kérdéssel Edward Pigott angol amatőr csillagász. A színképelemzés segítségével lehetőség nyílt arra, amit Pigott még nem tudott: a csillagokat spektrumuk szerint olyan sorrendbe lehet elhelyezni, amely feltételezett fejlődési útjukat mutatja.

A változócsillagok kutatásában is fontos változások következtek. Az addig általánosan

elfogadott, s minden változásra alkalmazott foltmodell helyett más elméleteket javasoltak. Vogel megmutatta, hogy az Algol (β Persei) kettőscsillag, így rögtön adódott a fedés mint a változás lehetséges oka. Hasonlóan, az 1866-ban megjelent új csillag, a T Coronae Borealis színképének megfigyelése új mechanizmus feltételezéséhez vezetett (lásd lentebb).

Kik voltak azok a csillagászok, akik ezekkel a témákkal foglalkoztak? Talán nem annyira meglepő módon főleg amatőrök, mégpedig jómódú, gazdag amatőrök. Ők rendelkeztek megfelelő anyagi eszközökkel ahhoz, hogy új, a spektroszkópiához alkalmas műszereket fejlesszenek, és azokat a bolygók és csillagok megfigyelésére használják. A professzionális csillagászok döntő többségének ebben az időben is a minél pontosabb pozíciómérés, a megbízható efemerisek előállítása volt az elsődleges feladata. Nem volt sem idejük, sem lehetőségük olyan új dolgokkal kísérletezni, mint a spektroszkópia csillagászati alkalmazása. Ez az állapot lassan megváltozott, egyre több képzett csillagász kezdett asztrofizikával foglalkozni (például a már említett Secchi és Vogel). A műszerek előállítása egyre drágább volt, az amatőrök kezdtek lemaradni a versenyben. A századfordulóra aztán az asztrofizika teljesen beilleszkedett a csillagászatba. Államilag támogatott kutatóintézetek létesültek professzionális kutatókkal (Lankford, 1981).

A csillagászat magyarországi helyzete

Hazánkban a csillagászatot súlyos csapás érte 1831-ben. A gellérthegyi csillagda igazgatója, *Tittel Pál* halálával gyakorlatilag megszűnt a csillagászat Magyarországon. A csillagda műszerei lassan elöregedtek. Buda 1849-es ostroma sok kárt okozott az épületben és a berendezésekben. *Ferenc József* pedig megadta a csillagászatnak a kegyelmezdöfész azzal, hogy

a csillagda helyén felépíttette a Citadellát. A csillagászat háttérbe szorulása, majd megszűnése azonban nem jelentette azt, hogy a hazai közönséget ne érdekelték volna a tudomány eredményei. Lelkesen olvasták a híreket akár John Herschel állítólagos felfedezéseiről a Holdban, akár az 1866. évi, az Északi Koronában feltűnt új csillagról szóltak. A folyóiratok rendszeresen beszámoltak az újdonságokról, és az 1860-as évektől kezdve egyre több ilyen témájú könyv is megjelent.

Nem meglepő tehát, hogy a frissen megszületett asztrofizika is gyorsan a magyar közönség tudomására jutott. *A Budapesti Szemle* már 1862-ben beszámolt róla (Szabó, 1862): „A természet philosophiája váratlan eredményekkel gazdagodott, egy vegyész és physikus egyesített nyomozása következtében. Eddig a meteoritek csak magok voltak bizonyosságai annak, hogy az általunk lakott planétán kívül is ugyanazon anyag található; 1860. óta folyamatban vannak olyan tanulmányok, melyeknél fogva az emberi ész túl tévén magát a közvetlen érintkezés szükségén, mi eddig lényeges feltét volt az elemzéseknél, magok az égi testek alkatrészeinek kipuhatólásához fogott, sőt az befejezett ténynek tekinthető. ... Ezek [ti. állócsillagok] színképében az igaz, hogy meg van a hét főszín, de a sötét sugarak másképp felosztvák; erre nézve minden álló csillagnak megvan az ő sajátosága, és ezekre támaszkodva, e roppant távú világokban tán osztályozást lehetne megkísérteni.”

A továbbiakban is követték az új tudomány fejlődését, és az új, érdekes eredmények mindig megjelentek magyarul is (Kondor, 1866): „Pater Secchi-nek az α Orionis állócsillag vonaldús színképének rajzbani közlésére Huggins és Miller azon nevezetes körülményre jöttek, hogy jelenleg (1866.) az α Orionis színképében bizonyos vonalcsoporthiányzik,

a melyet ezelőtt határozottan észleltek. Az említett észlelők ezen sajátoságos változást az állócsillag színképében a csillag színének és hatályosságának változékonyságával hozzák összefüggésbe. A színváltozás pontosan azokkal egyezik meg, a melyek azon színek jelen nem léte által a színképben előidéztenének, melyek az említett sötét vonalcsoporthiány által gyengítettnek.”

Az 1866. évi új csillag (T Coronae Borealis) kapcsán ismertették az új elméletet is (Ábel, 1870): „Mindezeket összevetve [ti. kétféle színképet figyeltek meg], föl kell tennünk, hogy a szóban forgó csillagon valamely hirtelen s nagy erőszakosan kitört forradalom következtében roppant mennyiségű hidrogén gáz fejlődött; ez más elemmel vegyülve meggyuladt, lángba borítá az égi testet és izzó tömegét még inkább áthévíte. Elfogyván lassanként a hidrogén, a lángok hatályossága is csökkent, a csillag mindinkább kihűlt és elhalványodott.”

Nemcsak a tudományos vagy ismeretterjesztő folyóiratok foglalkoztak a témával, hanem a sajtó populárisabb része is. A spektroszkópia ismertségét jól mutatja, hogy a *Borsszem Jankó* szerkesztője úgy gondolta 1876-ban, hogy egy színképekkel kapcsolatos humoros hír megértése az olvasóknak semmi nehézséget nem okoz: „A színkép-elemzés legújabb haladása azon kitűnő spectrum volt, melyet a meiningeni csillagda igazgatója Chronéck Brutus gyapjú-utczai sátrába bele elemzett; a spectrum egy emberből és egy sugárból állván, bizonyos, hogy Caesar szerencsecsillagán, melynek ez spectrumba volt, emberek és sugarak fordulnak elő.”

Az 1880-as évek elején pedig megjelent az első könyv a spektroszkópiáról. Egy nagybecskereki (később kolozsvári) fizikatanár, *Szathmári Ákos* írta. Már akkor sem volt egyszerű

egy ilyen témájú könyvet megjelentetni: „Nem panaszkodás, csak mentség gyanánt említem föl, hogy munkám számára kiadót nem találtam, mert 'a mű tárgyánál fogva nemcsak nem számíthat kellő kelendősegre, de kiadása biztos veszteséget von maga után' – írta a fölszólított kiadók egyike.” (Szathmári, 1882).

A könyv (*A Spectralanalysis és alkalmazásai*) a fizikai bevezetés után hosszasan ismerteti a csillagászati spektroszkópia eredményeit. Nem szolgálai módon másol egy német eredetit, hanem, ahol csak lehet, a magyar eredményeket emeli ki. Így tehát 1882-re már magyar eredmények is születtek, érdemes megnézni, hogy ezeket kik érték el.

Az asztrofizika úttörői Magyarországon

A magyar csillagászat újjászületésében *Konkoly Thege Miklósnak* vannak felülmúlhatatlan érdemei. Konkoly a berlini egyetemen tanult csillagászatot, és hazatérte után ógyallai birtokán saját kedvtelésére egy kis csillagdat szerelt fel. A hobbi hamarosan komolyabbá vált, nemzetközileg elismert eredményei miatt fiatal külföldi kutatók is szívesen töltöttek egy-két évet Ógyallán. Ezek közül érdemes kiemelni *Hermann Koboldot*, aki később évtizedeken át a nagy hírű *Astronomische Nachrichten* szerkesztette. Élete végéig szeretettel emlékezett az Ógyallán töltött időre.

Konkoly Thege nemcsak vásárolt műszereket, hanem épített is. Észlelési programját a kezdeti naprendszerbeli objektumok mellett hamar kibővítette csillagok megfigyelésével is. A külföldi csillagászok után hamarosan magyar észlelője is lett *Kövesligethy Radó* személyében.

Kövesligethy a bécsi egyetemen tanulta a csillagászatot, és nyaranta Ógyallán segített Konkoly Thegének az észlelésekben. Eleinte

rutinfeladatai voltak: napfoltok, meteorok megfigyelése. Mivel erősen érdeklődött az asztrofizika iránt, az ilyen munkákba is hamar bekapcsolódott. Foglalkozott a csillagok színének becslésével, lehetséges változásával, majd a színeképek osztályozásával is. És természetesen a bécsi egyetemen megkezdett elméleti kutatásait is folytatta Konkoly Thege támogatásával. Kövesligethy világosan látta a spektroszkópia fontosságát a csillagászatban (Konkoly, 1883a): „A csillagoknak spectroscoppal való rendszeres észlelete újabb keletű eszme, és mégis lehet már a nyert eredményekből következtetéseket vonni, melyek talán még nem bírnak a természettörvények erejével, de melyek megközelítik a valóságot.”

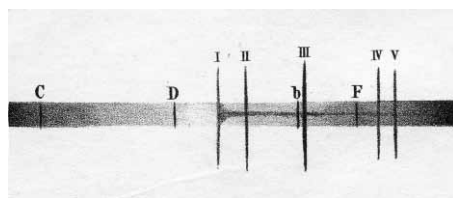
Konkoly Thege több hazai csillagvizsgáló elindításánál segédkezett. Ilyen volt *Gothard Jenő* herényi birtokos magáncsillagdája, amelyet 1881-ben alapított. Gothard nemcsak a spektroszkópia iránt érdeklődött, de egyik úttörője volt a csillagászati fotográfiának is. Az észlelésekben időnként testvére, Sándor is segített.

Kalocsán *Haymald Lajos* érsek alapított csillagvizsgálót. Itt külföldi igazgatók után, 1885-ben *Fényi Gyula* jezsuita csillagász vette át az irányítást, és fejlesztette a Nap kutatását nemzetközi szintre. Évtizedeken keresztül gondosan figyelte a Nap felszínét, lerajzolva a jelenségeket.

Az asztrofizikai kutatások

A Naprendszeren belül főleg üstökösöket és meteorokat figyeltek meg, és vizuálisan ezek nem voltak egyszerű észlelések. Az üstökösök színeképe a szénhidrogénekéhez hasonlított (1. ábra), míg a meteorok esetében Konkoly Thege nátriumot és magnéziumot is talált. 1882-ben így számolt be eredményeiről (Konkoly, 1882b):

„Az előtüntettekből látható, hogy az üstökösök kémiai consistenciája okvetlen a szénnek összeköttetésein fordul meg, s ha az egyes üstökösök spectrumainak megfigyelésénél mindannyinak egész súlyt adunk, úgy azt illetőleg a szénhydrogén, és a szénoxydhoz hasonlíthatjuk össze, bár akkor semmiféle észlelési hibát sem szabad feltételezni, a mit őszintén megvallva, e delicat megfigyelésnél nem tudnék plausibilisnek tartani. Ha azonban az összes megfigyelt üstökösspectrumot egy középértékké vonjuk össze, mindegyiket a kellő súlylyal kezelve, úgy mindkét szénvegyülettel lehet dolgunk egyszerre, a mi előttem a legelfogadhatóbb volna.”

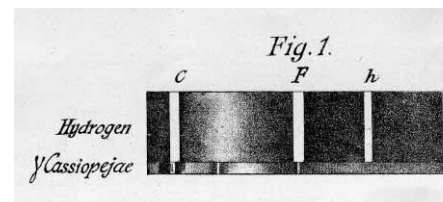


1. ábra • Az 1881. IV üstökös színeképe (Konkoly 1882a).

Ezek az eredmények nemzetközileg is érdekesek voltak, rendszeresen hivatkoztak rájuk a csillagászati folyóiratokban és a nagyközönségnek szóló magazinokban is.

Természetesen a csillagokat is sokat figyelték. Konkoly és Gothard is foglalkozott érdekesebb objektumokkal, mint például a β Lyrae vagy a γ Cassiopeiae (2. ábra). A színeképek leírását rendszeresen publikálták, kitérve az érdekesebb jelenségekre. Ilyen volt a periódicitás felfedezése a β Lyrae spektrumában (Gothard, 1885).

Ebben az időben terjedt el a csillagok színeképeinek osztályozása. Először Secchi, később Vogel alkotott rendszert, ez utóbbit vették át a hazai észlelők. Konkoly Thege első



2. ábra • A γ Cassiopeiae spektruma 1882-ben (Konkoly, 1883b)

kísérlete 1877-ben jelent meg, ekkor 160 csillag Vogel-féle színeképtípusát közölte.

A nagy munka azonban csak később következett. A Potsdamban megjelent spektrálkatalógust szándékoztak kiterjeszteni a déli égboltra -15° deklinációig a 7,5 magnitúdónál fényesebb csillagokra. Kövesligethy Radó végezte a megfigyeléseket kilencven éjszakán át 1883 és 1886 között. Minden csillagot igyekezett legalább kétszer megfigyelni, és ha e két eredmény ellentmondott egymásnak, akkor Konkoly Thege újabb észlelése döntött. Végül 2022 csillag színeképtípusát közölte Konkoly Thege az ógyallai kiadványban (Konkoly, 1887), s noha az ő neve alatt jelent meg a katalógus, az előszóban világossá tette, hogy Kövesligethy munkájáról van szó.

A katalógus nagyon sikeres volt. Összehasonlítva a potsdami előzményével azt találjuk, hogy a közös csillagok esetén az egyezés általában jó, bár Kövesligethy néhányszor hajlamos korábbi típust adni.¹ A spektroszkópusok rendszeresen használták, s hivatkoztak rá. Sajnálatos, hogy igen rövid volt hasznos élete, 1890-ben már megjelent a Henry Draper-katalógus első változata, és a harvardi osztályozás kiszorította Vogelét.

Mivel a csillagokkal nem lehet kísérletezni, igen nagy jelentőségűek az asztrofizikában

¹ „Korábbi” színeképtípus ugyanazt jelenti, mint ma: a Vogel-féle osztályozásban ez például IIa helyett I-IIa.

a változócsillagok. Hazai megfigyelőink se hanyagolták el őket. Rendszeres vizuális megfigyeléseket *Friedrich Schwab*, a kolozsvári egyetem mechanikusa végzett. Az 1885-ben az Androméda-ködben megjelent „új csillagot” (egy szupernóvát) azonban már mindenki észlelte, Konkoly Thegétől kezdve Gothard Jenőig. Gothard Jenő az 1892-ben az Aurigában megjelent nóvát is megfigyelte, és színeképet a planetáris ködökéhez hasonlított (Gothard, 1892): „...a spektrum nemcsak hasonló, hanem a vonalak helyzete és megjelenése alapján azonos a planetáris ködökével. Más szóval, a csillag planetáris köddé változott.”

A csillagok fényének változását elméleti úton vizsgálta Kövesligethy Radó. Összekötve a fényváltozást a színeképváltozással próbálta meg az ismert mechanizmusokat egy-egy változócsillag-típushoz kapcsolni. Konkoly Thegével megpróbálták megfigyelésekkel is alátámasztani Kövesligethy állításait, de a túl nagy észlelési hiba miatt hamar feladták ezeket a próbálkozásokat (Konkoly, 1885).

Kövesligethy további elméleti kutatásairól Balázs Lajos e cikkgyűjteményben részletesebben is beszámol. Még annyit érdemes megemlíteni, hogy Kövesligethy az egyik első csillagász volt, aki felismerte a pulzációelmélet jelentőségét a csillagok fényváltozásával kapcsolatban. Mint írta (Kövesligethy, 1892): „Minthogy e lüktető mozgás közben... a hőmérséklet váltakozóan fogy és nő, valószínű, hogy e gömb nagy távoból nézve a változó csillag hatását tenné, s viszont lehetséges, hogy sok változó csillagnak fényváltozása erre az okra vezethető vissza.”

Konkoly Thege sikeres könyveket is kiadott, köztük a spektroszkópiáról is (Konkoly, 1890). Hasonlóan, Kövesligethy is kiadott egy könyvet (Kövesligethy, 1890), amely a spektroszkópia matematikai alapjaival kapcsolatos

eredményeit tartalmazta. Ezeket külföldön is kézikönyvként használták a kutatók.

Összegzés

Az asztrofizika Magyarországon az 1870-es években, Konkoly Thege Miklós ógyallai magáncsillagdjában született. Az ő kitartó és eredményes munkájának köszönhetően híre külföldre is eljutott, és esetenként külföldi csillagászok is dolgoztak nála. Példája és rábeszélőképesége nyomán egyre több csillagdat alapítottak hazánkban, amelyek közül több – Kalocsa, Herény – szintén komoly nemzetközi hírnévre tett szert. A hazai asztrofizikusok nemzetközi szinten is jegyzett munkát végeztek. Cikkeikre rendszeresen hivatkoztak, nemzetközi társaságok (Royal

Astronomical Society, Astronomische Gesellschaft) tagjai voltak.

A kialakulás Magyarországon úgy zajlott, mint a világban általában. Tehetős amatőrök (Konkoly Thege, Gothard) voltak a főszereplők, akik, amíg anyagi eszközeik lehetővé tették, igyekeztek állni a versenyt a külfölddel. Ám nekik sem (és a külföldi amatőröknek sem) volt esélyük versenyre kelni az állami intézetekkel. Konkoly Thege ezt már a 80-as években felismerte, s végül 1899-ben a magyar államnak adományozta obszervatóriumát. Ez a modern kori magyar csillagászat kiindulópontja.

Kulcsszavak: *asztrofizika, Kövesligethy Radó, Konkoly Thege Miklós, csillagásztörténet, csillagászati spektroszkópia, változócsillagok*

IRODALOM

- Ábel Károly (1870): A színek elemzése. *Természettudományi Közöny.* 2, 311–333. • http://epa.oszk.hu/02100/02181/00062/pdf/EPA02181_Termeszettudomanyi_kozlony_1870_311-333.pdf
- Gothard (Jenő) Eugen von (1885): Die periodische Veränderlichkeit des Spectrums von Beta Lyrae. *Astronomische Nachrichten* 111, 161–164. • <http://articles.adsabs.harvard.edu/full/1885AN...111..161V>
- Gothard (Jenő) Eugen von (1892): On the Spectrum of the New Star in Auriga, as Compared with the Spectrum of Planetary Nebulae. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society.* 53, 55–57. • <http://adsabs.harvard.edu/full/1892MNRAS...53...55V>
- Kondor Gusztáv (1866): Az égi testek színek elemzéseinek újabb eredményeiről. *A Királyi Magyar Természettudományi Társulat Közönye.* 6, 135–143.
- Konkoly Miklós (1882a): Astrophysikai megfigyelések az ó-gyallai csillagvizsgálón. *Értekezések a matematikai tudományok köréből.* 9, 1.
- Konkoly Miklós (1882b): Az üstökösök vegytani alkotása. *Értekezések a math. tudományok köréből.* 9, 8.
- Konkoly Miklós (1883a): Astrophysikai megfigyelések az ó-gyallai csillagvizsgálón 1882-ben. *Értekezések a matematikai tudományok köréből.* 10, 2.
- Konkoly Miklós (1883b): Astrophysikai megfigyelések, melyek az Ó-gyallai csillagdnán 1883-ik évben tettek. I. rész. *Értekezések a math. tudományok köréből.* 10, 11.

- Konkoly Miklós (1885): Astrophysikai megfigyelések az ó-gyallai csillagvizsgálón 1884-ben. *Értekezések a matematikai tudományok köréből.* 12, 2.
- Konkoly (Miklós) Nicolaus von (1887): Spectroskopische Beobachtung der Sterne zwischen 0° und –15° bis zu 7.5-ter Grösse. *Beobachtungen angestellt am Astrophysikalischen Observatorium in O Gyalla.* Band 8, II. T.
- Konkoly (Miklós) Nicolaus von (1890): *Handbuch der Spectroskopiker im Cabinet und am Fernrohr.* Wilhelm Knapp, Halle
- Kövesligethy (Radó) Rudolf von (1890): *Grundzüge einer theoretischen Spektralanalyse.* Halle: W. W. Schmidt • <http://www.archive.org/stream/grundzugeinerthookvgoog#page/n7/mode/2up>
- Kövesligethy Radó (1892): Új szempontok a fizikai asztrológiában. *Természettudományi Közöny.* 24, Pótfüzet. • 15–28. http://epa.oszk.hu/02200/02200/00017/pdf/EPA02200_Potfuzetek_a_Termeszettudomanyi_kozlonyhoz_1892_015-028.pdf
- Lankford, John (1981): Amateurs and Astrophysics: A Neglected Aspect in the Development of a Scientific Specialty. *Social Studies of Science.* 11, 275–303. doi: 10.1177/030631278101100301
- Szabó József (1862): Legújabb fölfedezések és találmányok. IV. A színek elemzése. *Budapesti Szemle* 4, 188–191.
- Szathmári Ákos (1882): *A Spektralanalyse és alkalmazásai.* a szerző kiadása, Nagy-Becskerek

KÖVESLIGETHY SPEKTROSKÓPIAI VIZSGÁLATAI*

Balázs Lajos György

az MTA doktora, tudományos tanácsadó,
MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont
Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet
balazs@konkoly.hu

Évekkel ezelőtt Vargha Domokosné könyvtárosa adta kezembe Kövesligethy Radó 1890-ben, Halléban megjelent *Grundzüge einer theoretischen Spektralanalyse* című könyvét. Érdeklődéssel lapoztam a több mint százéves műbe, amelyet egy akkor alig huszonnyolc éves fiatal ember alkotott. A könyv zsúfolva volt bonyolult, első nézésre alig áttekinthető képletekkel. A könyv végén bukkantam rá egy olyan ábrára, amely a megtevesztésig hasonlított a Planck-féle feketetest-sugárzási törvényből adódó színekre. Elfogott az izgalom. A tudománytörténet azt tanítja, hogy a feketetest-sugárzás problémájának a megoldása csak a Planck-féle kvantumhipotézis alapján vált lehetővé. Vagy mégsem? Talán a probléma megoldásához erre nincs is szükség? Vagy esetleg a kvantumelmélet már létezett egy évtizeddel Max Planck előtt is?

Bevezetés

A csillagászatot a 19. század első felében az asztrometria uralta, néhány fontos felfedezés azonban történt, amelynek jelentős hatása volt az asztrofizika fejlődésére. William Her-

schel 1800-ban felfedezte az infravörös sugárzást, Joseph Fraunhofer pedig 1814-ben sötét vonalakat észlelt a Nap színeképében, amelyeket aztán róla neveztek el.

A fizika 19. századi fejlődése szilárd alapot teremtett annak a törekvésnek, hogy modellezzék az égitestek belső szerkezetét, felhasználva a hidrosztatika törvényeit, valamint a politrop állapotegyenletet. Az ilyen módon kapott modell az elméleti asztrofizika első kvantitatív eredménye volt.

Azért, hogy összekössék ezeket a modelleket a kisugárzott fénnyel – a sugárzó égitest fizikai állapotáról származó információ hordozójával –, szükség volt egy elméletre, amely leírta a sugárzás kibocsátásának a mechanizmusát: a sugárzás és az anyag kölcsönhatását. Ebből a szempontból két felfedezésnek volt alapvető jelentősége. Az első Gustav Kirchhoff és Robert Bunsen felfedezése, amely szerint közvetlen kapcsolat van a gázok kisugárzott vonalas színeképe, illetve a sugárforrás anyagi összetétele között. A másik egy forrás emissziós és abszorpciós tulajdonságai közötti kapcsolat felfedezése volt, amely szintén Kirchhoff nevéhez fűződött.

Amikor ezek a felfedezések történtek, Kirchhoffnak volt egy magyar doktorandusza,

* A <http://www.konkoly.hu/Mitteilungen/m8.pdf> webcímen elérhető tanulmány rövidített változata.

Hoffman Károly. Hoffman 1860 és 1863 között tanult Heidelbergben, s az volt a feladata, hogy a Nap színképén végezzen méréseket. A doktorátus megszerzése után Hoffman visszatért Magyarországra, és geológusként szerzett nemzetközi hírnevet. Az 1860-as években több magyar diák is ellátogatott Heidelbergbe. Közülük a leghíresebb *Eötvös Loránd* volt, aki Kirchhoffnál az elektromosság elméletét és rugalmasságtant hallgatott. Néhányan közülük később a Magyar Tudományos Akadémia tagjai lettek (*König Gyula, Réthy Mór, Schuller Alajos, Szily Kálmán és Wartha Vince*). A kvantitatív spektroszkópia tudománya tehát az eredeti forrásból közvetlenül érkezett Magyarországra. Robert Bunsen és Gustav Kirchhoffot később a Magyar Tudományos Akadémia tiszteleti tagjává választották.

Az 1860-as években Magyarországon nem volt professzionális csillagászat. A Gellérthegyen 1815-ben megnyílt obszervatórium Európa egyik legkiválóbbika volt abban az időben, de súlyosan megrongálódott a budai vár 1849-es ostromakor. Az uralkodó, *I. Ferenc József* ígéretet tett a szétrombolt helyén egy sokkal modernebb új intézet felépítésére, de a szavát nem tartotta be. A magyar csillagászatban kedvező fordulat 1871-ben történt, amikor *Konkoly Thege Miklós* ógyallai birtokán obszervatóriumot hozott létre.

A folytonos színképek elmélete

Kövesligethy a bécsi egyetemen kezdte tanulmányait 1881-ben, és olyan kiváló tanárai voltak, mint például *Josef Stefan*, akinek a nevét a Stefan–Boltzmann-törvény öröközte meg. Ebben az ideális környezetben Kövesligethy elméleti ismeretei gyorsan gyarapodtak. A nyári szüneteket rendszeresen Ógyallán töltötte, ahol az intézetben folyó spektroszkópiai megfigyelésekbe kapcsolódott be. Ilyen

módon az elméleti fizikában történt előrehaladását nagyszerűen kiegészítette a Konkoly intézetében kapott gyakorlati tapasztalat.

Kövesligethy szilárd meggyőződése volt, hogy a megfigyelő munkának csak akkor van értelme, ha az együtt jár a sugárzó forrásban uralkodó fizikai viszonyok magyarázatára irányuló mélyreható elméleti vizsgálattal. Úgy gondolta, hogy a termodinamika az égitestek fénykibocsátó tulajdonságának a magyarázatában ugyanolyan szerepet fog játszani, mint a newtoni mechanika a mozgásokban. Első elméleti spektroszkópiai eredményét 1883-ban tette közzé, harmadéves egyetemi hallgató korában. *A matematikai spektrálanalízis, mint az asztrofizika alapja* című előadást Konkoly Thege Miklós vezette be, aki az Akadémia tiszteleti tagja volt.

Annak a munkának a bevezetőjében, amelyben először tette közzé spektrálméletét, az alábbiakban foglalta össze meggyőződését:

„Az izzó testek spektrálanalitikus kutatásánál csupán anyaguk tömegmozgása által keltett éther-rezgésben hatnak érzékeinkre. Újabb vizsgálódásaink szerint az anyag állapotját éppen legkisebb részeinek mozgása határozza meg, s ennél fogva könnyű belátni, hogy ezen állapotot jelző tulajdonok legalább részben kifejezését találják az anyag-keltette rezgésben. Ha most másrészt az erőműtani hőelméletben azon tudományra találunk, mely az anyag állapotját – eltekintve minőleges állandóktól – hőmérséklet, nyomás és térbeli kiterjedés által fejezi ki, tanulmányozza, alig téveszthetjük el két tudományág között fönnálló összefüggést, s bizonyára azon meggyőződésre kell jutnunk, hogy a hőelmélet az alap, melyen a spektrálanalízis elméleti felépítése lehetségessé válik. S látható egy-szersmind, hogy a két tudományág gyakorlatilag egymásba csak úgy fog át, ha a spektrál-

analysis segítségével képesek vagyunk az anyagállapot variabiliseit meghatározni.

Minden rezgés három egymástól teljesen független változó által van adva, s így könnyű belátni, hogy a körülírt feladat azonos azon összefüggés felkeresésével, mely hőmérséklet, nyomás és térfogat egyrészt, s másrészt rezgési tartam, amplitúdó és rezgési sík közt áll fönn. A folytonos spektrumok tanulmányozása, mit egyelőre célul tűztem ki, csupán a hőmérséklet ismeretére vezet, mint az az értekezés folyamában kiderül.

Az egyedüli föltevés, melyre szükségünk lesz, az hogy a testek egyes tömegekből állnak, melyek közét az éther tölti ki, s hogy valamint a galaxisoknál, úgy általában minden testnél a hőmérséklet a tömegek elevenerejével van összefüggésben.” (Kövesligethy, 1885)

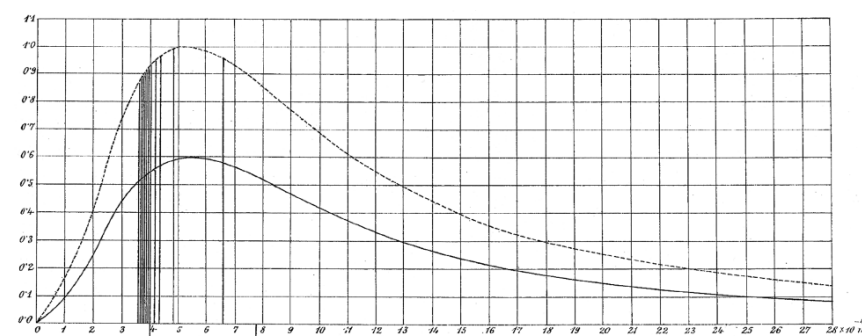
Spektrálegyenletének levezetéséhez Kövesligethy több feltevést tett, amelyek a korabeli elméleti fizika alapján teljesen kézenfekvők voltak. Feltette, hogy

- a sugárzó anyag kölcsönható részecskékből áll;
- a kölcsönhatás formája egy inverz hatványfüggvény;

- a sugárzási teret az éter képviseli;
- az éter kölcsönható részecskékből áll;
- a fény az étert alkotó részecskék rezgésének tovaterjedése;
- az anyagi és az éterrészecskék rezgési energiája között ekvipartíció van.

Ezekkel a feltevésekkel levezetett olyan egyenleteket, amelyekkel összekapcsolta a közvetlenül megfigyelhető mennyiségeket a kibocsátó test termodinamikai állapotát leíró mennyiségekkel. Ilyen módon négy egyenletet vezetett le, amelyek tartalmazzák a sugárzást kibocsátó test anyagi tulajdonságait is.

A tudománytörténet azt tanítja, hogy a hőmérsékleti (feketetest-) sugárzás színképét *Max Planck* magyarázta meg a kvantumhipotézis segítségével 1900-ban. Az *1. ábrán* látható színkép Kövesligethy 1890-ben megjelent könyvéből való, amely az általa levezetett egyenletből számított színképet mutatja. A folytonos színképet leíró görbe megdöbentő hasonlóságot mutat Planck eredményével, ami arra utal, hogy Kövesligethy a problémát már 1885-ben, azaz tizenöt évvel korábban megoldotta. Kimutatta, hogy a görbe maximumához tartozó hullámhossz fordított-



1. ábra • A Nap színképe Kövesligethy spektrálmélete alapján. A függőleges vonalak a Balmer-sorozatot jelölik. A szaggatott vonal, amely a Balmer-vonalak csúcsát köti össze, arányos a folytonos komponens számított intenzitásával (folytonos vonal). Figyelemre méltó a folytonos színképet leíró görbe nagyfokú hasonlósága a Planck-féle feketetest-színképhez.

tan arányos a hőmérséklettel. A tudománytörténet ezt az eredményt *Wilhelm Wien*nek tulajdonítja, aki azt 1893-ban tette közzé. Így Kövesligethy ezt az összefüggést nyolc évvel Wien előtt már felfedezte.

A vonalas („szaggatott”) színképek elmélete

Abból a célból, hogy általánosabb spektrálegyenletet kapjon, amely alkalmas a vonalas színképek jellemzésére is, Kövesligethy általánosabb feltevésekből indult ki, mint a folytonos színképekénél. Továbbra is feltételezte, hogy a sugárzás a kölcsönható éterrészcsek térbeli eloszlásában keltett zavar, amely hullám formájában terjed tovább. Minthogy az éter tulajdonságai azonosak a gázok és a szilárd testek esetében, a színképben tapasztalható alapvető különbség a perturbáció eltérő voltára vezethető vissza.

Véleménye szerint a sugárzási tér energiája az egyes éterrészcsek rezgési energiájának az összege. A sugárzó test és az éter részecskéinek a kölcsönhatása hozza létre azt a zavart, amely aztán továbbterjed. A szilárd testek és a gázok anyagának a különbözősége okozza a színképükben megmutatkozó alapvető különbséget.

Kövesligethy átfogó elméletet szándékozott létrehozni, amely mind a folytonos, mind a vonalas színképeket leírja. Nézete szerint a megfigyelő által észlelt sugárzást az egymással kölcsönhatásban álló éterrészcsek rezgése közvetíti. Feltételezte, hogy a gázokat szabadon mozgó n atomból álló molekulák hozzák létre. A folytonos színképű sugárzást az éterben a szabadon mozgó molekulák keltik, míg a diszkrét vonalakat a molekulákat alkotó atomok belső mozgása hozza létre. A diszkrét vonalak magyarázatára fel kellett tételezni a molekulákban kötött atomok mozgásának diszkrét voltát: „A rezgéseket leíró egyenletek

levezetésénél n atomot tételeztünk fel, és ennek megfelelően n rezgést kaptunk. Az a következtetés azonban, hogy n -atomos gáznak n színképvonala van, téves volna, mivel a levezetésnél bizonyos fizikai állapotok állandóságát tételeztük fel. Következésképpen a következőt mondhatjuk: egy n -atomos gáznak annyi színképvonala van, ahány különböző állapota van n atomnak a mozgás során. Vagy kötetlenebbül kifejezve egy n -atomos gáznak annyi karakterisztikus színképvonala van, ahány kitüntetett pont van az n atom pályáján.” (Kövesligethy, 1890, 206.)

Ezzel a nézettel Kövesligethy egészen közel jutott annak a feltételezéséhez, hogy n kölcsönható atomból álló csoporton belül diszkrét fizikai állapotok léteznek, amelyek az egyes részecskék mozgását jellemzik. Modelljében a λ hullámhosszak az egy csoporton belüli n atom karakterisztikus rezgésével és kölcsönhatásával kapcsolatosak. A kisugárzott energia diszkrét volta a kisugárzott elektromágneses hullámok gerjesztéséért felelős kölcsönható részecskék mozgási energiájának a diszkrét voltát jelenti. Ez a kvalitatív kép azonban nem volt elegendő a megfigyelt sugárzás λ hullámhosszának kvantitatív meghatározásához.

Abban a korban, amikor Kövesligethy megalkotta elméletét, az atomokat az anyag végső építőköveinek gondolták. Az egyes anyagok kémiai tulajdonságában megfigyelhető különbségeket eleve adottnak tekintették, és az építőkövekhez, az atomokhoz kapcsolták, minden további magyarázat nélkül.

A következő lépést *Niels Bohr* tette meg, de ehhez a lépéshez szükséges volt annak a felismerése, hogy az atomok nem a végső építőkövek, hanem sokkal inkább elemi részecskék, protonok és elektronok rendszerei. Emiatt a vonalas színképek magyarázatának

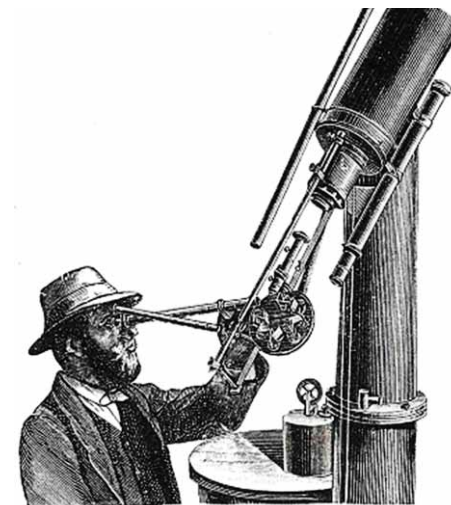
dicsősége Bohrt illeti, és Kövesligethy csupán érdekes mérőföldkő a hozzá vezető úton.

Az asztrofizikai műszerek elmélete

Kövesligethy spektrálmélete nem lenne teljes a sugárzás forrása, illetve a megfigyelő érzékszerve közötti határfelület, az asztrofizikai műszerek vizsgálata nélkül. Az asztrofizikai műszereknek a bejövő sugárzásra gyakorolt hatását vizsgáló részletes elmélet kiindulópontja a szubjektív színkép. Hangsúlyozta, hogy még abban az esetben is, ha az égitestek által kibocsátott sugárzás szinte teljes mértékben azonos lenne az egyenlete által jósolttal, az észlelő sohasem detektálná azt ebben a formában. Ennek az oka az objektív és a szubjektív színkép különbségében rejlik, amelyet a megfigyeléshez használt műszer hatása hoz létre, valamint az a mód, ahogyan ennek az eszköznek a kimenete az észlelőhöz eljut. A szubjektív színkép a megfigyeléshez használt műszerbe belépő sugárzásnak az észlelő által érzékelt formája.

Az objektív és szubjektív színkép közötti különbséget nem lehet csupán az észleléshez használt, a sugárzás útjába helyezett eszközben fellépő abszorpció és reflexió folyamatokkal magyarázni, amelyek véget érnek az elektromágneses sugárzás detektálásával. Ezt a folyamatot megelőzően az elektromágneses sugárzás útja a műszeren keresztül leírható az abszorpció, refrakció és reflexió jelenségeivel. Az észleléshez használt eszköz instrumentális kimenetének végső rögzítése az információ tárolásához használt közegben bonyolult kémiai, biofizikai, illetve egyéb folyamatok segítségével történik.

A szubjektív színkép fogalmának a bevezetése után az asztrofizikai műszerek Kövesligethy-féle tárgyalásában az utolsó médium elméletének a tárgyalása következett. Az ész-



2. ábra • A szubjektív színkép kialakulása mint az asztrofizikai jelenségek észlelésének utolsó állomása. Hagyományosan ez az emberi szem retinájában történik.

lelés egész folyamatában az utolsó médium az a hely (az esetek többségében egy felület), ahol az információt hordozó elektromágneses sugárzást rögzítik, és tárolható formába alakítják át bonyolult fizikai, kémiai és biofizikai folyamatok segítségével (2. ábra).

Kövesligethy hangsúlyozta, hogy a műszer, amelynek segítségével a spektrális információt megkapjuk, minden esetben távcsőhöz csatlakozik, amely a sugárzást lencse vagy tükrök segítségével gyűjti össze. Az ő korában mind a tükrös, mind a lencsés távcsöveket elterjedten használták. A reflektáló távcsövekben a bejövő sugárzás összegyűjtésére ezüsttel bevont tükrök szolgáltak (a jelenleg alkalmazott, sokkal időtállóbb alumíniumbevonat helyett). Technikailag az ezüstreteg karbantartása sokkal nehezebb volt, mint a lencsék használata. Emiatt abban az időben a csillagászat között a lencsés távcsövek sokkal népszerűbbek voltak.

Konkoly obszervatóriumának első nagy teljesítményű távcsöve egy 10 hüvelykes tükrös távcső volt, amit a Browning cégtől vásárolt. Amikor Kövesligethy Ógyallán spektroszkópiai megfigyeléseit végezte, az obszervatórium legnagyobb távcsöve egy 10 hüvelykes, lencsés Merz-távcső volt. Kövesligethy teljesen az intézet 16 cm-es lencsés távcsövét használta, amit esetenként felváltott a 10 hüvelykessel, ha az objektum a másik számára túl halvány volt.

Epilógus

Kövesligethy spektrálmélete, illetve az asztrofizikai műszerek elmélete alig keltette fel a korabeli csillagászok érdeklődését. Hangsúlyozta, hogy ha nem vesszük tekintetbe a megfigyelésre használt eszköz hatását a bejövő sugárzásra, akkor nem tudunk számszerű kapcsolatot találni az elmélet és a megfigyelések között. Az elméleti spektrálemzésről írt könyve 1890-ben jelent meg. Utolsó tudományos értekezése a csillagok fényességéről 1900-ban jelent meg, egy évvel azután, hogy Konkoly obszervatóriuma állami intézet lett.

Konkoly obszervatóriumának fő észlelési technikája hagyományosan a spektroszkópia volt. Az idő múltával azonban Konkoly szembesült azzal, hogy saját anyagi forrásai nem elegendőek ahhoz, hogy ezen a területen versenyképes maradjon a gazdag nyugati

intézetekkel. Az állami intézet a fő észlelési technikát a fotometriára változtatta, amelyhez a szükséges anyagi eszközök a realitás határán belül voltak. Dacára annak, hogy az új állami intézetben Kövesligethy 1904-ig igazgatóhelyettes volt, nincs nyoma annak, hogy elmélete az új intézet észlelési gyakorlatára hatással lett volna.

1904-ben Kövesligethy megvált az asztrofizikai obszervatóriumtól, és nem sokkal ezután kutatási területét teljesen megváltoztatta: asztrofizikáról szeizmológiára. Nyitva marad a kérdés, hogy elmélete iránt még a saját intézetében is tapasztalható közöny szerepet játszott-e döntésében. Az asztrofizika iránti vonzalma azonban megmaradt a Budapesti Egyetemen általa oktatott tárgyakban.

Korábbi cikkünkben (Balázs et al., 2008) megmutattuk, hogy a korabeli német fizikusok ismerték elméleti spektroszkópiai eredményeit. Nem találtuk nyomát azonban annak, hogy a műszerekről írt elmélete bármiféle hatást gyakorolt volna. Remélem, hogy ez a tanulmány a maga szerény módján hozzájárul ahhoz, hogy Kövesligethy Radó a fizika és asztrofizika történetében is az őt megillető méltó helyet foglalja el.

Kulcsszavak: *Kövesligethy Radó, asztrofizika, spektroszkópia, feketetest-sugárzás, Wien-törvény*

IRODALOM

Balázs Lajos György - Vargha M. - Zsoldos E. (2008): Radó Kövesligethy's Spectroscopic Work. *Journal of Astronomical History and Heritage*. 11, 124–133.

Kövesligethy, Rudolf von (1890): *Grundzüge einer theoretischen Spectralanalyse*. Halle

Kövesligethy Radó (1885): A folytonos spektrumok elmélete. *Értekezések a Matematikai Tudományok Köréből*. 12, 11.

KÖVESLIGETHY RADÓ ÉS AZ EGYETEM

Petrovay Kristóf

az MTA doktora, tanszékvezető egyetemi tanár,
ELTE Csillagászati Tanszék
k.petrovay@astro.elte.hu

Amikor 1897-ben a Királyi Magyar Tudományegyetemen Kövesligethy Radót a kozmográfia nyilvános rendkívüli, majd 1904-ben nyilvános rendes tanárának nevezték ki, az egyetemi csillagászat több évtizedes válságos időszaka ért véget. A kinevezés egyben hiszen illeszkedett az egyetem korszerűsödésének folyamatába; hősünk személyes pályafutása pedig későbbi, kevésbé harmonikus szakaszában is elválaszthatatlan az egyetem belső folyamataitól. Az alábbiakban Kövesligethy egyetemi szerepét elsősorban e szempontokból tekintem át.

Bevezetés

De milyen körülmények vezettek Kövesligethy egyetemi pályafutásának gyors és töretlen felíveléséhez? És mi magyarázza szakterületének a maga korában sem éppen szokványos megjelölését: „kozográfia”? Ennek megértéséhez vissza kell mennünk időben néhány évtizedet.

A nyolcosztályos gimnáziumi rendszer bevezetésével a 19. század második felére a Bölcsészeti Karon (amelynek keretébe a természettudományok is tartoztak) a képzés szerepe megváltozott. Addigi funkciója inkább egyfajta általános alapműveltségi képzés volt, amely részben a középfokú tanulmányo-

kat is kiváltotta, és más karokon végzendő szakirányú tanulmányokra készített elő. A középiskolai rendszer kiépülése viszont egyfelől lehetőséget teremtett a bölcsészeti, illetve természettudományos képzés szintjének valóban egyetemi szintre való felemelésére, s egyben a magasabb szintű tudományos tevékenységre – erre törekedtek főként a kar tanárai. Másfelől pedig a szakképzett középiskolai tanárok iránti igényt kielégítendő, ennek a karnak is a szakemberképzést, nevezetesen a középiskolai tanárképzést kellett elsősorban szolgálnia, ez utóbbi szempontot viszont a kormányzat igyekezett az egyetemmel szemben érvényesíteni.

A 19. század második felében egész sor reformintézkedés történt, amelyek mind e két fő szempont – színvonalemelés és tanárképzés – egyidejű vagy éppen versengő érvényesítését szolgálták. Már 1850-ben az új középiskolai rendszer bevezetésével együtt létrehozta *Leo Thun* kultuszminiszter a habilitáció intézményét és a magántanári pozíciót, amellyel a tanári kar létszáma csekély ráfordítással jelentősen bővült, és létrejött a kinevezendő egyetemi tanárok egyfajta utánpótlási bázisa. *Eötvös József* és *Trefort Ágoston* kultuszminiszteri időszakában (1867–1888) azután ezt további lépések egész sora követte. 1870-ben egy

sor új tanszéket hoznak létre (lásd alább), és megalapítják a Középiskolai Tanárképző Intézetet. 1880-tól az addigi hároméves képzés a karon négyévéssé válik. És ami szempontunkból különösen érdekes: 1887-ben megalapítják az első kari szemináriumokat. Mindemellett folyamatosan bővül az oktatói létszám, különösen a tanársegédeké: 1868-ban a karon huszonhárom egyetemi tanár és három tanársegéd dolgozik, míg 1890-re a tanárok száma harmincnyolcra, a tanársegédeké tizenkettőre nő.

Az egyetem korszerűsödésének ez az időszaka ugyanakkor a csillagászat területén egy válságos átmeneti periódussal esik egybe. A válság 1857-ben kezdődött, amikor a csillagászat professzora, *Mayer Lambert Ferenc* felmondott. (Az akkor megalakuló József Politechnikum – később Műegyetem – élére nevezték ugyanis ki.) A tanszék betöltésére alkalmas más személy nem kínálkozott, így az évekig betöltetlen maradt. Az ellátandó feladatokat átmenetileg *Kondor Gusztáv* matematikus és csillagász vette át, aki – miután 1863-ban doktorált, majd habilitált – ehhez 1865-től csillagász magántanári címet is kapott. E feladatok között első helyen a matematikai és csillagászati földrajz oktatása állt a leendő tanároknak. (Megjegyzendő, hogy a Csillagászati Tanszék által ellátott órák közül ma is a földrajz alapszakos hallgatók részére tartott *Csillagászati földrajz* című kurzus a leglátogatottabb; évente mintegy kétszáz diák hallgatja.) A helyzet megnyugtató rendezésére (amit az akkori felfogás szerint nyilvános rendes csillagászprofesszori kinevezés jelentett volna) az 1870-ben létesített új tanszékek mellé bekerült a Mennyiségtani Földrajzi és Csillagászati Tanszék is. A névváltozást bizonyára az motiválta, hogy a tanszék nevében is utaljon fő oktatási feladatára – tekintve, hogy a kor-

mányzat fő szempontja az egyetemi működés tanárképzés céljainak való alárendelése volt. Betöltésre azonban a tanszék a szakemberhiány folytán évtizedekig mégsem kerülhetett: mivel hamarosan váratlanul megürült az elemi matematika tanszéke is, Kondort oda nevezik ny. r. tanárnak, s a csillagászati tanszéken (hogy továbbra is rövid nevén emlegessük) helyettes tanárként működött.

A tudományos tevékenység fejlesztése érdekében az egyetem tanárai, közöttük *Eötvös Loránd*, sürgették a német nyelvterületen elterjedt szemináriumi intézmény meghonosítását. E szemináriumoknak saját helyiségük és tagságuk volt az egyetemek berkein belül – afféle „klubok” voltak, ahol tanárok és végzős hallgatók a hagyományos, egyoldalú egyetemi előadások helyett kötetlen formában eszmét cserélhettek, akár tanrendi foglalkozások (mai értelemben vett szemináriumok), akár egyszerű beszélgetések formájában, s ahová magányosan is beülhettek a szakirodalmat olvasgatni vagy dolgozni. A koncepciót Eötvös – talán őszinte hittel – a tanárképzés célját szolgáló fontos lépésként találta, a „tudóstanár” koncepció keretében, így az elnyerte Trefort támogatását, s így 1887-től megindulhatott a szemináriumok működése.

Sorsszerű találkozás

A gravitációs kutatásaitól nem függetlenül a geofizika iránt is élenként érdeklődő Eötvös alighanem éppen ekkor ismerkedett meg, vagy legalábbis került közelebbi kapcsolatba a fiatal Kövesligethy Radóval, az Országos Meteorológiai és Földmágnassági Intézet aszisztensével. A *Theodor Oppolzer* és *Josef Stefan* szárnyai alatt Bécsben végzett tehetséges, fiatal csillagász nyilván olyan „szerzemény”, akit a szakemberhiánnyal küzdő, ugyanakkor lendületes létszám- és színvonal-

fejlesztésre törekvő egyetem nem szalaszthat el. Eötvös szinte azonnal meghívja Kövesligethy tanársegédének a Kísérleti Fizika tanszékre, ahol 1888 és 1893 között tölti be ezt a posztot. Közben már 1889-ben habilitál, és tanársegédi állása mellett kinevezik a kozmográfia és geofizika magántanárának. 1893-tól címzetes rendkívüli tanár, 1897-től a kozmográfia rendkívüli tanára, végül 1904-től nyilvános rendes tanára. Kevés kétségünk lehet afelől, hogy már alkalmazásának kezdetén ez a végső cél: az évtizedek óta formálisan betöltetlen, helyettes által ellátott tanszék helyzetének megoldása, egyben Kövesligethy végső révbe juttatása lebeghetett Eötvös szeme előtt. A kozmográfia kifejezés pedig a nyilván túl hosszadalmas korábbi elnevezés (Mennyiségtani Földrajzi és Csillagászati Tanszék) némi leg után tömörített változata. A szívének kedves új tudomány, a geofizika nevét Kövesligethy csempészhette be már magántanári címébe, majd később (1913-ban) a tanszék és az ahhoz kapcsolódó intézet nevébe is. (Utóda, *Wodetzky József* 1934-től visszahozta a Csillagászati Tanszék elnevezést; a mai Geofizikai Tanszéket azután *Egyed László* 1951-ben független kezdeményezésként alapította.)

1894-től *Lóczy Lajos* földrajzprofesszor meghívására Kövesligethy vezető tanárként közreműködik a Földrajzi Szeminárium munkájában is. Lóczytól azután 1908-ban nemcsak a szeminárium, de a földrajzi intézet vezetését is átveszi néhány évre. Elsősorban erre az időszakra vezethető tehát vissza a csillagászati és földrajz-földtudományi szakterületek közötti szoros viszony, amely karunkon máig jellemző. (A Csillagászati Tanszék ma is a Földrajz- és Földtudományi Intézet kötelékébe tartozik.) 1911-ben a Földrajzi Intézet igazgatói posztjára a frissen kinevezett *Czirbusz Géza* ny. r. tanár került; két évvel később

pedig Kövesligethy a Földrajzi Szeminárium vezetését is átadta Czirbusznak, de csak miután előbb a szemináriumot évi 800 koronás költségvetésével együtt kettéosztották: egyik fele maradt a Földrajzi Szeminárium, másik a Kozmográfiai és Geofizikai Szeminárium. A szemináriumok rövidesen (a kozmográfia esetében a kettéosztás formális elismerése után 1913-ban) beolvadtak az azonos nevű intézetekbe, amivel a német mintára bevezetett szemináriumok története a magyar felsőoktatásban véget is ért. Végeredményben Kövesligethy így tanszékeének évi 400 korona költségvetési többletforrást szerzett, amiből két munkatársat is alkalmazhatott, így a kor szóhasználatával „intézetet” is kapcsolt már hozzá.¹ Ügyes húzás volt – az egyetemi kamarillapolitika mai mesterei is elismerően csetinthehetnek. Ám legfontosabb, hogy mindez nem öncélú ügyeskedés volt: az intézetbe rátermelt munkatársakat vett maga mellé. Egyikük, *Wodetzky József* égimechanikus később utóda lett; a kiváló asztrofizikus, *Harányi Béla* pedig már évek óta oktatott a karon mint magántanár, s állásba vételével Kövesligethy a nemzetközi szinten jegyzett tudóst végleg az egyetemhez kötötte.

Megállapíthatjuk tehát, hogy Kövesligethy 1888-as meghívása az egyetemre „végzetes” találkozás volt, amely által a tudós valódi szakmai közösségre és értő hallgatóságra, az egyetem pedig szakmai kiteljesedését nagyban elősegítő munkatársra talált.

Derűre borít

A 19. század utolsó és a 20. század első másfél évtizede hősi pályafutásának napsugaras

¹ Két-három fős kutatócsoportokat intézetnek titulálni már akkoriban is visszásnak tűnhetett, így azután a 20. század derekára az intézetek egészére kiterjesztették a tanszék elnevezést, amely így felvette mai jelentését.

délelőttjét és verőfényes delét jelentette. Délutánját azonban komoly viharok zavarták meg.

A nemzetközi szervezetekkel és az Akadémiával kapcsolatos konfliktusokra itt nem térhetünk ki, Kövesligethy 1919 és 1924 közötti egyetemi meghurcolásáról pedig már minden fellelhető adat feldolgozásával részletesen írt *Vargha Domokosné és Balázs Lajos* (2006). Ennek előzményeiről azonban lényegesen kevesebb szó esett. Pontosan miben is állt Kövesligethy kollaborációja a tanácskormány-nal? Mi vitte rá az együttműködésre a kommunistákkal? És mi okozta a rövid ideig fennálló proletárdiktatúrával szembeni olyan intenzív ellenszenvet egyetemi berkekben, hogy a hivatalos elvárások jóval túlmutató boszorkányüldözést folytattak le?

Hajlamosak lehetnénk azt hinni, a politikának ez a súlyos következményekkel járó behatolása az egyetem korábban politikamentes köreiből csak a világháború és az azt követő teljes összeomlás mellékterméke volt. A gyökerek azonban ennél régebbre nyúlnak vissza.

Terminus post quem-nek talán 1900 májusát vehetjük, amikor a pozitívista és darwinista szellemű oktatást már korábban is nehezítő Egyetemi Nemzeti Párt a tantermekben a kereszt kifüggesztését követelte. Ez a követelés akkor éppolyan abszurd volt, mint ma lenne; az egyetemi szervek részéről ennek megfelelően természetesen visszautasításban részesült. A kérdést mégis évről évre napirenden tartották a harcos katolikusok, míg 1905-ben az egyetem részengedelményt tett: a keresztet az aulában kifüggesztették.

E szimbolikus jelentőségű ügynél sokkal fontosabb volt a kontraszelekció elharapózása. Az előmenetel során, elsősorban nyilvános rendes tanári kinevezések esetében mindig is

hátrányt jelentett a zsidó származás, sőt kisebb mértékben még a protestáns háttér is. Ezzel együtt a 19. század utolsó évtizedeiben töretlenül haladt előre az emancipáció az egyetem szekularizációjával egyetemben, s a kinevezésekben a szakmai szempontok mindinkább dominánssá váltak. Ez a fejlődés a világháború kitörését megelőző évtizedben megtorpant, sőt visszajára fordult. Nehéz megmondani, hogy a keresztény kurzus befolyásának erősödése vezetett-e a kevésbé alkalmas jelöltek politikai okokból való egyre gyakoribb preferálásához vagy éppen a protekcióval érvényesülni igyekvő jelöltek és védnökeik tolták maguk elé az informális kommunikációban fűgefalevéként a (hivatalos iratokban természetesen kimondatlan) vallási és politikai szempontokat. Inkább az utóbbról enged következtetni az a tény, hogy a kontraszelektív személyi döntések gyakran nem minisztériumi, hanem egyetemi, sőt kari szinten születtek.

A már fentebb említett Czirbusz Géza politikai hátszelű professzori kinevezése is a kontraszelekció jellemző esete volt. (Őt maga *Apponyi Albert* kultuszminiszter „nyomta be”; professzori periódusát a magyar földrajztudomány azóta is szemlesütve emlegeti.) De különösen kirívó a III. matematikai tanszék esete is, amelynek betöltésére 1911-ben írtak ki pályázatot. A kirendelt bíráló bizottság Eötvös Loránd elnökletével a pályázók közül egyértelműen a már akkor nemzetközileg jegyzett *Riesz Frigyes*t javasolta első helyen; azonban a kari tanács e döntést felülírva a második helyen javasolt, jóval szerényebb eredményeket felmutató *Suták Józsefet*, sőt ráadásul a szakmailag teljesen jelentéktelen *Demeczky Mihályt* is (!) kinevezte ny. r. tanárrá. Az elutasított Riesz a kolozsvári egyetem tárt karokkal fogadta – ami szintén arra utal,

hogy a politikai háttérrel megtámogatott kontraszelekció nem országos tendencia volt, csupán a budapesti tudományegyetem belső életének degenerációja. A viszonyok eltorzulásának váratlan gyorsasága és mértéke jól érzékelhető abból, hogy Eötvös Loránd, a volt kultuszminiszter, akinek megnyilatkozásait alig egy-két évtizeddel korábban még szinte szentírásként kezelték egyetemi és kormányzati körökben egyaránt, most még a kari tanácson sem tudta keresztülvinni szakmai szempontokon alapuló javaslatát.

Hogy a kontraszelekció végső forrása a tehetségtelenség volt és nem a politika, abból is látható, hogy 1915-ben még gróf *Teleki Pál*, a jeles gazdaságföldrajzi szakember és későbbi miniszterelnök magántanári kérvényét is elfektették. Az ugyanis illetékességből Czirbuszhoz keült, aki feltehetőleg nem felejtette el Telekinek, hogy könyvéről a sajtóban megsemmisítő kritikát közölte.

E jelenségeket Kövesligethy is nyilván érzékelte, és Eötvös barátjaként és eszmétársaként nehezítette. Meglehet, a helyzetet reménytelennek ítélve az 1918–19-es forradalmaktól várta a helyzet rendeződését. Persze jó adag naivitás kellett ahhoz, hogy ezt éppen a kommunista diktatúrától remélje, de ezzel nem állt egyedül. *Kármán Tódor*, az ekkor már világhírű fizikus is abban a reményben tért haza ekkor, és vállalt szerepet a közoktatásügyi népbiztosságban (minisztériumban), hogy közreműködhet a magyar tudományos és egyetemi élet modernizációjában és provinciális elemeinek felszámolásában. Kövesligethy a lehetőséget megragadva elérte, hogy az Eötvös által is nagyra tartott Kármánt nevezék ki a megüresült kísérleti fizikai tanszékre. (Utóbb ezt is felrötták neki.)

Csak hogy a proletárdiktatúra módszerei a kezdetektől alkalmatlanok voltak a szüksé-

ges változások átgondolt, szerves és jogszerű véghezvitelére. Alig egy héttel a Tanácsköztársaság kikiáltása után népbiztossági leiratban mentettek fel tiszteből egy sor egyetemi tanárt (a BTK-n a tanári karnak több mint felét!), s a helyükre néhány héten belül újakat neveztek ki. Bár a személyi változások részben valóban a korábbi évek kontraszelekciós döntéseinek korrekcióját szolgálták, kivitelezésüknek ez a módja az egyetemi autonómia lábba tiprását jelentette, s a kezdetektől a tanácskormány ellen fordította nemcsak a leváltottakat, de az eredetiből még megmaradt egyetemi oktatói testület nagy részét is. Az nyilvánvaló lehetett, hogy a leváltandók és kinevezendők névsorát a politikai komisszárak nem maguk találták ki: valakik az egyetemről „súgtak” nekik. InszINUÁCIÓ volna feltételeznünk, hogy munkatárs, Harkányi Béla felkerülése az újonnan kinevezettek listájára – vagy pláne egynémely más tanáré az eltávolítandók közé – Kövesligethy sugalmazására történt volna: inkább sejthetjük ebben a népbiztosságon dolgozó Kármán kezét, aki Eötvössel és Kövesligethyvel ápoló jó kapcsolata révén a kar személyi viszonyairól már korábban is alaposan értesülhetett. Mindazonáltal a leváltottak jó része – köztük egyik későbbi fő vádlója, *Tuzson János* – nem alaptalanul érezhette úgy, hogy az új kinevezettek részére történt nemtelen helycsinálás áldozataul estek.

Alighanem a személyi ügyekben való hatóság beleszólás érdekében vállalta el Kövesligethy a bolsevikok által feloszlatott Középiskolai Tanárképző Intézet helyett felállított új intézet vezetését. Az egyik fő vádpont elene később éppen ez a vállalása lett, amelyet követően a népbiztosságnak még bizonyos indítványokat is tett. Ezek mibenlétéről sajnos nincs információnk; annyit azonban

tudunk, hogy ismeretlen – és feltehetőleg nem szakmai – okból az intézetből elmozdította Mágócsy-Dietz Sándort (akit egyetemi tanári tisztéből már korábban felmentettek).

Az egyetemi autonómia felszámolását és a minisztériumi kézi vezérést tetézte a népbiztosságnak az a racionálisan nem is igen értelmezhető döntése, hogy eltörölték az egyetemi felvételhez szükséges szakmai követelményeket (beleértve az érettségit), így az egyetemet a tavaszi szemeszterben teljesen felkészületlen és oda nem való hallgatók sokezres tömege lepte el. Összességében a tanácsköztársaság időszakának mérlege az egyetemen: az autonómia felszámolása, minisztériumi kézi vezérlés, tömeges leváltások és kinevezések, a hallgatókkal szembeni minőségi követelmények eltörlése vagy felhígítása, kapkodó, ésszerűtlen és egymásnak is ellentmondó intézkedések. Ámokfutás 133 nap alatt, amivel szemben a mérleg pozitív serpenyőjében csupán a korábbi kontraszelektációs döntések részbeni korrekciója áll. Mindennek alapján teljesen indokoltnak mondható a kommün időszaka alatt történt intézkedések utólagos megsemmisítése és az abban közreműködők kérdőre vonása is.

Vargha Magda elévülhetetlen érdeme a Kövesligethy egyetemi „tetemrehívásával” kapcsolatos dokumentumok felkutatása és közzététele. Ugyanakkor cikkeiben Kövesligethyt valóságos mártírként állítja be, amit a tények nem feltétlenül támasztanak alá. Már fentebb láthattuk, hogy a csillagászprofesszor nem volt éppen nyeretlen kétéves, ha az egyetemi személyi politikáról volt szó. Ezt igazolja az is, hogy az igazoltatási eljárás egy pontján „vádolt-társaival” együtt, mintegy ellentámadást indítva, prezentálták Tuzson egy magánlevelét („szóljon... kedves sógorának, a helyettes népbiztos úrnak, hogy hagyjanak meg

intézetemben és állásomban”), amelyhez ki tudja, hogyan jutottak hozzá... A kommün időszakában azonban határozottan elgaloppírozta magát. Bár az általa szorgalmazott kinevezések (Harkányi, Kármán) szakmai megalapozottságához nem fér kétség (az elmozdításokéhoz már inkább), a célok ez esetben sem szentesítik az eszközöket. Nemes vagy annak vélt célok nemtelen eszközökkel történő elérésével a tanácskormánnyal együttműködő professzorok az orvosolni kívántnál súlyosabb kárt okoztak az egyetemnek, de végső soron még saját munkatársaiknak is. (Harkányi például előbb-utóbb bizonyára a szabályos úton is elérte volna az egyetemi tanári kinevezést, ha ez az ügy nem jön közbe.)

Igaz, az eljárás túlságosan sokáig elhúzódtott – az Akadémián ugyanez néhány hónap alatt véget ért. Ennek oka néhány, Kövesligethyt élesen támadó professzor kitartása volt; érdekes, hogy főként biológusoké (Tuzson, Méheli Lajos, Mágócsy-Dietz), ami egyfajta szakterületek közötti torzsalkodást is sejtet a háttérben. Ugyanakkor az indokait jobban megértő, szakmailag támadhatatlan kollégák jó része (például a matematikus Fejér Lipót, sőt még a proletárdiktatúra által leváltottak közül is például Papp Károly geológus, Fröhlich Izidor fizikus, Hegedüs István klasszika-filológus, Angyal Dávid történész, Beöthy Zsolt esztéta) valamilyen formában igyekezett kiállni mellette, és az őt igen kedvelő egyetemi hallgatóság is írásos nyilatkozatban támogatta. Kövesligethyt végső soron egyéb sérelem nem érte, mint hogy néhány évig kényszer szabadságra küldték. Ez anyagilag is rosszul érinthette (legvalószínűbb, hogy professzori alapilletményét megkapta, de nem részesült a professzori jövedelem nagyobb részét kitevő egyéb forrásokból, mint tandíjjárulék, tanárképző intézeti honorárium), és a

tanítástól is eltiltották – viszont teljesen kutatásainak szentelhette magát. (Nemegyesz professzor mondaná erre: „szeretnék én ilyen büntetést kapni...”.) Végül is 1924-ben egy formális sajnálkozó nyilatkozat felolvasásával Kövesligethy ügyét lezárták nyilvánították, és zavartalanul dolgozhatott tovább.

Tanulságok

Egyetemünk történetének e száz év előtti fejezeteiben búvárkodva kísért az összehasonlítás a jelenlegi viszonyokkal.

A politikának az egyetemi életbe való példátlan behatolása, ami Kövesligethy utolsó két évtizedét megkeserítette, szerencsére ma ismeretlen előttünk. Az egyetem belső élete ma sem konfliktusmentes, de a konfliktusok szakmai szempontok és objektív részrdek mentén szerveződnek. Még az 1990-es rendszerváltozás után sem kezdődött semmiféle boszorkányüldözés, és máig sem gyűrűzött be a magyar közéletet megkeserítő pártpolitika az egyetem falai mögé. Miközben hajlamosak vagyunk a panaszkodásra, fontos, hogy ne feledkezzünk meg erről az igen nagy pozitívumról sem. Intő jel viszont, hogy az 1880-1890-es évek egyetemi polgársága is nehezen hitte volna, hová fajulnak a viszonyok alig egy-két évtized múltán. Ezt a kivételezett helyzetet tehát nem szabad magától értetődőnek tekintenünk, és szilárdan fel kell lépni minden, a szakmai szempontok háttérbe szorítására irányuló törekvés ellen.

Kevésbé jól jövőnk ki az összehasonlításból Kövesligethy pályájának első, felívelő korszakát tekintve. Nem lehet nem észrevennünk, hogy a felsőoktatás utóbbi két évtizedben zajló átalakulásának a Bokros-csomagtól napjainkig olykor a deklarált céljai, olykor pedig az akaratlan következményei teljesen ellenkeznek az Eötvös és Trefort által levezé-

nyelt egyetemi reform lényegével. Az intézkedések: az oktató-hallgató arány szándékos csökkentése, az egyetemek és főiskolák közötti különbség megszüntetése a demokratizálás jegyében, a hallgatói létszámok mértéktelen felduzzasztása, a kétszintű bolognai képzési rendszer bevezetése, legfőképpen pedig az ún. *normatív finanszírozási rendszer* egyértelműen nagymértékű minőségromláshoz vezettek. A nagy hallgatói létszámok, az ennek megfelelő alacsony felvételi követelmények és a bolognai képzés együttesen azt eredményezték, hogy a BSc fokozatok a 19. század közepi bölcsészdoktorátushoz hasonló, általános szakmai alpműveltséget igazoló papirossá váltak, amelyek önmagukban kevés állás betöltésére képesítenek. A magas oktatói óratelhelések és a sok adminisztráció akadályozza a tudományos munkát, amelynek a normatív finanszírozási rendszerben egyébként is csak „megtűrt” státusa van. Az ún. *tudományos normatíva* ugyanis valójában egyszerű fejpénz; a habilitáltak, az MTA doktorai (nagydoktorok), akadémikusok létszáma vagy a publikációs tevékenység intenzitása és impaktja a felsőoktatási intézmények költségvetési támogatásában semmiféle szerepet nem játszik. Nem szándékolt, de objektív következményük lett a változásoknak a tanárképzés szinte teljes szétverése is. Vissza a jövőbe: mintha ugyanazt az utat járnánk be fordítva, amit eleink a 19. század utolsó évtizedeiben. Szinte jelképes, hogy egyetemünk egy nem éppen boldog emlékeztű rektora az ezredfordulón a modern értelemben vett tanszékek felszámolását, és helyettük „professzúrák” (a régi értelemben vett tanszékek, professzori állások) létrehozását sürgette – igaz, szerencsére minden eredmény nélkül.

Az utóbbi időben történnek bátoratlan kísérletek a kutatóegyetemek (értsd: valódi

egyetemek – amikről mindenki tudja, mi csodák, és melyek azok) formális megkülönböztetésére. A most folyamatban levő újabb nagy átalakítás talán valóban tesz is valamit ennek érdekében, bár félő, hogy a színvonalat előtérbe helyező szempontokat ismét felülírják partikuláris érdekek. Bízunk kell abban, hogy nem így lesz, mert ez talán az

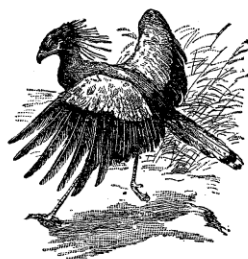
utolsó esély arra, hogy ne úgy vonuljunk be a történelembe, mint az a korszak, amely Eötvös és Trefort – többek között Kövesligethy közreműködésével felépített – nagy művét semmivé tette.

Kulcsszavak: *Kövesligethy Radó, egyetem, csillagászat, ELTE, Eötvös Loránd*

IRODALOM

- Bartha Lajos (2005): *Kövesligethy Radó emlékezete: két tudomány-terület magyar úttörője. (Egyesületi füzetek 4)* A Gothard Amatőrcsillagászati Egyesület kiadása, Szombathely • http://csillagaszattortenet.csillagaszat.hu/magyar_19-20._sz._csillagaszata/20050613_ket_tudomanyterulet.html (kivonat)
- Petrovay Kristóf (2006): A Csillagászati Tanszék története. In: Petrovay Kristóf: *A Csillagászati Tanszék negyedik évezrede. (Publications of the Astronomy Department of Eötvös University 16)* ELTE, Budapest, 69. • http://astro.elte.hu/astro/en/library/padeu/padeu_vol_16/padeu_vol16_full.pdf

- Sinkovics István (szerk.) (1985): *Az Eötvös Loránd Tudományegyetem története, 1635–1985*, ELTE, Budapest
- Szabados László (szerk.) (2011): *Kövesligethy Radó és az asztrofizika kezdetei Magyarországon. (Konkoly Observatory Monographs 8)* Konkoly Observatory, Budapest • <http://www.konkoly.hu/Mitteilungen/m8.pdf>
- Szentpétery Imre (1935): *A Bölcsészettudományi Kar története, 1635–1935*. Kir. M. Egyetemi Nyomda, Budapest
- Vargha Domokosné - Balázs Lajos (2006): Kövesligethy Radó „tetemrehívásáról”. *Magyar Tudomány*. 12, 1499–1507. • <http://www.matud.iif.hu/06dec/10.html>



KÖVESLIGETHY RADÓ ÉS A MAGYAR FÖLDRENGÉSKUTATÁS

Varga Péter Gráczér Zoltán

a földtudományok doktora, tudományos tanácsadó
varga@seismology.hu

PhD, tudományos munkatárs
Graczer@seismology.hu

MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont
Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet
Kövesligethy Radó Szeizmológiai Observatórium

„A földrengéstannal foglalkozva magam is a Föld belsejét kutatók közé sodródtam. [...] nemsokára ámulat fogott el: egész tudományos pályámban még nem akadtam problémára, a melynek titkai nehezebben kifürkészhető navaszsággal volnának körülánczolva”

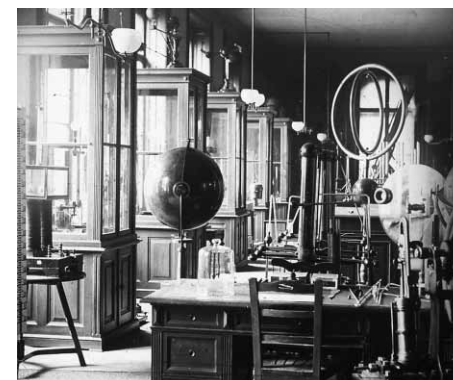
Kövesligethy Radó
Természettudományi Közöny, 1914. július

Kövesligethy Radó csillagászként elsősorban az égitestek által kisugárzott fény spektrumát kutatta, a színek segítségével pedig meghatározta a csillagok felszíni hőmérsékletét és a Nap térbeli mozgásának irányát is. Már külföldön is ismert csillagász volt, amikor az 1880-as évek végén érdeklődése – *Eötvös Loránd* és *Lóczy Lajos* hatására – egyre inkább a Földdel foglalkozó tudományok és ezen belül is a szeizmológia felé fordult.

Eötvös Loránd
és *Lóczy Lajos* munkatársaként

Első földtudományi munkahelyére, a Meteorológiai és Földmágnességi Intézetbe *Csáky Albin* kultuszminiszter nevezte ki asszisztensi állásba 1887 novemberében. Az akkor a budai

Lovag úton működő intézet sivársága miatt azonban nem nyerte el tetszését, és Eötvös Loránd hívására 1888 szeptemberében tanársegéd lett a Természet és Erőműtani Gyűjteményben (abban az időben ez volt Eötvös intézetének hivatalos neve a Magyar Királyi Tudományegyetem Bölcsészeti Karán) (*1. kép*). A Meteorológiai és Földmágnességi



1. kép • Kövesligethy Radó első földtudományi munkahelye, Eötvös intézetének belseje. (A kép talán nem sokkal Jedlik Ányos nyugdíjba vonulása után készült: a vertikális helyzetű csövek valószínűleg Jedlik csöves villám-feszítője, amely az 1873-as bécsi világkiállításán a legmagasabb díjazásban részesült.)

Intézetben eltöltött háromnegyed év emléke meteorológiai tárgyú értekezése *A vertikális légáramlásokról* (Kövesligethy, 1893), és az, hogy később szívesen tanított meteorológiát. Az időben előreszaladva megemlítjük, hogy 1919. július 2-án a Tudományegyetemen Kövesligethy támogatólag terjeszti elő a földművelésügyi népbiztosság átiratát, amelyben az azt kívánja, hogy a Budapesti Tudományegyetem Bölcsészeti Karán a meteorológiának és klimatológiának tanszék létesüljön (a Kövesligethy által javasolt oktatók: *Róna Zsigmond, Fraunhofer Lajos, Steiner Lajos, Anderko Aurél, Réthly Antal*).

Eötvös, amikor Kövesligethy 1888-ban munkatársa lesz, gravitációs kutatásait már évek óta végzi. Első torziós ingája 1891 májusában készül el. „Nekem jutott a szerencse, hogy először észlelhettem a Rudas fürdő akkori gépházában a Gellért-hegy hatását, majd az Akadémia palotájának első emeletén az 1891-ik évi dunai magas víz befolyását... Ugyancsak 1891 nyarán észleltük Tangl Károly tanártársammal a Sághegy gyönyörű kettős



2. kép • A Magyar Királyi Tudomány Egyetem régi főépülete. Ennek harmadik emeletén volt a Lóczy Lajos vezette Földrajzi Szeminárium.

kúpjának platóján a nehézség változásait, melyeket Bodola Lajos műegyetemi tanár geodéziai mérésekkel kísért.” (Kövesligethy, 1923) 1889-ben *Az eszményi gázállapotú égitestek egyensúlya térben és időben* című értekezésével pályázik magántanári címre. Próbaelőadását 1889. november 21-én tartja *Bolygórendszerünk stabilitása* címmel, ezt követően a Kari Tanács támogatásával a „kosmographia és geophysika magántanára” lesz (1889. október 5.). Eötvös Loránd és *Kondor Gusztáv* ajánlása alapján 1893. augusztus 23-án megkapja a „czimzetes nyilvános rendkívüli tanár” címet, majd 1894. április 26-án nyilvános rendkívüli tanárrá nevezik ki a Lóczy Lajos vezette és az egyetem központi épületének harmadik emeletén 1891 óta működő Földrajzi Szemináriumhoz. (A központi épület a ma az ELTE Rectori Hivatalának és Jogi Karának otthont adó épület helyén állt) (2. kép). Lóczyval az intézetben és a szemináriumban töltött évek során rendkívül kiterjedt oktatói tevékenységet folytatott. Elsősorban az akkor a matematikai földrajz tárgyköréhez tartozó előadásokat tartott (hely- és időmeghatározás, a Föld méreteinek számítása, térképvetületek, a földfelszín morfológiája, a precesszió és a nutáció vizsgálata, a földfelszínen végbemenő tömegátrendeződésekkel kapcsolatos ismeretek, és ide sorolhatók a tengerészeti helymeghatározással kapcsolatos gyakorlati ismeretek is). E témákat akkoriban a *kozmoграфия* címszó alatt is szokás volt egybefoglalni. Ezen kívül Kövesligethy jelentős számú természet- és társadalomföldrajzi előadást is tartott. A következő években többször állt a Földrajzi Intézet és a Szeminárium vezetői posztján is.

Geofizikai szemináriumainak központi részét a XX. század első éveitől a szeizmológiai tárgyú előadások adták. Előadóként a

földrengéstan egész akkori állását ismertette, és a nemzetközi szeizmológiai együttműködés számára hasznos magyar munkaerőket iparkodott nevelni. *Geofizika* címszó alatt szerepeltek továbbá gravimetriai, földmágneségi és geotermikai tárgyú előadások is.

Nagyon kedvelt előadó volt az egyetemisták körében annak ellenére, hogy a geográfushallgatók nem rendelkeztek (különösen eleinte) a tananyag megismeréséhez szükséges matematikai ismeretekkel. *Móra Ferenc* írja 1932-ben: „Egyforma lelkesedéssel hallgattam Beöthy Zsolttól esztétikát, Gyulai Páltól magyar irodalmat, Lóczy Lajostól földrajzot, Mágócsy Dietz Sándortól botanikát, Ballagi Aladártól történelmet, Hampel Józseftől görög művészetet, Czobor Bélától keresztény régészetet és Kövesligethy Radótól csillagászatot... Egy huszonhárom éves ifjúból, aki így eltékozolta az életét... nem lehetett más, csak író vagy múzeumigazgató. És belőlem lett mind a kettő...” (Móra, 1932)

Kövesligethynek 1893 és 1899 között több olyan tanulmánya jelent meg a *Földrajzi Közleményekben*, a *Mathematikai és Fizikai Lapokban* és a *Mathematikai és Természettudományi Értesítőben*, amelyek korabeli értelmezés szerint a földrajz tárgykörébe tartoztak (*Újabb nézetek a Föld belsejéről, A Föld alakjáról, A spontán talajmozgás egy lehetséges okáról, A földfelület morphometriájának egy új módszeréről, A földkéreg deformációja a Hold befolyása alatt, A Vezűv legújabb kitörése, A Föld alakjának és nagyságának egy helyből eszközölt holdmegfigyelések alapján való meghatározása*). Az 1890-es évek második felében Lóczy Lajossal két kötetben tervezték kiadni a tudományos földrajz kézikönyvét, de csak az első, a Kövesligethy által írt kötet jelent meg *A matematikai és csillagászati földrajz kézikönyve* címen. Ez a 911 oldal terjedelmű munka ma

is sok szempontból használható, érdekes tudományos ismeretek forrása. A magyar földrajztudománnyal kialakult szoros kapcsolata és alkotó együttműködése akkor is megmaradt, amikor kutatási tevékenységének és tudományszervezői munkájának döntő része a földrengéskutatáshoz kötődött. Ennek igazolásai az 1890-es években írt földrajzi tárgyú írásai és az elismerés, amelyben a Földrajzi Társaság részesíti, amikor 1924. évi közgyűlésén neki ítéli a Lóczy-emlékérmet. Földrajztudósi mivoltát és egyben a magyar földrajztudomány elismertségét is jelzi *Herbert Hobbs* amerikai geológus-geográfusnak a *Science*-ben megjelent beszámolója a X. Földrajzi Világkongresszusról (Róma, 1913. április), amelynek elején felsorolja a leghíresebb résztvevőket (összesen harmincegyet), akik közül négy magyar (*Cholnoky Jenő, Kövesligethy Radó, Lóczy Lajos, Teleki Pál*).

Kövesligethy elmondása szerint a szeizmológia iránti érdeklődése Ischia szigetén egy olasz tudóssal történt baráti találkozó során ébredt fel benne 1895-ben, amikor *Giulio Grablovitz*, jeles olasz földrengésszakértő, az ottani szeizmológiai obszervatórium vezetője azt mondta neki, hogy a szeizmológia tudományos kutatásához a csillagászat pontos alapjait jól ismerő tudósra van szükség. Valószínű azonban, hogy figyelme már valamivel korábban a földrengések felé fordulhatott, hiszen még ugyanebben az évben megjelent első szeizmológiai tárgyú munkája a *Mathematikai és Természettudományi Értesítőben* (*A sismikus tünetmények új geometriai elmélete*). Ennek a 44 oldalnyi, összetett matematikai eszközöket felhasználó munkának a megírásához hosszabb időre volt a szerzőnek szüksége, ha figyelembe vesszük, hogy a téma akkor még számára is új volt. Ez a munka volt egyben Kövesligethy akadémiai székfoglalója is.

A tagságra Konkoly Thege Miklós ajánlotta. A székfoglaló témaválasztása nagy meglepetést keltett, ajánlóját valószínűleg kissé bosszanthatta is. Az *Időjárás* 1897-es 5. füzetében Bencsik János nagybányai gimnáziumi igazgató tollából *Hol késik a magyar csillagászat?* címmel megjelent dolgozatra a következő számban Konkoly Thege Miklós meglehetősen temperamentumos hangvételű írásban válaszolt. Itt olvasható a következő: „Egy olyan kapacitásnak mint dr. Kövesligethy Radó az egyetemen geofizikát kell tanítania, midőn ő ugyanott csillagászatot is taníthatna.”

A későbbi fejlemények ismeretében elmondhatjuk, hogy *A sismikus tünemények új geometriai elmélete* témaválasztása nem egyszeri rácsodálkozás volt a földrengéstan kérdéseire. A szeizmikus hullámok terjedése a Föld belsejében és ezek felhasználása a földbelsőre vonatkozó ismereteink bővítésére Kövesligethy tevékenységének talán legfontosabb területévé vált.

A geofizika első évszázada 1834–1934

Ahhoz, hogy értékelni tudjuk Kövesligethy geofizikusi, szeizmológusi eredményeit, meg kell vizsgálni, hova jutott a tudományterület pályája kezdetéig, és hová fejlődött élete során. A kiválasztott időszak vége Kövesligethy Radó halálának éve. De a kezdete miért 1834? Julius Fröbel (1805–1893) német geográfus egy 1834-ben írt munkájában először használja a *geofizika* kifejezést (természetesen németül: *geophysik*) azokra a Földdel kapcsolatos, addigra már meglevő ismeretekre, amelyeket nem tudott besorolni sem a földrajz, sem az akkor már formálódó földtan és geodézia tárgykörébe. Természetesen már 1834 előtt is foglalkoztak a Föld fizikájával, és különösen a XVIII. század közepétől egy sor dolgozat, könyv jelent meg, amelyek tárgya a Föld fi-

zikai állapota. A sok közül egy hazai példa Mitterpacher Lajosnak a Magyar (értsd Pesti) Egyetem természettörténet (értsd fizika), fizikai földleírás és technológia professzorának 1789-ben megjelent *Fizikai földleírás* című könyve. A Fröbel által bevezetett *geofizika* kifejezést azonban csak a XIX. század végén kezdték használni.

Ekkor indultak az első geofizikai tárgyú folyóiratok. A legelső tisztán geofizikai folyóirat minden bizonnyal az 1880 óta folyamatosan megjelenő *Transactions of the Seismological Society of Japan* volt. Az első folyóirat, amelynek nevében a geofizika szó már szerepelt, a geofizika fejlődésében nagy szerepet játszó *Beiträge zur Geophysik* (eredetileg *Abhandlungen aus dem geographischen Seminar der Universität Strassburg*) volt (1887). A folyóirat címe később alapítója Georg Gerland strassburgi földrajz- és geofizikaprofesszor tiszteletére *Gerlands Beiträge zur Geophysik* lett, és ezen a néven vált világszerte ismertté.

Ekkor íródtak az első geofizikai szakkönyvek (Siegismund Günter, 1887: *Handbuch der Geophysik*, Stuttgart).

Ekkor nevezték ki az első geofizika-professzorokat (Maurycy Pius Rudzki [1862–1916], Krakói Jagelló Egyetem [1895]; Emil Wiechert [1861–1928], Göttingeni Egyetem [1898]).

Ekkor alakult az első geofizikai intézet: a Göttingeni Egyetemen (1898), amelyet megelőzőtt a nevében ugyan nem geofizikai Szeizmológiai Intézet a Császári Egyetemen (Japán), élén Szekija Szeikeivel (Seikei Sekiya) (1886).

A fenti évszámokat ismerve talán Kövesligethy volt a világon az első, akinek egyetemi oklevelében a *geofizika* szó szerepelt, hiszen ő magántanári képesítését „kosmográfiából és geophysikából” már 1889-ben megszerezte a Budapesti Királyi Egyetemen.

A szilárd Föld fizikai állapotával foglalkozó kutatások legfontosabb feladatai a XIX. század folyamán és a XX. század elején:

- a Föld korának problémája;
- belsejének hőmérséklete;
- átlagos nyírási modulusának kérdése;
- átlagos sűrűsége és a sűrűség mélység szerinti eloszlása bolygónk belsejében.

A Föld korának problémája

A Föld korával William Thomson (Lord Kelvin) (1824–1907) ifjúkorától élete végéig foglalkozott. Az általa kifejlesztett termodinamikai elvekre alapozva határozta meg a Föld korát. Bolygónk korát – annak lehűlését feltételezve – először a 20–400 millió éves határok közé tette. Később, pontosabb közetfizikai adatok birtokában 20–40 millió évet kapott.

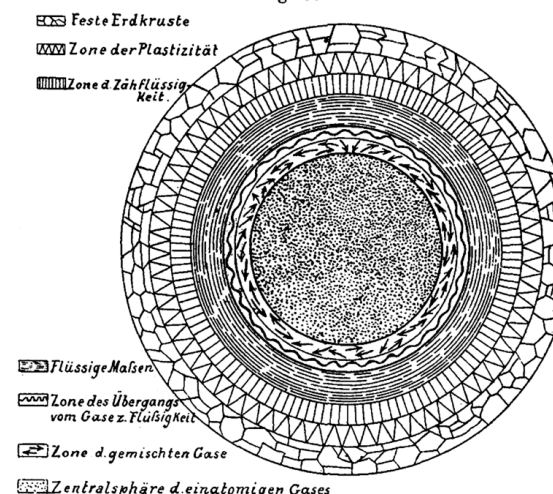
Elképzelését támadta Charles Darwin barátja, Thomas Huxley, mert szerinte a Kelvin által megadott élettartam túl rövid a fajok fejlődéséhez. Kelvint kritikával illette saját asszisztense, John Perry is, aki szerint ha felté-

telezzük a kőzetek hőkapacitásának mélység szerinti változását, a Kelvin által megadott kor akár meg is hatszorozható. Hasonlóan egyet nem értésének adott hangot Thomas Chamberlain amerikai geológus is a földtani folyamatok végbemeneteléhez szükséges túl rövid időtartam miatt. Kelvin elméletét végül az tette teljesen elfogadhatatlanná, hogy Ernest Rutherford 1904-ben felfedezte a radioaktív bomlást. Az erre alapuló radioaktív kormeghatározási módszerek gyorsan kifejlődtek, és ezek egyik úttörő kutatója Arthur Holmes 1917-ben már tudta, hogy a phanerozoikum 500 millió évvel ezelőtt vette kezdetét.

A Föld belsejének hőmérséklete

A XIX. század végén feltételezték (lásd például Siegmund Günter már említett *Handbuch der Geophysik*-jét), hogy a kőzetek 2000–2200 km mélységben már olvadt állapotúak, és a Föld közepén egy ~2400 km sugarú, gáz halmazállapotú mag helyezkedik el (1. ábra). Ez a feltételezés megdőlt, amikor Beno Guten-

Fig. 86.



1. ábra • A Föld elképzelt belső szerkezete a 19. sz. végén bolygónk belsejét zömében cseppfolyós, illetve gáz halmazállapotúnak mutatja (S. Günter: *Handbuch der Geophysik*, Stuttgart, 1897).

berg szeizmológus (Göttingen) 1914-ben nyírási és összenyomási szeizmológiai hullámsebesség-adatok alapján pontosan meghatározta a földmag sugarát, ami azt jelentette, hogy a Föld anyaga ~2900 km mélységig biztosan szilárd halmazállapotú kell, hogy legyen.

A Föld átlagos nyírási modulusának kérdése

Fröbellel egy időben az angol *William Hopkins* (aki a geofizikát még fizikai geológiának nevezte) elméleti modellt dolgozott ki ismeretlen vastagságú szilárd kéreggel borított, cseppfolyós Föld esetére. A szilárd rész vastagságára a forgástengely precessziós állandója alapján 1200–1600 km érték adódott. *William Thomson* ezt az elméletet továbbfejlesztette, és a szilárd kéreg vastagságára 4000 km-t kapott. Vizsgálatait földárapály-megfigyelésekkel szándékozott pontosítani. Ezek az erőfeszítések sokáig sikertelenek maradtak. Érdekes, hogy egy csillagász, *Ernst von Rebeur-Paschwitz* regisztrálta a világ első teleszeizmikus (távoli) földrengéshez tartozó szeizmogramját 1889-ben, Potsdamban és Wilhelmsavenben a földárapály megfigyelésére épített ingáival. Ehhez az eseményhez kötjük a modern *szeizmológia* létrejöttét. Azonban sem neki, sem az e téren nagyon aktív *George Darwinnak* nem sikerült meghatározni a Föld globális nyírási modulusát. Az első megbízható adat a Föld nyírási modulusára *Albert A. Michelson* és *Henry G. Gale* nevéhez fűződik. Az 1914-ben a Yerkes Observatóriumban végzett kísérletük eredményeként az általuk kapott érték $8,6 \times 10^{11}$ cgs egység, amely megfelel az acélra vonatkozó értéknek.

A Föld átlagos sűrűsége

és a sűrűség mélység szerinti eloszlása

A gravitációs gyorsulás első méréseit a francia dél-amerikai expedíció idején (1735-1739)

végezték a *Pierre Bouguer* (1698-1758) által kidolgozott módszer szerint. Bouguer méréseinek megismétlése a skóciai Schiehallion-hegyen 1774-ben végzett mérések alapján *Charles Hutton* és *Henry Cavendish* a Föld átlagsűrűségére $4,5 \text{ g/cm}^3$ értéket kaptak. Ezt az értéket később Hutton pontosította. Eredménye ($4,959 \text{ g/cm}^3$) jól közelíti a ma elfogadott $5,517 \text{ g/cm}^3$ értéket. Még realisabb értéket határozott meg Cavendish 1798-ban nevezetes ingakísérlete alapján: $5,448 \pm 0,033 \text{ g/cm}^3$.

Mindezek a kísérletek felkeltették a kor legnagyobb matematikusainak figyelmét. A meglévő adatok birtokában (ismert a Föld sugara, átlagsűrűsége és felszíni sűrűsége) *Adrien-Marie Legendre* (1793) és *Édouard Roche* (1848) megkísérelték meghatározni bolygónk belsejének sűrűségeloszlását, feltételezve, hogy Földünk hidrosztatikus egyensúlyban van, és a sűrűség lefelé haladva csak a hidrosztatikus nyomás következtében nő (2. ábra).

A szeizmológia kezdeti évtizedei

A Föld belsejének kutatása az 1870-1880-as években válságba került, olyan módszer híján, amely képes differenciált képet adni a bolygónk belsejében uralkodó viszonyok mélység szerinti eloszlásáról. Ebből a helyzetből szolgáltatott kiutat a szeizmológia, amelynek fizikai alapjául a rugalmasságtan és ezen belül elsősorban a rugalmas hullámok elmélete szolgál. A rugalmas hullámok terjedésének leírása a XIX. század elején alakult ki. *Simeon-Denis Poisson* (1781-1840) 1830-ban már megkülönböztette az összenyomási és a nyírási térfogati hullámokat. *Guillaume Wertheim* (1815-1862) 1851-ben hívta fel a figyelmet arra, hogy az akkori mérés technikai lehetőségek mellett ez a két hullámtípus laboratóriumi kísérletekből nem mutatható ki a minták korlátozott mérete és a hullámok nagy terje-

dési sebessége miatt. Úgy gondolta, hogy ez lehetséges lehet a földrengéshullámok megfigyelése alapján, hiszen ez utóbbi esetben a forrás és a megfigyelési hely távolsága sokszorosra a laboratóriumi minták esetének. 1885-ben *John William Strutt (Lord Rayleigh)* (1842–1919) matematikai eszközöket használva megjósolta a felületi hullámok létezését (Rayleigh-hullámok). 1911-ben *Augustus Edward Hough Love* (1863-1940) egy további típusú felületi hullám létezését bizonyította be. Az összenyomási és a nyírási, valamint a

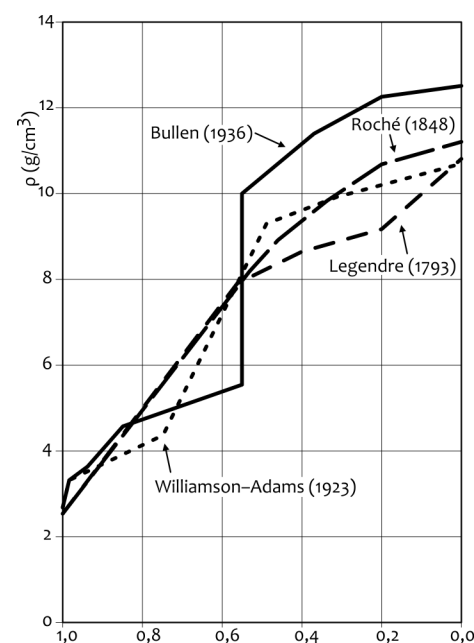
felületi hullámok jelenlétét a szeizmogramokban *Richard Dixon Oldhamnek* (1858-1936) sikerült először igazolnia 1906-ban.

Azt, hogy a földrengések keltette hullámok átjárják bolygónk egészét és hatásuk bárhol felismerhető, egy svéd csillagász, *Magnus Olaf Nyrén* (1837-1921), a Pulkovói Observatórium igazgatója ismerte fel elsőként, amikor 1887. május 10-én a tranzitműszer szintjének vibrálását kapcsolatba hozta a chilei Iquique-ben kipattant hatalmas (9,0 magnitúdójú) földrengéssel.

A földrengések megfigyelésére alkalmas szeizmométer felfedezőjének az olasz *Filippo Cecchit* (1822-1887) tekintik (1875), bár az első olyan műszeres megfigyelés, amely nem érzékelhető földrengéssel kapcsolatos, a brit *John Milne* nevéhez fűződik (1884), míg egy földrengés első teleszeizmikus műszeres észlelését a már említett Rebeur-Paschwitz (1861–1895) végezte (1889), aki megfigyelései alapján bebizonyította, hogy megfelelő érzékenységgű műszerrel a Föld legtávolabbi pontján kipattant földrengések is észlelhetők, és mivel az ezek által keltett rugalmas hullámok átjárják bolygónk egészét, felhasználásukkal meg lehet ismerni a Föld belsejének fizikai állapotváltozásait.

A fejlődés tempóját mutatja, hogy Milne 1903-ra már harmincnyolc állomásból álló világhálózatot épített ki a brit gyarmatbirodalom akkori (globális) területén. Kövesligethy tanítványa, *Szirtes Zsigmond*, a Strassburgi Nemzetközi Földrengési Szolgálat munkatársa 1908-ban elkészítette azon állomások jegyzékét, amelyekről rendszeresen kaptak megfigyelési anyagokat. Ezek száma akkor 196 volt.

Az első világháború előtt készült műszerek jelentős része Németországból, Olaszországból, Nagy-Britanniából és Oroszországból



2. ábra • A sűrűségeloszlás a Föld belsejében. Legendre (1793) és Roche (1848) modelljei az átlagsűrűség értékét használva feltételezik, hogy a sűrűség csakis a hidrosztatikus nyomás függvénye. Williamson és Adams (1923) feltételezik bolygónk anyagának rugalmasságát, és felhasználják a szeizmikus hullámsebesség értékeit. Bullen (1936) modelljében megjelenik a nagy sűrűségű mag.

származott. Ezek nagyítása már elegendő volt arra, hogy segítségükkel globális méretekben is észlelni lehessen a nagyobb ($M \geq 6$) földrengéseket. Széles körben elterjedt *Giuseppe Vicentininek* a közeli, regionális szeizmikus események megfigyelésére alkalmas műszere (1895), amelyből a Meteorológiai és Földmágnességi Intézet műhelyében is hat darab készült (Konkoly Thege Miklós által módosítva). Az *Ómori Fuszakicsi* (*Fusakichi Omori*) által 1899-ben kifejlesztett szeizmométert kisebb javításokkal sorozatban gyártotta a strassburgi J&A Bosch cég. Ez a műszer 1900-ban a párizsi világkiállításon aranyérmét nyert, és ezzel indultak 1902 januárjában a magyar műszeres megfigyelések (Budapesten és Ógyallán). Az Ómori-Bosch-inga a hosszabb periódusú hullámokra volt érzékeny, ezért alkalmas volt a távoli események megfigyelésére. Az említett szeizmométerek közös fogyatéka volt (hasonlóan az 1914 előtt használt műszerek többségéhez) a megfelelő csillapítás hiánya. Kivételt képeztek az *Emil Wiechert* által 1902-ben kifejlesztett és a Göttingenben ma is (más néven) működő Spinder&Hoyer által gyártott horizontális műszerek, valamint a *Borisz Boriszovics Galicin* által Szentpétervárott készített szeizmométerek (1906). Wiechert műszere 1905-től egészen az 1960-as évek végéig a Budapesti Földrengési Observatórium főműszere volt. Valamivel később a kalocsai Haynald Observatóriumba is került egy kisebb Wiechert-inga.

A szeizmográfok elterjedése szükségessé tette a földrengéshullámok terjedési elméletének kidolgozását. 1888-ban *Adolf Schmidt* stuttgarti tanár felismerte, hogy a hullámok pályája a Föld belsejében görbült, felfelé konkvá. Az addigra rendelkezésre álló számottevő megfigyelési anyag tette lehetővé, hogy *Karl Zieppritz* 1907-ben elkészíthette út-idő gör-

béit, amelyek alapul szolgáltak a következő évek szeizmológiai kutatásaihoz.

Már az első szeizmogramok feldolgozása megmutatta, hogy azok alapvetően három részből állnak. Milne valószínűsítette (1903), hogy a rengéshullám első fázisa összenyomási, míg a második nyírási jellegű. Oldham 1906-ban bebizonyította, hogy a szeizmogramokon először a primer (kompressziós) hullámok jelennek meg, amelyeket a szekunder (nyírási) hullámok követnek, és végül a legnagyobb amplitúdójú felületiek.

A fejlődés következő lépése volt a hullámpályák pontosítása és a hullámsebesség-értékek meghatározása különböző mélységekben. Feltételezve, hogy a sebességértékek egy adott mélységben állandók, a görbe és görbülete nem szenved el ugrásszerű változásokat, *Gustav Herglotz* Abel-típusú integrálegenlet alkalmazásával, abból kiindulva, hogy a hullám beérkezési ideje függ az általa megtett úttól és sebességétől, meghatározta a primer és a szekunder hullámok sebességét különböző mélységekben (1907).

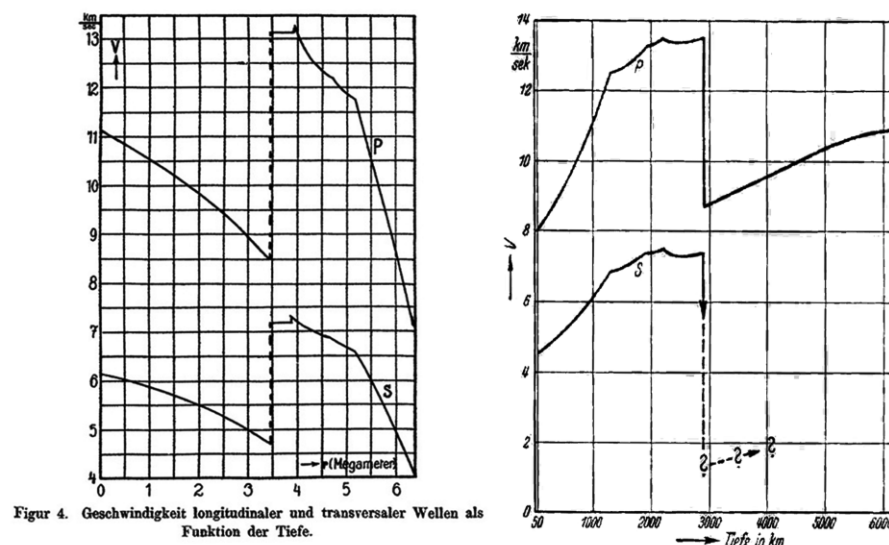
A megfigyelési eredmények feldolgozása lehetővé tette, hogy Oldham 1906-ban kimutassa a mag létezését. A földmag létezésének szükségességére először *R. R. Radau* (1885) és *Emil Wiechert* (1895) mutattak rá elméleti (nem szeizmológiai) megfontolások alapján. Náluk a mag relatív sugara 0,84, illetve 0,77. Szeizmológiai adatok alapján Oldham 0,60 értéket kapott. A mag pontos méretét Gutenberg 1914-ben határozta meg (0,55 relatív fűdsugár, ami jól egyezik a ma elfogadott 0,545-del), de a mag cseppfolyós halmazállapotát még sokáig nem sikerült igazolni (3. ábra). Az első világháború előtti évek fontos eredménye volt, hogy 1909-ben a horvátországi Kupa-folyó mentén kipattant földrengés adatainak feldolgozásából *Andrija Mohoro-*

vičićnak sikerült megmutatnia, hogy a Föld kérge néhány száz km mélységig terjed ki, és azt a köpenytől egy éles határfelület (Mohorovičić-felület) választja el.

Az első modern modellt, amely már figyelembe veszi a szeizmológiai megfigyelésekből meghatározott sebességadatokat, *Erskine D. Williamson* és *Leason H. Adams* készítették 1923-ban. 1936-ban *Inge Lehmann* kimutatja a Föld belső magját. *Keith Edward Bullen* modellje (1940) (2. ábra) már nagyjából hasonló mai elképzelésünkhöz. 1926-ban *Harold Jeffreys* szeizmológiai és földárapály-megfigyelési eredmények alapján arra a következtetésre jut, hogy a külső mag esetleg cseppfolyós. A mag folyadékjellegét csak az 1960-as években lehetett egyértelműen igazolni a cseppfolyós mag földárapályban megfigyelt rezonanciája alapján.

A földrengéskutató (1895–1930)

Kövesligethy első szeizmológiai tárgyú dolgozata az 1895-ben napvilágot látott, már említett *A sismikus tünemények új geometriai elmélete* volt, míg az utolsó szeizmológiai témájú munkája, az *Über die Massenverteilung im Innern der Erde* 1930-ban jelent meg. A megjelent dolgozatok jegyzékét áttekintve ugyanakkor meg kell állapítani, hogy kutatásai eredményeiről szóló rendszeres beszámolóit 1914-ig tartottak. Ahhoz, hogy a kutatómunkához Kövesligethy rendelkezésére álló harmincöt vagy inkább tizenkilenc év eredményeit értékelni tudjuk, figyelembe kell vennünk, hogy tevékenysége kezdetekor még nem indultak meg a földrengéshullámok terjedési körülményeit tisztázó kutatások, a göttingeni iskola (Herglotz, Zieppritz, Wiechert,



Figur 4. Geschwindigkeit longitudinaler und transversaler Wellen als Funktion der Tiefe.

3. ábra • Gutenberg a mag méretét már 1914-ben pontosan meghatározta, de halmazállapotát szilárdnak vélte, hiszen abban terjednek a nyírási hullámok. Láthatóan a mag cseppfolyósságában még 1932-ben sem volt biztos.

Gutenberg), eredményei csak 1906-tól álltak rendelkezésre, és ugyanebben az időben tisztázta Oldham a földrengéshullámok fizikai természetét. Tehát Kövesligethy hullámterjedéssel kapcsolatos, 1895-ben megkezdett és 1914-ig tartó kutatásai teljesen úttörő jellegűek voltak. Ugyanakkor egész pályafutása során nélkülöznie kellett a megbízható földmodellt, a sűrűségeloszlásról 1940-ig nem volt megbízható kép, bár vitathatatlanul fontos, hogy 1906-tól bizonyított volt a nagy sűrűségű mag létezése, és a kéreg-köpeny határon bekövetkező éles változásokról 1909-től tudunk. A földbelső rugalmas tulajdonságai, a sebességmodellek 1910-től egyre pontosabbak, de ez már kutatói tevékenységének második felére esik. A Föld kora 1904 után kezdett tisztázódni, a hőmérséklet-eloszlás bolygónk belsejében pedig még ma sem tisztázott teljes mértékben.

Kövesligethy elméleti kutatásainak központjában a földrengések geometriai elméletének kidolgozása állt. Már említett, 1895-ben megjelent első dolgozata a maga nemében úttörő volt, hiszen ebben található meg első alkalommal egy átfogó szeizmológiai hullámterjedési elmélet. Célja a szeizmológiai állomások által rögzített mikroszeizmikus adatok feldolgozásának lehetővé tétele volt. Munkájában, a későbbi kutatókhoz hasonlóan, a rengés forrását pontszerűnek tekinti, bolygónk belsejét homogén és rugalmas gömbhéjakból felépítettnek tételezi fel, a földrengéshullámok görbült pályát követnek, amit a newtoni fénytörési tétel és – jobb híján – a Roche-féle sűrűségmodell határoz meg (2. ábra). Elgondolása szerint a földrengéshullámok bolygónk belsejében kúpszeletek mentén terjednek (a megfelelő szeizmikus út-idő görbék hiányában akkor ez elfogadható közelítésnek tűnt). A témával a következő évek-

ben többször is foglalkozik még, és módszerét a hazai folyóiratok (*Földtani Közlöny*, *Földrajzi Közlöny*, *Matematikai és Természettudományi Értesítő*) mellett a *Gerlands Beiträge zur Geophysik* és a *Bollettino della Società Sismologica Italiana* különböző számaiban is ismerteti. Geometriai elméletét könyv formájában foglalja össze a Modenában 1906-ban, az Olasz Szeizmológiai Társaság támogatásával latin nyelven megjelent *Seismonomia: In honorem I. Consensus Associationem Internationalem Seismologicam Procurantium Romam convocati*-ban (4. ábra). Bonyolult elmélete gyakorlati felhasználását megkönnyítő mun-

7844

SEISMONOMIA

IN HONOREM

I. CONSENSUS ASSOCIATIONEM INTERNATIONALEM SEISMOLOGICAM

PROCURANTUM ROMAM CONVOCATI

SCRIPTUM

R. DE KÖVESLIGETHY

PROFESSOR HUNGARUS,

PUBLICANDAM CURAVIT

SOCIETAS SEISMOLOGICA ITALICA

JUN 2



AKADÉMIAI KÖNYVTÁR
FÖLDTANI
KÖNYVTÁR

MODENA
COI TIPI DELLA SOCIETÀ TIPOGRAFICA
ANTICA TIPOGRAFIA SOLARI
1906.

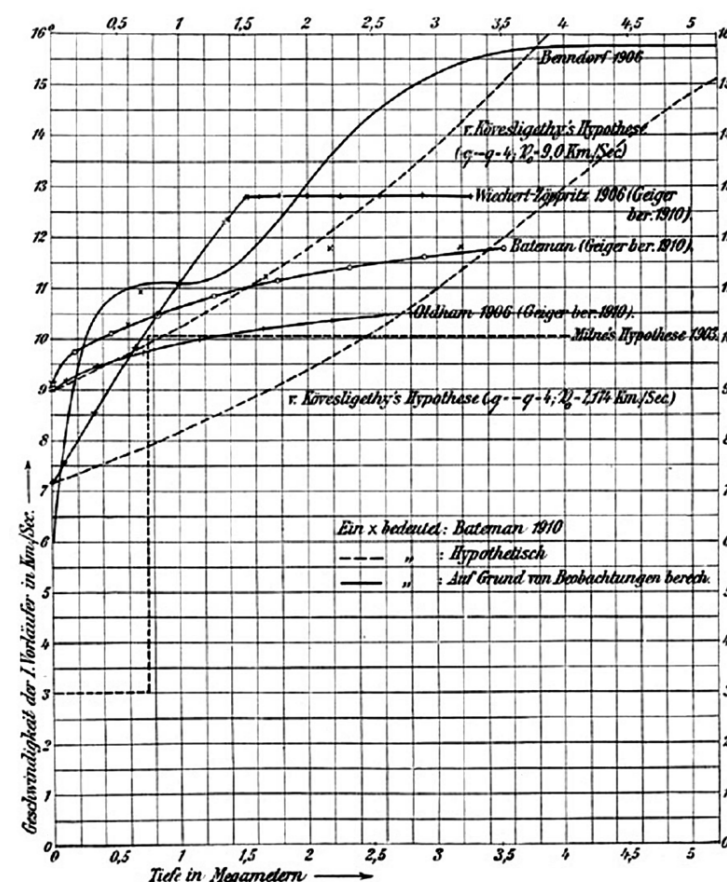
4. ábra • A latin nyelven írott *Seismonomia* címlapja. Az ISA első római konferenciája tiszteletére készült művet az Olasz Szeizmológiai Társaság adta ki (1906).

kát is publikált: *Szeizmikus elemek számolása és a cerámi rengés*. (*Földrajzi Közlemények*, 1905). Eljárása segítségével több (legalább hat) földrengés-megfigyelő állomás adatai alapján a földrengések hat paraméterét számította:

- a kipattanás idejét,
- az epicentrum földrajzi hosszúságát,
- az epicentrum földrajzi szélességét,
- a rengés fészkenek mélységét,

- a hullámok terjedési sebességét,
- a földfelszíni rétegek törésmutatótól függő állandóját.

Kövesligethy elmélete alapján meghatározta a földrengéshullámok terjedési sebességét a mélység függvényében. Az általa kapott értékek közelítőleg megegyeztek a korabeli megfigyelési adatokból adódó szeizmikus sebességekkel (5. ábra).



5. ábra • Wiechert és Geiger ábrája (1910) a földrengéshullámok sebességét mutatja a mélység függvényében. A Kövesligethy hullámterjedési elméletéből adódó értékek nagyságrendileg megegyeznek az akkori legmodernebb mérési eredményekből adódókkal. Az eltérések oka (különösen a mag-köpeny határ környékén) a mérési bizonytalanságok mellett az, hogy Kövesligethy elméletében kénytelen a Roche-féle sűrűségmodellt használni, amely nem tartalmazza a nagy sűrűségű földmagot.

Tanítványa, a később matematikusként világhírré szert tett *Egerváry Jenő* a *Mathematikai és Fizikai Lapok* 1917. évi 1-3. füzetében (egyidejűleg a *Gerlands Beiträge zur Geophysik*-ben is) megjelent dolgozatában megmutatta, hogy Kövesligethy mikroszeizmikus elmélete egybevágó eredményeket szolgáltat Gustav Herglotz és Emil Wiechert későbbi eredményeivel, amelyek a földrengéshullámok terjedésével foglalkozó későbbi kutatómunka alapjául szolgáltak. Itt kell megemlíteni Kövesligethy egy másik matematikus munkatársának, *Jordán Károlynak*, a hazai statisztikai kutatások megteremtőjének szintén a témába vágó dolgozatát: *La propagation des ondes sismiques* (1907).

Elméletének lényeges továbbfejlesztéseként módszert dolgozott ki a földrengéshullámok kilépési szögének meghatározására. Ez az adat nagyon fontos a földrengések fészekmélységének meghatározásához (*Gerlands Beiträge zur Geophysik*, 1906, XII). Kövesligethy erről a kérdéstről előadást is tartott a Nemzetközi Szeizmológiai Társaság (ISA) második konferenciáján Hágában (1907). A kilépési szög csak vertikális szeizmométer segítségével határozható meg. Borisz Boriszovics Galicin Kövesligethy előadásának hatására kezdte meg nevezetes vertikális műszerének megépítését (6. ábra). Ez az 1910-ben elkészült műszer volt az első megfelelő minőségű vertikális szeizmométer a világon.

Kövesligethy *Seismonomia* című könyvében eljárást ad az érezhető földrengésekből adódó makroszeizmikus intenzitás értékein alapuló fészekmélység-meghatározáshoz. Ez nagyon fontos volt a XX. század elején tevékenykedő kutatók számára, hiszen a fészek aránylag csekély mélységét az akkori nagyon ritka hálózat és a vertikális műszerek fejletlensége miatt csak ritkán és pontatlanul lehetett

megállapítani. Az általa *Adolfo Cancani* olasz szeizmológus tiszteletére Cancani-féle egyenletnek nevezett összefüggésből indul ki:

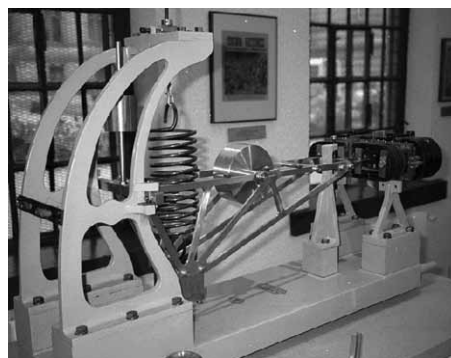
$$I = 3 \times \lg(4/3 \times A).$$

(I az intenzitás, A a gyorsulás). Ennek az egyenletnek az átrendezésével adódik Kövesligethy képlete – figyelembe véve, hogy a gyorsulás függ a h fészekmélységtől, az r epicentrális távolságtól és az a abszorpció állandótól:

$$I - I_0 = 3 \times \lg(h/r) - 3 \times r \times (1-h/r) \times a.$$

Ez volt a fészekmélység meghatározását lehetővé tevő első eljárás a világon, de napjainkig használják. Makroszeizmikus módszere a XX. század elején általánosan elterjedt, munkatársai, elsősorban *Jánosi Imre* és *Pécsi Albert*, azt alkotó módon használták és továbbfejlesztették.

Mikro- és makroszeizmikus elméleteinek felhasználásával ő és tanítványai több földrengés fészekmélységét határozták meg (*Schwalb Amadé* az 1902-ben kipattant japán, *Halász Rezső* az 1904. évi balkáni, *Róna Gyula* az 1899-es cerámi, *Starmann Béla* egy balkáni, *Fenyves Jakab* az 1906. évi kolumbiai, *Hille Alfréd* a Calabriát 1905-ben pusztító, *Csengeri Margit* az 1913-as balkáni földrengését). Ezen számí-



6. ábra • Galicin vertikális műszerének egyik 1910-es (Strasbourgban fennmaradt) példánya

tások alapján 1913-ban arra az eredményre jutott, hogy „a Föld nagyobb részén érezhető rengések fészekmélysége 36 km körül jár” (Kövesligethy, 1913, TT Közlöny). Ez a mélységadat nagyszerűen egyezik az $M^{3,7,0}$ méretű földrengésekre vonatkozó és az 1900–2011 időszakot magában foglaló globális katalógusunk alapján közzétett eredménnyel (Varga, 2011). Mivel ebben az időben még nem állt rendelkezésre információ a sűrűség és a hőmérséklet földugár menti eloszlásáról, és Gutenberg 1914-ben kapott sebességadatait sem ismerhette meg, arra a következtetésre jutott, hogy a módszerével meghatározott 36 km-s fészekmélység a földkéreg alsó határát jelöli ki, ami alatt a kőzetek már olvadt állapotban vannak.

Az 1910-es évektől egyre több figyelmet fordít a földrengések fészkeiben lejátszódó folyamatok vizsgálatára és ezzel kapcsolatban a földrengésprognozsis lehetőségére. A földrengések utóregéseinek tanulmányozása alapján felismeri, hogy a földrengés-utóhatás időbeli változása a kőzetek rugalmas tulajdonságainak változásával kapcsolatos. „A terjedésssebesség csökkenése növekvő feszültségre és ezzel új rengés érlelődésére utal” – írja 1913-ban. Feltételezi továbbá, hogy az utóregésekhez hasonlóan „intőregéseknek”, mai szóhasználattal előregéseknek is létezniük kell. Köztudottan a földrengések prognózisa mind a mai napig megoldatlan (és várhatóan még huzamosabb ideig az is marad). Ennek ellenére az általa már 1911-ben felvetett probléma akkor nagyon újszerű volt, és a szeizmo-

lógiai prognosztikai kutatások jelentős része még az 1980–1990-es években is arra irányult, hogy hogyan lehetne meghatározni a geológiai közegben terjedő rugalmas hullámok sebességváltozásait.

Valószínűleg *Thomas Corwin Mendenhall* amerikai fizikus volt az első, aki a földrengések energiájának meghatározásával foglalkozott. A charlestoni (1886) és tokiói (1887) földrengések esetére egyaránt $2,5 \times 10^{13}$ joule-t kapott. Kövesligethy 1897 és 1904 között írt dolgozataiban feltételezte, hogy a pólusok elmozdulásai teljes mértékben földrengések energiájává alakulnak át. Az így feltételezhető energiaváltozás, nagyságrendileg 10^{18} joule, nem tekinthető irreálisnak, bár a kiindulási feltevés mai szemmel téves. Ma már tudjuk, hogy a pólusmozgásoknak csak kisebb része hozható kapcsolatba a földrengések hatásával. A Kövesligethy által felhasznált mino-ovari (Japán, 1891; $M_s=8,0$) földrengéshez mai tudásunk alapján feltételeesen rendelhető pólus-elmozdulás ~ 3 cm. Ez az elmozdulás akkoriban természetesen nem volt észlelhető. A jelenlegi mérési hiba $\pm (2-3)$ cm. Az általunk számított, illusztrációnak szánt adatok: 1. táblázat.

Valamivel később Galicin (1915) eredménye a pamíri földrengés (1911; $M_s=7,6$) esetére 6×10^{16} joule volt.

Kövesligethy szívesen és többször foglalkozott a földrengésekkel kapcsolatos gyakorlati kérdésekkel. Több szakvéleményt készített a MÁV, a pénzügyminisztérium és magán-személyek részére. Így például az 1911. október

	év	magnitúdó	energia	pólusmozdulás
Chile	1960	9,5	5×10^{19} joule	60 cm
Tohoku	2011	9,0	2×10^{18} joule	5 cm

1. táblázat

29-i kissármási gázkitöréssel kapcsolatos vitás kérdésben munkatársaival (*Wodetzky Józseffel és Strömpl Gáborral*) közösen kimutatta, nem a fúrás során elkövetett hiba, hanem földrengés okozta. A bíróság e szakvélemény alapján az állam, illetve a pénzügyminisztérium ellen indított többmillió kártérítési pert megszüntette (*Bányászati és Kohászati Lapok*, 1912). Intézetének munkatársaival beható vizsgálat tárgyává tették „Budapest egyes kerületeinek földrengésekkel szemben tanúsított ellenálló-képességét” (Kövesligethy, 1927).

*Kövesligethy tanítványai
és hatása a magyar tudományos életre*

„Az Egyetemen a csillagászati földrajz és geofizika, valamint a csillagászat és a földrengéstan

köréből hirdetett előadásainak heti óraszámra elérte a 8-12-t. Ezen kívül sokszor maga vezette a kozmográfiai gyakorlatokat. Munkabírása csodálatos s előadási mindig a legprecízebbek. Mind gyakoribbak voltak a szeizmológia köréből hirdetett előadásai és kiváló kutatókat nevelt. Hallgatói lelkesedtek a kitűnő előadóért, aki a legnehezebb kérdéseket is könnyedén levezetve, érthetően fejtette ki.” (Réthly Antal, 1963).

1905 és 1920 között harmincöt Kövesligethy-tanítvány szerzett doktorátust. Közülük szeizmológiában tizenöt, meteorológiában kettő, földrajzban tizenkettő, matematikában egy, csillagászatban öt (2. táblázat).

Az 1920-tól nyugdíjazásáig (1933. január 1.) terjedő időszakban csak négyen doktorál-

vizsgáló	év	bírálok
Schwalb Amadé	1906	Kövesligethy Radó és Lóczy Lajos
Szirtes Zsigmond	1906	Kövesligethy és Lóczy Lajos
Vadász Elemér	1907	Kövesligethy és Lóczy Lajos
Jánosi Imre	1907	Scholtz Ákos és Kövesligethy Radó
Pécsi Albert	1908	Kövesligethy és Lóczy Lajos
Sávoly Ferenc	1908	Kövesligethy és Lóczy Lajos
Wodetzky József	1909	Kövesligethy és Beke Manó
Róna Gyula	1909	Kövesligethy és Lóczy Lajos
Strömpl Gábor	1909	Kövesligethy és Koch Antal
Anghern Tivadar	1910	Kövesligethy és Fröhlich Izidor
Millaker Rezső	1910	Kövesligethy és Koch Antal
Starmann Béla	1910	Kövesligethy és Koch Antal
Hille Alfréd	1914	Kövesligethy és Fröhlich Izidor
Egerváry Jenő	1914	Kövesligethy, Beke Manó, Fejér Lipót
Csengeri Margit	1916	Kövesligethy és Papp Károly
Szilber József	1919	Kövesligethy és Szirtes Zsigmond
Moravetz (Móra) Károly	1930	Kövesligethy és Rybár István
Simon Béla	1931	Kövesligethy és Papp Károly
Vajk Raul	1932	Kövesligethy és Rybár István
Tibor Mátyás	1932	Kövesligethy és Tangel Károly

2. táblázat • Kövesligethy doktoranduszai, akik szerepet játszottak a hazai tudományos életben

tak nála. A csökkenés oka a Tanácsköztársaság alatti tevékenységét kifogásoló egyetemi fegyelmi eljárás 1919 őszétől 1924 szeptemberéig, amelynek ideje alatt megvonták tőle az oktatás jogát. Doktoranduszai közül *Szirtes Zsigmond* 1906 és 1914 között a strassburgi Nemzetközi Földrengési Központ kinevezett tudományos munkatársa volt (a központban az igazgató mellett csak egy állandó tudományos státus volt, az övé). Szirtes szerkesztette a központ által kiadott globális földrengéskatalógusokat és -térképeket. Számos elméleti dolgozata jelent meg. Annak ellenére, hogy a világháborúban kitüntette magát, a Tanácsköztársaság után Szirtest eltávolították az egyetemről, ahova többé nem térhetett vissza.

Kövesligethy csak halála előtt néhány hónappal tudott két asszisztensi állást biztosítani a Földrengési Observatórium részére, amelyeket *Simon Béla*, aki utóda lett az Observatórium igazgatói posztján és *Szilber Józsefné Csengeri Margit*, a mikroszeizmikus bulletinek szerkesztője nyert el, és így biztosítottá vált a magyar szeizmológiai szolgálat további működése.

A Kövesligethy vezette intézmény számos olyan tudóst is magához kötött, akik nem voltak tanítványai a szó hivatalos értelmében, de odavonzotta őket szellemisége és az általa a szeizmológia iránt felkeltett érdeklődés. Már említettük Egerváry Jenőt és Jordán Károlyt. Réthly Antal elsősorban meteorológusként ismert. Kövesligethy kérésére az observatórium külső munkatársa lett. Az ő nevéhez fűződik a magyar makroszeizmikus katalógus megalkotása, 1912-ben elkészíti *Magyarország földrengési térképét*. A hazai meteorológia fejlődésében később jelentős szerepet játszott *Marczell György* telepítette az első magyar szeizmológiai állomásokat (Ógyalla, Temesvár, Budapest), és képezte ki azok személyzetét.

Érdekes hatással volt kortársaira és az idősebb nemzedékre is. Mentorai közül Lóczy Lajost már korábban is foglalkoztatták a földrengések (1880-ban és 1881-ben két érdekes tanulmányt írt a *Természettudományi Közönyben* erről a témáról). Lóczy érdeklődésének további jele, hogy felkérte Réthly Antalt, hogy írjon egy földrengésekről szóló monográfiát az általa szerkesztett *A Balaton tudományos tanulmányozásának eredményei* című monográfiához (1912). Ugyancsak Lóczy írt ismertetőt az első világháború előtt létesült állomások földtani környezetéről. Eötvös Loránd figyelme is a földrengéskutatás felé fordult. A nemzetközi szeizmológiai együttműködés létrehozása érdekében szervezett második nemzetközi értekezleten (Strassburg, 1903) Kövesligethy felolvassa Eötvös levelét a gravitációs megfigyelések szeizmológiai felhasználhatóságáról. „Mert ha a cél a földkéregben előálló változások, s a velük járó tünetek megfigyelése, akkor az első dolog mégis csak lehetőleg behatolni eme kéreg jelenállapotának rejtélyeibe.” És ennek kulcsa a gravitációs módszerrel megismerhető „rejtett mélységekben” elhelyezkedő tömegek. 1906-ban a Nemzetközi Szeizmológiai Társaság római kongresszusán Kövesligethy felolvasta értekezését (*Programme des recherches gravimétriques dans les régions vésuviennes*) a torziós ingák lehetséges szerepéről a vulkanológiai kutatásokban. A kecskeméti földrengést követően terepi kutatási terveit módosítva ingáit az epicentrális területre irányította. Ezek mérési eredményeit a mágneses mérések eredményeivel együtt a Réthly által készített izoszeisza-térképen ábrázolta. Ez a térkép a magyar geofizika első világháború előtti egyik fontos dokumentuma, amely számottevő mértékben hozzájárult a földrengéssel kapcsolatos mélységi folyamatok értelmezéséhez.

Eredményeiről Eötvös nagy hatású előadásban számolt be (*Über Arbeiten mit der Drehwaage Ausgeführt im Auftrage der Königlich Regierung in den Jahren 1908–1911 címen* 1912-ben, a berlini a XVII. Allgemeine Konferenz der Internationalen Erdmessung-on). Szeizmológiai érdeklődést váltott ki a tevékenységét kritikával szemlélő *Cholnoky Jenő* is, aki Kolozsvárott szeizmológiai állomást szervezett, amelynek munkáját biztosítandó egy korszerű Mainka-ingapárt szerzett, továbbá tanulmányt írt az 1911-ben Kecskemét körzetében kipattant földrengésről.

A korábbi doktoranduszok jelentős része vett részt hosszabb-rövidebb ideig a Kövesligethy vezette tanszék, valamint a Földrendési Observatórium (Pécsi Albert, Réthly Antal, Strömpl Gábor) és a Magyar Földrendési Számláló Intézet (Jordán Károly, Jánosi Imre, Vargha Zoltán) munkájában.

A Budapesti Földrendési Observatórium és a magyarországi szeizmológiai állomások 1918 előtt

Kövesligethy Radó „őfelsége 1904. március 15-én kelt legfelsőbb elhatározása szerint (ügyiratszám 23 971/1904)” nyilvános rendes tanár lett, tanszékének neve 1911-ig Kozmográfiai Tanszék majd Intézet, 1913 és 1932 között Kozmográfiai és Geofizikai Intézet. 1905 októberében kerül sor az átköltözésre az egyetem központi épületéből a régi képviselőház épületébe (Sándor – ma Bródy Sándor – utca 8.). Röviddel ezt követően, 1905. december 7-én a Bölcsész Kar tanácsülésén „Kövesligethy ny.r.t. előterjesztést tesz, hogy az egyetem földrajzi intézete kebelében az intézet igazgatójának (értsd: Lóczy Lajos) hozzájárulásával egy seismológiai observatórium létesítésék, a melynek vezetésével ő (értsd: Kövesligethy Radó) bizassék meg... A kar hozzájárul, és

pártoló felterjesztést tesz”. Az így 1905 végén létrejött geofizikai intézmény hivatalos neve Királyi Magyar Tudomány Egyetemi Földrajzi Intézet Földrendési Observatóriuma. Később, amikor Kövesligethy intézete 1911 február-márciusában a Műegyetem által felszabadított Múzeum körút 6-ba költözik, és kapcsolata a Földrajzi Intézettel megszakad, az observatórium nevéből is kimarad a Földrajzi Intézet.

A Földrendési Observatórium első irodái tehát a Földrajzi Intézetben találtak elhelyezést. A műszerek a Nemzeti Múzeum pincéjébe kerültek. Greffer vállalkozó 400 koronát adományozott alapozási munkálatokra. A többi költséget és a folyó kiadásokat a Vallási és Közkutatásügyi Minisztérium állta. Ide kerültek az eddig a Földtani Intézetben működő Bosch- és Konkoly–Vicentini-ingák. Az Akadémia 5000 koronát szavazott meg az akkor legmodernebb Wiechert-féle horizontális szeizmométer beszerzésére. Közvetlenül az első világháború kitörése előtt sikerült egy vízszintes Galicin-szeizmométert is beszerezni. Az observatórium munkatársai ekkor Pécsi Albert és Jánosi Imre voltak. A műszerek beszabályozását Marczell György végezte. A műszerek egészen az 1960-as évekig maradtak a Múzeum pincéjében. Ez az elhelyezés, mint az hamarosan kiderült, nem bizonyult szerencsésnek. A városi forgalom már kezdetben is nagyon zavarta a megfigyeléseket. Ehhez járult még, hogy az observatórium által használt pincehelyiségek nagyon nedvesek voltak.

Kövesligethynek nyugdíjazásakor (1933. január 1.) a Földrendési Observatórium irodáját az egyetemi intézet helyiségeiből a Semmelweis utca 2-be kellett költöztetnie.

A Földrendési Observatóriummal egy időben alapította Kövesligethy a Magyar Földrendési Számláló Intézetet, amelynek

feladata elsősorban a szeizmogramok feldolgozása volt. Vezetője Jordán Károly, munkatársai pedig Jánosi Imre és *Vargha Zoltán*. 1911-ben Jordán távozott posztjáról. Ekkor Kövesligethy a Számláló Intézet vezetését is magára vállalta, majd a húszas években megszüntette.

Az első világháború előtt az akkori Magyarország területén a budapestivel együtt nyolc szeizmológiai állomás létesült: Temesvár (1901), Ógyalla (1902), Budapest (1902), Kalocsa (1900 előtt), Fiume (1903), Zágráb (1906), Ungvár (1909), Kolozsvár (1911). Ezeket az állomásokat részben a Meteorológiai és Földmágnességi Intézet (Temesvár, Ógyalla, Ungvár), részben egyetemek (Budapest, Zágráb, Kolozsvár), valamint a Kalocsai Érsekség és a fiumei Magyar Királyi Tengerészeti Akadémia létesítették, illetve üzemeltették. Kövesligethy tekintélyének köszönhető, hogy ezen állomások működési jelentései egységesen jelentek meg *Évi jelentés a magyar szent korona országainak földrengési állomásairól* címmel. Az állomások élén jeles és érdekes életrajzú személyek álltak. A budapesti és az ógyallai állomás felügyeletét Pécsi Albert látta el, aki szeizmológiai témát választott doktori értekezésében, később vetülettani és természetföldrajzi értekezéseivel tűnt ki. Kalocsán a szeizmológiai megfigyeléseket *Fényi Gyula* végezte, aki a naplégkör fizikájának kutatója volt, a protuberanciák jelenségével kapcsolatos vizsgálatai ismertté tették nevét világszerte. Zágrábban Andrija Mohorovičić, a XX. század egyik leghíresebb geofizikusa állt az állomás élén. *Berecz Ede* eredetileg zenészerző volt. Karmesterként is tevékenykedett. Személyes kapcsolatban állt Liszt Ferencel és Erkel Ferencel. 1897-ben Temesváron saját telkén meteorológiai állomást létesített, ahol előbb szeizmoszkóppal, majd

Vicentini–Konkoly-féle szeizmométerekkel folytattak a megfigyeléseket. Fiumében a szeizmológiai megfigyeléseket egy osztrák fizikus, *Ernst Mach* munkatársa, a fotográfia egyik úttörője, *Peter Salcher* végezte. Nemzetközi hírnevet szerzett a gyorsfényképezés terén, hanghullámokat és lövedékeket röptükben fényképező készüléket fejlesztett ki. A kolozsvári állomásra Cholnoky Jenő egy akkor korszerű Mainka-féle szeizmométert szerzett be. Cholnoky neve közismert, a XX. századi természetföldrajzi kutatás egyik legjelentősebb képviselője. Az egyetemen munkatársa *Kenessey Kálmán* volt, aki 1911 után Ógyallára került, ahol földrengési és időjárási kutatások mellett csillagászatot is foglalkozott. 1921 után a csehszlovákiai kezelésbe került observatórium vezetője, egyúttal a dél-szlovákiai magyar lakosság egyik szellemi irányítója is volt. Meg kell még emlékezni *Gulovics Tihamér* ungvári középiskolai tanárról, az ottani meteorológiai állomás vezetőjéről, aki nem kevés nehézség ellenére eredményesen működtette az állomás szeizmológiai műszereit is.

Kövesligethy és Réthly korabeli dolgozataiból tudjuk, hogy további szeizmológiai állomások létesítését tervezték Brassóban, Sárospatakon, Segesvárott, Lőcsén és Pécsen. Ezek a tervek valószínűleg nem valósultak meg. Kívételt talán Pécs jelent, ahol működött egy szeizmoszkóp, amely csak a földrengéshullám beérkezésének tényét volt képes jelezni (csengetéssel), de szeizmogramot nem szolgáltatott.

Az első világháború előtti szeizmológiai hálózatunk állomássűrűsége megfelelőnek mondható. August Heinrich Sieberg-féle híres *Erdbebenkunde* öt magyar állomást említ. Ugyanebben a jegyzékben Németország neve mellett hat, Ausztriáé mellett hét, Belgiumé mellett öt állomás szerepel, míg Spa-

nyolcországból csak egyet említ. Ugyanakkor az állomásainkon használt műszerek minősége nagyon vegyes képet mutat: a Wiechert- és a Mainka-típusú műszerek erősítése és csillapítása korszerű volt, míg a Bosch-, a Vicentini- és a Konkoly–Vicentini-féle szeizmométerek ekkorra már elavultak (3. táblázat).

A Nemzetközi Szeizmológiai Társaság főtitkára

A földrengések globális megfigyelhetőségének lehetőségét Nyrén nyomán Milne sejtette meg az 1880-as években, és Rebeur-Paschwitz bizonyította 1889-ben végzett megfigyeléseivel. Ebben az időben vált nyilvánvalóvá, és ezen a téren Kövesligethy tevékenysége is jelentős hatással bírt, hogy a földrengéshulámok terjedése bolygónk belsejében lehetővé teszi annak szerkezeti megismerését. Mindezen felismerések vezettek oda, hogy Georg Gerland, a Strassburgi Egyetem földrajzprofesszora a VI. Nemzetközi Földrajzi Kongresszus (London, 1895) számára javaslatot fogalmazzon meg nemzetközi összefogásra a földrengéskutatás terén. A VII. Nemzetközi Földrajzi Kongresszus (Berlin, 1899) konkrét ajánlást tett nemzetközi földrengési értekezlet összehívására az együttműködés módozatainak kidolgozására. Az ennek megfelelően összehívott első és második nemzetközi szeizmológiai értekezleten (Strassburg, 1901 és 1903) kidolgozták az ISA (International Seismological Association) működését meghatározó szabályokat. Az 1916-ig hatályos egyezmény aláírására az Akadémiák Nemzetközi Szervezetének tanácskozást követően (Frankfurt, 1905. május) a harmadik nemzetközi szeizmológiai konferencián (Berlin, 1905. augusztus) került sor tizennyolc állam képviselői részéről. Ma-

gyarország az 1904. május 3-i minisztertanácsi határozattal csatlakozott az egyezményhez. Mivel a világháború éveiben nem volt mód az ISA működését a létrehozó egyezmény előírásainak megfelelő zárókongresszussal befejezni, az ISA működését lezáró felosztató kongresszusra csak 1922 áprilisában kerülhetett sor.

Az ISA elnökei voltak: *Luigi Palazzo* olasz meteorológus (1905–1907), *Arthur Schuster* német származású manchesteri fizikus (1907–1911), *Borisz Boriszovics Galicin* orosz szeizmológus (1911–1916), *Georges Lecoq* sarkkutató, a Belga Királyi Obszervatórium igazgatója (1916–1922). Az ISA működésének teljes időtartamára Emil Wiechert javaslatára Kövesligethy Radót választották meg főtitkárnak. Kövesligethy ekkorra már világhírű geofizikus volt. Ezen túlmenően közismert volt nagy nyelvismerete, diplomáciai érzéke és hatalmas munkabírása. „A hágai kongresszuson, mint főtitkár, mivel a hivatalos nyelv a francia volt, Kövesligethy a német, angol és olasz nyelvű előadásokat franciául stenografálta, majd – még a legnehezebb elméleti tárgyakat is – franciául szabadon tolmácsolta. A mellettem ülő E. Tams »unglaublich«-nak mondotta ezt a csodálatos nyelv- és szakmabeliséget, és az olasz E. Oddone száján ismételtén kiszaladt a »mirabile« szó» (Réthly Antal visszaemlékezése, 1962) (az idézetben említett *Emilio Oddone* olasz szeizmológus lett az első világháború utáni években az ISA utódszervezeteként 1922-ben a Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Unió keretein belül létrehozott Szeizmológiai Szekció elnöke egészen az 1930-as évekig). Kövesligethy szerkesztette és Budapesten adta ki az ISA összes rendezvénye tevékenységéről szóló köteteket.

A Nemzetközi Szeizmológiai Társaság tevékenységének legfontosabb eredménye,

műszer típusa	év	nagyítás
Ewing, egyszerű inga	1879	6
Ewing, vízszintes inga	1883	4–6
Gray-Ewing, vertikális	1882	6
Rebeur-Paschwitz, vízszintes	1889	100
Agamennone, vízszintes	1893	10
Cancani vízszintes	1894	10
Vicentini, vízszintes	1897	80
Vicentini, vertikális	1889	130
Milne, vízszintes	1894	6
Grablovitz, vízszintes	1896	6
Omori-Bosch, vízszintes	1899	10
Wiechert 1000 kg, vízszintes	1904	200
Mainka 135 kg	1904	60
Mainka, 450 kg	1908	250
Galitzin,* vízszintes	1911	1000
Galitzin, vertikális	1910	1000
Milne vízszintes	1915	150–250
Quervain-Piccard 3 komponens, 21 t	1924	1500
Quervain-Piccard, hordozható	1913	180
Anderson-Wood	1925	2800
Kirnos, vízszintes	1945	1000–2000
Kirnos, vertikális	1947	1000–2000

3. táblázat • Szeizmométerek nagyításának csúcscéltékei (Dőlt betűvel szerepelnek a Magyarországon is használt műszerek)

* Borisz Boriszovics Galicin neve alapján korabeli írásmóddal

hogy kialakította a nemzetközi együttműködés lényegében ma is érvényes formáit a földrengéskutatás terén (nemzetközi szeizmológiai központ működése, nemzetközi adatcsere formái, egységes szeizmológiai nomenklatúra bevezetése), amiben Kövesligethynek mint az ISA munkáját szervező főtitkárnak jelentős szerepe volt. Ezen túlmenően:

- A strassburgi Központi Irodában elkészült tizennyolc globális és regionális földrengéskatalógus és bulletin a makro- és mikroszeizmikus eseményekről (az 1903 és 1908 közötti időszakra; nyolc mikroszeizmikus katalógus szerkesztője Szirtes Zsigmond, Kövesligethy tanítványa). A globális mikroszeizmikus katalógusok átte-

kintése alapján megállapítható, hogy azok tartalmazzák az összes, 6-nál nagyobb magnitúdójú földrengést.

- Húsz monográfia és tanulmány megjelenítése a szeizmológia különböző területeiről (makroszeizmikus módszerek, műszerezettség, fészkek koordinátáinak meghatározási módszerei, speciális kiadványok a legnagyobb földrengésekről). Négy munka szerzője Szirtes.
- Negyvenkilenc tanulmányt írtak az ISA Központi Iroda munkatársai 1914 előtt. Ezek közül tizennégy szerzője Szirtes (négy cikknél szerzőtársa Emil Rudolph).
- A makro- és mikroszeizmikus bulletinek egységesítése.
- Két nemzetközi állomás kiépítése és fenntartása (Izlandban és Libanonban).
- Szeizmográfok fejlesztése.

ISA-rendezvények Kövesligethy főtitkársága idején:

- Az ISA Állandó Bizottságának első konferenciája, Róma, 1906. augusztus. E rendezvény tiszteletére írta már említett, *Seismonomia* című könyvét.
- Az ISA első kongresszusa és az Állandó Bizottság második konferenciája, Hága, 1907. szeptember. Kövesligethy tizenegy előadást tartott, többek között a szeizmogramok feldolgozásán alapuló fészkelemzés-meghatározó módszeréről, amely nagy hatással volt Galicinra.
- Az ISA Állandó Bizottságának harmadik konferenciáján (Zermatt, 1909. szeptember) Kövesligethy részletesen ismerteti az akkora már kialakult magyar szeizmológiai hálózat működését.
- Az ISA második kongresszusa és az Állandó Bizottság negyedik konferenciája, Manchester, 1911. július. Itt lényegében kialakulnak a szeizmogramok feldolgozá-

sának tulajdonképpen ma is érvényes szabályai. Kövesligethy ismerteti a földrengések előrejelzésével kapcsolatos elképzeléseit.

- Az ISA harmadik kongresszusának és az Állandó Bizottság ötödik konferenciájának 1913-ban kellett volna sorra kerülnie. Kövesligethy ezt a kongresszust Budapesten szeretne volna megszervezni. Ehhez bírta a magyar minisztertanács támogatását, amely 1911. szeptember 20-i ülésén felhatalmazta Kövesligethy-t az ülés Budapesten történő megtartására. Ennek ellenére (ma már nem ismert okok miatt) az ISA rendezvényére Szentpétervárra került volna sor, 1914. augusztus 30. és szeptember 6. között, ha ezt az első világháború kitörése nem akadályozza meg. Az orosz fővárosba nagy létszámú magyar delegáció utazott volna érdekes jelentések vagy előadások megtartásának szándékával (a résztvevők neve után zárójelben a tervezett jelentés/előadás témája szerepel): Eötvös Loránd, *Hevesy György* (a radioaktivitás változása földrengéshullámok áthaladásakor), Jordán Károly, Konkoly Thege Miklós, Kövesligethy Radó (Oskar Heckerrel és B. B. Galicinnal a földrengések keltette gyorsulásokról beszélt volna, önállóan pedig a Doppler–Fizeau-elv szeizmológiai alkalmazásáról, a szeizmológiai háromszögelésről, valamint a kecskeméti földrengésről (1911) és annak tektonikai vonatkozásairól), Réthly Antal, *Schafarik Ferenc*, Steiner Lajos (a földi áramok szeizmológiai alkalmazásáról tartott volna beszámolót), *Zemplén Győző* (a szeizmikus hullámok amplitúdója és terjedési sebessége közötti kapcsolat).
- Az ISA Állandó Bizottságának hatodik konferenciájára és az ISA utolsó, felosz-

lató kongresszusára Strasbourgban, 1922. áprilisában, a világháború utáni rossz hangulatban került sor. Ezt a hangulatot jól jellemzi az Antant szövetségesek 1917. október 9–11. között, a Royal Societyben tartott konferenciájának határozata, miszerint „...az egyesült nemzetek kénytelenek kijelenteni, hogy nem fognak személyes kapcsolatokat újratekdeni a Központi Hatalmak szakembereivel mindaddig, míg ezek a Hatalmak nem kerülnek vissza a civilizált nemzetek közösségébe”. Az Antant Nemzetközi Kutatási Tanács 1919. július 18–28. közötti tanácskozása Brüsszelben egy sor nemzetközi tudományos szervezetet hozott létre, közte a Nemzetközi Geodéziai és Geofizikai Uniót (IUGG), amelynek első kongresszusán Rómában, alig egy héttel az ISA feloszlása után létrehozták annak utódszervezetét, az IUGG Szeizmológiai Szekcióját. Ennek munkájában Magyarország Kövesligethy életében már nem vehetett részt.

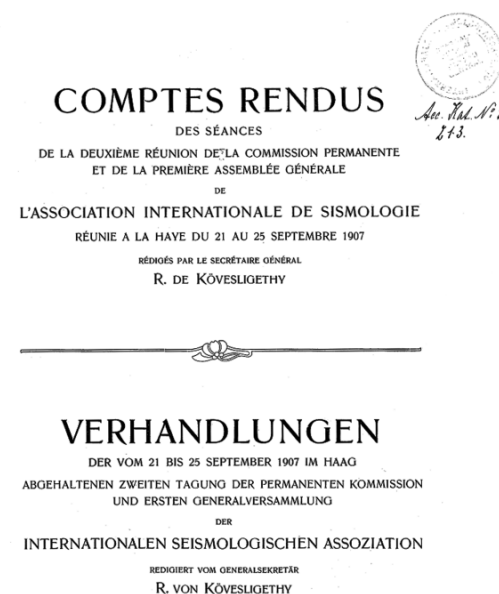
Az ISA-konferenciák tevékenységéről szóló köteteket Kövesligethy mint főtitkár szerkesztette, és azok mind Budapesten, a tudományos alkotások előállítására specializálódott Hornyánszky-nyomdában készültek (7. ábra).

Meghurcoltatása az 1920-as évek első felében és ennek következményei

A Monarchia felbomlása és a Tanácsköztársaság bukása közötti időben a magyar tudományos élet számos reprezentánsa vállalt el megbízásokat a Károlyi- és a Tanácskormányban, illetve közeleti aktivitásával támogatta e kormányok tudománypolitikai elképzeléseit. Ennek következményeként 1919. augusztusától különböző mértékű meghurcoltatásnak lettek kitéve. Közülük példaként említhetők

Kármán Tódor, Polányi Mihály, Harkányi Béla, Hevesy György, Marczali Henrik, Lendll Adolf, Lenhossék Mihály, Dégen Árpád, Asbóth Oszkár, Beke Manó, Schmidt József, vagy a földtudományok területéről Szirtes Zsigmond, Szilber József, Réthly Antal, *Vadász Elemér*, Kövesligethy tanítványai.

A Kövesligethy Radó karrierjét 1919. őszén megtörő vádaskodásokat két csoportra oszthatjuk. Ezek közül az első az MTA-n vele szemben lefolytatott eljárás. A III. osztály Igazoló Bizottságának 1919. augusztus 26-án megtartott ülésén Kövesligethynek „főleg a középiskolai tanárképző intézetnek a Tanácsköztársaság idején elvállalt vezetését” rótták



7. ábra • Az ISA első kongresszusán és az Állandó Bizottság 2. konferenciáján (Hága, 1907) hozott határozatokat és az ott tartott előadásokat tartalmazó, Kövesligethy által szerkesztett és Budapesten kiadott kötet címlapja.

fel (Vargha–Balázs, 2006). 1919. október 25-én a III. osztály javasolta (10 szavazattal 2 ellenében) Kövesligethy kizárását, amit az MTA közgyűlése 1919. november 24-én tartott ülése 17 szóval 12 ellenében elvetett, de „a vádlottról a kérdéses időben tanúsított magatartásáért 19 szóval 12 ellenében kimondja a rosszallást”.

Az Egyetem Bölcsészkar Tanácsa által kezdeményezett eljárás az Akadémiánál sokkal súlyosabbnak tűnik, és időben tovább tartott. A Kar 1919. szeptember 25-én terjeszti fel Kövesligethy nyilvános rendes tanár ügyét az Egyetem Tanácsához „fegyelmi vizsgálat megindítása végett”. Az Egyetem Tanácsa, mint az a Bölcsészkar Tanács 1921. április 21-i ülésének jegyzőkönyvéből kiderül, Kövesligethy „rosszallásra ítéli”, mert a Tanácsköztársaság idején Eötvös megüresedett helyére Kármán Tódort javasolta (Kármán 1913 óta az Aacheni Műszaki Főiskola tanára, a Tanácsköztársaság idején a Közoktatási Népbiztosság oktatásügyi és tudománypolitikai osztályának vezetője), és mert 1919. május 26-án „örömmel üdvözölte” Kunfi Zsigmond közoktatási népbiztost (Kunfi 1919 júniusában lemondott hivataláról, és követelte a diktatúra felszámolását).

Méhely Lajos ny. r. tanár az ülésen nyilatkozatot tett, amelyben indítványozta, hogy a kar „terjessze fel az összes iratokat a Vallás és Közoktatásügyi Miniszter Úrhoz és kérje arra, hogy az 1920. évi XI t.c. 4§-ban gyökerező jogánál fogva távolítsa el Kövesligethy az egyetemről”. A megejtett titkos szavazás (18 igen, 15 nem, 1 tartózkodás) alapján a kar Méhely Lajos indítványát támogatja. Méhely levelében említésre kerül, hogy Kövesligethy a „Szent István Akadémia kizárta, a Földrajzi Társulat kiléptette”. Kövesligethy ügyében hosszú ideig nem történik döntés. Figyelem-

re méltó azonban, hogy időközben kormányzati támogatással mód nyílik részvételére 1922 áprilisában az ISA Feloszlato Kongresszusán, és 1924. május 8-án a Magyar Földrajzi Társaság LII. Közgyűlése (Stein Aurél után másodikként) neki ítéli a Lóczy-emlékérmét. Az 1924. szeptember 11-i bölcsészkarai ülésen „Dékán bemutatja Kövesligethy Radó ny. r. tanár ügyében érkezett 66184/1924 sz. vkm leiratot. Jelenti, hogy Kuzsinszky Bálint dékán a leirat vétele után Kövesligethy Radó ny. r. tanárt előadásai megkezdésére felszólította”. Így ért véget Kövesligethy öt évig tartó egyetemi meghurcoltatása.

Az üldöztetések nyilván nyomokat hagytak. Az Akadémia munkájában korábban oly aktív Kövesligethy kerültre annak rendezvényeit, feladatokat ott többé nem vállalt. Nehéz elképzelni, hogy a történetek után egyetemi munkahelyén jól érezte volna magát. Megpróbáltatásait fokozta, hogy a Földrengési Observatórium működési feltételei az 1920-as években az egész országot sújtó nagy gazdasági visszaesés és vezetőjét ért támadások miatt rendkívül rosszá váltak, még a tudományegyetemi intézetekénél is rosszabbakká. A világháború előtti évek támogatási összegének csak 12%-át kapták meg 1924/25-ben és 7%-át 1925/26-ban. Ilyen körülmények között az observatórium műszerei pusztultak, javításukra nem volt fedezet. A megfigyelések gyakran megszakadtak: 1924-ben csak négy hónapon át, 1925-ben csak nyolc hónapon át folyt a regisztrálás. Évekig nem volt pénz a *Bulletinek* kinyomtatására és szétküldésére, pedig erre vonatkozóan 1904-ben, az ISA-hoz való csatlakozásakor Magyarország kötelezettséget vállalt. A Földrengési Observatórium az 1922-ben Klebersberg Kunó vallás- és közoktatásügyi miniszter által szervezett Országos Magyar Gyűjteményegyetem része lett,

és ebben a kötelékben maradt 1935-ig. A Kövesligethy sújtó csapásokat tetézte felesége (Singer Erzsébet, 1870–1929) halála.

Ilyen körülmények között – bár mint az Kosztolányi Dezső vele készített interjújából kitűnik (Pesti Hírlap, 1925. május 25. – lásd e cikkgyűjtemény 4. oldalát), tele volt tervekkel – a világháborút követő években nem maradt energiája újabb tudományos eredmények elérésére. Bizonyos fejlődést jelentett, hogy a világháború után megmaradt budapesti és kalocsai állomások mellé két újabbat sikerült létrehozni Szegeden (1925) és Kecskeméten (1929). Nyugdíjazását megelőzően 1932 végén a Földrengési Observatórium irodáinak ki kellett költöznie a Kozmográfiai és Geofizikai Intézet Múzeum körút 6-8. II. emeletén lévő helyiségekből, illetve azokat át kellett adnia utódjának, Wodetzky Józsefnek. Az observatórium az egyetemi alapítvány tulajdonában lévő Semmelweis utca 2. alatti bérház I. emeletén lévő lakásba költözött. *Tass Antalnak*, a Csillagvizsgáló Intézet igazgatójának ajánlására és az Országos Magyar Gyűjteményegyetem Tanácsának felterjesztése alapján *Hóman Bálint* vallás- és közoktatásügyi miniszter hozzájárult ahhoz, hogy az egyetemi intézetből való nyugdíjazása miatti távozása után is vezetője maradjon a Földrengési Observatóriumnak. Ezt a feladatot fizetés nélkül, haláláig ellátta. Csak halála előtt néhány hónappal, 1934 júniusában sikerült két állandó asszisztensi állást biztosítania a mikro- és a makroszeizmikus munkák elvégzéséhez. „A földrengési intézetet 29 év előtt alapítottam és most ez az első eset, hogy kinevezett tisztviselői vannak. Ez, emberi számítás szerint az Intézet jövőjét biztosítja” – írja egy ismeretlenhez címzett levelében 1934. augusztus 3-án.

Kövesligethy emlékezete

Kövesligethy Radó 1934. október 11-én halt meg Budapesten. A *Fodor Ferenc* által „a magyar földtudományok nagy triászának (Eötvös-Lóczy-Kövesligethy)” utolsó tagja távozott vele az élők sorából. Ritka matematikai felkészültsége, fizikai ismeretei, amelyekhez hallatlan tudományos kíváncsiság és alkotói energia társult, tették lehetővé nagyszámú eredményének elérését. Képességei mellett emberi adottságainak és oktatói talentumának köszönhetően az első világháború előtti években egy sor tehetséges, kutatómunkára éhes munkatársat tudott felnevelni vagy kutatási érdeklődésének körébe vonni. Olyanokat, akik akkor és később a modern geofizikai, szeizmológiai hazai iskola büszkeségei lettek. Életének utolsó, terméketlen időszaka arra figyelmeztet, hogy a tudomány művelőinek autonómiájába nem szabad politikai, világnézeti megfontolásokból kiindulva behatolni.

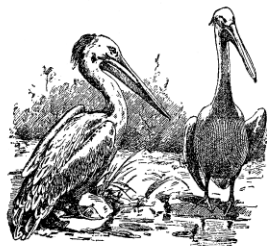
Bár életének utolsó két évtizedében el volt zárva a nemzetközi tudományos élettől, a világ geofizikusai nem feledkeztek meg róla. Haláláig a kor vezető szakmai folyóirata, a *Gerlands Beiträge zur Geophysik* szerkesztőbizottsági tagja maradt. Halálhíre az egész világ tudományos közvéleményét megrendítette. Megemlékezés jelent meg a tudományterület legtöbb kiadványában, továbbá a *Science*-ben és a *Nature*-ben. Még 1950-ben is két és fél oldal terjedelmű méltatás jelenik meg elméleti munkásságáról Ernst Tams hamburgi geofizika-professzornak a szeizmológia történetét feldolgozó könyvében. Feltétlenül igazat kell adni Fodor Ferencnek, aki *A magyar földrajztudomány története* című, nagy hatású művében arra a megállapításra jut, hogy „Kövesligethy egy időben magyar tudománnyá tette a szeizmológiát”.

Kulcsszavak: ISA (International Seismological Association), Királyi Magyar Tudomány Egyetemi Földrendési Observatórium, mikro- és makroszeizmikus kutatások, földrengések prognózisa, földrengések energiája

IRODALOM

- Bencsik János (1897): Hol késik a magyar csillagászat? *Időjárás* I, 5.
- Eötvös Roland (1912): *Über Arbeiten mit der Drehwaage ausgeführt im Auftrage der kön. ungarische Regierung in den Jahren 1908-1911, Verhandl. der XVII. Konferenz der Internat. Erdmessung in Hamburg*. Band I., 427-438
- Kövesligethy Radó (1893): A vertikális légáramlásokról. *Mathematikai és Fizikai Lapok* 2.
- Kövesligethy Radó (1923): Bárá Eötvös Loránd. In: Lambrecht Kálmán (szerk.): *A műveltség útja - A gondolat úttörői*. Dante, Budapest
- Kövesligethy Radó (1927): In: Magyar Zoltán (szerk.): *A magyar tudománypolitika alapvetése*. Tudományos Társulatok és Intézmények Országos Szövetsége, Bp.

- Móra Ferenc (1932): *Félbenmaradt egzisztencia* - díszdoktori köszönő beszédéből. *Magyar Hírlap*, 1932. december 4.
- Szabados László (szerk.) (2011): Kövesligethy Radó és az asztrofizika kezdetei Magyarországon. (*Konkoly Observatory Monographs* No. 8) *Konkoly Observatory*, Budapest, • <http://www.konkoly.hu/Mitteilungen/m8.pdf>
- Varga Péter (2011): Földrengések előrejelzése. *Magyar Tudomány*. 7. 843-860. • <http://www.matud.iif.hu/2011/07/11.htm>
- Vargha Domokosné-Balázs Lajos (2006): Kövesligethy Radó „tetemrehívásáról”. *Magyar Tudomány*. 12. 1499-1507. • <http://www.matud.iif.hu/06dec/10.html>



A MAGYAR SZEIZMOLÓGIAI HÁLÓZAT FEJLŐDÉSE ÉS JELENLEGI HELYZETE

Mónus Péter

tudományos munkatárs
monus@seismology.hu

Tóth László

egyetemi doktor, tudományos munkatárs

MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézete
Kövesligethy Radó Szeizmológiai Observatórium

„Az észlelések kifinomult módszere és annak nyomában kelő számítás természetesen kiragadta a szeizmológiát a geológus kezéből.”
(Kövesligethy Radó, 1908)

A földrengések műszeres megfigyelésének kezdetei

A 19. század rendkívüli fejlődést hozott a műszaki és természettudományok területén. Sok tudományág ekkor alakult ki, illetve ebben az időben vált külön valamelyik általánosabb tudományterületről. A geofizika és különösen a szeizmológia is ekkor jelenik meg, illetve válik ki a geográfiából és geológiából.

A szeizmológia mint önálló tudomány megalapítójának az ír Robert Malletet (1810-1881) szokták tekinteni. Az Ír Királyi Akadémián 1846-ban mutatta be a modern szeizmológia tudományos megalapozásának tekinthető *On the Dynamics of Earthquake* című művét. Magát a *szeizmológia* szót is ő alkotta, olyan más szakkifejezésekkel együtt, mint például *epicentrum*, *izoszeisza-térkép* stb. Jelentős szeizmológiai műve még az 1857-es pusztító nápolyi földrengésről írott *Great Neapolitan Earthquake of 1857: The First Principles of Observational Seismology* (1862).

Bár Mallet e művének címében megfigyelésről (observation) beszél, nem műszeres regisztrálást ért alatta, hanem a rengés felszíni hatásainak, például az épületkároknak gondos, tudományos igényű vizsgálatát. Pedig akkoriban már történtek kísérletek a földrengések műszeres megfigyelésére is Európában, különösen Itáliában. Ezek a műszerek azonban nagyon korlátozott képességűek voltak. A nagy belső súrlódási veszteségek és a kis nagyítás¹ miatt csak helyi vagy közeli rengéseket voltak képesek regisztrálni.

A műszeres szeizmológia a 19. század utolsó évtizedeiben indult gyors fejlődésnek. Japánban brit tudósok egy csoportja készített és telepített különböző horizontális és vertikális ingákat.² A modern műszeres szeizmológia megszületése azonban mégis a német Ernst von Rebeur-Paschwitz (1861-1895) mérésihez, illetve felismeréséhez köthető.

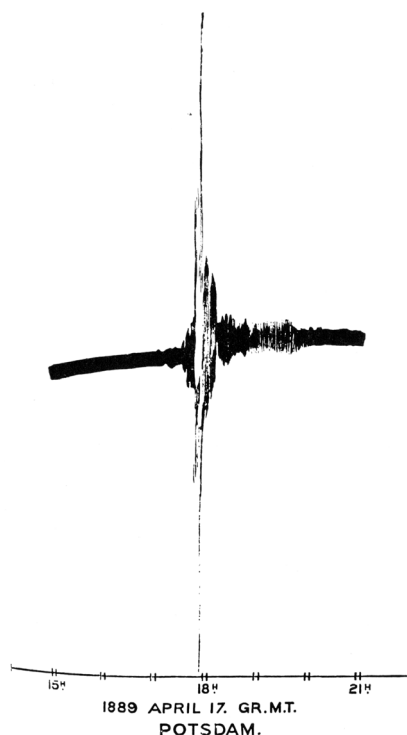
Ernst von Rebeur-Paschwitz 1886-ban készített egy horizontális ingát, amellyel az

¹ Hagyományos szeizmográfok esetén a nagyítás a szeizmogramon mérhető kitérés és a valódi talajjelmozdulás hányadosa.

² A szeizmográfok, illetve szeizmométerek döntő többsége inga elven működik. Ezért gyakran az *inga* szó a szeizmográf szinonimájaként szerepel.

égitesteknek a földi függőleges irányra (a gravitációs térre) gyakorolt hatását kívánta vizsgálni. Műszere azonban a gravitációs tér változásai mellett a vízszintes talajgyorsulásra is érzékeny volt. A regisztrálást fotografikus módszerrel végezte; ő volt az első, aki fotografikus módon folyamatosan regisztrálta a talajmozgást. Meglehetősen nagy nagyítást sikerült elérnie (kb. 290-szerest, szemben a korábban említett, Japánban felállított műszerekkel, ahol ez az érték kb. 50-szeres volt).

1889. április 17-én Rebeur-Paschwitz műszerei (Potsdamban és Wilhelmshavenben) különös jelet regisztráltak (1. ábra). Mint később egy újsághírből megtudta, nem sokkal azelőtt Japánban nagy földrengés történt.



1. ábra • Ernst von Rebeur-Paschwitz regisztrátuma az 1889. április 17-i japáni földrengésről

Rebeur-Paschwitz felismerte, hogy a műszerei által regisztrált jelek ennek a földrengésnek a következményei. Ekkor vált világossá, hogy a földrengések során keletkező rugalmas hullámokat megfelelően érzékeny műszerekkel az egész Földön regisztrálni lehet. Ezzel a teleszeizmikus regisztrálással kezdődött meg a *globális szeizmológia* korszaka.

Hamar világossá vált, hogy a földrengéshullámok vizsgálatával a Föld belső szerkezetére vonatkozó ismereteket lehet szerezni, valamint az is, hogy ez a kutatás hatékonyan csak nemzetközi együttműködéssel valósítható meg. Ezen felismerés szellemében a következő években, évtizedekben sorra létesültek földrengés-megfigyelő állomások, obszervatóriumok szerte Európában. Az adatcsere szervezeti háttere is kezdett kialakulni. Az egymást követő geográfiai, majd később geofizikai és szeizmológiai konferenciákon egyre hangsúlyosabban jelentkezett egy nemzetközi szeizmológiai szervezet megalakításának igénye. Végül 1904-ben megalakult a Nemzetközi Szeizmológiai Szövetség – vagy ahogy akkor fordították, a Nemzetközi Földrengéskutató Szövetkezés – (*International Seismological Association*), amelynek első elnöke az olasz *Luigi Palazzo* professzor lett, főtitkára pedig *Kövesligethy Radó*.

Magyarországi kezdetek

A szervezett földrengéskutatás kezdete a Magyarhoni Földtani Társulat Földrengési Állandó Bizottságának létrejöttéhez köthető, amely a 6,3-as magnitúdójú zágrábi nagy földrengés keletkezése után éppen egy évvel, 1881. november 9-én alakult meg, és az Akadémia anyagi támogatásával működött. Elsődleges célja a Magyar Szent Korona országokban keletkezett minden földrengéssel kapcsolatos adat összegyűjtése volt, de – leg-

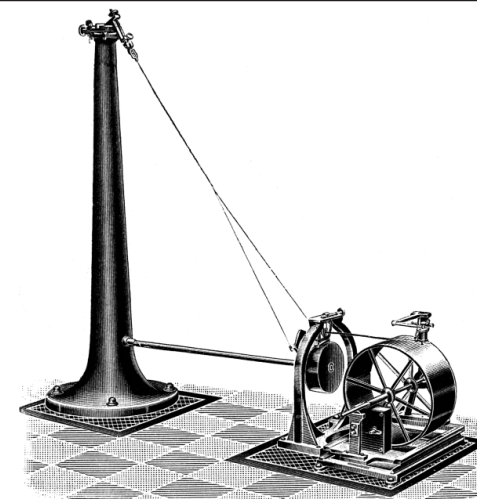
alábbis eleinte – a műszeres megfigyelés nem szerepelt a tervei között. (A bizottság által összegyűjtött makroszeizmikus³ anyagot a később alapított Földrengési Obszervatórium publikálta 1914–15-ben.)

Később azonban a Földrengési Állandó Bizottság is felismerte a műszeres földrengés-megfigyelés jelentőségét, és kísérletet tett műszerek beszerzésére és telepítésére. 1891-ben vásároltak 10 db Lepsius-típusú szeizmoszkópot, de ezek üzembe helyezéséről nem maradt fenn információ (Bisztricsány – Csomor, 1981). Később – átalakulása után, 1900-ban – a bizottság tanulmányútra küldte Kövesligethy Radót több külföldi szeizmológiai állomás meglátogatására, működésük, felszerelésük tanulmányozására. Utazásáról Kövesligethy a *Földtani Közönyben* számolt be (1900).

Úti jelentése végén Kövesligethy nyomatékkal említette a magyarországi állomások létesítésének szükségességét. Kiemelte, hogy az európai állomáshálózatból már szinte csak Magyarország hiányzik. (Az Osztrák-Magyar Monarchia területén az első állomás Laibachban⁴ létesült 1897-ben, az osztrák területen pedig 1900 körül már négy jól felszerelt akadémiai állomás működött.) Jelentése végén Kövesligethy ismertette a magyarországi állomáshálózatra vonatkozó pontos tervét, megjelölve a helyszíneket, műszereket és a felmerülő költségeket. Elképzelése szerint a magyar hálózat eleinte öt állomásból állna: Budapest és Ógyalla ún. elsőrendű, míg Fiуме, Kolozsvár és Zágráb másodrendű állomás lenne. A hálózat központja Budapesten volna, a budapesti műszer pedig a Földtani Intézet akkor újonnan épült székházában. Kövesligethy ekkor még úgy gondolta, hogy

³ makroszeizmikus: a lakosság által is érzékelhető földrengésekkel kapcsolatos

⁴ Ljubljana



2. ábra • Strassburgi típusú szeizmográf

a hálózatot a Földrengési Állandó Bizottság hozza majd létre, de úgy, hogy e hálózat más intézmények állomásait is magában foglalja. A tervezett öt közül kettő lett volna ilyen „külső” állomás: az ógyallait a Meteorológiai Intézet hozná létre és tartaná fenn, a zágrábit pedig Horvátország. A bizottságot tehát csak három állomás költségei terhelnék.

Az első magyarországi szeizmográf telepítése nem a Földrengési Állandó Bizottság tevékenységéhez köthető, de megfelelt a Kövesligethy tervében foglaltaknak. 1901-ben Ógyallán, a Konkoly Thege Miklós alapította központi Meteorológiai Intézetben üzembe helyeztek egy szeizmográf párt. Ezek az Ómori Fuszakicsi (*Fusakichi Omori*) és Giulio Grablovitz tervei alapján készült ún. Strassburgi-ingák (2. ábra) a talajmozgás vízszintes komponensét voltak képesek regisztrálni. Valószínűleg ez az időpont a rendszeres magyarországi földrengés-regisztrálás kezdete.

1902-ben azután a Földrengési Állandó Bizottság is felállította a maga műszereit a Földtani Intézet Stefánia úti palotájának egy kifejezetten e célra készült helyiségében.

A március elsején üzembe helyezett műszer itt is egy strassburgi-ingapár volt; beszerzési és telepítési költségeit *Dr. Semsey Andor* fedezte (Schafarzík, 1903a). Ez a műszer folyamatosan működött 1905 végéig. A készülék kezelését a bizottság két tagja, *Kalecsinszky Sándor* m. kir. fővegysz és *dr. Emszt Kálmán* kir. vegysz vállalta magára, akik a mérési eredményeket rendszeresen publikálták is.

1903-ban *dr. Danányi Ignác* földművelésügyi miniszter rendeletére a makroszeizmikus adatok gyűjtése – amivel a Földrendési Állandó Bizottság megalapítása óta foglalkozott – a Meteorológiai és Földmágnassági Intézethez került, ettől kezdve a „mh. Földtani Társulat csak a saját földrendéstani obszervatóriumának vezetésére és gondozására szorítkozik” (Schafarzík, 1903b). Ugyanekkor a régi Földrendési Állandó Bizottság helyébe egy új, kisebb létszámú bizottság lép, amelynek tagja lesz Kövesligethy Radó is.

Szintén 1903-ban a császári és királyi Tengerészeti Intézet szeizmológiai állomást alapít Fiumében, ami érdekes módon ugyancsak egybevág Kövesligethy 1900-ban ismertetett tervével, legalábbis a helyszínt illetően.

Két évvel később, 1905 végén jelentős intézményi változás következett be a magyarországi földrengés-megfigyelésben. Kövesligethy Radó javaslatára a vallás- és közoktatásügyi miniszter két intézetet alapít: a Földrendési Obszervatóriumot és a Földrendési Számoló Intézetet. Az előbbi igazgatóságával Kövesligethy Radót, az utóbbiával *Jordán Károly* egyetemi tanárt bízta meg. Ekkor vette át a Földrendési Obszervatórium a mikro-szeizmikus⁵ szolgálatot a Földrendési Állandó

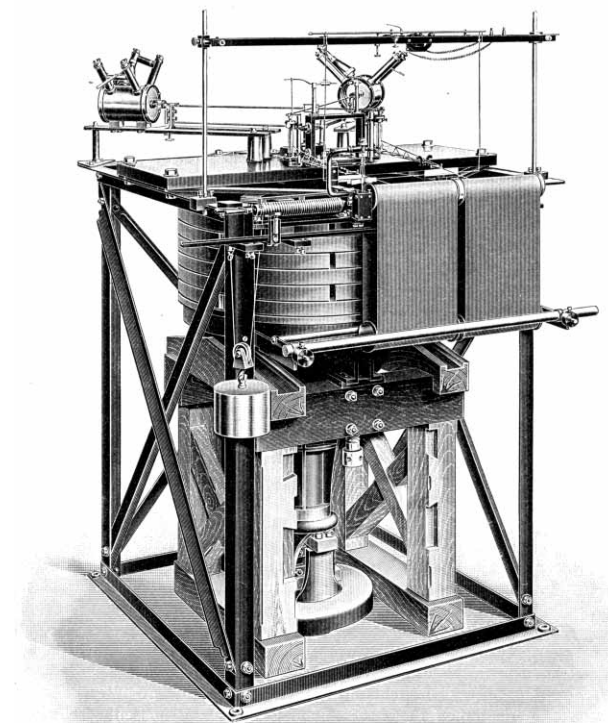
⁵ A publikált adat az egyes földrengéshullámok megfigyelőállomásra érkezésének pontos ideje.

⁶ mikro-szeizmikus: műszeres földrengés-megfigyeléssel kapcsolatos

Bizottságtól. Annak műszereit is megkapta, és áttelepítette azokat a Magyar Nemzeti Múzeum pincéjébe, ami akkoriban megfelelő helynek tűnt szeizmográfok működtetéséhez.

Egyébként 1905-ben a budapestin kívül már három szeizmológiai állomás működött a Magyar Korona országainak területén: Ógyalla, Fiume és Temesvár, és két „országos” illetékességű intézmény gyűjtött földrengésekkel kapcsolatos adatokat: a Meteorológiai Intézet a makroszeizmikus, a Földrendési Obszervatórium pedig a mikro-szeizmikus adatokat. (A harmadik intézményt, a Földrendési Számoló Intézetet Kövesligethy mint a Nemzetközi Földrendéskutató Szövetkezés főtitkára arra szánta, hogy a szövetkezés tagállamaiból érkező mérési adatokból a földrengések paramétereit (újra)számolja egyfajta nemzetközi adatközpontként működve. Azt remélte, hogy idővel ez a tevékenység ide kerül a már ilyen feladatokat ellátó strassburgi központból. Ez az elképzelése azonban – talán az I. világháború miatt – sohasem vált valóra.)

A következő évben (1906) – mintha valóban Kövesligethy terve valósulna meg lépésről lépésre – Zágrábban alapít földrengésjelző állomást *Andrija Mohorovičić* egyetemi tanár. A műszert (Vicentini–Konkoly-ingapár) Konkoly Thege Miklóstól kapta ajándékba 1905-ben, de csak hónapokkal később tudott anyagi támogatást szerezni a horvát államtól az állomás kialakításához és a műszerek telepítéséhez (Allegretti, 1996). Eleinte a budapesti obszervatóriummal szoros együttműködésben üzemeltette állomását, elküldve annak mérési adatait, amelyeket aztán – a többi vidéki állomás mérési eredményeivel együtt – Kövesligethy intézete rendszeresen publikált. Úgy tűnik azonban, hogy ez a fajta együttműködés később megszakadt, mivel 1909-től a zágrábi adatok nem jelentek meg többé a



3. ábra • A Wiechert-féle 1000 kg-os horizontális szeizmográf

budapesti obszervatórium kiadványaiban, bár az állomás tovább működött.

Ebben az évben (1906) állították fel a budapesti obszervatórium fő műszerét, a kor legtekélyesebb szeizmográfját, a Wiechert-féle 1000 kg-os horizontális ingát (3. ábra). Ez a műszer volt az első csillapított szeizmográf. A csillapításnak köszönhetően a szeizmogram pontosabban reprezentálta a valódi talajmozgást, mint a korábbi – csillapítatlan – szeizmográfok esetében. A Wiechert-szeizmográf a talajmozgás két horizontális komponensét regisztrálta kormos papíron (ami olcsóbb volt, mint a fotografikus regisztrálásnál használt fényérzékeny papír, könnyebben kezelhető, és – legalábbis akkoriban – részletesebb, jobban látható regisztrátumot lehetett vele

készíteni). A fejre állított inga nagy (1000 kg-os) tömegére azért volt szükség, hogy a talajmozgás felnagyítása céljából alkalmazott mechanikus áttételek, csatlakozások és az írótüsk súrlódási veszteségeit kompenzálni tudják. Az elért nagyítás kb. kétszázszoros volt. A Budapesten, a Nemzeti Múzeum pincéjében felállított műszer 1906 novemberétől szolgáltatott adatokat egészen 1962-ig.

A korábban említett intézményi kettőséget a földművelésügyi miniszter újabb rendelete szüntette meg 1911-ben, amelynek értelmében a Földrendési Obszervatórium átveszi a makroszeizmikus adatok gyűjtését is a Meteorológiai Intézettől. Ettől kezdve a Meteorológiai Intézet nem foglalkozott földrengésadatok feldolgozásával, de az ógyallai

és temesvári állomást, illetve szeizmográfot tovább működtette.

Időközben újabb állomások létesültek az országban. 1910-ben Kalocsán indult meg a földrengések regisztrálása a Haynald-obszervatóriumban. 1911-ben Ungváron kezdte meg működését egy szeizmográf, 1912-ben Kolozsváron és Szegeden, 1913-ban Kecskeméten is létesült állomás. Ilyenformán az I. világháború kitörésekor tíz állomás működött a Magyar Szent Korona országaiban (4. ábra).

Az első világháborút követő időszak

Az I. világháború és annak következményei nagy csapást jelentettek mind a magyarországi földrengéskutatásra, mind Kövesligethy Radó személyes pályafutására nézve. A háborút követő békeszerződések értelmében a szeizmológiai hálózat hat állomása az új határokon kívülre került, de a maradék négy állomásból is évekig (1937-ig) csak kettő

működött: Budapest és Kecskemét. A Kövesligethy által megálmodott és fáradságos munkával létrehozott állomáshálózatnak vége lett. A Nemzetközi Szeizmológiai Társaság is befejezte működését. Bár a formális feloszlása csak 1922-ben történt meg, az antanthatalmak tudósai már a háború alatt olyan döntést hoztak, hogy semmilyen formában nem működnek együtt a központi hatalmak bármely országából való kollégáikkal (Kosztolányi, 1925). 1919-ben megalakult a korábbi szövetség utódjának tekinthető IUGG (International Union for Geodesy and Geophysics), ebből azonban a vesztes országok képviselői ki voltak zárva. (Az IUGG becsületére legyen mondva, hogy évkönyveiben első főtítokként Kövesligethy Radót nevezi meg.)

A Nemzetközi Szeizmológiai Társaság feloszlásával és Kövesligethy főtítkári megbízásának megszűntével természetesen a nem-

zetközi számoló központ terve is odalett. Az 1919-es Tanácsköztársaság összeomlása után méltatlan eljárások indultak Kövesligethy ellen, névleg azt vizsgálva, mennyire volt „együttműködő” a tanács hatalommal, de a háttérben inkább néhány kolléga személyes irigysége állhatott. Kövesligethyt elkeserítették ezek a támadások, ráadásul a megmaradt állomások helyreállítására, karbantartására, fejlesztésére sem kapott támogatást.

Változást az 1927. év hozott, amikor a vallás- és közoktatásügyi miniszter rendeletében a két intézetet (Földrengési Obszervatórium és Földrengési Számoló Intézet) egyesítette, és az Országos Gyűjteményegyetem intézeti csoportjához csatolta. Az intézmény új neve Budapesti Szeizmológiai Obszervatórium lett. Ezután Kövesligethy nyugdíjba vonulásáig (1932) a magyarországi állomáshálózat helyzetében nem történt lényeges változás.

Kövesligethy Radó két évvel nyugalomba vonulása után, hetvenkét évesen halt meg. A magyarországi szeizmológiai kutatás megteremtésén túl munkásságának eredménye számtalan csillagászati és szeizmológiai tárgyú tudományos munka és népszerűsítő cikk. Az elméleti kutatások mellett a szeizmológia gyakorlati felhasználását is szorgalmazta. Nevét őrzi az az általa felfedezett és a mai napig használatos formula, amelynek segítségével egy földrengés intenzitáseloszlásából kiszámítható a fészekmélység.

Kövesligethy halála után a Budapesti Szeizmológiai Obszervatórium új vezetője Simon Béla lett, először megbízott, majd ki-nevezett igazgatóként. 1935-ben az intézet a Budapesti Pázmány Péter Tudományegyetem karközi intézménye lett (Simon, 1948), 1937-ben pedig megváltozott a neve is: Országos Földrengési Obszervatórium. Ugyancsak

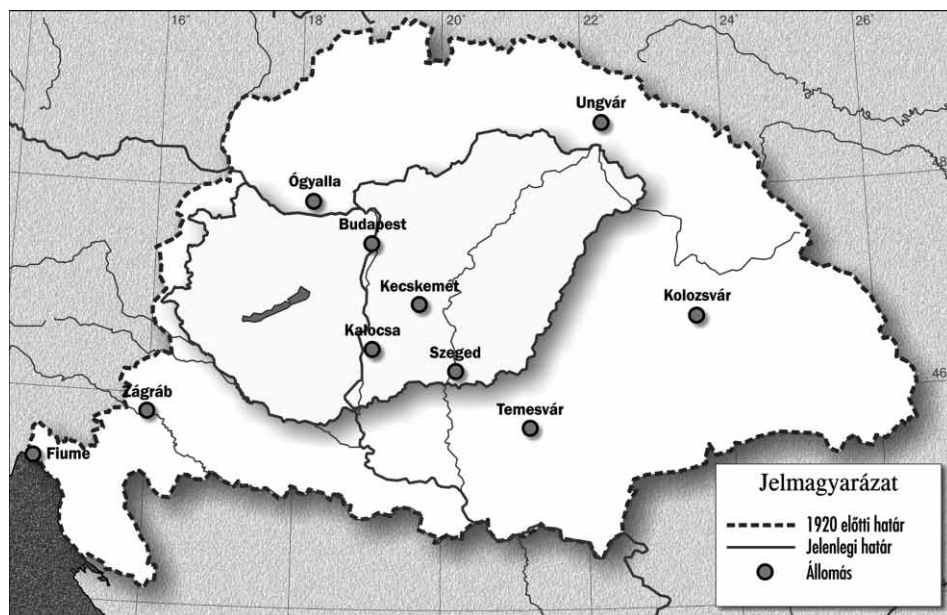
1937-ben új helyre költözött, rövid idejű Semmelweis utcai tartózkodás után a Deák Ferenc utcában nyert megfelelő elhelyezést. A szeizmométerek a Nemzeti Múzeum pincéjében maradtak annak ellenére, hogy ez a helyszín egyre alkalmatlanabbá vált a földrengés-megfigyelésre, részben a növekvő utcai forgalom által okozott zaj, részben a pince nedvessége miatt.

A II. világháború első éveit, illetve az azt közvetlenül megelőző időszak az állomáshálózat látszólagos fejlődését mutatták, mivel a visszacsatolt területeken levő három állomással hétre növekedett a magyar állomások száma. 1942-ben ismét új elnevezést kapott az intézmény: Országos Földrengésvizsgáló Intézet, de továbbra is a Pázmány Péter Tudományegyetemhez tartozott.

A második világháború utáni állapot

A háború utolsó időszaka, Budapest ostroma aztán súlyos csapást jelentett nemcsak az állomáshálózat, de a szeizmológiai kutatás számára is. Bombatalát miatt ugyanis teljesen elpusztult a budapesti Deák Ferenc utcai központ, minden szeizmogrammal, feljegyzéssel, összegyűjtött adattal együtt. Megsérültek a vidéki állomások műszerei is. A berendezések kijavítása után a háború utáni években négy állomás (Budapest, Kalocsa, Kecskemét, Szeged) működött.

1948-ban a Gazdasági Főtanács minden más intézménytől független, önálló tudományos kutatóintézetként nyilvánította az obszervatóriumot, ám ez az állapot nem tartott sokáig, mivel 1952-ben a Bányászati és Energiaügyi Minisztérium felügyelete alá került, amely az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) osztályává tette, de megőrizhette korábbi nevét. Ezzel egyidejűleg egy átmeneti Kanizsai utcai tartózkodás után az intézet az ELGI



4. ábra • Földrengésjelző állomások az I. világháború előtt

Damjanich utcai irodába költözött. Ebben az időszakban az obszervatórium kapott néhány új, modern szeizmométert, de ezeknek nem sikerült megfelelő állandó helyet találni, így az állomáshálózatban nem történt változás.

Az 1950-es évek közepén az ELTE Geofizika Tanszékének vezetője, *Egyed László* elhatározta, hogy kialakít egy, az Országos Földrengésvizsgáló Intézetől független földrengés-megfigyelő állomáshálózatot. Kiválasztott négy helyszínt (Budapest, Jósvalfő, Piskés-tető, Sopron), és a következő tizenöt évben üzembe is helyezték az állomásokat. A budapesti Sas-hegyen és Sopron-Bánfalván 1963-ban indult meg a regisztrálás, 1964-ben Piskés-tetőn (a csillagászati obszervatórium területén), majd 1970-ben Jósvalfőn. Mégsem működött az országban két független állomáshálózat, mivel az első egyetemi állomások beindulásával egy időben (1963) a „rég” Földrengésvizsgáló Intézet az ELGI-től átkerült az ELTE Geofizika Tanszékére akadémiai kutatócsoportként. (Ekkor szűnt meg az 1906 óta folyó regisztrálás a budapesti Nemzeti Múzeum pincéjében is.) Érdekesség, hogy a régi nevet itt is megtarthatták.

Ez az állapot sem tartott sokáig. 1970-ben meghalt Egyed professzor, és a kutatócsoport úgy döntött, hogy csatlakozik egy akkoriban alakuló akadémiai intézethez. 1971-ben az MTA főtitkárának javaslatára a kormány létrehozta az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézetet (GGKI) soproni székhellyel, egyesítve a Geodéziai Kutató Laboratóriumot, a Geofizikai Kutató Laboratóriumot és az ELTE Geofizika Tanszékén működő Szeizmológiai Kutatócsoportot. A korábbi Országos Földrengésvizsgáló Intézet a GGKI egy osztálya lett (Szeizmológiai Osztály), régi nevét nem tarthatta meg. Az első osztályvezető *Bisztricsány Ede* lett.

A lendület, amelyet az egyetem tevékenysége hozott, nem tartott sokáig. Az új műszerek üzembe helyezésével nem nőtt a magyarországi állomások száma, mert 1964-ben leállt a kalocsai és szegedi, 1965-ben a debreceni, és 1973-ban a kecskeméti állomás. Így 1986-ig, a jósvalfői állomás leállításáig négy, utána három állomás (Budapest, Piskés-tető, Sopron) működött az országban egészen 1994-ig.

Digitális korszak

Noha az állomások száma nem változott, 1992-ben jelentős előrelépés történt a hálózat fejlődésében. Az NSZK-kormány a magyar Külügyminisztérium közvetítésével az obszervatóriumnak adományozott egy korszerű széles sávú digitális műszeregyüttest. A svájci Streckeisen cég által készített STS-2 széles sávú szeizmográf Piskés-tetőn lett telepítve, a feldolgozó számítógép a budapesti központban. Az adatok átvitele rádiós telemetriával történt. Ez volt Magyarországon az első, állandó szeizmológiai állomáson telepített digitális berendezés. Sajnos a rádiós adatátvitel meglehetősen bizonytalanul működött, ezért azt néhány év után meg kellett szüntetni.

1994-ben a digitális állomások száma tovább nőtt. Az újonnan létesített gyulai és a soproni állomásokon szintén digitális (Kinematics SSR-1) adatgyűjtőt telepítettek, az adatátvitel a budapesti adatközpont és az állomások között telefonon történt. Ezek az állomások rövid periódusú (Kinematics SS-1) szeizmográfokkal voltak ellátva. A gyulai állomás 2002-ig működött.

⁷ A hagyományos mechanikus szeizmométerek frekvenciaátviteli tartománya korlátozott. Vannak *rövid* (1 s körüli) és *hosszú periódusú* (> 10 s) szeizmométerek. A modern elektronika lehetővé tette *széles sávú* szeizmométerek kialakítását is, amelyek átvitele széles frekvencia-tartományban (például 10 s – 50 Hz) állandó.

1995-ben újabb jelentős változás következett be a magyarországi állomáshálózatban. A Paksi Atomerőmű 1994-ben úgy döntött, hogy a telephely szeizmikus viszonyainak jobb megismerése érdekében egy korszerű digitális állomáshálózatot létesít. A hálózat megtervezésével, megépítésével és üzemeltetésével a GeoRisk Kft.-t bízta meg. Az állomáshálózat 1995 tavaszára el is készült, és kisebb átalakításokkal azóta is működik. Ezzel a magyarországi földrengés-megfigyelő állomások száma 1995-ben 14-re nőtt. Ez komoly előrelépés volt a magyar földrengéskutatásban, mivel ezen állomások adatai a tudományos kutatások számára korlátozás nélkül rendelkezésre álltak.

1997-ben a németországi (Potsdam) központú GEOFON-hálózat képviselői megkekesték az MTA GGKI Szeizmológiai Osztályát, és felajánlották, hogy a piskés-tetői állomás hardver- és szoftverfelszereltségét tovább korszerűsítik cserében a mért adatokért. A hardverfejlesztés egy korszerű digitális adatgyűjtő számítógépet és néhány kiegészítő eszközt jelentett, a szoftvert pedig a potsdami fejlesztésű SeisComP programcsomag telepítése. Az együttműködésnek természetesen nem volt akadálya, hiszen a magyarországi szeizmológus közösség mindig is híve volt a korlátozás nélküli adatcserének. Mindazonáltal ez az együttműködés bizonyos többletmunkát jelentett az obszervatórium technikusai számára, mert adatátviteli csatorna nem lévén, az adattároló mágneskazettát a helyszínen havonta cserélni, és aztán postázni kellett.

2001-ben a piskés-tetői obszervatórium internetkapcsolatának létrehozásával ez a probléma is megoldódott. A SeisComP szoftver és az internetkapcsolat segítségével létrejött a valós időben elérhető első magyaror-

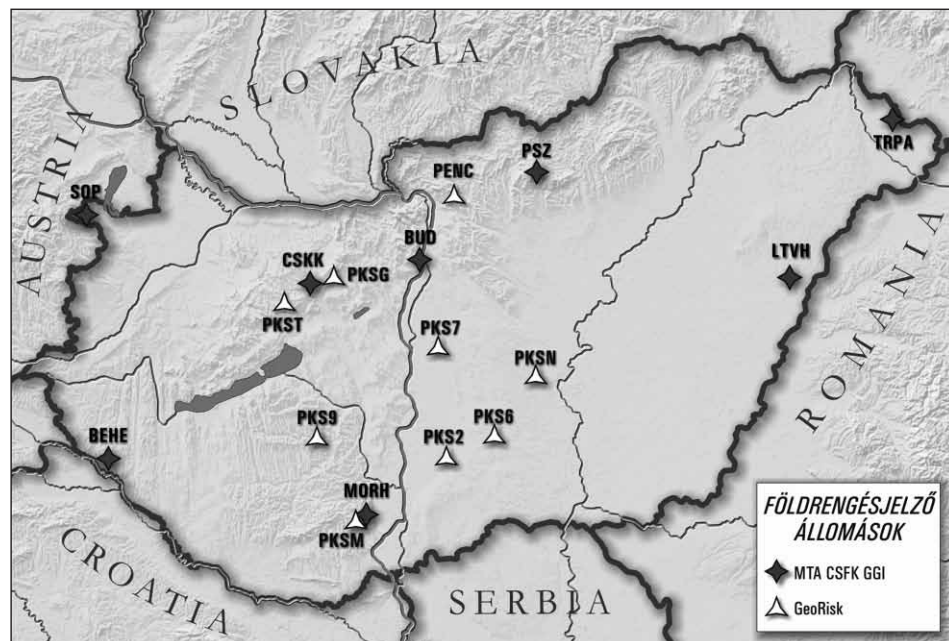
szági szeizmológiai állomás. A GEOFON-hálózattal való együttműködés mind a mai napig töretlen.

A jelenlegi állapot

Különböző anyagi források felhasználásával az MTA GGKI Szeizmológiai Főosztálya az új évezred első éveiben több STS-2 típusú, széles sávú szeizmométert tudott beszerezni. Ezek használatával és internetkapcsolat létesítésével sikerült egyre több helyszínt átalakítani korszerű, széles sávú, valós időben elérhető állomássá: Sopron (2003), Mórág (a GeoRisk Kft.-vel közös állomás, 2004), Budapest (2004), illetve új állomásokat létesíteni: Becsehely (2005), Tarpa (2006), Mórág (MTA GGKI állomás, 2012), Létavértes (2012). A jelenleg működő magyarországi szeizmológiai állomásokat az 5. ábra mutatja.

A valós időben (real-time) elérhető állomások használatához természetesen megfelelő adatközpontra is szükség van, amely tartja a kapcsolatot a távoli állomásokkal, fogadja az adatokat, és bizonyos automatikus feldolgozás után archiválja azokat. Az említett állomások telepítésével egyidejűleg az MTA GGKI Szeizmológiai Főosztályán, Budapesten megtörtént az adatközpont kiépítése is, ahol jelenleg a SeisComP program 3-as verziója fut, amely az adatok fogadása és archiválása mellett automatikus földrengésszámlálást is végez, és szükség (közel nagy rengés) esetén e-mailben értesíti az érdekelteket.

Az internet rohamos terjedése és a GEOFON-hálózatnál kifejlesztett SeedLink adatátviteli protokoll használatának általánossá válása lehetővé tette külföldi állomások adatainak valós idejű fogadását is. Két- és többoldalú megállapodások alapján az MTA szeizmológiai obszervatóriumának adatközpont-



5. ábra • Magyarország szeizmológiai állomásai 2012-ben

jában is sok (több tíz) külföldi állomás adatait fogadják, mintegy kiterjesztve az országos hálózatot. A több adattal mind az automatikus földrengéssparaméter-meghatározás, mind a tudományos kutatás hatékonyabbá válik, megbízhatóbb eredményeket szolgáltat.

Legújabbban az akadémia szeizmológiai hálózatának szervezeti háttere ismét megváltozott. Az Akadémia kutatóintézeti hálózatában bekövetkezett változások értelmében a

GGKI 2012-ben az MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpontjának (CSFK) tagintézménye lett, és neve is megváltozott: MTA CSFK Geodéziai és Geofizikai Intézet. A budapesti szeizmológiai obszervatórium ezen intézet egyik telephelye lett, és felvette Kövesligethy Radó nevét.

Kulcsszavak: *szeizmológia, geofizika, földrengés-megfigyelés, Kövesligethy Radó, szeizmográf*

IRODALOM

- Allegretti, Ivo (1996): 90 Years of the Seismological Station in Zagreb (ZAG) (1906–1996). *Geofizika*. 13, 97–99.
- Bisztricsányi Ede – Csomor Dezső (1981): 75 Years of Seismological Research in Hungary. *Acta Geodætica, Geophysica et Montanistica Academiae Scientiarum Hungaricae*. 16, 2–4., 423–434.
- Kosztolányi Dezső (1925): Kövesligethy Radó. *Pesti Hírlap*. 1925. május 24. (lásd e cikkgyűjtemény 4. oldalán)

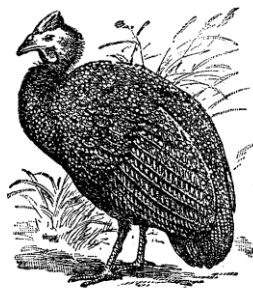
- Kövesligethy Radó (1900): Néhány szeizmológiai obszervatórium. *Földtani Közöny*. XXX, 8–9, 207–222.
- Kövesligethy Radó (1908): A földrengésekről. *Akadémiai Értesítő*. XIX. 312–319.
- Schafarzik Ferencz (1903a): *A földrengéstan mai állásáról*. Budapest
- Schafarzik Ferencz (1903b): *Változás a magyar honi földrengések megfigyelésében*. Budapest
- Simon Béla (1948): *Az Országos Földrengésvizsgáló Intézet 1947. évi működése*. Az Országos Földrengésvizsgáló Intézet kiadványai, Budapest

kód	helyszín	működési időszak
BEHE	Becsehely	2006–
BUD	Budapest	1902–
CJR	Kolozsvár (Cluj-Napoca, Románia)	1912–1914, 1940
CSKK	Csókakő	2009–
DEB	Debrecen	1963–1964
GYL	Gyula	1995–2001
HRB	Ógyalla (Hurbanovo, Szlovákia)	1901–1914, 1938–1945
JOS	Jósvafő	1970–1985
KAL	Kalocsa	1910–1914, 1937–1963
KEC	Kecskemét	1914–1930, 1937–1942, 1947–1972
LTVH	Létavértes	2012–
MORH	Mórág	2012–
PENC	Penc	2001–
PKSo	Paks	1995–1999
PKSi	Uzd	1995–1996
PKS2	Kecel	1995–
PKS3	Solt	1995–1996
PKS4	Mecseknádasd	1995–1999
PKS5	Helvécia	1995–1996
PKS6	Bócsa	1995–
PKS7	Kunszentmiklós	1995–
PKS8	Sárbogárd	1995–2006
PKS9	Tamási	1995–
PKSC	Csákvár	1997–2001
PKSG	Gánt	2002–
PKSM	Mórág	1997–
PKSN	Nyárlőrinc	1997–
PKST	Tés	2007–
PSZ	Piszkés-tető	1965–
RHK1	Bakonya	2000–2005

1. táblázat (folytatása a következő oldalon) • Földrengésjelző állomások működési időszaka (az I. világháború előtt az első oszlopban szereplő kódok még nem léteztek)

RHK ₂	Báta	2000–2001
RHK ₃	Tenkes	2000–2009
RIY	Fiume (jelenleg Rijeka, Horvátország)	1903–1914
SOP	Sopron	1963–
SZE	Szeged	1912–1914, 1937–1963
TIH	Tihany	1986–1987
TIM	Temesvár (jelenleg Timișoara, Románia)	1901–1914
TRPA	Tarpa	2006–
UZH	Ungvár (jelenleg Uzsgorod, Ukrajna)	1911–1914
ZAG	Zágráb (jelenleg Zagreb, Horvátország)	1906–1914

1. táblázat (az előző oldal folytatása) • Földrengésjelző állomások működési időszaka (az I. világháború előtt az első oszlopban szereplő kódok még nem léteztek)



A SZEIZMOLÓGIA SZEREPE A FÖLD ÉS MÁS ÉGITESTEK BELSŐ SZERKEZETÉNEK MEGISMERÉSÉBEN

Wéber Zoltán

a földtudomány kandidátusa, tudományos főmunkatárs,
MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Geodéziai és Geofizikai Intézet
Kövesligethy Radó Szeizmológiai Observatórium
weber@seismology.hu

Bevezetés

Minden földrengés rugalmas hullámokat hoz létre, amelyek keresztülhaladnak a Föld belsején. A szeizmológia tudománya azt vizsgálja, hogy ezek a hullámok mit árulnak el nekünk a földrengések keletkezésének fizikájáról és a Föld belső szerkezetéről. Ez az egyetlen eszköz, amellyel a kutatók képesek mélyen a Föld felszíne alá tekinteni, ahonnan közvetlen észleléssel nem juthatunk információkhoz. A szeizmológia szolgáltatta a legtöbb fontos felfedezést bolygónk természetéről, fizikai felépítéséről. Egyaránt lehetőséget ad számunkra, hogy tanulmányozzuk a felszín alatt több ezer kilométerre található földmagot, vagy a felszín közelében feltérképezzük a lehetséges szénhidrogén-tárolókat.

Jelen írásunk röviden bemutatja, hogy a szeizmológia miként segítette, segíti a Föld szerkezetének, belső felépítésének megismerését. Kitérünk arra is, milyen szerepet kap ez a viszonylag fiatal tudományág más égitestek tanulmányozásában.

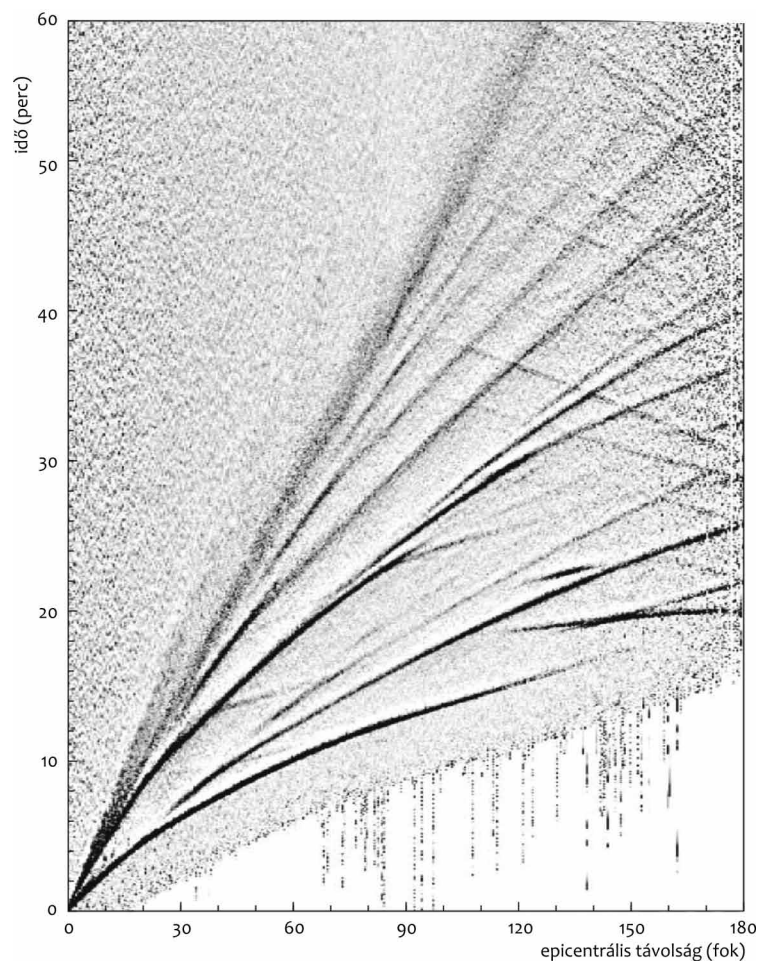
Menetidőgörbék és a Föld szerkezete

Az 1800-as években *Augustin Cauchy*, *Siméon-Denis Poisson*, *George Stokes*, *Lord Rayleigh* (*John William Strutt*) és mások elméleti kutatásai révén a rugalmas hullámok elmélete nagy lépésekkel haladt előre. Megállapították, hogy a szilárd testek belsejében *longitudinális* (P) és *transzverzális* (S) *testhullámok*, a szabad felszínen pedig *felületi hullámok* terjedhetnek. Ebben az időben az elmélet messze a gyakorlat előtt járt, hiszen még nem léteztek műszerek, amelyekkel észlelni és regisztrálni lehetett volna ezeket a hullámokat a Föld felszínén.

A 20. század elején azonban végre megjelentek az első jó minőségű szeizmográfok, és a regisztrált szeizmogramok száma is rohamosan növekedni kezdett. A kutatók hamar azonosítani tudták a P- és S-hullámokat, valamint a felületi hullámokat is. Észrevették, hogy a szeizmogramok jelentős számú, jól elkülöníthető hullámfázist tartalmaznak. Ha a hullámfázisok menetidejét felrajzoljuk a földrengés epicentruma és a szeizmológiai

állomás közötti (epicentrális) távolság függvényében, akkor megkapjuk ezen hullámfázisok menetidőgörbéit (1. ábra). A tapasztalat azt mutatja, hogy a menetidőgörbék nem mindig folytonosak: előfordulhatnak bennük szakadások (árnyékszónák), vagy éppen hurok formát is alkothatnak. Ezek a tapasztalatok egyértelműen azt jelzik, hogy (1) a Föld belsejében éles sebességkontrasztoknak kell létezniük, ahol a rugalmas hullámok megtörnek, reflektálódnak, és ahol P-S, illetve S-P

konverzió megy végbe, megmagyarázva ezzel az észlelt hullámfázisok nagy számát; (2) a hullámsebességnek néhol gyorsan kell növekednie a mélységgel, hogy megmagyarázhassuk a menetidőgörbéken tapasztalható hurokokat; (3) néhol alacsony sebességű zónának is lennie kell, hogy megmagyarázhassuk az árnyékszónákat. Az észlelt menetidőgörbék alapján tehát következtetni lehet arra, hogy a Föld belsejében miként változik a hullámsebesség a mélység függvényében.

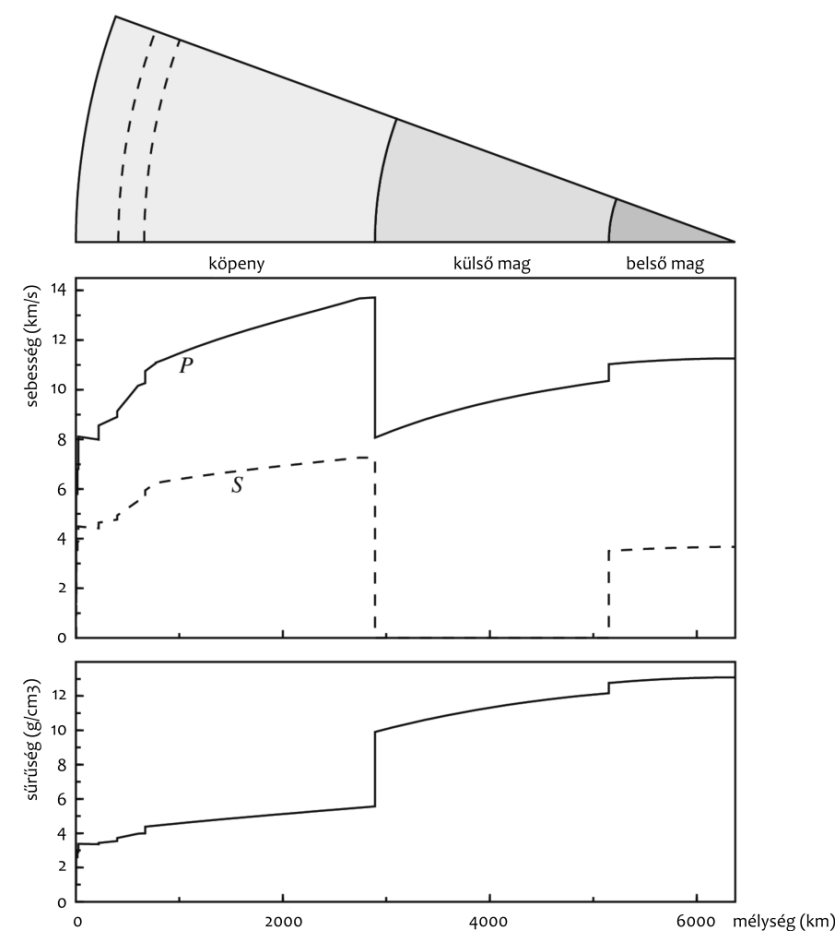


1. ábra • Hosszú periódusú ($T > 10$ s) vertikális szeizmogramok az epicentrális távolság szerint felrajzolva. Az ábrán jól kirajzolódnak a különböző hullámfázisok menetidőgörbéi.

A jelenleg is elfogadott gömbszimmetrikus, átlagos Föld-modell évtizedek kutatómunkája során alakult ki. *Andrija Mohorovičić* 1909-ben fedezte fel a róla elnevezett sebességszkontinuitást, amely a Föld külső héját, a földkérget választja el a földköpenytől. A köpeny alsó határa mintegy 2900 km mélyen található, amelyet 1914-ben *Benó Gutenberg*-nek sikerült először azonosítania. Később arra is fény derült, hogy a köpeny alatt található földmag valójában két részből, a folyékony

külső magból és a szilárd belső magból áll. A külső és a belső mag közötti határfelületet *Inge Lehmann* fedezte fel 1936-ban.

A kéreg átlagos vastagsága az óceánok alatt kb. 6 km, míg a kontinensek alatt 35 km, de helyenként akár a 70 km-t is elérheti. A földköpenyben, a kb. 400–700 km közötti mélységintervallumban található az átmeneti zóna, amelyben a sebesség meglehetősen gyorsan növekszik a mélységgel (2. ábra). A köpeny 700 km-nél mélyebb részében a sebesség



2. ábra • A Föld gömbhéjas szerkezete, valamint a hullámsebességek (P és S) és a sűrűség mélység szerinti eloszlása

fokozatosan növekszik. A köpeny–mag határon drámai változás tapasztalható: a P-hullám sebessége közel 14 km/s-ról mintegy 8 km/s-ra csökken, az S-hullám sebessége pedig kb. 7 km/s-ról nullára, mivel a külső mag folyékony, és benne transzverzális hullámok nem terjedhetnek. A belső mag azonban szilárd halmazállapotú, s benne mindkét hullámsebesség fokozatosan növekszik a mélységgel. Mivel a hullámok menetideje közvetlenül nem függ a sűrűségtől, a Föld sűrűségprofiljának megszerkesztése meglehetősen nehéz. Keith Edward Bullen azonban megmutatta, hogy ha feltételezünk valamilyen összefüggést a sebesség és a sűrűség között, akkor a Föld tömegének és tehetetlenségi nyomatékának ismeretében lehetőség van a sűrűségeloszlás becslésére is.

Végeredményben a földrengések által gerjesztett rugalmas hullámok észlelése és értelmezése lehetővé tette, hogy a Föld belsejébe lássunk, és meglehetősen pontos képet kapassunk annak belső szerkezetéről. A Föld ma elfogadott modellje már nagy pontossággal adja vissza a mért menetidőadatokat.

A Föld sajátrezgései

A két végén rögzített húrhoz hasonlóan a Föld belsejében is kialakulnak állóhullámok, amelyeket *normál módusoknak* nevezünk. Az egyes módusok frekvenciáját *sajátfrekvenciának*, a hozzá tartozó elmozdulást pedig *sajátfüggvénynek* nevezzük.

Gömbszimmetrikus szilárd test esetén kétféle normál módust különböztetünk meg. A *toroidális módusok* az SH- és Love-hullámokkal mutatnak rokonságot. Csak horizontális elmozdulással járnak, és csak az S-hullám sebességére érzékenyek. A *szferoidális módusok* a P/SV- és Rayleigh-hullámokhoz hasonlatosak. Az elmozdulásnak ekkor horizontális

és radiális komponense is van, amely mind az S, mind a P-hullám sebességétől függ. A hosszú periódusú szferoidális módusok a gravitációra is érzékenyek, ezért alkalmasak a Föld sűrűségeloszlásának meghatározására.

Az egyes módusok sajátfüggvényeit gömbi harmonikusok segítségével írhatjuk le. A toroidális módusokat ${}_nT_l^m$, míg a szferoidális módusokat ${}_nS_l^m$ jelöléssel szokás illetni, ahol n a radiális, míg l és m a szferikus rendszámok. A radiális rendszám azt jelzi, hogy a sajátfüggvény hány helyen vesz fel zérus értéket a gömb sugara mentén. Ha $n=0$, akkor *fundamentális módusról*, ha $n>0$, akkor *felharmonikusról* beszélünk. Gömbszimmetrikus test esetén a sajátfrekvencia nem függ m -től, ezért ilyen esetben az m indexet el is szokás hagyni a jelölésekből.

Az ${}_0S_0$ fundamentális szferoidális módus a Föld tágulásának és összehúzódásának periodikus váltakozását írja le. Az ${}_0S_1$ módus a Föld egészének elmozdulását jelenti, amelynek nincs szeizmológiai jelentősége. Az ${}_0S_2$ módus periódusideje mintegy 54 perc, e módusban rezegve a Föld egyszer horizontális, máskor vertikális ellipszoid alakot vesz fel. A ${}_0T_2$ toroidális módus periódusideje mintegy 44 perc, és a Föld északi és déli féltekéjének egymással ellentétes, váltakozó irányú elfordulásának felel meg.

Mint említettük, a normál módusok sajátfrekvenciája csak akkor független az m rendszámtól, ha a rezgő test gömbszimmetrikus. A valóságos Föld esetén azonban ez a gömbi szimmetria megbomlik, hiszen bolygónk nem tökéletes gömb, tengely körüli forgást végez, gravitációs tere van, és inhomogén. A valóságos Föld rezgésének spektruma ezért felhasad, a sajátfrekvenciák m -től is függenek (3. ábra). Mivel a Föld ellipticitása, forgása és gravitációja ismert, ezek hatása kiszűrhető, és

a tapasztalt spektrális felhasadás alapján következtethetünk a Föld belső szerkezetére.

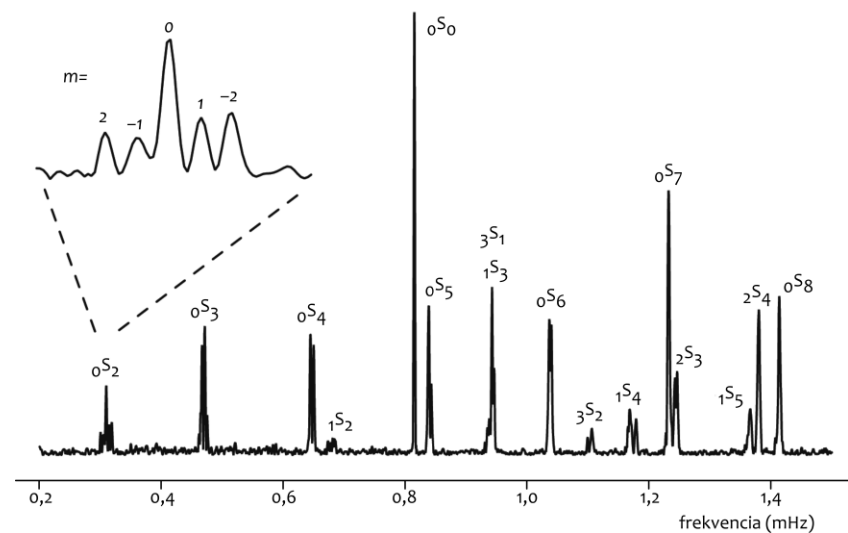
A Föld egészét csak nagy energiájú, 7-esnél nagyobb magnitúdójú földrengések képesek annyira rezgésbe hozni, hogy spektrális analízissel megállapíthassuk bolygónk normál módusainak sajátfrekvenciáit. Az ilyen vizsgálatok azonban több okból is igen hasznosak. Például az alacsony frekvenciás normál módusok információval szolgálnak a Föld sűrűségének térbeli változásairól. Mivel az egyes módusok energiasűrűsége egy bizonyos mélységben maximális, alkalmasak arra, hogy vizsgálatukkal következtessünk a rugalmas paraméterek mélység szerinti eloszlására. Fontos még kiemelni azt is, hogy a normál módusok segítségével a Föld olyan részei is vizsgálhatók, amelyekről a testhullámok (P- és S-hullámok) csak kevés információval

szolgálnak (például a belső magbeli S-hullám sebessége).

Szeizmikus tomográfia

Az eddigiek során tárgyalt módszerek segítségével a Föld egydimenziós (1D), csak mélységtől függő sebességeloszlását határoztuk meg. A Föld belsejében – különösen a földkéregben – azonban az átlagos sebességmodellhez képest kisebb-nagyobb inhomogenitások találhatók, amelyek feltérképezése nélkülözhetetlen a földdinamikai folyamatok megértésében, a nyersanyagkutatásban stb.

A menetidő-reziduál (vagy röviden csak *reziduál*) a mért menetidő és az átlagos 1D sebességeloszlás alapján számított menetidő különbsége. Ha a földrengés által gerjesztett rugalmas hullám az átlagosnál alacsonyabb hullámsebességgel jellemezhető térrészen



3. ábra • Egy 240 óra hosszúságú seizmogram spektruma, amelyen jól azonosíthatók az alacsonyabb rendű szferoidális módusok. A seizmogramot a 2004-ben Szumátrán kipattant 9,1 magnitúdójú földrengés után regisztrálták az orosz ARU szeizmológiai állomáson. A kinagyított részlet azt szemlélteti, hogy az ${}_0S_2$ módus spektrális csúcsa hogyan hasad fel az m azimutális rendszám öt lehetséges értékének megfelelően.

halad át, akkor a reziduál pozitív, ellenkező esetben pedig negatív lesz. Kellően sok föld-rengést regisztrálva nagyszámú mérőállomás segítségével, azaz ha kellően sok sugárral világítjuk át a vizsgált térrészt, akkor következtetni tudunk a sebességanómália eloszlására. Ez az inverziós eljárás nagyon hasonlít az orvosi tomográfiához, ezért a *szeizmikus tomográfia* elnevezést kapta. Az analógia ellenére azonban hangsúlyoznunk kell, hogy a szeizmikus tomográfia sokkal bonyolultabb, mint az orvosi. Ennek több oka is van: (1) a szeizmikus sugarak nem egyenesek, és függnek a meghatározni kívánt sebességeloszlástól; (2) a szeizmikus források (földrengések) és érzékelők (szeizmológiai állomások) eloszlása egyenetlen és ritka; (3) a szeizmikus források helye nem pontosan ismert, lokalizációjuk függ a meghatározni kívánt sebességeloszlástól; (4) az egyes hullámfázisok beérkezési idejének kimérése hibákkal terhelt.

A feladat nehézségei ellenére a szeizmikus tomográfia sikeres eljárásnak bizonyult a gyakorlatban, és számos fontos eredménnyel szolgált a szeizmológiai kutatásban. Segítségével sikerült feltérképezni a földkéreg háromdimenziós sebességeloszlását, sikerült kimutatni a forró foltok (*hot spot*) alatti forró anyagra jellemző negatív sebességanomáliát és a szubdukciós zónában alábukó hideg óceáni kéregre jellemző pozitív anomáliát, de jelentős segítséget nyújtott több bonyolult tektonikai környezet jobb megértésében, hogy csak a legfontosabb példákat említsük. Mára a szeizmikus tomográfia a szerkezetkutatás nélkülözhetetlen eszközévé vált, és a nyersanyagkutatásban is fontos szerepet játszik.

Szeizmológia a Holdon

1969 és 1972 között az amerikai Apollo-12, -14, -15 és -16 holdmissziók során az asztronauták

négy szeizmográfot helyeztek el a Hold felszínén abból a célból, hogy segítségükkel jobban meg lehessen ismerni a Hold belső szerkezetét. Működésük közel nyolc esztendeje alatt a műszerek 12 558 szeizmikus eseményt rögzítettek, amelyek közül több mint 1700-at meteorit becsapódása okozott.

A valódi holdrengéseket, amelyek a Hold belsejében keletkeztek, három kategóriába sorolhatjuk. A nappalok és éjszakák váltakozásából eredő hőingadozás okozta termorengések a felszín közelében keletkeznek, és nagyon gyengék. A holdkéreg alatt kipattanó, sekély fészki rengésekből szintén csak keveset regisztráltak a szeizmológiai állomások. A legtöbb holdrengés mélyen a felszín alatt, 700 és 1200 km-es mélységek között keletkezik. Ezek előfordulása havi periodicitást mutat, és hozzávetőleg száz jól elkülöníthető fészke területen összpontosul. Ezek a holdrengések meglehetősen kis energiájúak, többségük Richter-magnitúdója nem éri el a 2-es értéket. Eredetük a Hold Föld körüli keringése során fellépő árapályerők által okozott feszültségekre vezethető vissza. Az azonos fészke területen kipattant rengések szeizmogramjai nagyon hasonlítanak egymásra, így ezek összegzésével (*stacking*) hathatósan növelni lehet a mérési adatok jel/zaj arányát. Erre szükség is van annak érdekében, hogy a Hold belső szerkezetét minél kisebb bizonytalansággal meg lehessen becsülni.

A Földhöz hasonlóan a Holdnak is van kérge, köpenye és magja. A holdkéreg vastagsága átlagosan 60–70 km, amely körülbelül kétszerese a Földön található szárazföldi kéreg átlagos vastagságának. A meteoritbecsapódások miatt a felső 20 km erősen töredezett, ami a szeizmikus hullámok jelentős szóródását okozza. A Hold magja meglehetősen kicsi, sugara csupán 330 km körül van. A legújabb

kutatások eredményei szerint a holdmag – akárcsak a Föld esetén – felosztható egy szilárd belső, és egy olvadt anyagból álló külső magra. A holdmag és a holdköpeny között egy részben olvadt átmeneti réteg található. A Hold belsejében terjedő szeizmikus hullámok csillapodása sokkal kisebb mértékű, mint a Földön. Mivel a csillapodás mértéke a hőmérséklet és a kőzetek porusfolyadék-tartalmának növekedésével egyaránt nő, arra a következtetésre juthatunk, hogy a Hold hideg és száraz égitest.

Helioszeizmológia

Bár az optikai tartományban nem tudunk a Nap felszíne alá tekinteni, a csillagunk belsejében végbemenő folyamatok által gerjesztett mechanikai hullámok segíthetnek abban, hogy információt szerezhessünk a Nap belső szerkezetéről.

A SOHO- (*Solar and Heliospheric Observatory*) űrszonda és a földfelszíni GONG- (*Global Oscillations Network Group*) mérőhálózat által üzemeltetett MDI- (*Michelson Doppler Interferometer*) műszerek segítségével hosszú időn keresztül megfigyelték (megfigyelik) a Nap felszínének mozgását, és megállapították, hogy a Nap állandó mechanikai rezgésben van. Ezen rezgések tanulmányozásával meghatározhatók a csillag sajátrezgéseinek tulajdonságai is. Attól függően, hogy a csillag belsejében az egyensúlyi helyzetéből kimozdított tömegelemre a nyomásból vagy a gravitációból származó visszatérítő erő az erősebb, többféle típusú sajátrezgést különböztetünk meg. Amennyiben a nyomásból származó erő a meghatározó egy adott sajátrezgés létrehozásában, az illető pulzációs módot *p-módusnak*, ha a gravitáció a jelentősebb, akkor *g-módusnak* hívjuk. A p-módusok elsősorban a csillag külső tartományaiban

érnek el nagy amplitúdót, míg a g-módusok inkább a csillag belsejében.

A Nap esetén megfigyelhető óriási számú különböző sajátrezgés lehetővé teszi a Nap belső szerkezetének feltérképezését, ugyanis a különböző sajátrezgések a Nap más és más rétegeiben érik el maximális amplitúdójukat. Az észlelt sajátrezgések spektrumának inverziójával meghatározhatjuk a hangsebesség csillagon belüli eloszlását, ennek alapján pedig következtethetünk a Nap belső felépítésére, a hőmérséklet és a sűrűség térbeli változásaira, illetve a Nap különböző rétegeinek forgási sebességére. Ezzel az inverziós eljárással a helioszeizmológia számos új eredménnyel szolgált, amelyek közül a legfontosabbak:

- 1) A Nap teljes belső tartományában meghatározott hangsebességprofil lehetővé tette a Nap korának pontosabb becslését, és ezzel összefüggésben a kezdeti hélium- és nehézelem-gyakoriság pontosítását.
- 2) Megállapították, hogy a felszínen megfigyelt szélességi differenciális rotáció a konvektív zóna rétegeiben nem függ a mélységtől.
- 3) A Nap sugárzási zónája merev testként forog, 430–440 nHz szögsebességgel.
- 4) A konvektív és a sugárzási zónát egy vékony réteg, az ún. *tachoklína* választja el egymástól. A helioszeizmológia vizsgálatai alapján valószínűnek tartják, hogy ez a réteg a Nap mágneses mezejének forrása.
- 5) A konvektív zóna mélységének meghatározása lehetővé tette az áramlás útján történő energiatranszportot leíró modellek pontosítását.

Felhasználva a helioszeizmológiából kapott eredményeket, lehetőség nyílt egy olyan napmodell felállítására, amelyből a számított hangsebességprofil a lehető legjobban illeszkedik a mért hangsebességprofilhoz. A mo-

dellből kapott és a mért értékek közti különbség csak néhány ezrelék, és ez a nagyon kis eltérés is mutatja, hogy a standard napmodell kielégítően írja le a Nap belső szerkezetét.

A helioszeizmológia sikerei alapján kialakult az *asztroszeizmológia* tudománya, amely távoli csillagok sajátrezgéseinek észlelése segítségével tanulmányozza azok belső szerkezetét, sok hasznos információt szerezve a különböző fejlődési stádiumban levő csillagok fizikai tulajdonságairól, belső szerkezetük változásairól.

Összefoglalás

A fenti rövid áttekintés természetesen nem a teljesség igényével készült. A korlátozott terjedelem miatt nem térhettünk ki olyan

módszerek bemutatására, mint például a vevőfüggvények (*receiver function*) inverziója, a felületi hullámok tomográfiája vagy a közelemben fejlődésnek indult *zajtomográfia*. Annak taglalására sem kerülhetett sor, hogy a gyakorlati geofizika egyik legfontosabb módszere, a *szeizmika* hogyan fejlődött ki a szeizmológiából. Mindazonáltal bízunk abban, hogy a tisztelt olvasó számára sikerült megmutatnunk: a szeizmológia nélkülözhetetlen eszköz, ha egy égitest belső szerkezetének megismerése a cél.

Kulcsszavak: *földrengések, menetidőgörbék, földkéreg, földköpeny, földmag, normál módusok, szeizmikus tomográfia, holdrengések, helioszeizmológia, asztroszeizmológia*



Tanulmány

A FÖLDTAN KÖZPONTI PARADIGMÁJÁNAK, AZ AKTUALIZMUS ELVÉNEK KORLÁTAI – AVAGY MIT TARTOGAT SZÁMUNKRA A MARS?

Bujtor László

PhD, PTE Földtani Tanszék
bujtor.laszlo.geology@gmail.com

Bevezetés

A modern, mai értelemben vett geológia tudományának kezdetét Charles Lyell 1830-ban megjelent kötetéhez, a *Principles of Geology*¹ című műhöz kötjük. Lyell munkája a geológia tudományának robbanásszerű fejlődését és tudományos alapjainak lerakását tette lehetővé. Központi gondolata szerint a Föld történeti múltját úgy érthetjük meg, hogy a jelenben zajló folyamatokat megfigyelve és értelmezve azokat, vonunk le következtetéseket, melyeket a földtörténeti múltban is érvényesnek tartunk. Eközben azt feltételezzük, hogy a megfigyelt folyamatok a Föld múltjában is hasonló módon működ-

tek, mint ahogy manapság megfigyeljük. A népszerűsítő irodalomban a „múlt megértésének kulcsa a jelenben van” összefoglalásként honosodott meg a geológián belül aktualizmus elveként ismert módszer. És ez a módszer igen hasznosnak bizonyult a Föld elmúlt, mintegy félmilliárd éves történetének feltárásához, megértéséhez és leírásához, megte-mertve azt a stabil alapot, amelyre építkezve magának az elvnek a korlátait is felismer-tük. A tudomány fejlődése az elmúlt évszázadok során nem csak a geológiában vezetett paradigmaváltáshoz. Ám a legtöbb esetben az aktuális paradigma lecseréléséhez az vezetett, hogy a leváltandó paradigma keretei között fejlődő tudásunk rámutatott a leváltandó paradigma korlátaira. Jelen írás hasonló paradigmaváltás (módosítás?) példáját mutatja be a geológia tudományában. Aktualitását a Mars bolygón sikeresen landolt *Curiosity* marsjáró² kutatásainak kezdete adja.

¹ Lyell, Charles (1797–1875): *Principles of Geology* Being an Attempt to Explain the Former Changes of the Earth's Surface, by Reference to Causes Now in Operation. A műnek már a címe is magában hordozza a geológia központi gondolatát, hogy a Föld múltbéli változásait a jelenleg is ható folyamatok tükrében lehet megérteni. (Eredetiben letölthető: Lyell, 1830–1834.)

² A *Curiosity* rover marsjáró küldetése folyamatosan követhető a NASA honlapján (URL1)

*A geológiai elv általánosítása
és egyetemes princípiummá tétele*

A magyar földtani szakirodalomba a Lyell által leírt jelenség és módszer az aktualizmus elve kifejezésként vonult be. Az elv azonban nem maradt meg a földtan vagy a természettudományok szűkebb berkein belül, hanem hódító útra indult a társadalomtudományok felé. Ennek elsődleges oka az, hogy Charles Darwin evolúciós elméletének kidolgozásában döntő szerepe volt Lyell elméletének. Az evolúciós elmélet térhódításával és általános elfogadásával a társadalomtudományok (elsősorban a történettudományok) mindenhol (így hazánkban is) előszeretettel fordultak a módszer felé, amely alkalmas eszköznek tűnt a hasonló történeti kérdések vizsgálatához. Sándor Klára és Kampis György (2000) eként vélekednek az aktualizmus elvének alkalmazhatóságáról a társadalomtudományokban:

„A darwini elmélet fontos és hatékony segédhipotézise Lyell eredetileg a geológiára megfogalmazott uniformitási elve.³ Ez a jelen és a múlt között kapcsolatot teremtő elv [...] hozzájárul a megfigyelhető és a nem megfigyelhető jelenségek közötti gátak lebontásához és a tudomány számára létfontosságú természetes általánosítás megalapozásához. Hallgatólagosan ugyanis minden tapasztala-

ti tudomány egy teljes adatmező ismeretét tételezi fel, miközben mindig csak egy adott minta hozzáférhető a számára; a kettő között a Lyelléhez hasonló segédelvek biztosítják az átjárást. Lyell elve alapján nincs okunk kételkedni abban, hogy az evolúciós folyamatok a múltban is olyanféleképp játszódtak le, ahogyan ma, csak éppen a mai folyamatok közvetlenül megfigyelhetők, a múltbeliek meg nem.”

A társadalomtudósok illetén tisztelgése Lyell nagysága előtt és elméleti eszköze általános alkalmasságának elfogadása a múltbeli jelenségek vizsgálatára bármely történettudományban megnyugtató, és jelzi, hogy igen fontos és általános tudományos vizsgálati módszert adott a kezünkbe. Tanulságos ütköztetni ezt a társadalomtudósok által megfogalmazott véleményt egy természettudós gondolataival, aki a lyelli elvet vizsgálta természet- és társadalomtudományos aspektusból. A hivatkozott kutató a török Célal Şengör geológusprofesszor, aki az egyes tudós (legyen az természet- vagy társadalomtudós) történelemfelfogása felől közelítve más eredményre jutott. Fontos munkájában (Şengör, 2001) két természet- és két társadalomtudós történelemfelfogását vizsgálta, és tette az alábbi megállapításokat: „Amikor megvizsgáltam, hogy Hutton⁴ és Smith⁵ milyen módon közelítette meg a történelmet, észrevet-

tem, hogy ők is felismerték ezt [a folyamatok összevethetőségének korlátozottságát]. Ezzel magyarázható, hogy történelemfelfogásuk tudománnyá vált. [...] Marx és Werner⁶ azt gondolták, hogy a múlt teljesen megismerhető, vagy legalábbis abban az értelemben teljesen megismerhető, hogy bárkit képessé tesz arra, hogy tökéletesen megértse azon törvényeket, amelyek kormányozzák folyamatait annak érdekében, hogy képes legyen biztos előrejelzéseket adni. Ez a meggyőződés inkább vallásos, semmint tudományos. Ez az oka, amiért a weneri geológia és a marxi közgazdaságtan igen hamar a hit által megfogalmazott tézisekben szilárdult meg, és elvesztette bármiféle tudományos karakterét, ha volt is valaha.”

Şengör arra is rámutat, hogy a tapasztalat miként vezet intoleráns dogmatizmushoz, és ássa alá a tudományt, ugyanakkor felmutatja, hogy a megfigyelésen alapuló bátor felvételek és az ezekből következő szigorú cáfolatok miként szolgálják az emberi tudás előrehaladását. És ráértett arra, hogy bizony a jelen folyamatainak a múlt jelenségeire történő mechanikus adaptálása hibás következtetésekhez vezet. Şengör tehát felteszi a kérdést: Képes-e a történettudomány (legyen az természet- vagy társadalomtörténet) vezetnünk azon folyamatok megértésében, amelyek a természet és az ember evolúcióját kor-

hatású művének tartanak. A kor közgazdaságtanát új alapokra helyezte, és ezzel megalapozta a klasszikus közgazdaságtan tudományát.

⁶ Abraham Gottlob Werner (1749–1817): német geológus, a „német geológia atyja”. Központi tézise szerint a Földön csaknem valamennyi kőzet és ásvány egy valaha létezett és mindent elborító ósocéánból származik, amely fokozatosan húzódott vissza a jelenlegi helyzetébe, miközben kiváltak belőle a kőzetek és ásványok. Ez az elmélet lett az alapja a neptunista geológiai iskolának.

mányozzák? Provokatív módon az elvet megfordítja, és megvizsgálja, hogy melyik megközelítés a célravezető: a jelen felől megközelítve megérteni a múltat, vagy a múlt felől vizsgálva megfejtetni a jelent? Mondani-valónk szempontjából lényegtelen a kérdésre adandó válasz. Ami ebből a szempontból lényeges, az, hogy egy adott keretrendszeren belül hasznos és hatásos módszer a keretrendszeren kívül – vagy azon belül ugyan, de megváltozott paraméterek mellett – már nem hasznos segédelv, hanem kiüresedett sablon, melyet alkalmazva nem a megértés, hanem a kudarc lesz a kutató jutalma. Jelenleg a geológia tudománya ebben a helyzetben van. Új felfedezések küszöbén állunk. Olyan világokat kell megértenünk, múltbeli folyamataikat megismerni, leírni és rekonstruálni, amelyhez kiindulópontot, első fogódzót csak Földünk és az aktualizmus elve kínál. Ám annak ellenére, hogy a tudományos módszer a természettudományt művelők körében általánosan elfogadott, a kutatók vérmérsékletük szerint igencsak különbözőek. Talán ez vezet oda, hogy mindennapi munkájuk során a különböző kutatók mennyire veszik figyelembe Célal Şengör óvatosságát, és a kutatás során milyen mértékben alkalmazzák a többirányú szempontrendszereket, milyen gyakran gyakorolják a szempontváltás képességét, és veszik figyelembe vizsgálati módszereik korlátait.

*Az aktualizmus elvének kiterjesztése
Földön kívüli világokra*

Az amerikai Viking és Mariner űrszondák által a Földre sugárzott képeken látott felszíni formák különleges érdeklődést váltottak ki a geológusokból. Ezeken a képeken ugyanis is a földihez meglehetősen hasonló folyamatok eredményeit vélték felfedezni a kuta-

³ Igen zavaró, hogy ugyanarra a fogalomra a magyar geológiában az *aktualizmus elve* kifejezés honosodott meg, míg a magyar társadalomtudomány az *uniformitási elv* kifejezést fogadta be. A kétféle megnevezés háttérben az áll, hogy az angol eredetiben az aktualizmus elve a *uniformitarianism* kifejezésként szerepel, melynek szöveghű fordítása az uniformitási elv. A geológiai szakkifejezés talán a lyelli elvet jobban ülteti át a magyar nyelvre, hiszen lényegét adja vissza: a múlt jelenségeit a mában is megfigyelhető (aktuál) jelenségek-ből levezetve érthetjük meg.

⁴ James Hutton (1726–1797) az aktualizmus elvének kidolgozója. Elmélete szerint a földtani folyamatok jelenleg is zajlanak, és ugyanezek hozták létre a múltban is a megfigyelt képződményeket, kőzeteket, korszakokat. Ezek hosszú folyamatok, amelyekhez sok idő kell. Elmélete nyitotta meg a földtörténeti idő fogalmának térhódítását, ami a Föld keletkezését több millió évvel tolta vissza az időben az emberek tudatában.

⁵ Adam Smith (1723–1790) skót közgazdász. 1776-ban megjelenik fő műve, *A nemzetek gazdagsága* (*The Wealth of Nations*), amit sokan a nyugati világ legnagyobb

tók. Igen hamar megkísérelték ezeket interpretálni, és az aktualizmus elve alapján azonosítani földi folyamatokkal, jelenségekkel és képződményekkel. Az egyik igen szellemes magyarázat Paul Komar (1983) amerikai kutató nevéhez fűződik, aki földi modellkísérleteket végzett a marsi formák azonosítására. Komar észrevette, hogy a Mariner és Viking űrszondák által lefényképezett egyes felszíni alakzatok nagyon hasonlítanak a Mississippi, Missouri és Columbia folyók által kialakított szigetek alakjára. Lemérte, hogy a földi és a marsi „szigetek” hossz- és keresztmetszelinek aránya mekkora. Különös egyezést talált: a marsi formák esetében az érték 3,15, míg a földi folyami szigetek esetében 3,25 volt a két tengely aránya. A meglepő egyezés alapján modellkísérletekbe fogott. Áramlási kísérleteiben azt találta, hogy a marsihoz leginkább hasonló formák akkor jönnek létre, ha egy kör alakú akadály (= marsi becsapódási kráter) körül áramló víz ellepi az akadályt, át tud folyni felette, de az átbukó víz magassága csak töredéke az akadály magasságának. Levonta tehát a következtetést, hogy a marsi formákat is sekély áramló víz hozta létre. Látni akart egy elvet, vagy látni akart egy törvényszerűséget érvényesülni ott, ahol az valójában nincs is jelen... Miért állítottam ezt? Azért, mert fontos paramétereket nem vett számításba, azaz úgy próbálta alkalmazni az aktualizmus elvét, hogy nem győződött meg annak érvényességi tartományáról. Gondolhatnánk azt, hogy ami harminc évvel ezelőtt történt, az nem ismétlődik meg, hiszen tanulunk saját tévedéseinkből, emellett sokkal több információ van a Marsról (Carr, 2007). Nagyot tévednénk. Az aktualizmus elvét még ma is sokan félreértelmezik. Ugyan ez a téves megközelítés érhető tetten Lorena Moscardelli és Lesli Wood friss kutatásaiban.

Ők is a marsi felszíni folyamatokat vizsgálták (Moscardelli – Wood, 2011), és állapították meg, hogy a marsi felszíni alakzatokat nem folyóvíz, hanem víz alatti tömegfolyások hozták létre, mint a Földön. Ahogy Paul Komar, úgy ők sem vették kézbe Occam borotváját...

Felismerjük az aktualizmus elvének korlátait

Annak ellenére, hogy az aktualizmus elve a geológiában csaknem százötven éven keresztül megkérdőjelezhetetlen segédelve volt a földtani kutatásnak, és Földünk megismerésében alapvető szolgálatot tett, tudásunk bővülésével megjelentek az elv általános alkalmazhatóságába vetett mély elkötelezettség falán az első repedések.

A proterozoos példa

Földtani tudásunk elmélyülésével és szerteágazásával egyre több ismeretre tettünk szert a korai Föld fizikai, klimatikus, légköri, asztromómiai és üledékképződési viszonyairól. Egyre több bizonyítékunk gyűlt össze, amelyek alapján megkérdőjeleződött, hogy a korai Föld (jellemzően a prekambrium, tehát félmilliárd évvel ezelőtti) viszonyai között az aktualizmus elve nem, vagy csak igen korlátozottan érvényesülhetett. James Walker (1982) mutatott rá, hogy a proterozoos, de még inkább az archaikus Föld teljesen más fizikai paraméterekkel rendelkezett, mint amit ma ismerünk. Az akkori nap tizenöt órával volt rövidebb a jelenleginél. Következésképpen a földi év nem 365, hanem akár 450 napból állt. A Hold sokkal közelebb keringett a Földhöz, mint jelenleg, következésképpen jóval nagyobb árapályhatást is keltett. Ám Földünk belseje is egészen másként viselkedett, mint amit ma ismerünk. A belülről áramló hőfluxus jóval erősebb volt (akár hatszorosa a jelenleginek), tehát a földkéreg hőmérsék-

lete magasabb volt, következésképpen a viszkózitása jóval kisebb. Ezért gyorsabban mozgott a kontinentális lemezek, kisebbek voltak a litoszféalemezek és szegélyük jóval hosszabb volt, mint manapság, ugyanakkor az óceáni kéreglemezek jóval vastagabbak voltak (Hunén – Berg 2008). Egészen mások voltak tehát a lemeztectonikai viszonyok. Központi csillagunknak, a Napnak a luminozitása jóval gyengébb volt (egyes becslések szerint mintegy 25%-kal kevesebb sugárzás érte a Földet, mint manapság). Ezen felül a légkör összetétele sem hasonlított a mai (vagy a fanerozoikum során) ismert összetételhez. Be kellett lássuk tehát, hogy a földtörténet ezen korai szakaszában az aktualizmus elve nem alkalmas Földünk akkori folyamatainak helyes megközelítéséhez, megértéséhez és leírásához. Az aktualizmus elve tehát nem univerzális segédelv a földtanban, hanem megszorításokkal alkalmazható csak. Minél távolabb megyünk az időben visszafelé, annál jelentősebbek a korlátozások, annál kevésbé alkalmazható az elv a múlt megértésére.

A késő kréta/paleogén példa

Ám a tudomány eredményei nemcsak a prekambrium Föld viszonyai közt korlátozzák az aktualizmus elvének érvényességét és alkalmazhatóságát. Sokáig gondoltuk (reméljük?), hogy az aktualizmus elve mint vezérelv töretlenül érvényes a fanerozoos (elmúlt ötszázmillió év) éra folyamataira. A legfrissebb kutatási eredmények cáfolni látszanak reményeinket. Ellen Thomas és munkatársai földtani közelmúltunkból, alig hatvan-hetven millió évvel ezelőtti időszakok történéseiről mutatták ki (Thomas et al., 2006), hogy az aktualizmus elve csak jelentős megszorításokkal alkalmas a Föld megismerésére, sőt, ezen elv mechanikus alkalmazásával a mából kö-

zelítve és értékelve, igencsak hibás következtetésekre juthatunk. A késő kréta és paleogén kori óceánok mélyvízi átlaghőmérséklete Ellen Thomas és munkatársai vizsgálatai alapján 8–12 °C között mozgott. Ez jóval magasabb fenékhőmérséklet, mint amilyeneket ma mérünk (2–4 °C). Ugyanakkor a kréta/paleogén óceánok felszíni vizeinek produktivitása jóval alacsonyabb volt, mint a maiaké (Thomas et al., 2006). Meglepő módon a kréta/paleogén tengerek aljzati foraminifera-faunájának gazdagsága és változékonysága a mai, magas produktivitású faunákéhoz hasonlított. Ez azért meglepő, mert akkortájt ugyanezekben a faunákban a felszíni (planktonikus) és sekélyvízi foraminifera-faunák produktivitása és diverzitása zuhanásszerűen csökkent, miközben a mélyvízi (benthosz) faunákra nem, vagy csak igen kis mértékben hatott a felszíni formák diverzitásának és a felszíni vizek produktivitásának csökkenése. Ebből az a következtetés vonható le, hogy üvegházperiódus idején (mint amilyen általában jellemezte Földünket) a késő kréta – paleogén korban a pelágikus planktoni és az aljzati (benthosz) foraminifera-populációk együtmozgásának hiánya a maitól teljesen különböző szenciklus működésével magyarázható. Valószínűnek tűnik, hogy a (mint a jelenlegi) jégapokaliptikus periódusokban egészen más folyamatok épülnek föl, és szállítják a szenet a mélyóceánokba, mint az üvegházperiódusok idején. Az ebből levonható végkövetkeztetés elgondolkodtató: találtunk egy olyan fanerozoos jelenséget, amelyre ugyancsak érvénytelen az aktualizmus elve. Az az elv, amit alapvetően egy olyan időszakban élve dolgozott ki az ember, amely atipikus a Föld teljes történetére nézve. Ez tehát óvatosságra int: az aktualizmus elve nem tévedhetetlen törvény. Sokkal inkább olyan segédelv, amely

még saját tárgyára alkalmazva is csak jelentős megszorításokkal érvényes. Különösen igaz ez olyan világok/korok vizsgálatára, melyek jelene, múltja teljesen más feltételeket kínált, mint amilyenek felől megközelíteni szeretnénk azokat.

A marsi geológia és az aktualizmus elve

Térjünk vissza a Mars bolygó kutatásához és Paul Komar tévedéséhez. Amikor a Mars felszíni alakzatai közül a könnyecsepp alakú szigetek⁷ földi analógiáit keresve Komar eljutott a Mississippi és Missouri folyók sekély, áramló folyóvíz által létrehozott hasonló formájú felszíni struktúráihoz, majd modell-kísérletekkel „igazolta” azok eredetét, kialakult benne az a tudományos csörlés, ami sajnos számos kutatót elragad, ha eredeti (vagy annak vélt...) felfedezés közelébe jut. A látszólagos analógia ugyanis egyáltalán nem utal tényleges analógiára. Az amerikai kutatonak nem tűnt fel, hogy a földi könnyecsepp alakú szigetek csak formájukban hasonlítanak a marsi struktúrákhoz, méreteikben el-
törpülnek azokhoz képest! A marsi alakzatok ugyanis annyira nagyok, hogy ezerszer vagy akár tízezerszer annyi vízre lenne szükség létrehozásukhoz, mint amennyi a Mississippi által szállított vízmennyiség (Carr, 2007). A másik igen fontos tényező, amit nem vett figyelembe, a felszíni gravitáció. Ez ugyanis a Marson a Föld felszínén mértnek mindössze 40%-a. Márpedig az üledékképződés során, az üledékes struktúrák létrejöttében az egyik legfontosabb tényező a gravitáció nagysága, ami hatást gyakorol a szállított részecskék ülepedésére, az ülepedés sebességére, a

szállított részecskék nagyságára stb. Kevésbé valószínű tehát, hogy egykor Mississippi-szerű folyók hömpölyögtek a Marson. Lorena Moscardelli és Lesli Wood már figyelembe vették a csökkent gravitáció hatását. Ők (Moscardelli – Wood, 2011) a Trinidad melletti tengerek aljzatát radartérképek alapján vizsgálva, 1000–1400 méteres vízmélységben olyan körülfolyási struktúrákat⁸ találtak, amelyek alakjukban, sőt egyes esetekben még méretükben is megegyeztek a marsi könnyecsepp alakú szigetek alakjával, méretével és tengelyarányával. Az aktualizmus elvét követve levonhatnánk a következtetést, hogy a földi tenger alatti törmelékfolyások által kialakított formáknak megfelelő marsi analógiákat találtunk meg, azaz Paul Komar elméletével szemben ezek nem folyóvízi, hanem mélytengeri (1000–1400 méteres vízmélység mellett) kialakult eróziós formák. Ám ezzel ugyanazt a hibát követnénk el, mint Komar. Ő nem számolt a csökkent gravitáció hatásával az üledékképződési rendszerekben, míg Moscardelli és Wood azzal nem számoltak, hogy miként alakulhatott ki 1,5 km-es vízmélység a Marson? Ám egyvalamivel egyik kutató sem számolt: a méretkülönbséggel és annak valódi okával. Paul Komar szigetei néhány száz méter, legfeljebb néhány kilométer nagyságúak, Moscardelli és Wood földi, a tengeralfjaton feltárt eróziós árnyékmaradványai pedig mintegy 15 km hosszúak (területük pedig 15 km²). A marsi hasonló struktúrák hossza 5 és 47 km, míg területük 4 és 430 km² között mozog. Nem vették figyelembe

⁸ Helyesebb talán elmosási vagy elhordási struktúráknak nevezni ezeket. A nemzetközi szakirodalomban az ESR-rövidítés utal a jelenségre: Erosional Shadow Remnants (eróziós árnyékmaradványok). A tengerfenéken még nem, vagy csak részben konszolidált üledék fölött áramló törmelékfolyások által hátrahagyott struktúra.

a marsi csökkent gravitáció hatását. Márpedig a gravitáció alapvetően határozza meg az üledékes formák alakját, kialakulását és képződését. A Trinidad mellett, mintegy 1500 méteres vízmélységben kialakuló eróziós csatornák képződése során ugyan a víz felhajtóereje csökkenti valamelyest az effektív gravitációt, amely így a 9,81 m/s² értéknél kisebb lehet. Ám a Mars felszíni gravitációja (3,71 m/s²) olyan kicsi, hogy nem követel meg több kilométeres vízborítottságot ahhoz, hogy a földihez hasonló struktúrák jöjjenek létre a Mars felszínén – állítja Devon Burr. A marsi folyamatok helyes értelmezésében sokkal fontosabbnak tűnik a csökkent gravitáció szerepe, mint az aktualizmus elvének szolgai alkalmazása.

Az aktualizmus elvének érvényesülése egyéb világokban

A Szaturnusz Titán holdja jóval egzotikusabb világ, mint a marsi felszín és jelenségei. Mégis, a Titánon a Cassini-szonda radarmérései alapján pontosan ugyanolyan szigeteket látunk, mint a Marson és a Földön (Burr, 2011)! Vegyük elő a földi aktualizmus elvét? Nem érdemes. A Titán fizikai paraméterei még inkább eltérnek a földiektől. A légnyomás a Titán felszínén a földi tízszerese, míg a felszíni gravitáció mindössze 1,35 m/s². Az aktualizmus elve alapján, a Titánon vízborítást és ezer méteres vízmélységet tételezzünk fel, hogy létrejöhessen a hasonló struktúra? Nyilvánvaló képtelenség. A Titán esetében a hasonló formájú struktúrák létrejöttében az alakformáló tényező a sűrű légkör eolikus folyamatai lehettek. A Titán bolygón érvényes lehet

az aktualizmus elve, ha nem földi kiindulást alkalmazunk. Ezen világoknak mind-mind megvan a *saját* – és ott érvényes – aktualizmus elvük.

Összefoglalás

Az aktualizmus elve a földtan tudománya megalapozásának és kezdeti fejlődésének időszakában általánosan érvényes elvként kiváló segédeszköz volt a Föld múltbeli folyamatainak megértésében. Tudásunk bővülésével, elmélyülésével és szerteágazásával azonban Földünk múltjában és bolygótestvéreink jelenében megismertünk olyan jelenségeket, amelyeket az aktualizmus elvének szolgai alkalmazásával (a kritikai megközelítés mellőzése mellett) lehetetlen megérteni és/vagy helyesen értelmezni. Az elmúlt évtizedek bizonyították, hogy az elv mechanikus alkalmazása számos esetben vezet téves vagy megmosolyogtató következtetésekhez. Az aktualizmus elve tehát önmagában csak akkor alkalmas és megfelelő segédelv, ha alkalmazása előtt kitűzzük azt az érvényességi tartományt, amelyen belül alkalmazzuk. Ha ezt helyesen tesszük, akkor valóban megfelelő segédelvhez jutunk, ám semmiképpen sem tekinthető általános és univerzálisan alkalmazható törvényszerűségnek.

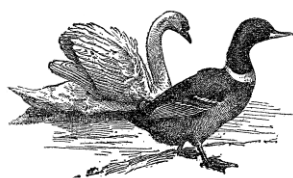
Ezúton köszönöm meg Konrád Gyula tanácskezőt (Pécsi Tudományegyetem) bölcs sorait és kritikai megjegyzéseit, amelyek sokat javítottak ezen írás színvonalán.

Kulcsszavak: *aktualizmus, Mars, Föld, uniformitási elv, történettudomány, földtörténet*

⁷ A nemzetközi szakirodalomban a TSI-rövidítés honosodott meg: Teardrop Shaped Islands (könnyecsepp formájú szigetek).

IRODALOM

- Burt, Devon M. (2011): Sedimentology in a Reduced-gravity Environment: Submarine Analogs for Streamlined Forms on Mars. *Geology*. 39, 7, 703–704. DOI: 10.1130/focus072011.1 • <http://geology.gsapubs.org/content/39/7/703.full.pdf+html>
- Carr, Michael H. (2007): Mars: Surface and Interior. In: McFadden, Lucy-Ann – Weissman, P. R. – Johnson, T. V. (eds.): *Encyclopedia of the Solar System*. 2nd edition. Academic Press–Elsevier Inc, San Diego–London–Amsterdam, 315–330. • <http://books.google.hu/books?id=G7UtYkLQoYoC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Hunen, Jeroen van – Berg, Arie P. van den (2008): Plate Tectonics on the Early Earth: Limitations Imposed by Strength and Buoyancy of Subducted Lithosphere. *Lithos*. 103, 1–2, 217–235. DOI: 10.1016/j.lithos.2007.09.016
- Komar, Paul D. (1983): Shapes of Streamlined Islands on Earth and Mars: Experiments and Analyses of the Minimum-drag Form. *Geology*. 11, 651–654. DOI: 10.1130/0091-7613(1983)11<651:SOSIOE>2.0.CO;2
- Lyell, Charles (1930–1834): *Principles of Geology: Being an Attempt to Explain the Former Changes of the Earth's Surface, by Reference to Causes Now in Operation*. John Murray, London • <http://darwin-online.org.uk/content/frameset?viewtype=text&itemID=A505.1&pageseq=1> [2012. november 5.] A négykötetes változat: <http://books.google.hu/>
- Moscardelli, Lorena – Wood, Leslie (2011): Deep-water Erosional Remnants in Eastern Offshore Trinidad as Terrestrial Analogs for Teardrop-shaped Islands on Mars: Implications for Outflow Channel Formation. *Geology*. 39, 7, 699–702. DOI: 10.1130/G31949.1
- Sándor Klára – Kampis György (2000): Nyelv és evolúció. *Replika*. 40, 125–143. • <http://mnytud.arts.klte.hu/tananyag/nyelv-ev.htm>
- Şengör, Célal A. M. (2001): Is the Present the Key to the Past or the Past the Key to the Present? James Hutton and Adam Smith Versus Abraham Gottlob Werner and Karl Marx in Interpreting History. *Geological Society of America Special Papers*. 355, 1–62. DOI: 10.1130/0-8137-2355-8.1
- Thomas, Ellen – Brinkhuis, H. – Huber, M. – Röhl, U. (2006): An Ocean View of the Early Cenozoic Greenhouse World. *Oceanography*. 19, 4, 94–103. • <http://wescholar.wesleyan.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1098&context=div3facpubs>
- Walker, James C. G. (1982): Climatic Factors on the Archean Earth. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 40, 1–11. DOI: 10.1016/0031-0182(82)90082-7
- URL: http://www.nasa.gov/mission_pages/msl/index.html



AKADÉMIAI KAPITALIZMUS KÖZÉP-EURÓPÁBAN: KUTATÁSI KÉRDÉSEK

Tamás Pál

CSc, kutatóprofesszor,
Budapesti Corvinus Egyetem Közgazdaságtudományi Kar
Társadalompolitikai Kutatóközpont
tamas@socio.mta.hu

Akadémiai kapitalizmus alatt ma általában az egyetemek piaci és piacszerű viselkedésformáinak és érdekmegjelenítő technikáinak megjelenését és rendszerbe szerveződését értjük (Slaughter – Rhoades, 2004). Ennek általában három változatát, részben egymástól eltérő területét szokták felsorolni:

- Az Academe (a kutatók és oktatók közössége, a felsőoktatáson és tudományon belüli érdekek, viselkedéskultúra, e világ belső élete) kutatási feladatai között a piaci megrendelő hányadának és súlyának gyors növekedését, a kutatás és a versenyszektor erősödő összekapcsolódását.
- Piacimitáló, hatékonysági szempontok felbukkanását az oktatástervezésben. Itt elsősorban nem is a munkaerőpiacok súlyának növekedését, hanem az adott oktatási *output* maximalizálását, vagyis a klasszikus minőségi szakemberideálokkal szemben a még elfogadható, de legolcsóbb szakembertermelést értenénk ez alatt.
- Olyan nagyvállalati irányítási formák megjelenését jelentené az Academe, a felsőoktatás és maguk az egyes intézmények irányításában, amelyeknek az akadémiai autonómiákhoz nincs közük. Sőt, azokkal ellentétesek, de amelyeket siker

resnek hisznek máshol, nagy szervezetek menedzsmentjeiben.

Az elmozdulások e három irányban gyakran egymástól függetlenül jelentkeznek, de könnyen összekapcsolódnak, s ettől kezdve sajátos működésmód, értékrend és rezsim kialakulásához vezetnek a tudástermelő rendszerekben. A továbbiakban ezt a rezsimet nevezzük akadémiai kapitalizmusnak. Más definíciós kísérletek (pl. Vught, 2009) a három alaptényező közül már az egyik megjelenését is akadémiai kapitalizmusnak nevezi.

Academe alatt itt és a továbbiakban az akadémiai és egyetemi kutatást, és az oktatás intézményeit értjük. Erre a rendszerre bizonyos hagyományos szervezeti formák és használati minták jellemzőek a 17. század, a modern tudomány megjelenése óta. Nem soroljuk ebbe a rendszerbe azokat a kutatási és oktatóhelyeket, amelyek teljesen a versenyszférába épültek be. Persze ezek is részei lehetnek egy ország vagy régió tudástermelésének, de nem alkotóelemei az Academe-nek.

A rendszer kiépülése

Az akadémiai kapitalizmus az Academe eddigi korporatív önképét, működési módját és részlegesen kimeneti teljesítményét is át-

alakítja. A tudástermelésnek és forgalmazásnak korábban is voltak profitorientált részeit, és az egyetemeken is működtek bevételorientált egységek, de az ezekből nyerhető források inkább kiegészítőek voltak, és az azokhoz kapcsolódó szervezeti-működési formák az alaptevékenységhez képest marginálisnak minősültek, szervezeti kultúrájuk sem hatott a rendszer egészére. A 90-es évektől a helyzet megváltozott (Gibbons et al., 1994). A piacról származó bevételek nélkül már az alaptevékenység is nehezen képzelhető el, s a piaci szerepek, önképek és működésmódok mára behatoltak a klasszikus kutatási-oktatási területekre is. Bizonyos értelemben persze itt kényszerfolyamatokról volt szó. Az Academe kiépülését az 1970–80-as évekig állami források fedezték. Ezek Keleten és Nyugaton ugyan egymástól eltértek, de mindkét társadalmi rendben ideológiailag a modernítésre hivatkoztak. A 80-as években azonban – tulajdonképpen egyszerre mind a két világban – elkezdődött az állam kivonulása a tudástermelés finanszírozásából. Mulaságos módon ez egyszerre zajlott a tudásalapú társadalom és az információs gazdaság jelszavainak megjelenésével. De az állam éppen ezekre hivatkozott, amikor hátralépett. Ha az előállított tudás ennyire fontos, akkor fizessenek érte azok, akiknek hasznát húz, s ha nem is teljesen, de lépjen hátra az adófizető. Ráadásul épp ebben az időszakban a kutatások műszerigényei és a felsőoktatás kiterjedése a 18–24 éves korosztály egyre nagyobb részére további forrásigényeket jelentett. Ebben a helyzetben az intézményvezetők nem vonultak vissza, mert úgy tűnt, hogy szolgáltatásaikra az igény növekszik, sőt talán valamilyen társadalmi nyomás is észlelhető. E helyzetben megváltozott az akadémiai gyakorlat: a kizárólagos tudástermelési logikák

mellett, majd igen gyakran azok helyett, előtérbe kerültek a gazdaságból átemelt működési formák és ellenőrzési gyakorlatok. Egyre több vonatkozásban eltűnt, vagy tűnni látszott a különbség közben a profitorientált és a nonprofit szektorok között. Mindezekből nagyjából függetlenül a 80-as években változni kezdtek a gazdaságpolitikai divatok is. A neoliberális makrogazdasági felfogások előtérbe kerülésével gyorsan terjedtek az oktatás piaci szerepét abszolutizáló és e ponton is gazdasági hatékonysági filozófiákra hivatkozó programok. Sok érintett, e területeken járatlan oktató-kutató szemében ezek, bár gyökereik különbözőek voltak, mégis összefüggőnek tűntek (Salter – Martin, 2001).

Az átalakuláshoz nagyobb szerepeket kaptak az Academe adminisztrátorai, legfőbb menedzsmentje, és különböző módokon gyorsan erodálódni kezdtek a kutatói-oktatói öngazdálkodás eddigi fő formái Engwall (2007). A kultúrkritikai felfogások mellett már ebben az időben megjelentek az átalakulás pozitív értelmezései is. Például (Engwall, 2007) egyenesen az akadémia „menedzsment forradalmáról” beszél. A piaci szempontok megjelenése ebben az időben általában nem az oktatásban, hanem a kutatásban, s azon belül is elsősorban a legismertebb központokban, az amerikai kutatóegyetemeken kezdődik. A grantokat hasznosító alap kutatás mellé fokozatosan fel nőnek a konkrét profittermelésbe torkolló alkalmazott projektek, és a hagyományos cikktérlem mellett felértékelődnek a megtermelt szabadalmak is. Az amerikai egyetemeken szerzett szabadalmak egyébként alapvetően az intézmények, s nem a szellemi terméket előállító kutatók tulajdonai. Ekképpen a szabadalmak súlya a bevételekben is egyre jelentősebb. A kutatási mozgást követi az oktatás is. Egyes oktatók „oktatási vállalat-

kozókká” váltak: hallgatói piacokról, esetleg oktatási anyagok piacairól kezdtek beszélni (Etzkowitz, 2003). Egyre több helyen, bár formálisan azonos fokozatokkal és vezetői címekkel rendelkeztek, egymástól távolodni kezdtek a vezetői szerepek. Hasonló tanszék-vezetői munkaszobákban egymástól igen eltérő világképekből, illetve vezetői filozófiákból kiinduló programokat fogalmaztak meg (Knorr-Cetina, 2002). Gyakran, bár a régi és új szerepeknek voltak meghirdetett ideológiái, mint a hasznosság vagy a minőségi szakemberképzés, az eltérések gyakran nem szakmai ideológiákból, hanem a megszólalók személyiségjegyeiből, választott életútjaik vállalásából következtek. A hallgatói piacok biztosításának érdekében ebben az időben csökkenni kezdtek a diákokkal szemben érvényesített minőségi követelmények, és maguk a beiskolázási-bekerülési standardok is. A 90-es években a magyar felsőoktatásban is felerősödött ez a trend, s ekkor a hallgatók minőségromlását az oktatói közvélemény elsősorban a tömegoktatás „nyakába varrta”. Pedig tömegoktatás is folyhat nyilvánvalóan szigorú teljesítmény-számonkéréssel (persze nem úgy, hogy a korábbi elitképzés megoldásait igyekeznek erőltetni). A mi esetünkben azonban a hallgatói létszámmaximálás elemi oktatói vagy oktató-elszámoltatási érdeke diktált, s az azért nem volt feltétlenül a tömegoktatással azonos.

Egyébként mindeközben az amerikai egyetemeken nagyon korán megjelenő kiegészítő oktatási szolgáltatások egész sora Közép-Európában máig periférikus maradt, sőt lényegében hiányzik. Még igen ritkák a kreditet adó fizető nyári egyetemi kurzusok, s kezdetleges, vagy egyenesen hiányzik az oktatási anyagok intenzív vétele/eladása. Az itteni gazdaság szakemberszükségletének

megfelelően kisebb a súlyuk a piaci szerepekre szabott mesterkurzusoknak is. A 90-es években létezett egy nagyon világosan érzékelhető piac külföldi diplomák, de legfőképpen külföldi pecséteket is felmutató helyi businessprogramok iránt. Közép-Európában ez a piac nem volt igazán stabil, és valamelyest össze is húzódtott, azonban a posztsovjeterésben tovább virágzik. Ott a képző intézmény elsőosztály-beliségének bizonyítéka, ha külföldi társdiploma-kibocsátót szerzett, miközben persze az oktatók elsőpró része helyi.

Új szerepek

Mindebből piaci verseny következett nemcsak az egyes intézmények, hanem már az intézménytípusok között is. Az amerikai felsőoktatási piacon már a BA-fokozatban, sőt a középiskola utáni kétéves képző programokban is nagyon éles a verseny. Az előző évek magyar felsőoktatási piacán ebből a szempontból inkább egy sajátos féloldalas verseny volt megfigyelhető. Ahol ennek a formális oktatói minőségi követelményei megvoltak, a főiskolák is egyetemi szakokat indítottak, tehát részterületeken versenyezni kezdtek az egyetemekkel. Addig a verseny fordítva igazán nem, vagy alig folyt. Az egyetemi integrációs programok persze felszívtak főiskolai karokat is, s ezeket legtöbbször megőrizték, de új főiskolai szintű programokat egyetemi oktatókkal nem indítottak. S így a 2000-es évek közepéig nem is kezdtek bele a főiskolai hallgatói piacok kiszáradásába. Az új felsőoktatási szabályzás: maga a „bolognai” első fokozatok ténye, majd a legújabb felsőoktatási törvény, ami amúgy is a felsőoktatási piac összehúzóódását eredményezi, feltétlenül beindítja az ilyen irányú egyetemi próbálkozásokat. Tulajdonképpen már be is indította. Így mindebből következően is, már

itthon is beszélni lehet az elmozdulásról „a hozzáféréstől a hozzáférhetőséghez”. Ezalatt nagyjából azt értik, hogy míg a „hozzáférés” felzárkózási lehetőségeket biztosított különböző, az oktatási piacokon hátránnyal induló kisebbségeknek, addig az új próbálkozások elsősorban azoknak a már alkalmazásban lévőeknek könnyítik meg a részvételt, akik fizetni tudnak a képzésért, és így visszalépteti azokat – nem is feltétlenül „vigaszagon” a rendszerbe. Az első megközelítés biztosan esélykiegyenlítő, a második is az lehet egyes esetekben. Igazán azonban másra, inkább az átlépésre használható az alsó középosztályból az „igazi” közép- és felsőközéphez (Münch, 2007).

A magyar felsőoktatás államszocialista korszakában a minőségért küzdő oktatók szinte folyamatosan harcoltak az esti, s különösen a levelező képzés ellen. A hallgatói piacok átalakulása ebben a szegmensben a fizetőképes kereslet frissebb megjelenésével legalább a 90-es évek közepén-végén ezt az oktatáskritikai szempontot csendben elhallgattatta. Egyébként a 90-es években az ilyen típusú magyar képzések aránya elmaradt a román vagy a lengyel változások mögött. Ott magánegyetemnek nevezett diplomagyárak tömegesen adtak ki ezekben a formákban valódi tudásátadással alig terhelt okleveleket azoknak, akik éppen fizetni akartak értük. Egyébként a 90-es években a romániai magyar piacon megjelent néhány, itthon egyébként inkább visszafogott magyarországi egyetem is. Akinek ott magyar diploma kellett, könnyen vehetett egyet tőlük magának. A rendszerváltás oktatási aranyláza azonban már ott is eltűnni látszik. A romániai magyar felsőoktatási férőhelyek száma meghaladja az ottani magyar középiskolákban frissen érettségizők létszámait. Mindez nem változtat azon, hogy az európai rendszerekben kevésbé,

de az amerikaiakban nagyon terjednek a távoktatás különböző formái – gyakran a hagyományos intézmények peremén. Az ezekhez készülő oktatási anyagok piaci forgalma más oktatási területeken megfigyelhető bevételekhez képest gyorsan nő.

A tananyagpiac viszonylagos visszafogottsága épp a közép-európai piac egyik legfontosabb mai paramétere. Persze a helyi elmaradás, sokaknak úgy tűnik, technológiafüggő. Bizonyára az is, de úgy gondoljuk, hogy az oktatási intézmények környezeti különbségeiből is következik. Nálunk érthetően a legjobbak figyelnek leginkább a külföldi mintára. A nagy mintakínáló amerikai rendszerekben pedig a távoktatás nem a legjobbak profilja. Ott ma is a személyes kiscsoportos munka alapvető (bár az MIT forgalmaz, s ráadásul ma már díjmentesen, távoktatási csomagokat is). A tömegegység és a gyakorló kereső foglalkozások Amerikában nagyjából hasonló vagy legalábbis összemérhető kulturális térben működnek. A két színhely közötti folyamatos változás, a tanulás és a kereső foglalkozás így viszonylag kevésbé kerül a közeget illetően szembe. Közép-európai levelezők napi munkamiliói azonban nagymértékben különböznek még egy rendszeresen megszervezett magyar egyeteméhez, főiskolához képest. A távoktatási formákban tudást konzumáló hallgató itthon így sok vonatkozásban inkább magára marad, mint az atlanti változatban. Ezért lényegesen többféle támogatásra, kísérő odafigyelésre lenne szüksége, s ezt a közép-európai képzési ajánlatok csak ritkábban biztosítják számára (Amaral – Magalhães, 2007). Mindennek természetesen sok szempontból következményei lesznek az akadémiai munkaerő önképére, viselkedésére is (Brunsson, 1989).

A tanrendi és tantárgyi tervezésnél kétségtelenül felerősödnek a rövid távú szempontok,

és a folyamatra egyre kevesebb befolyása lesz az érintett kinevezett oktatók különböző közösségeinek. Egyáltalán, az egyetemek egyre inkább érdekeltté válnak olcsó óraadók beállításában, doktoranduszok bevonásában az oktatásba, és szerződéses, illetve másképp használt, nem közszolgálati oktatók beállításában. Persze, e megoldásokat védeni próbálják. Feldúsítják a programokban a gyakorlatot, fiatal kutatók is szerezhetnek oktatási gyakorlatot, és ily módon is növekszik a programok sokszínűsége. Valójában mindezen kísérletek mögött mindig ott van az oktatói bérek, a humántőke-ráfordítások csökkentése (a választott megoldásokról mindig kiderül, hogy a hagyományos, kinevezett oktatók beállításánál olcsóbbak), és az alkalmi vagy részoktató az intézményen belüli formális akadémiai döntésekben, ugye, nem vehet részt. Az így egyre inkább előtérbe kerülő megoldások nyilvánvalóan tovább fragmentálják az oktatást, és még inkább megnehezítik egy átfogó képzési program egységes tartalmi keretek közötti működtetését. Ráadásul, a képzés kommercializálódása megnehezíti az alacsonyabb jövedelmű rétegek kiszolgálását, beléptetését a tudástranszferbe. Az ilyen folyamatok azután újraszabják az alapvető oktatási ajánlatokat is, s ezekben is tovább csökken a hosszabb távú elköteleződések részaránya. A kutatóegyetemek nyilvánvalóan tudományos teljesítményük részleges piacosításából fedezni tudják hiányzó, a közszférából származó bevételeiket. Persze a tömegegységben és főiskolákban ilyesmitől sokat várni nem lehet. Ott a profitorientált oktatási bevételek jelentik/jelenthetik az egyedüli komolyabb bevételt. Mindeközben ezekben a mintaként értelmezett rendszerekben is meghatározóak az oktatási technológiák. Tulajdonképpen ezek jelentik az újdonságok magját is. Tehát,

az egyes új technológiákat egyelőre még visszafogottabban használó magyar és közép-európai rendszerekben ezek ugrásszerű tömeges bevezetése vagy ellenkezőleg, viszonylagos tartós elmaradása a következő években döntő minőségeket jeleníthet meg. De ha abban nem kételkedünk, hogy az oktatói munkaerő valószínűsíthetően a következő tíz év Közép-Európájában tartósan olcsó marad, hacsak a technológiák ára nem zuhan, akkor a humán oktatói munkavégzés aránya magas marad. A nemzetközi minták és divatok persze így is terjedni fognak, de ha feltételezzük azt, hogy a nagy külföldi egyetemek, e technikák felhasználói nem lesznek érdekeltek az árzuhaszásban, akkor itt alapvető áttörést a magunk részéről nemigen várunk. A magyar nyelvű oktatási tartalmak gyártása lehatárolt szakterületeken a piac korlátozott voltából következően feltehetően szerény marad.

Kérdés azonban, hogy mennyire lehet a jelenlegi szabályzás szerinti mértékben kötelezően bent tartani a közalkalmazott (és fokozattal rendelkező) tanszemélyzetet az átalakuló rendszerben. Az akkreditációs rendszer és az előmeneteli sémák jelenlegi változatai – a minőségre hivatkozva – nyilvánvalóan az elit oktatói-kutatói kar munkaerőpiacát védik, illetve bizonyos értelemben tudatosan tovább építik. Egyfelől elfogadták az új szakok versenyt, tudva, hogy azok indításának formai követelményeit csak a piacon lévő, előírt teljesítményekkel és vállcsillagos oktatók többszörös, több helyen folyó párhuzamos alkalmazásával lehet biztosítani. Ez aztán meg is történt, s az Academe elitjét (mármint azokat, akik életpályájukat az így felkínált mechanizmusokhoz szabták) a közalkalmazotti fizetések többszörösével – általában kétszeresével, de nem ritkán háromszorosával – jutalmazták, általában állami forrásokból.

A nemzetközi alkalmazáspolitikai trendek e tekintetben épp fordítottak. Már nálunk is, mint ott, egyre több helyen tanársegéd tanít a professzor helyett. De egészében a legújabb magyar rendszerben, az európai átlaghoz képest ma nagyon sok a professzor vagy a docens, és nem olyan sok a doktorandusz. Disszertációt még csak akarnak emberek írni, főleg persze olyan társadalomtudományi területeken, ahol ez kereső munka mellett is kivitelezhető. De közülük azért nem olyan sokan szánnák rá magukat egy akadémiai életpályára. De a természetkutatásban a jelenlegi doktoranduszállomány (és különösen azon része, amely tartósan itthon marad) az előregedett mai professzúra/docentúra egyszerű, tehát nem is bővített pótlására sem lesz elegendő. A kanonizált szakmai életpálya kifutó szakaszaiban végül is lukratívá váló rendszert a jelenlegi egyetemi akkreditációs formák fenntartásával azonban csak még néhány évig lehet működtetni.

Feltehetően itthon is felfedezzük, hogy ahogy az oktatási nagyüzemben – amerikai, kanadai, brit egyetemeken – egy ma nyugdíjba vonuló professzort négy-öt *részszereződés*es fiatalal vagy alkalmi oktatóval váltanak ki, mert ez a leginkább költségkímélő megoldás, úgyhogy erre hamarosan a térségünk egyetemei is rákényszerülnek. S ahogy a 60-as évek végén az európai felsősoktatásba belépett legnagyobb létszámú, és most már visszavonuló oktatói korcsoportok egy részét egyszerűen nem pótolják, s professzori pozíciókat adnak fel, úgy valami hasonlóra, legalábbis a magyar rendszerben, feltétlenül sor fog kerülni. A jelenlegi, még igen kiterjedt többszörös kutatói-főoktatói alkalmazási formák maguktól kifutnak, és az így megmaradó rendelkezésre álló állomány kor- és kvalifikációs szerkezetéhez majd az akkreditációs szabályzásnak is

alkalmazkodnia kell. A senior akadémiai munkaerőpiac sok szempontból eddigi tudatos védelmét az akadémiai kapitalizmus érdeesebben költségcentrikus, vagy ha úgy tetszik, kíméletlenebb változatai váltják majd fel. És ez a rendszer nyilvánvalóan majd az alkalmazott oktatókon-kutatókon is takarékoskodni akar.

Részben a takarékoság szempontjai miatt, részben az egész kvalifikációs rendszer átalakulásából következően, de a menedzsmentnek is kedvezve mindeközben terjed a „szakalkalmazottak” felhasználása. A modern egyetemi rendszerekben az oktatói posztok növekedésének befagyasztása mellett mindenütt terjed a diplomás szakalkalmazottak beállítása az egyetemi szakszolgálatokba (például a nagy műszerhasználatnál, a számítástechnikában vagy az egyetemek nemzetközi menedzsmentjében). Ez önmagában, természetesen, érthető és védhető, ez az átrendeződés indokolható az akadémiai kapitalizmus nélkül is. De azután a fiatal oktatók és kutatók egyre nagyobb hányadát is nem a professzori karrierösvényen, hanem ezekben a beosztott szakértelmiségi szerepekben rögzítik. Ezek az emberek tulajdonképpen akadémiai munkát végeznek – de annak védett volta és a fontos belső egyetemi döntésekben való részvétel lehetőségei nélkül. Tehát egy jogaiiban, jövedelmeiben redukált, szerződési feltételeiből következően pedig gyakran kiszolgáltatott akadémiai bér munkásréteg alakul így ki. Sokan úgy vélik, hogy az egyetemeken nő a bürokrácia, és ezért nő az adminisztrátorok száma. Nagy európai kutatási rendszerekben azonban mintha nem lenne teljesen így. A német kampuszokon foglalkoztatott adminisztrátorok számára már évek óta az egyetemi alkalmazottak 12%-a körül ingadozik. A nem oktatói létszámnövekedést

statisztikailag igazán a „szakalkalmazottak” generálják. S miközben szerepük a munkában és arányuk a foglalkoztatottak között nő, az egyetemi elit úgy tesz, mintha nem is léteznének. Így azután nem is kell velük foglalkozni. Ma már számos európai egyetemi belső jogvédő mozgalom e rétegekből, s nem a hallgatóktól indul. Német és osztrák egyetemeken, úgy látszik, fokozatosan átveszik a diákmozgalmak helyét is.

Közben, persze, a hagyományos oktatói-kutatói szerepek is átalakulnak, vagy inkább bizonyos értelemben felbomlanak. A növekvő szakosodás nemcsak témák szerint bont tovább, hanem az egyes, eddig összetartozó munkafázisok is szétválhatnak, és megszületnek külön szakértőik. Az ilyesmit neveznénk vertikális szakosodásnak. Emellett azonban létezik egy sajátos horizontális szakosodás is. Ez egyes mérési módszertanok vagy nagy műszerek környékén már régóta látható volt, de most már az egyes oktatási technológiák, sőt az elkülönülő oktatási fázisok is kitermelik a maguk szakértőit. Az oktatói-kutatói szerepek, vagyis a klasszikus *faculty* pozíciók is szétterülnek az Academe-n belül. Egyébként az oktatás, miközben azt mutatja meg, hogy hogyan kell problémákat feldarabolni és megoldási módszertanokkal konfrontálni, integrált szerepmodelleket (egymástól nem elkülönülő oktatói, kutatói, fejlesztői stb. szerepek) mutatna be. Ezeket azonban már a bemutatott új munkamegosztási formákból következően a hallgatónak nem, vagy csak véletlenszerűen adják át.

Közép-európai korlátok

E mozgási irányok ellenére az akadémiai kapitalizmus nálunk azért rendszerré nem állt össze. Az alaphelyzet formailag persze hasonlít az európai-atlanti tudománypolitikákra. A

kutatáspolitikai lényegében már a 60-as évek végétől törekszik olyan külföldi eredetű eszköztár alkalmazására, amelytől a kutatási szektorok gazdasági hasznosíthatóságát remélte, és reméli ma is. És létezett egy egyetemi-akadémiai rendszer, amely értelmiségi alkalmazottjainak más munkahelyeihez képest bizonyos autonómiát és belső biztonságot kínált. De hát, ami kialakult, az semmi-féle komoly kritérium szerint nem minősült akadémiai autonómiának, és igazán az a gazdasági környezet sem létezett, amelyet alaplogikájában piacinak lehetett volna nevezni. Az akkori gazdasági reformok kétségtelenül növelték a vállalatok mozgásterét, és számos területen a piacokéhoz, a vállalati piaci szerepekhez hasonló együttműködési formákat hoztak létre. És az akkori akadémiai szektor természetesen érdekelté lett téve e kapcsolatok használatában. Így azután egy álaautonómia és álpiac között kellett választani, illetve a kettőt kellett valahogy egymáshoz illeszteni. A későbbi „visszatérést” az akadémiai autonómia hagyományaihoz nem könnyítette meg, hogy az azért az állami ellenőrzés alatti 1948 (45?, 41?) előtti magyar egyetemeken azért viszonylagos volt.

Az utolsó komoly reformok, amelyek az egyetemek belső szerkezetében mély nyomot hagytak, a 19. század végi német, a porosz oktatáspolitikusok által kidolgozott modellek, egyetemek megoldásait közvetítették, és azután ezek konzerválódtak legalább hatvan-nyolcvan évre. A húszas évektől kezdve azután az állami akarat és az ideológiák igen erős jelenléte (a magyar szupremácia-elképzelések a klebersbergi alapításoknál, és az akkori hallgatói *numerus clausus* kísérő és a harmincas években kiteljesedő erősen megkülönböztető oktatóalkalmazási politika) egyébként sem kedvezett az autonómiának. Ezért az

1989 utáni „helyreállítás” alapjai is lényegileg igen korlátozottak tűntek.

Nem volt sokkal jobb a helyzet, bár teljesen más okokból, a gazdasági igények megfogalmazásánál sem. Sok kutatópolitikus azt hitte, hogy végre az igazi piac megjelenésével a kutatás valódi partnere is a színre lép, s akkor azok az eszközök, amelyet már a késői Kádár-korban is alkalmazni próbáltak, s amelyek magyarországi hatékonyságában máris csatlódnuk kellett, végre működni kezdenek.

A piac, természetesen, ugyan erősen szabályozott formákban, de megjelent. Azonban ez a fordulat egybeesett az akkori magyar ipar radikális piacvesztésével és jelentős mértékben az összeomlásával is. A romokon születő, új nemzetközi kötődésű és tulajdonban lévő korszerű ipart a magyar kutatás-fejlesztés nem, vagy csak minimálisan érdekelte. Így az még 1989 előtti partnereinek túlnyomó részét is elvesztette. A folyamat roppant gyors volt és mindeztől alapszerkezetében sem volt visszaforgatható. Azonban a kutatópolitika nem hitt a szemének, vagy ha mégis, úgy vélte, hogy az olcsón foglalkoztatható magyar mérnök- és fejlesztő állomány végül is a K+F-piacokat helyreállíthatja. Néhány külföldi cég bizalma és két-három komolyabb további kísérlet azonban a 90-es évek közepére kialakult helyzetet nem változtatta meg. Az ipari megrendelés mértéke a kutatásban az európai mintához képest stabilan egy nagyságrenddel kisebb, és néhány kivétellel nem erős hazai vállalkozásokhoz kötődik. A hiányzó gazdasági forrásokat EU-forráspénzekkel és néhány más nemzetközi partner forrásaival (mint a CERN) próbálták kiváltani, inkább csak valamilyen helyi elsősegélyt kínálva a hiányzó helyi gazdasági érdeklődés helyett a kutatási szektornak. A 2000-es évek végén átalakuló új akadémiai és felsőoktatási szabályozás

egyébként is az angolszász típusú autonómiához képest sok ponton csak korlátozottabb megoldásokat működtet. Az akadémiai kapitalizmus kialakulásának fő színtere itt így nem a kutatás, hanem az oktatás lett. Ebben az összefüggésben az áramvonalasított tömeg-egyetem „bolognai keretei” jutottak döntő szerephez. Ebben a közleményben azonban ezzel együtt is néhány, mégiscsak kibontakozó kutatópolitikai trendre hívnánk fel a figyelmet.

Kutatói rendszerváltás

„Az akadémiai kapitalizmus első összefoglalt képét produkáló szövegek először az 1990–2000-es évek fordulóján jelennek meg. A rendszer valamennyi eleme már ismert volt, itt tulajdonképpen ezek újfajta együttese tűnik csak fel. Az is világos ekkor már, hogy a változásokat elsősorban az állami kutatási és felsőoktatási források hirtelen megcsappanásával próbálják meg magyarázni. Az USA-ban a közkutatói és egyetemi szférába áramló állami források valóban váratlanul összemennek, és ezt ráadásul még a hidegháború befejezésével sem lehet indokolni. 1980–81-ben ez az arány a szektor forrásai között 44%-os, 90–91-ben pedig már csak 37%-on áll (Münch, 2007). És közben a hidegháborús versenyhelyzet lényegében az évtized végéig megmarad, sőt épp a pénzügyes kutatási területeken még fokozódik is, hogy a szovjet ellenfelet erejét meghaladó túlköltekezésbe sodorja.

Az erőforrásfüggés elmélete (RD – *resource dependency theory*) szerint a források átrendezése destabilizálja a szervezeteket, ugyanakkor először tipikusan nem a költséget igyekeznek csökkenteni, hanem a kieső bevételeket próbálják másokkal pótolni. Úgy tűnik, hogy ebből a szempontból mindegy, hogy az

alapbevételek vagy éppen jelentős marginális bevételtömeg esik ki. De hogy reagál ilyenre az Academe?

Richard Whitley és munkatársai (2010) könyvéből úgy tűnik, hogy a legmarkánsabb reakciók tanszéki szinteken észlelhetők. A tanszéki szint, amely az esetek jó részében azért a magyar terminológia szerint intézeti és nem néhány fős kis tanszéki formát jelöl, lesz az, ahol át lehet már csoportosítani, de a folyamatok még azért az egyes kutató számára is áttekinthetőek maradnak. Tulajdonképpen itt a szűkebben vett tudástermelés és annak szervezeti keretei még összeilleszthetőek. Ez az az utolsó szint, ahol még eldönthetjük, milyen az oktatási fajlagos mutatók valós kapcsolata a kutatási vállalkozásokkal ugyanott. Úgy tűnik, hogy a legtöbb mérésnél ezek a kapcsolatok még megragadhatóak, s például (az amerikai rendszerben) a véglegesített/nem véglegesített oktatók aránya a tanszék oktatási hatékonyságát az egység kutatási teljesítményeinél jobban magyarázza.

Mindenesetre itt is érdemes lehet megkülönböztetni azokat az eseteket, ahol a szervezeten kívüli csapatok, s azokat, ahol a tanszékek számára a belső források az igazán fontosak a kutatási egységek számára. D'Sylva (1998) megkülönbözteti az oktatási és kutatási termelékenységet, sőt a „tanszék minőségének” visszatérülési rátáját is. S megállapítja, hogy ugyan lehet, hogy másképp kell elszámolni velük, de a kutatótervezés szempontjából nem válnak igazán széjjel. A biológiában, ahol az alap kutatás más területekhez képest közelebb van a fejlesztő szervezetekhez, a kutatás megtérülése az oktatásnál pontosabban mérhető, és a tanszék megtérülésénél az oktatási hatékonyságot a kutatási mutatóktól függetlenül magyarázza. Itt is érdemes megkülönböztetni persze azokat az eseteket, ahol a

legfontosabb források szervezeten kívüliek, és azokat, ahol a tanszékek mozgásterét elsősorban egyetemi belső források határozzák meg. De amikor Ashley Paul D'Sylva (1998) megkülönböztette az oktatási és kutatási termelékenységet, akkor egyúttal megállapította, hogy ezek inkább a külső források elszámolásánál válnak szét, az egyetemen belüli különbségtétel gyakran mesterséges.

Egyébként szinte valamennyi részletes mérésekből látni lehet, hogy az Academe-n belül a biológiai területeken a kutatási megtérülés az oktatásnál meghatározóbb. Egyébként a tanszéki szint lesz végül az, ahol a megtérülésekről és a különböző tevékenységek elszámolási platformjairól még egyezkedni, sőt esetenként alkudozni is lehet. A tanszékek egyébként e kutatások szerint megtalálják azokat a formákat, amelyekben a forráshiányon úrrá tudnak lenni, szervezeten belül csak igen ritkán vagy kevésbé destabilizálódnak. Persze, ezeknek az egységeknek a mozgástere igen különbözőek. Elsősorban azok tartották magukat sebezhetőbbeknek, amelyek profilja az egyetemi alapfunkciókhoz képest marginálisnak tűnt. Például, általában veszélyeztetve érezték magukat a pedagógiai, és az átlagnál nagyobb biztonságban hitték magukat a matematikai és közgazdaságtudományi tanszékek. Ezek az egységek persze hogy adaptálódnak, de korántsem automatikusan a külső feltételekhez.

A szervezetkutatásban él egy olyan felfogás is, mely szerint korábban az egyetemeken nem voltak „igazi” szervezetek, mert nem voltak kellően aktorszerűek, s most, hogy sok vonatkozásban egyre közelebb kerültek a vállalati modellekhez, végre „valódi” szervezetekké válnak-válhatnak (Kieser, 2010). Az igazi kérdés persze végső soron az, hogy ezek a szervezetek szempontjából külső nyomások

végül is hogyan képződnek le a tudástermelési módozatokban, és megváltoztatják-e a kutatás-oktatás kognitív pályáit? Ha azonban elfogadjuk, hogy az akadémiai teljesítmény (amely minőségmérését egyébként sem lehet tudományon kívüli instanciákra bízni) tulajdonképpen eddig is inkább nehezítette, hogy az Academe valódi profitközpontszerűen elszámolható szervezetté váljon, akkor ez miért lenne másképp a jövőben? A kognícióhoz kapcsolódó bizonytalanság a rendszerből nem tűnik el. Milyenek lesznek akkor majd ebből a szempontból az akadémiai kapitalizmus új szervezetei?

Tudjuk, hogy a „valódi szervezetté válás” többek között a döntések formalizálását és szabványosítást jelenti – mégpedig általában tudományon kívüli mintákat másolva, külső szponzoroknak elszámolva. Ha a kutatás a bizonytalanság kezelésének egyik változata, akkor a kapitalizálódás a kutatás deprofesszionizálódásaként is felfogható. S ez az Academe-n belül akárhogy is, de csak egy pontig képzelhető el.

Az akadémiai szakmáknak, szerepeknek egyébként megvannak a maguk értékelési kritériumai, és a tudományágak mind rendelkeznek ezekből levezetett rendszerekkel (Wentland et al., 2012). A „jó tudomány” vagy a „jó kutatás” értékelési módszerei és mérőszámai még a legpuhább területeken is léteznek, és minden akadémiai kapitalizálódás ellenére megmaradtak. Azt, hogy ki a rossz és ki a jó, a kutatóközösségek pontosan tudják, még ha egy adott pillanatban érdekeik diktálhatják azt, hogy erről a külvilág ne sokat tudjon meg, és mindez a hivatalos evaluáció előtt és attól függetlenül is létezett, illetve létezik. A tudományos életpályák szervezeti keretei változhatnak, de ezek a belső minőségi hálózati elismerési formák meglepően

stabilak. Ugyanakkor az a felfogás sem tartható fenn, hogy ezeken kívül más a kutatóközösség számára nem létezik, és hogy a külső hatások megjelenése a kutatási világ erózióját jelenti.

Lassan nemcsak tanszékek vagy laboratóriumok, hanem a nemzeti kutatási rendszerek szintjén is kialakulnak bizonyos készségek, kommunikációs formák, háttérintézmények, amelyek más összemérhető nemzeti tudományokhoz képest jobban reagálnak a többiekénél az akadémiai kapitalizmus kihívásaira. A legismertebb példa itt a brit, ahol a brit konzervatívok már a 80-as években mindenkinél hamarabb és mélyebben vágtak bele a nemzeti K+F-költségvetésekbe. Sok kutató már akkor kivándorolt az USA-ba, de akik maradtak, megtanultak pályázni, s hozzászórtak a nemzetközi versenyhez. Ebből következően a brit kutatók például az európai projektekben sok területen felülreprezentáltak. A poszt-kommunista térség kutatási rendszerei ebből a szempontból három zónába tagolódnak. Az elsőbe leginkább a német és a német egységekhez közvetlenül kötődő közép-európai tanszékek, laboratóriumok tartoznak. A német kutatásfinanszírozásban is erősödik a verseny, de még mindig könnyebben lehet alapítványoktól vagy a versenyszektorból pénzhez jutni, mint máshol. Az ezeket használó hálózatokat ez persze viszonylag nehézkessé teszi, ezek kényelmesebbek maradtak, mint a többiek. A harmadik zónába az egykori szovjet tudomány Oroszországon kívül maradt részlegeit sorolhatjuk. Itt az országon belüli külső források megszűntek, vagy minimálisak, azonban ezek hiányában nem működtethető az az intellektuális infrastruktúra sem, amely legalább a legéletképesebb egységek piaci megjelenéséhez elengedhetetlen lenne. S mert azért véletlenszerűen és szimbo-

likusan így is jutnak külső forrásokhoz (általában külföldről), ezért szigetszerűen és szakaszonként valamilyen kutatás mégis folyik ezekből a grantokból. Amelyek persze folyamatos nemzetközi szintű produkciókhoz már nem elégségesek. A helyi szervezetek „halálát” azonban elodázzák. Hiszen valamilyen forrás időnként csak megnyílik, és ha ezekből több lesz, akkor többet lehet majd produkálni, folyamatosan eredményeket vagy eredmény-szerűségeket szállítani.

A grantok a kómában lévő szervezetek közül egyeseket ideiglenesen felélesztene, majdán a források kiürülésével ezek ismét visszasüllyednek a mozdulatlanságba. Mondhatnánk, hogy ez a működésmód egészében és hosszabb távon nehezen védhető, de hátha közben az Academe olyan belső forrásokat is meg tud nyitni a maga számára, amelyek egyre rövidebbé és simán elviselhetőbbé teszik a visszazuhanási szakaszokat. Illetve, azokat egy idő után fel is oldják. E két zóna között van a második akadémiai szervezeti világ, a közép-kelet-európai. Papíron létező akadémiai szervezetből itt sokkal kevesebb van, mert a forrásnélküliek túlnyomó többsége az elmúlt két évtized során már eltűnt.

A megmaradtaknak ma már olyan információs és műszer-infrastruktúrája van, hogy annyira azért szinkronban legyen a saját területe tudományos-szakmai trendjeivel, hogy – jól felépített konzorciumokban beltágként, de nem vezetőként – pályázni tudjon. A működés jó esetben így folyamatossá tehető, a szervezetek tanulóképessége javul, és az így elérhető európai hálózatok sugallnak valamilyen életstratégiákat is a térség akadémiai állománya részére. Ezt a zónát azonban, amely versenyképesebbé válik sok területen, akár az elkényelmesedő első klaszternál is, két negatívum tartósan kíséri.

Először is, megbomlik a kutatási és az oktatási teljesítmények elismertsége közötti kapcsolat. A kutatási piacok meghatározóan nemzetköziek, az oktatásiak (nagyon különleges piacokat, mint a magyar orvosképzést vagy egyes kis mérnökszakokat leszámítva) pedig nem. Ebből következően az egyik anyagilag sokkal elismertebb lesz, mint a másik. Ezt kivédendő, az egyetemek a szükségesnél sokkal keményebb oktatási evaluációs mérőszámokat is használnak, hogy a kutató-oktató figyelmét azért legalább részben ezen a területen is megőrizték. De a különbség ettől nem tűnik el, legfeljebb a túlszabályozott oktatás az indokoltnál jobban tehernek fog tűnni.

A második probléma a második zónában megnyíló források minőségéből következik. Ezek általában nemzetközi csapatmunkát díjaznak, amelyben sokszor, ha egyáltalán, a közép-európai partner technikai tudására, műszerhasználati készségeire és nem koncepcionális eredetiségére van szükség, ráadásul e nemzetközi projektek zömmel valamilyen szinten alkalmazott irányítottságúak.

A szó klasszikus értelmében vett alap kutatásokat például az EU ritkábban finanszíroz. Az esetleges majdani alkalmazók-fejlesztők azonban általában azok az európai nagyvállalatok, akik már a kiírásoknál is befolyással rendelkeztek, így azután ezek a projektek, miközben nem bátorítják igazán a fundamentális kérdések bátor feltevését, nem, vagy csak ritkán vezetnek el a régióban felhasználható alkalmazott tudáshoz. Hiszen a magyar vagy lengyel résztvevő amúgy is részfeladatokat lát el, és általában a régió belül nincsenek, vagy csak elvétve találhatók olyan vállalatok, amelyeket az így megszerzett (egyébként nemzetközileg kompatibilis) tudással össze lehet kapcsolni. Természetesen a műszerkultúrák,

a mérési gyakorlatok, az egyediberendezés-építés számos gyakorlati ismeretet is szállít a régióba, de a helyi gazdasági gyakorlatba innen csak ritkán vezet az út tovább.

Az igazi piac helyett így ez a sajátságos, gyakran a gyakorlatot imitáló grantpiac honosodik meg a térségben. A kutatást életben tartja, a helyi akadémiai szektor legjobbjainak kínál olyan hálózatokat, amelyekkel munkájuk máshova helyezhető (akár egyre hosszabb időre elmenni a régióból, akár itt maradnak, de kifelé termelnek). Közvetlen gazdasági hasznót azonban ettől a tevékenységtől csak keveset lehet várni (IHEP, 2009).

Elméletileg a „szervezetté válás” szabványosítási próbálkozásait szolgálják az Academe intézményi értékelései, átvilágítási programjai. Bár ezek egyik célja kétségtelenül a kutatási teljesítményének „csereszabatos” biztosítása, s ezzel az adott szervezeti elitnek globalizációs alkalmazkodási készségeinek ellenőrzése, a mérés általában mégis inkább kutatási teljesítményre fókuszált, s nem szervezeti lesz.

Az akár ellentmondásosan is terjedő akadémiai kapitalizmus persze folyamatosan tanítja saját elitjeit. Azok egyre többet tudnak a szervezeti menedzsmentről vagy a hatékonyságmérésről, általánosságban a vezetés így egyre inkább meg tud felelni a kapitalizálódás formai igényeinek.

A jelentésírási skillek kétségtelenül javulnak, egyre több a szabványosított beszámoló – mérőszámokkal vagy anélkül. Felfogásunk szerint azonban ezek nem általában az akadémiai vezetés áramvonalasodásáról, hanem mimikrikészségéről tanúskodnak. Ha ilyesmit kérsz tőlünk, akkor mi effajta szövegeket szállítunk. Így persze az Academe elitje egy kis levegőhöz juthat, de azért ezt mégsem kellene automatikusan a vezetéstechnika valódi szintemelkedéseként kezelni.

Az egyetemek, nagy kutatószervezetek egyébként az akadémiai kapitalizmus hosszabb távú megrendeléseire általában metastruktúrákon (kutatóközpontok alapításán, interdiszciplináris programokon) keresztül reagálnak. Az elemzők ezek hatékonyságával általában elégedetlenek, előadják, hogy azok csak nagyon tangenciálisan érintik a vezető kutatók lényegi munkáját, s tulajdonképpen azok a korábbi módokon folytatják munkájukat. Nekünk ezzel szemben úgy tűnik, hogy itt igazán hatékonysági ugrást senki sem vár a bejelentett változásoktól. Az Academe adminisztrátorai pontosan tudják, mit várhatnak kutatószemélyzetüktől, és arról is valós képük van, hogy mennyi idő alatt jelentkezhetnek új módszertanok, és ha elő is bukkanak új kérdések, azok a belső átszervezésből, vagy inkább valamelyik új külső megrendelő kérdéseiből következnek. Sok területen a szervezeti lépések inkább változásszimulátorok, és leginkább a külső megrendelőket, az országos tudománypolitikát s az evaluátorokat próbálják megnyugtatni.

Különben is tudjuk, hogy a források odaítélési szempontjait szinte tetszőleges gyorsasággal lehet változtatni. S ugyanazokra a szakmai mérőszámokra lehet új forráselosztási képleteket telepíteni. De ha a reformok esetleg valamit akarnak is, akkor nem próbálkoznak teljesen új reputációs mechanizmusok leképezésével. Igazán a meglévő elismerési és presztízsfunkciókat kellene számszerűsíteni vagy piacosítani. Ebből következően bizonyára újratárgyalhatóak lennének az evaluáció sokszorosán vitatott mérőszámai. Nyilvánvalóan a természettudomány evaluációs mérőszámai itt csak részlegesen működnek, de szó sincs arról, hogy ezekben a szakmákban teljesen véletlenszerűek lennének a reputációs szabályok. Ezekre építve bizonyá-

ra elfogadhatóbb teljesítményméréshez lehetne jutni. Ha a forrásbiztosítás tartósan elszakad a helyi reputációs szabályoktól, akkor nem rugalmasabb lesz a kutatási rendszer, hanem belső értékkritérium nélkülivé válik, szakmai moráljában megroppanhat.

Következtetések

Az akadémiai kapitalizmus állapota nehezen szakítható el az adott országban működő kapitalizmus jellegétől és formáitól. Az akadémiai világ hierarchiaiban, értékrendjében, rítusaiban kulturális meghatározottságú, és tradicionális mintákat követ, de az akadémiai kapitalizmus nem merül ki általános „kapitalista”, piaci és haszonelvű mechanizmusok működtetésében, hanem annak nemzeti viszonyait is tükrözi. A nemzeti kapitalizmusok sajátos koordinációs formái és problémakezelési formái nagy hatással vannak az ott kialakuló akadémiai kapitalizmusokra még akkor is, ha ezek épp a továbbelő akadémiai formákból következően sok tekintetben autonómok. Következésképpen egy súlyos állami beavatkozások között működő és a nemzetközi munkamegosztásban alapvetően bedolgozó jellegű kapitalizmus neoakadémiai rendszerei sem lesznek egészükben nagyon mások. Egyes iskolák, személyiségek, laboratóriumok helyzete ettől eltérhet. De elsősorban akkor, ha a nemzeti környezetben sikerül elszigetelődniük, biztosítva a nemzeti rendszertől független finanszírozást, előmeneteli rendet és számonkérést. Ettől még automatikusan nem maradhatnak feltétlenül klasszikus alapkutatásiak, azonban közvetlenül fognak csatlakozni bedolgozóként, részmunkafázisok elvégzőjeként területük nemzetközi központjaihoz, és megpróbálnak azok működésmódjaihoz igazodni – ott elszámolva, onnan finanszírozva stb. gazdasági termi-

nussal „vámszabad területekként” mozognak. Persze, ezek léteből is szeretne a helyi akadémiai rendszer konkrét hasznót húzni. A kialakuló kompromisszumok jellegétől függően vagy stabilizálódnak e szigetek, vagy nem. Ha a hazai intézményi környezet túl mohó, a legjobbak elvándorlással védekeznek, vagy a „visszaintegrált” egység, iskola kiválósága nagy valószínűséggel megszűnik.

A legújabb magyar kapitalizmusban erősödik az állam jelenléte szabályozóként, felügyelőként, gazdaságon kívüli szempontok szerinti újraelosztóként. Az állam érdeklődésén kívüli területeken, mellékhadszíntereken azonban működhet olyan szabadversenyes klasszikus piaci forma is, amelyet valamilyen flexibilis formában a „rég Európában” azért már beszabályoztak. Így azután nálunk a túl- és az alulszabályozottság sajátos keverékei alakultak ki a gazdaságban, és ilyenné válik az akadémiai kapitalizmus is.

Mindezt nehezíti a GDP tartósan alacsony K+F hányada és az egyetemek és az akadémiai hálózat kincstári állami finanszírozásából következő elszámolási és előmeneteli rend. Az akadémiai kapitalizmus helyi változatai e két faktorról együtt lényegében kivételként engednek csak a klasszikus alapkutatás működtetését – majdnem kizárólag csak akkor, ha annak finanszírozása külföldről biztosított. Ettől még azonban eladhatóak lesznek itthon alkalmazott projektek is alapkutatásként, ha az azt végző intézmény vagy csoport védelmében arra szükség lesz.

A tudósképzés európaivá válásából következően ugyanakkor egyre nő a külföldön fokozatot szerző és gyakran a magyar akadémiai rendszerből már diákként kilépők száma. Nemzeti statisztikák erről a csoportról nincsenek, ezért azt sem tudjuk, hogy a doktorátusokat milyen arányban szerzik itthon és

külföldön, és azt sem, hogy ebből a csoportból mennyien maradnak a kutatásban. De feltehetően a magyar akadémiai szektorba egyre kisebb hányaduk jut csak közvetlenül, így annak vonzóereje nemzetközi szigetépítési szempontból egészében csökken a külvilág számára. A magyar akadémiai kapitalizmus sok tekintetben egyre inkább épp az így kiépülő ellenőrzési és irányítási mechanizmusból következően, miközben a kutatáspolitikát ezt valóban nem akarja, kutatógenerációként tovább provincializálódik. Ezt a trendet láthatóan nem tudják megfordítani az egyébként sok tekintetben valóban sikeres kutatóvisszaintegrációs programok, kísérletek sem.

A Bologna-folyamat hosszabb távú hatásairól, e tekintetben, érthetően csak spekulálunk. De a transznemzeti kvalifikációs struktúrák bevezetésével ezekben a keretekben nyilvánvalóan felgyorsul a szakértelmiségi munkaerő nemzetközi áramlása. Ebben a tekintetben a mérleg máris negatív, többen mennek el, mint ahányan jönnek, letelepednek. Az arány – legalábbis középtávon – nyilvánvalóan romlik. Általában nem maradnak Magyarországon az itt ma diplomát szerző külföldiek, s a mégis letelepedő értelmiségiek között elsősorban többségben vannak a magyar kisebbségekhez tartozók. Közöttük ma már erős kisebbségbe kerültek a műszaki és természettudományi diplomások. Maradnak itt már PhD-t itt szerző határon kívüli magyarok is, de nagyobb csoportról szó sincs. Miközben a magyarországiak között nő a külföldön tartósan munkát vállalók aránya az akadémiai szektorokban is. A következő évtizedre a

tartósan negatív szaldót valószínűsíthetjük. Ez a körülmény még inkább helyivé, a nemzeti környezethez kötődővé teszi a magyar akadémiai szektort.

A képzési rendszer átalakulása és az ott bevezetett evaluációs formák mindeközben egyre határozottabb szociális szűrőként működnek. Az elitegyetemeken vagy azok elit-szakjain minimális a középosztály „alól” érkezők száma, aránya. A tehetséggondozás eleve „kézműves” munka, egyéni kiválasztásra, személyi gondoskodásra épül, szerkezetváltó hatása itt nyilvánvalóan nem lehet. Ez az akadémiai kapitalizmus – meghirdetett ideológiáival szemben – azért is elitista, mert a főiskolai szektort minőségi kifogásokra hivatkozva egyre nagyobb mértékben magára hagyja. Elvben az beágyazódva régiójába kínálhatna felemelkedési lehetőséget a régióban, de mert egyre inkább saját bevételeiből kell eltartania magát, csak a helyi középosztály nagy egyetemekre bekerülni képtelen gyermekeinek kínált vigaszági felsőoktatást, ahelyett, hogy a vidék vagy a város a felsőoktatásba másként nem eljutó „alulról érkező” csoportjainak kínálna gyorslifteket. Ebben a rendszerben az oktatókra és az iskolai teljesítményekre az elitre kitalált számonkérési és mérési formákat alkalmazva a kialakult erőviszonyokat konzerváljuk.

Kulcsszavak: tudománypolitika, egyetempolitika, felsőoktatás, innovációpolitika, kutatási rendszer, tudományszervezés, kutatási eredmények mérése, kapitalizmus, egyetemmodell, kutatási hatékonyság

IRODALOM

- Amaral, Alberto – Magalhães, António (2004): Epidemiology and the Bologna Saga. Higher Education. 48, 79–100. • http://download.springer.com/static/pdf/955/art%253A10.1023%252FB%253AHIGH.0000033766.02802.92.pdf?auth66=1352968994_b4165d93c9601be468b2f35eff98565f8&ext=.pdf
- Brunsson, Nils (1989): *The Organization of Hypocrisy: Talk, Decisions, and Actions in Organizations*. Wiley, Chichester
- D'Sylva, Ashley Paul (1998): *Examining Resource Allocation within US Public Research I Universities: An Income Production Function Approach*. PhD Dissertation, University of Arizona, Tucson
- Engwall, Lars (2007): *The University: A Multinational Corporation?* Paper for the Academia European and Wennergren Foundations Conference “The University in the Market Place, Stockholm, November 1–3, 2007. • <http://www.portlandpress.com/pp/books/online/univmark/084/0009/0840009.pdf>
- Etzkowitz, Henry (2003): Research Groups as ‘Quasi-firm’: The Invention of the Entrepreneurial University. *Research Policy*. 32, 109–121. • [http://books.google.hu/books?id=KS_caFqMFoMC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false](http://www.google.hu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCMQFjAA&url=http%3A%2F%2F94.23.146.173%2Fficheros%2F655544d6a807170b9cc71753389696c.pdf&ei=oa-kUOufMZDPsgaxnoDgBw&usq=AFQjCNE8-GNgP6GdzpoxPkMPLm5dfdiagw&sig2=KqctXo_mhoHjveojhvWnlgGibbons, Michael – Limoges, C. – Nowotn, H. – Schwarzman, S. – Scott, P. – Trow, M. (1994): <i>The New Production of Knowledge. The Dynamics of Science and Research in Contemporary Society</i>. Sage Publications, London • <a href=)
- IHEP (2009): *Impact of College Rankings on Institutional Decision Making. Four Country Case Studies*. Insti-

- tute for Higher Education Policy, Washington DC • <http://www.ihep.org/assets/files/publications/g-1/ImpactofCollegeRankings.pdf>
- Kieser, Alfred (2010): Unternehmen Wissenschaft? *Leviathan – Berliner Zeitschrift für Sozialwissenschaft*. 38, 347–367. DOI: 10.1007/s11578-010-0093-7
- Knorr-Cetina, Karin (2002): *Wissenskulturen. Ein Vergleich naturwissenschaftlicher Wissensformen*. Suhrkamp, Frankfurt am Main
- Münch, Richard (2007): *Die akademische Elite. Zur sozialen Konstruktion wissenschaftlicher Exzellenz*. Suhrkamp, Frankfurt am Main
- Salter, Ammon J. – Martin, Ben R. (2001): The Economic Benefits of Publicly Funded Basic Research: A Critical Review. *Research Policy*. 30, 509–532. • http://in3.dem.ist.utl.pt/master/stpolicy03/temas/tema6_1a.pdf
- Slaughter, Sheila – Rhoades, Gary (2004): *Academic Capitalism and the New Economy*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, US–London, UK • <http://books.google.hu/books?id=Y-mISmAUa38C&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Vught, Frans A. (van) (ed.) (2009): *Mapping the Higher Education Landscape: Towards a European Classification of Higher Education*. Springer, Dordrecht • <http://books.google.hu/books?id=mt5pQsDAQbcC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Wentland, Alexander – Knie, A. – Ruhrort, L. – Simon, D. – Egel, J. – Aschhoff, B. – Grimpe, C. – Light, G. (2012): *Konkurrierende Orientierungen? Wirtschaftliche und wissenschaftliche Referenzen und Orientierungen in der Biotechnologie*. ZEW Reihe Wirtschaftsanalysen. Nomos Verlag, Baden-Baden
- Whitley, Richard – Gläser, J. – Engwall, L. (eds.) (2010): *Reconfiguring Knowledge Production. Changing Authority Relationships in the Sciences and Their Consequences for Intellectual Innovation*. Oxford University Press, Oxford

A NAPI RITMUS SZEREPE ÉS JELENTŐSÉGE A KLINIKUMBAN

Halmos Tamás

az orvostudomány doktora,
MAZSIHISZ Szeretkórház
Metabolikus Ambulancia
fishwash@t-online.hu

Suba Ilona

főorvos,
Bajcsy-Zsilinszky Kórház-Rendelőintézet
Tudógondozó

Háttér

Évezredek óta ismert, hogy a napszaki és évszaki változások hatással vannak az élőlények életfolyamataira. A cirkadián (*circa diem* = egy nap leforgása alatt) ritmus vélhetően első leírása *Thaszoszi Androszthenész* hajóskapitánytól, földrajzi írótól származik, aki Nagy Sándor flottájában szolgált a Kr. e. IV. században. Megfigyelte, hogy az Afrikában, Ázsiában, Ausztráliában honos tamarind fa leveleinek helyzete a napszakok során jellegzetesen változik. Az évszázadok során számos tudós hasonló megfigyeléseket tett különböző növényeken. E megfigyelések később állatokon, majd emberben is megerősítést nyertek. Így 1896-ban *George T. W. Patrick* és *J. Allen Gilbert* megfigyelték, hogy tartós alváshiány során az álmoság 24 órás időszakonként fokozódik és csökken. A cirkadián kifejezést *Franz Halberg* Amerikában tevékenykedő német tudós vezette be az irodalomba. A cirkadián *CLOCK*- (cirkadián locomotor output cycles kaput) rendszer feltérképezésében oroszánrésze van *Joseph Takahashinak* és munkatársainak. Ők fedezték fel az első *CLOCK*-géneket. Jóllehet endogén folyamatról van szó, a cirkadián ritmus jelentős mértékben függ a környe-

zeti *Zeitgeberektől* (német: időt adó, időzítő). A legfontosabb külső „Zeitgeber” a fény, de fontos időzítő szerepe van a corpus pinealeban (agyalapon elhelyezkedő tobozmirigy) termelő hormonnak, a melatoninnak is.

Kronobiológia

Az orvostudományban a régi ismereteket sokszor elfelejtik, s később – gyakran nagyon hosszú idő után – ismét „felfedezik”. Hasonló történt a cirkadián ritmus újrafelismerésével is. A modern világ mindennapos kihívásai (éjszakai, illetve váltott műszak, tengerentúlra repülés (időzónák gyakori átlépése), melyek a szervezet megszokott biológiai rendjét megzavarják – tették aktuálissá a cirkadián ritmussal kapcsolatos ismeretek felelevenítését. Ugyancsak az utóbbi évtizedekben vált ismeretessé, hogy számos biológiai folyamat, így a vérnyomás és a vércukorszintek alakulása, a hormontermelés, a vérárvadás folyamata stb. mind cirkadián szabályszerűséggel rendelkezik. Ezek a felismerések hozták létre a biológia egy speciális ágát, melyet *kronobiológiának* neveznek. A kronobiológia vizsgálja az élő szervezetek működésének periodicitását és adaptációját a Nap–Hold-ritmushoz. Ezeket nevezzük biológiai ritmusoknak. A kro-

nobiológia segít eligazodni a medicinában, pontosabban megismerni az egyes kóros folyamatok cirkadián jellegzetességeit, és ezek ismeretében új utakat jelölhet ki a gyógyításban, sőt a megelőzésben is.

A CLOCK-rendszer szerkezete

A cirkadián *CLOCK*-rendszer ma immunohisztokémiai és bioluminiscenciás képalkotó eljárásokkal vizsgálható. Kiderült, hogy a hipotalamusznak (a hipotalamusz fontos agyalapi magstruktúra, melynek számos szabályozó szerepe van, egyebek mellett ez szabályozza az életfontosságú agyalapi mirigyet, a hipofízist is) a látóideg-keresztvező feletti magcsoportjaiban (*nucleus suprachiasmaticus*) helyezkedik el a központi irányító óra (*master clock*), amely a cirkadián ritmus legfontosabb központi szerve. Innen mennek az utasítások az egyes perifériás szervek „kiszolgáló termináljaihoz” (*slave clocks*), ahonnan válaszinformációk érkeznek a központi órához.

A *CLOCK*-gén komplexet alkot a *BMAL1*- (*brain and muscle arnt like protein*) génnel, mely transzkripcióis faktorként aktíválja célgénjeinek transzkripcióját (*Period / PER*, *Cryptochrom / CRY*-gének). (Transzkripciónak nevezzük a sejt kromoszomális DNS-éről képződő különböző RNS-formák szintézisét. Ezt a folyamatot RNS polimeráz enzimek katalizálják.)

A cirkadián rendszer működéséhez elengedhetetlen *Zeitgeberek* legfontosabbika a fény. A fényt a látóhártya speciális sejtjei érzékelik, majd ezeken keresztül idegi vezeték útján (*tractus retinohypothalamus*) jut az „időzítő” inger a hipotalamusz megfelelő magvaihoz. Innen az „utasítások az egyes szervekben elhelyezkedő perifériás órákhoz továbbítódnak. Egyes perifériás órák ugyanakkor nagyfokú autonómiával rendelkeznek, képesek bizo-

nyos folyamatokat önállóan irányítani. Ezt bizonyították például legutóbb a hasnyálmirigy inzulint termelő bétasejtjeiben elhelyezkedő *slave clockok* esetében is.

A fény-sötétség rendszere és a melatonin

A cirkadián szabályozást környezeti (fény) és endogén (melatonin) *Zeitgeberek* működtetik, melyek a ritmust napról-napra újraütemezik. A szervezet ritmusa a nappal-éjszaka változásához alkalmazkodik. Teljes sötétségben minden élőlény szervezete, így az emberé is a napszaktól független ritmusban működik. Ezért alvási ciklusuk előre- vagy visszatolódik attól függően, hogy endogén periódusuk rövidebb vagy hosszabb, mint 24 óra.

A *melatonin* a tobozmirigy által, kizárólag sötétben, a vérbe kiválasztott hormon. Fontos szerepe van az alvás-ébredés szabályozásában. Kiderült, hogy a melatonin gyógyszerként is alkalmazható, elsősorban álmatlanságban hatásos. Hatásos lehet alvászavarral járó metabolikus szindróma (MS) kezelésében. (A MS számos anyagcserezavar összessége és prediktív tényező kardiovaszkuláris kórképek irányába, ezért nagy népegészségügyi fontosságú.)

A CLOCK és az endonukleáris receptorcsaládok kapcsolata

Újabban bebizonyították, hogy szoros kapcsolat van a már régebben ismert endonukleáris (sejtmagon belüli) biológiai struktúrákkal, így a *PPAR*-rendszerrel (peroxisoma-proliferátor-aktiválta receptorok, a transzkripcióban van fontos szerepük). Ez a felismerés segít megérteni a *CLOCK*-rendszer szerepét a különböző szív- és érrendszeri, vérárvadási, anyagcsere- és onkológiai folyamatokban. A *PPAR*-receptorok több alcsoportot alkotnak, melyek a szénhidrát- és zsírsavanyagcserét szabályozzák, befolyásolják az inzulinérzékenysé-

get, de szerepük van a daganatok fejlődésében is. E receptorhálózatot régebben önállóan képzelet, melyeket belső vagy külső kofaktorok (ligandok) aktiválnak. Ma úgy véljük, hogy a PPAR-rendszer a CLOCK-BMAL-1-szisztéma irányítása alatt áll. A kapcsolat kétirányú, a magreceptor-hálózat is befolyásolja a CLOCK-rendszer működését. Egyre inkább bebizonyosodott, hogy a szervezet biológiai folyamatai az endonukleáris mikro-organellumok szintjén történnek. Ez a bonyolult hálózat felelős az organizmus sokirányú működéséért.

A cirkadián CLOCK-rendszer működészavarának következményei

A cirkadián rendszer szerkezete, összefüggéseinek feltárása új megvilágításba helyez számos kórképet. Ez a megváltozott szemlélet a kórképek kezelése, – remélhetőleg – megelőzése és a betegvezetés terén is új utakat jelent. A továbbiakban néhány gyakori betegség kapcsán mutatunk rá a cirkadián szisztéma gyakorlati szerepére.

Magasvérnyomás-betegség

Régóta ismeretes, hogy a vérnyomás emberben napszakonként változik. Egészséges emberben a tenzió éjjel csökken („dipping fenomen”) és nappal is váltakozó értékeket mutat, kisebb „csúcsokkal” és „völgyekkel”. A tenzió 24–48 órás változásainak pontos ismeretében (folyamatos vérnyomás-monitorozás) az antihipertenzív gyógyszerek „célzott” – megfelelő időben történő – bevitelével jobb terápiás hatást lehet elérni. Nem mindegy, hogy a megfelelő gyógyszereket milyen napszakban adjuk be. Azt találták, hogy az antihipertónikumok esti bevétele hatásosabb, mint a reggeli. *Frederic C. Bartter és munkatársai* (1976) egy terápiarezisztens hipertóniás beteget

thiazid készítménnyel (vízhajtó hatású vérnyomáscsökkentő) és a tenzió napi változásainak figyelembevételével sikeresen kezeltek.

Véralvadás

A cirkadián rendszer szerepe bebizonyosodott a véralvadás folyamatában is.¹ A CLOCK/BMAL-1-rendszer egyik génje, a *Periode 2*-gén hiánya vezetett a véralvadás felgyorsulásához, a vérlemezkék kóros működéséhez, a plasminogén aktivátor inhibitor-1 (PAI 1) megnövekedett szérumszintjéhez, a csökkent fibrinolízishez. Mindezen tényezők a vérrögösödés irányába hatnak).

A PAI-1 (Plasminogen Activator Inhibitor type-1) a fibrinolitikus rendszer fontos szabályozója. Legújabban vált ismertté mint a gyulladás és az ateroszklerózis egyik modulátora. A PAI-1 expressziója cirkadián ritmust mutat, melynek csúcsa a kora reggeli órákban van, és összefügg a kardiovaszkuláris események reggeli megnövekedett kockázatával.

Szív- és érrendszeri kockázat és a cirkadián ritmus

A szív- és érrendszer funkcionális szabályozása is cirkadián ritmusban működik. Ezt a szabályozást a hipotalamusban elhelyezkedő szuprakiazmatikus magok irányítják. Számos klinikai megfigyelés bizonyítja, hogy a szívinfarktus, a hirtelen szívhalál gyakoribb a reggeli órákban, mint a nap egyéb időszaká-

¹ A véralvadás a szervezetben végbemenő fontos élettani folyamat, amit a véralvadáshoz elősegítő és gátló számos faktor működésének összhangja szabályoz. A májban termelődő fehérje, a fibrinogén prokoaguláns hatásra fibrinné alakul, és a fibrin a vérlemezkékkel rácst alkot, ami a véralvadás alapja. Ha ez a folyamat túlsúlyba jut, rendellenes éren belüli alvadás (trombózis) jön létre. Ez képezi a stroke és infarktus kialakulásának alapját. A trombus az alvadásellenes faktorok hatására nem alakul ki, vagy oldódhat (fibrinolízis).

ban. A különböző aritmiák is inkább nappal fordulnak elő, mint az éjszakai alvás időszakában.

Egy svéd-norvég szerzőcsoport intenzív osztálya került betegek analízise alapján megállapította, hogy a nyári időszámítás kezdetekor halmozódtak a szívinfarktus-esetek. A téli időszámításra való visszaálláskor, mikor az alvási idő meghosszabbodik, ilyen halmozódást nem láttak. Úgy gondolják, hogy a tavasszal megrövidült alvás hozzájárul a tenzió és lipid abnormalitások kialakulásához és a HPA-tengely (hipotalamusz-hipofízis, mellékvesék) túlműködéséhez, és ezek együtt eredményezik az infarktus-esetek halmozódását.

Stroke és cirkadián ritmus

A stroke fellépése is a reggeli órákban a leggyakoribb. Ennek oka részben a reggeli tenzió „kiugrás”, és ehhez hozzájárul a reggeli órákban fokozódó véralvadás is. Ezek a folyamatok szintén kapcsolatosak a CLOCK-szisztéma működésével.

Alvási rendellenesség és cirkadián ritmus

A cirkadián rendszer zavara legpregnansabban az alvási apnoe (alvási légzéskimaradás), a 2-es típusú diabetes és a metabolikus szindróma kialakulásában mutatkozik. A kóros anyagcserezavarok manifesztációjában is meghatározó, kiváltó szerepet játszanak az alvási rendellenességek. Szoros összefüggés van az álmatlanság és az agy különböző területeinek (agytörzs, hipotalamusz) izgalmi állapotai között. A cirkadián rendszer szétzilálása (disruption) károsítja a kognitív képességet, és aluszékonyságot okoz. A cirkadián rendszer zavara hozzájárul a tanulási folyamatok, a memória romlásához is. Ha viszont az alvásébrenlét ritmusa egy életen át állandó, az segít a kognitív funkciók megőrzésében.

Diabetes mellitus és a cirkadián rendszer

Számos adat bizonyítja, hogy az éjszakai munka a cirkadián CLOCK-rendszer szétzilálása útján 2-es típusú (nem inzulinfüggő) diabetes kialakulásához vezet. A *Nurses' Health Studies* adatbázisára támaszkodva kiderült, hogy a rendszeresen éjszakai műszakban (is) dolgozók között szignifikánsan magasabb a diabetes előfordulása, mint a kizárólag nappali munkát végzők között. Patkányokon vizsgálták a cirkadián rendszer zavarának hatását diabéteszre. Megszakítva a cirkadián rendszert, a tízhetes megfigyelési idő során a β -sejtek száma (inzulint termelő sejtcsoport) és az inzulinszekréció csökkent, hiperglikémia (emelkedett vércukorszint) alakult ki. Ez azt bizonyítja, hogy a cirkadián rendszer megszakítása 2-es típusú diabéteszre hajlamosít a máj glukóziáramlásának és a vázizomzat cukorfelvételének zavarát okozva.

Legújabban egy kaliforniai kutatócsoport állatkísérletben biokémiai kapcsolatot talált a CLOCK-rendszer és a diabetes között. A KLOO1-nek nevezett kis fehérjemolekula a cirkadián rendszerbe tartozó criptokróm fehérjét stabilizálni tudta, ezáltal hatásának időtartamát megnyújtotta. Ennek következtében a máj fehérjéből történő keményítőképzése (glukoneogenezis) gátlódott, a májból történő cukorkiáramlás (glükolízis) vagyis a vércukorszint csökkent. Lehetséges, hogy ez a molekula hatásos antidiabetikus szer lesz.

A reggeli inzulinrezisztencia és a délelőtti fokozott inzulinérzékenység is a CLOCK-gének működésével függ össze (inzulinkezelésben részesülő betegek között gyakori megfigyelés, hogy kora reggel az inzulinszükséglet magasabb, míg délelőtt kisebb).

Metabolikus szindróma (MS)

A metabolikus szindróma (MS) kialakulásában ártó tényezők (helytelen táplálkozás, elhízás, kevés mozgás) meghatározó szerepet játszanak. Újabban gyűlnek az adatok, hogy a cirkadián CLOCK-rendszer szétzilálása is hozzájárulhat e kórforma kifejlődéséhez.

Purificación Gómez-Abellán és mtsai összefoglaló munkájukban kronobiológiai szempontból elemzik az obezitás és a metabolikus szindróma aspektusait. A CLOCK-gének eltávolítása zsírsanyagcsere-zavart okoz, és a metabolikus szindróma kialakulását segíti elő. Számos irodalmi adat támasztja alá, hogy a megrövidült, megszakított alvási periódus, és az éjszakai légzéskimaradás a MS fontos oka és komponense. Hazánkban *Jermendy György* és munkatársai (2011) huzamosabban váltott műszakban dolgozók között ugyancsak a kardiometabolikus kockázat fokozott előfordulását találták. Újabban az álmatlanságot is a MS egyik tünetének tartják.

Gastroenterológia és a cirkadián ritmus

A Periode 2-gén a cirkadián rendszer fontos alkotórésze. Kínai kutatók a PER2 védő szerepét mutatták ki a máj széntetraklorid (májkárosító anyag) mérgezésével szemben. Ugyanek ezek a szerzők bizonyították a PER2 hiányszerepét kolosztatikus (epepangásos) májkárosodásban és fibrózisban. Következtetésük: a CLOCK-gén PER2-védelmet nyújt a kolosztatikus májkárosodás és fibrózis ellen. A cirkadián rendszer *Zeitgeber*e, a melatonin (MT) jótékony hatású nem alkoholos sztea-tohepatitisben (zsírmáj+gyulladás).

Onkológiai vonatkozások

Részletes vizsgálatok alapján kiderült, hogy a rákos betegek neuroendokrin- és immunpara-

métereiben súlyos minőségi és mennyiségi változások keletkeztek a cirkadián ritmus elvesztésével. Amerikai kutatók patkányok egy csoportjánál „szétzilálták” a cirkadián CLOCK-rendszert a fény és sötétség ritmikus változtatásával. Ilyen módon megváltozott a BMAL-1 és PER-2 cirkadián gének expressziója. Kiderült, hogy –kontrollokkal összevetve – e patkányokban tüdőrákot tudtak előidézni. *Saunabh Sahar* és *Paolo Sassone-Corsi* rámutattak, hogy a daganatok abnormális anyagcseréjéért a CLOCK-rendszer működészavara lehet a felelős. A szerzők feltételezik, hogy annak a molekuláris kapcsolatnak a jobb megértése, amely összekapcsolja a cirkadián CLOCK-rendszert a sejtciklusokkal és anyagcseréjükkel, az emberi neopláziák eredményesebb kezelését teszi lehetővé.

Öregedés és a cirkadián rendszer

Újabb megfigyelések arra utalnak, hogy a cirkadián rendszer működészavara és az időskori degeneratív agyi folyamatok között szoros kapcsolat van. A CLOCK-rendszer ritmikus oszcillációs szabályozó működésének zavara rontja az időskorral összefüggésben lévő finom idegi funkciókat. Lehetséges, hogy e rendszer működésének jobb megértése segít az időskori degeneratív kórképek eredményesebb kezelésében, megelőzésében?

Mozgásszervi betegségek és a cirkadián ritmus

Mozgásszervi kórképek és a cirkadián rendszer közötti összefüggéseket elsősorban a kezelés oldaláról közelítették meg. Régóta ismert, hogy a neurohormonális rendszer aktivitása a nap 24 órájában cirkadián változást mutat. Elsősorban a szteroid terápia (kiterjedten alkalmazott, számos betegségben sikerrel adott gyógyszer-csoport) alapján derült fény a cirkadián rendszer szerepére az egyik

legalaposabban vizsgált autoimmun kórképben, a reumatoid arthritisben. A gyógyszerek, elsősorban a szteroid készítmények időzített adagolása alapján bizonyítást nyert a CLOCK-rendszer szerepe e kórképben.

Mentális kórképek és cirkadián ritmus

Cirkadián tényezők fontos szerepet játszanak a *depresszió* etiopatogenezisében. A kezelés hatékonysága (fény, alvásmegvonás) alapján bizonyított az időzítés fontos szerepe a depresszió kialakulásában. A fény mint fontos *Zeitgeber* hiánya egyes északi országokban kapcsolatban van a depresszió gyakori előfordulásával és a gyakoribb öngyilkosságokkal is.

A cirkadián ritmus abnormalitása bipoláris elmezavar (felhangoltság/depresszió) kialakulásához vezethet. Amerikai szerzők új összefüggésekre mutattak rá a CLOCK-gének és a bipoláris elmezavar között.

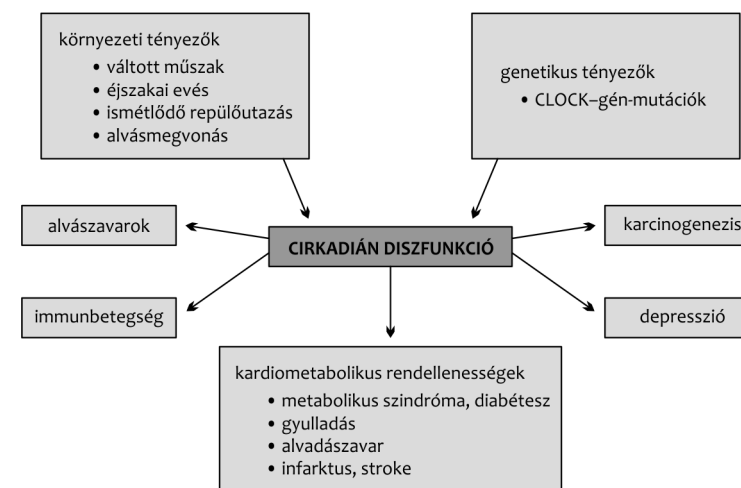
A melatonin szerepe a klinikumban

A melatonin nemcsak a corpus pinealéban, hanem számos perifériás szövetben, szervben is termelődik. Számos közlemény alapján

jelenleg konszenzus van arra nézve, hogy a melatonin központi szabályozó szerepet játszik az elhízás, metabolikus szindróma, 2-es típusú diabétesz, obstruktív alvási apnoe kialakulásában. Szerepe van az idegrendszer károsodásainak kivédésében, a gyulladásgátlásban és a mitokondriális biogenezisben. Japán szerzők fruktózzal (gyümölcscukor) etettek patkányokat, így idézve elő a metabolikus szindróma jellemző sajátosságait. 1–10 mg/testsúlykg melatonint adagoltak négy-hat héten át, és orális glukóztérhelés során azt tapasztalták, hogy a kezelés előtti magas széruminzulinszintek a kezelés végén szignifikánsan alacsonyabbak lettek, és csökkent az inzulinrezisztencia. Melatonint tartalmazó termékek recept nélkül kaphatók táplálékki-egészítőként az USA-ban az 1990-es évek közepe óta. 2008 óta melatonin *Circadián* néven Európa számos országában és Izraelben kapható receptre az álmatlanság kezelésére.

Összefoglalás

Érdekes, hogy az utóbbi években a kutatók és a klinikusok figyelme egyre inkább a sejtek



1. ábra • A cirkadián CLOCK-rendszer diszfunkciójának okai és következményei

molekuláris rendszerei (PPAR, CLOCK) felé fordult. Kiderült, hogy életfontosságú biológiai működések e szisztémák kölcsönhatása-itól függenek. Ugyancsak előtérbe került a napszaki, évszaki periodikus változások hatásának ismerete az ember élettani működésére. Kiderült, hogy ha a cirkadián CLOCK-rendszer „meghibásodik”, e zavart sok tényező okozhatja, például a zsírdús étkezés, a fény tartós megvonása, az addig szabályos napi ritmus megváltozása stb. számos kóros állapot alakulhat ki. E felismerés nyomán sok beteg-

ség kezelése, talán megelőzése is megváltozik, várható új gyógyszerek megjelenése. Sikere-sebb kezelési eredmény várható a gyógyszerek megfelelő napszaki időzítésétől, a biológiai ritmus pontos ismerete alapján.

A cirkadián rendszer pontos ismerete, alkalmazása a klinikai gyakorlatban várhatóan jelentősen javítja a lakosság egészségi állapotát.

Kulcsszavak: *cirkadián ritmus, CLOCK-szisztéma, melatonin, metabolikus szindróma, diabétesz, szívinfarktus*

IRODALOM

- Bartter, Frederic C. – Delea, C. S. – Baker, W. et al. (1976): Chronobiology in the Diagnosis and Treatment of Meso-Hypertension. *Chronobiology* 3, 199–213.
- Gómez-Abellán, Purificación – Madrid, J. A. – Ordovás, J. M. – Garaulet, M. (2010): Chronobiological Aspects of Obesity and Metabolic Syndrome. *Endocrinología y nutrición*. 59, 1, 50–61. • <http://dx.doi.org/10.1016/j.endoen.2011.08.002>
- Hirota, T. – Lee, J. W. – St John, P. C. et al. (2012): Identification of Small Molecule Activators of Cryptochrome. *Science*. 337 (6098):1094–7.
- Janszky Imre – Ahnve, S. – Liny, R. et al. (2012): Daylight Saving Time Shifts and Incidence of Acute Myocardial Infarction. Swedish Register of Information and Knowledge about Swedish Heart Intensive Care Admissions (RIKS-HIA). *Sleep Medicine*. 13, 3, 237–242.
- Jermendy György – Nádasi J. – Hegyi I. et al. (2011): Kardiometabolikus kockázati tényezők előfordulása a váltott műszakban dolgozó körében. *LAM*. 21, 12, 807–812. • http://www.elitmed.hu/upload/pdf/kardiometabolikus_kockazati_tenyezok_elofordulasa_valtott_muszakban_dolgozok_koreben-8805.pdf
- Kalsbeek, Andries – CX, Y. – Lafleur, S. E. – Fliers, E. (2010): The Hypothalamic Clock and Its Control of Glucose Homeostasis. *Trends in Endocrinology & Metabolism*. 21, 7, 402–410. • <http://dx.doi.org/10.1016/j.tem.2010.02.005>
- Kondratova, Anna A. – Kondratov, Roman V. (2012): The Circadian Clock and Pathology of the Ageing

- Brain. *Nature Reviews Neuroscience*. 13, 5, 325–335. doi: 10.1038/nrn3208
- Logan, Ryan W. – Zhang, C. – Murugan, S. et al. (2012): Chronic Shift-Lag Alters The Circadian Clock of NK Cells and Promotes Lung Cancer Growth In Rats. *The Journal of Immunology*. 188, 6, 2583–2591. doi:10.4049/jimmunol.1102715
- Pan, An – Schernhammer, E. S. – Sun, Q. – Hu, F. B. (2011): Rotating Night Shift Work and Risk of Type 2 Diabetes: Two Prospective Cohort Studies In Women. *PLOS Med*. 8, 12, 1001141. • <http://www.plosmedicine.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pmed.1001141>
- Sahar, Saurabh – Sassone-Corsi, Paolo (2009): Metabolism and Cancer: The Circadian Clock Connection. *Nature Reviews Cancer*. 9, 886–896. doi:10.1038/nrc2747
- Salgado-Delgado, Roberto – Tapia, Osorio A. – Saderi, N. – Escobar, C. (2011): Disruption of Circadian Rhythms: A Crucial Factor in the Etiology of Depression. *Depression Research and Treatment*. 839743. Epub Ahead of Print. doi:10.1155/2011/839743 • <http://www.hindawi.com/journals/drt/2011/839743/>
- Srinivasan, Venkatramanujam – Hardeland, R. – Cardinali, D. P. et al. (2011): Melatonin: A Pleiotropic, Orchestrating Regulator Molecule. *Progress in Neurobiology*. 93, 3, 350–384. • <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/investigacion/melatonin-pleiotropic-orchestrating-regulator-molecule.pdf>
- Wenju, Huang – Ramsey, K. M. – Marcheva, B. et al. (2011): Circadian Rhythms, Sleep, and Metabolism. *The Journal of Clinical Investigation*. 121, 6, 2133–2141. • <http://www.jci.org/articles/view/46043>

Tudós fórum

MEGALAKULT A TÚLÉLÉS SZELLEMI KÖR*

Láng István

kutató professor emeritus,
MTA Könyvtára
lang.istvan@konyvtar.mta.hu

Kerekes Sándor

egyetemi tanár,
Budapesti Corvinus Egyetem
sandor.kerekes@uni-corvinus.hu

Bevezetés

2012. március 3-án megalakult a Túlélés Szellemi Kör (TSZK), a szakértők önkéntes csoportja. A kör működésében a világnézeti felfogástól és politikai szimpátiától függetlenül olyan szakértők vesznek részt személyes minőségben, akik már foglalkoztak társadalmi, gazdasági, természet- és környezetvédelmi problémákkal. Tevékenységük vezérlő elve a fenntarthatóság érvényesítésének elősegítése, a nagy távlatokban jelentkező és súlyos társadalmi problémák következményeinek túlélését elősegítő intézkedések megalapozása elsősorban nemzeti szinten.

A TSZK első *Vitairatát* a Greenfo.hu hírportál 2012. október 2-i száma közölte *Kézünkben (volt) a jövő* címmel és azzal a szán-

* A megalakulást Láng István kezdeményezte, a Kört az általa meghívott szakértők (Bartholy Judit, Faragó Tibor, Fülöp Sándor, Gyulai Iván, Hetesi Zsolt, Kerekes Sándor, Lányi András, Nováky Erzsébet, Vida Gábor) hozták létre. A TSZK alakuló ülésén a tagok Kerekes Sándort bízták meg a tevékenység napi szinten való összefogásával és koordinálásával.

dékkal, hogy nyilvános vitát gerjesszen a következő évtizedekben várható új természeti, gazdasági és társadalmi problémákról egy fenntartható és a túlélést biztosító állapot elérése érdekében.

A jelen közlemény elsősorban a *Vitairat* tartalmi megállapításait ismerteti, kiegészítve a szerzők értelmezéseivel.

A *Vitairat*ot a tagok egyetértésével fogadták el.

A földi környezet minőségének romlása

Az elmúlt negyven-ötven évben a földi környezet minőségének romlását tapasztalhatjuk. Csak néhány példa ennek illusztrálására: hárommillió négyzetkilométernyi erdőt irtottak ki 1970 és 2012 között. A légkör széndioxid-tartalma az ipari forradalom előtt 280 ppm volt, és ezen a szinten viszonylag stabil értékeket mutatott több száz ezer éven keresztül, de mára már elérte a 391 ppm-et. Szemét és hulladék halmozódik fel nagy területeken, beleértve az óceánokat is. A biodiverzitás legalább 30%-kal csökkent 1970 óta. Ugyan-

akkor a Föld lakossága 3,7 milliárd főről 7,0 milliárdra növekedett 2012-re (Vida, 2007).

Az ENSZ főtitkára, U Thant már a múlt század hetvenes éveinek elején kifejtette, hogy a környezetrombolás miatt az emberiség történelme során először jutott abba a helyzetbe, hogy békés körülmények között veszélybe került a létezése. A szomszédos Ausztriából idézhetjük Josef Riegler osztrák politikust, aki az ökoszociális piacgazdaságról írva kifejti: „Az emberiség arra a pontra érkezett, amikor rövidlátó tetteivel nemcsak a természeti egyensúlyt bontja meg, hanem saját létalapját is megsemmisítheti.” (Riegler – Moser, 2001, 31.)

A Római Klub elnevezésű civil szervezet 1972-ben publikálta *A növekedés határai* (Meadows et al., 1992) című jelentését, amelyben megkongatta a vészharangot, miszerint a 21. század elején súlyos ökológiai és társadalmi válságba kerül az emberiség, ha minden azonos módon folytatódik a termelésben, a fogyasztásban, a természeti erőforrások felhasználásában és elszennyezésében. Radikális változtatásokat sürgettek, ami kétségkívül korlátozta volna a gazdasági növekedést. Sem a politikusok, sem a társadalom nagyobbik része nem vette komolyan a figyelmeztetést. 1973-ban jelent meg Ernst F. Schumacher *A kicsi szép* (magyarul Schumacher, 1991) című műve, amelyben megkérdőjelezte a fennálló gazdasági rend alapvető értékeit. A közgazdasági Nobel-díjas Jan Tinbergen szerkesztette a Római Klub harmadik kiadványát, amely 1976-ban *RIO-jelentés* (*Reshaping the International Order*) címen jelent meg, és egy új világ-gazdasági rend létrehozásának szükségessége mellett érvelt (Tinbergen, 1979) (Simai, 2001).

A fenntarthatóság fogalmi gyökereit John R. Hicksnek (1939) azon gondolatához vezetnünk vissza, miszerint a jövedelem „az a

maximális érték, amit az ember az adott héten elfogyaszthat, azt remélve, hogy a hét végén még ugyanolyan jól élhet, mint a hét elején.” Ugyanez a John R. Hicks 1970-ben, amikor a környezeti válság körvonalai már látszottak, arról beszélt, hogy a banki gépezetbe homokot kell szórni, hogy lassuljon a növekedés. Ezt az úgynevezett Tobin-féle adót fedezi fel most újra az EU-bürokrácia és a hazai politika. A furcsa talán csak az, hogy amivel akkor a növekedést remélték megfékezni, azzal most a gazdaság növekedését remélik élni kiteni. Az ökológiai közgazdaságtan részben Hicksnek a jövedelemmel kapcsolatos tételére alapozza a fenntartható fogyasztásra vonatkozó elméletét (Marshall – Toffel, 2005).

A magyar származású Polányi Károly 1944-ben megjelent tanulmányában figyelmeztet a piacgazdasági eufória veszélyeire: „Ha egyedül a piaci mechanizmus irányítaná az emberek és természeti környezetük sorsát, sőt még a vásárlóerő mennyiségét és felhasználását is, a társadalom elpusztulna. [...] A kulturális intézmények védőerőjéről megfosztva az emberek belepusztulnának a társadalmi elhagyatottságba: meghalnának a heveny társadalmi felfordulás áldozataiként, erkölcstelenség, perverzió, bűn, éhhalál következtében. A természet elemeire hullnának, a folyók elszennyeződnének...” (Polányi, 2004, 94–95.)

Polányi tanulmányában jól kirajzolódnak a körvonalai annak, amit manapság a fenntarthatóság három pilléréként emlegetünk. A Brundtland-féle (Brundtland, 1987) definícióban megjelenő generációk közötti egyenlőségnek is vannak elméleti történeti gyökerei, amit az irodalom Solow–Hartwick-féle fenntarthatósági elvként tart számon (Marshall – Toffel, 2005).

Herman Daly a Steady State Economyról írt tanulmányában (Daly – Cobb, 1989) kifejti, hogy a véges Földön nem lehetséges végtelen gazdasági növekedés. Daly újabban már a megtelt Földről és új gazdasági paradigmák alkalmazásának szükségességéről beszél (Daly, 2005).

A probléma társadalmi dimenzióját találoán összegzi Lányi András: „Az emberiség örökségét, különösen a biodiverzitást elsősorban nem a szükségletek kielégítésének mértéke, hanem a módja veszélyezteti. A környezetünket, egészségünket, kapcsolatainkat, kultúránkat, életünk minőségét és politikai intézményeinket egyaránt romboló örömtelen pazarlás, vagyis az irányított kényszerfogyasztás mai rendszere valószínűleg nem több, hanem kevesebb embert tesz elégedetté, kevesebb embert ajándékoz meg azzal a tudattal, hogy értelmes életet él, mint ha »szükségleteinket« más módokon elégítenénk ki.” (Lányi, 2011)

A növekedés bűvöletében élni azért is értelmetlen, mert bizonyos határ felett a növekedés nem okoz megelégedettséget (Csikszentmihályi, 2000). „Minden társadalom számára úgy tűnik, létezik egy időszak, amelyben a gazdasági növekedés (ahogyan azt szokásosan mérjük) javulást hoz az életminőség tekintetében, de csak egy pontig – ez a küszöbpontra –, ami fölött ha még van gazdasági növekedés, az életminőség elkezdhet romlani.” (Max-Neef, 1995)

A fogalom történeti és ismeretelméleti gyökereit vizsgálva Desta Mebratu (1998) különbséget tesz a fenntarthatóság intézményi (nemzetközi intézmények, nemzetközi civil szervezetek és gazdasági egyesületek), ideológiai (öko-teológia, öko-feminizmus és öko-szocializmus) és akadémiai (környezetgazdaságtan, mély ökológia és társadalom-

ökológia) nézőpontjai között. Szerinte a három verzió eltérő nézeteket vall aszerint, hogy mi a véleményük a fenntarthatósági válság forrásáról, miben látják a probléma megoldásának lényegét, és milyen eszközök alkalmazásától remélik a megoldást? A nézetek igen sokfélék, és legfeljebb annyi konvergencia figyelhető meg közöttük, hogy mindenki egyetért a holisztikus közelítés szükségességében, de aztán a részleteket illetően már abban sem, hogy mit értenek holisztikus szemléleten. Jó húsz éve a következőképpen összegezte a problémát Stephan Schmidheiny: „amikor a politikusok, az iparosok és a környezetvédők híján vannak a gyakorlati tanácsoknak, gyakran egy új vízió, új értékek, új elköteleződés és új etika iránti igény mögé menekülnek. Az ilyen megszólalások gyakran szónoki és síri segélykiáltások. Ez a fenntartható fejlődési probléma bökkenője és természetesen a fő oka is annak, hogy az elvi elfogadottság ellenére kevés a konkrét cselekedet a gyakorlatban.” (Schmidheiny, 1992)

Azóta sem jutottunk sokkal előrébb – a problémák felismeréséig talán eljutottunk, a megoldás megtalálása azonban még várat magára.

A válságjelek felerősödése globális és nemzeti szinten

A világ tudósainak többsége egyetértésre jutott abban, hogy a ma élő nemzedék az emberiség történetének legnagyobb kihívásával szembesül. Fennmaradásunk múlik azon, hogy milyen választ találunk a földi életlehetőségek drámai romlására. Az éghajlati viszonyok átalakulása, a biológiai sokféleség hanyatlása, a termőtalaj pusztulása, a szennyezés és kiszáradás következtében világszerte fenyegető ivóvízhiány mind az emberi beavatkozás következménye. A felsorolásra kerülő okok

összefüggő rendszert alkotnak: (Vida, 2007) (Faragó, 2007)

- a bolygó eltartóképességét meghaladó népességnövekedés,
- nagyléptékű, környezetromboló technológiák gátlástalan alkalmazása,
- a gazdasági növekedés kényszere, ami a haszonelvű piaci versenyzás gazdaság velejárója,
- a jólétet a javak pazarló használatával azonosító fogyasztói életmód az egyik oldalon, a másikon nyomor sújtotta országok, amelyeket a szükség kényszerít természeti kincseik kiárusítására,
- az úgynevezett szabadkereskedelmi világrend, amely a helyi közösségeket megfosztotta gazdasági és politikai önrendelkezésük java részétől, és ezáltal az utolsó akadályokat is elhárította az erőszakos, embertelen és környezetromboló növekedés útjából.

A természetben jelenleg zajló változások rövid távon megállíthatatlanok, káros hatásuk azonban mérsékelhető. A minden ember számára méltó élet nélkülözhetetlen természeti feltételeinek fogyatkozása a mostani világrendet alapjaiban rendíti meg. Aláássa a nemzetek és földrészek közötti bizalmat, a helyi és nemzetközi konfliktusokat az erőszakos megoldások felé tereli. Az előttünk álló világméretű politikai és gazdasági válság azonban az egyes országokat és régiókat nem egyenlő mértékben fogja érinteni. Sikeres helytállásra azoknak van esélyük, akik (Gyulai, 2012) (Lányi, 2011)

- megőrizték, vagy visszaszerzik az ellenőrzés jogát saját erőforrásaik felett,
- mérsékelni tudják kiszolgáltatottságukat a világ gazdaságban zajló változások esetében,
- képesek a demográfiai folyamatok dinamikus egyensúlyának fenntartására,

- életmódjukban alkalmazkodnak a természeti környezet adottságaihoz, és ennek megfelelő technológiákat választanak,
- mindent megtesznek az alapvető természeti szolgáltatások minőségének megőrzése érdekében.

Azok, akik az elkerülhetetlen pályamódosításra túl későn szánják rá magukat, a legsúlyosabb megpróbáltatásoknak néznek elébe. A természeti rendszerek összeomlását világszerte a társadalmi rendszer működésének súlyos rendellenességei jelzik és kísérik: köztük az éhínség, tömeges migráció, a társadalmi szolidaritás hanyatlása és az erőszak terjedése.

Magyarországot ezek a veszélyek a legközelebből érintik. A jövő nemzedékek életlehetőségeit fenyegető változások közül különösen aggasztónak tartjuk:

- az egyre súlyosbodó csapadékhányt,
- felszíni és felszín alatti vizeink elszennyeződését,
- a termőtalaj pusztulását,
- az ipari és kommunális hulladék nem megfelelő kezelését; lemaradásunkat az újrahasznosítás, a hulladékmentes technológiák, megújuló erőforrások hasznosítása terén,
- az ipari jellegű monokultúrás termelés következményeként a biológiai sokféleség hanyatlását a mezőgazdaságban.

A társadalmi veszélyek közül kiemeljük:

- gazdaságunk példátlan függőségét a világpiactól, különösen a nem megújuló energiaforrások esetében, (Végh et al., 2008)
- a hazai munkaerő és a helyi tudás kihasználatlanságából, természeti adottságaink célszerűtlen és fenntarthatatlan használatából fakadó tömeges szegénységet,
- a falusi munka- és életlehetőségek romlását, a falvak népességmegtartó képességének csökkenését,

- a legszegényebb társadalmi rétegek, különösen a cigányság szegregálódását és az ennek folytán kialakuló, helyenként már erőszakba torkolló állapotokat,
- a kölcsönös bizalom és segítőkészség hanyatlását.

Mi legyen a teendő hosszú távon és nagy távlatokban?

Erre a kérdésre a feleletet a kormánynak kell elsősorban megadni. Rövid távú (két-három éves) elképzelésekről naponta hallunk információkat, mint például: államadósság-csökkentés, munkahelyteremtés, adópolitika stb., de a hosszabb távra (tíz-tizenöt év) szóló feladatokat a *Nemzeti Fenntartható Fejlődés Stratégiája* című dokumentum tervezete és az azt megalapozó *Jövőkereső* (Schmuck, 2010) című értékelés tartalmazza. De mi legyen utána? Mi legyen az a vezérfonal, amely biztosítja a több évtizedes periódusra való felkészülést? Vagy nagy távlatban milyen valószínűsíthető jövőképről gondolkodjunk, és milyen nagytávlatú problémákkal birkózunk meg? A Római Klub is ilyen dimenzióban gondolkodott, és kereste a megoldást. De van-e egyáltalán valamilyen biztosra vehető helyzet, ami bekövetkezik negyvenötven év múlva egy olyan világban, ahol az egy-két év múlva várható helyzeteket is nagyon nehéz megjósolni? A válasz: igen; vannak ilyen tényezők. Megnevezünk háromat. Az első: ma hétmilliárd ember él bolygónkon. Nagy valószínűséggel prognosztizálható, hogy negyven-nyolcvanöt év múlva kilencmilliárdnyian leszünk. A második ilyen biztos pont, hogy az embereknek három olyan, semmi mással nem helyettesíthető életfenntartó tényezőre van szükségük, mint a tiszta levegő, az egészséges víz és az élelem. A levegő minőségével nem lesz globális probléma, a földi

klímát azonban már most veszélyeztetjük. Az édesvízzel és ezen belül az ivóvízzel pedig biztosan súlyos gondok jelentkezhetnek. Az élelem területén alakulhat ki a legsúlyosabb helyzet. A harmadik biztos pont, hogy egyes erőforrások már ma kimerülőben vannak, és a meglévők birtoklása súlyos társadalmi konfliktusokhoz vezethet. Ezek ismert tények, ami hiányzik, az a képesség, hogy kellő időben felismerjük ezek bekövetkezését, hogy az emberiség a lehető legkisebb megterhelésekkel élje túl a minőségileg új és nehéz periódusokat.

Vagyis napjainkban világszerte erősödik a túlélésre való felkészülés. A jövő egyik kulcsszava a túlélés.

Milyen külső problémák fognak fokozottabb mértékben begyűrűzni Magyarországra 2050-ig és utána?

Íme a felsorolás:

- a Föld olajkészletének drámai csökkenése,
- a klímaváltozás és káros hatásainak felerősödése,
- a termőföld fogyása és minőségromlása,
- nő a globális gazdasági és pénzügyi rendszerek összeomlásának kockázata,
- biztonságpolitikai veszélyek,
- a globális ökológiai eltartóképesség súlyos romlása,
- tömeges migráció a Kárpát-medence irányába.

Magyarország lakosságának túlélését elsősorban nekünk, magyar állampolgároknak kell biztosítanunk. Ennek feltételeit a fenntarthatóság elvei alapján kell kidolgozni.

Alapvetések a teendőkhöz

A *Vitainat* hangsúlyozta a következő elveket:

- Ne fosszuk meg örökségüktől az utánunk jövőket: természeti forrásainkat csak meg-

újuló képességük mértékében vegyük igénybe.

- Gondoskodjunk arról, hogy a közvélemény hiteles tájékoztatáshoz jusson a természet romlásával kapcsolatos civilizációs válságtendenciákról; segítsük elő a társadalmi felelősségvállalás, a közügyekben való felelős részvétel mintáinak terjedését.
- Időben térjünk új utakra: az iskolában, az egyetemeken, a tudomány műhelyeiben olyan tudás megszerzésére és átadására törekedjünk, amely a földi életlehetőségek gazdag változatosságának megőrzését szolgálja, és képessé tesz arra, hogy különbséget tegyünk tudás és információ, fejlődés és növekedés, szabadság és mértéktelenség között.
- A gazdasági és politikai siker mutatójának többé ne a nemzeti jövedelem növekedését tekintjük, hanem a hazai (anyag és szellemi) források fenntartható használatából származó jövedelmet. Hogy e jövedelem minél nagyobb hányadát fordíthassuk olyan javakra, amelyeket mi magunk állítottunk elő, éljünk bátran és határozottan a hazai piac védelmének valamennyi jogszerű eszközével. Ez az egyetlen út, amelyen tisztességes megélhetéshez juttathatjuk a munka nélkül, vagy a létminimum alatt tengődő honfitársainkat (a felnőtt magyar népesség mintegy 40%-át).

Az ökológiai fenntarthatóság és a tömeges elszegényedéssel járó szociális problémák megoldása a legszorosabban összefügg a helyi közösségek önrendelkezésének, az önrendelkezés gazdasági alapjainak helyreállításával. Ehhez az alábbiak szükségességek:

- az önkormányzatiság és a szubszidiaritás törvényes feltételeinek megerősítése,

- az agráriumban a helyi adottságokhoz alkalmazkodó, kisebb léptékű, munka- és tudásintenzív gazdálkodást, és ennek megfelelő, a nagybirtokrendszer terjedését korlátozó intézkedések,
- a fenntarthatóságot szolgáló talaj- és vízgazdálkodási, állat- és növényvédelmi eljárások elterjesztése;
- a megújuló energiaforrások részesedésének gyors növelése; az energiatakarékosságot ösztönző, adott esetben kikényszerítő intézkedések bevezetése a termelésben ugyanúgy, mint a közlekedésben és a közellátás terén.
- Az elkerülhetetlen pályamódosítás (ökológiai rendszerváltozás) azonban nem hajtható végre törekvéseinkkel szemben elenséges nemzetközi környezetben. Szövetségeseket kell keresni Európában és a nagyvilágban olyan együttműködéshez, amely előnyt biztosít a kulturális és természeti örökség megőrzésének a rövid távú üzleti érdekekkel szemben, nem áldozza fel a közszabadságot a kereskedelem szabadságának oltárán, és az önrendelkezést, az ökológiai fenntarthatóságot fontosabbnak tartja az üzleti hálózatok gyilkos világpiacon versenyében elért sikernél.

A lehetséges konkrét cselekvési területek

Oktatás, kutatás • Tudósok, politikusok keresik a válságból kivezető utat, jó tanácsokban nincs hiány, de a tapasztalatok azt mutatják, hogy válságokból mindig azok a nemzetek kerültek ki megerősödve, amelyek akár csökkenő gazdasági teljesítmény esetén is növelni tudták a kutatásra és az oktatásra fordított kiadásait. Jelenleg az EU a csökkenő gazdasági teljesítmények mellett is próbálja növelni e téren a kiadásokat. Ez persze csak kevés tagállamnak sikerül. Az EU erőfeszítéseket

tesz arra, hogy segítse a lemaradókat. Sajnos Magyarország is a lemaradók közé tartozik. Hasonló a helyzet az oktatással, annak tartalmát illetően pedig kulcskérdés a „rendszer-szemlélet”, az összefüggések megismertetése. Az iskolákban hiteles példaképekkel kell, hogy találkozzanak a fiatalok, akiket követve számukra is fontos lesz kultúránk hagyományainak szeretete, egy közös értékrend vállalása, az erkölcsi normák befogadása. Az oktatási folyamat kreatív gondolkodásra nevel, arra, hogy minél többet megértse a természet, a társadalom és a gazdaság folyamataiból, meg tudja különböztetni a jót a rossztól, s később felnőttként képes legyen élete kisebb és nagyobb kérdéseiben önállóan dönteni. *Az alapvető vitakérdés: a fenntarthatóság alapelveivel összhangban milyen tartalmú és célú oktatásra és kutatásra van szükség?*

Fejlesztések • A számtalan különállóan működő ágazat, tudományág, szakosított szervezet, az azokat művelő szakemberek, még ha mind-mind tudásuk javát adják is, túl sok esetben egyoldalúan értékelik a folyamatokat és a lehetőségeket. Hasonlóképpen, a „prioritásokat” a saját ágazatuk, diszciplínájuk, szervezetük működési területe, célkitűzése alapján határozzák meg. Emiatt egymásnak ellentmondó érvek, programok sokasága van egyszerre jelen. Így él egymás mellett például nemzetközi, EU- és hazai szinten is egyfelől a fenntartható fejlődés programja és intézményrendszere, másfelől a fejlesztések egyoldalú programja és intézményrendszere. Az összhang hiánya minden cselekvés életompíthatja, hatását akár semmissé is teheti. *Az alapvető vitakérdés tehát: milyen tartalmú és célú fejlesztésekre van szükség, s miképpen biztosítható azok összhangja?*

Gazdaság • A gazdaság működésére vonatkozó új modellnek az egyik legfontosabb

eleme minden bizonnyal – a természeti és a társadalmi feltételeket messzemenően számításba vevő – strukturális gazdasági fejlődés. Ezzel a megközelítéssel a foglalkoztatásban radikális javulást lehetne elérni, és töredékére lehetne csökkenteni a környezetterhelést. A gazdaságnak át kellene állnia egy olyan pályára, amelyikben a gazdasági fejlődés a jelenleg a jövedelemszerzésből kirekesztettek (nem foglalkoztatottak) számára is megfelelő megélhetési lehetőséget teremt. A munkatermelékenység növekedése sem feltétlenül jár kevesebb ember foglalkoztatásával. A munkaidő csökkentésével, részfoglalkoztatással feloldható volna az ellentmondás. *Arra keressük a választ, hogy mi a gazdaság tényleges szerepe a túlélésben, a fenntarthatóság elérésében?*

Jólét • Meg kell változtatni a jólétről, a kényelemtől, a fogyasztásról, a termelésről a sokak által megszokott elképzeléseket, elvárásokat. Ennek egyik eleme, hogy a készlet-társadalmat át kell alakítani szolgáltatástársadalommá. Nem szabadna általában a kényelmi szolgáltatásokat biztosító összes eszköz birtoklására törekedni, meg kell elégednünk az általuk nyújtott, és esetenként szerényebb szolgáltatások igénybevételével. *Tisztáznunk kell, hogy mik a valós emberi szükségletek, a méltányos életfeltételek, a mindenki számára – alapvető emberi jogként – elérhető jóléti körülmények.*

Természeti erőforrások • A természeti erőforrások hatékony használatára, a megújuló erőforrások fokozott felhasználására van szükség. A fokozatosan elfogyó és környezetszennyező fosszilis energiahordozókat mielőbb fel kellene váltanunk a megújuló energiaforrásokkal, ami azonban zökkenő nélkül már aligha lehetséges, és ez egyúttal az életmód változását is jelenti. Környezeti szempontból a felhasznált energia összes mennyisége a

meghatározó, még akkor is, ha megújulóból származna az összes. *Mi a teendő a végesen fogó természeti erőforrások további felhasználásával kapcsolatban?*

Verseny és együttműködés • A verseny, ha kiegészülne az együttműködéssel, az jobban szolgálná a közérdeket, mint a verseny túlhajtása. Ez kulcskérdés mind globális, mind EU-, mind hazai szinten. Európa is jobban járna, ha megtartaná a területén ma meglévő termelő tevékenységeket, és mértéktartó arányban engedné betelepülni keletről a kisebb bérért is dolgozni hajlandó fiatal munkaerőt, elősegítve egyfajta kulturális, az európai demokratikus hagyományokat tiszteletben tartó asszimilációt. Ez segítene megőrizni azt a sokszínű gazdasági szerkezetet, ami Európát eddig jellemezte, és ami Európa gazdaságának a stabilitását biztosította. *Mit tegyünk a társadalmi együttműködés erősítése érdekében, és miképpen segítsük ezt regionális, illetve globális keretekben?*

Erkölc • Az ember erkölcsi lény, ami azt jelenti, hogy rászorul az erkölcs útmutatására. Az etikát úgy tekinthetjük, mint az élővilágot fenntartó önszabályozás rendszerének szerves részét. Tudásunk – ezt talán kár volt feledni – mindenekelőtt a jónak és rossznak tudása. Nincs semleges tudás, mert az ember nem a tények, hanem az értékek világának lakója. Az újjáépítés csak új erkölcsök szerint lehetséges: az utódainkért és a földi élet sorsáért ránk háruló személyes felelősség belátása alapján. *Egyetértésre juthatunk-e abban, hogy milyen értékeket kell közös tevékenységünk alapjának tekinteni?*

Az állam • Az állam nem maradhat semleges – mint ahogy soha nem is volt az. Feladata, hogy a jót ösztönözze, és a rosszat üldözze. Arra azonban nem formálhat jogot, hogy maga állapítsa meg, mi a jó, az igaz és a szép,

hanem a politikai és kulturális párbeszéd szabadságán kell örködni különféle kiváltságos csoportok dominanciaigénye ellenében, ugyanúgy, mint a kultúrát, illetve a kulturális sokszínűséget korrumpáló és lealjasító törekvésekkel szemben. Amennyiben a kultúra létértelmezések párbeszéde, úgy természete szerint nyitott más kultúrák felé. A párbeszéd azonban mindig egy hagyomány alapján, e hagyomány értelméről és megújításáról folyik. A környezet jó állapotban való megőrzéséhez is megfelelő állami szerepre van szükség. Ugyancsak jelentős állami szerepvállalás szükséges ahhoz, hogy az oktatásra, a tudományos kutatásra, a művészetek, az irodalom művelésére elegendő forrás jusson. *Mit kell megfelelő és nem megfelelő állami szerepnek tekinteni ezen a téren?*

Regionalitás és szubszidiaritás • A régiókra alapozó társadalomban sokféle értéket elfogadó multikulturális közösségek alakulhatnak ki, amelyben a társadalom tagjai kölcsönösen egymásra vannak utalva. Felelős és érdemi részvétel a közügyek intézésében csak akkor lehetséges és kívánatos, ha léteznek helyi (regionális, szakmai, munkahelyi, kulturális) közösségek, és ezek maguk dönthetnek a sorsukról. A részvétel és önrendelkezés feltétele a dolgok emberi léptékének helyreállítása: lokalizáció és szubszidiaritás. Mert csak arról tudunk helyesen dönteni, aminek ismerjük a helyét. Minél nagyobb a távolság a döntésben érintettek és a döntéshozók között, annál valószínűtlenebb, hogy jó döntések szülessenek. *Miért fontosak a helyi közösségek, mihez és milyen garanciák kellenek saját közügyeik intézéséhez, s mikor, hol és miben célszerű támogatást kapniuk?*

A TSZK *Vitairata* hosszú (40–50 év) időszakra vonatkozik. A fenntarthatóság elvét szeretnénk érvényesíteni. Elsősorban Magyar-

országra koncentráltuk a helyzetértékelést, illetve a túlélésre való tudatos felkészülés néhány cselekvési programját. A mindenkori kormányok számára a kritikus folyamatokra és a cselekvési eljárásokra hívjuk fel a figyelmet. Tudjuk, hogy ezek csak hosszú időszak következtetes munkájával valósíthatók meg. Abban, amit intézkedési lépéseknek javasolunk, kevés a teljesen új gondolat. Újdonság viszont, hogy mindezeket behelyeztük egy átfogó és erősödő veszélyhelyzetbe, ami kikényszeríti a kemény intézkedéseket.

Kulcsszavak: *fenntartható fejlődés, fenntarthatósági stratégia, erőforrások kimerülése, ökológiai és társadalmi válság, túlélés, klímaváltozás*

IRODALOM

- Anon (1992): *World Development Report 1992, Development and the Environment*. Oxford University Press, Oxford
- Brundtland, Gro Harlem (1987): *Our Common Future*. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, The Netherlands
- Csikszentmihályi Mihály (2000): The Costs and Benefits of Consuming. *Journal of Consumer Research*. 27, 267–272.
- Daly, Herman E. – Cobb, John (1989): *For the Common Good*. Beacon Press, Boston
- Daly, Herman E. (2005): Economics in a Full World. *Scientific American*. 293, 3, 100–107. doi:10.1038/scientificamerican0905-100
- Meadows, Donella – Randers, J. – Meadows, D. (2005): *A növekedés határain Harminc év múltán*. Kossuth, Bp.
- Easterlin, Richard A., (1995): Will Raising the Income of all Increase the Happiness of All?. *Journal of Economic Behavior and Organization*. 27, 1, 35–47.
- Faragó Tibor (2007): A globális éghajlatváltozás veszélye és a nemzetközi egyezmények. *Külgügyi Szemle*. 6, 1, 79–94.
- Gyulai Iván (2012): *Fenntartható fejlődés*. Ökológiai Intézet a Fenntartható Fejlődésért Alapítvány, Miskolc
- Hicks, John R., (1939): *Value and Capital: An Inquiry into Some Fundamental Principles of Economic Theory*. Clarendon Press. Oxford, UK
- Kahneman, Daniel (2003): Maps of Bounded Rationality: Psychology for Behavioral Economics. *The*

Kérés az Olvasókhoz

Jelen cikk szerzői a TSZK *Vitairatát*, illetve a TSZK belső vitáiból vett szemelvényeket használták fel a kézirat összeállítása során.

Kérjük az Olvasót, fejtse ki véleményét a leírt gondolatokról. Tudjuk, hogy nézeteinket sokan kételkedéssel fogadták, és a megvalósítás lehetőségeiről igen eltérő véleményt alakítottak ki.

Várjuk a véleményeket, illetve újabb ötleteket, tanácsokat.

American Economic Review. 93, 5, December, 1449–1475. • http://www.princeton.edu/~kahneman/docs/Publications/Maps_bounded_rationality_DK_2003.pdf

Lányi András (2011): Miért fenntarthatatlan, ami fenntartható? A környezetbarát gazdálkodás és a közösségi vállalkozás esélyei egy aprófalvas régióban. In: Kerekes Sándor – Szirmai V. – Székely M. (szerk.): *A fenntartható fogyasztás környezeti dimenziói*. Aula, Budapest, 197–238.

Marshall, Julian D. – Toffel, Michael W. (2005): Framing the Elusive Concept of Sustainability: A Sustainability Hierarchy. *Environmental Science and Technology*. 39, 3, 673–682. • <https://groups.nceas.ucsb.edu/sustainability-science/weekly-sessions/session-2-09.20.2010-sustainability-science-and-sustainable-development/supplemental-readings-from-umn-group/Marshall2005.pdf/view>

Max-Neef, Manfred (1995): Economic Growth and Quality of Life. *Ecological Economics*. 15, 115–118. • http://www.max-neef.cl/download/Max_Neef_Economic_growth_and_quality_of_life.pdf

Meadows, Donella H. – Meadows, D. – Randers, J. (1992): *Beyond the Limits*. Chelsea Green Publishing Co., Post Mills, Vermont

Mebratu, Desta (1998): Sustainability and Sustainable Development: Historical and Conceptual Review. *Environmental Impact Assessment Review*. 18, 6, 493–520. • <http://www.is.cnpn.embrapa.br/biblio>

grafia/1998_Sustainability_and_sustainable_development_Historical_and_conceptual_review.pdf

Polányi Károly (2004): *A nagy átalakulás. Korunk gazdasági és politikai gyökerei. (Második, átdolgozott kiadás.)*. Napvilág, Budapest

Riegler, Josef – Moser, Anton (2001): *Ökoszociális piacgazdaság*. Agroinform, Budapest

Schmidheiny, Stephan (1992): *Changing Course: A Global Business Perspective on Business*. The MIT Press, Massachusetts • <http://books.google.hu/books?id=BDYGdFiAGtoC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

Schmuck, Erzsébet (szerk.) (2010): *Jövőkereső: a Nemzeti Fenntartható Fejlődési Tanács jelentése a magyar társadalomnak. Nemzeti Fenntartható Fejlődési Tanács, Budapest* • http://www.nfft.hu/dynamic/Jovokereso_Hosszu_Screen.pdf

Schumacher, Ernst F. (1991): *A kicsi szép*. Budapest: Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest

Simai Mihály (2001): *Zöldebb lesz-e a világ? A fenntartható fejlődés szerkezeti problémái a XXI. század elején*. Akadémiai, Budapest

Tinbergen, Jan (1979): *R.I.O. jelentés*. Budapest: Közgazdasági és Jogi

Végh László – Hetesi Zs. – Szám D. (2008): *Utolsó kísérlet. Híradás a Föld állapotáról*. Kairosz, Budapest

Vida Gábor (2007): Fenntarthatóság és a tudósok felelőssége. *Magyar Tudomány*. 12, 1600–1606. • <http://www.matud.iif.hu/o7dec/15.html>

Scazzieri, Roberto – Sen, A. – Zamagni, S. (eds.) (2008): *Markets, Money and History. Essays in Honor of Sir John Hicks*. Cambridge University Press, Cambridge (UK)



Interjú

HULLÁMZÓ ATOMOK ÚJ MAGYAR EREDMÉNYEK A GRAFÉN KUTATÁSÁBAN

Egyed László beszélgetése Tapasztó Leventével

A grafén vékony hártya, amit egyetlen réteg szénatom alkot. A szabályos hatszögekbe rendezett szénatomokat a vegyértékkötések tartják össze. A szén nanocsövek falát is ilyen feltekercelt egyatomos hártya alkotja, de maga a grafít is ilyen atomi rétegek egymásra rakódásával alakul ki. Ezt a különleges, kétdimenziós hárttyát (hiszen gyakorlatilag nincs vastagsága) eredetileg úgy sikerült előállítani, hogy egy grafitömbből egyszerű cellux-szal választottak le egy vékony réteget, amit azután ugyancsak celluxszal tovább vékonyítottak, míg a végén egyetlen szénatomnyi réteg maradt. A 2010-es Nobel-díjat ezért a munkáért kapta Andre Geim és Konstantin Novoselov.

Az MTA Természettudományi Kutatóközpont Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézetében Tapasztó Leventének és munkatársainak sikerült 0,7 nm hullámhosszú hullámosságot előállítani grafénben. A kutatócsoportnak ez már a második olyan eredménye, amehet világszerte „jegyeznek”, korábban nekik sikerült 2,5 nm szélességű grafénzalagokat szeletelni pásztázó alagútmikroszkóppal (STM) – ezt azóta sem sikerült másnak megvalósítani.

Ezzel a munkával kapcsolatban felvetődik az emberben a kérdés: egy darab cellux segítségével hogyan lehet pontosan egy atomnyi vastagságú hárttyává vékonyítani a grafitot?

A celluxon nagyon vékony grafitrétegek vannak, néhány tíz vagy néhány száz atomrétegni vastagságúak – noha lehet közöttük véletlenszerűen egyetlen atomnyi vastagságú is. Viszont amikor a grafitréteg már elég vékony, gyakorlatilag átlátszó volt, akkor a celluxot rányomták egy szilícium egykristály szeletre. Még ma sem értjük pontosan, hogy mi történik ilyenkor, de úgy tűnik, hogy a szénatomok legfelső rétege erősebben tapad a szilíciumhoz, mint a következő atomsíkhöz. Egy szerűen leválik, és rajta marad a szeleten.

A mai napig így készítik a grafént?

Nem, bár a mai napig így lehet a legjobb minőséget előállítani, bármilyen hihetetlen. Ám azok számára, akik már az alkalmazásokat tartották szem előtt, világos volt, hogy ez az előállítási módszer semmilyen alkalmazáshoz nem megfelelő, azon túl, hogy kutassuk a

grafén tulajdonságait. Akkor felmerült, hogy CVD-módszerrel (*chemical vapour deposition*), amikor egy vegyület gőzéből csapódik ki az anyag, jelen esetben a szén, lehet növesztetni grafént. Azt régóta tudták, hogy különböző fémfelületekre, amelyek katalizátorként működtek, lehet ezzel a módszerrel növesztetni vékony réteg grafitot, de ez grafit volt, nem grafén, egy atomnyi vastag szénréteg. És akkor egy amerikai kutatócsoport három-négy éve rájött, hogy a növesztéshez rezet kell használni hordozónak, mert ha a szénréteget réz felületre növesztik, akkor azon egyetlen réteg grafén nő, majd a növekedés leáll, vagy nagyon lelassul, tehát gyakorlatilag önszabályozó a folyamat. És miközben a szilíciumos módszernél meg kellett keresni azokat a helyeket, ahol egyetlen réteg szénatom maradt a felületen, itt a rézlemezen gyakorlatilag egy teljesen folytonos, egyenletes grafénréteg alakul ki. Ezután kezdett mindenki rézre növesztetni grafént. Mi jelenleg egy koreai kutatócsoporttal dolgozunk együtt, ez a labor is, ahol beszélgetünk, egy koreai–magyar közös nanolabor. Még előző eredményeink alapján, amikor kidolgoztuk az STM-litográfiát, vagyis pásztázó alagútmikroszkóppal szeletelni tudtuk a grafént néhány nanométernyi széles csíkokban, ennek alapján kerestek meg miniket a koreaiak, hogy dolgozzunk közösen, és ők finanszírozzák ennek a labornak a működését itt Magyarországon. Mi persze örömmel elfogadtuk ezt a lehetőséget.

A koreai kutatócsoportok közismerten erősek a különböző grafén-növesztési módszerekben, ugyanakkor ők nagyon alkalmazás-orientáltak, és ebben a módszerben látták meg a lehetőséget, hogy alkalmazásokat lehessen a grafénből fejleszteni. A mi csoportunk pedig a nanokarakterizációs módszerek területén (az atomi mérettartományban jellemző

tulajdonságok leírásában) elismert, így adódott az együttműködési lehetőség: ők növesztik rézre a grafénmintákat, mi pedig vizsgálatokat végzünk ezeken. Amikor megkaptuk az első mintákat, rögtön észrevettük, hogy a réz felületén a grafén nem tökéletesen sima, hanem nanométeres skálán gyűrött. Ideális esetben olyan lenne a grafén, mint egy sima papírlap. De a réz felületén azt láttuk, hogy a grafén olyan, mintha egy papírlapot összegyűrtünk, és azután kisimítottunk volna; igencsak gyűrött volt. Ez a gyűrődés persze csak olyan, nagyon érzékeny felületvizsgáló módszerekkel volt kimutatható, mint a pásztázó atomerő mikroszkóp (AFM), illetve az STM. Gondolkodtunk, hogy ez mitől van, és arra jutottunk, hogy ennek az lehet az oka, hogy a grafén hőtágulási együtthatója negatív. Ha felmelegítjük, összehúzódik, ha lehűl, kitágul. Ez a furcsa viselkedés egy speciális fizikai folyamat eredménye (anómális fonon módusok). Kicsit hőmérsékletfüggő is a hőtágulási együttható, de alapvetően negatív. A rézre a grafént 1000 °C-on növesztik rá. Ezen a hőmérsékleten beporlasztják a kemencébe a széntartalmú vegyületet, például metánt, ez ott atomjaira bomlik, a szén kirakódik a rézre, majd kristályos, egyatomnyi vastagságú réteggé rendeződik. Mi történik, amikor ezt a rendszert lehűtjük? A réz összehúzódik, a grafén pedig megpróbál kitágulni, de mivel a rézhez tapadt, nem tud, hanem összegyűrődik. Ez a gyűröttség oka. Azt viszont más csoportok munkájából tudtuk, hogy a gyűrődések erősen befolyásolják a grafén tulajdonságait, mondjuk a vezetési tulajdonságokat.

Ezt tehát már mások is megfigyelték?

Mások is megfigyelték, hogy a gyűrött grafénben úgynevezett *elektronhuk-pocsolyák* alakulnak ki. A grafén nagyon jól vezet, ugyanakkor

nem teljesen fémes. Azt szokták mondani, hogy *félfém* vagy *nulla tiltott sávú félvezető*. Tehát van egy vezetési sávja (amelyikben a elektronok szabadon mozognak), és egy vegyértéksávja, és ezek nem fednek át, mindössze hat pontban érintkeznek egymással, azaz nincs közöttük tiltott sáv sem (amelyik megakadályozza az átjárást a két sáv között), mint a valódi félvezetőknél. Sőt, az előbb említett elektron- és lyuk-pocsolyák miatt a grafén gyakorlatilag mindig vezet. Van egy minimuma a vezetőképességének, de nincs valódi tiltott sávja. Visszatérve a gyűrődésekre: azt vették észre, hogy befolyásolják a vezetőképességet, de a véletlenszerű gyűrődések inkább csak rendezetlenséget hoztak létre. Arra gondoltunk, hogy mi lenne, ha a grafént nem összegyűrnénk, hanem valamilyen periodikus szerkezetbe rendeznénk. Ha szabályossá tennénk ezt a deformációt, azzal kontrollált változásokat lehetne előidézni, hangolni lehetne a grafén vezetési tulajdonságait. Mikronos skálán már próbálkoztak hasonlóval, de nem tapasztaltak semmilyen hatást az elektromos tulajdonságokra, a mikronos deformáció nem érezte a hatását, olyan kicsi volt az atomi kötések deformációja. Mi azt mondtuk, hogy ha ezt nanométeres skálán meg lehetne csinálni, teljesen más lenne a helyzet. Azt vártuk, hogy ebben az esetben a hatás valószínűleg érzékelhető lesz az elektromos tulajdonságokon. Ennek megvalósítására azt találtuk ki, hogy nanométeres szélességű árkokat hozunk létre valamilyen felületben, és ezek fölül szabadon felfüggesztjük a grafént (vagyis a grafénhártyával „befedjük” ezt az árkot), majd hőkezeléssel mechanikai feszültséget váltanánk ki, mint a növesztés utáni lehűtésekor. Ez a folyamat, ahogyan a klasszikus mechanikából tudjuk, hullámossá teszi a felfüggesztett grafént. Az volt a szerencsénk,

hogy nem kellett ezeket az 5 nm-es árkokat nekünk „kivájni”, mert megfelelő hőmérsékleten hőkezelve a réz hordozót, gyakorlatilag spontán kialakulnak ilyen felületi domborzatok. Az árkok, amelyeket így létrehoztunk, nagyjából 5 nm szélesek és 50 nm hosszúak. Ezeket a nanométeres árkokat fedi be a grafén. Egészen pontosan, ahogyan nő a grafén, alatta nyílnak ilyen méretű árkok. Ez az egész 1000 Celsius fokon történik. Amikor lehűtöttük a mintát, a már említett jelenség játszódott le, a réz, így a rézárok szélei is összehúzódtak, a grafén tágult volna, de mert hozzátapadt a rézhez az árok széleinél, kompressziós feszültség lépett fel, és ez meggyűrte a grafént, ám ebben az esetben gyönyörű periodikus hullámosság alakult ki. Maga a jelenség, vagyis az ilyen hullámosság kialakulása így működik nagy méretekben is. A hullámok hullámhossza a kontinuummechanika törvényei szerint arányos az élek távolságával, tehát az árkok szélességével. Minél közelebb vannak az élek, annál kisebb lesz a hullámhossz. Ezért azt gondoltuk, hogy ha lemegyünk a méretekkel a nanométeres tartományba, akkor nanométeres hullámhosszakat fogunk kapni. Viszont a kontinuummechanika alapján számolva azt vártuk, hogy ezekkel a paraméterekkel, amelyekkel mi dolgoztunk, nagyjából néhány nanométeres lesz a hullámhossz. Ezzel elégedettek is lettünk volna, de legnagyobb meglepetésünkre a hullámhossz kisebb lett, mint egy nanométer, kb. 0,7 nm. Ez értelmetlen volt a klasszikus mechanika alapján, mert ha ennek alapján számoltunk, az jött ki, hogy ahhoz, hogy ez a hullámhossz kialakulhasson, a réteg vastagságának nagyságrenddel kisebbnek kellene lennie, mint egy atom átmérője. Ami, ugye, nem értelmezhető! Tehát nem is igazán tudtuk értelmezni, ami történt. Viszont örül-

tünk annak, hogy nanométeres, sőt, még a vártnál is sokkal kisebb hullámokat sikerült létrehozunk, és rögtön megvizsgáltuk pásztázó alagútmikroszkóppal, hogy mi a helyzet ennek az elektromos tulajdonságaival. Azt láttuk, hogy az elektromos tulajdonságokat, mondjuk úgy: a lokális állapotsűrűséget gyönyörűen befolyásolni, modulálni lehet, pontosan a mechanikai hullám hullámhosszának a kétszeresével modulálódik az elektronsűrűség, a töltésselosztás.

*De ez egy statikus moduláció, nem?
Hiszen egy stabil szerkezet hozza létre.*

Így van. Ennek az az oka, hogy a töltéshordozók, az elektronok sokkal jobban szeretnek a hullámos grafén hullámhegyeiben és hullámvölgyeiben tartózkodni, mint a köztük lévő átmeneti részen. Így ez a töltésselosztás azt a szuperrácsot követi, amit mi hoztunk létre. Ezzel már egyrészt elégedettek voltunk, hogy a varakozásainknak megfelelően ilyen kis hullámoknál már mérhető, komoly hatásuk van a hullámoknak az elektronszerkezetre, illetve a szuperrács segítségével számos elméleti jóslatot is ellenőrizhetünk. De felvetődött a kérdés, hogy miért lettek a hullámok sokkal kisebbek, mint amit vártunk, és ha nem működnek a klasszikus kontinuummechanika törvényei, akkor hogyan írhatjuk le ezeknek a keletkezését? Azért is volt ez különösen meglepő, mert nagyon-nagyon kevés példa van arra, hogy nem működik a kontinuummechanika. De hát itt a membrán deformációjának hullámhossza összemérhető az atomi rácsállandóval. Ebben a tartományban még senki nem vizsgálta kísérletileg a dolgot, de tudjuk, hogy a kontinuummechanika alkalmazása során van egy olyan feltétel, hogy a deformáció jóval nagyobb, mint a rácsállandó. Ez egy egyszerűsítő felté-

tel, ami az eseteknek a döntő többségében meg is valósul. Ebben a mérettartományban a klasszikus mechanikának elvileg nem is kellene működnie, de mivel még mikronos skálán jól működött, a mikronos hullámokat jól leírták a kontinuummechanikával, úgy gondoltuk, hogy ha ott működött, a megfelelő paraméterezéssel itt is működni fog.

Jó, de hát itt az atomi kötések nagyságrendjében vagyunk.

Hát igen. Igazából persze nem is azon lepődünk meg a legjobban, hogy nem működött a klasszikus mechanika, hanem hogy milyen irányban volt az eltérés, illetve az eltérés mértékén. Azt mondja a kontinuummechanika, hogy minél vékonyabb egy membrán, annál könnyebb hajlítgatni, ezt lefordítva a hullámok nyelvére, annál kisebb hullámhosszat lehet belegyúrni. Ezért azt vártuk volna, hogy ha eltérés van, akkor, mivelhogy a szén–szén kötések a grafénban nagyon erősek, erősebbek, mint a gyémántban, ezért nagyobb lesz a hullámhossz. Az elmélet azt jósolta, hogy a hullámhossz több nanométer lesz, ehhez képest kaptuk a 0,7 nanométert, vagyis egy nagyságrenddel kisebb lett a hullámhossz, mint vártuk, és ez nagyon meglepett minket. A Minnesotai Egyetemen Traian Dumitrica professzor szén nanocsövek esetében vizsgált ilyen deformációkat elméletileg, ezért kezdeményeztem egy együttműködést vele: nézzük meg grafénra is, hogy mi történik az ilyen kis deformációknál, mert nekünk meglepő kísérleti eredményeink vannak. Őt szerencsére nagyon érdekelte a dolog, és az ő módszerével gyakorlatilag azonnal megkaptuk azt az eredményt, amit a kísérletekben is tapasztaltunk. Itt a szén–szén atomi kötések mechanikáját számoltuk, úgy, hogy figyelembe vettünk kvantummechanikai hatásokat, és ha

ezeket figyelembe vettük, akkor gyakorlatilag azonnal kijött, hogy a grafén képes ilyen kicsi hullámhosszakat elviselni. Ezután nekiálltunk azt elemezni, miért nem működik a kontinuummechanika a grafén esetében. Az egyik ok viszonylag könnyen érhető: a kontinuummechanikában, amikor folyamatos lemezként tekintem a membránt, és meghajlítom, akkor úgy számolunk, hogy a lemez alján a hajlítástól lesz egy összenyomó síkbeli feszültség, a tetején pedig lesz egy hasonló nyújtó feszültség. A grafén viszont egyetlen atomnyi vastag réteg, így egyszerűen csak meghajlik, azaz nincs csatolás a síkbeli és a síkra merőleges deformációk között. Itt a hajlítással szembeni ellenállás az atomi pályák kölcsönhatásaiból adódik, az elektronpályák átfednek, és ez fejt ki taszító erőt. Ez a hatás viszont sokkal kisebb, mint a síkban való nyújtás vagy összenyomás, figyelembe véve a rendkívül erős síkbeli szén–szén kötéseket. Másrészt, ez a szerkezet nem lesz teljesen feszültségmentes, maradnak benne olyan feszültségek, amelyek nem relaxálódnak, tulajdonképpen egy metastabil állapot jön létre. Tehát találtunk két okot, hogy miért mond csődöt a klasszikus mechanika a nanométeres grafénhullámok esetében. Ez azért volt érdekes, mert a grafén viselkedésének megértése ezen az atomi skálán nagyon fontos lehet a különböző nanoelektro-mechanikus rendszerek, például érzékelők tervezésében. Mi pont erre a megszkottól merőben eltérő viselkedésre – a nanométeres deformációk tartományában – adtunk egy új leírást.

De nem kell az embernek ebben a mérettartományban eleve arra gondolnia, hogy figyelembe kellene venni az egyes atomokat, a kvantummechanikai hatásokat? Nem ezt várná az ember a józan ész alapján is?

Hát persze, ahogyan már említettem, a kontinuummechanika törvényeinek leírásában ez benne van, feltételezi, hogy a deformáció jóval nagyobb, mint az atomi méret. Az volt a meglepő, hogy bár számoltunk azzal, hogy eltérés lehet a klasszikus mechanikától, de azt vártuk, hogy az eltérés az ellenkező irányban lesz, a jósoltnál nagyobb hullámhosszak alakulnak ki. Titokban reméltük is, hogy lesznek eltérések az elmélettől, hiszen az érdekes fizika mindig ott van, ahol a régi elméletek csődöt mondanak, ha valami másképp működik, mint ahogy várnánk, és azt még meg is tudjuk magyarázni. Két dologra nem számítottunk, egyrészt, hogy az eltérés nagyságrendi lesz, nemcsak egy kis korrekció kell, a másik, hogy ilyen irányú lesz. És ez nem volt triviális, a józan ész alapján átgondolva nem is tudtuk megmagyarázni, hogy ez miért van így. Tehát először kellett a kvantumos számítások, viszont utána azoknak az értelmezéséből már szemléletesen is rekonstruálni lehetett, hogy miért történik mindez. De alapból, mikor mértük, nem értettük, és elsőre nem értette Dumitrica professzor sem, pedig neki már sok tapasztalata volt az elméletek területén.

Most itt mindenki egyből ráugrott erre az eredményre, hogy ebből miféle csodálatos kvantumeszközök lesznek.

Ez a leggyakoribb kérdés, persze érthető, hogy mindenki azt kérdezi, mire jó ez.

Michael Faraday, amikor megkérdezték, hogy mire lesz jó az elektromosság, két dolgot mondott, az egyik: „Miért, mire jó egy újszülött?”, a másik pedig, amit a pénzügyminiszternek mondott: „Őn előbb-utóbb adót fog kivetni rá!”.

Hát igen. Persze nyilvánvaló, mi is érezzük azt, hogy nagyon fontosak az alkalmazások,

csak mikor elmondjuk, hogy ennek jelen formájában elsősorban tudományos jelentősége van, kicsit bővítettük az ismereteinket, többet értünk a világból, erre általában úgy reagálnak, hogy hát igen-igen, ez nagyon szép tudományos tornamutatvány, na de mire lesz ez jó. Magát azt, hogy új ismeretre tettünk szert, mintha kevésbé értékelnénk, inkább csak azt a részét, hogy hogyan válik ez fogyasztható termékké. Mire jó, hogy felfedeztünk egy újszerű viselkedést? Kihasználhatjuk, hogy a kontinuummechanika értelmében bizonyos típusú eszközök nem lennének megvalósíthatók, de ha az újszerű viselkedést alkalmazzuk a tervezésben, ezek lehetőségessé válhatnak. Több dolgot is lehet említeni: mivel a grafén elektromos vezetését befolyásolni tudjuk ezekkel a hullámokkal, akkor el lehet fantáziálni különböző lehetőségeken, vannak elméleti cikkek, amelyek leírják, hogy ha ilyen periodikus hullámokat hozunk létre, akkor tulajdonképpen egy valódi tiltott sávot nyithatunk a grafén sávszerkezetében. Ez nagyon fontos, mert a grafén nulla szélességű tiltott sávjával gyakorlatilag nem lehet digitális elektronikát csinálni, vagyis nem lehet a grafént valódi félvezetőként használni. Ez lehetne például az egyik lehetséges alkalmazás. Hogy technológiailag ez a módszer mennyire érné meg mondjuk az iparnak, ez egy teljesen más, nyitott kérdés, amelyet majd az ipar fog eldönteni. Elvileg a lehetőség megvan, és ezt szeretnénk is bebizonyítani, hogy valóban, ezzel a módszerrel félvezetővé tehetjük a grafént, anélkül, hogy felszabdalnánk.

Ez már látszik?

A tiltott sávot még nem mértük ki, mert ahhoz még ráadásul egy merőleges elektromos térbe kellene helyezni, magyarul egy kapu-elektrodát kell tenni az egész alá. Ez már félig-

meddig eszközkonfiguráció lenne, és egy következő lépés lesz, hogy megpróbáljuk. De azt is tudjuk, hogy mindenféle mechanikai feszültségre érzékenyek ezek a hullámok. Bármilyen mechanikai feszültséget hozunk létre, megváltozik a hullámok amplitúdója. Ugyanakkor ez viszont létrehoz egy változást az elektromos tulajdonságokban, vagyis érzékelőként, szenzorként működik, mechanikai feszültségre elektromos jelváltozást ad. Ilyen érzékelők vannak, még mikronos tartományban is, például a MEMS-ek, a mikroelektromechanikai érzékelők, de ez a mi lehetséges szerkezetünk nanométeres tartományban működik, egy 5×50 nm méretű érzékelő, de akár 5×20 nm-ben is meg lehet valósítani. Hogy ebből eszköz készüljön, az persze megint egy másik történet, több tényezőtől is függ, hogy ilyen irányban meddig érdemes nekünk elmennünk.

Az ember arra gondol, hogy jó, most van egy jelenségem, amit sikerült kimutatni. Lehet, hogy ezt a jelenséget egy másik, jobb technológiával lehet majd hasznosítani. Tehát az első lépés, tudom, hogy létezik a jelenség, utána lehet azon gondolkodni, hogyan lehet majd ezt a gyakorlatban hasznosítani.

Természetesen. Nyilvánvalóan van egy erős készlet arra, hogy mi magunk próbáljuk meg továbbvinni az alkalmazásig, persze kérdés, hogy erre képesek vagyunk-e egyáltalán? A fejlesztés egy nagyságrenddel nagyobb finanszírozást is igényel, és más jellegű kompetenciákat is. Mi, a jelenlegi felállásban, nagyjából odáig tudjuk hatékonyan elvinni ezt a munkát, mert ahhoz értünk, hogy a működési elvet demonstráljuk..

Kulcsszavak: *grafén, grafít, AFM, STM, kvantummechanika, kontinuummechanika, hőtágulás*

Kitekintés

SZEMTŐL SZEMBE

Legtöbben, ha egy arcot kell felismerni vagy azonosítani, elsőként kicsivel a szem alatti területre koncentrálnak – ezt állapítják meg amerikai kutatók most megjelent közleményükben. Az ok egyelőre ismeretlen, lehet, hogy mindez mellékterméke a több kultúrában is meglévő viselkedési szabálynak, mely szerint beszélgetés közben illendő a partner szemébe nézni.

A szerzők azonban azt tartják valószínűbb magyarázatnak, hogy az arcok minél gyorsabb azonosítása (az archoz tartozó személy nemének, hangulati állapotának felismerése) olyan evolúciós szempontból fontos készség, amelynek kialakulása során létrejött az agy és a szem közötti együttműködés leghatékonyabb módja, és ennek eredménye a többféle teszt során megfigyelhető szemmozgatási stratégia. Ennek lényege, hogy abból a távolságból, ahonnan általában egy arcot szemügyre veszünk az éleslátás területe kisebb, mint az egész arc. A szem körüli részek információban meglehetősen gazdagok, ezért érdemes ezeket nagy felbontásban vizsgálni, miközben az orr, fül vagy ajak elég nagyok ahhoz, hogy róluk az agy „ráfókuszálás” nélkül is megfelelő információt kapjon.

Peterson, Matthew F. – Eckstein Miguel P.: Looking Just Below the Eyes Is Optimal across Face Recognition Tasks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. 27 November 2012. 109, 48, E3314–E3323. DOI: 10.1073/pnas.1214269109

ŐSI SAJTOK

Észak-Európában már hétezer évvel ezelőtt is készítettek sajtot, tehát a sajtkészítés technikája már ekkor ismert volt. Egy nemzetközi kutatócsoport tagjai állítják ezt egy Lengyelországban talált lelet vizsgálata alapján.

A kormeghatározás során egy hétezer évesre becsült, lyukacsos agyagedényben talált zsírsavmaradványokat elemezték, és egyértelmű bizonyítékot találtak arra, hogy az edényt valaha sajtkészítésre használták. Hasonló vagy még régebbi lyukacsos, tejmaradványokat tartalmazó edényeket már korábban is találtak, ez az első eset azonban, mikor a sajt készítése meggyőzően bizonyítható is.

Salque, Mélanie – Bogucki, Peter I. – Pyzel, Joanna et al.: Earliest Evidence for Cheese Making in the Sixth Millennium BC in Northern Europe. *Nature*. Published online 12 December 2012. DOI: 10.1038/nature11698

KÖTÖRÉS DETEKTOR

A vesekőzúzás hatékonyságának ellenőrzésére fejlesztenek egy eszközt a University of Southampton munkatársai. A nagyobbra nőtt vesekövek eltávolításának egyik lehetősége, hogy a köveket valamilyen lökéshullámot alkalmazó technikával, például ultrahanggal olyan apróra tördelik, hogy azok már természetes úton eltávozhatnak, vagy gyógyszerek segítségével feloldhatóvá válnak. En-

nek a kezelésnek az eredményessége azonban, vagyis hogy az összes követ sikerült-e a megfelelő méretre feldarabolni, csak utólag, újabb vizsgálattal (például röntgennel) ellenőrizhető, így gyakran előfordul, hogy inkább túl- vagy alulkezelik a beteget.

A most ismertetett készülék a kövek törése közben a páciens bőrére helyezve a kövekről visszaverődő akusztikus jeleket gyűjti össze, és ezeket elemezve állapítja meg, hogy hol tart a folyamat. A klinikai kipróbálás során a találmány segítségével közel 95 százalékos pontossággal határozták meg a szükséges kezelés időtartamát.

Leighton, T. G. – Turangan, C. K. – Jamaluddin, A. R. et al.: Prediction of Far-field Acoustic Emissions from Cavitation Clouds during Shock Wave Lithotripsy for Development of a Clinical Device. *Proceedings of the Royal Society A*. 2013. 469, 2150, (published online 12 December 2012). DOI:10.1098/rspa.2012.0538

ALT ÉS BASSZUS ELŐNYBEN

A („férfias hangú”) vezetőket jobban kedvelik az emberek akkor is, ha női vezetőkről van szó. A *PLoS ONE* című internetes folyóiratban publikált tanulmány szerint ez mind a férfi, mind a női válaszadók körében így van.

Korábbi vizsgálatokban is születtek már hasonló eredmények. Az emberek többsége úgy véli, hogy mások irányítása férfias szerep, a mély hang pedig a férfiaság, az erő, a szociális dominancia jele. A mostani vizsgálatban azonban arra is kíváncsiak voltak, hogy mi a helyzet a jellegzetesen nők által betöltött vezetői szerepek – például szülői munkaközösségi vezető – esetében. Az eredmények szerint ugyanaz. A kísérletek során egy választási kampány egyetlen mondatát hallgatták meg a résztvevők mélyebb, illetve magasabb hangon, és még ezeket a pozíciókat is a férfias hangú jelöltek vitték volna el.

Anderson, Rindy C. – Klofstad, Casey A.: Preference for Leaders with Masculine Voices Holds in the Case of Feminine Leadership Roles. *PLoS ONE*. 7, 12, e51216. DOI:10.1371/journal.pone.0051216



Könyvszemle

Európa elrablása 2.0

Ha negyven évvel visszarepíthetnénk ezt a könyvet az időben, és letennénk a Római Klub akkori tagjainak asztalára, akkor a '70-es évek jövőt fürkészői minden bizonnyal úgy kiáltanának fel: Hát erről beszélünk! Hogy a világ nem növekedhet folyamatosan, hogy vannak határaink, és ha csak megközelítjük azokat a határokat, akkor újrendezi magát a környezetünk, adott esetben mi magunk is újrendezzük magunkat. Mert a túléléshez (különösen a kényelmes körülmények közötti túléléshez) folyamatosan változnunk kell. Olyan gyorsan, ahogyan azt a környezetünk változása megköveteli.

Ami viszont meglepné az akkori kor tudósait, ezeknek a változásoknak a brutalitása, a gyorsasága, a dinamizmusa, és a már-már elkerülhetetlen mivoltuk. Az, hogy manapság miért nem okoz rémületet ez a könyv az olvasóban, annak oka az észrevétlenül megszerzett edzettségünk. A 80-as években oly népszerű káoszelmélet szemlélete és eredményei mára már széles körben ismertek. Minden napjainkba beivódott, hogy csendes csordogáló hétköznapi folyamatok is könnyen elvezetnek hirtelen kialakuló kaotikus helyzetekhez – különösen, ha a folyamatok más folyamatokhoz kapcsolódnak –, és mi az manapság, ami nem kapcsolódik ezer szállal a környezetében történő többi folyamathoz? A kialakult káosz kezelése szinte lehetetlen, s minden attól függ, hogy korábban valahol

valaki mit és hogyan cselekedett, s a korábbi hibák mai következményeit szinte csak végtelen mennyiségű energia befektetésével tudnánk megváltoztatni. Akkor pedig inkább várjuk meg, hogy hová érkezünk, és szerény forrásainkat – ha még megmaradtak egyáltalán –, a célban igyekezzünk felhasználni.

A recenzens tőle szokatlan módon nem fizikakönyvet ajánl az olvasó figyelmébe, hanem egy közgazdaságit. Vagy inkább egy politikai gazdaságtani könyvet? Esetleg egy gazdaságtörténeti összefoglalót? Vagy talán mégis inkább egy példátartat a komplex folyamatok tanulmányozói számára? Az olvasó okkal bizonytalankodik, hiszen Forgács Imre könyve olyan eszközökkel ismerteti, foglalja össze az elmúlt öt (de inkább húsz) év közgazdasági és politikai történetét, hogy mindezt nehéz pusztán a történeti folyamat segítségével követni. Különös jelentőséget kap a közgazdaságtan és az informatika összekapcsolódása, mint ezt a „2.0” kifejezés görög mitológiába illesztése is sugallja.

A közel 200 oldalas könyv három jól elkülöníthető részre osztható. A bevezető fejezetekben Forgács Imre körbetekint, és felállítja korunk diagnózisát: „válság van”, s ráadásul nyakig benne vagyunk. Utána szinte agysebészi pontossággal ismerteti, hogy milyen események mentén alakult ki ez a válság a világban, milyen események mentén találjuk ott magunkat, ahol ma vagyunk. Miután a szerzőnek széles közigazgatási tapasztalatai vannak, ezért a gazdasági és politikai folyama-

tokban fellelhető összefüggéseket nagy élvezettel azonosítja, és tárja az olvasó elé. Mindez azonban nem öncélú. Szeretné megalapozni a harmadik részt, ahol bemutatja a „Megoldást”. Vagy legalábbis megpróbálja az *egyik lehetséges megoldást* felkínálni. De ki az manapság, aki biztosan tudja, hogy ma mi a megoldás, s mi lehet a holnap megoldása?

Miért is jelenik meg a címben Európa elrablásának görögökig visszanyúló mítosza? Egykoron a gyönyörű Európére, a főnői Agénor király lányára, szemet vetett Zeusz. Gyönyörű fehér bika képében jelent meg előtte, rávette, hogy üljön föl a hátára, átgyalogolt vele a víz tetején Kréta szigetére, ahol boldogan éltek, három gyermekük született. Európé később Kréta első királynéja lett, Kréta pedig nagyhatalom. A 2.0 verzióban a Wall Street bikája jött el Európáért, aki hagyta magát elcsábítani, sőt a bikával tartott az ígéret földjére is. Ahol aztán egy rövid aranykor után kiderült, hogy a gazdagság csak talmi, és az ígéretek csak üres buborékok, amelyek egytől egyig elpukkannak. Jelenleg nagyon úgy tűnik, hogy ez nem lesz egy sikertörténet. Az elmúlt években a Wall street-i bika tombolásának eredményeként kaotikussá vált közgazdasági folyamatok nagy vesztese, úgy tűnik, az elcsábított Európa lesz. Miközben az öreg kontinens politikai és gazdasági vezetői óriási erőfeszítéseket tesznek az USA-ból kiindult válság leküzdésére, eközben egyre mélyebbre süllyedünk, egyre reménytelenebb helyzetbe kerülünk.

Forgács Imre könyvének olvasása során folyamatosan merülnek fel ilyen és hasonló gondolatok. Szinte filmszerűen pereg lelki szemünk előtt a közgazdászok és a pénzemberek heroikus küzdelme, ahogy a láthatóan kibillent rendszert megpróbálják egyensúlyi állapotába visszabillenteni. Sőt, a küzdelem

azok ellen, akik galád módon kibillentik a rendszert, amely igazából egyensúlyban szeretne lenni, ha egy kicsit is hagynák. Itt azonban előbukkan a fizikus olvasóból a magabiztos hályogkovács: ez nem fog menni, egy kaotikussá váló (vált!) rendszerben nem tudunk hosszú távon fennálló egyensúlyi állapotot kialakítani. Sokkal inkább annak lehetünk szemtanúi, ahogyan a rendszerünk bebillen egy rövid ideig tartó metastabil állapotba, ahonnan aztán nagyon kis súlyú események is ki tudják lökni. S akkor keresi a következő metastabil állapotot („egy kicsi nyugalmat”). Nekünk abban lehet fontos szerepünk, hogy a többféle lehetséges jövő közül melyikbe billenjen a rendszerünk. Ez már-már kvantummechanikai kísérlet, de hatmilliárd emberen végezve. A válság pedig (az egyik állapotból a másikba való bukás) *nem hiba, hanem tulajdonság*. S nem „felelősök” után kell mindenáron kutatnunk, hanem jobban meg kell ismerni az új rendszer új szabályait, s a régi szabályaink helyett ezeket az újakat kell használnunk.

És akkor mit tanácsoljunk Európánknak? Hogy ne ellenkezzen? Hogy hagyja magát? S amikor egy kis nyugalma lesz, majd akkor gondolja végig, hogy mi legyen a következő lépés, amit megtehet, vagy amit a körülmények számára lehetővé tesznek?

Ennél azért többet. Ahogy Forgács Imre is rámutat a könyv végén található *Gyógykezelés* fejezetekben, az információnak óriási szerepe lehet abban, hogy Európa kevesebbet szenvedjen. Pontos adatokra, a trendek precíz ismeretére van szükség ahhoz, hogy billenés-kor a lehetséges jövők közül azt válasszuk, amely legjobban szolgálja érdekeinket, leginkább hasznos számunkra, s főként a legkevésbé szegényít el minket. Ez az a pont, ahol a közgazdaság, a politika és a természettudo-

mányok képviselői együtt tudnának működni. A 90-es évek elején a Wall Street-i bika is matematikusok és fizikusok segítségével kezdte el felgyorsítani, új mederbe terelni a tőzsde és a közgazdaság folyamatait (és teszi ezt ma is). A jövőbelátás napjainkban is nehéz tudomány, de már tudjuk, hogy nem a hetedik érzékünkre, hanem minél több, és minél részletesebb információra van szükségünk, ha valamit is látni szeretnénk a jövőből.

Az utóbbi másfél évben kezdett teret nyerni a hatalmas adattömegek intelligens feldolgozásának tudományos megalapozása, amin matematikusok, fizikusok, informatikusok és az adatbázisok előállítói együtt dolgoznak, nem meglepő módon a legmarkánsabban, jelentős állami támogatással éppen az Egyesült Államokban. Így a baltimore-i Johns Hopkins Egyetemen is, ahol honfitársunk, Szalay Sándor akadémikus irányítása mellett most indul egy minden korábbinál nagyobb Big Data projekt a National Science Foundation támogatásával, amelynek célja éppen egy új típusú szinergia létrehozása.

Persze egy ilyen „kutatási” program sikere nagyban attól függ, hogy az elért eredményeket sikerül-e hasznosítani, befogadják-e azokat a hétköznapiak boldogulásáért felelősök. Lehet, hogy az USA-ban ezt a gyors tudástranszfert csinálják kiválóan? Ezért fordul

Magyar szerzők angol nyelven: egy fontos szakkönyv

Mindig nagyszerű érzés magyar szerzők tollából született, igényes kivitelű angol nyelvű könyvet kézbe fogni. Az atópiás dermatitisz klinikai és patológiai vonatkozásait tárgyaló szakkönyv ilyen publikáció. A szerzők magyar nyelvű, sikeres művét követi annak angol

elő, hogy szegény Európa szenved el azokat a veszteségeket is, amiért pedig látszólag nem felelős? Ha nem lépünk időben, akkor könyvünk írója már készítheti a pennáját, mert megírásra vár az „Európa elrablása 3.0”.

Ne legyünk pesszimisták. Forgács Imre könyvének elkészülte és megjelenése bizonyítja, hogy itt, Európában is kezdik átlátni az új idők új törvényszerűségeit a szakértők. S talán rövidesen a specialisták által feltárt tudás tovább is adódik. A könyv rejtett optimizmusa e következtetés sugalmazásában rejlik.

Ez a recenzió egy olyan fizikus nagyon szubjektív benyomásait tartalmazza, aki sok éve foglalkozik erősen kölcsönható rendszerek leírásával, modellezésével. Az igazi komplex rendszer persze maga az élet, s ott nincsenek egyszerű megoldások. Forgács Imre műve azonban képes megragadni az élet, pontosabban a közgazdasági folyamatok komplexitását, olvasmányos, és a nem közgazdász, nem jogász olvasó is nagyon sokat kap tőle. Ez egy jó könyv, mindenkinek őszintén ajánlom elolvasásra, különösen olyan természettudósoknak, akik a társadalomtudományok művelőinek gondolataival szeretnének megismerkedni. (Forgács Imre: *Európa elrablása, 2.0. Budapest: Gondolat, 2012*)

Lévai Péter
fizikus

kiadása, a Medicina által nemrégén megjelentetett, szép kivitelű, magyar nyelvű kézikönyv átdolgozása és aktualizálása után. Az egyik legnagyobb nehézséget mindig a magyar szakszöveg hű, helyes fordítása jelenti, mert ez a hatalmas munka szinte egy új könyv megírásával ér fel. Ezt a nehéz feladatot ragyogóan teljesítette Kerpel-Fronius Judit.

A könyv tizennégy oldalas tartalomjegyzéke jól tájékoztat arról, hogy a három szerző

mélységében tekintette át a kórkép klinikai és patológiai vonatkozásait. A tartalmi összefoglalót a rövidítések jegyzéke követi hét oldalon. A könyv testét képező részletes tematika több mint ötszáz oldalon, huszonnégy csoportra tagoltan, további alcímekkel irányítva az olvasókat, jól áttekinthető. Minden fejezetet, az alfejezeteket is, részletes irodalomjegyzék kíséri: ez a kézikönyv lényegét tekintve gondos és részletes irodalmi összefoglaló mű is. A kiadványt tizenhárom oldalas névmutató zárja, ami tovább segíti az olvasó további gyors tájékozódását.

Az első tíz fejezet a bőrgyógyászati kórkép klinikumát, az ezt követő tizennégy a patológiai vonatkozásokat foglalja össze.

Az atópiás dermatitisz klinikuma • A történelmi áttekintés az atópiás dermatitisz fogalmát, annak megszületését rögzíti. A könyvben felsorakozó, gondos irodalmi háttérrel és egyúttal a témaválasztás aktualitását jelzi, hogy megtudhatjuk, hány nép rendelkezik már részletes epidemiológiai jelzőkkel az atópiás dermatitisz magas prevalenciáját bizonyítva az egész világon. Ezek közül négy földrész huszonnégy országának adatai részleteiben is bemutatásra kerülnek. Többek között itt szerepel a szerzők önálló munkája: a hazai adatok között a Baranya megyei atópiás dermatitisz előfordulásának, sajátosságainak vizsgálata. A kórkép az egész világon elsősorban a gyermekek között igen gyakori, 10% körüli, sőt rendszerint jelentősen magasabb prevalenciával. A felnőttek között valamivel ritkábban fordul elő, de ebben az életkorban az életvitelt befolyásoló komoly betegségterhet jelenthet. A kórkép családra háruló lelki, fizikai, anyagi, esetleg pszichiátriai terheit; a társadalmi beilleszkedés nehézségeit és annak anyagi vonatkozásait részletesen a könyv második felében elemzik a szerzők.

A klinikai tünetek képanyaggal illusztrált oldalai a napi munkában nyújtanak segítséget. Gondolatébresztő és hasznos a bőrgyógyászati és igényesen részletezett egyéb szisztémás klinikai tünetek tematikus leírása: a teljesség igénye nélkül említve itt például az endokrin, haj, autoimmun kórképek társulását. Rendkívül részletes a kontakt, alimentáris és inhalatív allergológiai elemzés, részben már a patológiai ismeretek között tárgyalva. A kórképre jellemző szisztémás baktériumfertőzések, gócfertőzések, azok provokáló szerepe, valamint a szekunder kután bakteriális és vírusos fertőzések is bemutatásra kerülnek.

Az atópiás dermatitisz patológiája • A patológiai könyvfejezetek között is érdemes tallózni: a rendkívül összetett, sok génre kiterjedő genetikai háttér elemzését, és ettől elkülönülten, a stratum corneum és a *barrier* funkciók zavarai között a kórképre különösen jellemző filaggrin mutációkat, és az ettől távol fellelhető környezeti faktorok szerepét is tekintjük át. A pruritusról és az ezt kiváltó mediátorokról alkotott ismereteink is sokat változtak az elmúlt években. Ezt az új szemléletet tükrözik a neuropeptidekkel, kemoki-nekkel, IgE-ellenanyagok sajátágaival kiegészült részletes fejezetek és a külön tárgyalta, korszerű terápiás lehetőségek is.

A könyv e második része külön, sejtekre és például szabad gyökökre, hősokkproteinekre, prosztanoidokra lebontva is analizálja a kórkép sajátosságait, így ugyanaz a faktor a könyvben számos szempontból megvilágítva, de áttekinthetően kerül bemutatásra. Ez a könyv egyik legfontosabb, mindenképpen kiemelendő értéke.

A krónikus kórkép számos régi és új kezelési lehetősége kerül hatóanyagokként bemutatásra és kiértékelésre, a részletes lokális és szisztémás lehetőségektől a fény- és klíma-

terápián át az immunológiai válaszmódosító kezelésekig és a kutatás alatt álló új kezelési módszerekig. A racionális kezelési javaslatok, a kezelési sémák bemutatása egyedi, de evidenciákon alapuló orvoslást támogat.

A bőrgyógyászok, gyermekgyógyászok és allergo-immunológus szakorvosok és kutatók munkájában jól használható igényes és hasz-

Szabadság, hatalom, idő 12x

Fiáth Titanilla könyvének megjelenése precízen időzített. A szerző a Budapesti Fegyház és Börtön pszichológusaként dolgozik, felhalmozódó tapasztalatai, kutatói munkájának gyarapodó eredményei alapján megírt tanulmányait különböző szaklapokban rendszeresen publikálta, most egy kötetbe rendezve olvashatjuk el a tucatnyi tanulmányt. A *Börtönkönyv* különös aktualitását az adja, hogy a közelmúlt néhány tragikus eseménye (Bándy Kata és Szita Bence meggyilkolása) a közvélemény figyelmét a halálbüntetésre és ezzel párhuzamosan a hazai büntetésvégrehajtás gyakorlatára irányította. A felkavaró bűntények kapcsán a börtönök kettős kontextusban jelennek meg a közbeszédben: az egyik jellegzetes megközelítési módban kvázi „wellnesshotelként” aposztrofálódnak, ahol az elítéltek remek körülmények között tévэгтenek, kapnak teljes ellátást, nincs gondjuk semmire, majd az ítélet felezése után kísértálnak és élnek tovább az életüket. A másik narratívában a börtön a tényleges büntetések helye, ahol a közvélemény elvárásainak megfelelően a többi fogvatartott „benyújtja a számlát”, amit a gonosztevő súlyos testi-lelki szenvedések árán fog megfizetni. Fiáth Titanillától egy őszinte és részletes elemzést kapunk a börtönélet valóságáról, a személyközi viszonyokról, a börtönhierarchia felépüléséről, a minden-

nos kézikönyv külföldi és hazai pályafutásához sok sikert kívánok. (*Schneider Imre – Harangi Ferenc – Sebők Béla: Clinical and Pathological Aspects of Atopic Dermatitis. Budapest: Akadémiai, 2012*)

Kárpáti Sarolta

tszkv. egyetemi tanár, Semmelweis Egyetem
Bőr-Nemikórtani és Bőronkológiai Klinika

napi élet gyakorlatáról. A szerző kivételes helyzetben van, hiszen a „rendszer részeként”, pszichológusként rendelkezésre áll minden erőforrás, hogy ne csupán a felszínt karcogató, de mélyreható vizsgálatok révén mutassa be ezt a zárt világot, melyről a kívülállóknak csak sarkított, amerikai akciófilmekben szocializálódott, sztereotipikus elképzeléseik lehetnek. Az antropológia és a szociológiai kutatások módszertanát ötvöző tudományos munka nem síklík félre, nem megy el a szenzációhajhász sztorizgatás irányába, az émikus megközelítésmód, az elítéltek személyes narratívái révén „házon belülre” kerül az olvasó. Az író felvállalja etikai kételyeit a pozíciójával kapcsolatosan és az általa elkövetett hibákat is, mint például botladozásait a lovári nyelv használata kapcsán (*Avri sim idegileg. A lovári nyelv szabályai* című fejezet), ezáltal nem tetszeleg a beavatott vagy a „Nagy Fehérköpenyes” szerepében. A kötet egyes fejezetei különböző aspektusokból mutatják be, hogyan küzdenek meg az elítéltek a velük szemben álló hatalommal, a szabadság hiányával és az idővel. A karcerszervezetekben, ahol az egyéneket hosszú időre fizikailag szigetelik el a külvilágtól, mindent meghatározó tényező a felügyelet és a fegyelem, a különböző tevékenységek időbeli és térbeli szabályozása, ami Michel Foucault szavaival élve lehetővé teszi a „testek hatékony elosztását” a szervezetben (Foucault: *Felügyelet és büntetés*, 1975). A *Börtönkönyv*

fejezetei az ezekkel való szembeszállást járják körül; a státusz és hierarchia, a selfreprezentáció, az autonómia, a megküzdési stratégiák és a valami felett való rendelkezés kérdései köré szerveződnek.

Az első fejezet bevezeti az olvasót a totálisan zárt intézmények világába, ahol az elítélthierarchia szituatív és többértelmű, a kiosztható szerepek száma véges és az értékelések többdimenziósak. A szerző az énreprezentációkat és a másiról szóló minősítéseket a fogvatartottak személyes elbeszéléseinek szó szerinti közléseivel adja át, így a börtönökben használatos kifejezéseket is elsajátíthatjuk a történetek olvasása során (a szövegben vastagon szedett szófordulatok megértését segíti elő a kötet végén található szlengszótár). A rabok által betöltött szerepek különböző kriteriumok alapján konstruálódnak. A börtönhierarchia csúcán álló „jogyerek” nem csupán a börtönben legálisan és illegálisan hozzáférhető materiális erőforrásokat birtokolja, de módjában áll a valami felett való rendelkezés is: rendelkezhet a tér és idő használatáról a zárkán, a gyengébb fizikumú elítélt testével, a szimbólumok jelentéséről és megváltoztatásáról, dönt a kommenzalitás kérdésében is: ki kivel ülhet le egy asztalhoz. A fejezet bemutatja, hogyan kerülnek az elítélthierarchia aljára az alacsony státusú, gyenge fizikumú rabok, hogyan lesz belőlük „csicska” vagy takarító „droid”.

A második fejezet (*A csöves meg a fullos zárka*) a teljes kontroll, a totális egyformaság és célszerűség követelményében megnyilvánuló hatalommal való megküzdés stratégiáit mutatja be, ami a zárkák komfortosabbá tételében, illetve az uniformis átalakításában fejeződik ki (*Hugo Boss a tyúklábmintán*). Georg Simmel óta tudjuk, hogy a divat változásának két oka van: az emberek hasonlítani

akarnak egymáshoz, és különbözni akarnak egymástól. A börtönben sincs ez másként. Az elítéltek a formaruhák átalakításával a civilségüket hangsúlyozzák („borsodi ing”), információt nyújtanak gazdasági és kapcsolati tőkéről, a börtönhierarchiában betöltött pozícióról, ízlésről és tudásról, a betöltött nemi szerepről.

A harmadik fejezet az idő strukturálását és a megküzdési stratégiákat állítja a középpontba, melyből megtudjuk, hogyan konstruálódik a börtönre érvényes naptár, és etikus-e három évnél tovább várni a feleséget? A rabok számára az idő komplexitása megszűnik, viszonyuk ambivalenssé válik: „bent” csupán vánszorog az idő, de „kintről” visszatekintve a börtönmúltra a kiszabott büntetés úgy elszállt, mint egy pillanat. A szerző fel is teszi a kérdést: van-e értelme növelni az ítéletek idejét, és van-e elrettentő vagy visszatartó hatása egy-egy börtönbüntetésnek, ha a fogvatartottak időre vonatkozó percepciói torzítanak?

A következő, képekkel gazdagon illusztrált fejezetben (*Kannibálok szemes takarmányon*) a test szimbólumként való használatának lehetünk tanúi. Az elítéltek eszköztelensége okán a saját test válik az énreprezentáció elsődleges területévé. A kigyúrt felsőtest kommunikációs eszközként erős üzeneteket közvetít a többi elítélt felé, határkijelölő funkcióval bír, és az autonómia illúzióját biztosítja. Fiáth Titanilla nem kerüli ki a szexualitás és a nemi identitás témáját sem. Az *elzárt testek nyitottsága* című fejezetben bemutatja a férfi, a női és a transznemű elítéltek által követett gyakorlatokat, a férfiaság és a nőieség konstrukcióját, a homoszexualitáshoz való viszonyt. Az elemzések révén megtudjuk, hogy női elítéltek közül kik a „tisztességes nők”, és mi által válik a „fiús lány” teste férfi-

testté. Szerzőnk elosztat egy tévhitet is a börtönökben elkövetett nemi erőszak gyakoriságát illetően.

Az etnicitás problémájával foglalkozó fejezetben világossá válik, hogy milyen szempontok alapján különülnek el a zárt intézményekben az etnikai csoportok, milyen csoportképző erők működnek, milyen szerepe van az osztozkodásnak, az ajándékozásnak, a hagyományok tiszteletének. Kiderül, hogy kik laknak a „Kolompár sugárúton” és milyen szimbolikus bekebelezési stratégiák révén válik a magyar elítélt cigány testvérré.

A szerző egy fejezetet szentel a pletykálás klasszifikációjának, amely a kommunikáció egyik alapvető formája és az énbemutatás fontos eszköze egyben. Megtudhatjuk, milyen

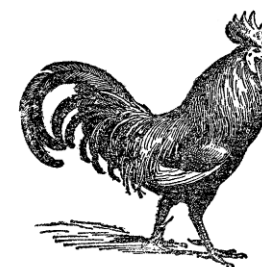
célt szolgál a „kapunyitogatás” vagy a „portrépletyka”. Az utolsó fejezetekben egy török szappanopera mint új megküzdési stratégia, továbbá a „bévés” konyhaművészet mint a hatalom elleni lázadás eszköze, a dominanciaviszonyok és a nemi szerepek kivetítése kerül bemutatásra.

A *Börtönkönyv* kifejezetten olvasmányos, könnyen értelmezhető nem csupán a társadalomtudományi előképzettséggel rendelkező, de a laikus olvasó számára is. A rabok rajzaival illusztrált kötet talán elosztat néhány tévhitet a „wellnesshotelekről”. (*Fiáth Titanilla: Börtönkönyv. Budapest: Háttér, 2012, 249 p.*)

Fekete Mariann

doktorandusz,

ELTE TTK Szociológia Doktori Iskola



CONTENTS

*Radó Kövesligethy Was Born 150 Years Ago**Guest Editors: Péter Varga, László Szabados*

Péter Varga – László Szabados: Introduction.....	2
Dezső Kosztolányi: Radó Kövesligethy.....	4
Endre Zsoldos: Birth of Astrophysics in Hungary.....	9
Lajos György Balázs: Kövesligethy's Spectroscopic Studies.....	15
Kristóf Petrovay: Radó Kövesligethy and the University	21
Péter Varga – Zoltán Grácz: Radó Kövesligethy and Hungarian Earthquakes Research ...	29
Péter Mónus – László Tóth: History and Present State of the Hungarian Seismological Station Network	53
Zoltán Wéber: Role of Seismology in Investigating the Internal Structure of Earth and Other Celestial Bodies	65

Study

László Bujtor: Limits of the Uniformitarianism Principle, the Central Paradigm of Geology—or What Does Planet Mars Hold for Us?	73
Pál Tamás: Academic Capitalism in Central Europe: Questions for Research.....	81
Tamás Halmos – Ilona Suba: Role and Significance of Circadian Rhythm in Clinical Praxis	96

Academy Affairs

István Láng – Sándor Kerekes: The Intellectual Circle on Survival Was Founded	103
---	-----

Interview

Waves on Atomic Scale • László Egyed's Interview with Levente Tapasztó	113
--	-----

<i>Outlook (Júlia Gimes)</i>	119
------------------------------------	-----

<i>Book Review (Júlia Sipos)</i>	121
--	-----

Ajánlás a szerzőknek

1. A *Magyar Tudomány* elsősorban a tudományterületek közötti kommunikációt szeretné elősegíteni, ezért főleg olyan dolgozatokat közöl, amelyek a tudomány egészét érintik, vagy érthetően mutatják be az egyes tudományterületeket. Közlünk témaösszefoglaló, magas szintű ismeretterjesztő, illetve egy-egy tudományterület újabb eredményeit bemutató tanulmányokat; a társadalmi élet tudományokkal kapcsolatos eseményeiről szóló beszámolókat, tudománypolitikai elemzéseket és szakmai szempontú könyvismertetéseket, de lapunk nem szakfolyóirat, ezért a szerzőktől közérthető, egy-egy tudományterület szaknyelvét mellőző cikkeket várunk.

2. A kézirat terjedelme általában ne haladja meg a 30 000 leütést (ez szóközökkel együtt kb. 8 oldalnak felel meg a *Magyar Tudomány* füzeteiben); ha a tanulmány ábrákat, táblázatokat is tartalmaz, kérjük, arányosan csökkentsék a szöveg mennyiségét. Beszámoló, recenziók terjedelme ne haladja meg a 7–8000 leütést. A teljes kéziratot MS Word .doc vagy .rtf formátumban interneten vagy CD-n kérjük a szerkesztőségbe beküldeni.

3. Másodközlésre csak indokolt esetben, előzetes egyeztetés után fogadjunk el dolgozatokat.

4. Legfeljebb tíz magyar kulcsszót és a közlemények címének angol fordítását külön oldalon kérjük. A cím után a szerző nevét, tudományos fokozatát, munkahelye pontos nevét, s ha közölni kívánja, e-mail címét kell írni. Külön lapon kérjük azt a levelezési és e-mail címet, telefonszámot is, ahol a szerkesztők a szerzőt általában elérhetik.

5. Szövegközi kiemelésként dőlt (*italic*), (esetleg félkövér – **semibold**) formázás alkalmazható; r i t k í t á s, VERZÁL, KISKAPITÁLIS (SMALL CAPITALS, KAPITÁLCHEN) és aláhúzás nem. A jegyzeteket lábjegyzetként kérjük megadni.

6. Az ábrák érkezhetnek papíron, lemezen vagy e-mail útján. Kérjük a szerzőket: tartsák szem előtt, hogy a folyóirat fekete-fehér; formátuma B5 – tehát ne használjanak színeket, és vegyék figyelembe a fizikai méreteket. Általában: az ábrák

és magyarázataik legyenek egyszerűek, áttekinthetők. A képeket lehetőleg .tif vagy .jpg formátumban kérjük; fekete-fehérben, min. 150 dpi felbontással, és nagyságuk ne haladja meg a végleges (vagy annak szánt) méreteket. A szövegben tüntessék fel az ábrák kívánatos helyét.

7. A hivatkozásokat mindig a közlemény végén, ábécé-sorrendben adjuk meg, a lábjegyzetekben legfeljebb utalások lehetnek az irodalomjegyzékre. Irodalmi hivatkozások a szövegben: (szerző, megjelenés éve – Balogh, 1957; Feuer et al., 2002). Ha azonos szerző(k)től ugyanazon évben több tanulmányra hivatkoznak, akkor a közleményeket az évszám után írt a, b, c jelekkel kérjük megkülönböztetni mind a szövegben, mind az irodalomjegyzékben. Különösen ügyeljenek a bibliográfiai adatoknak a szövegben és az irodalomjegyzékben való egyeztetésére! Kérjük: csak olyan és annyi hivatkozást írjanak, amilyen és amennyi elősegíti a megértést. Számuk ne haladja meg a 10–15-öt.

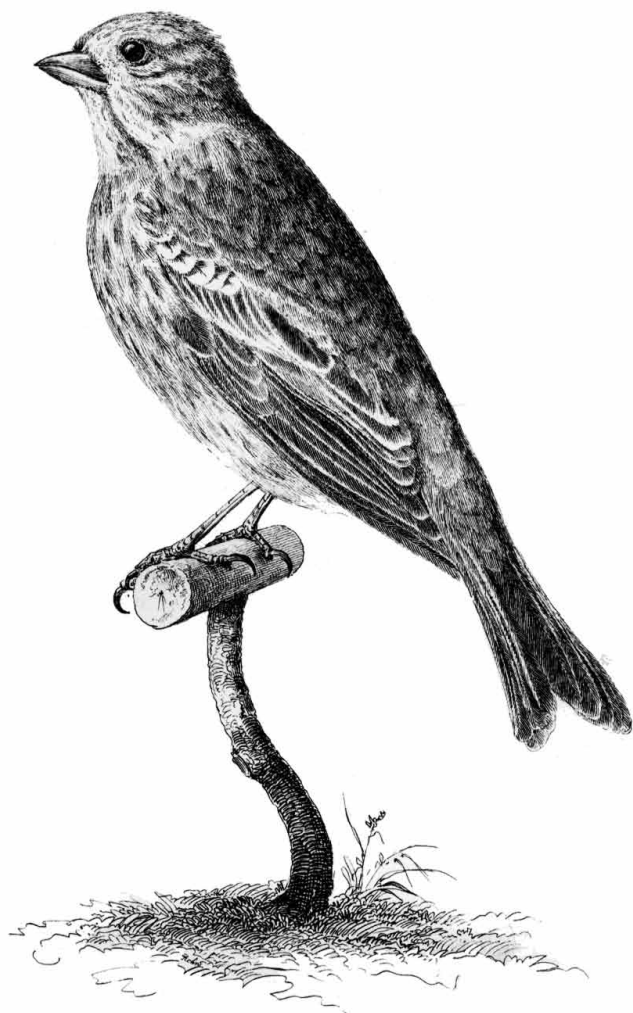
8. Az irodalomjegyzéket ábécé-sorrendben kérjük. A tételek formája a következő legyen:

• Folyóiratcikkek esetében: Feuer, Michael J. – Towne, L. – Shavelson, R. J. et al. (2002): Scientific Culture and Educational Research. The Educational Researcher. 31, 8, 4–14.

• Könyvek esetében: Rokkan, Stein – Urwin, D. W. – Smith, J. (eds.) (1982): The Politics of Territorial Identity: Studies in European Regionalism. Sage, London

• Tanulmánygyűjtemények esetében: Halász Gábor – Kovács Katalin (2002): Az OECD tevékenysége az oktatás területén. In: Bábosik István – Kárpáthi Andrea (szerk.): Összehasonlító pedagógia – A nevelés és oktatás nemzetközi perspektívái. Books in Print, Budapest

9. Havi folyóirat lévén a *Magyar Tudomány* kefelevonatokat nem küld, de elfogadás előtt minden szerzőnek elküldi egyeztetésre közleménye szerkesztett példányát. A tördelés során szükséges apró változtatásokat a szerző időpontegyeztetés után a szerkesztőségben ellenőrizheti.



Rózsa Pirók, jércze.
[*Pyrrhula rosea* Pall.]

M. Acad. Ért. 1850. 399. l.

A lap ára 920 Forint