

Magyar Tudomány

IDŐJÁRÁSI SZÉLSŐSÉGEK HATÁSA...

vendégszerkesztők: Géczi János és Gelencsér András

EMLÉKEZÉS SZILÁRD LEÓRA

Egyetem 2.0?

Öregedés és oxidatív stressz madaraknál

A tudományok jövőbeni felelőssége és érvényessége

2015•5

Főszerkesztő:

CSÁNYI VILMOS

Felelős szerkesztő:

ELEK LÁSZLÓ

Olvasószerkesztő:

MAJOROS KLÁRA, SELEANU MAGDALÉNA

Lapterv, tipográfia:

MAKOVECZ BENJAMIN

Szerkesztőbizottság:

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

A lapot készítették:

GIMES JÚLIA, HALMOS TAMÁS, HOLLÓ VIRÁG, MATSKÁSI ISTVÁN, PERECZ LÁSZLÓ,
SIPOS JÚLIA, SZABADOS LÁSZLÓ, F. TÓTH TIBOR, ZIMMERMANN JUDIT

Szerkesztőség:

1051 Budapest, Nádor utca 7. • Telefon/fax: 3179-524
matud@helka.iif.hu • www.matud.iif.hu

Előfizetésben terjeszti a Magyar Posta Zrt. Hírlap Igazgatóság, Postacím: 1900 Budapest.
Előfizethető az ország bármely postáján, a hírlapot kézbesítőknél.
Megrendelhető: e-mailen: hirlapelofizetes@posta.hu • telefonon: 06-80/444-444

Előfizetési díj egy évre: 11 040 Ft

Terjeszti a Magyar Posta és alternatív terjesztők

Kapható az ország igényes könyvesboltjaiban

Nyomdai munkák: Korrekt Nyomdai Kft.

Felelős vezető: Barkó Imre

Megjelent: 11,4 (A/5) ív terjedelemben

HU ISSN 0025 0325

TARTALOM

Időjárási szélsőségek hatása a természeti és gazdasági rendszerekre és a társadalomra

Vendégszerkesztők: Gécz János és Gelencsér András

Bevezető	514
Gelencsér András: Az emberiség mint éghajlat-alakító tényező	515
Elekes Andrea – Halmai Péter: Éghajlatváltozás és gazdasági növekedés. Alacsony szén-dioxid-kibocsátású gazdaság vs. gazdasági növekedés – kibékíthatatlan ellentét?	522
Gécz János – Kamarás István: Habitualis válaszok az éghajlatváltozásra	532
Kocsis László – Horváthné Baracsi Éva – Kocsisné Molnár Gitta – Kovács János – Cseh Eszter: Változó klíma, változó fajtahasználat a kertészetben	539
Liker András: Az éghajlatváltozás és az urbanizáció együttes ökológiai hatásai	546
Nagy Szabolcs Tamás – Pál László – Bercsényi Miklós – Farkas Valéria – Husvéth Ferenc: Az éghajlatváltozás hatása gazdasági állatainkra	553
Padisák Judit – Stenger-Kovács Csilla – Lázár Diána – Hubai Katalin Eszter – Yvonne Němcová – Magyar Donát – Vass Máté – Trájer Attila János – Tánczos Balázs – Hammer Tamás – Lengyel Edina: A kisvízes ökoszisztémák prediktív értéke a klímaváltozás hatásainak megértésében és jelentőségük a biodiverzitás megőrzésében	559
Weisz Ottó – Varga Balázs: A növény szerepe a víztakarékos szántóföldi gazdálkodásban ...	568

Emlékezés Szilárd Leóra

Klein György: Személyes emlékeim Szilárd Leóról	578
Sükösd Csaba: H. G. Wells, jövőnk! Szilárd Leó és az atomenergia	583

Tanulmány

Dessewffy Tibor – Láng László: Egyetem 2.0? Felsőoktatás az információs korban	597
Vágási I. Csongor – Vincze Orsolya – Pap Péter László – Barta Zoltán: Öregedés és oxidatív stressz madaraknál	608
Fabó Edit – André Folloni: A tudományok jövőbeni felelőssége és érvényessége	616

<i>Kitekintés (Gimes Júlia)</i>	625
---------------------------------------	-----

Könyvszemle (Sipos Júlia)

Tíz évvel később – magyar nagyvállalkozók európai környezetben (Györffy Dóra)	628
A nyelvészet kognitív módja (Pléh Csaba)	631
Túl a komparatiztikán (Percz László)	634
Kisebbségi magyar nyelvtanítás (Kontra Miklós)	637

Időjárási szélsőségek hatása a természeti és gazdasági rendszerekre és a társadalomra

BEVEZETŐ

Az éghajlatváltozás ténye ma már aligha vitatható, hiszen az emberi tevékenység napjainkban az éghajlati rendszer számos elemét földtörténetileg is példátlan sebességgel változtatja meg. A klímaváltozás fogalma elválaszthatatlanul összekapcsolódott a „globális” jelzővel, ezért hatásait a közvélemény hajlamos a távoli jövőbe vesző globális jelenségekkel (például globális átlaghőmérséklet vagy a tengerszint emelkedése) azonosítani. Ezek a jelenségek megfoghatatlanságuk, jövőbeliségük és földrajzilag távoli hatásaik okán kevésbé tudatosítják az emberekben annak a lehetséges veszélyeit, amit a Föld-légkör rendszer természetes egyensúlyi állapotának megbontása jelent. Jóval kevésbé ismert azonban, hogy az éghajlati rendszer változásának következményeivel már napjainkban is szembe kell néznünk. Tudományos módszerekkel bizonyított tény, hogy folyamatosan nő a szélsőséges időjárási jelenségek és vízháztartási helyzetek gyakorisága, egyebek között hazánkban is. A szélsőséges időjárási események összehasonlíthatatlanul nagyobb terhelést jelentenek a környezetre, az emberiségre és a gazdaságra, mint a több évtized alatt bekövetkező lassú változások (például az átlaghőmérséklet emelkedése). Mégis, az ég-

hajlatváltozás és következményeinek kutatása és tematizálása ez utóbbiakat részesíti előnyben, azaz az évszázad végére valószínűsíthető megváltozó éghajlati viszonyok bekövetkezésével számol. A Pannon Egyetem és az MTA Agrártudományi Kutatóközpont együttműködésében, egy TÁMOP-projekt keretében folytatott multidiszciplináris kutatások úttörő jellegűek abban a tekintetben, hogy a szélsőséges időjárási események a különböző természeti rendszerekre és ökoszisztémákra, a természeti jelenségeknek kiszolgáltatott mezőgazdaságra és más gazdasági tevékenységekre gyakorolt hatásait vizsgálták, valamint foglalkoztak az éghajlatváltozás tényének és következményeinek befogadásával kapcsolatos szociokulturális aspektusok tanulmányozásával is. A kutatások alapkutatási jellegük ellenére szinte minden területen a lehetséges alkalmazkodás, kárenyhítés és védekezés módszereinek kidolgozására is irányultak. A tematikus blokkban megjelent írások e kutatások eredményeiből adnak ízelítőt.

Kulcsszavak: *időjárási szélsőségek, éghajlatváltozás, adaptáció, kárenyhítés, mezőgazdaság, szociális attitűd*

AZ EMBERISÉG MINT ÉGHAJLAT-ALAKÍTÓ TÉNYEZŐ

Gelencsér András

az MTA doktora
MTA–Pannon Egyetem Levegőkémiai Kutatócsoport
gelencs@almos.uni-pannon.hu

Földünk éghajlatát évmilliárdokon keresztül csak kozmikus katasztrófák, csillagászati tényezők vagy mérhetetlenül hatalmas geológiai folyamatok tudták befolyásolni. A néhány ezer évvel ezelőtt kialakult emberi civilizáció eleinte csak elszenvetője volt az éghajlati változásoknak, a 20. századra azonban globális éghajlatalkító tényezővé vált. Napjainkban az emberiség földtörténetileg is példátlan sebességgel változtatja meg a légkör összetételét, az üvegházhatású gázok koncentrációját, aminek, múltbeli példák alapján, komoly következményei lehetnek. A levegőszennyezéssel kibocsátott aeroszol részecskék a nagy vulkánkitörésekéhez hasonló árnyékoló hatásukkal azonban egyidejűleg hűtik is a Földet. Az eddig megfigyelhető éghajlati változások e két ellentétes előjelű tényező – és más természeti tényezők – a Föld-légkör rendszer bonyolult működési mechanizmusán keresztül kifejtett eredő hatásaként állnak elő. A Föld és légköre hatalmas nemlineáris rendszert alkot, annak kiszámíthatatlanságával és az ebből adódó veszélyekkel együtt. Ezért az éghajlat változására utaló, nem is feltétlenül csak a légkörben észlelhető természeti jelenségekre érdemes lenne az eddigieknél komolyabban odafigyelnünk.

*Éghajlati tényezők szerepe
a földtörténeti múltban*

Vulkánkitörések • Jól ismert tény, hogy a Föld éghajlatára (pontosabban időjárására) a nagyobb vulkánkitörések érzékelhető hatást képesek gyakorolni (Cole-Dai, 2010). A légkörbe kerülő vulkáni hamufelhő szemmel láthatóan árnyékolja a Napot, csökkenti a felszínre jutó napsugárzás intenzitását. Ez a hatás azonban rövid ideig tart és elsősorban a vulkánkitörés környezetében érvényesül, mert a vulkáni hamu részecskéi gyorsan kiülepednek a légkörből. Sokkal nagyobb hatásuk van a vulkánkitörés során kibocsátott gáz- és aeroszol komponenseknek, főleg a kén-dioxidnak. A magaslégtérbe juttatott kén-dioxid kén-sav részecskékké alakul át. A 0,2 mikrométer átmérőjű apró cseppekből álló réteg a sztratoszférában a világűr felé visszaveri a napsugárzás egy részét, tehát a felszínre jutó energia mennyisége, így a hőmérséklet is csökken. A hatás azonnali és látványos, de az éghajlat szempontjából meglehetősen rövid ideig tart: a részecskék többsége kettő-négy év elteltével kiülepszik a sztratoszférából és a vulkánkitörés éghajlati hatása is elmúlik. A nagyobb vulkánkitörések még a történelem menetében

is beleszóltak: az izlandi Laki vulkán 1783–84. évi kitörése Európa-szerte évekig tartó lehűlést, savasodást és súlyos éhínséget hozott, ami minden bizonnyal közrejátszhatott a francia forradalom kitörésében is. A Tambora vulkán 1815-ös kitörését Európában és Észak-Amerikában 1816-ban ún. „nyár nélküli év” követte, amikor a nyári hónapokban több alkalommal is mélyen fagyponthoz alatti hőmérsékleteket regisztráltak. A tudományosan legjobban dokumentált vulkánkitörés a Fülöp-szigeteken található Pinatubo vulkán 1991. évi kitörése volt (Hansen et al., 1996). A kitörés a mérések szerint 20 millió tonna kén-dioxidot (a teljes éves globális emberi kibocsátás 1/3-át) juttatott néhány nap alatt mintegy 40–50 km-es magasságba. A Pinatubo kitörését követő évben a *globális átlaghőmérséklet* 0,5 °C-kal esett vissza, és a trend csak 1994-re állt ismét helyre.

Üvegházgáz vezérelte éghajlatváltozás • Mintegy 56 millió évvel ezelőtt a Föld körülbelül 220 ezer évig tartó igen meleg periódust élt át. Ezt a földtörténeti eseményt – amelyet a geológusok Paleocén-eocén hőmérsékleti maximumnak (PETM) neveznek – tekinthetjük a Föld történetében az üvegházgáz-vezérelt éghajlatváltozás legközelebbi példájának (McInerney – Wing, 2011). A felmelegedés kezdeti szakasza földtörténeti szempontból rendkívül gyorsan játszódott le, a Föld átlaghőmérséklete kevesebb, mint tízezer év leforgása alatt legalább 5 °C-ot emelkedett. A kivételesen meleg időszak 110 ezer évig tartott, majd ezt követően földtörténeti léptékben ugyancsak viszonylag gyorsan, néhány tízezer év leforgása alatt a hőmérséklet visszatért a meleg periódust megelőző értékre. A szén izotóparányának hirtelen megváltozásából arra következtethetünk, hogy a felmelegedést hatalmas mennyiségű szén-dioxid felszaba-

dulása okozhatta. Az abból az időszakból származó óceáni üledék összetétele is az óceánfelszín gyors elsavasodására, azaz nagy mennyiségű szén-dioxid beoldódására utal. A szén felszabadulásának mértéke, forrása és helye azonban mindmáig tudományos viták tárgya (Pagani et al., 2006). A tapasztalt mértékű felmelegedéshez 5–13 billió tonna szénnek kellett kevesebb, mint tízezer év alatt a levegőbe jutnia. Csak összehasonlításképpen: a hagyományos fosszilis energiahordozók összes becsült készlete körülbelül 5 billió tonna. A hirtelen felmelegedést megelőzően a szén-dioxid koncentrációja a mainál (400 ppm) lényegesen nagyobb volt (600–1500 ppm), a globális átlaghőmérséklet pedig 4–5 °C-kal lehetett magasabb. A hatalmas mennyiségű szén gyors felszabadulását követően a szén-dioxid-koncentráció 4500–6000 ppm-re emelkedett. A legnagyobb változást a tenger mikroszkopikus élőlényei közül a bentikus foraminiferák szenvedték el, amelyek közül számos faj kihalt. Más mikroszkopikus tengeri élőlényeket a változások kedvezően érintettek, a trópusi vizekben élő fajok mérsékelt égövi vizekben is elterjedtek. A szárazföldeken a szélsőségesen meleg időszakban számos új emlősfaj jelent meg, köztük az első főemlősök is. A felmelegedés miatt a sarkvidékhez közeli földhidakon keresztül új emlősfajok vándoroltak az észak-amerikai kontinensre. A földtörténet ezt az időszakot az emlősök kirajzásának eseményeként tartja számon.

Az emberi tevékenység hatása az éghajlatra

A földtörténeti múlt példáiból láttuk, hogy az éghajlati rendszert többé-kevésbé stabil állapotából számos más tényező mellett két *ellentétes előjelű* hatás képes kibillenteni. A vulkánkitörések által a légkörbe juttatott részecskék azonnali és jelentős – igaz, egyetlen

kitörés esetén viszonylag rövid ideig tartó – hőmérsékletcsökkenést eredményeznek. Az üvegházhatású gázok koncentrációjának jelentős mértékű növekedése pedig felmelegedéssel jár, amelyre a paleocén-eocén hőmérsékleti maximum szolgáltat földtörténeti példát. Napjainkban az emberi tevékenység *egyidejűleg mindkét éghajlati tényezőben* a múltbelihez hasonló mértékű változásokat tud előidézni.

Levegőszennyezésből származó aeroszol részecskék • A levegőszennyezést az 1990-es évekig inkább lokális, elsősorban a lakosság egészségét érintő problémának vélték, fel sem merült, hogy globális éghajlat-módosító hatása is lehet. A levegőszennyezés az éghajlat szempontjából meghatározó komponensei az 1 mikrométernél is kisebb aeroszol részecskék, elsősorban a kén-dioxidból képződő szulfát-, az illékony szénhidrogénekből képződő szerves és az égésből származó koromrészecskék. Az aeroszol részecskék látványos és közismert előfordulási formája a füst. A látható fény és a részecskék kölcsönhatása (szórás, illetve elnyelés) révén csökken a felszínre jutó napsugárzás intenzitása, a világűr felé történő visszaszórás révén pedig a sugárzási energia egy része a Föld-légkör rendszer számára elvész. Ez az aeroszol részecskék közvetlen éghajlati hatása. A szennyezett levegőben képződő felhők napsugárzás-visszaverő képessége megnő, ez is csökkenti a Föld-légkör rendszerbe jutó sugárzási energia mennyiségét. A légköri aeroszol részecskék közvetett és közvetlen éghajlati hatásának globális eredője negatív (hűtő hatás), de a hatás mértéke csak jóval nagyobb bizonytalansággal határozható meg, mint az üvegházhatású gázoké (Penner et al., 2001). A mérések és számítások szerint a szulfát- és szerves részecskék globálisan az emberiség teljes energiater-

melő kapacitása negyvenezerszeresének (!) megfelelő teljesítménnyel hűtik *follyamatosan* a légkört, éppúgy, ahogy *alkalmanként* a nagy vulkánkitörések által a levegőbe juttatott aeroszol részecskék is teszik.

A levegőszennyezésből származó aeroszol részecskék éghajlati hatása az üvegházhatású gázokkal szemben nem egyenletesen jelentkezik a Föld felszínén: legnagyobb mértékben erősen szennyezett régiókban (például Ázsiában), illetve a legérzékenyebb, hóval és jéggel borított területeken (például az Arktiszon) érvényesül. Ez az egyébként az 1960-as és 80-as évek között globálisan is kimutatható jelenség a „globális elhomályosodás” (*global dimming*) néven vált ismertté. Napjainkban ez a jelenség a trópusi öv hatalmas területeit érinti, ahol új elnevezése is van: szuperszmozgának (*Atmospheric Brown Clouds*) nevezik. A felszínre elérő napsugárzás intenzitása ilyenkor kontinensnyi kiterjedésű területeken átlagosan 5–10%-kal is csökken, a meteorológiai viszonyok a régióban számottevően megváltoznak. Mivel hatalmas területeket érintő és hosszantartó jelenségről van szó, kijelenthető, hogy a hatás *globális jelentőségű*, azaz a Föld-légkör rendszer energiamérlegét kimutathatóan befolyásolja (Ramanathan – Feng, 2009).

Az üvegházhatású gázok koncentrációváltozása • A Föld légkörében a legnagyobb koncentrációban előforduló üvegházhatású gáz, *amelynek mennyiségét az emberi tevékenység befolyásolni képes*, a szén-dioxid. Légköri koncentrációja (pontosabban keverési aránya) éppen 2014 tavaszán haladta meg először a lélektaninak tekinthető 400 ppm (0,04 térfogat%) értéket, amekkora több mint hétmillió évvel ezelőtt lehetett utoljára! Ahhoz képest, hogy az emberi civilizáció kialakulását és fejlődését az ipari forradalom hajnaláig lényegében állandó (280 ppm) szén-dioxid-

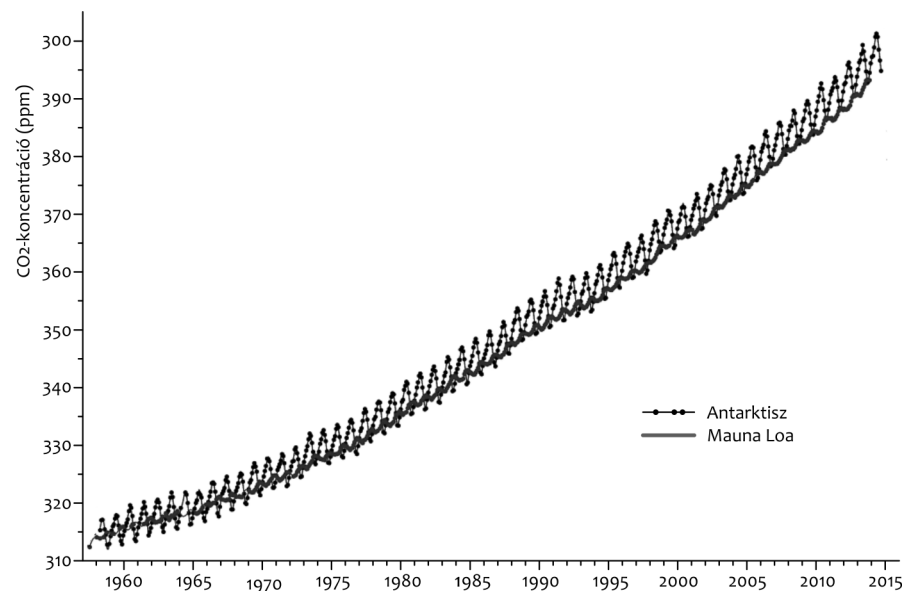
koncentráció kísérte végig, ezt napjainkra 40%-kal sikerült megnövelni. Ez azért kockázatos, mert a légköri szén-dioxid a Földön a szén természetes körforgásának egyik eleme, amely hatalmas léptékű természeti folyamatokban vesz részt (Ciais – Sabine, 2013). Ezekbe a folyamatokba avatkozik be az emberiség, egyre növekvő mértékben. A beavatkozás fő terepe napjainkban a fosszilis energiahordozók égetése, melynek során a légkörtől elzárt tározókból *nem egyensúlyi folyamatban* évmilliók alatt eltemetődött szenet juttatunk a légkörbe. Egyetlen nap leforgása alatt mintegy húszezer év (!) alatt eltemetődött energiahordozót termelünk ki és használunk fel. Ezért ez a szénmennyiség a Föld-légkör rendszer gondosan kiegyenlített természetes körforgásában *többletként* jelentkezik.

Az 1950-es évek közepén a fosszilis energiahordozók égetése évente globálisan még „csak” egymilliárd tonna körüli szenet juttatott a légkörbe. Abban az időben a tudomány számára is elképzelhetetlennek tűnt, hogy az óceán és a bioszféra ne tudnák eltüntetni ezt a csekélynek tűnő többletet. Charles David Keeling vetette fel először, hogy mégis folyamatosan mérni kellene a légköri szén-dioxid koncentrációját. Ötlete nem aratott elismerést, feleslegesen kidobott pénznek gondolták az *állandónak vélt* légköri alkotó folyamatos mérésére fordított dollármilliókat. Végül hosszas küzdelem után Keelingnek sikerült 1958-ban a hawaii Mauna Loa vulkán tetején elindítani a folyamatos szén-dioxid méréseket. A mérések a kezdetektől az évszázak ingadozásokon felül a szén-dioxid-koncentráció lassú növekedését mutatták. A mérési eredményeknek azonban *kezdetben nem hittek*: évekig a műszerek pontatlanságára, beállítási hibáira gyanakodtak, és csak az 1960-as évek elejére vált nyilvánvalóvá, hogy a szén-

dioxid légköri koncentrációja – minden előzetes várakozással szemben – *valóban* növekszik. Ma már a légköri szén-dioxid koncentrációjának folyamatos növekedése mindenki számára elfogadott tény, a mért adatokat bemutató diagram, az ún. *Keeling-görbe* az emberi tevékenység légkörre gyakorolt hatását érzékeltető szimbólummá vált (*1. ábra*).

A többlet szén-dioxid-kibocsátást illetően az emberi civilizáció egészen a XIX. század közepéig szinte elhanyagolható hatást gyakorolt a szén körforgására, majd ezt követően egyre gyorsuló mértékben globális természet-alakító tényezővé vált. A fosszilis energiahordozók égetéséből és kisebb mértékben a cementgyártásból kibocsátott szén-dioxid mennyisége 2013-ban tízmilliárd tonnát tett ki. Az emisszió 22%-kal haladta meg a 2000. évit, az 1990-es kibocsátást pedig 61%-kal múlta felül. A kibocsátás növekedési üteme is gyorsult: az 1990-es évek elején még csak 2,5%-kal bővül. A gyorsuló növekedésnek részben az is oka, hogy a fosszilis energiahordozókon belül napjainkban újra reneszánszát éli a kőszén felhasználása. Tudvalevő, hogy megtermelt teljesítményegységre vetítve a kőszén felhasználása 33%-kal több szén-dioxid-kibocsátással jár, mint a kőolaj égetése, és 84%-kal többel, mint a földgázé.

Ma már egyértelműen tisztázott, az emberi tevékenység okozza a légköri szén-dioxid koncentrációjának tízezer év óta először tapasztalható gyors növekedését. A kételkedőknek csak az az érv marad, hogy a szén-dioxid koncentrációja földtörténeti múltban is gyorsan és széles határok között változott, akkor még nyilvánvalóan az ember közreműködése nélkül. Ma már az antarktiszi kutatóállomáson mélyített jégfúrásokból a légzárványok összetételének elemzése révén több



1. ábra • A légköri szén-dioxid mért koncentrációja az 1958. óta folyamatosan végzett Mauna Loa-i és antarktiszi műszeres mérések eredményei alapján

mint 800 ezer évre visszamenőleg áll rendelkezésünkre a múltbeli légkör összetételére vonatkozó közvetlen információ. Ebből egyértelműen kiderül, az eljegesedések és a köztes melegebb időszakok váltakozását a szén-dioxid-koncentráció széles határok között és gyorsnak tűnő módon *követte*. A koncentráció azonban ebben a hosszú időszakban egyetlen egyszer sem haladta meg a 310 ppm értéket. Ami a múltbeli koncentrációváltozás *sebességét* illeti, annak legnagyobb értéke is közel *negyvenszer lassabb* volt a mainál! A 21. század végére a pesszimista forgatókönyvekben előre jelzett 900 ppm-es szén-dioxid-koncentráció utoljára több mint 35 millió évvel ezelőtt fordulhatott elő a Földön, amikor a Föld sarkvidéki területei még jégmentesek voltak.

Az 56 millió évvel ezelőtti földtörténeti esemény azonban a mai éghajlatváltozás ta-

nulságául szolgál. Hirtelen jelentős mennyiségű üvegházhatású gáz szabadult fel, és erre a Föld, ahogy az a fizikai törvényekből következik, gyors és jelentős felmelegedéssel és az óceánfelszín elsavasodásával válaszolt. Nem szabad azonban elfelejtenünk, hogy az analógia ezen alapvető változásokon túlmenően korántsem tökéletes. A légkör szén-dioxid-koncentrációja és a Föld átlaghőmérséklete manapság az akkorinál lényegesen alacsonyabb. A sarkokat most jégapka borítja, ami a felmelegedés ütemét olvadásával jelentősen gyorsítani tudja. Ma más a kontinensek elhelyezkedése, az óceáni áramlások rendszere, és még sorolhatnánk az alapvető különbségeket. Más állat- és növényfajok élnek ma a Földön, mint akkoriban. Fontos tényező, hogy a szén légkörbe bocsátásának üteme ma több mint tízszerese az 56 millió évvel ezelőtinek. Ebből arra következtethetnénk, hogy

az emberi tevékenység a jövőben sokkal drasztikusabb változásokat idézhet elő. Az is igaz ugyanakkor, hogy napjainkban korántsem csak ez az egy hatás érvényesül, hanem ellentétes előjelű változásokat okozó emberi tényezők (többlet üvegházhatás kontra levegőszennyezés) vívják gigantikus csatájukat. Annyi azonban bizonyos, hogy az elmúlt évtizedekben feltárt földtörténeti példa jelentős mértékű éghajlatváltozás *lehetőségét* vetíti előre.

Záró gondolatok

Az emberi tevékenység a Föld-légkör rendszer sugárzási mérlegének számos elemét bizonyíthatóan módosította (Steffen et al., 2007). Az emberiség jelentős mértékben megváltoztatta a földfelszín sugárzáselnyelő képességét az erdőirtás, mezőgazdasági tevékenység, beépítések révén. A levegőszennyezés közvetett hatásaként hatalmas óceáni és szárazföldi területek fölött módosította a felhők szerkezetét és napsugárzás-visszaverő képességét. A levegőszennyezésből származó részecskékkel – a vulkánkitörésekhez hasonlóan – megnövelte a földi légkör árnyékoló hatását, az égésből származó koromrészecskék pedig számottevő mennyiségű napsugárzást nyelnek el. Az üvegházhatású gázok folyamatosan növekvő kibocsátásával megnövelte a légkörben elnyelt hőenergia mennyiségét. A formális logika szabályai alapján következik, hogy amennyiben egy adott rendszer elemeit megváltoztatjuk, akkor magát a rendszert is megváltoztattuk, *ergo* bizonyítottuk, hogy az emberi tevékenység *módosítja* a Föld-légkör rendszer sugárzási mérlegét. Mivel pedig a bolygó sugárzási mérlege a Föld-légkör éghajlati rendszer része, a fenti formális logikai gondolatmenet alapján bizonyítottunk tekinthetjük, hogy *az emberiség napjainkban*

tevékenyen közreműködik a bolygó éghajlatának alakításában. Ez a következtetés önmagában kevésbé meglepő, hiszen Földünk felszínén kivétel nélkül minden szféra magán viseli a hatalmas léptékű emberi beavatkozások nyomát.

De vajon következik-e ebből, hogy az elmúlt százötven évben bekövetkezett éghajlati változások *minden kétséget kizáróan* az emberi tevékenység hatásainak tulajdoníthatók? A teljes bizonyosság ismereteink hiányosságán felül már csak azért sem érhető el, mert az éghajlati rendszernek a sugárzási mérlegen kívül vannak olyan elemei is, amelyekre az emberi tevékenység jellegénél (például a naptevékenység) vagy nagyságánál (például az óceáni áramlások) fogva *nem lehet közvetlen* hatással. Az is tény, hogy a napjainkig tapasztalható éghajlati változások egyelőre belül maradnak az ismert földtörténeti közelmúlt vagy akár az emberi történelem nyilvánvalóan még természetes eredetű éghajlati ingadozásain. Ez gyakori érv a kételkedők körében, akik a természeti folyamatok fontosságát igyekeznek hangsúlyozni, míg az emberi tevékenységek jelentőségét kisebbíteni vagy éppen tagadni.

Pedig éppen ellenkezőleg, az elmúlt kétmillió év drámai éghajlatváltozásai lelkiismeretünk megnyugtató helyett inkább aggodalomra adnának okot. Azt bizonyítják, hogy a sugárzási mérleg kismértékű megváltozásának hatására Földünkön igen könnyen gyors eljegesedés vagy felmelegedés indulhat meg. Más szavakkal: az elmúlt kétmillió év nagy éghajlati ingadozásai arra tanítottak meg bennünket, hogy amikor az éghajlati rendszer kibillent adott állapotából, akkor öngerjesztő folyamatai révén még emberi léptékkel mérve is viszonylag gyorsan megszaladt. Azaz bolygónk éghajlati rendszerében – legalább

is évtizedes-évszázados időskálán – nincsenek hatékony fékező-stabilizáló mechanizmusok, nincs jól működő földi „termosztát”. Márpedig láttuk, hogy a sugárzási mérleg egyensúlyát az emberiség máris érzékelhetően módosította. Ez az emberiség által indukált vagy inkább kiprovokált jövőbeni éghajlatváltozás legnagyobb kockázata.

Nem feltétlenül a közvetlenül belátható jövőben, az elkövetkező néhány évtizedben fognak jelentős változások bekövetkezni, de nemlineáris nagy rendszereknél a hirtelen változás sem kizárt. A hatalmas Föld-légkör rendszer tehetetlenségéből fakadóan késleltetett hatások valószínűleg a jövő generációjának életlehetőségeit fogják befolyásolni, súlyosbítva a fékevesztett gazdaság- és népességnövekedésből eredő, az éghajlatváltozásnál

napjainkban jóval fenyegetőbb környezeti problémákat. Mivel az éghajlati rendszer működését csak hézagosan ismerjük, ezért a jövőbeni éghajlatváltozás mértéke és következményei egyelőre tudományos igénnyel és felelősséggel megjósolhatatlanok.

Jelen cikk *Az éghajlatváltozásból eredő időjárási szélsőségek regionális hatásai és a kárenyhítés lehetőségei a következő évtizedekben* című TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0064 projekt keretében készült. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Kulcsszavak: *éghajlatváltozás, üvegházhatás, aeroszol részecskék, levegőszennyezés, vulkánkitörések, szén-dioxid, emberi tevékenység*

IRODALOM

- Ciais, Philippe – Sabine, Christopher (2013): Carbon and Other Biogeochemical Cycles. In: Stocker, Thomas F. et al. (eds.): *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK–New York, USA • http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_Chapter06_FINAL.pdf
- Cole-Dai, Jihong (2010) Volcanoes and Climate, *Interdisciplinary Reviews: Climate Change*. 1, 6, 824–839. DOI: 10.1002/wcc.76 • https://www.researchgate.net/profile/Jihong_Cole-Dai/publications
- Hansen, James – Sato, M. – Ruedy, R. et al. (1996): A Pinatubo Climate Modeling Investigation. In: Fiocco, Giorgio – Fua, D. – Visconti, G. (eds.): *The Mount Pinatubo Eruption: Effects on the Atmosphere and Climate. NATO ASI Series. I*, 42. Springer-Verlag, 233–272. • <http://eaps4.mit.edu/research/papers/Pinatubo1996.pdf>
- McInerney, Francesca A. – Wing, Scott L. (2011): The Paleocene-Eocene Thermal Maximum: A Perturbation of Carbon Cycle, Climate, and Biosphere with Implications for the Future. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*. 39, 489–516. DOI: 10.1146/annurev-earth-040610-133431
- Pagani, Mark – Caldeira, K. – Archer, D. et al. (2006): An Ancient Carbon Mystery. *Science*. 314, 1556–1557. DOI: 10.1126/science.1136110 • http://people.earth.yale.edu/sites/default/files/files/Pagani/1_2006%20Pagani_Science.pdf
- Penner, Joyce E. – Andreae, M. O. – Annegarn, H. et al. (2001): Aerosols, Their Direct and Indirect Effects. Intergovernmental Panel on Climate Change, Report to IPCC from the Scientific Assessment Working Group (WGI), 289–348, Cambridge University Press • http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/pdf/tar-05.pdf
- Ramanathan, Veerabhadran – Feng, Yan (2009): Air Pollution, Greenhouse Gases and Climate Change: Global and Regional Perspectives. *Atmospheric Environment*. 43, 37–50. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2008.09.063 • http://ubairpollution.org/Papers/General_and_Review/Ramanathan_2009.pdf
- Steffen, Will – Crutzen, P. J. – McNeill, J. R. (2007): The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*. 36, 8, 614–621. DOI: 10.1579/0044-7447 • https://www.pik-potsdam.de/news/public-events/archiv/alter-net/former-ss/2007/05-09.2007/steffen/literature/ambi-36-08-06_614_621.pdf

ÉGHAJLATVÁLTOZÁS ÉS GAZDASÁGI NÖVEKEDÉS ALACSONY SZÉN-DIOXID-KIBOCSÁTÁSÚ GAZDASÁG VS. GAZDASÁGI NÖVEKEDÉS – „KIBÉKÍTHETETLEN” ELLENTÉT?

Elekes Andrea

PhD, Nemzeti Közszerológiai Egyetem
Nemzetközi és Európai Tanulmányok Kar
Nemzetközi Gazd. és Közpol. Tanulmányok Tanszék

Halmai Péter

az MTA doktora
Pannon Egyetem GTK Közgazdaságtani Intézet

A pénzügyi válságot megelőző időszak viszonylag erőteljes *globális gazdasági növekedését az üvegházhatású gázok (GHG) kibocsátásának jelentős növekedése kísérte*. Ennek nagy része a fosszilis energiahordozók növekvő felhasználásából származott, de kedvezőtlen hatással volt a mezőgazdaság, az erdők kiirtása és az ipar is. A világ egyelőre meg sem közelíti azt a pályát, amelynek révén a globális felmelegedés – hosszabb távon célul kitűzött – legfeljebb 2°C-os mértéke tartható lehetne. Az üvegházhatású gázok kibocsátása folyamatosan emelkedik, a CO₂-szint eddig soha nem tapasztalt mértékű. *Következmények*: egyre gyakoribb és egyre intenzívebb szélsőséges időjárási események, hosszabb távon extrém mértékű átlaghőmérséklet-emelkedés (3,6°C – 5,3°C) és tengerszint-emelkedés. (Bővebben lásd IEA, 2013.) *Egyre nyilvánvalóbb a klímaváltozás, az extrém időjárási események gazdasági eszközökre, folyamatokra (városokra, ipari infrastruktúrára, mezőgazdaságra, globális kínálati láncokra, energiaellátásra stb.), a globális logisztikai és mobilitási rendszerek-*

re, általában a kibocsátásra, illetve a gazdasági növekedésre gyakorolt hatása.

*Az éghajlati változás
és a megelőzés növekedési hatásai*

A klímaváltozással kapcsolatban felmerülő gazdasági veszteségek becslése meglehetősen változatos eredményekre vezetett: a legújabb elemzésekben az enyhén negatívól a bruttó hazai termék (GDP) 3–4%-áig terjed. Az OECD elemzései szerint a globális gazdaságban az éghajlati változás miatti veszteség 2060-ig a GDP 0,7–2,5%-a lehet. A jelzett időpontot követően e folyamat erősödhet: az évszázad végéig további 1,5–4,5% lehet a GDP vesztesége (Dellink et al., 2014). Az Európai Bizottság várakozásai szerint csak a *carbon cap* (a szén-dioxid-kibocsátás korlátozása) a GDP 0,3–0,7%-át teszi ki 2020-ig. A legtöbb jelentés a GDP 1%-al/év körüli mértékben határozza meg a klímavédelemmel kapcsolatos költségek nagyságrendjét.

Korábbi elemzésekben fentieknél lényegesen magasabb értékek is szerepeltek (Dell

et al., 2009). A korreláció ugyan meggyőzőnek tűnik, a magyarázat mégis bizonytalan. Egyes szakértők ugyanakkor úgy vélik, hogy a hőmérséklet és a jövedelem változása között statisztikailag kimutatható kapcsolat csak véletlen. A növekedést alapvetően más változók (például: tőke- és tudásfelhalmozás, intézményrendszer, kereskedelempolitika stb.) határozzák meg. Ez a bizonytalanság nemcsak az éghajlat gazdasági fejlődésben betöltött szerepe körül kialakult tradicionális vitát, hanem – szélesebb értelemben – az éghajlatváltozás potenciális hatásairól kialakult jelenlegi vitákat is jellemzi.

Mások először számszerűsítik a különböző éghajlati hatásokat, majd azokat összesítve számítják ki a nemzeti jövedelemre gyakorolt nettó hatást (lásd például Mendelsohn, 2000). A klímaváltozással kapcsolatos irodalom ezt a megközelítést részesíti előnyben, különösen az üvegházhatású gázok kibocsátását illetően. E megközelítés kétségtelenül hasznos, ám alkalmazása során komoly kihívásokkal kell szembesülnünk. Az éghajlat számos mechanizmus révén befolyásolhatja a gazdasági teljesítményt. Még ha számba is tudjuk venni, és meg is értjük az összes mechanizmust, akkor is további nehézségek várnak ránk: meg kellene határozni, hogy a mikroszintű hatások hogyan lépnek egymással kölcsönhatásba, hogyan összegződnek, hogyan alakítják a makrogazdasági teljesítményeket.

Fentiekől több tekintetben eltérő (viszonylag új) megközelítéssel találkozhatunk Melissa Dell, Benjamin F. Jones – Benjamin A. Olken (2008), (2012) tanulmányaiban. Az egyes országokban az *elmúlt 50 év* hőmérsékletingadozásait alapul véve határozták meg a hőmérséklet nemzeti jövedelemre gyakorolt hatásait. A hőmérséklet potenciálisan két módon lehet hatással a gazdaság teljesítményére:

- befolyásolja a *kibocsátás* (output) *szintjét* (például a mezőgazdaságban a hozamokat), vagy
- befolyásolhatja a gazdaság *növekedési potenciálját* is, például a termelékenység növekedését meghatározó beruházásokra vagy intézményekre gyakorolt hatások révén.

A kettő közötti különbség különösen fontos, ha a hőmérséklet tartós változása várható: vajon az átlaghőmérséklet 1°C-os növekedése az egy főre jutó jövedelmet (a jövedelem szintjét) csökkenti 1,1 százalékponttal, vagy a növekedés ütemét mérsékeli évről évre 1,1 százalékponttal. Az elemzés szerint a magasabb hőmérséklet a szegény országokban nem egyszerűen a kibocsátás szintjét, hanem a növekedés ütemét is csökkenti. Mivel idővel a kismértékű növekedési hatásoknak is komoly következményei lehetnek (ha azok középtávon is fennmaradnak), a tartós hőmérséklet-emelkedés nagyon jelentős hatásokkal járhat.

Az egyik legkézenfekvőbb következmény a *mezőgazdasági kibocsátás csökkenése*. Az elemzések ugyanakkor rámutatnak, hogy a forróság az *ipari termelésre* és az *aggregált beruházásra* is hatással van. Egyes kutatások szerint még a tudományos publikációk száma is csökken a forró években, ami arra utal, hogy a magasabb hőmérséklet *gátolhatja az innovációs tevékenységet*. Úgy tűnik továbbá, hogy a magasabb hőmérséklet a politikai instabilitás irányába hat. A fentebb említett hatások zöme kívül esik az elsősorban a mezőgazdaságra fókuszáló klímaváltozási tanulmányok hatókörén. Ugyanakkor a *szélesebb összefüggések segíthetnek megmagyarázni, hogy a hőmérséklet változása miatt, s milyen mechanizmus révén járhat a növekedési ütem* (és nemcsak az output szintjének a) *csökkenésével*.

Kevésbé vizsgált terület a szélsőséges időjárási viszonyok hatása az *energiaellátásra*.

A klímaváltozás hatással lehet a fosszilis üzemanyagokkal működő, illetve a nukleáris erőművekre, amelyekben folyamatosan hűtővízre van szükség a többelthő semlegesítése, másrészt a turbinák meghajtásához szükséges gőz fejlesztése miatt. Magas víz hőmérséklet és alacsony vízszint esetén komoly zavarok keletkezhetnek. Milliók maradhatnak áram nélkül. A klímaváltozás következtében gyakoribbá és intenzívebbé válnak a szélsőséges időjárási viszonyok (pl. hőhullámok, vízhiány). Ez problémákat okozhat a nukleáris (és víz-) erőművek működésében. Az energiainfrastruktúra kialakítása során ezért különös figyelmet kell fordítani e hatásokra, hiszen az új projekteket gyakran csak ötven év múlva, vagy még később helyezik üzembe.

A klímaváltozás elleni küzdelem *többleterhet* ró (elsősorban az energia ártámogatás-csökkentése, majd -megszüntetése következtében) a *háztartásokra* – különösen az alacsony és közepes jövedelmű családokra. Az ipari energiaárak emelkedése vagy a magas széndioxid-kibocsátású energiahordozók (például szén) árának a változása hatással lehet a vállalatok versenyképességére, egyes esetekben leépítésekhez, munkahelyek megszüntetéséhez vezethet.

A korábbi adatokon és reakciókon alapuló elemzés megbízhatósága természetesen erősen függ attól, hogy a hőmérsékleti sokkokra adott korábbi reakciók mennyire jól jelzik előre a gazdaság potenciális jövőbeni reakcióit. Amennyiben a hőmérsékletváltozás mértéke jelentősen meghaladja a korábban tapasztalt szintet, *nemlineáris összefüggések* jelentkezhetnek.

A legtöbb előrejelzés szerint az összesített hatások hosszabb távon akár nettó nyereséggé is alakulhatnak, például akkor, ha a kezdeti beruházások eredményeként javul az

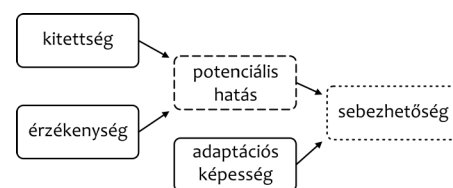
energiahatékonyság, csökken az energiára fordított költség. Ezek a költségbecslések olyan modelleken alapulnak, amelyek ugyan figyelembe veszik a technológiaváltozás miatti költségsökkenést, ám bizonytalanok azok mértékét illetően.

A klímaváltozás alapvető hatással van a növekedési kilátásokra, a fejlődési út pedig meghatározhatja a jövő éghajlatát.

Sebezhetőség és adaptáció

Az adaptáció csökkentheti az éghajlati változásból származó *sebezhetőséget*. E sebezhetőség részben a gazdaság *kitettsége* és *érzékenysége* a függvénye. E tényezők együtt határozzák meg a klímaváltozás potenciális hatását. E potenciális hatást (károsodást) az érintett rendszer *adaptációs kapacitása* képes mérsékelni: maradék kár plusz adaptációs költség az alkalmazkodás után. E tényezők együttesen mutatják a sebezhetőség alakulását a gazdasági fejlődés során (1. ábra). A klímapolitika e három tényező közül közvetlenül az adaptív kapacitást, az adaptációs képességet befolyásolhatja, például beruházások révén.

Az alkalmazkodás költségeit és hasznait közvetlenül az érintett szereplők érzékelik. Ám az adaptáció előnye túlléphet az alkalmazkodó szektorokon. A gazdaságban jellemzőek a kölcsönös függőség viszonyai, azaz az *adaptáció csökkentheti a klímaváltozásból eredő szisztematikus kockázatot* (Agrawala – Frankhauser, 2008).



1. ábra • Sebezhetőség és gazdasági fejlődés

Az alkalmazkodás csökkentheti a gazdaság időjárásal szembeni sebezhetőségét. A potenciális nettó költségek valamely gazdaság sebezhetőségének a mértékszámait. Az adaptáció addig a pontig lehet gazdaságilag ésszerű, ameddig annak nettó haszna zéró. (Az adaptáció hatásait a 2. ábra foglalja össze.)

A sebezhetőséget meghatározó tényezők alakulása az általános gazdasági fejlődéshez kapcsolódik. Nagyon szegény országok esetében a fejlődés – az érzékenységek csökkenése és az adaptációs kapacitás növekedése révén – csökkenti a sebezhetőséget. (Ez az ún. *Schelling-hipotézis*.) Fejlett gazdaságok esetében azonban e kapcsolat nem egyértelmű. (Ant-hoff – Tol, 2012)

Az adaptáció nem indokol minden esetben szakpolitikai intervenciót. A piaci szereplők magánérdeke is az alkalmazkodás a klímaváltozáshoz.

A *hatékony adaptációt akadályozó fő tényezők* az alábbiak:

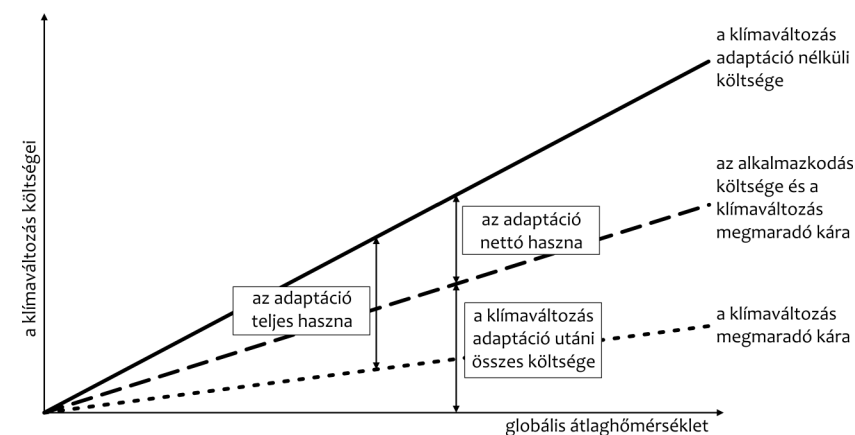
- piaci kudarcok, amelyek megakadályozzák, hogy a piacok az erőforrások leghatékonyabb allokációját ériék el (például a klímaváltozásról szóló információk, illet-

ve a rugalmasságot nyújtó infrastruktúra mint közjavak);

- szabályozási akadályok, amelyek gátolják a hatékony alkalmazkodást;
- kormányzati és intézményi akadályok;
- magatartási akadályok (például a kockázatok érzékelése és megítélése terén);
- korlátozott adaptációs kapacitás (például pénzügyi megszorítások miatt).

Megkülönböztethető a *folymatadaptáció* (rövid idő alatt felmerülő költségek és előnyök a változó inputok módosítása révén), illetve az *állományadaptáció* (hosszú távú alkalmazkodási előnyöket nyújtó beruházás). Az éghajlati előrejelzés nagyfokú bizonytalansága adaptációs kihívás, különösen az állományadaptáció tekintetében. Feszültség alakulhat ki a beruházási szükségletek formájában megjelenő hatásosság (robusztusság), illetve a rugalmasság igénye között. (Utóbbi nem jelenthet végleges elköteleződést valamely beruházás iránt, amíg a hatások tekintetében lehetséges átváltások – *trade offs* – nem világosak.)

A *sebezhetőség időben változik*. A klímaváltozás jövőbeni hatásaival szembekerülő gazdaság eltér a jelenlegi gazdaságtól. Az eszközök



2. ábra • Az adaptáció hatásai (Forrás: Stern, 2007)

kitettsége változik, például nagyobb gazdasági tevékenység koncentrálódhat a tengerpartokon vagy árterületeken. Az érzékenység is változik, pl. a GDP nagyobb arányát állítja elő a szolgáltató szektor, amelynek egyes ágazatait kevésbé érintik az éghajlati változások. Az adaptív kapacitás is változik, általában a GDP-vel együtt nő. A jövőbeli hatásvizsgálatok előfeltétele a sebezhetőség változásainak feltárása. Annak hiányában a klímaváltozás költségei átfogó igénytel nem mérhetőek fel.

Alternatív növekedési pályák

Sokan úgy vélik, hogy a dinamikus gazdasági növekedés és a klímavédelem nem egyeztethető össze. Dönteni kell: növekedés, és a növekvő éghajlati kockázatok elfogadása vagy csökkenő éghajlati kockázat mellett stagnáló gazdaság. E problémakör elemzése kiemelt szerepet kapott a World Economic Forum globális kockázatok felmérése 2014. évi jelentésében (WEF, 2014a). Az idézett elemzés szerint a fenti nézet napjaink világ gazdasági dinamikájának alapvető félreértésén alapszik. Abban az implicit feltevésben gyökerezik, hogy a gazdaságok nem változnak és hatékonyak, a jövőbeli növekedés pedig a korábbi trendek egyenes folytatása. Az alacsonyabb szén-dioxid-kibocsátású pályára történő átállás ezért elkerülhetetlenül magasabb költségeket és lassabb növekedést eredményez.

A normál „üzletmenet” feltételezése ebben az esetben azonban illúzió. Az erőforrásokra nehezedő új nyomás, a globális termelés és kereskedelem szerkezetének átalakulása, a demográfiai változás és a technológiai fejlődés már megváltoztatta az országok növekedési pályáját. A jövő ezért elkerülhetetlenül más lesz, mint a múlt.

A gyors technológiai fejlődés átalakítja a termelés és a fogyasztás szerkezetét. A változás

és a beruházások mértéke és sebessége példa nélküli: nemcsak megváltoztatják a gazdaság jellegét, hanem *strukturális változást* hoznak. A strukturális változás jellege azonban attól függ, milyen pálya mellett dönt a társadalom. *Folytatható a magas szén-dioxid-kibocsátású, erőforrás-intenzív gazdaság, vagy lehetővé az alacsony szén-dioxid-kibocsátású növekedés alapjai?*

Ebben az értelemben nem a normál „üzletmenet” és a klímavédelem közül kell választanunk, hanem az alternatív növekedési pályák között: az egyik jelentős mértékben növeli, a másik csökkenti az éghajlati kockázatot. A tapasztalatok azt mutatják, hogy az alacsony szén-dioxid-kibocsátású pálya éppen annyira eredményezhet gazdasági prosperitást, mint a magas szén-dioxid-kibocsátású. Különösen, ha figyelembe vesszük a tovagyrűző hatásokat is: az energiabiztonság növekedésétől a tisztább levegőn át a javuló egészségi állapotig.

E megállapítást támasztja alá a WEF fenntarthatóság irányába elmozdított globális versenyképességi indexe (WEF, 2014b) is. A *fenntarthatósággal kiigazított globális versenyképességi index* (GCI) tulajdonképpen azt ragadja meg, hogy a növekedés mennyire fenntartható környezeti és társadalmi szempontból. Az eddigi eredmények azt mutatják, hogy *nem feltétlenül kell választani a gazdasági értelemben vett versenyképesség és a fenntarthatóság között*. A versenyképességi lista élmezőnyébe tartozó országok közül több a fenntarthatósági intézkedések tekintetében is a legjobbak közé tartozik. Ilyen például: Svájc, Finnország, Németország, Svédország és Hollandia.

A környezeti előírásokat és korlátozásokat gyakran növekedési hátránynak tekintik, amelyek az európai vállalatok számára versenyhátrányt jelentenek a globális versenyben.

Ugyanakkor világszerte nő az érdeklődés a fenntartható, „zöld” növekedési potenciál, illetőleg a környezeti károk leküzdése iránt. Az EU vállalatai már jelentős előrehaladást értek el a tiszta és hatékonyabb technológiák, termékek és szolgáltatások előállítása területén. Például 2007–2011 között EU-vállalatok teljesítették a megújuló energia területén a közvetlen külföldi beruházások kétharmadát a világ gazdaságban (Halmai, 2014). Ugyanakkor a piacon is egyre erőteljesebb a globális verseny, különösen egyes feltörekvő országok részéről. *A magas környezeti igények és a versenyképesség összekapcsolása lehetséges, s a zöld technológiák területén az európai gazdaság jelentős expanzióra lehet képes.*

A környezeti értelemben is fenntartható növekedési pálya meghatározó elemei

A WEF (2014) csoportosítását alapul véve a környezeti értelemben is fenntartható növekedési pályának öt fontos területe van: az erőforrás-hatékonyság javítása; a kompaktabb, összekapcsoltabb városi rendszerek; a földhasználat optimalizálása; az alacsony szén-dioxid-kibocsátású infrastruktúra és az energiarendszer; az innováció.

Az erőforrás-hatékonyság javítása

Az energiafelhasználás területén lényeges hatékonysági tartalékok találhatók. Tökéletes verseny, a termelés teljes költségét tükröző árak esetében az erőforrások a legtermelékenyebb helyekre áramlanak. Számos intézkedés (támogatás), politika az erőforrások (beleértve az energiát, a vizet és a földet is) pazarló felhasználására ösztönöz. Ez a gazdasági hatékonyság, a növekedés és a környezet szempontjából is káros. E piaci hiányosságok kezelése megkerülhetetlen – bár kétségtelenül nehéz politikai-gazdasági kérdéssről van szó.

A Nemzetközi Energia Ügynökség (International Energy Agency – IEA) adatai szerint az üvegházhatású gázok kétharmada, az energiafogyasztás 80%-a fosszilis energiahordozón alapul. Komoly problémákat okoz e téren a fosszilis energiahordozók támogatása. *A fosszilis energiahordozók támogatása nem hatékony erőforrás-allokációt, és piaci torzításokat eredményez*, miközben gyakran eredeti célját sem teljesíti. Hozzájárul a szén-dioxid-kibocsátás növekedéséhez, megnehezíti az energiai infrastruktúra korszerűsítését, rontja a megújuló energiaforrások versenyképességét. Pazarló felhasználásra ösztönöz, ráadásul alapvetően a gazdagabb társadalmi rétegeket támogatja. Az IEA (2013) adatai szerint 2010-ben a fosszilis energia támogatására fordított összegeknek mindössze 8%-a jutott el a társadalom legszegényebb rétegét jelentő 20%-hoz. Az IEA (2013) előrejelzései szerint további reformok nélkül a fosszilis energia fogyasztói támogatása 2020-ban elérheti a 660 milliárd dollárt, azaz a globális GDP 0,7%-át. A támogatások megszüntetésével az energia-kereslet 4,1%-kal, az olaj kereslete naponta 3,7 millió hordóval, a szén-dioxid-kibocsátás pedig 1,7 Gt-val csökkenhetne.

A kiindulópontot tehát a fosszilis energiahordozók támogatása (tulajdonképpen negatív szénadó) ártértelezése jelentheti. *Fontos lépés a szén-dioxid-kibocsátás beánazása* – tipikusan adó (carbon tax) vagy kibocsátás-kereskedelem formájában. Valamely gazdaságilag káros tevékenység adóztatható, és abból költségvetési bevétel származik. A bevételek ésszerű felhasználásával a rendszer esetleges torzításai is elkerülhetők. Hatékony jelzést adhatnak a gazdasági szereplőknek az erőforrások középtávú átcsoportosítását illetően. Jelenleg szénadó vagy kibocsátás-kereskedelmi rendszer a globális kibocsátás 12%-át érinti.

A szén-dioxid-kibocsátásra meghatározott terhelés, s egyben magas és kiszámítható ár új bevételi forrást jelenthet, miközben visszafogja a fosszilis energia felhasználását.¹ A sikeres rendszerek gyakran alacsony szénárral indulnak, ám egyértelműen emelkedő tendenciát követnek. A politikai jelzés így egyértelmű, de van idő a vállalatok és háztartások alkalmazkodására, a megfelelő technológiai beruházásokra, az üvegházhatású gázok kibocsátását csökkentő eljárások bevezetésére. Az energiahatékonyságot támogató politikák² erőforrásokat szabadíthatnak fel, amelyek magasabb termelékenységű területeken hasznosulhatnak.

Kompaktabb, összekapcsoltabb városi rendszerek

A városok a növekedés és prosperitás fontos mozgatóerői. A városok adják a globális gazda-

sági output kb. 80%-át, ide koncentrálódik az energiafelhasználás és energiával kapcsolatos üvegházhatású gázkibocsátás kb. 70%-a. Ugyanakkor az urbanizáció gazdasági és társadalmi előnyeivel egyidejűleg jelentősen növeli az ökológiai károkkal, szennyezéssel, klímaváltozással és környezeti katasztrófákkal kapcsolatos kockázatokat.

A városi infrastruktúra hosszú távra szól. Az, hogy hogyan építjük ki, újítjuk meg, vagy tartjuk fenn azt, nemcsak a gazdasági teljesítményre és a nagyvárosokban élők életminőségére lesz hatással, hanem az üvegházhatású gázok globális kibocsátását is meghatározza az évszázad hátralévő részében. Az urbanizáció fokozódásával nő a népsűrűség, és az ebből adódó agglomerációs hatáson keresztül javul az infrastruktúra hatékonysága. E lépések egyfelől jelentős költségcsökkentést, másfelől a környezet minőségének javulását hozzák. A kompaktabb, összekapcsoltabb városi fejlődés gazdaságilag életképebb, egészségesebb és alacsonyabb szén-dioxid-kibocsátású városokat eredményezhet.

A városok tervezése során különösen nagy problémát jelent a gazdasági teljesítőképesség, az életminőség javítása, valamint a környezeti fenntarthatóság összehangolása. A tervezés egyik központi eleme az autófűggség, illetve az ahhoz kapcsolódó szennyezés csökkentése. A környezeti fenntarthatóságot előtérbe helyező tervezés *a kiváló minőségű tömegközlekedési rendszereket részesíti előnyben.*

Földhasználat optimalizálása

A mezőgazdaság, az erdészet és más földhasználati rendszerek felelősek az üvegházhatású gázok kibocsátásának kb. negyedéért. Ugyanakkor a globális mezőgazdasági termelékenységnek évente közel 2%-kal kellene növekednie ahhoz, hogy lépést tudjon tartani a nö-

vekvő élelmiszerkereslettel (WEF, 2014). Jelenleg a mezőgazdasági területek közel negyede súlyosan károsodott. Évente kb. 13 millió hektáryi erdőt irtanak ki. Az éghajlatváltozás és a szélsőséges időjárási viszonyok erőteljesen érintik ezt a területet, hiszen egy-egy földrajzi régió éghajlati és vízrajzi viszonyai alapjában változhatnak meg. *A szélsőséges időjárási viszonyok (áradások, szárazság stb.) gyakorisága komoly nyomást gyakorolhat a vízkészletekre, csökkenhetnek a mezőgazdasági hozamok a fő élelmiszertermelő régiókban, ökoszisztémák és fajok tűnhetnek el.*

Alacsony szén-dioxid-kibocsátású infrastruktúra és energiarendszerek

A modern gazdasági növekedés alapja a termelési infrastruktúra. Az alacsony szén-dioxid-kibocsátású infrastruktúra kulcsfontosságú az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése szempontjából, különösen az energiaszolgáltatás, az épületek és a szállítás terén. Az OECD-országokban szerkezeti elmozdulás figyelhető meg a gáz és a megújuló energia irányába. Eltekintve attól a néhány országtól, amelyek a széntől függenek, a világ legtöbb részén ma már a *földgáz* a legfontosabb új energiaforrás. Az olcsó palagáz kitermelése következtében jelentősen csökkent a szén kereslete az USA-ban. Palagáztartalékok a világ számos részén találhatók. Népszerűségét növeli, hogy *átmenetet jelent az alacsony szén-dioxid-kibocsátású energiarendszerek felé.* Gyorsan képes helyettesíteni a szenet, kisebb a szén-dioxid-kibocsátása és általában kevésbé szennyezi a levegőt. A gáz ráadásul áthidalhatja a megújuló energiaforrásokra épülő erőművek ingadozó kapacitásából adódó problémákat.

A gáz „híd” szerepe azonban önmagában nem garantált. Különböző intézkedésekre

van szükség, mint például a szén teljes társadalmi költségének a megjelenítése, a metánkibocsátás szabályozása, a szén-dioxid-kibocsátás beárnyékolása, az alacsony szén-dioxid-kibocsátású technológiák támogatása. Közép- és hosszú távon azonban nem szabad elfelejteni, hogy a földgáz csak átmeneti üzemanyagnak tekinthető. Nem alacsony karbonintenzitású megoldás, hacsak nem használják mellé a *CO₂-leválasztás és -tárolás (CCS)*³ módszerét.

Aggódalomra adhat okot, hogy a hosszabb távon várható energiakereslet-növekmény meghatározó része fosszilis. Ebben jelentős szerepe lehet annak, hogy *a fosszilis energia-hordozókra vonatkozó támogatás* az IEA adatai szerint *több mint tízszerese a megújuló energiaforrásokra fordított támogatási összegeknek.*

Az energiahatékonysági beruházások növelésével jelentősen csökkenthető és menedzselhetőbb az energiakereslet, ami gazdasági és károsanyag-kibocsátási előnyöket egyaránt hoz. Felmerül azonban a kérdés: *vajon az alacsony szén-dioxid-kibocsátású növekedés költségesebb, mint a magasabb szén-dioxid-kibocsátású? Több tőkére van szükség hozzá?*

Az elemzések szerint az infrastrukturális beruházás extra költségigénye viszonylag kicsi. Ez azzal magyarázható, hogy a megújuló energia és az energiahatékonyabb épületek és közlekedési rendszerek ellensúlyozzák a magasabb tőkeköltséget. A hatékonyság javulásával csökken az energiaigény, csökken a

¹ A karbonadók vagy az emisszió-kereskedelmi rendszerek bevezetése révén keletkező többletbevételek például a munkát terhelő adók csökkentésére, vagy a növekvő K+F-kiadások fedezésére – közöttük a tiszta technológiák „zöld” ösztönző előállítására – forgathatók vissza. Ilyen módon a lényeges távlati előnyök mellett a növekedési potenciál rövid távú mérséklődése is elkerülhető (Conte et al., 2010).

² Sok ország vezetett már be sikeresen energia- vagy üzemanyag-hatékonysági sztenderdeket a közlekedési, építő és berendezésgyártó iparágakban. Az autóiipari üzemanyagsztenderdektől például azt várják, hogy 50%-kal javítsák a flottahatékonyságot az elkövetkező tíz évben. A Brüsszelben elfogadott megállapodás értelmében 2021-ig a kilométerenkénti szén-dioxid-kibocsátás maximum 95 gramm lehet. Az előírt érték az adott autógyártó flottájára vonatkozik. Ezért a hagyományosan nagyobb teljesítményű, nagyobb fogyasztású járműveket előállító vállalatcsoportok csak úgy érhetik el az előírt értéket, ha növelik az alternatív hajtású autók számát. A szabályozási ösztönzők díjazhatják azokat az áramszolgáltatókat, amelyek energiahatékonyságuk javítására tudják rávenni fogyasztóikat.

³ A CCS-eljárással a hőerőművekben keletkező füstgázból vegyi eljárással kiválasztják a szén-dioxidot, majd azt egy geológiai képződmény alkotta tárolóba sajtoltják. A CCS-módszerrel mintegy 80–90%-kal csökkenthető a hőerőművek CO₂-emissziója. Hátrányos tulajdonsága azonban, hogy az eljárás energiaigényes, a szén-dioxid-leválasztó berendezés csökkenti a hőerőmű hatásfokát, és a hosszú távú föld vagy óceán alatti biztonságos tárolás sem kidolgozott.

fosszilis energiába történő beruházás mértéke, jobban tervezett, kompaktabb városok jönnek létre. További megtakarítások származhatnak az alacsonyabb működési költségekből. E megtakarítások összességükben akár teljes mértékben ellensúlyozhatják a többlet tőkeigényt. A *pénzügyi innovációk*, mint például a zöld kötvények, a kockázatmegosztó eszközök, valamint az olyan speciális eszközök, amelyek az alacsony szén-dioxid-kibocsátású eszközök kockázati profilját összhangba hozzák az intézményi befektetők igényeivel, mintegy 20%-kal csökkenthetik a finanszírozási költségeket. A közepes jövedelmű országokban a nemzeti fejlesztési bankok, vagyonalapok és más intézmények játszanak meghatározó szerepet a költségek csökkentésében.

Innováció

Az innováció a gazdasági növekedés egyik legfontosabb motorja, és a korlátozott természeti erőforrások világában a folyamatos növekedés kulcsa. *A digitális technológiák, az anyagtudományok és az innovatív üzleti modellek különösen ígéretesek az alacsony szén-dioxid-kibocsátású gazdaság szempontjából, s már most is éreztetik hatásukat.*

Az új, továbbfejlesztett anyagok révén például csökkentek a termelési költségek, és

növelték a szél- és napenergia teljesítményét, ami globális szinten megnövelte a megújulóba történő beruházásokat. Az anyagtudomány fejlődése komoly hatékonyságjavulást hozott a világítás terén, többek között a fényt kibocsátó diódák (LED) gyors terjedését. Számos, az épületek energia-, valamint a járművek üzemanyag-hatékonyságát javító technológia jelent meg. Az anyagtudomány fejlődése kulcsfontosságú az energiatárolás, valamint a CO₂-leválasztás és -tárolás területén is.

A lehetőségek hatalmasak, ám a technológia nem feltétlenül az alacsony CO₂-kibocsátású irányba fejlődik. Vannak reális korlátok, például a magas szén-dioxid-kibocsátású technológiák alternatív költsége és ösztönzői. Beavatkozásra van szükség, hogy megszűnjenek ezek a korlátok, és felgyorsítsák az alacsony szén-dioxid-kibocsátású innovációt.

Jelen cikk a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0064 projekt keretében készült. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Kulcsszavak: *éghajlatváltozás, fenntartható növekedés, alternatív növekedési pályák, alacsony szén-dioxid-kibocsátású gazdaság, adaptáció*

IRODALOM

- Agrawala, S. – Fankhauser, S. (eds.) (2008): *Economic Aspects of Adaptation to Climate Change: Costs, Benefits and Policy Instruments*. OECD, Paris • http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/environment/economic-aspects-of-adaptation-to-climate-change_9789264046214-en#page1
- Anthoff, David – Tol, Richard S. J. (2012): Schelling's Conjecture on Climate and Development: A Test. In: Hahn, Robert W. – Ulph, Alistair (eds.): *Climate Change and Common Sense: Essays in Honour of Tom Schelling*. Oxford University Press, 260–273. • https://www.researchgate.net/publication/223134280_Schelling%27s_Conjecture_on_Climate_and_Development_A_Test

- Conte, Andrea – Labat, A. – Varga, J. – Zarnic, Z. (2010): *What is the Growth Potential of Green Innovation? An Assessment of EU Climate Policy Options*. European Economy. *Economic papers* 413. Brussels • http://ec.europa.eu/economy_finance/publications/economic_paper/2010/pdf/ecp413_en.pdf
- Dell, Melissa – Jones, B. F. – Olken, B. A. (2008): *Climate Change and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century*. Working Paper 14132 <https://ideas.repec.org/p/nbr/nberwo/14132.html>

- Dell, Melissa – Jones, B. F. – Olken, B. A. (2009): Temperature and Income: Reconciling New Cross-sectional and Panel Estimates. *American Economic Review*. 99, 2, DOI: 10.1257/aer.99.2.198
- Dell, Melissa – Jones, B. F. – Olken, B. A. (2012): Temperature Shocks and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century. *American Economic Journal: Macroeconomics*. 4, 3, 66–95. DOI: 10.1257/mac.4.3.66
- Dellink, Rob – Lanzi, E. – Chateau, J. – Bosello, F. – Parrado, R. – de Bruin, K. (2014): *Consequences of Climate Change Damages for Economic Growth – A Dynamic Quantitative Assessment*. OECD Economics Department Working Papers No. 1135 ECO/WKP(2014)31, Paris • http://www.oecd-ilibrary.org/consequences-of-climate-change-damages-for-economic-growth_5jz2bxb8kmf3.pdf?contentType=%2fns%2fWorkingPaper&itemId=%2fcontent%2fworkingpaper%2f5jz2bxb8kmf3-en&mimeType=application%2fpdf&containerItemId=%2fcontent%2fworkingpaperseries%2f8151973&accessItemIds=151973
- Dietz, Simon (2011): High Impact, Low Probability? An Empirical Analysis of Risk in the Economics of Climate Change. *Climatic Change*. 103, 3, 519–541. DOI: 10.1007/s10584-010-9993-4

- Erdős Tibor (2003): *Fenntartható növekedés*. Akadémiai, Budapest
- Halmai Péter (2014): Krízis és növekedés az Európai Unióban: Európai modell, strukturális reformok. Akadémiai, Budapest
- IEA – International Energy Agency (2013): *Redrawing the Energy-Climate Map*. *World Energy Outlook Special Report*. OECD, Paris, France • http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO_RedrawingEnergyClimateMap.pdf
- Mendelsohn, Robert (2009): *Climate Change and Economic Growth*. Working Paper NO. 60. The World Bank, Washington • <https://environment.yale.edu/files/biblio/YaleFES-00000397.pdf>
- Stern, Nicholas (2007): *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge University Press, Cambridge • http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/sternreview_report_complete.pdf
- World Economic Forum (WEF) (2014a): *Global Risks 2014*. • http://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalRisks_Report_2014.pdf
- World Economic Forum (WEF) (2014b): *The Global Competitiveness Report 2014–2015*. • http://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalCompetitivenessReport_2014-15.pdf



HABITUÁLIS VÁLASZOK AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁSRA

Géczi János Kamarás István

PhD, hab. docens
janos.gecz@gmail.com

az MTA doktora
kamarasi@upcmail.hu

Pannon Egyetem Modern Filológiai és Társadalomtudományi Kar Antropológia és Etika Tanszék

A térségben kialakuló csapadékhiány, illetve a csapadék szélsőségesen egyenlőtlen eloszlása ránk nézve a felmelegedésnél is súlyosabb következményekkel jár, figyelmeztet *Lányi András* (2013), majd így folytatja: „A változás evolúciós viszonylatban viharos sebessége a biológiai sokféleség drámai hanyatlását fogja előidézni. Amit nem tudunk, és amiről többet kellene tudnunk: a társadalom morális állóképességének minősége és összetevői. Az elmúlt években elvégzett hazai vizsgálatokból [Lányi, 2001; Székely, 2002] egyébként megtudhattuk, hogy a lakosság a környezet romlásából származó veszélyeket ugyan rosszul ismeri, de annál aggasztóbbnak találja; hajlandósága, hogy ezek elhárítása érdekében változtasson a viselkedésén, aránylag csekély.” Lányi szerint a megjósolhatatlan kihívásra adandó társadalmi válasz leginkább kutatható előfeltétele az egyes közösségek morális cselekvőképessége lesz, melyben szerepet játszik a távlatos érdekek felismerésének kognitív képessége, amit a cselekvési hajlandóságot és az elköteleződés mértékét tartalmazó attitűdök vizsgálatával láttunk megvalósíthatónak.

Munkahipotézisünk szerint összefüggés mutatható ki a klímaváltozáshoz való viszony és a mentalitás (melynek legjobb szociológiai

megfelelője *Pierre Bourdieu* „habitus” fogalma) között. Feltételeztük, hogy a klímaváltozáshoz való habitualis viszonyulás erős kapcsolatban áll az egyén társadalmi-gazdasági pozíciójával, kulturális tőkéjével, szerepeivel, attitűdjeivel és személyes világképe antropológiai-etikai dimenzióival. Az empirikus kutatást vezető *Leveleki Magdolna* szerint a hazai ököfilozófiai és környezetszociológiai szakirodalomban az éghajlatváltozás témakörében két fő probléma körvonalazódik: 1) A változások negatív következményeinek ismeretében megfogalmazódik-e bennünk az ember felelőssége, azon belül saját felelősségünk, és ha igen, hogyan? 2) A másik kérdés, hogy szükség van-e egyáltalán a sikeres alkalmazkodáshoz alapvető értékrendbeli, gondolkodásbeli változásokra. Ha igen, mi lehet ennek a „paradigmaváltásnak” a tartalma, és mutatkoznak-e jelei a változásnak? Ha az éghajlatváltozás okainak ismeretében egy szükséges és kívánatos változás irányát szeretnénk körvonalazni, a szakirodalom alapján állíthatjuk, a felelős környezeti magatartáshoz elengedhetetlenül szükséges, hogy a haszonelvű-technicista szemléletet felváltsa a környezet megbecsülése, a korlátlan szabadságot az önkorlátozás, a tágabb térhez való kötődést az otthon szemlélet erősödése.

Kutatásunk módszerei

Empirikus vizsgálatunkat a Balaton Kiemelt Üdülőkörzet területén végeztük, ahol különös jelentősége van a környezeti, időjárási viszonyoknak, melyek a tavat körülölelő települések üdülőfunkcióját alapvetően befolyásolják. Feltételezhettük, hogy az itt élő emberek előtt járnak a megváltozott viszonyokhoz történő alkalmazkodásban. A kutatásunk gerincét képező kérdőíves (survey) vizsgálat kérdőíve öt fő témakört foglalt magába: 1) világnézet és értékrend, 2) általános és régióspecifikus problémaészlelés, valamint a tájékozódás forrásai, 3) az éghajlatváltozás különféle aspektusaival kapcsolatos attitűdök, 4) a beavatkozási lehetőségek, változásokhoz való adaptáció, 5) személyes intézkedések, megoldások.

Kétféle mintavételi csoportot képeztünk: A) a régió állandó népessége (300 fő), B) nyolc 40–40 fős ágencscsoport, vagyis olyan társadalmi pozícióban lévők, akik befolyást gyakorolhatnak egyfelől magára az éghajlatváltozásra és annak hatására (mint a mezőgazdasági vállalkozók és a polgármesterek), másfelől pedig – más-más módon és hatókörben – az ökológiai attitűdökre (mint a biológiai- és földrajztanárok, a tanítók, a lelkesek, a médiaszakemberek és a leendő környezetmérnökök) (Dombi, 2014; Kamarás, 2014).

Az éghajlati problémák érzékelése

A régióbeli állandó népességben a legkomolyabbnak tekintett világprobléma egyértelműen a globális felmelegedés volt. Az ágencscsoportokban a legsúlyosabbnak a lelkesek ítélték, legkevésbé súlyosnak az egyetemisták és a vállalkozók (Kamarás, 2014). Úgy tűnik, hogy a globális problémák észlelésében a szakértelem (a tanárok esetében) mellett az

erkölcsi felelősségérzetnek, a széles horizontú gondolkodásnak és az együttérzésnek (lelkészek, tanítók, polgármesterek esetében) szintén befolyásoló szerepe van. *András Ferenc* (2014) arra figyelmeztet, hogy a felismerés morális súlya megkérdőjelezhető, ugyanis a megkérdoztetek jelentős százaléka a problémát a jelenből a jövőbe vetíti, vagyis eltávolítja a cselekvési teréből.

Tájékozottság

A tájékozódás és a tájékozottság olyan függő változók, melyek a problémaészleléshez, az éghajlatváltozással kapcsolatos attitűdökhöz, valamint a döntésekhez és a cselekvéshez képest független változóként is szerepeltethetők. Az informáltságot egyaránt befolyásolja a tájékozódás lehetősége (ami szorosabb kapcsolatban lehet a társadalmi helyzettel és az életmóddal) és igénye (amit az előbbiektől mellett az érdeklődés és az értékrend is befolyásolhat). A tájékozódási lehetőségek befolyásolják az informáltságot, de az informálódás igénye is a lehetőségek kihasználását. A szakemberek (kutatásunkban a leendő környezetmérnökök, valamint a biológiai- és földrajztanárok) esetében mindkét irányú hatással számolhatunk. Az ökológiai irányú tájékozódás és tájékozottság bizonyos mértékig elvárható a település ökológiai környezetéért is felelős polgármesterektől, de a környezettel szembeni erkölcsi kötelezettség tekintetében véleményformáló lelkesektől is. A médiaszakemberek esetében természetesen számolni lehet azzal, hogy egy részüknek nem éppen ez a terület a fő reszortja, ám ebben a kutatásban olyanokat kérdeztünk meg, akik gyakran írtak, szóltak Balaton-fejlesztési témákról. A klímaváltozással kapcsolatos ismeretek lényegesen eltérnek az általános lakossági minta és az ágensek esetében. Bár a la-

kosság érzékeli az időjárásban megmutatkozó szélsőségeket, ennek okairól és a várható következményekről már jóval kevésbé tájékozott (Agg, 2013). Az ágenscsoportok közül legtájékozottabbnak a tanárok, eléggé tájékozottnak a tanítók és a polgármesterek bizonyultak. Az, hogy ebben a tekintetben a médiaszakemberek kevésbé tájékozottak, mint a pedagógusok és a polgármesterek, talán e témával kapcsolatos gyenge motiváltságukkal és affinitásukkal magyarázható. Még ennél is nehezebben magyarázható az, hogy a környezetmérnök egyetemi hallgatók jóval kevésbé informáltak és informálódnak, mint a tanítók meg a biológia- és földrajztanárok. Esetükben a motivációhiány mellett az egyetemi oktatás gyengén motiváló szerepével is számolni lehet.

Alkalmazkodás vagy adaptáció (a döntési és cselekvési lehetőségek megítélése)

Kapitány Ágnes és Kapitány Gábor (2007) különbséget tesznek az alkalmazkodás és az adaptáció között. Definíciójuk szerint alkalmazkodás esetén az individuum reagál a környezetéből érkező hatásokra, de eközben lényegében mind az individuum, mind a környezet az marad, ami volt, az adaptálódó egyén viszont változtat önmagán, viselkedésén, értékrendjén, attitűdjén. Ennek alapján *Leveleki* (2014) arra keresi a választ, hogy találkozzunk-e (és ha igen, mekkora arányban) a megváltozott környezeti, éghajlati viszonyokhoz történő adaptációval (vagyis értékrend- és attitűdváltozással), vagy csupán az adott körülményekhez való alkalmazkodással.

Ebben a tekintetben eléggé kedvezőtlen kép rajzolódott ki: a válaszolók elsősorban a műszaki-technikai megoldásokat preferálják, kevésbé tudatosodott a lokális szemlélet, a lokális közösségek szerepe, fontossága krízis-

helyzetben, és nem túlságosan vonzóak a tradicionális megoldások sem. Fontosabbnak tartják például a passzívházak építését, a szél-erőmű használatát, a házak, épületek hőszigetelését, a napkollektorok, napelemek használatát, mint a belső erőforrások mozgósítását: helyi piacok működtetését, az ismerősök, családtagok egymás közelébe költözését, a helyben megvalósuló közös munkát, kalácsa szerveződését, a szomszédsági kapcsolatok erősítését, a helyben előállított termékek vásárlását, és azt, hogy a gyerekek lakóhelyükön járjanak óvodába, iskolába. Ebben a tekintetben a világnézeti hovatartozás mutatkozott leginkább befolyásolóként, megelőzve az iskolázottságot.

Arra a kérdésre, hogy „Ön szerint van-e lehetőség a cselekvésre az időjáráshoz való alkalmazkodás érdekében?”, a válaszadók 95 százaléka felel igennel, 46%-uk szerint vissza kell fordítani a folyamatokat, 49%-uk szerint pedig meg kell előzni a további romlást, és csak 5%-uk gondolja úgy, hogy el kell fogadni a helyzetet. A magasan képzettek és a városlakók optimistábbak ítélik meg a beavatkozási lehetőségeket, jobban bíznak az ember cselekvőképességében, mint a kevésbé képzett válaszolók. A „Milyen változásra számítanak saját maguk és családjuk életében?” kérdésre adott válaszok azt mutatják, hogy leginkább a környezeti tudatosság, a fogyasztási, vásárlási és az energiahasználattal kapcsolatos szokások változására számítanak, illetve arra, hogy fel kell készülni szükséghelyzetek kialakulására. A fiatalabbak sokkal nagyobb arányban jelölték meg a „valószínűleg változik” és a „biztosan változik” válaszlehetőségeket. Az otthon szemlélet némileg erősebben jelen van a parti városokban és a háttértelepülések községeiben, a magasan iskolázottak (főképpen az egyetemet, főiskolát végzettek), vala-

mint a politikai hovatartozás alapján magukat jobboldalhoz tartozóknak körében. Az önelátás, öngondoskodás fokozását fontosabbnak tartották azok a válaszolók, akik magukat inkább jobboldalnak tartják, mint a politikailag közepén, illetve baloldalon elhelyezkedőket.

Az éghajlatváltozás ellen fellépő tényezők véleményezését tekintve a tanárok és a tanítók mutatkoztak legnyitottabbnak, a polgármesterek és az egyetemi hallgatók a leginkább elzárkózónak.

Beavatkozási lehetőségek

Az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás érdekében felkínált tizenegy eszköz közül valamennyit az ágensek tartják valamivel fontosabbnak. Az átlagpolgárok az erdőszítést és a zöldterületek növelését, a gátak, víztározók és csatornák építését tartják legfontosabbnak, az ágensek ezen kívül a vizes élőhelyek rehabilitációját és az alkalmazkodással kapcsolatos ismeretek integrálását az iskolai és a felnőttoktatásban. A lakosság számára hozzáférhető huszonkét, meglehetősen különböző eszköz fontosságát az átlaglakosság minden esetben fontosabbnak ítélte, mint az ágensek. A legnagyobb különbség a felkínált szomszédsági kapcsolatok erősítése és az ismerősök, családtagok egymás közelébe költözése esetében tapasztalható. Mivel egy-két esetben a konkrét és praktikus ügyekben az átlagpolgárok nyitottabbnak mutatkoztak, első pillanatra talán meglepetést okozhat, hogy a személyes gyakorlat terén egyértelműen az ágensek felé billen a mérleg nyelve, pedig arról lehet szó, hogy eléggé erős a koherencia és a következetesség az attitűdök, a magatartás és a viselkedés, az elmélet és a gyakorlat vonatkozásában.

A beavatkozási lehetőségek felismerése és a mindennapi gyakorlatba való átültetése terén kiemelkedően a tanítók a legnyitottabbnak

és a legaktívabbak, rajtuk kívül valamennyire még a tanárok, a polgármesterek és a médiaszakemberek, legkevésbé pedig az egyetemisták és a lelkészek. Feltűnő, hogy néhány olyan kérdésben, melyekben elvárható lenne, hogy érintettek legyenek, épp a polgármesterek a legközbömbösebbek (pl. a szabadban dolgozók munkavédelme, vagy a helybeli munkahely és óvoda biztosítása) (Kamarás, 2014).

Szabálykövetés és társadalmi részvétel

Attól függően, hogy az attitűdök kognitív, affektív vagy viselkedéses komponense változik-e meg egy-egy szabály elsajátításakor, *Czike Bernadett és Berényi Eszter* (2014) a szabályokat három típusba sorolják: a) behódoláson alapuló viselkedési szabályok; b) az erkölcsi szabályok, amelyeknél a viselkedésen kívül az érzelmi komponens is megváltozik, ez az identifikáció szintje; c) a racionalizálható szabályok, ahol az attitűd mindhárom komponense megváltozik, ez az interiorizáció szintje.

Az éghajlatváltozásokkal kapcsolatos általunk vizsgált attitűdök között munkatársaink mindezeket a típusokat megtalálták. Például a „Megítélése szerint mit lehet tenni annak érdekében, hogy a gazdaság szereplői tekintettel legyenek a természetre?” kérdésre válaszolva a kérdezettek több mint a fele a környezetbarát döntéseket látja leginkább hatékony eszköznek a gazdasági szereplők befolyásolására, vagyis lehetségesnek tartják, hogy az emberek attitűdjét az értelmi komponensen keresztül változtassák. Második helyen, de már csak feleakkora arányban, a szigorú szabályok következnek. Ennek magyarázata sokféle lehet. Lehet a korábbi életükben konkrétan tapasztalt iskolai minta, vagy közvetett társadalmi szinten kapott minta, amelyet a válaszadók valahonnan átvettek. A négy lehetőség közül a szemlélet-

formálás tűnik a harmadik legfontosabb eszköznek. A pénzbírságot, vagyis a behódolás módszerét a válaszadóknak csak két százaléka tartotta legfontosabbnak.

A közös szabályok létrehozásának módjára vonatkozó elképzelésekre és ezen keresztül valójában a társadalmi részvétel szükségességének erősségével kapcsolatos attitűdre is rákérdeztünk: „Kiket, milyen körben és milyen módon vonjanak be a döntések meghozatalába?” A válaszokat az is meghatározta, hogy kinek milyen elképzelése van saját hatásköréről, kompetenciájáról, ami szoros összefüggésben van a külső-belső kontrollis attitűddel. A válaszolók közül a leggyengébb beleszólási móddal értettek egyet a legtöbben, a legkevesebben pedig azzal, hogy a helyi szereplőknek vétőjogot kellene adni, vagyis az összlakosságra a kompetencia-motívum hiánya és a külső kontrollis attitűd jellemző. Az ágensek inkább rendelkeznek kompetencia-motívummal és inkább belső kontrollis attitűdűek, mint az összlakosság. A vétőjogot is megengedő válaszok aránya a legkevesebb kiszolgáltatott vállalkozók és – némi meglepetésre – a tanítók körében haladja meg leginkább az átlagost. A tanítók esetében erősebb igazságérzetükkel és talán nagyobb bátorsággal magyarázható rendhagyó magatartásuk.

Felelősségvállalás

Zsolnai László (1998, 157–159.) szerint a felelős döntéshozatal annak az alternatívának a kiválasztását jelenti, amelyik leginkább megfelel a célok, a normák és az érintettek által együttesen támasztott követelményeknek. A megelőzés és a hatásenyhítés tekintetében megmutatkozó felelősségvállalást tekintve először azt vizsgáltuk, hogy „Lehet-e, szükséges-e, szabad-e tenni valamit az éghajlatváltozás enyhítése érdekében?” Mindhárom kérdésre

mind az alapmintában, mind az ágenscsoportokban csaknem mindenki igennel felelt, de arra a kérdésre, hogy mire van lehetőség, az ágensek valamivel visszafogottabbak, mint az átlagpolgárok: talán realistábbak, mint borúlátóbbak.

Az ökológiai krízisre adható tizenkét válaszlehetőség közül hét szerint az átlagember lényegében semmit sem tehet. Az általunk kért átlagpolgárok egyikkel sem értenek egyet, de a kifejezetten fatalista választ („akár-hogy is élünk, a sors akarata ellen nem tehetünk semmit, a dolgok menetén változtatni nem tudunk, nincs mit tennünk”) inkább elfogadják, mint elutasítják, az ágensek viszont egyértelműen elutasítják azt. Hasonló a helyzet a felelősséget elhárító válaszlehetőségek esetében is.

Az ágenscsoportok tagjai jóval nagyobb arányban gondolják azt, hogy viselkedésük megváltoztatása pozitív hatással lenne a kedvezőtlen éghajlati változásokkal szemben. Ugyanakkor ezekben a körökben kisebb arányban gondolják azt, hogy nem az állampolgároknak, hanem a kormánynak, a vállalatoknak és az iparnak kellene megváltozni.

A megelőzést és a hatásenyhítést szolgáló felelősségvállalással való azonosulás, vagyis egy kifejezetten erkölcsi megnyilvánulás legerősebben a lelkészek körében mutatkozik. Őket a tanítók és a médiszakemberek követik. Legkevesebb jellemző ez a két szakembercsoportra (az egyetemistákra és a tanárookra), valamint a vállalkozókra.

Az ágensek magatartása

Az öt függő változó közül a globális problémák és az éghajlatváltozással kapcsolatos attitűdök és vélemények esetében nincs számottevő különbség a régióbeli állandó lakosság és az ágensek között, csak egyetlen esetben,

a felelősségvállalás tekintetében, ahol jelentős különbség mutatkozott az erkölcsileg érintettebb ágensek javára. A másik három függő változót illetően egyértelműen az ágensek javára billent a mérleg nyelve, így a tájékozódásban és a tájékozottságban, a régióbeli ökológiai problémák iránti érzékenységekben, valamint a beavatkozási lehetőségek felismerésében és azoknak a mindennapi életbe való átültetésében. Mindent összevetve az éghajlatváltozással kapcsolatos attitűdjeiket és elhatározásaikat illetően az ágensek bizonyultak fogékonyabbnak.

Feltételeztük, hogy a globális és a helyi problémák észlelése és a tájékozottság egymást kölcsönösen befolyásolja, és ezt a konglomerátumot mint (egymástól is) függő változót feltételezhetően befolyásolja az egyén kulturális és gazdasági tőkéjével egyaránt jellemezhető társadalmi pozíciója mellett habitusa is. Herwig Büchele (1991) szerint a társadalom humanista reformjához nélkülözhetetlen a társadalmi-politikai cselekvést irányító „alkotó etika”, melyet egyaránt jellemez egyfelől a realitásérzék, vagyis a mindenkori terepviszonyok figyelembe vétele, másfelől az utópia-horizont. Ezeknek a feltételeknek kutatásunkban – énképük és értékrendjük alapján – leginkább a tanítók feleltek meg, ők bizonyultak a leginkább érintettek, bevonnak. A realitás talaján állva, ugyanakkor kellőképpen távlatosan, értékek jegyében és példamutatón cselekedve viszonyultak a komoly kihívást jelentő éghajlatváltozáshoz. Az éghajlatváltozással kapcsolatos attitűdjeikre és elhatározásaikra feltehetően pozitív hatással volt egyfelől értékrendjük, melynek specifikumai között szerepelt a gondoskodás, s felelősség, az együttműködés, a szeretet mellett a gazdag képzelőerő is, másfelől pedig jövőre, vagyis a jövő nemzedékére fókuszáló társa-

dalmi pozíciójuk és szerepük. Kisebb részben igaz ez a földrajz- és biológiatanárookra, akik emellett elsősorban a szakmai jellegű dimenzióban mutattak komolyabb mértékű érintettséget, valamint a lelkészekre, akik elsősorban erkölcsi indíttatással reagáltak a problémákra. A polgármesterek és a médiszakemberek elsősorban a tájékozódásban és a „tettek mezején” jeleskedtek.

Az erkölcsi klímaváltozás esélye

Hans Jonas (2003) arra figyelmeztet, hogy nem elegendő a felelősség intenzitásának növekedése és hatókörének szélesedése, hanem egy olyan kollektív gyakorlat kialakítására lenne szükség, mely összhangban van a jövőre vonatkozó tervezés újfajta, az egyre fokozottabb veszélynek kitett élet (és emberi kultúra) megőrzésére képes etikájával is. Mindez egy phronésis-jellegű készség égető szükségességére mutat rá, egy olyan gyakorlati bölcseségre, mely világosan észlelhetővé teszi a gyakorlati élet morális határait, és amely képes ellátni az egyre növekvő hatékonysággal és produktivitással rendelkező emberi tudásteljesítmények korlátozásának funkcióját. Ebből kiindulva Makai Péter (2013) úgy látja, hogy a változó éghajlat tehát együtt kellene járjon az életmód és a társadalmi rend paradigmaticus átalakulásával. Abban reménykedik, hogy a jövőbeli emberiség egyéni és közösségi életvitelét minden bizonnyal a klímaetikai megfontolásokból következő morális belátásoknak és erkölcsöknek a jellege és azok érvényesíthetőségének mértéke fogja meghatározni. A jelen legfontosabb feladata éppen az, hogy mintát közvetítsen olyan szolidáris közösségek kiépítéséhez, amelyek segítségünkre lehetnek az átmeneti és változó feltételekhez történő adaptálódásban. Ehhez nem egyszerűen a szociális kompetenciák fejlesz-

tésére, illetve a *communio* építését és erősítését szolgáló pedagógiai programokra van szükség, hanem olyan átfogó társadalompolitikai fordulatra, amely szakít a modernitás anyagi jólétet preferáló paradigmájával, annak utópikus progresszióhítével, és képes arra, hogy újra visszahelyezze jogaiba az egyén személyességének súlyát, továbbá az ezzel együtt járó sokrétű felelősség dimenzióját.

IRODALOM

- Agg Zoltán (2013): Néhány gondolat a klímaváltozáshoz való társadalmi-gazdasági alkalmazkodás kérdéseinek kutatásához. *Iskolakultúra*, 23, 12, 153–160. • http://epa.oszk.hu/00000/00011/00180/pdf/EPAA00011_iskolakultura_2013_12.pdf
- Agg Zoltán (2014): *Az éghajlatváltozás és a környezetvédelem kérdésének megjelenése az önkormányzati vezetőknél*. Kézirat.
- András Ferenc (2013): Erkölcsi fogalmaink klímaváltozása. *Iskolakultúra*, 23, 12, 140–146. • http://epa.oszk.hu/00000/00011/00180/pdf/EPAA00011_iskolakultura_2013_12.pdf
- András Ferenc (2014): A tudatlanság fátylán innen és túl. *Iskolakultúra*, 24, 11–12, 229–236. • http://www.iskolakultura.hu/ikultura-folyoirat/documents/2014/2014_11-12.pdf
- Büchle, Herwig (1991): *Keresztény hit és politikai ész*. Egyházfórum, Budapest–Luzern
- Czike Bernadett (1997): A háromféle szabály és az adekvát nevelési módszerek. *Új Pedagógiai Szemle*, 94–100. • <http://epa.oszk.hu/00000/00035/00003/1997-03-lk-Czike-Haromféle.html>
- Czike Bernadett – Berényi Eszter (2014): A szabályokkal és a társadalmi részvétellel kapcsolatos attitűdök. *Iskolakultúra*, 24, 11–12, 237–254. • http://www.iskolakultura.hu/ikultura-folyoirat/documents/2014/2014_11-12.pdf
- Dombi Gábor (2014): *Módszertani tervezés, mintaleírás, adatfelvételi technika és elemzési módszerek* Az éghajlatváltozásból eredő időjárási szélsőségek regionális hatásai és a kárenyhítés lehetőségei a következő évtizedekben c. *tanulmánykötet*hez. Kézirat.
- Jonas, Hans (2003[1979]): *Das Prinzip Verantwortung. Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation*. Suhrkamp, Frankfurt am Main

Jelen cikk *Az éghajlatváltozásból eredő időjárási szélsőségek regionális hatásai és a kárenyhítés lehetőségei a következő évtizedekben* című TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0064 projekt keretében készült. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Kulcsszavak: *klímaváltozás, etika, világekép*

- Kamarás István (2013): Hazai keresztény válaszok az ökológiai válságra. *Iskolakultúra*, 23, 12, 3–29. • http://epa.oszk.hu/00000/00011/00180/pdf/EPAA00011_iskolakultura_2013_12.pdf
- Kapitány Ágnes – Kapitány Gábor (2007): *Türelési stratégiák. Társadalmi adaptációs módok*. Kossuth, Budapest
- Lányi András (2001): *A szag nyomában – környezeti konfliktusok és a helyi társadalom*. Osiris, Budapest
- Lányi András (2012): Az ökológia mint politikai filozófia. *Politikatudományi Szemle*, 21, 1, 105–130. • http://epa.oszk.hu/02500/02565/00069/pdf/EPAA02565_poltud_szemle_2012_1_105-132.pdf
- Lányi András (2013): Morális klímaváltozás. *Iskolakultúra*, 23, 12, 40–48. • http://epa.oszk.hu/00000/00011/00180/pdf/EPAA00011_iskolakultura_2013_12.pdf
- Leveleki Magdolna (2014): Adaptáció és/vagy alkalmazkodás az éghajlatváltozás hatására az élethelyzetek és a szemléletmódok függvényében – a Balaton térség népessége körében végzett empirikus kutatás néhány tapasztalata. *Iskolakultúra*, 24, 11–12, 176–195. • http://www.iskolakultura.hu/ikultura-folyoirat/documents/2014/2014_11-12.pdf
- Leveleki Magdolna (2013): Az éghajlatváltozás és az adaptáció néhány lehetséges módja. *Iskolakultúra*, 23, 12, 59–72. • http://epa.oszk.hu/00000/00011/00180/pdf/EPAA00011_iskolakultura_2013_12.pdf
- Makai Péter (2013): *Klímaetikai realitások. Útban a válsághelyzetek morálja felé?* Kézirat.
- Székely Mózes (2002): Globális problémák és a környezet. *Szociológiai Figyelő*, 3, 116–134.
- Tengelyi László (1992): *A bűn mint sorseselemény*. Atlantisz, Budapest
- Zsolnai László (1998): A felelős gazdasági döntéshozatal modellje. *Közgazdasági Szemle*, 45, 2, 154–162. • <http://epa.oszk.hu/00000/00017/00035/pdf/zsolnai.pdf>

VÁLTOZÓ KLÍMA, VÁLTOZÓ FAJTAHASZNÁLAT A KERTÉSZETBEN

Kocsis László

DSc, az MTA doktora, egyetemi tanár
kocsis-l@georgikon.hu

Horváthné Baracsi Éva

PhD, egyetemi docens
hbe@georgikon.hu

Kocsisné Molnár Gitta

PhD, egyetemi docens
kmg@georgikon.hu

Kovács János

PhD, egyetemi docens
j-kovacs@georgikon.hu

Cseh Eszter

PhD, egyetemi tanársegéd
csehe@georgikon.hu

Pannon Egyetem Georgikon Kar Kertészeti Tanszék, Keszthely

Az utóbbi tíz évben egyre többet foglalkoztatja a klímaváltozás kérdése a szakembereket, hiszen az extrém időjárási jelenségekkel folyamatosan találkozunk és észleljük. Hazánkat is nagyon sokféle extrém időjárási hatás éri, úgymint a sok csapadék, aszály, jégeső, erős téli fagy, késői tavaszi fagy, napégés. Egyes években megnövekszik a napsütéses órák száma, akár 2500 órára is egyes területeken. Kora tavasszal hirtelen felmelegedés, nyári meleg tapasztalható. Sokszor a téli időszakban is meglepően enyhe marad az idő. Még decemberben is előfordult 20 °C körüli hőmérséklet. Ezekhez a megváltozott körülményekhez kell növényeinknek alkalmazkodni. A kertészeti ágazat rendkívül sokrétű, magába foglalja a szőlő-, gyümölcs-, zöldség-, dísznövény valamint gyógy- és fűszernövénytermesztés területét. Ezek önmagukban is számtalan faj termesztését és még több fajta hasz-

nálatát jelentik. Így nemcsak fajainknak, hanem a nálunk alkalmazott magyar vagy külföldi nemesítésű fajtáknak is meg kell birkóznunk ezekkel a változásokkal.

Változó klíma – változó fajtahasználat a dísznövénytermesztésben

A dísznövények az ember környezetének nélkülözhetetlen elemei. Korábban luxusciként tekintettek e sokoldalú növénycsoportra, de ma már egyre többen tudják, hogy a dísznövények esztétikai szerepükön túl, fontosak a káros környezeti hatások mérséklésében is (Schmidt, 2003). Hazánkban mintegy 140 ezer hektár közcélú és magántulajdonú zöldfelületre ültetnek ki különböző dísznövényeket: egy- és kétnyáriakat, évelő lágymagfák és fás szárúakat.

A napjainkban sokat emlegetett és érezhető klímaváltozás természetesen a szabadföld-

dön termesztett, valamint ott felhasználásra került dísznövényekre is jelentős hatást gyakorol. A dísznövénytermesztéssel és -alkalmazással foglalkozó szakemberek véleménye szerint nem kell megijednünk a fent említett változásoktól a faj- és fajtaválasztékot illetően, mivel a jövőben is számíthatunk a már több mint fél évszázada tevékenykedő, hazai dísznövény-nemesítő műhelyben előállított fajtákra, illetve lehetőség van olyan dísznövények behozatalára, amelyek a várhatóan kialakuló klímában is jól érzik magukat (Schmidt, 2004).

Az egynyári dísznövények a virágágásokba és edényekbe kiültetve az év melegebb időszakában díszítik környezetünket. Köztük számos olyan magyar, éghajlati szélsőségeknek ellenálló fajtát találunk, mint például a *Celosia argentea* var. *plumosa* (tollas kakastaréj) 'Arrabona', 'Tokaj', a kerti mályvarózsa (*Alcea rosea*) 'Balaton', 'Szeged', a *Rudbeckia hirta* (egynyári kúpvirág) 'Aranyálom', 'Mackó'.

Az élő lágyszárú dísznövények az egynyári dísznövényekkel ellentétben csupán néhány hétig nyílnak. Ökológiai igényük szerint több csoportba sorolhatók, vannak köztük kifejezetten vizes termőhelyre valók, közepes vízellátottságot igénylők, de szárazságtűrők is. Ez utóbbiak közé tartoznak többek között az *Aster* (élvő őszirózsa), az *Achillea* (cickafark), az *Euphorbia* (kutyatej félek), a *Salvia* (zsálya), a *Sedum* (varjúháj) nemzetségek fajtái és fajtái, amelyek között szintén vannak magyar nemesítésűek, és amelyek közterületi alkalmazására egyre több hazai példát találunk.

A fás szárú dísznövények a kertek és parkok leghosszabb életű növényei. A magyar nemesítésű új fás dísznövény fajták előállításánál a dekorációs hatáson túl fontos szempont, hogy azok minél kevesebb fenntartást igényel-

jenek, ki tudjuk elégíteni ökológiai igényeiket, valamint egészségi állapotuk is fenntartható legyen a változó klímában. A fenti kritériumoknak is megfelelő, közterületre is ajánlható néhány magyar fajta például a lombhullató fák és cserjék közül: a *Fraxinus ornus* (virágos kőris) 'Mecsek', a *Tilia platyphyllos* (nagylevelű hárs) 'Szent István', az *Ulmus pumila* (mezei szil) 'Pusztá', a *Prunus tenella* (törpemandula) 'Kati'; az örökzöldek közül a *Prunus laurocerasus* (babérmeggy) 'Zöld szőnyeg', a *Picea pungens* (ezüsfenyő) 'Balaton' és a *Taxus baccata* (tiszafa) 'Barabits Express'.

Fajok és fajták alkalmazásának változásai a gyógynövénytermesztésben

A világban és ezzel együtt hazánkban is tapasztalható a klimatikus viszonyok megváltozása. A növényeket érő fény intenzitásának növekedésére, az abszolút csapadékmennyiség csökkenésére lehet számítani.

A gyűjtött, őshonos gyógynövényeink életmódját, amelyek alacsonyabb hőmérséklethez és magasabb csapadékmennyiséghez szoktak, negatív irányban befolyásolják ezek a változások. Bizonyos növényfajok, mint például a kisvirágú fűzike (*Epilobium parviflorum*) élőhelyének beszűkülése miatt egyre veszélyeztetettebbé válik.

A termesztett gyógynövények esetében ilyen hatást nem lehet megfigyelni, hiszen többségük, mint a rozmarin (*Rosmarinus officinalis*), orvosi zsálya (*Salvia officinalis*) vagy a muskotályzsálya (*Salvia clarea*) valóban mediterrán eredetű. Számos vizsgálatot végeztek a különféle fajokkal az időjárási tényezők (fényintenzitás, csapadék, hőmérséklet) hatására bekövetkező hatóanyagtartalom-változás megállapítására. Sajnos nehezen határozható meg, mert minden növényfaj másként reagál ezekre. Általánosságban elmond-

ható, hogy a gyógyászat számára értékes anyagok a növényekben az őket ért időjárási stressz hatására megnövekedhetnek, azonban a növényi anyag összteleme csökkenni fog.

Ezek a folyamatok a termesztett és gyűjtött növényeknél is nehezen befolyásolhatók, így a termesztési technika kidolgozása, annak korszerűsítése segíthet a hatóanyagok szintjének stabilizálásában és a növényi anyag mennyiségének optimális szinten tartásában. A technológiai elemek közül a tápanyagok és vízellátottság biztosításán túl fontos a termesztésre szánt növényfaj számára megfelelő terület kiválasztása és természetesen az értékes tulajdonságokat hordozó szaporítóanyag (genetikai anyag) biztosítása (Bernáth, 2006).

A gyógynövények esetében sajnos a fajtaelőállítás nem bír nagy jelentőséggel. Ennek hátterében az áll, hogy nagyon sok fajról van szó, többségüket pedig nagyon kicsi területen termesztik. Ezért a fajta előállításának költsége nem térül meg a nemesítőnek. Számuk sajnos egyre fogyó tendenciát mutat, a 2014. évi jegyzék már csak huszonöt gyógynövényfajt tartalmaz, és mindösszesen huszonnyolc fajtát. Lényegében egy-egy faj esetében csupán egy-egy fajta érhető el (Pernes, 2014). Fajtaválaszték tulajdonképpen csak a máknál (*Papaver somniferum*) és a fehér mustárnál (*Sinapis alba*) van. Általában speciálisan adott hatóanyag növelésére (például morfintartalomra a 'Morwin' és 'Morvital', tebaintartalomra a 'Tebona'), illetve termesztését segítő szándékkal (például kevésbé pergő magvú fajták) kerültek nemesítésre (Bernáth, 2013). A legtöbbjük a Gyógynövény Kutató Intézetként ismert intézményben állították, állítják elő. A szaporítóanyagok többsége fajmegjelöléssel, fajtanev nélkül is forgalomba hozható. A külföldről érkezett vetőmagok többsége ebben a kategóriában található. Sajnos

ezek a magok külföldi országok szelektált populációiból, magfogatásra kijelölt állományokból származnak. Ennek hátrányaként mindenféleképp meg kell említeni, hogy ezek a populációk az adott ország klimatikus viszonyaihoz igazodtak, és az ott regisztrált teljesítőképességük elmaradhat más termőhelyen. Megoldást jelenthetne hazai állományok fenntartása és szelektálása után hazai előállítású vetőmagok forgalomba hozatala vagy az őshonos gyógynövényfajaink populációinak felkutatása, vizsgálata és szelekciója után termesztésbe vonása.

Klíma-változás hatása a gyümölcs-termő növényeink fajtahasználatára

A gyümölcs-termesztés biztonságát befolyásoló tényezők közül is, különösen az utóbbi években, elsősorban a klímaváltozást kell kiemelnünk. A jelenlegi időszakot sokan tartják a klímaváltozásra felkészülési időszaknak.

Gyümölcs-termő növényeink közül jó néhány nagyon kényes az időjárási paraméterekre, csak egyes mikroökoszisztemekben érzi jól magát, így csak kis területen érhető el megfelelő termésmennyiség és minőség. Ezekre a fajokra még fokozottabban kell figyelni az ökológiai igényeik miatt.

Néhány gyümölcsfajunk hazánkban a termesztethetőség északi határán helyezkedik el. Ezek az őszibarack, a kajszi, a mandula és a gesztenye. Ezzel szemben néhány faj esetében hazánk a termesztethetőség déli határán található, mint például a málna, a fekete ribizke és a köszméte. Így kulcskérdés, elsősorban a termésbiztonság kérdésében, a megfelelő, helyes termőhely megválasztása (Soltész et al., 2008).

Legfontosabb gyümölcsünk az alma, melynél a különböző termesztésben lévő fajták esetében jelentős eltéréseket tapasztal-

hatunk az időjárási paraméterekkel szembeni érzékenység terén. Téli fagyokkal szemben például az Idared, a Golden Delicious, a Gloster, Granny Smith és a Mutsu fajták bizonyultak ellenállónak, a tavaszi fagykárosodást jól tűrték az Idared, a Jonagold, a Jonathan M40 és a Gloster fajták. Tavaszi fagykárosodás során a több bibéjű növényeknél, mint az alma is, előfordul, hogy csak a bibék egy része károsodik, így kevesebb mag fejlődik a gyümölcsökben. Ezek a gyümölcsök hullásra hajlamosabbak lesznek, és apróbbak maradnak, esetleg deformált alakúvá válnak. Több fajtánál megfigyelhető laposabb alak, mint például a Kiku8 és a Rubens fajtáknál (Szabó et al., 2008).

Az almafajták napégés iránti érzékenysége nagyon változatos attól függően, hogy a fajta milyen alanyon található. Az eltérő érzékenység az alanyok növekedést, fa- és lombkorona-morfológiát befolyásoló hatásán alapul. Napsugárzás hatására a gyümölcsökön enyhe parásodást, bőrszöveti sérülést tapasztalunk, majd ez a folt rothadásnak indul a fitopatogén gombák támadása eredményeképpen. Az M9-es alanyokon jóval nagyobb napégést tapasztalhatunk, a kisebb lombfalnak köszönhetően, míg M 26-os és MM 106-os alanyokon kevesebb a napégéses kár. Nagyon érzékenyek bizonyultak a Golden Delicious, a Smoothe, és a Gala fajtatípusok. Kevésbé érzékenyek a Braeburn, a Pink Lady, a Prima, a Topaz, a Summerred és a Vista Bella fajták (Szabó et al., 2008).

Nagy problémát okoznak a különösen erős aszályos évek, illetve a nagyon egyenlőtlen csapadékeloszlású idények. Alma esetében a gyenge növekedésű, sekélyen gyökeresedő alanyú, intenzív ültetvényeket öntözés nélkül nagyon rizikós, szinte lehetetlen fenntartani. Természetesen a nemes fajtáknál is meg lehet

állapítani szárazságra érzékenyebb és toleránsabb fajtákat. Az előbbi csoportba tartoznak például a Pink Lady és az Akane fajták, az utóbbi csoportba például a Gala fajták (Hrotkó, 2005).

A klímaváltozás következtében a megnövekedett extrém időjárási jelenségek ellen számos lehetőségünk van védekezni. Ezek lehetnek a fagyvédelem lehetőségei (füstölés, légkeverés, öntözés), lehetnek a jégeső elleni védelem (jégáló, jégágyú), aszály ellen az öntözés, de mindig szem előtt kell tartani a biztonságos gyümölcstermesztés során a helyes fajta kiválasztását és a megfelelő termőhely megválasztását.

A klímaváltozás hatása a szőlő fajtahasználatban

Michael A. White és munkatársainak (2006) tanulmánya az első átfogó mű a klímaváltozás szőlőtermesztésre gyakorolt hatásairól. Egyik fő megállapítása, hogy a jelenlegi terület 81 százaléka lesz csak alkalmas szőlőtermesztésre a jövőben. A klímaváltozás nagyon összetett hatással jelentkezik, némelyek drasztikusan érintik a termelőket, mások esetenként pozitív hatással is bírhatnak. Ültetvényeinket 30–50 évre telepítjük, erre az időintervallumra választunk termőterületet, fajtát, alanyfajtát, technológiát. A megnövekvő átlaghőmérséklet okozhatja az egyik legkézenfekvőbb változást a fajtahasználatban. A fajtákat öt csoportba soroljuk az effektív hőmérsékleti összeg (10 °C feletti átlaghőmérsékletek összege a vegetációs időben) igényük alapján 1390 °C-tól 2220 °C-ig (Winkler, 1972). Az egyes csoportokba került szőlőfajták vegetációs idő alatti hőigényét, valamint a területünkre szóló előrejelzéseket ismerve hozhatunk döntést a fajta megválasztásával kapcsolatban. Az előrejelzések alapján a Kár-

pát-medence évi középhőmérséklete 2050-ig 1–1,5 °C-al emelkedik. Ez alapján növekedhet a magasabb hőigényű fajták termőterülete hazánkban, mint a Kadarka, a Cabernet sauvignon, az Olaszrizling és a Furmint fajtáké. Eltolódhat a termesztett fajták aránya a vörösbort adó fajták javára. Az érésidő is megváltozhat fajtánként, ezáltal a borászatoknak rövidebb idejük lehet a feldolgozásra. Megnövekedhet a cukortartalom egyes fekvésekben és ez a borban mérhető alkoholtartalom növekedésével is jár. Csökkenhet az íz- és aromaanyag-gazdagság, felértékelődnek a hűvösebb fekvésű termőhelyek.

A szélsőséges hőmérsékleti hatások a gyakrabban előforduló tavaszi fagyok formájában is megnyilvánulhatnak. A korai rügyszakadást követő hajtásnövekedés fázisában lévő ültetvények jelentős mértékben károsodhatnak. A későbbi rügyszakadású fajták, mint például a Hárslevelű, erre kevésbé érzékenyek.

Az egyenetlen csapadékeloszlás, a káros csapadékformák előfordulása is próbára teszi szőlőtermesztésünket. A szárazságtűrés mindenképpen előny lesz. Az érzékenyebb szőlőma reakciójú fajták, mint például a Cabernet sauvignon, a szárazságot jobban tűrik. Ebben a kérdésben a szőlőalanyok szerepét hangsúlyozni kell, hisz a legtöbb területünkön oltvánnyal telepített ültetvényeink vannak. A szőlőalanyok szárazságtűrése jelentősen eltérő. A *V. riparia* és *V. rupestris* származású alanyok kevésbé szárazságtűrőek, utóbbiak azonban mélyreható gyökérzettel rendelkeznek, így esetenként kiválóan bírják az arid körülményeket. A *V. berlandieri* keresztezésből származóak sokkal kiválóbbak, különösen a *V. berl.* és *V. rupestris* hibridek, például a Richter 110. Ezeket is meghaladó tűrőképességgel rendelkeznek a *V. vinifera* genomot tartalmazók, például a Fercal, a Georgikon 28. Az

alanyok a növekedési erélyre gyakorolt hatásuk alapján a vegetációt jelentős mértékben befolyásolják, például az 1103 Paulsen késlelteti a zsendülést, kitolja az érést, míg a Georgikon 28 rövidíti azt.

A klímaváltozás hatására az erős széllel érkező viharok gyakorisága megnövekedhet. Ez jelentős károkat okozhat a termesztőnek. Különbségek vannak a fajták hajtásszerkezetében is. A Merlot, a Sauvignon blanc elfekvő hajtásszerkezetű, a Kékfrankos, a Kadarka, a Pinot noir mereven felálló hajtásokat nevel. A Zweigelt, a Chardonnay hajtásainak a töve előbb kezd fásodni, nehezebben törnek ki. Vannak kisebb levelű fajták, mint a Traminer, Cserszegi fűszeres, és vannak kifejezetten nagy levelűek, mint a Kékfrankos, Kékoportó. Ezek a tulajdonságok befolyásolják – a terület fekvése és a választott művelésmód mellett –, hogy egy általunk jól tájoltunk vélt sorban milyen mértékű szélkár következhet be.

Rövid áttekintésünk a jövőre való felkészülésünket segítheti. Ha beigazolódik Gregory V. Jones (2012) tanulmánya, melyben megállapítja, hogy dekádanként 10–30 kilométerrel tolódik azonos tengerszint feletti magasságon északra a termesztés alsó határa, és ennek sebessége a 2020–2050 közötti időszakban meg fog duplázódni, akkor hazánkban igazi mediterrán szőlőtermesztésre kell készülni.

Fajták változása a zöldségtermesztésben

A klímaváltozással kapcsolatosan sok a bizonytalanság, de bizonyos tendenciák azért érzékelhetők. Ilyenek a levegő szén-dioxid-szintjének emelkedése (Haszpra – Barcza, 2005), az átlaghőmérséklet emelkedése és az időjárási anomáliák gyakoribb válása (Gaál et al., 2009). Ilyen időjárási anomáliák lehetnek az őszi és tavaszi fagyok gyakoriságának változása, a hőségnapok számának növeke-

dése, a csapadékviszonyok megváltozása. A CO₂-szint emelkedése 900–1000 ppm-ig a növények termőképességére pozitív hatású (a növényházi termelésben egyre elterjedtebb a szén-dioxid-trágyázás). Ugyanakkor nem zárható ki, hogy a légköri szén-dioxid-szint-emelkedés növényekre gyakorolt pozitív hatását semlegesítik például az UV-B sugárzási intenzitás növekedése vagy a szárazságstressz (Harnos, 2005).

A szén-dioxid-szint és a hőmérséklet együttes emelkedése befolyásolhatja a termesztett fajok arányát. A termőterület jelentős részén, mintegy 30 százalékán már most is csemegekukoricát termesztene Magyarországon. Mivel az említett körülmények között a C₄-es típusú növények, mint a kukorica is, szén-dioxid-megkötő képessége jobb, mint a C₃-as típusú növényeké, ezért a csemegekukorica termőterületének további növekedése várható, feltéve, hogy a piaci viszonyok ezt lehetővé teszik.

A hőségnapok számának növekedésével, illetve az egyéb anomáliák megjelenésével azonban az optimálisnak tekinthető tenyészidőszak lerövidülhet, ezért szabadföldi körülmények között előtérbe kerülhetnek a rövid tenyészidejű fajták, amelyek továbbra is lehetővé tehetik a termelést a megváltozott viszonyok között is.

Az átlaghőmérséklet emelkedésével megjelenhetnek a zöldségtermesztésben újabb kártevők, kórokozók is, ez a rezisztens fajták jelentőségét emeli.

Az enyhébb telek befolyást gyakorolhatnak az áttelelő termesztés gyakorlatára is. Eddig a hidegtűrő fajok, mint a káposztafélék, fejes saláta, hagyma áttelelő termesztése történt, áttelelő fajták alkalmazásával. A klímaváltozás hatására lehetővé válhat más fajok áttelelő termesztése.

A klímaváltozás során a következő stabil klímahelyzet kialakulásáig mindenképpen várható a növényházi termesztés jelentőségének növekedése. A jelenlegi gyakorlat alapján a szabadföldi termesztésre és a téli hajtásra alkalmas fajták markánsan elkülönülnek egymástól. Szabadföldi körülmények között a tenyészidőszakban a fényviszonyok optimálisnak tekinthetők, a téli hajtás során viszont a nappali megvilágítás időtartama rövidebb, illetve a borús napok száma is magasabb. Ha a csapadékosabb időszak inkább a téli időszakra csúszik át, megnő a jelentősége a téli hajtásban a jelenleginél jobb fényhasznosítás képességével rendelkező fajtáknak. Ugyanakkor a mesterséges megvilágítás technológiájának változása kis áramfelvételi, olcsón üzemeltethető LED fényforrások alkalmazásával ezt a kívánalmat felülírhatja. Az enyhébb és később beköszöntő telek növelhetik a kései hajtás gazdaságosságát is, melyhez a hosszú tenyészidejű, folytonos növekedésű fajták lesznek alkalmasak.

A vízellátás zavarai és a magas hőmérséklet előtérbe hozhatnak bizonyos fejlődési rendellenességeket is, mint a virágdifferenciálódás zavara, a termések szabálytalan fejlődése, a paprikán, paradicsomon jelentkező csúcsrothadás, mely utóbbit a vízháztartás zavara miatti kalciumhiány okoz. E hatások kiküszöbölésére mindenképpen a stressztűrőbb típusok termesztése javasolható.

Jelen cikk a TÁMOP-4. 2. 2. A-11/1/KONV-2012-0064 projekt keretében készült. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Kulcsszavak: *klímaváltozás, kertészet, fajta, szőlő, zöldség, gyümölcs, dísznövény, gyógynövény*

IRODALOM

- Bernáth Jenő (2006): Az éghajlat- és időjárás-változás hatásai a gyógy- és aromanövények produkciójára. In: Csete László – Nyéki József (szerk.): *Klímaváltozás és a magyarországi kertgazdaság*. „AGRO 21” Kutatási Programiroda, Budapest, 170–202.
- Bernáth Jenő (szerk.) (2013): *Vadon termő és termesztett gyógynövények*. Mezőgazda, Budapest
- Gaál Márta – Ladányi M. – Szentleki K. – Hegedüs A. (2009): *A kertészeti ágazatok klimatikus kockázatainak vizsgálati-módszertani áttekintése*. („Klíma-21” Füzetek 58) 72–81. • <http://www.vahavahalozat.hu/system/files/klima-21-58.pdf>
- Harnos Zsolt (2005): *A klímaváltozás növénytermelési hatásai*. („Klíma-21” Füzetek 38.) 38–58.
- Haszpra László – Barcza Zoltán (2005): *A magyarországi légköri szén-dioxid mérések szerepe az éghajlati modellek megalapozásában*. („Klíma-21” Füzetek 38) 13–26.
- Hrotkó Károly (2005): *A klímatervezőkhöz való alkalmazkodás lehetőségei a gyümölcsfa-alany használatban*. („Agro-21” Füzetek 39) 24–35.
- Jones, Gregory V. (2012): Climate, Grapes and Wine: Structure and Suitability in a Changing Climate. *Acta Horticulturae*. 932, 19–28. DOI: 10.1007/978-94-007-0464-0_7 • http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-007-0464-0_7

- Pernes György (szerk.) (2014): *Zöldség-, Gyógy- és Fűszernövények Nemzeti Fajtajegyzéke*. NÉBIH, Budapest • https://www.nebih.gov.hu/szakteruletek/szakteruletek/novterm_ig/szakteruletek/fajta_szap/jegyzek/nemzeti.html
- Schmidt Gábor (2003): *Növények a kertépítészetben*. Mezőgazda, Budapest
- Schmidt Gábor (2004): *A klímaváltozás és a magyarországi dísznövénytermelés*. („Agro-21” Füzetek 34) 108–125.
- Soltész Miklós – Nyéki J. – Szabó Z. (2008): *A gyümölcsstermesztést veszélyeztető extrém időjárási hatások*. („Klíma-21” Füzetek 53) 3–13.
- Szabó Zoltán – Racskó J. – Szabó T. – Soltész M. – Lakatos L. – Nyéki J. (2008): *Tavaszi fagyok hatása az alma minőségére*. („Klíma-21” Füzetek 53) 47–52.
- White, Michael A. – Diffenbaugh, N. S. – Jones, G. V. – Pal, J. S. – Giorgi, F. (2006): Extreme Heat Reduces and Shifts United States Premium Wine Production in the 21st Century. *Proceedings of National Academy of Sciences of the USA*. 103, 30, 11217–11222. DOI: 10.1073/pnas.0603230103 • <http://www.pnas.org/content/103/30/11217.full>
- Winkler, Albert Julius (1972): *General Viticulture*. University of California Press, Berkeley



AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS ÉS AZ URBANIZÁCIÓ EGYÜTTES ÖKOLÓGIAI HATÁSAI

Liker András

egyetemi tanár, Pannon Egyetem Környezettudományi Intézet
Limnológia Intézeti Tanszék Ornitológiai Kutatócsoport, Veszprém
andras.liker@gmail.com

A klímaváltozás és az urbanizáció, azaz a természetes élőhelyek lakóhelyekkel, ipari területekkel történő beépítése a jelenleg zajló legjelentősebb globális környezeti változások közé tartoznak. A Föld átlagos felszíni hőmérséklete 0,6 °C-kal emelkedett az utóbbi száz évben, ami szerteágazó ökológiai és mikroevolúciós változásokat indukál az életközösségekben. Az átlaghőmérséklet változása mellett nő a szélsőséges időjárási események gyakorisága, amilyenek például a hőszélsőségek vagy heves esőzések. Ezzel párhuzamosan a természetes élőhelyek (például erdők, gyepek, vizes élőhelyek) és mezőgazdasági területek egyre növekvő részét alakítják át beépített területekké, elsősorban a városok területének növelése céljából. Habár jelenleg a szárazföldek felszínének mindössze 3%-át teszik ki az urbanizált területek, a városi lakosság gyors növekedése miatt ez az arány várhatóan jelentősen emelkedni fog. Mivel a városok alapvető ökológiai viszonyai eltérnek a természetes élőhelyekétől, ezért életközösségeik jelentős változásokon mennek keresztül, ami a mai ökológiai és evolúcióbíológiai kutatás egyik fontos területe. Annak ellenére, hogy a klímaváltozás és az élőhely-urbanizáció

folyamatai számos ponton kapcsolódnak egymáshoz, ezeket általában külön vizsgálják, együttes hatásukról keveset tudunk. Ebben a cikkben röviden áttekintem a városi klíma általános sajátosságait, majd néhány példán keresztül bemutatom, hogy a klímaváltozás ökológiai hatásait hogyan erősítheti vagy éppen mérsékelheti a városi környezet.

A városi klíma néhány sajátossága

A városi környezet egyik legismertebb vonása, hogy gyakran magasabb a levegő vagy a talajfelszín hőmérséklete, mint a környező, nem urbanizált területeké. Ez a jelenség a városi hősziget effektus (UHI – *urban heat island*). A városok szerkezetének és az itt zajló emberi tevékenységnek számos olyan sajátossága van, ami hozzájárul az UHI kialakításához. Ilyen például az épületek és utak jelentős hőelnyelő és -raktározó képessége, az épületek légmozgást csökkentő hatása, a szabad talajfelszín és növényzet megfogyatkozása miatti alacsonyabb intenzitású párolgás, valamint a forgalom, fűtés, légkondicionálás és más hasonló tevékenységek hőenergia-kibocsátása. Habár ezeknek a tényezőknek a hatásai földrajzilag és időben

erősen változhatnak, az UHI világszerte ki-mutatható, és intenzitása – amelyet általában a városi és közeli nem városi mérőhelyek hőmérséklet-különbségével adnak meg – néhány tized °C-tól akár 10 °C-ig is terjedhet. Intenzitása növekszik a városok népességével, például Európában a maximális UHI egy ötvenezres városnál 5–6 °C, míg egy ötmillió-s népességű város esetében 10 °C körüli (Oke, 1973). Mérsékelt övi városokban a legintenzívebb UHI nyári éjszakákon mérhető, míg napközben gyakori, hogy a városi hőmérséklet kis mértékben alatta marad a városon kívüli értéknek. A fentiekből látható, hogy az urbanizációhoz köthető lokális hőmérséklet-növekedés gyakran meghaladja a klímaváltozás hatásához köthető felmelegedés mértékét, a két hatás összegződése révén pedig a városok a természetes területek előtt járnak a felmelegedési folyamatban. Az urbanizált területeken emellett felerősödhetnek a szélsőséges időjárási események hatásai is: például egyes klímamodellek szerint a nyári hőhullámok tartósabbak és intenzívebbek lehetnek a városokban, mint a környező területeken (Li – Bou-Zeid, 2013), amit a mérések is igazolnak.

A magasabb hőmérséklet mellett a városokban általában szárazabb a levegő, mint a természetes élőhelyeken, amit főként a kevesebb természetes talajfelszín és növényzet miatti alacsony párolgás, valamint a csapadék gyors elvezetése okoz. Ezt kompenzálhatja – legalábbis lokálisan – a városi parkokban és kertekben a gyakori öntözés, ami éves szinten jelentős extra csapadéknak megfelelő vízpótlást jelent, és jelentősen befolyásolja a talaj és a növényzet állapotát. Az urbanizált területeken emellett gyakran magasabb egyes légköri szennyezőanyagok (például: NO₂, SO₂) illetve a levegőben szálló por koncent-

rációja, mint a környező területeken. Az urbanizált és természetes élőhelyek a klímán kívül persze sok más fontos ökológiai tulajdonságban is különböznek, ilyen például a növényzet kiterjedtsége, összetétele és struktúrája, vagy a nagy emberi népsűrűség közvetlen hatásai.

Fenológiai változások

A klímaváltozás egyik elsőként felismert és jól dokumentált hatása a növények és állatok szezonális ciklusaiiban bekövetkező változások. A mérsékelt övi életközösségekben ez például a tavaszi vegetációs periódus kezdetének korábbra tolódásában nyilvánul meg: a növények rügyezése, virágzása és lombfakadása évtizedenként tipikusan egy-három nappal, míg az európai és észak-amerikai madarak évtizedenként kettő-öt nappal kezdik korábban a fészkelést, elsősorban a tavaszi hőmérséklet emelkedése miatt (Walther et al., 2002). Ahogy várni lehet, a melegebb lokális klíma miatt a városi populációk tavaszi fenológiája is gyakran korábbra tolódik. Egyes városi növények virágzási és lombfakadási ideje például kettő-kilenc nappal korábban van a városi, mint a környező termőhelyeken, és számos madárfaj városi populációi kezdik korábban (egy fajban akár két-három héttel is) a fészkelést, mint a vidéki területen fészkelő fajtársaik. A jelenséget természetesen nemcsak a magasabb városi hőmérséklet okozhatja, hanem hozzájárulnak más urbanizációs hatások is, például a városi fényszennyezés kimutathatóan csökkenti a madarak költéskezdesi idejét.

Eddig alig vizsgálták a klímaváltozás és az urbanizáció együttes fenológiai következményeit. Az egyik, több mint négy évtizedes vizsgálatban néhány európai növény, például a hóvirág (*Galanthus nivalis*) és a vadcsere-

nye (*Prunus avium*) virágzási dátuma gyorsabban csökkent (azaz vált egyre korábbivá) a vidéki, mint a városi területeken (Roetzer et al., 2000). Európai vonuló madaraknál viszont a városi populációkban csökkent gyorsabban a tavaszi érkezés ideje (Tryjanowski et al., 2013). Egy lepkékkel végzett kutatásban meglepő módon azt találták, hogy az urbanizáció és a hőmérséklet-emelkedés együttesen későbbi tavaszi megjelenést okozott több faj esetében is (Diamond et al., 2014). Ezek az eredmények arra utalnak, hogy a klímaváltozás és az urbanizáció fenológiai hatásai nem egyszerűen additívak, hanem interakcióknak többféle kimenetele lehet. A háttérben álló mechanizmusok egyelőre nem ismertek, de a hőmérsékleten kívül feltehetőleg más urbanizációs hatások is szerepet játszhattak bennük. Például a lepkék későbbre tolódó megjelenését egyrészt okozhatja szűk hőmérsékleti optimumuk, ami miatt a legmelegebb városi környezet már kedvezőtlen számukra, de szerepet játszhat benne a városi területek természetestől eltérő növényzete is.

Szinkronizáltság

az életközösséget alkotó fajok között

A fenológiai változások egyik következménye lehet, hogy az életközösségeket felépítő populációk közötti – esetenként igen pontos – időbeli szinkronizáció csökken. A klíma melegezésének hatására például egy ragadozó zsákmányának életciklusa korábbra tolódhat, mint a ragadozóé. Például egyes szécineg (*Parus major*) és kormos légykapó (*Ficedula hypoleuca*) állományok esetében a fészkelés kezdetének ideje kevésbé tolódott korábbra az utóbbi évtizedek során, mint a fiókák fő táplálékát jelentő hernyók megjelenésének és maximális mennyiségének ideje. Nem meglepő, hogy a lecsökkent szinkronizáció az

ilyen madárpopulációkban alacsony szaporodási sikerhez és a populációk méretének csökkenéséhez vezet.

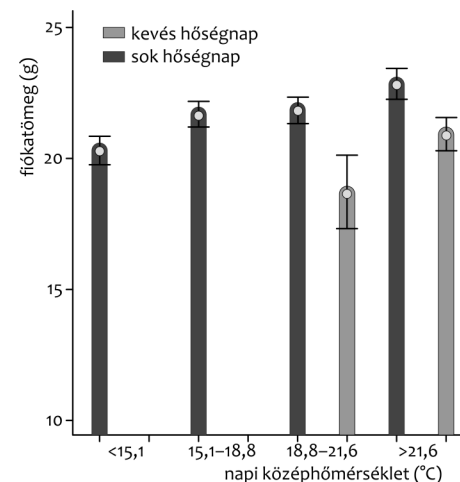
A melegebb városi klíma és más urbanizációs hatások (például a fényszennyezés) erősíthetik a szinkronizáció szétcsúszását, ha a kölcsönhatásban lévő populációk eltérő mértékben reagálnak ezekre, például ha az UHI jelentősebb hatással van a hernyók fejlődésére, mint a madarak fészkelési idejére. Egyes urbanizációs hatások azonban csökkenthetik is a fenológiai szétcsúszást: az enyhébb városi klíma és a kiszámíthatóbb vagy bőségeesebb táplálék (amit a madarak etetése okoz) mérsékelheti a korai fészkelés energetikai költségeit, így a városi egyedek könnyebben alkalmazkodhatnak a fiókatáplálék-maximumok korábbra tolódásához, mint az erdei populációk egyedei. Az eddigi egyetlen empirikus vizsgálatban, amit észak-amerikai pajzstetveken (*Parthenolecanium quercifex*) végeztek, az urbanizáció erősítette a fenológiai szétcsúszást: az enyhe városi klíma miatt gyorsabban fejlődő tetvek gyakrabban kerültek el a fenológiájukban lemaradt parazitoidjaikat, ami a városi fák tetűfertőzöttségének drasztikus emelkedését okozza (Meineke et al., 2014). A veszprémi Pannon Egyetemen működő Ornitológiai Kutatócsoportunk jelenleg vizsgálja a szécinegék fészkelése és a fiókák táplálékát adó hernyók közötti szinkronizációt városi és erdei populációkban.

Szélsőséges időjárási események ökológiai következményei

Az extrém klimatikus események természetükénél fogva ritkák, ám különösen drasztikus hatással lehetnek az életközösségekre, beleértve az emberi népességet is. Jól illusztrálja ezt a Európát 2003 nyarán sújtó hőhullám, ami a kontinens valaha mért legmelegebb nyári

időszaka volt: a leginkább érintett Franciaországban például egyes területeken több napon át 40 °C fölé emelkedett a hőmérséklet, az augusztusi halálozások száma pedig 37%-kal (több mint tizenötezer halálessettel) múlta fölül a korábbi évek azonos időszakát. A hőhullámok hasonlóan drámai tömeges pusztulásokat okozhatnak a vadon élő állatpopulációk esetében is. Például egy ausztráliai denevérféle, a fekete repülőkutya (*Pteropus alecto*) populációjának több mint 10%-a pusztult el egyetlen nap alatt a kolóniákat sújtó extrém hőség miatt (Welbergen et al., 2008). A szélsőséges események tömeges pusztulások nélkül is jelentősen befolyásolják a természetes populációk sikerét. A 2003-as franciaországi hőség hullám negatív hatása például kimutatható volt számos madárfaj populációs trendjében, és különösen nagy egyedszámcsökkenést okozott a szűk hőmérsékleti toleranciájú fajok esetében. Kutatócsoportunk házi verebek (*Passer domesticus*) végzett vizsgálata szerint az extrém meleg időjárás a vadon élő állatok szaporodására is hatással van: a verebek esetében a fiókák fejlődési időszakában előforduló hőségnapok (napi maximum hőmérséklet >30 °C) számának növekedésével csökken a fiókák kirepülés előtti tömege (1. ábra; Pipoly et al., 2013). Egyelőre nem ismerjük, hogy pontosan milyen mechanizmuson keresztül hátráltatja a szélsőséges meleg a fiókák fejlődését: a hőstressznek lehetnek közvetlen fiziológiai hatásai a fiókákra, de hathat a madár szülők utódgondozó viselkedésére vagy a környezet táplálékelérhetőségére is. Egy korábbi vizsgálatunkban kimutattuk, hogy a hím szülők fiókaetetési aktivitását befolyásolja a kedvezőtlen időjárás: szeles és párás időben ritkábban visznek táplálékot fiókáiknak. Elképzelhető, hogy a hőség is hasonló hatással van a hímek gondozó viselkedésére

Hogyan befolyásolhatja az urbanizáció az extrém időjárás hatásait? Egyrészt a városi UHI – elsősorban az éjszakai lehűlés hiánya miatt – fokozhatja a hőhullámok hatását, növelve a városi populációkat érő hőstressz intenzitását. Ez jól tetten érhető több humán vizsgálatban, amelyek európai és ázsiai városok esetében is kimutatták, hogy a hőségidőszakok alatti (pl. kardiiovaszkuláris problémákra visszavezethető) halálozások száma nagyobb arányban nő a városi, mint a vidéki területeken (Urban et al., 2013). Hasonló összehasonlítást vadon élő élőlényekkel egyelőre nem végeztek. Az UHI egy másik következménye az extrém hideg időszakok hatásának mérséklése lehet. Ezek az időszakok hátráltatják a növényzet tavaszi fejlődését, vagy közvetlenül növelik az élőlények mortalitását, és csökkentik szaporodási sikerüket. Ezt az



1. ábra • Házi veréb-fiókák tömegének alakulása különböző fészkelés alatti átlaghőmérsékleteknél, kevés, illetve sok hőségnap mellett (forrás: Pipoly et al., 2013). Az oszlopok az egyes átlaghőmérsékleti tartományba eső fiókák kirepülés előtti tömegét mutatják, a vízszintes vonalak a standard hiba értékeit jelzik.

elképzelést támasztja alá egy angliai vizsgálat, amelyben több éven keresztül követték városi és erdei cinegepopulációk szaporodását. 2012-ben, amikor szélsőségesen hűvös és csapadékos időjárású volt a tavasz, minden vizsgálati helyen jelentősen csökkent a cinegék szaporodási sikere, azonban a városi területeken ez a hatás kisebb volt, mint az erdőkben (Whitehouse et al., 2013). A kutatók azt feltételezik, hogy a fiókák azért fejlődtek jobban a városi területen, mert ott kisebb csökkenést okozott az extrém időjárás a táplálék mennyiségében, mint az erdőkben.

Az extrém időjárás és az urbanizáció interaktív hatásának egy további érdekes példáját szolgáltatja a humán kéz-láb-száj betegség, amit egy enterovírus fertőzése okoz, és első sorban gyermekeknél vált ki tüneteket. Egy Kínában végzett kutatásban azt találták, hogy a szélsőségesen csapadékos időjárás jelentősen növeli a betegek számát, mivel a légúti megbetegedések gyakoribbá válásán keresztül elősegíti a vírus terjedését. Az extrém időjárás hatása különösen erős volt a városi gyerekek körében, amit a kutatók a fertőzés terjedését ugyancsak segítő nagyobb városi népsűrűség magyaráznak (Cheng et al., 2014).

Az elterjedési terület változásai

Az élőlények földrajzi elterjedésének egyik fontos meghatározója a klíma, mivel a különböző fajok a hőmérsékleti és a csapadékvisszonyoknak csak meghatározott tartományán belül tudnak tartósan életben maradni és szaporodni. Várható tehát, hogy a klímaváltozás a fajok elterjedési területében is változásokat idéz elő: az emelkedő hőmérséklet miatt például a Föld északi felén élő melegkedvelő fajok kiterjeszthetik elterjedésüket északabbi vagy magasabban fekvő területekre, míg a hidegkedvelő fajok esetében az elterje-

dési terület beszűkülése következhet be. Ilyen irányú változásokat számos élőlénycsoportból mutattak ki, nem ritka, hogy egyes jól terjedő fajok (például: lepkek, tengeri állatok) areája több tíz vagy száz kilométerrel terjedt ki vagy tolodott északabbra az utóbbi évszázadban (Walther et al., 2002).

A városok megváltozott környezeti viszonyai szintén hatással lehetnek az élőlények földrajzi elterjedésére. Az UHI révén a városok például olyan földrajzi régiókban is alkalmas élőhelyet biztosíthatnak egyes fajoknak, ahol természetes körülmények között nem fordulnak elő. Az ausztráliai szürkefejű repülőlőrők (*Pteropus poliocephalus*) eredeti elterjedési területe a meleg kontinentális – trópusi keleti partvidéken található, 1981 óta azonban a fajnak állandó kolóniája alakult ki Melbourne-ben. Ez jóval délebbre esik a repülőlőrők elterjedésének természetes klimatikus határától, és a város melegebb és – a kolóniák környezetében rendszeres öntözés miatti – párásabb klímája teszi lehetővé itteni fennmaradásukat (Parris – Hazell, 2005). Az UHI mellett az urbanizáció más következményei is segíthetik egyes fajok terjedését. Az utóbbi években Magyarországon is nagy számban megjelenő harlekinkaticák (*Harmonia axyridis*) terjedését például jól prediktálja a környezet urbanizáltsága, mivel ezek a katicák jól ki tudják használni az épületek kínálta kedvező telelőhelyeket. A Dél-Afrikában élő hadadabíszek (*Bostrychia hagedash*) elterjedése eredetileg csapadékos területekre korlátozódott, mivel a puha, nedves talajban élő gerinctelen állatokat fogyasztják. A faj az utóbbi ötven évben urbanizálódott, az öntözött városi területeken szerzi táplálékát, és elterjedési területét sikeresen kiterjesztette a természetes körülmények között számára alkalmatlan száraz vidékekre is.

Az urbanizált területek többféle módon befolyásolhatják a klímaváltozás földrajzi elterjedésre kifejtett hatásait. Egyrészt a természetes elterjedés határain kívül kialakuló városi populációk kiindulópontjai lehetnek a környező területek kolonizálásának, például ha a felmelegedés hatására ezek később a faj számára alkalmassá válnak. Másrészt a városi populációk alkalmazkodhatnak a melegebb klímához, így segíthetik a faj fennmaradását a felmelegedés által érintett területeken. Habár ennek kutatása még gyerekcipőben jár, ismerünk példákat az urbanizált populációk termális tűrőképességének megváltozására. Néhány gomba (pl. a *Chrysosporium pannorum*) városi populációi jobban nőnek melegebb környezetben, mint a faj erdei populációi, ami azt jelzi, hogy a városi populációk már alkalmazkodtak a magasabb hőmérséklethez (McLean et al., 2005). A már említett *P. quercifex* pajzstetveknél is kimutatták, hogy a meleg városi környezetből származó egyedek jobban szaporodnak meleg környezetben, mint a hűvösebb helyről származók. A fenti mechanizmusok hozzájárulhatnak ahhoz, hogy az urbanizálódott fajok jobban ellenáll-

hatnak a felmelegedés hatásainak. Ezzel összhangban az eddigi egyetlen, madarakon végzett vizsgálat azt mutatja, hogy a klíma-előrejelzések alapján készített jövőbeli elterjedési területek mérete és elhelyezkedése az urbanizált fajoknál csak kevéssé változik, míg a vizsgált fajoknál átlagosan 20%-os areacsökkenés várható (Goodenough – Hart, 2013).

Habár az éghajlatváltozás és az urbanizáció együttes hatásainak kutatása még csak a kezdeteknél tart, a terület – ahogya a fenti néhány példa is mutatja – számos izgalmas kérdést tartogat. Mivel e folyamatok a jövőben még inkább befolyásolni fogják környezetünket, kutatásuk fontos ismereteket szolgáltat például a városi egészségügy és a természetvédelem számára.

A szerző munkáját a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0064 és az OTKA K112838 sz. pályázatok támogatták.

Kulcsszavak: globális felmelegedés, élőhely-urbanizáció, fenológiai változások, fenológiai szétcsúszás, elterjedésterület-változás, nagadozó-zsákmány kapcsolat

IRODALOM

- Cheng, Jian – Wub, J. – Xu, Z. – Zhu, R. – Wanga, X. – Li, K. – Wen, L. – Yang, H. – Sua, H. (2014): Associations between Extreme Precipitation and Childhood Hand, Foot and Mouth Disease in Urban and Rural Areas in Hefei, China. *Science of the Total Environment*. 497–498, 484–490. • https://www.researchgate.net/publication/264988288_Associations_between_extreme_precipitation_and_childhood_hand_foot_and_mouth_disease_in_urban_and_rural_areas_in_Hefei_China
- Diamond, Sarah E. – Cayton, H. – Wepprich, T. – Jenkins, C. N. – Dunn, R. R. – Haddad, N. M. – Ries, L. (2014): Unexpected Phenological Responses of Butterflies to the Interaction of Urbanization and Geographic Temperature. *Ecology*. 95, 2613–2621. DOI:10.1890/13-1848.1

- Goodenough, Anne E. – Hart, Adam G. (2013): Correlates of Vulnerability to Climate-induced Distribution Changes in European Avifauna: Habitat, Migration and Endemism. *Climatic Change*. 118, 659–669. DOI: 10.1007/s10584-012-0688-x • <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10584-012-0688-x>
- Li, Dan – Bou-Zeid, Elie (2013): Synergistic Interactions between Urban Heat Islands and Heat Waves: The Impact in Cities Is Larger than the Sum of Its Parts. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. 52, 2051–2064. DOI: 10.1175/JAMC-D-13-02.1 • https://www.researchgate.net/publication/235663083_Synergistic_interactions_between_Urban_Heat_Islands_and_Heat_Waves_the_Impact_in_Cities_is_Larger_than_the_Sum_of_its_Parts

- McLean, Mary Ann – Angilletta, Jr., M. J. – Williams, K. S. (2005): If You Can't Stand the Heat, Stay Out of the City: Thermal Reaction Norms of Chitinous Fungi in an Urban Heat Island. *Journal of Thermal Biology*. 30, 384–391. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2005.03.002
- Meineke, Emily K. – Dunn, R. R. – Frank, S. D. (2014): Early Pest Development and Loss of Biological Control Are Associated with Urban Warming. *Biology Letters*. 10, 20140586. DOI: 10.1098/rsbl.2014.0586 • <http://rsbl.royalsocietypublishing.org/content/10/11/20140586>
- Oke, Timothy Richard (1973): City Size and the Urban Heat Island. *Atmospheric Environment*. 7, 769–779. DOI: 10.1016/0004-6981(73)90140-6
- Parris, Kirsten M. – Hazell, Donna L. (2005): Biotic Effects of Climate Change in Urban Environments: The Case of the Grey-headed Flying-fox (*Pteropus Poliocephalus*) in Melbourne, Australia. *Biological Conservation*. 124, 267–276. DOI: 10.1016/j.biocon.2005.01.035
- Pipoly Ivett – Bókony V. – Seress G. – Szabó K. – Liker A. (2013): Effects of Extreme Weather on Reproductive Success in a Temperate-breeding Songbird. *PLOS ONE*. 8, E80033. DOI: 10.1371/journal.pone.0080033 • <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0080033>
- Roetzer, Thomas – Wittenzeller, M. – Haeckel, H. – Nekovar, J. (2000): Phenology in Central Europe: Difference and Trends of Spring Phenophases in Urban and Rural Areas. *International Journal of Biometeorology*. 44, 60–66. DOI: 10.1007/s004840000062 • https://www.researchgate.net/profile/Thomas_Roetzer/publication/237201703_Phenology_in_central_Europe_-_differences_and_trends_of_spring_phenophases_in_urban_and_rural_areas/links/0c96051bacbaf2524e000000.pdf
- Tryjanowski, Piotr – Sparks, T. H. – Kuźniak, S. – Czechowski, P. – Jerzak, L. (2013): Bird Migration Advances More Strongly in Urban Environments. *PLOS ONE*. 8, E63482. DOI: 10.1371/journal.pone.0063482 • <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0063482>
- Urban, Aleš – Davidková, H. – Kysely, J. (2013): Heat- and Cold-Stress Effects on Cardiovascular Mortality and Morbidity among Urban and Rural Populations in the Czech Republic. *International Journal of Biometeorology*. 58, 1057–1068. DOI: 10.1007/s00484-013-0693-4 • <http://link.springer.com/article/10.1007/s00484-013-0693-4>
- Walther, Gian-Reto – Post, E. – Convey, P. – Menzel, A. – Parmesan, C. – Beebee, T. J. C. – Fromentin, J.-M. – Hoegh-Guldberg, O. – Bairlein, F. (2002): Ecological Responses To Recent Climate Change. *Nature*. 416, 389–395. DOI: 10.1038/416389a • <http://eebweb.arizona.edu/courses/ecol2006/walther%20et%20al%20nature%202002.pdf>
- Welbergen, Justin A. – Klose, S. M. – Markus, N. – Eby, P. (2008): Climate Change and the Effects of Temperature Extremes on Australian Flying-foxes. *Proceedings of the Royal Society B*. 275, 419–425. DOI: 10.1098/rspb.2007.1385 • <http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/275/1633/419>
- Whitehouse, Michael J. – Harrison, N. M. – Mackenzie, J. – Hinsley, S. A. (2013): Preferred Habitat of Breeding Birds May Be Compromised by Climate Change: Unexpected Effects of an Exceptionally Cold, Wet Spring. *PLOS ONE*. 8, e75536. DOI: 10.1371/journal.pone.0075536 • <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0075536>



AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS HATÁSA GAZDASÁGI ÁLLATAINKRA

Nagy Szabolcs Tamás

PhD, egyetemi tanár
nagy.szabolcs@georgikon.hu

Pál László

PhD, egyetemi docens

Bercsényi Miklós

PhD, egyetemi tanár

Farkas Valéria

PhD, tudományos munkatárs

Husvéth Ferenc

DSc, egyetemi tanár

Pannon Egyetem Georgikon Kar Állattudományi és Állattenyésztési Tanszék, Keszthely

A klímaváltozás következtében egyre gyakrabban kialakuló időjárási anomáliák – különös tekintettel a nyári időszak hőhullámaina – megzavarják a gazdasági állatok életfolyamatait, következképpen termelésüket is. Az intenzív termelésre irányuló szelekció ráadásul közvetetten negatív hatással van a hőtoleranciára, ami tovább súlyosbíthatja a klímaváltozás állattermék-előállítás gazdaságosságára gyakorolt negatív hatását. A növekedő környezeti hőmérséklet következtében kialakuló termelés kiesés ma már nem csupán a trópusi országokban jelent gondot, hanem a mérsékelt égövön, így hazánkban is számolnunk kell egyre növekvő jelentőségével. Állattartás-technológiai eszközökkel, mint például a hűtés, a hőstressz csökkenthető, és a takarmányozástechnológia megválasztása is segíthet a magas hőmérséklet okozta életfolyamati változások és termelés kiesés csökkentésében (Renaudeau et al., 2011). A gazdasági állataink környezeti feltételeinek változtatása nyilván-

valóan nem csupán állattartási kérdés, a tartási-takarmányozási körülmények változtatásainak tervezése során gazdasági szempontokat is figyelembe kell vennünk. A jelen áttekintés röviden ismerteti a hőstressz negatív hatásait a fontosabb állati termékek (tej, hús, tojás) előállítására, illetve a tenyésztőállatok szaporodási szempontjából.

Téjtermelés

A tejtermelő tehén – a legtöbb gazdasági állathoz hasonlóan – állandó testhőmérsékletű, homeoterm, és bizonyos hőmérsékleti tartományon belül nem kell extra energiát fordítania teste hűtésére vagy fűtésére (West, 2003). A tejelő szarvasmarha esetében ez a -0,5 és 20°C közötti tartomány. Ebben a tartományban az állatoknak nem kell külön energiát áldozni azért, hogy testhőmérsékletüket azonos értéken tartsák, ezért azt konform vagy neutrális hőmérsékleti zónának nevezzük. Ha a hőmérséklet e zóna föl-

emelkedik (25–26 °C környékén), különösen, ha ez magas páratartalommal párosul, az állatok igyekeznek csökkenteni minden olyan folyamatot, amely hőtermeléssel jár. Az intenzíven tejelő tehenekben az emésztés és az azt követő metabolikus folyamatok adják a hőtermelés nagyobb részét (Baumgard, 2010), így érthető, hogy magasabb környezeti hőmérsékleten az állatok kezdeti és hatékony reakciója a testhőmérséklet fenntartása érdekében a takarmányfelvétel csökkentése. Ennek morfológiai és élettani alapjai is jól kialakulnak az állatokban, hiszen a hipotalamuszban a takarmányfelvételt szabályozó és a hőközpontok között szoros kapcsolat van (Rockebush et al., 1991). A hőmérséklet emelkedése nagy tejtermelésű tehenek takarmányfelvételében is jelentős csökkenést eredményez (Kadzere et al., 2002), és ekkor már célszerű az állatok hűtéséről gondoskodni (Berman et al., 1985). A hőmérséklet emelkedésével a tehenek párologtatással igyekeznek hűteni magukat, de ez gyakran nehéz, ha a páratartalom is magas.

A termelés kiesés nem jelentkezik azonnal, a hőstressz hatása napokkal később figyelhető meg, ami a csökkenő takarmányfelvétellel, az anyagcsere-folyamatok időigényével, illetve az állat hormonális állapotával magyarázható. A magas környezeti hőmérséklet egy sor élettani változást eredményez, amelyek az emésztőrendszer, a sav-bázis egyensúlyt, a vér hormonszintjét érintik. Ezek a változások részben a csökkenő takarmányfelvétel miatt alakulnak ki, részben az állat komfortérzetének csökkenése következtében, a szervezet válaszreakcióival igyekszik visszaállítani a hőegyensúlyt. A tehenek étvágya csökken, az állatok kevesebbet mozognak, keresik az árnyékos, szellős helyeket, nő az időegységenkénti légzésszámuk és párologtatással izzá-

dással igyekeznek hűteni magukat (West, 2003). A növekvő légzésszám – lihegés, zihálás – és a verejtékezés megváltoztatja a vér sav-bázis egyensúlyát, mivel fokozódik a szén-dioxid leadása. Ez a vér szén-sav-bikarbonát arányának megváltozásához, következésképpen alkalózishoz vezet. Utóbbi kompenzálása érdekében nő a szervezet vizelettel történő bikarbonát-kiválasztása, ami viszont acidózist eredményez (Renaudeau et al., 2011). A verejtékezés továbbá jelentős mennyiségű káliumion-vesztést is eredményez (West, 2003). A káliumszint csökkenése problémát jelent a tejtermelés szempontjából, illetve állategészségügyi problémákhoz vezet, nő például a tőgygyulladás kialakulásának esélye (Renaudeau et al., 2011). A hőstressz a tejelő tehenek bendőjében is acidózis kialakulásához vezet (Baumgard, 2010). Ez utóbbi esetben jelentősen csökken a rostemésztés hatékonysága, és hajlamosít a lábvégbetegségekre (sántaság) kialakulására (Nocek, 1997).

Hústermelés

Hústermelésre több állatfajt is alkalmazunk, így a hőstressz hatásainak vizsgálata során faji különbségeket is figyelembe kell vennünk – a sertés, a szarvasmarha vagy éppen a baromfifélék szempontjából. A sertés verejtékmirigyait például nem aktiválja a magas hőmérséklet (Ingram, 1967, idézi Renaudeau et al., 2011), a madaraknak, így a baromfiféléknek pedig nincsenek is verejtékmirigyek. A húshasznosítású szarvasmarha – hasonlóan az előzőekben ismertetett tejtermelő tehenekhez – képes verejtékezéssel is hűteni magát. Másfelől, a sertés és baromfifélék esetében jellemző az intenzív tartástechnológia alkalmazása, ahol a klímaviszonyok mesterségesen alakíthatók – nyilván költségek árán. A marhahústermelés viszont jellemzően extenzívebb, legelőre ala-

pozott technológia keretén belül történik, ami együtt jár azzal, hogy az állatok természetszerű körülmények között élnek, és sokkal inkább kitettek az időjárási tényezőknek. A szabadon, legelőn tartott állatok azonban menedéket tudnak keresni (ha van), árnyékba, szellősebb helyre húzódnak. Ezért fontos, hogy a legeltetési időszakban, a nyári melegben, legalább a déli időszakban árnyékolts helyet (természetes vagy mesterséges) biztosítsunk állataink számára.

A baromfifélék a hiányzó verejtékmirigyek mellett további nehézségekkel kell, hogy együtt éljenek – tollazatuk is nehezíti a hőleadásukat (Sahin et al., 2009), emellett testhőmérsékletük is magasabb, mint az emlősöké. A hústermelésre szelektált broilercsirkék nagy növekedési erélyük és tömeges izomzatuk miatt sokkal inkább érzékenyek a hőstresszre, mint a tojástermelő állományok (amelyekről később teszünk említést). A hőstressz következtében kialakuló növekedéscsökkenés – amely értelemszerűen kevesebb húst, rosszabb takarmányértékesítést, vagy lassabban elkészülő és piacra kerülő terméket jelent – gyakran nagyobb lehet, mint ami a melegben csökkenő étvágy miatti takarmányfelvétel-csökkenéssel magyarázható, ami a takarmányhasznosítás zavarát jelzi (Renaudeau et al., 2011). A mennyiségi csökkenés mellett a húsmínőség romlása is észlelhető – a glükózanyagcsere zavara a hús kémhatásának változását eredményezi (Debut et al., 2003).

Tojástermelés

A hőstressz tojástermelő állományokban a tojt tojások számának csökkenése mellett kisebb tömegű tojásokat, vékonyabb tojáshéjat is eredményez (Sahin et al., 2009). A háttérben itt is a takarmányfelvétel csökkenése áll, az alacsonyabb fehérje- és energiabevitel

felelős a kisebb tömegű tojásokért (Renaudeau et al., 2011), a tojáshéj gyengébb minőségének oka pedig az alacsonyabb kalciumfelvétel, illetve a vér szaporábbá váló légzés következtében kialakuló kémhatás-emelkedése (alkalózis, ahogy a tejelő tehenek esetében is láttuk). A vér tojáshéjképzéshez felhasználható bikarbonát-tartalma csökken, továbbá az alkalózis ellensúlyozására emelkedik a szerves savak termelődése, ami csökkenti a vér szabad kalciumion-tartalmát (Renaudeau et al., 2011).

A hőstressz mindezen túl a madarak immunrendszerét is gyengíti (Sahin et al., 2009), ami érzékenyebbé teszi az állatokat vírusos, bakteriális fertőzésekre, illetve parazitás megbetegedésekre (Quinterio-Filho et al., 2010).

Szaporodás

A hőstressz kiváltotta élettani változások közül elsőként az állatok szaporodásának zavarai jelennek meg (Hoffmann, 2010). Mivel gazdaságos állattermék-előállítás elképzelhetetlen megfelelő szaporodás nélkül, a klímaváltozás szaporodásbiológiai hatásait különösen szem előtt kell tartanunk. Bár gazdasági állataink többsége elveszítette szaporodása adott évszakra korlátozó jellegét, a szaporodás bizonyos fokú szezonalitása még a korszerű, intenzíven termelő fajták esetében is kimutatható. Mint ahogy korábban említettük, a hőstressz felboríthatja a szervezet hormonális egyensúlyát, ami értelemszerűen a nemi hormonok szintjét is érinti. Szarvasmarha esetében a tehenek termékenysége csökken – a nem megfelelő petefészek-működés, ivarzási problémák, a levált petesejt életképtelensége vagy a korai embrionális fejlődés zavarai miatt. A sertés esetében – lévén többet ellő faj, szemben az egyet ellő szarvasmarhával – a fenti problémák mellett az alomszám csökkenése is jelentkezik (Renaudeau et al., 2011).

A nőivar szaporodásbiológiai problémáinak hátterében azonban a hímivar ivarsejt-képzési zavarai is állhatnak. A spermiumképzés optimális hőmérsékleti tartománya emlőállatok esetében a normális testhőmérsékletnél mintegy 2–8 °C-kal alacsonyabb, ezért is vannak a herék a testüregen kívül. A herék hőmérsékletének csökkentése érdekében, azon kívül, hogy azok a testüregen kívül helyezkednek el, egy speciális vérkeringés (rep-kényfonat) alakult ki, amelynek funkciója a hereszövetek hűtése (Senger, 2013). A herék működése szempontjából így a magas környezeti hőmérséklet különösen veszélyes. A képződő ondósejtek életképessége magasabb hőmérsékleten csökken, morfológiai rendellenességek alakulhatnak ki, amelyek – tekintve a spermiumképződés mintegy két hónapos időtartamát – akár több héttel a hőstressz kialakulását követően jelennek csak meg az ejakulátumban. Mindezeket túl a spermium genetikai állománya is károsodhat, ami nem csökkenti feltétlenül az apaállat termékenységi képességét, de zavart szenved az embriók fejlődése, azok korai vagy késői fejlődési stádiumban elpusztulhatnak – ilyen esetben gyakorlatilag lehetetlen különválasztani, hogy a hőstressz a hím- vagy a nőivar szaporodásbiológiai folyamataiban okozott-e zavart.

Az ivarsejtek genomját érintő káros hatások mellett a legújabb vizsgálati eredmények szerint a stressz epigenetikai változásokat is okozhat. A spermiumok által szállított mikrorNS-molekulákban kialakuló változások az utódgenerációban is detektálható élettani eltéréseket okoznak. Egereken végzett vizsgálatokban például a stresszelt hímek utódai depresszív viselkedést és rendellenes szénhidrát-anyagcserét mutattak (Gapp et al., 2014).

A korszerű táplálkozás egyre népszerűbbé válásával nő a haltenyésztési ágazat jelentősé-

ge is. A tenyésztett halak esetében a többi gazdasági állatfajhoz képest egy sor élettani különbséget kell szem előtt tartanunk a klímaváltozás hatásainak vizsgálata során. Az egyik legfontosabb eltérés a környezeti hőmérséklet és az ivar kialakulásának kapcsolata. Az ivar kialakulása a madaraknál és emlősöknél az embrionális fejlődés során viszonylag szabályozott környezeti feltételek között zajlik, ami magában foglalja a hőmérsékletnek az embrió aktuális fejlettségi szakaszához igazodó szabályozottságát is. Ezzel szemben a változó testhőmérsékletű állatok, például a csontos halak embrionális fejlődése a környezeti tényezők folyamatos változásainak kitéve történik, ahol a hőmérséklet ingadozása fontos szerepet játszhat a leendő hal további életében (Conover, 2004).

Bizonyos fajok képesek arra, hogy stratégiaként, reprodukciós sikerük érdekében az ivararányok változtatásával a maguk hasznára fordítsák a külső hőmérsékleti behatásokat. Más fajoknál ez természetes körülmények között nem fordul elő, de ha valamely szélsőséges időjárási esemény következik be, az e fajok esetében teljesen felboríthatja az ivarmeghatározás normális menetét (Devlin, 2002). A hőmérsékletfüggő ivarmeghatározás mechanizmusának ismerete olyan eszközt adhat az ember kezébe, amellyel hormonok és vegyszerek nélkül is lehetséges a tenyésztett halak gazdasági szempontból kívánatos ivararányainak szabályozására (Shen – Wang, 2014). Ez különösen fontos a testméretben vagy a növekedési képességben jelentős ivari dimorfizmust mutató fajoknál.

A hőstressz elleni védekezés

Szerencsére egy sor eszköz áll rendelkezésünkre az extrém környezeti hőmérséklet hatásainak enyhítésére. Szabadon tartott állatok

esetében árnyékos helyek biztosítása, jól szellőztetett permetezőhelyek, kapuk kialakítása, zárt épületben tartott állatok esetében a hőmérséklet és a páratartalom szabályozása, a megfelelő légcseré biztosítása csökkenti a hőstresszt. Rendkívül fontos a megfelelő minőségű – szükség esetén hűtött – és elegendő mennyiségű ivóvíz biztosítása.

A hőstressz káros élettani hatásainak mérésében számos takarmányozási módszer és technológia is segítséget jelenthet (West, 1999; Kleyn, 2013). Alkalmazásukkal fő célunk a termelés fenntartását és az egészség megőrzését szolgáló energia- és tápanyag-felvétel biztosítása a csökkenő takarmányfelvétel ellenére. Ilyen lehetőségek például a takarmány-adag-kiosztás időpontjának helyes megválasztása, a tápanyagok emészthetőségének javítása, a nagy nyersrost tartalmú összetevők kerülése. Célszerű lehet a takarmány lipidekből származó energiahányadának növelése a szénhidrátból származó hányad javára. A túlzott fehérjeellátás helyett elsősorban az optimális esszenciális aminosav felvételének biztosítására kell törekednünk. A hőstressz érintheti a sav-bázis háztartást, ilyenkor szükség lehet a vér kémhatásának befolyásolására, a kation- és anionszintek egyensúlyának fenntartására. A fokozott légzés okozta szén-di-

oxid-vesztés esetén például a takarmány megfelelő szintű bikarbonát kiegészítésével megakadályozhatjuk a vér pH-értékének kóros változását. A hőstressz hatásai ellen további hatékony megoldás a takarmányban található bizonyos vitaminok (például C- és E-vitamin, riboflavin, niacin) és ásványi anyagok (kálium, nátrium, magnézium) koncentrációjának megemlése is.

Az állattenyésztési biotechnológia ugrásszerű fejlődése új eszközöket biztosíthat a fentiek mellett a hőstressz elleni küzdelemben – a hőtolerancia genetikai hátterének felderítésével, a felelős gének azonosításával, a hőtolerancia és a termelés közötti antagonizmus mélyebb megismerésével az állattenyésztők a tenyészállatok kiválasztási szempontjai közé emelhetik a hőtűrést is.

Jelen cikk „Az éghajlatváltozásból eredő időjárási szélsőségek regionális hatásai és a kárnyhítás lehetőségei a következő évtizedekben” című TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0064 projekt keretében készült. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Kulcsszavak: *klímaváltozás, hőstressz, állattiermek-előállítás*

IRODALOM

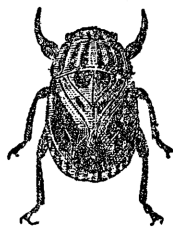
- Baumgard, Lance (2010): *Heat Stress and The Dairy Industry* • <http://www.docstoc.com/docs/49738180/Heat-stressppt--Effects-of-Heat-Stress-on-Lactating-Dairy-Cattle>
- Berman, A. – Folman, Y. – Kaim, M. – Mamen, M. – Herz, Z. – Wolfenson, D. – Arieli, A. – Graber, Y. (1985): Upper Critical Temperature and Forced Ventilation Effects for High-yielding Dairy Cows in a Subtropical Climate. *Journal of Dairy Science*. 68, 1488–1495. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(85)80987-5
- Conover, David O. (2004): Temperature-dependent Sex Determination in Fishes. In: Valenzuela, N. –

Lance, V. (eds.): *Temperature-Dependent Sex Determination in Vertebrates*. Smithsonian Institution Press, Washington DC, 11–20.

Debut, Martine – Berri, C. – Baéza, E. et al. (2003): Variation of Chicken Technological Meat Quality in Relation to Genotype and Preslaughter Stress Conditions. *Poultry Science*. 82, 1829–1838. DOI: 10.1093/ps/82.12.1829 • <http://ps.oxfordjournals.org/content/82/12/1829.long>

Devlin, Robert H. – Nagahama, Yoshitaka (2002): Sex Determination and Sex Differentiation in Fish: An Overview of Genetic, Physiological, and Environ-

- mental Influences, *Aquaculture*. 208 191–364. DOI: 10.1016/S0044-8486(02)00057-1
- Gapp, Katharina – Jawaid, A. – Sarkies, P. – Bohacek, J. – Pelczar, P. – Prados, J. – Farinelli, L. – Miska, E. – Mansuy, I. M. (2014): Implications of Sperm RNA Sin Transgenerational Inheritance of the Effects of Early Trauma in Mice. *Nature Neuroscience*. 17, 667–669. DOI:10.1038/nn.3695
- Hoffmann, Irene (2010): Climate Change and the Characterization, Breeding and Conservation of Animal Genetic Resources. *Animal Genetics*. 41, 32–46. DOI: 10.1111/j.1365-2052.2010.02043.x • <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2052.2010.02043.x/epdf>
- Kadzere, Charles T. – Murphy, M. R. – Silznikove, N. – Maltz, E. (2002): Heat Stress in Lactating Dairy Cows: A Review. *Livestock Production Science*. 77, 59–91. DOI: 10.1016/S0301-6226(01)00330-X
- Kleyn, Rick (2013): *Chicken Nutrition. A Guide for Nutritionists and Poultry Professionals*. Context Products Ltd, England. 157–158.
- Nocek, James E. (1997): Bovine Acidosis: Implications on Laminitis. *Journal of Dairy Science*. 80, 1005–1028. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(97)76026-0 • [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(97\)76026-0/pdf](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(97)76026-0/pdf)
- Quinterio-Filho, Wanderley Moreno – Ribeiro, A. – Ferraz-De-Paula, V. – Pinheiro, M. L. – Sakai, M. – Sá, L. R. M. – Ferreira, A. J. P. – Palermo-Neto, J. (2010): Heat Stress Impairs Performance Parameters, Induces Intestinal Injury and Decreases Macrophage Activity in Broiler Chickens. *Poultry Science*. 89, 1905–1914. DOI: 10.3382/ps.2010-00812 • <http://ps.oxfordjournals.org/content/89/9/1905.full.pdf+html>
- Renaudeau, David – Collin, A. – Yahav, S. – De Basillo, V. – Gourdière, J. L. – Collier, R. J. (2011): Adaptation to Hot Climate and Strategies to Alleviate Heat Stress in Livestock Production. *Animal*. 6, 707–728. DOI: 10.1017/S175173111002448 • http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2FANM%2FANM6_05%2FS175173111002448a.pdf&code=d439fb7c9foed94ad69390f92ddf4fcd
- Rockebush, Yves – Phaneuf, L. P. – Dunlop, R. (eds.) (1991): *Physiology of Small and Large Animals*. Decker B. C. Inc., Philadelphia – Hamilton, 399–406.
- Sahin, Kazim – Sahin, N. – Kucuk, O. – Hayirli, A. – Prasad, A. S. (2009): Role of Dietary Zinc in Heat-stressed Poultry: A Review. *Poultry Science*. 88, 2176–2183. DOI: 10.3382/ps.2008-00560 • <http://ps.oxfordjournals.org/content/88/10/2176.long>
- Senger, Phil L. (2013): *Pathways to Pregnancy and Parturition*. Second Edition. Current Conceptions, Inc., Washington, 58–63.
- Shen, Zhi-Gang – Wang, Han-Ping (2014): Molecular Players Involved in Temperature-dependent Sex Determination and Sex Differentiation in Teleost Fish. *Genetics Selection Evolution*. 46, 26 DOI: 10.1186/1297-9686-46-26 • <http://www.gsejournal.org/content/46/1/26>
- West, Joe W. (1999): Nutritional Strategies for Managing the Heat-stressed Dairy Cow. *Journal of Animal Science*. 77, 21–35. doi:1997.77suppl_22ix • <https://www.animalsciencepublications.org/publications/jas/pdfs/77/suppl2/21?search-result=1>
- West, Joe W. (2003): Effects of Heat-Stress on Production in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*. 86, 2131–2144. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(03)73803-X • [http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(03\)73803-X/fulltext](http://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(03)73803-X/fulltext)



A KISVIZES ÖKOSZISZTÉMÁK PREDIKTÍV ÉRTÉKE A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSAINAK MEGÉRTÉSÉBEN, ÉS JELENTŐ- SÉGÜK A BIODIVERZITÁS MEGŐRZÉSÉBEN

Padisák Judit

az MTA doktora, MTA–PE Limnológiai
Kutatócsoport, Veszprém; Pannon Egyetem
Limnológia Int. Tsz., Veszprém
padisak@almos.uni-pannon.hu

Lázár Diána

MSc-hallgató, Pannon Egyetem Limnológia Intézet
Tanszék, Veszprém • lazar.diana@gmail.com

Yvonne Němcová

PhD, Károlyi Egyetem Botanika Tanszék, Prága
ynemcova@natur.cuni.cz

Vass Máté

MSc-hallgató, Pannon Egyetem Limnológia Intézet
Tanszék, Veszprém • vass.mate90@gmail.com

Tánczos Balázs

PhD, Bűnügyi Szakértői és Kutató Intézet Genetikai
Szakértői O., Budapest • tanczosb@orfk.police.hu

Lengyel Edina

MSc, doktorjelölt, MTA–PE Limnológiai Kutatócsoport, Veszprém
lengyele@almos.uni-pannon.hu

Stenger-Kovács Csilla

PhD, Pannon Egyetem Limnológia Intézet Tanszék,
Veszprém • stenger@almos.uni-pannon.hu

Hubai Katalin Eszter

MSc, doktorjelölt, Pannon Egyetem Limnológia Inté-
zeti Tanszék, Veszprém • hubaikatalin@gmail.com

Magyar Donát

PhD, Országos Környezetegészségügyi Intézet
Aerobiológiai és Pollenmonitorozási Osztály,
Budapest • magyar.donat@gmail.com

Trájer Attila János

Dr. Univ., doktorjelölt, MTA–PE Limnológiai
Kutatócsoport, Veszprém; Pannon Egyetem
Limnológia Int. Tsz., Veszprém • atrajer@gmail.com

Hammer Tamás

MSc, PhD-hallgató, Pannon Egyetem Limnológia
Intézet Tanszék, Veszprém • hammer.t88@gmail.com

A limnológia paradoxonja, hogy alapvető tu-
dásanyagát a mély és nagy tavak vizsgálatából
meríti, holott a tipikus tó kicsi és sekély. Ma-
gyarország – relatíve kis mérete ellenére – ren-
delkezik „nagyvizekkel”: a folyóvizek közül a

Duna és a Tisza emelendő ki, állóvizek tekin-
tetében pedig a Balaton, a Fertő, a Velencei-
tó és a Tisza-tó, de ennek ellenére elsőpró a kis
tavak és patakok nagy száma. E vizek tudomá-
nyos kutatása sporadikus; a „történeti adatok”

használhatósága, a mintavételi, feldolgozási, stb. stratégiák különbözősége korlátozott.

Az EU Víz Keretirányelvének (VKI) 2000-es kibocsátása paradigmatis fordulatot jelentett a „vízminőség” monitorozásában. A VKI célobjektumként jelölte ki a 10 ha-nál nagyobb tavakat és a 10 km²-nél nagyobb vízgyűjtővel rendelkező folyóvizeket. A vízgyűjtő-gazdálkodási tervek ezek rendszeres állapotminősítését öt biológiai minőségi elemre (makrofiton, fitobentosz, fitoplankton, makrogerinctelenek, halak) írják elő. Mindebből következik, hogy növekvő és akkumulálódó tudáshiánnyal nézünk szembe mindazon élőlénycsoportok esetében, melyeket a VKI nem kezel kiemeltként, s mindazon vízterek vonatkozásában, melyek a fenti határértéknél kisebbek. Ráadásul mikroszkopikus fajokra a természetvédelmi monitorozás sem terjed ki.

Hazai és nemzetközi példák sora bizonyítja, hogy a kisvizek – sokszor ökoton jellegük miatt – különlegesen fontosak a biodiverzitás szempontjából, s veszélyeztetettségük igen nagy. Jellemzően (de nem kizárólag) zárt medencéjű vizek, emiatt az időjárás, hosszú távon pedig a klíma változásaira érzékenyek, s az egyre gyakoribbá váló extrém időjárási jelenségek dramatikus flóra-, fauna-, közösség- és ökoszisztéma szintű változásokkal járnak. E tanulmányban olyan kutatási eredményeket összegzünk, melyek rámutatnak e vizek természeti értékeire, biodiverzitásuk gazdagságára, de akár állat- és humánegészségügyi jelentőségekre is.

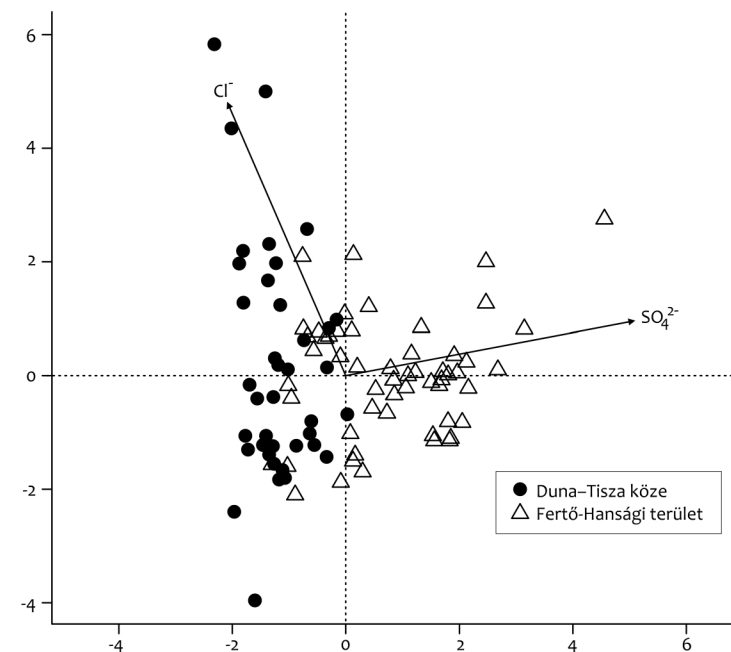
1. Szikes tavak

A szikes tavak zárt medencéjű tavak, amelyek olyan lefolyástalan területen fordulnak elő, ahol a nettó evaporáció mértéke hosszú időtartamban eléri vagy meghaladja a lehulló csapadékmennyiséget. Egyesek szezonálisan vagy

akár évekre is kiszáradhatnak, másokra állandó vízborítottság jellemző. A sós tavak a világ veszélyeztetett élőhelyei közé tartoznak. Számuk az elmúlt évtizedekben megfogyatkozott, és a prognózisok szerint 2025-re tovább csökken (Williams, 2002). A Kárpát-medencében a szikes tavak 90%-a védett területen található, legtöbbjük a nemzeti parkjainkban, mindegyikük a törvény erejénél fogva (*ex lege*) védett élőhely és egyben Natura 2000-es terület. Fizikai és kémiai tulajdonságait a tó geomorfológiája, geokémiája, a párolgás és a csapadék határozza meg. Sótartalmuk és ionösszetételük tág határok között változik. Olyan speciális ökológiai igényű, ritka fajok élnek itt, amelyek semmilyen más víztípusban nem fordulnak elő. A kovaalgák nagyon jól alkalmazható indikátorfajok, minthogy elsődlegesen olyan limnológiai paraméterekre reagálnak, melyek a szikes tavak természetes állapotának megőrzésében alapvető fontosságúak, ilyen például a vezetőképesség, a HCO_3^- , a SO_4^{2-} és a hőmérséklet. Egészen más a kovaalga-összetétel a Duna–Tisza közén, ahol HCO_3^- -dominancia jellemző, mint a Fertő–Hanság-régióban, ahol a magas HCO_3^- mellett a SO_4^{2-} ion mennyisége is kiemelkedő (Stenger-Kovács et al., 2014; 1. ábra).

A magas HCO_3^- -tartalom jó indikátora a *Nitzschia supralitoria*, míg a SO_4^{2-} ioné a *N. aurariae* és a *N. frustulum*. Hogy mely fajok kerülnek majd előnybe a másikkal szemben, vagy mely fajok lesznek sikeresek azért, hogy a magasabb hőmérsékletet, sótartalmat kedvelik vagy tolerálják, arra ökoфизиológiai kísérletek adhatnak választ.

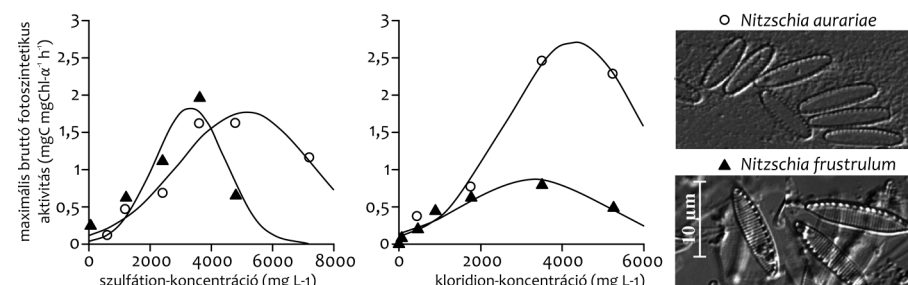
Két, törzsfelődéstaniilag és morfológiailag hasonló, szikes tavakból kitenyésztett faj, a *Nitzschia aurariae* és a *N. frustulum* fotoszintézisét laboratóriumi vizsgálatokban ~32, illetve 28 °C-on találtuk optimálisnak (2. ábra).



1. ábra • A Duna–Tisza közéről és a Fertő–Hansági területről gyűjtött bevonatminták (n=98) korrespondencia-elemzése (CCA) a klorid- és szulfát-tartalom tekintetében

Mindkét faj érzékeny a hidegre, fotoszintézisük 15 °C alatt jelentősen csökken. Habár mind a két kovaalga a szikes élőhelyek jellemző faja, megjelenésük és dominanciájuk eltérő, amelyre magyarázatot adhat az ökológiai

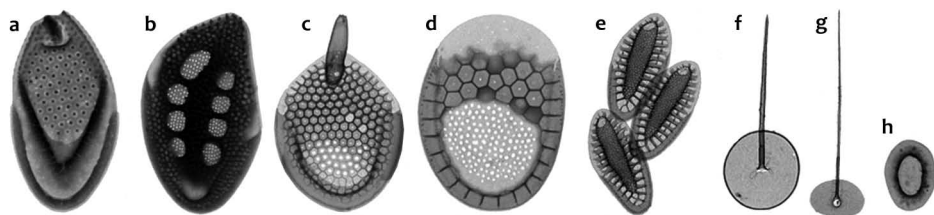
igényeik közötti különbség: a fajok széles toleranciával jellemezhetők, de a *N. aurariae* szulfát- (5336 mg L⁻¹) és kloridion- (4283 mg L⁻¹) koncentráció optimuma nagyobb, mint a *N. frustulum* (3332 és 3253 mg L⁻¹).



2. ábra • A *Nitzschia aurariae* és *N. frustulum* kovaalga fajok különböző hőmérsékleten mért (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 °C) átlagos, maximális, bruttó fotoszintetikus aktivitása szulfát- és kloridiongradiens mentén

2. Szilíciumpikkelyes flagelláták

A szilíciumpikkelyes algák a plankton egy speciális csoportját alkotják. Ökofiziológiai jellemzőjük, hogy nem rendelkeznek olyan enzimekkel, melyek a hidrogén-karbonát szénforrást való felhasználását és a foszfát lúgos vizekből való felvételét lehetővé tennék. Ostoros mozgásuk „imbolygó”, potenciálisan mixotrófok. E jellemzők behatárolják azon élőhelyeket, melyekben előfordulnak: enyhén savas, közepes-magas huminanyagtartalommal rendelkező, szélhatásnak kevésbé kitett (tehát kicsi) víztestek. E víztípus geokémiai okok folytán Magyarországon ritka, s egyes területektől eltekintve világviszonylatban is jellemzően szigetszerű előfordulása. Mintegy 300 faj tartozik e csoportba, köztük jelentős számban olyanok, melyeket jól körülhatárolható cirkumpoláris, bipoláris vagy pantropikus elterjedés jellemez. Magyarország speciális biogeográfiai határhelyzetben van e csoport algáinak szempontjából. A kora tavaszi időszakban a nordikus fajok jelennek meg nagy faj- és egyedszámban az erre alkalmas kisvizekben, nyáron a tropikus fajok előfordulása jellemző, így elterjedési mintázataik változása klímaváltozási folyamatokat indikálhat.



3. ábra • a – *Mallomonas calceolus*, apikális pikkely; b – *M. lichenensis*, tüske nélküli testi pikkely; c – *Synura curtispina*, tüskés testi pikkely; d – *S. uvella*, kaudális pikkely; e – *S. petersenii*, tüske nélküli testi pikkely; f – *Paraphysomonas vestita*, tüskés pikkely; g – *P. imperforata*, tüskés pikkely; h – *Spiniferomonas trionalis*, tüske nélküli pikkely

A Kab-hegy bazaltkarsztmezőin számos szélvédett tavacska található, melyek vize az alapkőzet jellege és a behulló avar bomlása miatt huminanyagokkal színezett, enyhén savas kémhatású. A nyári hónapokban csak a kifejezetten csapadékos években nem száradnak ki. Természetvédelmi értéküket mutatja, hogy többet közülük tavasszal a békaliliom (*Hottonia palustris*) virágszőnyege borít. A 2013 március-áprilisában, öt tavacsából gyűjtött tizenöt mintában elektonmikroszkópos vizsgálatokkal egyedülállóan gazdag flórát mutattunk ki. Összesen 35 *Chrysophyceae* fajt azonosítottunk: egy *Chrysosphaerella*, egy *Chrysodidymus*, huszonkét *Mallomonas*, hat *Paraphysomonas*, három *Synura*, egy *Spiniferomonas* és egy *Tessellaria* fajt.

Nyolc olyan konstans fajt találtunk, amely mind az öt tóban jelen volt (1. táblázat; [az öt jelzetlen függőleges oszlop az 5., 4., 3., 2. és 1. tavat jelenti], 3. ábra), továbbá tíz olyan fajt is azonosítani tudtunk, amelyek a vázolt élőhelytípuson belül is csupán bizonyos élőhelyekhez köthetők. Az egyes élőhelyeken átlagosan tíz fajt azonosítottunk, közöttük szignifikáns különbséget a fajszám tekintetében nem találtunk, viszont az egyes élőhelyek különleges és egyedi flórával jellemezhetők.

+			+	+	<i>Chrysosphaerella brevispina</i>
+					<i>Chrysodidymus synuroideus</i>
+	+	+	+		<i>Mallomonas akrokomos</i>
	+		+	+	<i>M. alata</i> f. <i>alata</i>
	+		+	+	<i>M. alata</i> f. <i>hualvensis</i>
				+	<i>M. annulata</i>
+	+	+	+	+	<i>M. calceolus</i>
	+	+	+	+	<i>M. clavus</i>
				+	<i>M. formosa</i>
	+				<i>M. glabra</i>
		+	+		<i>M. heterospina</i>
		+	+	+	<i>M. insignis</i>
	+		+	+	<i>M. leymeme</i>
+	+	+	+	+	<i>M. lichenensis</i>
+					<i>M. magnofera</i>
+					<i>M. munda</i>
+					<i>M. oviformis</i>
	+		+		<i>M. parvula</i>
+	+			+	<i>M. papillosa</i>
	+			+	<i>M. pillula</i> f. <i>valdiviana</i>
+		+	+		<i>M. pumilio</i> var. <i>dispersa</i>
	+			+	<i>M. pumilio</i> var. <i>pumilio</i>
	+		+	+	<i>M. retifera</i>
			+	+	<i>M. retifera</i>
			+		<i>M. reticula</i>
			+	+	<i>M. striata</i>
			+	+	<i>M. tubulosa</i>
+					<i>P. caelifrica</i>
+			+	+	<i>Paraphysomonas corynephora</i>
			+		<i>P. eiffelii</i>
+	+	+	+	+	<i>P. imperforata</i>
	+	+	+	+	<i>P. punctata</i>
+	+	+	+	+	<i>P. vestita</i>
+	+	+	+	+	<i>Synura curtispina</i> f. <i>reticulata</i>
+	+	+	+	+	<i>S. uvella</i>
+	+	+	+	+	<i>S. petersenii</i>
+	+	+	+	+	<i>Sp. trionalis</i>
+					<i>Tessellaria lapponica</i>

+			+	+	<i>Chrysosphaerella brevispina</i>
+					<i>Chrysodidymus synuroideus</i>
+	+	+	+		<i>Mallomonas akrokomos</i>
	+		+	+	<i>M. alata</i> f. <i>alata</i>
	+		+	+	<i>M. alata</i> f. <i>hualvensis</i>
				+	<i>M. annulata</i>
+	+	+	+	+	<i>M. calceolus</i>
	+	+	+	+	<i>M. clavus</i>
				+	<i>M. formosa</i>
		+	+		<i>M. heterospina</i>
		+	+	+	<i>M. insignis</i>
	+		+	+	<i>M. leymeme</i>
+	+	+	+	+	<i>M. lichenensis</i>
+					<i>M. magnofera</i>
+					<i>M. munda</i>
+					<i>M. oviformis</i>
	+		+		<i>M. parvula</i>
+	+			+	<i>M. papillosa</i>
	+			+	<i>M. pillula</i> f. <i>valdiviana</i>
+		+	+		<i>M. pumilio</i> var. <i>dispersa</i>
	+			+	<i>M. pumilio</i> var. <i>pumilio</i>
	+		+	+	<i>M. retifera</i>
				+	<i>M. striata</i>
			+	+	<i>M. tubulosa</i>
+					<i>Paraphysomonas caelifrica</i>
+			+	+	<i>P. corynephora</i>
			+		<i>P. eiffelii</i>
+	+	+	+	+	<i>P. imperforata</i>
+	+		+		<i>P. punctata</i>
+	+	+	+	+	<i>P. vestita</i>
+	+	+	+	+	<i>Synura curtispina</i> f. <i>reticulata</i>
+	+	+	+	+	<i>S. uvella</i>
+	+	+	+	+	<i>S. petersenii</i>
+	+	+	+	+	<i>Sp. trionalis</i>
+					<i>Tessellaria lapponica</i>

1. táblázat • A Kab-hegyi tavakban talált szilíciumpikkelyes *Chrysophyta* fajok listája

3. Dendrotelmák

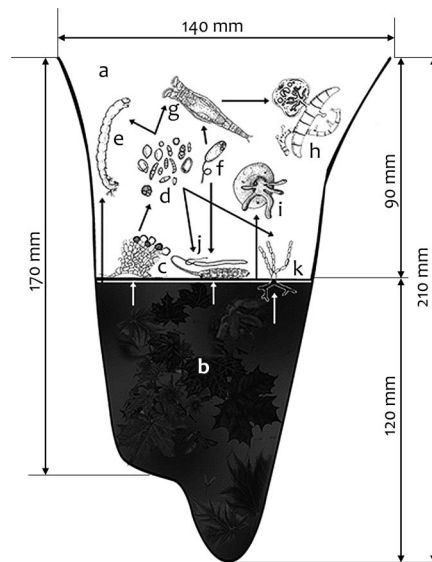
A vízi mikroökoszisztémák közé tartoznak a dendrotelmák (vízzel telt faodvak, vízsebek), melyek lényegében természetes úton kialakult esővízgyűjtő élőhelyek.

Általában a fák ágelágazásainál, illetve talajközeli gyökérrészeknél alakulnak ki, az esővizet és a mikroorganizmusok számára jelentős táplálékforrást (avar, pollen, termések, elpusztult rovarok) gyűjtve össze kis térfogatukban (0,1–2 liter). Ez megteremtí a feltételeit annak, hogy számos élőlény csoport (kisméretű rákok, szúnyoglárva, húr-, kerek- és fonálféreg, házatlan és házas amőbák, csillósok, ostorosok, vízi bogárlárva és algák) népesítse be őket (4. ábra). A vízzel telt faodvak humánegészségügyi szempontból is kiemelt figyelmet érdemelnek az ott megtelepedő vektorok (például szúnyoglárva) miatt. A klímaváltozás eredményeképp a dendrotelmák kiszáradása és eltűnése gyakoribb jelenséggé válhat, így kiemelt figyelmet érdemelnek mind sérülékenyséjük, mind biodiverzitási értékeik miatt.

A dendrotelmák módszertani előnyeként említhető a költséghatékony és gyors mintavétel, hiszen itt akár egy mintavétellel is reprezentatív adatokhoz juthatunk a teljes élőhelyről (Yanoviak – Fincke. 2005). Néhány csoport (például makrogerinctelenek) esetén viszont ez nagy beavatkozást (károsítást) okoz, ellehetetlenítve az időbeli vizsgálatokat. Roger L. Kitching (2009) a módszertan széles spektrumát mutatja be, ám nélkülözve a mikroszkopikus gombákat, melyek jelentős szerepet töltenek be a dendrotelmák lebontási folyamataiban. Említésre méltó, hogy a vízzel telt odvak gombafőlráját elsőképp magyar kutatók tárták fel (Gönczöl, 1976; Gönczöl – Révay, 2003), és az ő munkáikon kívül e

témakörben alig látott szakirodalom napvilágot. Gombaközösségének vizsgálatához nem szükséges destruktív módszert alkalmazni, elégséges az odú egy kis vízmennyiségének vizsgálata mikroszkóposan vagy molekuláris biológiai módszerekkel.

Egy ötéves kutatás során egy korai juharon kialakult dendrotelmában 140 gombafajt, köztük számos ismeretlen taxont detektáltunk, mely figyelemre méltó biológiai diverzitást jelez. Egy jelenleg értékelés alatt álló kutatás során három további faodú (két berkenye, egy diófa) gombaközösségét és gerinctelen faunáját tártuk fel. Mindkét vizsgálat-sorozat eredményei jelzik, hogy az egyes fa-



4. ábra • Egy korai juharon (*Acer platanoides*) kialakult, vízzel telt faodú táplálékhálózata • a: szabad víztér, b: szerves törmelék mint tápanyagforrás, c: lebontó gombák, d: gombaspórák, e: árvaszúnyog-lárva, f: ostoros egysejtűek, g: kerekféreg, h: *Cephalophora muscicola* (egy kerekféreg-csapdázó gomba), i: házas amőbák, j: hereléglárva, k: aktinobaktériumok (Vass – Magyar 2013)

odúk más-más gombaközösséggel bírnak, valamint hogy az időjárási paraméterek szélsőséges változásai jelentős hatást gyakorolnak a dendrotelmák közösségeire. Az élőhelyet biztosító fák vegetációs periódusainak (például lombhullás) esetleges időbeli eltolódásai a jövőben jelentősen befolyásolhatják a gombák diverzitásváltozásainak ütemét. A táplálékhálózatokban strukturális változások és különféle szabályozási útvonalak eltolódása, eltűnése vagy éppen megjelenése várható az azokat erő szélsőséges időjárási folyamatoknak köszönhetően. Ezt a folyamatot inváziós fajok (például trópusi szúnyogok) sikeres elterjedései tovább fokozhatják.

4. Két invazív, betegségterjesztő (vektor) faj: a tigrisszúnyog és a *Phlebotomus neglectus* lepkeszúnyog

A betegségterjesztő ízeltlábúak – amelyeket a kórokozó-átvitel irányítottaságára utalva a szaknyelv vektoroknak nevez – érzékenyen reagálnak a klimatikus viszonyok megváltozásaira. Emiatt az antropogén klímaváltozás legnagyobb horderejű lehetséges következményei között tartják számon az ízeltlábú vektorok és az általuk terjesztett kórokozók által okozott megbetegedések esetszámának és elterjedési területének világszintű növekedését. Különösen aggasztó lehetőség ezek terjeszkedése a mérsékelt klímájú területekre, valamint a magasabb tengerszint feletti magasságokba. A vektorok által terjesztett betegségek a fejlődő világban már napjainkban is a legfontosabb halálokok között szerepelnek, s itt a legtöbb áldozatot követelő öt megbetegedés egyike még mindig a maláriaszúnyogok (*Anopheles*) által terjesztett *Plasmodium* fajok okozta váltóláz, különösen az öt év alatti gyermekek körében. A főként *Aedes* szúnyogfajok által terjesztett Dengue-láz és

a haemorrhagiás Dengue-láz (DHF) pedig a leggyorsabban növekvő esetszámot és térbeli terjedést mutató ízeltlábúak által terjesztett betegségek. Az e vektorok által közvetített betegségek jelentősége világszerte megnőtt az elmúlt évtizedekben, amit híven tükröz angol összefoglaló nevük: *emerging diseases*. A kontinensünkön napjainkban invázióknak tekinthető csípőszúnyog (*Culicidae*) fajok a következők: *Aedes aegypti*, *Ae. atropalpus*, *Ae. japonicus*, *Ae. koreicus* és a talán legnagyobb jelentőséggel bíró faj, az ázsiai tigrisszúnyog, *Ae. albopictus*. Az *Ae. albopictus* lehetséges megtelepedését a Kárpát-medencében a klimatikus alapú szimulációk is valószínűsítik (Trájer et al., 2014). Az invazív fajok terjedésének járványtani kockázatait elemezve tekintettel kell lennünk arra, hogy a fenti szúnyogfajok vektorstátusza nem minden esetben kellően tisztázott, továbbá, hogy ún. gazdaváltás révén őshonos szúnyogfajok is terjesztőkké válhatnak.

A tigrisszúnyogot különösen fenyegető veszélyforrásnak tekintik, mivel több magas mortalitási rátájú betegség (többek között Chikungunya-láz, sárgaláz és Dengue-láz) kórokozójának terjesztője, emellett kiváló terjedési képesség jellemzi. A hetvenes évek végére tehető albániai megjelenése óta számos európai mediterrán országban igazolták előfordulását. Horvátországban és Szlovéniában 2004-ben, illetve 2006-ban írták le először a faj előfordulását, így jövőbeni jelenléte hazánkban sem zárható ki.

Egy 2014-ben végzett tájékozódó vizsgálatban a faj jelenlétét próbáltuk felderíteni hazánk déli határvidékén egy már ismert zágrábi élőhelytől kiindulva. Az *Ae. albopictus* szaporodásához elsősorban a periodikus vagy alkalmi kisvizet igényli. Preferált élőhelyei a technotelmák (gyakran vízzel telt autóg-

A NÖVÉNY SZEREPE A VÍZTAKARÉKOS SZÁNTÓFÖLDI GAZDÁLKODÁSBAN

Veisz Ottó Varga Balázs

az MTA doktora, tud. tanácsadó, osztályvezető
veisz.otto@agrar.mta.hu

PhD, tudományos főmunkatárs
varga.balazs@agrar.mta.hu

MTA Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár

Bevezetés

A mezőgazdaság a várható klímaváltozás kedvezőtlen hatásainak egyik leginkább kitett gazdasági ágazat. A növénytermesztés eredményessége alapvetően befolyásolja az élelmi-szer-előállítás biztonságát, ezért stratégiai cél a kedvezőtlen hatások okozta veszteségek elkerülése vagy mérséklése. Az MTA Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézetében – Európa egyik legnagyobb fitotron-jában és szántóföldi tenyészterjeiben – végzett kísérletek eredményeire alapozva több mint két évtizede foglalkozunk a klímaváltozás várható hatásainak alap- és alkalmazott kutatásával, azok mértékének meghatározásával, alkalmazkodóképes fajták előállításával.

Magyarország földrajzi fekvése és természeti adottságai a térség medence jellegéből adódóan növelik a termelés eredményességének bizonytalanságát. Az ország klímája három klímazóna (atlanti, mediterrán, kontinentális) határán helyezkedik el, így az időjárás attól függően alakul, hogy mely hatás kerül túlsúlyba. A szélsőségesebbé váló időjárás közvetlen hatásai további kockázatt növekedést jelentenek a növénytermelés, a talajállapot és az állattenyésztés vonatkozásában is.

Növeli a sérülékenységet és csökkenti a produktivitást. Az időjárás változékonysága és szélsőségekre való hajlama miatt nem jelent megoldást az ország egyes tájait célzó, eltérő környezeti igényű fajták nemesítése és köztermesztésbe történő bevezetése. Olyan fajtákra van szükség, melyek optimális feltételek között nagy termést adnak, de kedvezőtlenebb körülmények között is képesek megfelelő temésszintek elérésére, mivel a szárazodás és a csapadékcsökkenés minden mezőgazdasági területet érint és érinteni fog.

A mezőgazdasági termelés hatékonyságát és jövedelmezőségét a mikro- és makrogazdasági környezet határozza meg, melyhez a termelők a megfelelő gazdasági stratégia megvalósításával tudnak alkalmazkodni. A szántóföldi növénytermesztés során különösen fontos a terület adottságaihoz leginkább alkalmazkodni képes fajta kiválasztása, a megfelelő termesztéstechnológia alkalmazása, mely az agrotechnika elemeinek okszerű megválasztásán túlmenően magában foglalja a megfelelő vetésszerkezet kialakítását is. A termelés sikerességét alapjaiban meghatározó környezeti, időjárási hatások jelentős részére fel lehet készülni, lehet hozzájuk alkalmazkodni és csökkenteni lehet az ebből eredő károkat.

Meghatározó tényező a víz

Az egyik legnagyobb kihívás, mellyel a jövő mezőgazdaságának szembe kell néznie, az, hogy a folyamatosan növekvő népességet el kell látni élelemmel, miközben ehhez egyre csökkenő vízkészletek állnak rendelkezésre (Pask – Reynolds, 2013). Az előrejelzett trendek alapján – Európában különösen a kontinens déli és középső részén – melegebb és szárazabb nyarak várhatók (IPCC, 2007), és ez az aszály egyre gyakoribb kialakulásához vezethet (Lehner et al., 2006). A magas hőmérséklettel párosuló aszályhelyzetekből és az egyéb időjárási extrémításokból eredően növekedhet a termésátlagok variabilitása (Jones et al., 2003) és jelentősen csökkenhet a potenciális termésmennyiség elérésének valószínűsége (Trnka et al., 2004). A hőmérséklet-emelkedés várhatóan módosítja – a kalászosoknál jellemzően lerövidíti – a tenyészidőszak hosszát, ami a termésmennyiség csökkenése mellett a felhasznált vízkészletek hasznosulását is megváltoztathatja.

A deficit vízhiánytartás a legjobb agroökológiai körzeteinket (Mezőföld, Dunamenti-síkság, Hajdúság, Bácskai-hátság stb.) is érintheti. Magyarország területe már ma is aszályveszélyeztetett. Az éghajlatváltozás elemei közül a legnagyobb kárt az aszály okozza (száz évből huszonnyolc aszályos). Az elmúlt másfél évtizedben az összes elemi csapásból származó káron belül az aszály több mint 42%-os részarányt tett ki.

Mivel Magyarország területének legnagyobb hányadán a talajban raktározott vízzel kell gazdálkodni, a növénytermesztőknek a víztakarékos agrotechnikai eljárások mellé a vízkészleteket jól hasznosító fajtákra van szükségük. A növények vízforgalmának a teljes tenyészidőszakot lefedő vizsgálata eddig ko-

moly nehézségekbe ütközött. Napjainkban azonban egy *in situ* gyökérszkennert műszerrel üvegházi modellkísérletben és szántóföldi körülmények között is nyomon követhető a gyökérrendszer fejlődése és annak lebomlása (1. kép). Az eszközzel készített felvételek szoftverrel elemezhetők, a gyökerek hossza, átmérője, térfogata számszerűsíthető, az elágazások száma és struktúrája jellemezhető.

A növényi vízforgalmat a következő évtizedekben jelentősen befolyásolhatja a légkör növekvő CO₂-koncentrációja is. A CO₂ emelkedő koncentrációja számos negatív következménnyel járó folyamatot generál, de a nagyobb koncentrációban rendelkezésre álló CO₂ a növények számára tápanyagforrást jelent, mivel ez a fotoszintézis egyik alapanyaga. Azon túl, hogy kedvezőbb tápanyag-hozzáférést jelent a növények számára, a CO₂ szerepet játszik többek közt az abiotikus stresszhatások,



1. kép • A CI-600 típusú gyökérszkennert és a talajba helyezett mérőtubus

így a vízhiány terméscsökkentő hatásának mérséklésében is (Varga – Bencze, 2009).

A nemesítők az elmúlt évtizedekben a különböző hatású törpeség gének genomba történő beépítésével elérték, hogy a jelenleg termesztett búzafajták növénymagassága átlagosan 90–100 cm közötti legyen. Ennek eredményeként a fajták állóképessége jelentősen javult, azonban a föld feletti biomassa mennyiségének csökkenése kedvezőtlenül hathat a stressztűrő képességre. A kisebb biomassa kedvező hatású a vízhasznosítás hatékonyságának szempontjából, viszont ezek a gének feltehetően a gyökérfejlődésre is hatással vannak, ami vízhiányos környezetben akadályozhatja a limitált vízkészletek felvételét.

A 4.2.2.A-II/1/KONV-2012-0064 számú TÁMOP-pályázat támogatásával megvalósult kutatásainkban modellkísérletek eredményei alapján meghatároztuk az őszi búza vízfelvétele és a termésképződése tekintetében fontos periódusaiban jelentkező aszályhelyzetek hatását a növények vízfelvételének dinamikájára és a vegetációs periódusban felhasznált vízmennyiség hasznosulására. Elemeztük a különböző vízellátási szinteknek a kalászosok gyökérfejlődésére, továbbá annak irányára és mértékére gyakorolt hatását. A vízhasznosító képességgel párhuzamosan megvizsgáltuk a különböző törpeség géneket hordozó fajták gyökérfejlődését, valamint meghatároztuk a törpeség gének és a produktíobiológiai tulajdonságok interakcióit. Vizsgálatokat folytattunk annak meghatározására is, hogy a különböző szintekre emelt légköri CO₂-koncentráció hogyan módosítja a vízforgalmi paraméterek alakulását.

Kutatáshoz használt anyagok és módszerek

A vízhasznosító képesség meghatározásához öt őszi búza (*Triticum aestivum* L.) genotípust

(Mv Toborzó /TOB/; Mv Mambó /MAM/; Bánkúti 1201 /BKT/; Plainsman V /PLA/ és Cappelle Desprez /CAP/) vizsgáltunk üvegházi modellkísérletben az MTA Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézetben, Martonvásáron. Ezek közül a Plainsman V fajta szárazságtűrő, míg a Cappelle Desprez fajta a szárazságra érzékeny kontrollként szerepelt. A Bánkúti 1201 régi magyar fajta, az Mv Toborzó a martonvásári fajtasortiment legkorábban érő tagja, míg az Mv Mambó egy keményszemű, nagy termőképességű fajta, mely már több korábbi kísérletben bizonyította kiváló stressztoleranciáját (Varga et al., 2012; Varga et al., 2013). A negyvenkét napos vernalizációt követően tízliteres tenyész edényekbe nyolc növényt ültettünk. A növényeket hetente háromszor súlyra öntöztük, a tápanyag-utánpótlást hetente végeztük a szárazságstressz kezdetéig Volldünger komplex műtrágyával. A vízhiányt a szárba induláskor és kalászoláskor szimuláltuk, hét–tíz napig tartó teljes vízmegvonással. A tenyész edények talajának víztartalmát a szántóföldi vízkapacitás 60%-os szintjére állítottuk be, és a kontrollkezelésben a teljes tenyészidőszakban ezen a szinten tartottuk, mely 20–25 v/v %-os víztartalomnak felelt meg. A talaj víztartalma a stresszkezelés végére 3–5 v/v %-ra csökkent. A stresszállapot elérését követően a teljes érésig optimális szinten adagoltuk a vizet. A tenyész edények tömegét kétnaponként mértük, így határoztuk meg a vízfelhasználást két öntözés közötti időszakban. Az evaporáció kiküszöbölésére a tenyész edények talaját PVC-fóliával borítottuk. Az érést követően elvégeztük a teljes növény analízist, minden kezelésben három ismétlésben. Meghatároztuk a tenyész edényekben felnevelt növények összes szemtermését, valamint kiszámítottuk a tenyészidőszak kumulált vízfogyasztását.

A transzspirációs produktivitást (WUE, kg/m³) a szemtermés és a vízfogyasztás hányadosaként számítottuk. A növénynevelést három azonos módon beállított üvegházi kamrában végeztük, eltérést csak a légköri CO₂-koncentráció jelentett, melyet 400, 700 és 1000 ppm-re állítottunk be.

A gyökérfejlődés vizsgálatához három őszi búza genotípust használtunk, melyeket a génkészletükben található különböző törpeség gének alapján választottunk ki (Mv Karéj Rht1; Mv Karizma Rht2; Mv Pálma Rht8). A növényeket a szántóföldi kísérletekben használatos sortávolságra és tőszámmal 1 m³ térfogatú tenyész edényekbe ültettük, a tenyész edényt egy vízszigetelő réteggel két azonos méretű részre választottuk szét. A tenyész edény egyik oldalán a teljes tenyészidőszakban optimális vízellátást biztosítottunk, míg a másik felében a kalász hasban fejlődési fázisig a növények 70%-kal csökkentett vízádagot kaptak. A kalászolást megelőzően a stresszkezelte növények vízellátását is helyreállítottuk azzal a céllal, hogy megállapítsuk, a növény gyökerének fejlődése hogyan változik az aszályt követően csapadékosabbra forduló időjárás esetén. A talajfelszínnel párhuzamosan 30 cm, 60 cm és 90 cm mélységben átlátszó falú mérőtubusokat helyeztünk el mindkét kezelésben. A növények gyökérfejlődését hetente mértük a különböző talajszinteken CI-600 típusú gyökérszkennerral. A módszerrel roncsolásmentesen mérhető a gyökerek hossza és átmérője. A szkennerral elkészített felvételeket RootSnap szoftverrel értékeltük.

Vízhasznosító képesség meghatározása

A teljes tenyészidőszakban optimális vízellátás mellett nevelt növényállományban az Mv Mambó és Mv Toborzó fajták WUE értéke

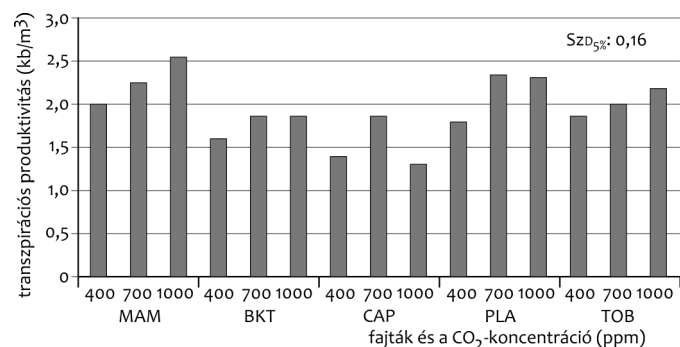
a légköri CO₂-koncentráció emelkedésével párhuzamosan nőtt. A Bánkúti 1201-es és a Plainsman V fajtáknál már 700 ppm koncentráción is jelentősen nagyobb WUE-értékeket mértünk, mint 400 ppm mellett, azonban a koncentráció további növelésének már statisztikailag igazolható hatása nem volt a WUE értékeire (1. ábra). Eredményeink alapján megállapítható, hogy a búza genotípusok vízhasznosító képessége a légköri CO₂-koncentráció növekedésének hatására javul, de ennek mértéke és dinamikája genotípusfüggő.

A szárbaindulás időszakában alkalmazott vízmegvonás jellemzően csökkentette a WUE-értékeket a kontrollkörülmenyek között nevelt növényekéhez viszonyítva, azonban jelentős különbségeket tapasztaltunk a CO₂-koncentráció függvényében (2. ábra). Az optimális szinten öntözött állományhoz viszonyítva a legkisebb mértékű WUE-csökkenést 700 ppm koncentráción mértük.

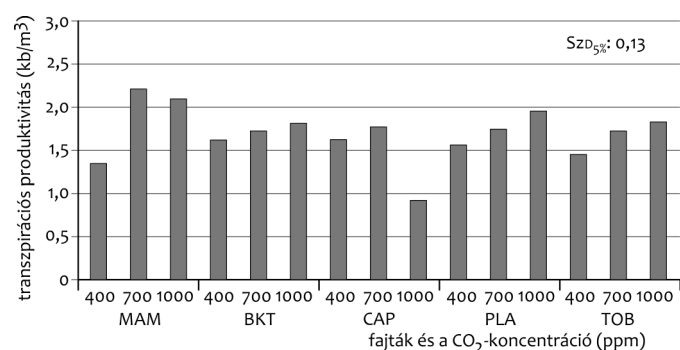
A szárbainduláskor alkalmazott stressz hatására az Mv Mambó, Plainsman V és Mv Toborzó fajtáknál a magasabb légköri CO₂-koncentráció kedvezőbb vízhasznosítást eredményezett. A Bánkúti 1201-es fajtánál a CO₂ koncentrációjának nem volt kimutatható hatása, míg a Cappelle Desprez fajtánál – hasonlóan a kontrollállományhoz – jelentős WUE-csökkenést tapasztaltunk 1000 ppm koncentráción (2. ábra).

Az érés időszaka alatt alkalmazott vízmegvonás a Plainsman V és Mv Toborzó fajtáknál egyik CO₂-koncentráción sem módosította a WUE értékét a kontrollállományhoz képest. Ez azt jelentette, hogy a termés mennyiséggel arányosan csökkent a vízfelhasználás (3. ábra).

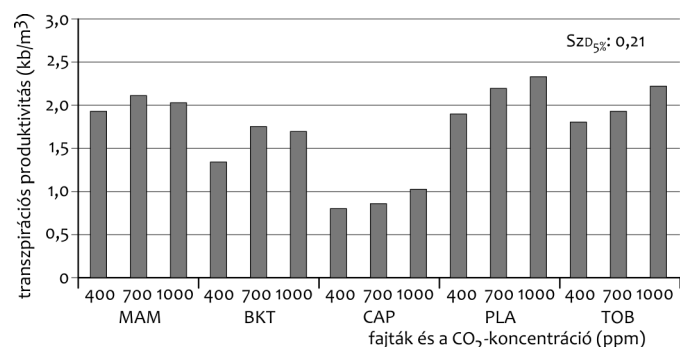
Az Mv Mambó kivételével – melynek eleve magas volt a transzspirációs produktivitása – minden fajtánál az emelt légköri CO₂-koncentráció kedvezőbb WUE-értékeket



1. ábra • Őszi búza genotípusok transpirációs produktivitása különböző CO₂-szinteken optimális vízellátásnál



2. ábra • Őszi búza genotípusok transpirációs produktivitása különböző CO₂-szinteken a szárbainduláskor szimulált aszály esetén



3. ábra • Őszi búza genotípusok transpirációs produktivitása különböző CO₂-szinteken kalászoláskor szimulált aszály esetén

eredményezett az éréskor vízmegvonással kezelt állományokban, mint 400 ppm koncentráción. Eredményeink arra engednek következtetni, hogy a légkör emelkedő CO₂-koncentrációja kedvezően befolyásolhatja a búzafajták transpirációs produktivitását a vízellátás szintjétől függetlenül, azonban a fajták CO₂-reakciói között jelentős különbségek lehetnek.

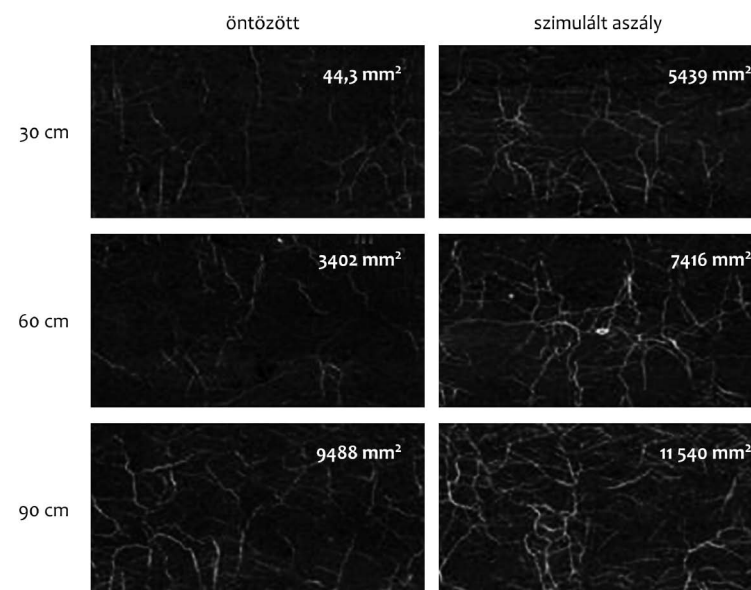
Tapasztalataink alapján a rövid tenyészidejű fajták vízhasznosító képességét a fejlődés korai fázisában jelentkező vízhiányos állapot csökkentette a legnagyobb mértékben, a hosszú tenyészidejű genotípusoknál ezzel szemben a kalászoláskor, valamint a szemtelítődés időszakában bekövetkező vízhiányos állapot következményei voltak súlyosabbak (4. ábra).

A növények által felvett víz szemtermésbe történő hatékony beépítése kiemelkedő jelentőségű, hiszen a cél a rendelkezésre álló – sok esetben limitált – vízkészletekből a lehető

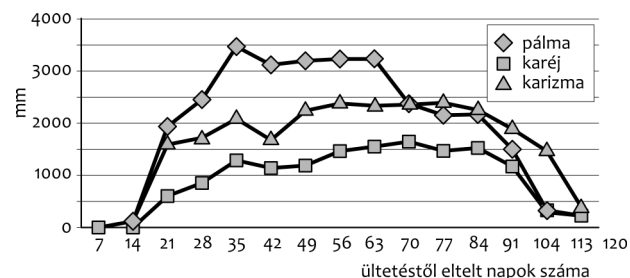
legtöbb piacépes termék előállítás. Amellett hogy a modern fajtáknak jó vízhasznosító képességgel kell rendelkezniük, fontos hogy a vízfelhasználás hatékonysága stabil maradjon az optimálistól eltérő környezeti feltételek között is. Ha a szemtermés a szárazság hatására csökken, akkor az a kedvező, ha a felhasznált vízmennyiség is arányosan csökken, mint ahogy azt az Mv Toborzónál megfigyeltük. Kedvezőtlen, ha a vízfogyasztás nem, csupán a szemtermés csökken például a Bánkúti 1201 fajtánál, mert ilyen esetekben nem csupán a termésvesztésből adódó károkkal kell számolni, hanem a talaj vízkészleteinek további jelentős csökkenése is fokozhatja az aszály negatív következményeit.

Gyökér növekedésének in situ vizsgálata

A fajták gyökértömegében optimális vízellátás mellett is jelentős eltéréseket mértünk, de a különbség általában nagyobb volt aszályos körülmények között. A vízmegvonás jellem-



2. kép • A gyökerek fejlődése a talaj különböző szintjeiben, optimális vízellátottság és aszály esetén



4. ábra • Mv Pálma: gyors gyökerfejlődés, majd hirtelen csökkenés. Mv Karéj: jelentősen kisebb gyökértömeg, a fejlődés menete megegyezik az Mv Karizmával. Mv Karizma: a szárba indulás után megáll a gyökerfejlődés, hasonlóan a többi fajtához.

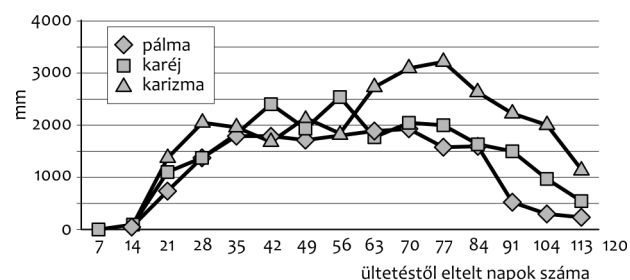
zöen fokozott gyökerfejlődést indukált, különbség ennek mértékében volt, valamint abban, hogy a talaj melyik rétegében zajlott. Az Mv Karizma, mely szántóföldi kísérletekben is bizonyította jó stressztűrő képességét, jellemzően fejlettebb gyökérzettel rendelkezett még optimális vízellátás mellett is, mint a másik két fajta. A stresszkezelés, majd újra öntözött állományban (2. kép, 5. és 6. ábra) az Mv Karizmánál tapasztaltunk a talaj felső régiójában a fokozott gyökerfejlődést.

Az általunk használt mérőrendszert úgy alakították ki, hogy szántóföldi körülmények között is használható legyen. Erre a célra 1,8 méter hosszúságú mérőtubeusok állnak rendelkezésre, melyek a talajfelszínhez képest 45

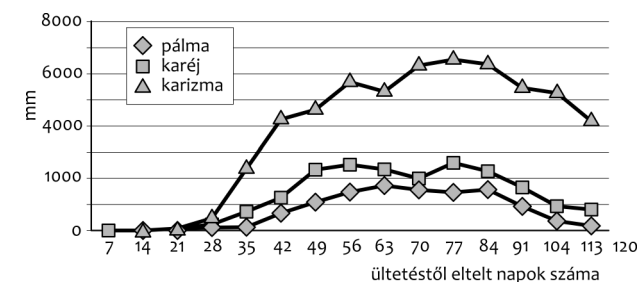
fokos szögben, speciális fúróberendezéssel juttathatók a növényállományok alá. A szántóföldi kísérletek folyamatban vannak, ezek előnye, hogy bolygatatlan, természetes szerkezetű talajban lehet vizsgálni a gyökérzet fejlődését, hátránya, hogy nehezebb a környezeti feltételek, elsősorban a talajnedvesség szabályozása.

Mi a teendő?

Magyarországon évente több mint egymillió hektáron termesztnek őszi búzát 4 t/ha körüli átlagterméssel. A búzafajták a környezeti hatásoktól függően jelenleg átlagosan 1,0–1,2 kg szemtermést állítanak elő 1 m³ víz felhasználásával (Lantos, 2007). Ehhez éven-



5. ábra • Mv Pálma: kevésbé fejlett gyökérzet, az ültetéstől az 5. hétig fejlődik, kalászosítás után csökken. Mv Karéj: gyökérzete fejlettebb, mint a kontrollkezelésben, fejlődésmenete az Mv Karizmához hasonló. Mv Karizma: a stresszidőszakot követően intenzív gyökerfejlődés.



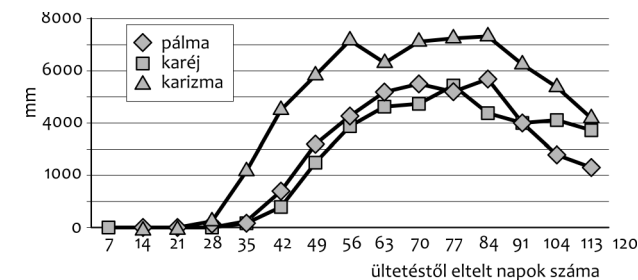
6. ábra • Mv Pálma és Mv Karéj: hasonló fejlődésmenet, az Mv Karéj gyökérzete kismértékben fejlettebb. Mv Karizma: a többi fajtához képest háromszoros gyökérmennyiség a kalászosításig.

te mintegy 3600 millió m³ vízre van szükség, ami kedvezőtlen vízhasznosítási hatékonyságnak tekinthető. A vízfelhasználás hatékonyságának növelésével a talajok vízkészletének egy része megőrizhető lenne, ami az aszálykárokat részben képes lenne ellensúlyozni. Annak ellenére, hogy Magyarország felszíni és felszín alatti vizekben gazdag, a mezőgazdaságban a vízhiány abból adódik, hogy a víz térben és időben nem ott és nem akkor van jelen, amikor arra szükség lenne. Mivel az őszi búza öntözése nem gazdaságos, fontos lenne, hogy a növénytermesztők mellett (vízmegőrző talajművelési rendszerek alkalmazása) a növények is hatékonyan gazdálkodjanak a vízkészletekkel. A növények

vízhasznosító képességét jelentősen meghatározza a fajta genetikai adottsága, ami lehetőséget biztosít a növénynemesítés számára a kevés vízből nagyobb termést előállítani képes fajta nemesítésére.

A kutatáshoz szükséges eszközök beszerzése, valamint a segédzsemlényzet foglalkoztatása a TÁMOP 4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0064 számú projekt által biztosított forrásból valósult meg.

Kulcsszavak: mezőgazdaság, növénytermesztés, gabonafélék, alkalmazkodóképesség, vízhasznosító képesség, növekvő légköri CO₂-koncentráció



7. ábra • Mv Pálma és Mv Karéj: a gyökérzet mennyisége duplája, mint optimális vízellátás mellett, a fejlődésmenet hasonló. Mv Karizma: gyorsabb gyökerfejlődés, mint optimális vízellátásnál, de a mennyiségi változások nem jelentősek.

IRODALOM

- IPCC (2007): *IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007*. • <https://www.ipcc.ch/report/ar4/>
- Jones, James W. – Hoogenboom, G. – Porter, C. H. – Boote, K. J. – Batchelor, W. D. – Hunt, L. A. – Wilkens, P. W. – Singh, U. – Gijsman, A. J. – Ritchie, J. T. (2003): DSSAT Cropping System Model. *European Journal of Agronomy*. 18, 235–265. DOI:10.1016/S1161-0301(02)00107-7 • https://www.researchgate.net/profile/Gerrit_Hoogenboom/publication/222005349_The_DSSAT_cropping_system_model/links/00b49524db9e54be75000000.pdf
- Lantos Zsuzsanna (2007): Gazdasági növények vízhasznosítása. *Acta Agronomica Óváriensis*. 49, 2/1, 353–358. • http://www.mtk.nyme.hu/fileadmin/user_upload/acta/acta49-2/1-kotet.pdf
- Lehner, Bernhard – Döll, P. – Alcamo, J. – Henrichs, T. – Kaspar, F. (2006): Estimating the Impact of Global Change on Flood and Drought Risk in Europe: A Continental Integrated Analysis. *Climatic Change*. 75, 273–299. DOI: 10.1007/s10584-006-6338-4 • <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10584-006-6338-4#page-1>
- Pask, Alistair J. D. – Reynolds, Mathew P. (2013): Breeding for Yield Potential Has Increased Deep Soil Water Extraction Capacity in Irrigated Wheat. *Crop Science*. 53, 2090–2104. DOI: 10.2135/cropsci.2013.01.0011 • <https://www.crops.org/publications/cs/articles/53/5/2090>
- Trnka, Miroslav – Dubrovsky, M. – Zalud, Z. (2004): Climate Change Impacts and Adaptation Strategies in Spring Barley Production in the Czech Republic. *Climatic Change*. 64, 227–255. DOI: 10.1023/B:CLIM.0000024675.39030.96 • <http://link.springer.com/article/10.1023%2FB%3ACLIM.0000024675.39030.96#page-1>
- Varga Balázs – Bencze Szilvia (2009): Comparative Study of Drought Stress Resistance in Two Winter Wheat Varieties Raised at Ambient and Elevated CO₂ Concentration. *Cereal Research Communications*. 37, 209–212. DOI: 10.1556/CRC.37.2009.Suppl.2 • <http://docs.agrisafe.eu/Publications/Vargai.pdf>
- Varga Balázs – Janda T. – Varga-László E. – Veisz O. (2012): Influence of Abiotic Stresses on the Antioxidant Enzyme Activity of Cereals. *Acta Physiologiae Plantarum*. 34, 849–858. DOI: 10.1007/s11738-011-0882-x • <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11738-011-0882-x#page-1>
- Varga Balázs – Varga-László E. – Bencze S. – Balla K. – Veisz O. (2013): Water Use of Winter Cereals under Well Watered and Drought Stressed Conditions. *Plant Soil and Environment*. 59, 150–155. • <http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/87627.pdf>



Emlékezés Szilárd Leóra

Szilárd Leóra, a fasizmus elől amerikai emigrációba kényszerült magyar tudósra emlékezett a hazai tudományosság a világhírű fizikus és biológus halálának 50. évfordulója alkalmából. Az MTA Biológiai Tudományok Osztálya és Fizikai Tudományok Osztálya, valamint az UNESCO Magyar Nemzeti Bizottsága által szervezett tudományos emlékülésre 2014. november 6-án került sor a Magyar Tudományos Akadémia Székházában. Lovász László, az MTA elnöke megnyitója után hét előadás hangzott el Szilárd Leóról, a tudósról, illetve az ő tevékenységéhez kötődő tudományos eredményekről.

Hogy a *Magyar Tudomány* olvasói is képet kapjanak Szilárd Leóról, az emberről és munkásságának jelentőségéről, a következő oldalakon az emlékülésen elhangzott két előadás szerkesztett változatát adjuk közre.

SZEMÉLYES EMLÉKEIM SZILÁRD LEÓRÓL¹

Klein György

az MTA külső tagja
Karolinska Intézet, Stockholm

Szilárddal először az 1950-es évek közepén találkoztam egy New York-i kolléga lakásán. Elbeszélgettünk egy kicsit, érdekelte őt a tumorimmunológia, amivel én foglalkoztam. Utána azt mondta, hogy majd eljön, meglátogat Stockholmban. De én egyáltalán nem gondoltam, hogy meg is teszi.

Egy napon aztán Stockholmban nyílik az ajtó, és belép Szilárd. Nem írt levelet előtte, nem telefonált, csak egyszerűen bejött. Leült, egy kis füzet volt nála, és azt kérdezte: – What are the facts? És el kellett mondanom, hogy melyek az intézetben elért legutóbbi eredmények, utána pedig a munkatársaimmal akart beszélni, mindenkivel, a legfiatalabbakkal is. Azután mindig hirtelen távozott. Másnap vagy visszajött, vagy nem. Ha visszajött, megjegyzéseket fűzött az előzőleg hallottakhoz. Egy része, talán a fele annak, amit mondott, megvalósíthatatlan volt, mert nem ismerte a szisztémánkat. De a megjegyzései másik fele zseniális volt. Az volt a reakció: hogy lehet, hogy erre én nem gondoltam.

Ugyanakkor nagyon furcsa dolgok is történtek. Az egyik diákom egyszer Uppsalába vitte autójával. Onnan visszatérve, másnap Szilárd azt mondta:

¹ A Szilárd Leó halálának 50. évfordulója alkalmából a Magyar Tudományos Akadémián tartott előadás írott változatát Szabados László szerkesztette.

– Dobd ki azt, aki tegnap az autót vezette!
– Már miért dobnam ki? – kérdeztem.
– Mert nem intelligens – felelte.
– Te tévedsz – válaszoltam –, a kezeivel nagyon is intelligens, jó kísérleteket végez.
– Nem intelligens – erősködött –, le fogja húzni a csoportod színvonalát.

Természetesen nem dobtam ki a fiatalembert, aki aztán sikeresen ledoktorált.

Így ment néhány éven át: hol megjelent Szilárd, hol nem. Rájöttünk, hogy amikor feláll és elmegy, akkor egyszerűen fáradt. Amikor visszajön, akkor pedig azért teszi azt, mert érdekli mindaz, ami nálunk folyik.

Sokat beszélt akkoriban *Jacob* és *Monod*² kísérletéről. Az egész *messenger-RNS* koncepciót ő javasolta, és egy lábjegyzetben mondtak neki köszönetet. Felajánlották a társszerzőséget, amit Szilárd azzal hárított el, hogy „nem akarom a fiúk örömét elrontani”.

Még a *messenger-RNS* kimutatásáról szóló híres PaJaMo-közlemény³ végén is ott van a szerzők köszönetnyilvánítása Szilárdnak,

² François Jacob (1920–2013) Nobel-díjas francia biokémikus, genetikus, Jacques Monod (1910–1976) Nobel-díjas francia mikrobiológus, genetikus.

³ A három szerző, *Arthur Pardee* (amerikai biokémikus, sz. 1921), Jacob és Monod nevével; az angol nyelvben érvényesülő szójáték: a *PaJaMo* angol kiejtése közel azonos a *pizsama* angol megfelelőjének kiejtésével.

hiszen az ötletet is ő adta, és az értelmezés is tőle származik. De ennél a cikknél sem fogadtam el, hogy szerzőtárs legyen. A PaJaMo-cikk pedig utóbb Nobel-díjjal méltányolt eredményt közölt. Jacob azt mondta Szilárdról, hogy olyan, mint egy nagy dongó, aki virágról virágra repkedve mindent-mindenkit megtermékenyít. Olyan, mint egy maszaj törzsfőnök, aki megosztja a feleségeit a barátaival.

Egyébként Szilárd a tudományban minden presztízst, versengést, magát a tudományos karriert is „gyerekes számárságnak” tartotta, amivel nem érdemes törődni. Mindezek nem is érdekelték, ő a világot akarta megmenteni.

Kísérletezni viszont nem szeretett. Gyakran nem is kelt fel délelőtt, hanem a fürdőkádban feküdt, és ott támadtak a legjobb ötletei. Néha azért kísérletezett egy keveset. Ezért egyszer *Chaim Weizmann* kémikusnak írt, aki akkor Londonban a cionista mozgalmat szervezte. Szilárd leírta az uránnal kapcsolatos ötletét,⁴ és közölte, hogy 2000 font kellene egy diák alkalmazására, aki majd elvégzi a kísérleteket, és tiszta grafitra is szüksége van a kísérlethez. Weizmann válaszelevelében megírta, hogy egy adományozó megígérte a pénzt, és majd küldi. De az összeg soha nem érkezett meg. A háború után Szilárd újra találkozott Weizmann-nal, aki akkor már Izrael elnöke volt. Amikor meglátta Szilárdot, azonnal odament hozzá, és azt mondta: – Nem felejtettem el az ígéretemet, de az adománytevő az utolsó percben visszalépett. Szilárd erre azt felelte, hogy – Annak az embernek szobrot kell állítani szerte a világon, mert ha meglelt volna a pénz, akkor kimutattuk volna, hogy az urán hasítható, publikáltuk volna, és akkor Hitlerké lett volna az első

⁴ Szilárd úgy gondolta, hogy az urán atommagjának hasadása miatt alkalmas a láncreakcióra.

atombomba.

Ami egyébként Hitlert illeti, Szilárd az 1930-as évek elején fogalmazta meg híres kijelentését, amely egyike a *szilárdizmusoknak*. Mi, akik ismertük őt, csak szilárdizmusoknak neveztük azokat a mondatait, amelyeket soha nem lehetett elfelejteni. Az egyik ilyen kijelentése az volt, hogy nem kell okosabbnak lenni másnál, csak éppen egy nappal hamarabb kell gondolni arra, amire a többiek csupán másnap gondolnak. Így jött rá arra, hogy Hitler át fogja venni a hatalmat. A náciakat ugyan nagyon sokan ellenezték Németországban, mégis mindenki megmagyarázta, hogy éppen neki miért nem kell semmit tennie. Tehát nyilvánvaló volt, hogy Hitler hatalomra fog jutni. És Szilárd akkor – mint tudjuk – az utolsó vonattal hagyta el Németországot.

Amikor Stockholmba látogatott – a vizitek rendszeressé váltak –, mindig elbeszélgettünk az aktuális problémákról. Egy alkalommal nagyon sápadt volt, és fáradtnak tűnt, nem olyan volt, mint máskor. Akkor írta éppen *A delfinek hangját*, és próbált Hruscsovval találkozni, bár egyelőre még sikertelenül. A Pugwash-konferenciákat is szervezte. Lát szott, hogy valami baj van.

A továbbiak szempontjából fontos tény, hogy Szilárd sohasem öblítette a vécét maga után. Miért? Amikor tízéves volt, abban a gyönyörű patríciusházban, ahol laktak, a vécé éppen a nagy ebédlő mellett volt. Egy alkalommal, amikor nagyon fontos emberek voltak hivatalosak ebédre, Szilárd a vécé használata után meghúzta az öblítőtartály zsinórját, azt követően pedig özönvíz zúdult ki az ajtón, az ebédlőt is elárasztva. Ez olyan borzasztó emlékként maradt meg Szilárdban, hogy attól kezdve soha nem húzta meg az öblítő zsinórját. Emiatt persze több háziasza-

szonya ki is dobta őt, amíg Németországban lakott. Láttam tehát, hogy Szilárd nincs jól, és észrevettem, hogy vér maradt utána a vécében. Bocsnátát kérve hogy nem az én dolgom, szóvá tettem, hogy látszik rajta, nincs jól.

– Nem vagyok jól – felelte.
– Mi a baj?
– A hólyagomból vér jön – felelte.
– Mióta?
– Hat hónapja...
– Hat hónapja? És nem mentél urológushoz?

– Nem. Nem hiszek az amerikai orvosokban. Azok csak pénzt akarnak keresni és operálni akarnak. Nem megyek amerikai sebészhez! De ha itt akad egy intelligens urológus, akkor esetleg megvizsgáltatom magam.

Áttelefonáltam az urológus kollégámnak a kórházba, egy hatvan év körüli, tiszteletet parancsoló, de kellemes, okos orvosnak. Elmondtam neki, hogy nem mindennapi páciensről van szó, és hogy Szilárd kicsoda, mit csinál, és kértem, hogy vizsgálja meg. Átmentünk hozzá – 500 méterre volt a kórház –, de mielőtt Szilárd hagyta volna, hogy az orvos megvizsgálja, intelligenciatesztet hajtott végre az urológuson. Egy órán át beszélgetett vele, amit az orvos túrt, hiszen tudta, hogy Szilárd nem akárci. Egy óra elteltével Szilárd meggyőződött arról, hogy az urológus intelligens, és hagyta, hogy megvizsgálja.

Én kint várakoztam. Amikor Szilárd kijött, elmonda, hogy óriási hólyagrákot mutattak ki benne, az egész hólyagját kitöltő, karfiolszerű képződményt. Még éppen az operálhatóság határán van, de nagyon nagy műtétről van szó. Az urológus azt tanácsolta, hogy utazzon vissza New Yorkba, és ott operáltassa meg magát. De Szilárd azt mondta, hogy ő nem megy New Yorkba, és nem operáltatja meg magát.

– Ez az orvos viszont tetszett nekem, mert intelligens – mondta nekem Szilárd. Mindig angolul beszéltünk, csak kétszer szólt hozzám magyarul. Ez volt az egyik alkalom, ekkor azt mondta:

– Nem jó megöregedni.
És ezt többféleképpen is lehet értelmezni. Más nem mondott akkor, nem volt lesújtva, szomorú sem volt. Majd hozzátette:
– Hívd fel a hotelt reggel! Ha elutazom, akkor az operáció ellen döntöttem. Ha a műtétet választom, itt maradok.

Reggel felhívom a szállodát – Szilárd elutazott! Szinte mindannyian gyászoltunk egy hétig. Olyan szomorúak voltunk, hogy az elmondhatatlan. Ám egy héttel később jött egy távirat Szilárdtól: „I changed my mind. Arrange operation.”⁵ Így, felszólító módon, ami természetes, hiszen én sokkal fiatalabb voltam nála. Áttelefonáltam az urológusnak, aki csodálkozott, mert szerinte semmi értelme nem lett volna a stockholmi műtétnek. Amerikában a körülmények és a sebészek is jobbak.

– De Téged annyira megkedvelt Szilárd, olyan intelligensnek talált – mondtam az urológusnak.

– Tényleg ezt mondta?
– Igen, tényleg – feleltem.

Ennek hatására elvállalta, hogy megoperálja Szilárdot.

Egy hét múlva az urológus felhívott engem, de akkor én éppen a városban voltam, így csak egy fiatal és teljesen tapasztalatlan titkárnővel tudott beszélni.

– Jött valamilyen hír Szilárdtól, hogy mikor érkezik? – kérdezte az orvos.

– Nem tudom, de kaptunk New Yorkból egy táviratot Klein professzornak címezve.

⁵ Meggondoltam magam. Szervezze meg a műtétet.

Akarja, hogy felnyissam és felolvassam? – így a titkárnő. Nálunk ugyanis nincs bizalmas információ.

– Ha akarja, bontsa fel, és olvassa be!

A titkárnő felbontotta a táviratot, és egyenesen a telefonba olvasta annak szövegét: „Please make confidential investigation of the manual ability of the surgeon to perform this particular operation.”⁶

Ettől persze az orvos jól megbántódott, és egyáltalán nem akarta megoperálni Szilárdot. Rettenetesen elkeseredtem, leszidtam a lányt, ő sírva fakadt. Majd írtam egy hosszú levelet Szilárdnak, hogy sajnós ez történt, és a műtétet így nem lehet elvégezni itt, operáltassa meg magát New Yorkban.

Szilárd erre nem azt tette. Feleségével, Gertrude-dal – aki orvosprofesszor volt, és akit Szilárd csak néhány napra szokott meglátogatni minden évben – elmentek a könyvtárba, és átnézték az egész szakirodalmat. Annak alapján Szilárd arra a következtetésre jutott, hogy amennyiben az operáció sikeres – aminek legfeljebb 30% az esélye –, akkor is a gyógyszeripar kezei közé kerül a további élete, és az neki nem kell. Ezért sugárterápiát dolgozott ki saját magának. Hólyagrák esetén egészen addig senki nem adott 2000 radnál erősebb sugárdózist. Szilárd 8000 radot akart az általa meghatározott különböző irányokból. Végül is rávette a radiológusokat, hogy 6000 raddal sugározzák be őt. Egyikük azt mondta, hogy még évekkel később is össze-rezzent Szilárd nevét meghallva. És a rák Szilárd hólyagjában úgy elolvadt, mint hó a napfényben.

A kezelés idejére Szilárd bevonult a Memorial Hospitalba. A legfelső emeleten ka-

⁶ Kérem, folytasson bizalmas nyomozást, hogy ezt a bizonyos műtétet illetően milyenek a sebész manuális képességei.

pott szobában úgy érezte magát, mint a Napkirály Versailles-ban. Ez lett a legjobb időszak az életében. Mert hirtelen kiderült, hogy az egész világ tele van emberekkel, akik csodálják és szeretik őt, és eljönnek hozzá. És miközben ott feküdt – 1962-t írtunk –, jött a hír Hruscsovnek az ENSZ-ben tartott beszédéről. A New Yorkban tartózkodó szovjet delegáció egyik tagja először azt közölte Szilárddal, hogy Hruscsov idő hiányában nem fogadhatja, majd később telefonon jelentkeztek, hogy a szovjet pártfőtitkár mégis fogadja Szilárdot.

Ezt megtudva Szilárd a pizsamájára azonnal öltönyt húzott, és még arra is gondolt, hogy valami ajándékot kellene vinnie Hruscsovnek. Lement a sarki boltba, és cserélhető pengéjű borotvakészüléket vett ajándékként. Tolmács segítségével két órán keresztül beszélgettek az atomerőművek problémájáról, valamint Szilárdnak arról a felvetéséről, hogy a fizikusoknak és a politikusoknak össze kell fogniuk a béke érdekében. A beszélgetés végén pedig Szilárd átadta Hruscsovnek az ajándékot. Szilárd szerint nagyon jól megértették egymást, mindkettőjüknek jó humora volt. Szilárd megígérte, hogy minden hónap elsején újabb eldobható borotvapengéket küld Hruscsovnek, egészen addig, amíg ki nem tör a harmadik világháború. Hruscsov erre azt felelte: – Nagyon jó, ebben megegyeztünk. Attól kezdve viszont én nem borotválkozom többé.

A hólyagrák eltüntetése után Szilárd továbbra is rendszeresen eljött hozzánk Stockholmbe, és az amerikai Salk Intézetben is alkalmazták tanácsadóként. Továbbra is termékenyítőleg hatott a biológiára. Rengeteg fontos ötletet egyszerűen csak osztogatta a biológusok között. A fág-csoport, amelyet szintén ő alapított, éveken át az ő szellemében

folytatta munkáját. *Max Delbrück*,⁷ a fág-csoport szellemi mozgatója teljesen Szilárd nyomdokát követte, miként a molekuláris biológiával foglalkozó *Benzer*⁸ is. Delbrück belefáradt a fágok kutatásába, ekkor mindketten elhatározták, hogy magasabb szerveződésű organizmusokat vizsgálnak. E döntésükben is benne volt Szilárd tanácsa. Delbrück úgy gondolta, olyan organizmust fog vizsgálni, amelyről nem tudtak semmit, és egy gombát, a *Phycomyces*-t választotta. Tizenöt évig kutatva ezt a témát, de egyetlen cikket sem publikált, sehova nem jutott. Benzer ismét Szilárd tanácsát megfogadva azt az organizmust választotta, amelyikről a legtöbbet tudták: a *Drosophilák* vizsgálatába kezdett, a viselkedésgenetikai kutatásokkal egy teljesen új diszciplínát alapított meg. Munkahelyén, a CalTech-en⁹ a diákok először gúnydalokat énekeltek róla – micsoda ötlet viselkedésbiológiát vizsgálni *Drosophilán*?! De kiderült, hogy a *Drosophila* és az ember agya, idegrendszere között sok kapcsolat van – az összes fontos reakció megőrződött a törzsfajlás során. Amikor Axel¹⁰ néhány évvel később a Nobel-előadását tartotta a szaglás genetikájáról, akkor ő felváltva emlegette a *Drosophila* agyát és az emberi agyat, mert kimutatta, hogy a funkciók konzerválódtak. Ez az átfogó kutatási téma is tehát eredetileg Szilárdtól származott.

⁷ Max Delbrück (1906–1981) német származású amerikai biológus, Nobel-díjas

⁸ Seymour Benzer (1921–2007) amerikai biológus

⁹ CalTech – California Institute of Technology

¹⁰ Richard Axel (sz. 1946) Nobel-díjas amerikai orvos, biokémikus

Befejezésül álljon itt Szilárd Leó „tízparancsolata”.

1. Ismerd fel a dolgok közti összefüggéseket és az emberi viselkedés törvényeit, hogy tisztában legyél vele, mit teszel.
2. Tetteid méltó célra irányuljanak, ám ne kérdezd, hogy befutnak-e a célba; legyen minden tetted minta és példa, nem pedig a célhoz vezető eszköz.
3. Ugyanúgy szólj az emberekhez, mint magadhoz, és ne törődj a benyomással, amit szavaid másokban keltenek, mert különben kizárod őket világodból, elszigeteltségedben pedig az élet értelme eltűnik szemed elől, és elveszíted a teremtés tökéletességébe vetett hitedet.
4. Ne rombold le, amit meg nem alkotatsz!
5. Csak akkor nyúlj az ételhez, ha éhes vagy!
6. Ne kíváncsi olyat, amit nem kaphatsz meg!
7. Ne hazudj szükségtelenül!
8. Tiszteld a gyermekeket! Áhítattal figyelj szavukra, és végtelen szeretettel szólj hozzájuk!
9. Végezd munkádat hat éven át, de a hetedik évben vonulj el magányba, vagy menj idegenek közé, hogy barátaid hozzád fűződő emlékei ne akadályozzanak meg abban, hogy az legyél, amivé már lettél.
10. Könnyű kézzel kormányozd életed, és légy kész a távozásra, amikor elhangzik a hívó szó!

Kulcsszavak: *Szilárd Leó, tudománytörténet, Stockholm, messenger-RNS, sugárterápia*

H. G. WELLS, JÖVÜNK! SZILÁRD LEÓ ÉS AZ ATOMENERGIA

Sükösd Csaba

c. egyetemi tanár, a fizikai tudományok kandidátusa,
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Nukleáris Technikai Intézet
sukosd@reak.bme.hu

Az 1898. február 11-én, Budapesten született *Szilárd Leó* szerteágazó érdeklődésű ember és kutató volt. Élete során a fizika és a biológia nagyon sok területével foglalkozott; oly sokkal, hogy nem is lehet egyetlen tanulmány keretében összefoglalni. Ezért itt csak olyan tényekre és eseményekre emlékezünk, amelyek valamilyen módon kapcsolatba hozhatók az atomenergiával. Szilárd Leó életének főbb mozzanatait, valamint a fizika más területeire eső vagy informatikai és biológiai témájú, nagy jelentőségű felfedezéseit nem érintjük.

Az Einstein-Szilárd-féle magnetohidrodinamikus szivattyú

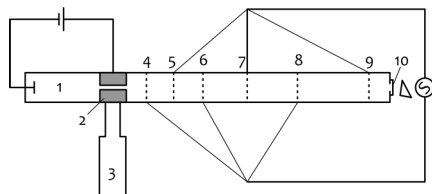
Az első, amit itt megemlítek, közös szabadalmuk Albert Einsteinnel, az Einstein-Szilárd-hűtőgép, illetve az ennek működését biztosító Einstein-Szilárd-szivattyú. 1925–26 telén Einstein mélyen megrendült egy újsághíren, amelyben arról számoltak be, hogy egy egész család halálát okozta a hűtőgépük kompresszorából éjjel kiszivárgott mérgező gáz. – Kell lennie egy biztonságosabb megoldásnak. – mondta Szilárdnak, akivel akkor már együtt dolgozott Berlinben. Abban az időben kezdtek a mechanikus, kompresszoros hűtőgépek leváltani a korábban háztartási hűtésre használatos jégládákat. Munkaközegként leggyak-

rabban a metil-klorid, ammónia vagy kén-dioxid valamelyikét használták. Ezek mindegyike mérgező. A kompresszorok tengelyeinek tömítésénél, a forgó, mozgó alkatrészeknél azonban fennállt a szivárgás és így a mérgezés veszélye. A hűtőgépekben lévő gáz mennyisége elég volt ahhoz, hogy kiszabadulva egy egész család halálát okozza. Az említett tragédiát követően Einstein és Szilárd olyan hűtőgép-konceptción kezdtek el dolgozni, amely nem tartalmazott mozgó alkatrészeket. A hét esztendőn keresztül folyt közös munkában több mint negyvenöt szabadalom keletkezett, legalább hat országban. Bár a nem mérgező freon felfedezése és hűtőgépekben való használata végül szükségtelenné tette, hogy az Einstein-Szilárd-hűtőgép bármelyike kereskedelmi forgalomba kerüljön, ezek a szabadalmak Szilárdnak biztos anyagi bevételi forrást jelentettek, és az ezekből folyó megtakarításai segítették későbbi angliai kutatásait is. A mozgó alkatrészek nélküli Einstein-Szilárd-féle magnetohidrodinamikus szivattyút azért említjük itt meg, mivel atomenergetikai alkalmazása is lett (szabadalom: GB303065, 1930/05/26) (URL1). Jóval később, a folyékony fémekkel hűtött gyorsreaktorokban a hűtőközeg keringetésére használják ennek a találmánynak az alapelvét. Az elv

roppant egyszerű, már középiskolában is megtanuljuk: árammal átjárt vezetőre mágneses mezőben erő hat. Itt a „vezető” maga a folyékony fém, amelyen áramot hajtunk keresztül. Külső mágneses mezőbe helyezve erő hat rá, s így a folyékony fém mozgásba lendül. Így lehet mozgó alkatrészek nélkül hajtani a zárt csőben lévő folyadékot. Einstein és Szilárd annak idején ezen az elven váltakozó mozgásra kényszerítették a csőben lévő, elektromosan vezető folyadékoszlopot (higanyt), és így egy zárt csőben mozgó „dugattyút” hoztak létre, amely a kompresszort helyettesítette. A gyorsreaktorok hűtésére használt folyékony fém (például nátriumot) természetesen folyamatos, egyirányú áramlásra kell bírni, de ez ugyanezen az elven megvalósítható.

Részecskegyorsítók

Atommagfizikai kutatásokhoz – és így közvetve az atomenergetikához is – köthető Szilárd részecskegyorsítókkal kapcsolatos néhány fejlesztése. Az első ilyen szabadalmi kérvényt Németországban adta be 1928. december 17-én *Részecskék gyorsítása* címmel (1. ábra). Ebben a kérvényben különösen érdekes az alábbi részlet: „A csőben lévő váltakozó elektromos mező összehajtható egy balról jobbra és egy jobbról balra haladó mező összegeként. A készülék úgy működik, hogy a felgyorsított ionok sebessége minden pont-



1. ábra • Szilárd vázlata a lineáris gyorsítóhoz, az 1928-as szabadalmi beadványból.
(Forrás: Telegdi, 2000)

ban megegyezik a balról jobbra haladó mező lokális sebességével.” Ez pedig éppen a mai gyorsítófizika haladóhullámú gyorsítási elve. Szilárdnak ezt a szabadalmi kérvényét elutasították, mivel a lineáris gyorsító koncepciója már két korábbi munkában is megjelent, és erről valószínűleg a szabadalmi ügyintézőnek is volt már tudomása: *Gustav Ising* (1925) svéd fizikus és *Rolf Wideröe* (1928), Németországban élő norvég fizikus – 1928 nyarán, Szilárd szabadalmi kérvénye előtt megjelent – munkájára utalva.

1929. január 17-én, mindössze három héttel a lineáris gyorsító szabadalmi kérvényének beadása után Szilárd újabb szabadalmi kérvényt adott be *Részecskeugárcső* címmel. A mindössze hétoldalas kérelemben egyszerre tett javaslatot két különböző típusú gyorsítóra is, amelyeket ma *ciklotronnak*, illetve *betatronnak* nevezünk. A ciklotronnál az elektromosan töltött részecskéket időben állandó homogén mágneses mező körpályára kényszeríti, és így újra és újra áthaladnak a gyorsító réseken, ahol váltakozó elektromos mező gyorsítja azokat. Szilárd a szabadalmi kérvényében leírja, hogy a körpálya körfrekvenciáját és a gyorsító elektromos mező frekvenciáját illeszteni kell egymáshoz – rezonanciába kell hozni azokat. Ez a rezonancia mindaddig fennmarad, amíg a részecskék nem lépnek be a relativisztikus tartományba, azaz amíg a mozgási energiájuk jóval kisebb marad, mint az m_0c^2 nyugalmi energiájuk. A betatronnál a mágneses mező időben változik, és így kettős szerepe van: nemcsak körpályán tartja a részecskéket, hanem az időbeli változása miatt örvényes elektromos mezőt is indukál, és így a körpálya mentén gyorsítani is tud. Bár Wideröe (1928) a betatron ötletével is megelőzte Szilárdot, azonban Szilárd volt az első, aki a nyaláb fókuszálására is gondolt.

Kimutatta, hogy a mágneses mező radiális csökkenése a nyaláb fókuszálásához vezet.

Szilárd gyorsítókkal kapcsolatos utolsó kérelme már egy brit szabadalmi beadvány volt 1934. február 21-én *Aszinkron és szinkron transzformátor részecskék számúja* címmel. Itt a transzformátor szó nyilván a betatronnál is alkalmazott, időben változó mágneses mezővel való gyorsításra utalt. Szilárd két csoportra osztotta a gyorsítókat: szinkron gyorsítók azok, amelyeknél a körfrekvenciának és a gyorsító feszültség frekvenciájának összehangoltnak kell lenni, aszinkron gyorsítók pedig azok, ahol ez nem áll fenn. Az előbbire példa a ciklotron, az utóbbira a betatron. Ma a Szilárd-féle szinkron gyorsítókat rezonancia-gyorsítóknak szokás nevezni, bár Szilárd terminológiája tovább él a szinkrotron, a szinkrociklotron és a szinkrofazotron elnevezésekben. Ennek a szabadalmi beadványnak az a különlegessége, hogy Szilárd ebben leírja a frekvenciamoduláció és fázisstabilitás elvét, amelyek nélkülözhetetlenek a mai, nagy energiájú, relativisztikus gyorsítóknak. Ebben a dokumentumban Szilárd elektronok gyorsításáról beszél, nem említ protonokat. Az akkor elérhető energiák esetén még szükségtelen volt a gyorsított protonnyalábok relativisztikus változásainak figyelembevétele. Csak három évvel később, 1937-ben kezdték vizsgálni a relativisztikus effektusok hatását protonnyalábokra (Bethe – Rose, 1937; Rose, 1938).

Irány az atomenergia

H. G. Wells 1914-ben írta *Főlszabadult világ* (The World Set Free) című tudományos-fantasztikus művét, amelyben Rufus professzor a nagyközönségnek a következőképpen ismerteti a nemrég fölfedezett atomfizikai ismeretek következményeit: „Az atomok, amelyeket mindmáig tégláknak, megbízható,

élettelen építőköveknek vélték, valójában hatalmas mennyiségű energia tartályai. Ebben a lombikban mindössze fél liter uránoxid van, és csak egy font az ára. Hölgyeim és Uraim, ez a lombik annyi energiát rejt magában, amit csak 160 tonna szén elégetésével tudnánk nyerni. Ha ez az energia a parancsomra most hirtelen felszabadulna, a robbanás hamuvá változtatna mindnyájunkat itt, ebben a teremben. Ha viszont ebből az energiából vilányt tudnánk csinálni, az egy héten át kivilágíthatná Edinburgh városát. De ma még senki sem tudja megmondani, miként készíthetnénk ezt az uránt, hogy gyorsabban szabadítsa ki az energiáját... Ha meg tudnánk tenni, kivilágíthatnánk városainkat, hajót hajthatnánk át az óceánon, elpusztíthatnánk egy ellenséges flottát. Hölgyeim és Uraim, ez a tűzgyújtáshoz mérhető fölfedezés lenne, az pedig az embert az állatok fölé emelte. Ma még úgy tekintünk a radioaktivitásra, mint az ősember nézett a tűzre, mielőtt azt saját hasznára gyújtani megtanulta... Civilizációnk a barlanglakó ősember tűzcsiholó pálcájával indult. Ennek a civilizációnak a csúcán az energia hiánya vált legfőbb gondunkká. De most egy új kor hajnalához érkezünk, egy új civilizáció körvonalai rajzolódnak ki előttünk. Az energia – amelyből korábban sohasem volt elég – bőségben itt van körülöttünk, csak meg kell találnunk hozzá a kulcsot. De meg fogjuk találni!” (Wells, 1922)

Szilárdnak – saját bevallása szerint – ez a könyv volt az egyik kedvence. Egyes történet-írók szerint ez a könyv már kamaszkorában a kezébe került, akkor, amikor a fiatalok világ-megváltó terveket kovácsolnak; mások szerint pedig csak érett emberként, az 1930-as évek elején. Akárhogyan volt is, nagy hatást gyakorolt Szilárdra, és nem kis szerepe lehetett abban, hogy Szilárd érdeklődése a harmincas

években az atomokban rejlő energia embe-riség javára történő felhasználása felé fordult. A harmincas évek eleje izgalmas és veszélyes fordulatokat hozott. A mikrorészecskék tudományaiban az 1932-es évet a „magfizika arany éveként” szokás emlegetni. Ebben az évben fedezte fel *James Chadwick* a neutront, *Carl David Anderson* a pozitront a kozmikus sugárzásban; ekkor indult el *Ernest Lawrence* ciklotronja Amerikában, és ekkor dolgozta ki *Enrico Fermi* a béta-bomlás elméletét.

Ebben az évben Szilárd még Berlinben dolgozott, és egyre növekvő aggodalommal figyelte a politika egén sűrűsödő sötét felhőket. Az 1933-as év rosszul indult, Hitler hatalomra került. Szilárd a tudomány módszerét nemcsak a fizikai jelenségekre, hanem a mindennapi eseményekre is alkalmazta, és a folyamatok pillanatnyi állásából következtetett a várható jövőre. 1933. március 31-én felszállt Berlinben a Londonba induló, majdnem üres vonatra. A következő napi vonat már a Németországból menekülő zsidókkal volt tele, ám ők már nem jutottak ki Németországból, mivel a nácik leszedték őket a vonatról. Az egy nappal korábban indult Szilárd még szerencsésen megérkezett Londonba.

1934. szeptember 12-én sétája közben egy újságosnál meglátta a *The Times* aznapi kiadását, amely nagy betűkkel hirdette, hogy a nagy tekintélyű fizikus, Lord Rutherford előadást tartott az atomfizikáról. Szilárdot elfutotta a méreg, amint azt olvasta, hogy Rutherford „a Holdban élőnek” tartotta azt, aki az atomok energiájának a gyakorlati felhasználásáról gondolkodik. Szilárd visszaemlékezése szerint éppen egy közlekedési lámpa zöldre váltását várta a Southampton Row és a Russell Square sarkán, amikor eszébe jutott a neutronos láncreakció ötlete. Rutherford tudta ugyan, hogy egyetlen atommag-átalakuláskor sokkal na-

gyobb energia szabadulhat fel, mint egyetlen szénatom elégetésekor, ám nem tudta elképzelni azt, hogy makroszkopikus mennyiségű atommag átalakulását valahogyan létre lehetne hozni. Addig csak elektromosan töltött részecskékkal, protonokkal és alfa-részecskékkal kísérleteztek, és ezekkel nagyon ritkán lehetett néhány atommagot átalakítani. Szilárd arra gondolt, hogy a nem sokkal korábban felfedezett neutron – elektromosan semleges lévén – könnyen behatolhat az atommagba, mivel az elektromos taszítás nem akadályozza. Másrészről viszont az exponenciális függvény az, amely igen gyorsan nő, tehát ha valamilyen atommag-reakcióval exponenciális növekedést lehetne elérni, akkor hamarosan el lehetne érni a makroszkopikus mennyiséget. Ezért, ha találnánk egy olyan neutronos reakciót, amelyben energia szabadul fel, és két újabb neutron is keletkezik, akkor ezzel a *láncreakciót* meg lehetne valósítani. Keresni kellene tehát egy olyan X elemet, amely a következő reakcióra képes: $X + n \rightarrow Y + 2n + \text{energia}$.

Teller Ede szerint Szilárd visszaemlékezésében biztosan van egy gyenge pont: Szilárd sosem állt meg egy pirosat mutató közlekedési lámpánál...

Az elkövetkező években Szilárd megpróbálta megtalálni azt az X anyagot, amely a láncreakció megvalósításának a kulcsa lehetett volna. Ehhez kísérleti lehetőségre és támogatásra lett volna szüksége. Először Rutherfordnál próbálkozott, de a lord – a kollégák szerint – üvöltve dobta ki a „Holdban élő” fizikust a Cavendish Laboratóriumból. Végül ismerősei segítségével a St. Bartholomew's Kórházban kapott lehetőséget kísérletezésre. Az (n,2n) reakciókat próbálta vizsgálni.

A kezdeti eredmények biztatók voltak, így ezekben az években több szabadalmat is be-

adott a neutronokkal kiváltott reakciókkal kapcsolatban (URL₂). 1936-ban azonban ezek titkosítását kérte a Brit Admiraltástól, tekintettel az egyre fenyegetőbb nemzetközi helyzetre és a fasizmus terjedésére. Szilárd világosan látta, hogy ha a láncreakció megvalósítható, akkor az nemcsak békés célokra lesz használható, és ezért jobb azt titokban tartani. A Brit Admiraltáshoz titkosításra beadott szabadalmi leírásban már felbukkan a *kritikus tömeg* fogalma is, azé a tömegé, amelynél az önfenntartó láncreakció megvalósul.

Hamarosan be kellett azonban látnia, hogy az akkor ismert (n,2n) reakciókkal nem működhet a láncreakció. A második neutron ugyanis kötött állapotban van az atommagban, tehát a kiszabadításához energia kell. Így ez a reakció nem termel energiát, hanem fogyasztja azt.

A nemzetközi helyzet romlása miatt már Londonban sem érezte magát biztonságban. „*Távozásom után egy évvel Hitler háborút indít Európában*” – mondta, és áttelepült az Egyesült Államokba 1938-ban.

A maghasadás és a neutronok

Az Egyesült Államokban majdnem feladja a láncreakció megvalósítására tett erőfeszítéseit, hiszen 1939 elején táviratban értesíti a Brit Admiraltást, hogy a láncreakció megvalósítására tett szabadalmi kérvényét visszavonja. Ám ekkor érkezik el a maghasadás felfedezésének híre Amerikába. *Niels Bohr*, a fizikusok „pápája” viszi át Európából egy amerikai konferenciára azt a hírt, hogy Berlinben *Otto Hahn* és *Friedrich Strassmann* felfedezték az uránmag hasadását. Szilárd azonnal átlátja, hogy az uránmag neutronban gazdagabb, mint a belőle származó töredékek, ezért elképzelhető, hogy a többlet neutronok kiszabadulnak, és így egyetlen neutron által létre-

hozott maghasadásban egynél több neutron keletkezik. Szinte azonnal megy egy másik távirat a Brit Admiraltáshoz: „*az előző táviratomat tekintsek tárgyitalannak*”. *Walter Zinn*nel közösen kísérletet terveznek, hogy megmérjék az urán hasadásakor felszabaduló neutronok számát. A kísérlet sikerül, az általuk kapott érték: hasadásonként átlagosan 2 neutron (a mai, pontosabb érték: 2,4 neutron hasadásonként).

1939. március 16-án cikket küldenek be a *Physical Review*-ba *Instantaneous Emission of Fast Neutrons in the Interaction of Slow Neutrons with Uranium* címmel (URL₃) (2. ábra). Szilárd azonban arra kéri a *Physical Review* szerkesztőit, hogy a cikket NE publikálják addig, amíg arra nem adnak engedélyt. Ezzel egy időben felszólítja az Európában maradt angol és francia fizikus kollégákat, hogy a nyilvánvaló katonai alkalmazási lehetőségekre tekintettel ne publikálják a maghasadással kapcsolatos kutatási eredményeiket. Az angolok megértették, a franciák – *Frédéric Joliot-Curie* csoportja – nem. Joliot-Curie és csoportja szintén megtalálták az urán hasadásakor kilépő neutronokat, és erről ugyan-csak beküldtek egy cikket a *Physical Review*-

Instantaneous Emission of Fast Neutrons in the Interaction of Slow Neutrons with Uranium*

Recently it became known¹ that uranium can be split by neutrons into two elements of about equal atomic weight. In this fission of uranium the two elements produced have a large neutron excess; moreover they are probably produced in an excited nuclear state. One might therefore expect that these excited fragments instantaneously emit neutrons and that perhaps the number emitted is even larger than one per fission.

One might also expect a delayed emission of neutrons—as was first pointed out by Fermi—if some of the fragments go through one or more beta-transformations before they emit a neutron. Delayed emission of neutrons caused by the action of both slow and fast neutrons on uranium has recently been reported by Roberts, Meyer, and Wang,² who find a period of about 12-seconds.

2. ábra • A Szilárd-Zinn-cikk kezdete

ba, azonnali publikálást kérve. Ezt követően Szilárd és Zinn is hozzájárultak a cikkük közzléséhez. A két cikk egymást követi a *Physical Review* 1939. április 15-i számában. Joliot-Curie cikkében még a *láncreakció* szó is szerepel.

Az Einstein–Szilárd-levél

Európában elindult a verseny az atombombáért. Amerikában azonban nem történik semmi ezen a téren, és ez nagyon aggasztó Szilárd számára. Úgy érzi, hogy mindenképpen fel kell hívni *Franklin Delano Roosevelt* elnök figyelmét arra a nagy veszélyre, amely a világot akkor fenyegetné, ha Hitler Németországának sikerülne elsőnek kifejlesztenie az atombombát. Ezért 1939 augusztusában barátjával, Teller Edével felkeresik Einsteint, és rábírják, hogy írjon alá egy Szilárd által megfogalmazott levelet az elnöknek, amelyben felhívja a figyelmét erre a veszélyre (3., 4. ábra). Szilárd egy bankár barátjának adja oda a levelet, hogy személyesen nyújtsa át az elnöknek, és hívja fel Rooseveltt figyelmét a levél fontosságára egy elnöki vacsora alkalmával. A levél átadására októberben kerül sor. Akkor, amikor Németország már lerohanta Lengyel-



3. ábra • Einstein és Szilárd 1939 augusztusában levelet írnak Franklin D. Rooseveltnek. (Forrás: Marx, 1997)

országot, és elkezdődött a második világháború. Az elnök azonnal megértette a dolog jelentőségét, és intézkedett. Ezzel Amerika is belépett az atomfegyverért folyó versenybe.

A heterogén atomreaktor

Az elnök létrehozta az Uránbizottságot, amelynek többek között tagja lett Enrico Fermi,

Albert Einstein
Old Grove Rd.
Hawson Point
Peconic, Long Island
August 2nd, 1939

F.D. Roosevelt,
President of the United States,
White House
Washington, D.C.

Sir:

Some recent work by E. Fermi and L. Szilard, which has been communicated to me in manuscript, leads me to expect that the element uranium may be turned into a new and important source of energy in the immediate future. Certain aspects of the situation which has arisen seem to call for watchfulness and, if necessary, quick action on the part of the Administration. I believe therefore that it is my duty to bring to your attention the following facts and recommendations:

In the course of the last four months it has been made probable - through the work of Joliot in France as well as Fermi and Szilard in America - that it may become possible to set up a nuclear chain reaction in a large mass of uranium, by which vast amounts of power and large quantities of new radium-like elements would be generated. Now it appears almost certain that this could be achieved in the immediate future.

This new phenomenon would also lead to the construction of bombs, and it is conceivable - though much less certain - that extremely powerful bombs of a new type may thus be constructed. A single bomb of this type, carried by boat and exploded in a port, might very well destroy the whole port together with some of the surrounding territory. However, such bombs might very well prove to be too heavy for transportation by air.

The United States has only very poor ores of uranium in moderate quantities. There is some good ore in Canada and the former Czechoslovakia, while the most important source of uranium is Belgian Congo.

In view of this situation you may think it desirable to have some permanent contact maintained between the Administration and the group of physicists working on chain reactions in America. One possible way of achieving this might be for you to entrust with this task a person who has your confidence and who could perhaps serve in an unofficial capacity. His task might comprise the following:

a) to approach Government Departments, keep them informed of the further development, and put forward recommendations for Government action, giving particular attention to the problem of securing a supply of uranium ore for the United States;

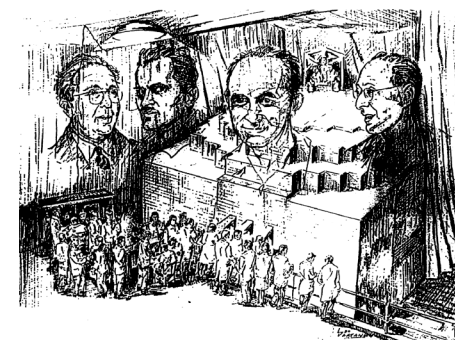
b) to speed up the experimental work which is at present being carried on within the limits of the budgets of University laboratories, by providing funds, if such funds be required, through his contacts with private persons who are willing to make contributions for this cause, and perhaps also by obtaining the co-operation of industrial laboratories which have the necessary equipment.

I understand that Germany has actually stopped the sale of uranium from the Czechoslovakian mines which she has taken over. That she should have taken such early action might perhaps be understood on the ground that the son of the German Under-Secretary of State, von Telschöcker, is attached to the Kaiser-Wilhelm-Institut in Berlin where some of the American work on uranium is now being repeated.

Yours very truly,
A. Einstein
(Albert Einstein)

4. ábra • Einstein levele F. D. Roosevelthez. (Forrás: Marx, 1997)

Szilárd Leó és *Wigner Jenő* is. Az Uránbizottság még nem a bomba kifejlesztésével foglalkozott, hanem azt próbálták meg demonstrálni, hogy önfenntartó láncreakció egyáltalán létrehozható. Szilárd és Fermi tudták, hogy a lassú neutronoknak sokkal nagyobb a hatékonyságuk, ezért a maghasadáskor keletkező neutronokat le kell lassítani. A neutronok a vízben lévő protonokkal ütközve tudnak jól lelassulni, ezért először vízben oldott uránsóval kísérleteztek. Itt azonban az a probléma, hogy a természetes uránban nagy százalékban jelen lévő, maghasadásra nem képes ^{238}U izotóp a lelassuló neutronokat igen nagy valószínűséggel – rezonanciaszerűen – elnyeli, így mire megfelelő sebességre lelassulva elérné a hasadásra képes – de csak kis százalékban jelen lévő – ^{235}U izotópot, a neutronok száma már annyira lecsökken, hogy a láncreakció nem tud megvalósulni. Ennek a problémának a megoldására Szilárd javasolta a heterogén atomreaktor ötletét, ahol az urán üzemanyag és a neutronok lassítására szolgáló közeg – a moderátor – helyileg el vannak



5. ábra • A chicagói atommáglya szénrajza. Balról jobbra: Szilárd, Compton, Fermi, Wigner. (Forrás: Marx, 1997)

választva egymástól. Ha az üzemanyag eléggé nagy felületű (például vékony pálcákból vagy kis darabokból áll), akkor a hasadáskor keletkező gyors neutronok nagy valószínűséggel kilépnek az üzemanyagból, és a moderátorban kezdenek bolyongani. Az ütközések következtében lelassulnak, és túljutnak a „veszélyes” rezonanciatartományon, anélkül, hogy az ^{238}U atommagokkal találkoznának. Megfelelő elrendezés esetén nagy valószínű-



6. ábra • Gary Sheahan festménye (1957) a chicagói atommáglyáról a Chicago History Museumban. (Forrás: URL6)

séggel csak az után diffundálnak vissza az üzemanyagba, miután már elegendően lelassultak. Ilyen módon ki tudják kerülni a veszélyes rezonanciákat.

A chicagói atommáglya

1942. december 2. A chicagói Stagg Field stadion lelátója alatt egy Metallurgical Laboratory feliratú táblát viselő ajtó mögött lévő helyiségben furcsa építmény tornyosul. Fagerendás állványzat támaszt egy koromfekete, grafitteglákból összeállított, hatalmas, csonka gúla alakú tömböt (5., 6. ábra). A berendezés tetején néhány ember áll készenlétben vödörrel, a mellette lévő galérián pedig izgatott tudósok csoportja figyel egy kattogó műszert és egy írószerkezetet, amelynek tolla papírhengerre rajzol vonalakat. A galéria alatti szinten álló férfi kadmiumlemezeket mozgat a grafitteglák közötti résekben, aszerint, hogy a galérián álló, kissé kopaszodó férfi – Enrico Fermi – milyen utasításokat ad neki. Szilárd Leó, aki szintén a galérián állók között van, ennek a napnak a reggelén a következő szavakat írta a naplójába: „*H. G. Wells, jövünk!*”

A furcsa építmény a világ első atommáglyája, amelyet az önfenntartó láncreakció megvalósíthatóságának demonstrálására építettek. A kísérlet vezetője Enrico Fermi, amerikai részről pedig *Arthur Compton*. Szilárd Leó mellett egy másik magyar származású tudós is a galérián áll: *Wigner Jenő*. Az atommáglya belsejében 40 tonna uránoxid és 6 tonna fémurán van elosztva kis darabokban, többé-kevésbé egyenletesen, 380 tonna, szupertiszta grafitteglák között. A grafitmoderátor a neutronok lelassítására szolgál. Az építmény tetején áll az „öngyilkos csoport” bóros vízzel teli vödörrel és a galéria korlátjához kikötött biztonsági rúddal. Készen arra, hogy ha az atommáglyában kialakuló láncreakció elszabadulna, akkor a bóros vizet beöntsék a reaktorba, elvágják a biztonsági rudat tartó kötelet, miáltal a reaktorba jutó bór és a bezuhanó biztonsági rúd leállítja a láncreakciót. A láncreakció szabályozását egyébként a kadmiummal bevont lemezek ki-, illetve betolásával tervezték végezni.

A kísérlet délelőtt 9 óra 45 perckor kezdődött. A negyvenkilenc résztvevő csendben figyelte, ahogy Fermi utasítására lassan kijebb húzták a kadmiumlemezeket. A neutronszám-lábok egyre hangosabban ketyegtek, a neutronok szintje új és új telítési állapotra állt be, jelezvén, hogy egyensúly alakult ki, a láncreakció még nem önfenntartó. A feszültség fokozódott, de röviddel 12 óra előtt Fermi leállította a kísérletet, és ebédszünetet rendelt el. Az ebéd alatt szokatlan csend volt, mindenki a gondolataiba merült. Délután 2 órakor Fermi és csapata ismét a helyszínen volt, a kísérlet folytatódott. Végül, 3 óra 53 perckor a neutronszám emelkedése exponenciálisan növekvő jellegű lett. Semmi jele nem volt annak, hogy telítésbe menne. A történelem első mesterségesen létrehozott, önfenntartó láncreakciója megvalósult, az emberiség belépett az atomkorba. Fermi elrendelte a kadmiumlemezek betolását, a láncreakció rendben leállt. Arthur Compton a telefonhoz lépett, és felhívta *James B. Conant*et a Harvardon, aki a Nemzeti Védelmi Kutatási Bizottság (National Defense Research Committee) vezetője volt. A beszélgetés a következőképpen zajlott:

– *Az olasz kormányos szerencsésen megérkezett az Újvilágba.*
– *Milyenek a bennszüllöttek?*
– *Barátságosak.*
Az addigi nagy feszültség hirtelen oldódott, a résztvevők boldogan tapsoltak és gratuláltak Ferminek és egymásnak. Ekkor Wigner Jenő

– *Az olasz kormányos szerencsésen megérkezett az Újvilágba.*

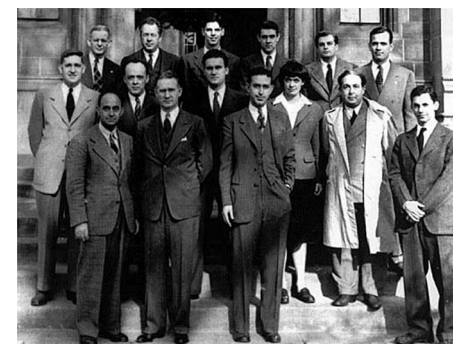
– *Milyenek a bennszüllöttek?*

– *Barátságosak.*

Az addigi nagy feszültség hirtelen oldódott, a résztvevők boldogan tapsoltak és gratuláltak Ferminek és egymásnak. Ekkor Wigner Jenő

egy üveg Chiantit húzott elő, és átnyújtotta Ferminek, aki csodálkozva kérdezte: *Honnan vetted? Most, amikor a háború miatt már semmilyen olasz árut nem lehet kapni?* Wigner mosolyogva felelt: *Nem most vettem, hanem régebben. Biztos voltam, hogy ez a nap el fog jönni.* (7., 8. ábra)

A sikeres kísérlet megadta a lökést az amerikai atombombaprogramnak. Elindult a Manhattan-terv, amelynek tudományos vezetésével *Robert Oppenheimert* bízták meg, katonai felügyelete pedig *Leslie Groves* tábornok feladata lett. Szilárd nem vehetett részt ebben, mivel magyarországi kommunista múltja miatt megbízhatatlannak tartották. Nem szakadt azonban el az atomenergiától, hanem 1943-tól reaktor-tanácsadó lett. 1944-ben Fermivel együtt szabadalmaztatta a neut-

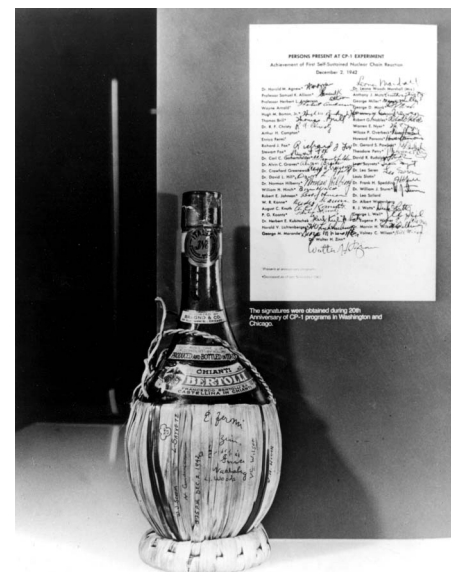


8. ábra • A chicagói kutatócsoport néhány tagja. Jobbról a harmadik Szilárd (kabátban). Fermi az első sor bal szélén áll. (Forrás: URL8)

ronos reaktort, amely szabadalmat 1955-ben szimbolikus 1 dollárért vásárolta meg tőlük az Egyesült Államok (URL3).

A grafit sugárkárosodása

A chicagói kísérlet után az első reaktorok grafitmoderátorral épültek Hanfordban. Szilárd felismerte, hogy a maghasadáskor keletkező gyors neutronoknak kezdetben elegendően nagy az energiájuk ahhoz, hogy a grafitban lévő szénatomokkal ütközve azokat kiűssék a kristályrácsban elfoglalt helyükről. A grafitmoderátorban tehát nemcsak a neutronok lassulnak, hanem a grafit kristályrácsa is sérül, az anyag sugárkárosodást szenved. Felhívta a figyelmet arra, hogy a kilökött szénatomok miatt a sugárkárosodott kristály energiát tárol, és ez veszélyes lehet. Ezért a sugárkárosodott grafitot időnként fel kell melegíteni, hogy a hőmozgás segítségével a kilökött atomok visszatárljanak, és a hibahelyek száma lecsökkenjen. Természetesen ilyenkor a kristályban tárolt energia felszabadul, és az a kristályt tovább melegíti. Ha túl sokáig várnak a grafit hőkezelésével, akkor olyan sok energia is felhalmozódhat benne, hogy a következő hőkezelésnél felszabaduló energia miatt akár fel



7. ábra • A Wigner Jenő által Ferminek átadott Chianti, a résztvevők aláírásával. A jobb oldali inzerben levő aláírások a chicagói atommáglya 20. évfordulójára rendezett ünnepségen születtek. (Forrás: URL7)

is izzik a grafit, és meggyulladhat. Ez a folyamat, amelyre Szilárd már 1943-ban felhívta a figyelmet, okozta az angliai Windscale atomerőműben kialakult grafittüzet, az első komolyabb atomerőmű-balesetet (1957).

Szaporítóreaktor

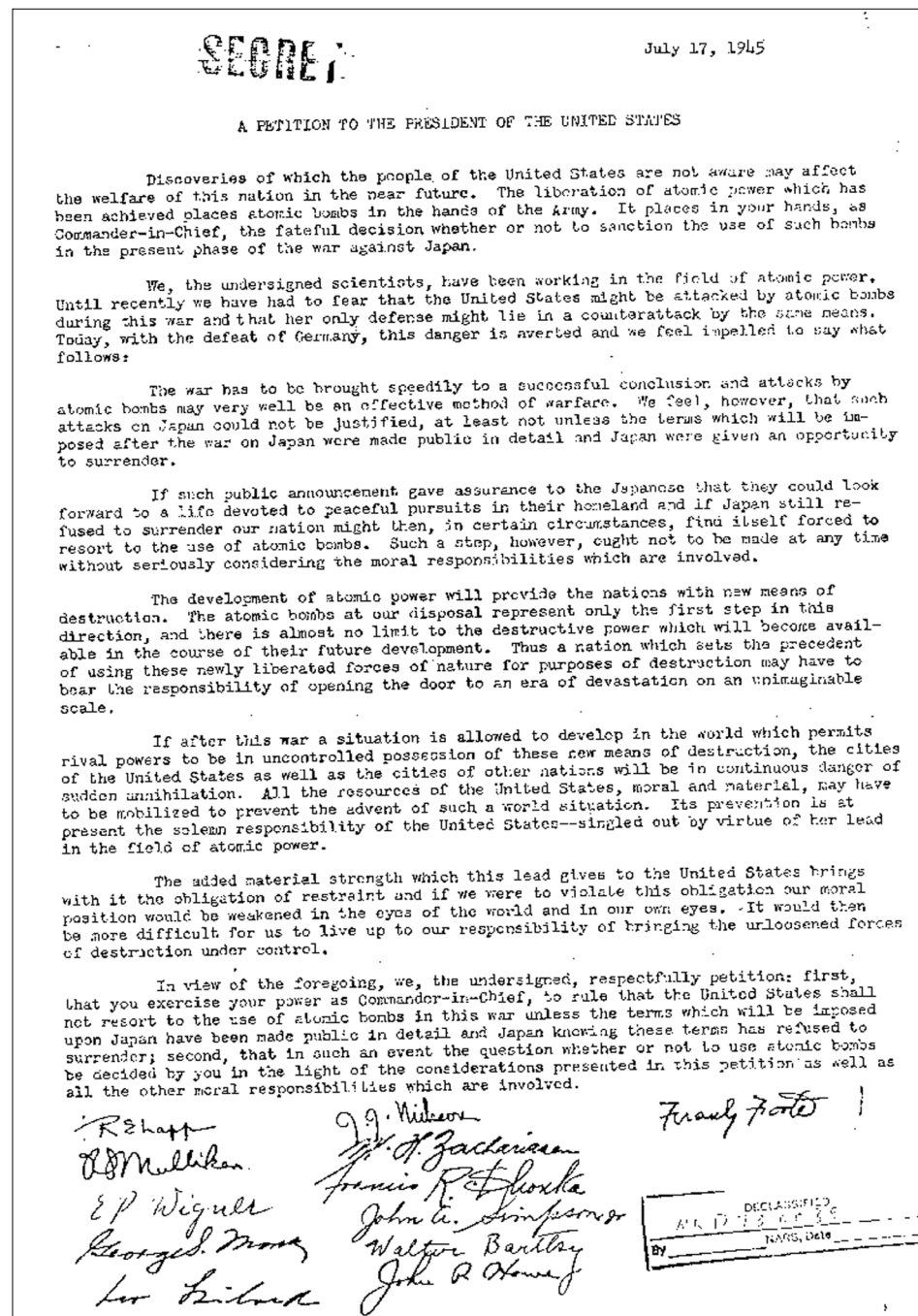
Még egy atomenergiával kapcsolatos elnevezés fűződik Szilárdhoz: 1944-ben ő nevezte először *breeder*-nek – szaporítóreaktornak – az olyan reaktorokat, amelyek több hasadóanyagot állítanak elő nem hasadó anyagból (például tóriumból vagy ^{238}U -ból), mint amennyi hasadóanyagot elhasználnak. Az ilyen reaktoroknak nagy jelentősége lenne a nukleáris üzemanyagban lévő energia jobb hatásfokkal történő kihasználásában. Ezek mégsem terjedtek el nagy számban. Egyrészt mert műszakilag és technológiailag nagyon bonyolult *high-tech* berendezések (például magas hőmérsékleten üzemelnek, folyékony fémmel kell őket hűteni), másrészt pedig az atomfegyverek elterjedésének megakadályozása (non-prolifерáció) szempontjából különösen érzékenyek, hiszen nem hasadó anyagból állítanak elő hasadóanyagot.

Az emberiség lelkiismerete

1945. május 8-án Németország leteszi a fegyvert, Hitler halott. Megszűnt az a fenyegetés, amely Szilárdot arra készítette, hogy sürgesse az Egyesült Államok atomfegyver-programjának beindítását. Szilárd ismét akcióba lendül, ezúttal annak megakadályozására, hogy az atombombát emberek ellen vessék be. Petíciót készít, amelyet tudósokkal – többek között a Los Alamosban, a bombán dolgozó tudósokkal is – aláírat. Rooseveltt hirtelen halála miatt azonban ez a petíció nem éri el a célját. Az új elnök – *Harry Truman* – csak a beiktatása napján értesül a titokban folyó

atomfegyverprogramról. Nyilvánvaló, hogy a katonák tanácsaira hallgat, nem figyelme néhány tudós tiltakozási kísérletére még akkor sem, ha az eljutna hozzá. A petíció július 17-én kelt végső változatában Szilárd nem követelte egyértelműen a bomba betiltását, csak azt, hogy azután alkalmazzák, ha Japán már közölte a megadás pontos feltételeit. Ekkor az elnök döntését „a morális felelősség fogja korlátozni” (9. ábra). Szilárd ezt a petíciót is közönséges borítékba zárta, lepecsételte, majd átadta Comptonnak. A kilenc lap valamelyikén megtalálható az ő és barátja, Wigner Jenő aláírása. Szilárd kísérőlevelében az áll, hogy a petíciót hatvanhét tudós írta alá, habár a Fehér Házba beérkezett lapokon végül is hetven aláírás szerepel – ezek most a Nemzeti Levéltárban vannak elhelyezve. A javított változatot Oak Ridge-ben még nyolcvanöten írták alá. Összesen tehát 155, a Manhattan-terven dolgozó tudós írta alá azt a petíciót, amely az atombomba japán városokra való ledobásának erkölcsi problémáját veti fel. Százötven tudós közül 127 a szavazólapokon csak bemutatott részesített volna előnyben.

Július 17-én, ugyanazon a napon, amikor Szilárd elküldte a petíciót, Oppenheimer beszámolt Groves tábornoknak Szilárd Los Alamos-i tudósok között végzett aláírásgyűjtéséről. Oak Ridge-ben Groves helyettese, *Kenneth Nichols* ezredes felhívta telefonon a Pentagonban a tábornokot, és megkérdezte: „Miért nem szabadulunk meg az oroszántól?” (Leo = oroszán). Groves azt válaszolta, hogy „Ezt jelenleg nem tudjuk megtenni.” Groves azt látta legjobbnak, hogy egy héten keresztül tárgyal Arthur Comptonnal arról, hogyan továbbítsák Szilárd petícióját, végül a csomag csak július 24-én jutott el Oak Ridge-be, Nicholszhoz (URL4).



9. ábra • Szilárd Leó petíciója az atombomba emberek ellen történő bevetése ellen.
(Forrás: Lanouette, 1997b)

JOHN F. KENNEDY
MASSACHUSETTSCOMMITTEE
FOREIGN RELATIONS
LABOR AND PUBLIC WELFARE
JOINT ECONOMIC COMMITTEEUnited States Senate
WASHINGTON, D.C.

May 27, 1960

Dr. Leo Szilard
Memorial Hospital
68th Street and York Avenue
New York, New York

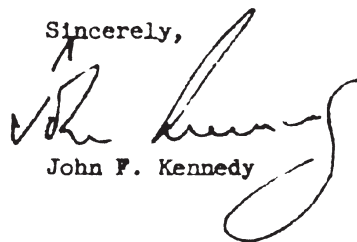
Dear Dr. Szilard:

Many thanks for sending me the interesting advance draft of your forthcoming article for *Look*, "Has the Time Come to Abrogate War?". The time has certainly come to abrogate war, but this will never happen without inventive ideas and a clear vision of the goal. Your article and your other writings in the *Bulletin of Atomic Scientists* are making important contributions in supplying new ideas and better vision.

May I also say how happy I was to hear of the Atoms for Peace Award just presented to you. This country owes many debts to you, not only for your scientific achievements but for the great responsibility and imagination you have brought to the problem of securing peace.

With every good wish, I am

Sincerely,



John F. Kennedy

JFK:glg

10. ábra • Kennedy elnök köszöntőlevele Szilárdnak az Atoms for Peace díj elnyerése után.
(Forrás: Marx, 1997)

Hidegháborús évek

A háború befejezése után Szilárd továbbra is az emberiség békéjéért, a hidegháború és a fegyverkezési hajszá ellen küzd. 1950-ben nyilvánosan ellenzi az új csodafegyver, a hidrogénbomba kifejlesztését, nyíltan konfrontálódik régi barátjával, Teller Edével is. Részt vesz a Pugwash békemozgalomban, szót emel a két nagyhatalom, az Egyesült Államok és a Szovjetunió közötti párbeszéd érdekében. Leveleket ír Sztálinnak és az amerikai elnöknek. A kubai válság idején az ő javaslatára hozzák létre a „forró drótot” a Kreml és a Fehér Ház között. 1959-ben az atomenergiával kapcsolatos tevékenységéért megkapja az „Atoms for Peace Award” kitüntetést (10. ábra). (Az első négy kitüntetett között három magyar volt: Hevesy György, Szilárd Leó és Wigner Jenő.)

Életének utolsó éveiben a biológia és a biofizika felé fordul, előbb a chicagói egyetemen lesz a biofizika professzora, majd saját laboratóriumot kap ugyanott, végül pedig a kaliforniai La Jolla-ban telepedik le, és a Salk Institute-ban dolgozik. Az öregedés biológiaijáról, valamint a memória molekuláris alapjairól ír tudományos cikkeket. Ezek azonban már kívül esnek e cikk tematikáján.

Miután saját tervezésű sugárkezelésével teljesen kigyógyította magát az 1959-ben di-



11. ábra • Szilárd Leó sírja a Kerepesi temetőben. (a szerző felvétele)

agnosztizált hólyagrákjából, 1964. május 30-án szívroham következtében álmában éri a halál. Boncolása során megállapítják, hogy az általa megtervezett sugárkezelés sikere teljes volt, hólyagrákja maradéktalanul eltűnt (11. ábra).

Kulcsszavak: Szilárd Leó, tudománytörténet, atomenergia, láncreakció, chicagói atommaghlya, atomfegyverek, ciklotron, betatron, fázisstabilitás

IRODALOM

- Bethe, Hans A. – Rose, Morris E. (1937): The Maximum Energy Obtainable from the Cyclotron. *Physical Review*. 52, 1254, DOI: 10.1103/PhysRev.52.1254.2
- Ising, Gustaf (1925): Prinzip Einer Methode Zur Herstellung Von Kanalstrahlen Hoher Voltzahl. *Arkiv för matematik, astronomi och fysik*. 18, 45, • http://bancroft.berkeley.edu/Exhibits/physics/bigscience_02.html
- Rose, Morris E. (1938): Focusing and Maximum Energy of Ions in the Cyclotron. *Physical Review*. 53, 392, DOI: 10.1103/PhysRev.53.392

- Telegdi [Bálint] Valentin L. (2000): Szilard as Inventor: Accelerators and More. *Physics Today*. 53, 10, 25–28. DOI:10.1063/1.1325189
- Wideröe, Rolf (1928): Über ein neues Prinzip zur Herstellung hoher Spannungen. *Archiv für Elektrotechnik*. 21, 387–406. • <http://link.springer.com/article/10.1007%2FBF01656341>
- URL1: <http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=GB&NR=303065>
- URL2: <http://www.directorypatent.com/GB/440023-a.html>

URL3: <http://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRev.55.799>

URL4: <http://www.google.com/patents/US2708656>

URL5: <http://fizikaiszemle.hu/archivum/fsz9703/lanoue.html>

URL6: <http://www.agracadaquimica.com.br/imagens/artigos/drawing-two-of-chicago-piler.jpg>

URL7: <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/236x/6a/e4/rd/6ae4rd179e067c523c4c30bb9c273.jpg>

URL8: http://www.atomicarchive.com/Photos/CP1/images/CP1_people.jpg

FORRÁSOK

Hargittai István (2006): *Az öt világformáló marslakó*. Vince, Budapest

Lanouette, William (1997a): *Szilárd Leó. Zseni árnyékban*. Magyar Világ, Budapest

Lanouette, William (1997b): Szilárd Leó: Fizikus és békecsináló. *Fizikai Szemle*, 3, 96.

Marx György (1997): *Szilárd Leó*. Akadémiai, Budapest

Marx György (2000): *A marslakók érkezése*. Akadémiai, Budapest

Leo Szilárd Centenary Volume. (Marx, George ed.) Eötvös Physical Society, Budapest 1998

Leo Szilárd Online (Gene Dannen) • <http://www.dannen.com/szilard.html>

Szilárd Leó – Wikipedia http://hu.wikipedia.org/wiki/Szilárd_Leó

Wells, Herbert George (1922): *A földszabadult világ* (ford. Havas Lajos) Népszava, Budapest



Tanulmány

EGYETEM 2.0? FELSŐOKTATÁS AZ INFORMÁCIÓS KORBAN

Dessewffy Tibor

habil. egyetemi docens, tanszékvezető
ELTE Társadalomtudományi Kar
Szociálpszichológiai Tanszék
tibor.dessewffy@gmail.com

Láng László

a közgazdaság-tudományok kandidátusa, rektor
Budapest International Business School

Detrekői Ákos emlékének

Tanulmányunkban vitát szeretnénk indítani a felsőoktatás feladatairól és új működési módjáról az információs korban. Meggyőződésünk szerint ebben a társadalmi intézményben is lépéskényszert hoz létre az a radikális társadalmi változás, amelyet jobb híján információs forradalomnak nevezünk. Először az információs kor számunkra meghatározó kulturális–kognitív dimenzióit mutatjuk be. Majd arra teszünk kísérletet, hogy az új helyzetben adekvát felsőoktatási gyakorlat sajátosságait vázoljuk. Tisztában vagyunk a magyar felsőoktatást sújtó stratégiahiánnyal, brutális forráskivonással, oktatói elvándorlással és az ebből fakadó minőségromlással. Ezek valóban égető problémák. A jelen gondolatmenet szempontjából azonban az a fontos, hogy ha szabályozási és finanszírozási oldalról ideális állapotot tételeznénk fel – akkor is számos tennivaló maradna az oktatás újra-

gondolásában. Mivel az előbbi feltételeket nem áll módunkban megváltoztatni, helyiütt azt igyekezzünk végiggondolni, hogy milyen változ(tat)ásokat követel a digitális kor a felsőoktatási intézményektől. Ahogy Prievara Tibor, az új szemlélet egyik kiváló képviselője fogalmazott egy interjújában: „Ennyire kevés pénzért nem érdemes rosszul tanítani” (Medgyes, 2014)

Az internet disruptív (megszakító/megbontó) innováció, ahol némi időnek kell eltelnie, míg a korábbi társadalmi gyakorlatok látványosan leértékelődnek, illetve az új működési formák elterjednek (Christensen, 1997). Az intellektuális, kognitív működést meghatározó technológiák terjedése esetében ez különösen így van. A könyvnyomtatás feltalálása után például a népesség túlnyomó része még évszázadokig analfabéta volt. Bár milyen hatása volt is a könyvnyomtatásnak, az közvetve érintette őket. Kiinduló állításunk tehát az, hogy az internet, a disruptív digitá-

lis technológiák hatásai mára elérték azt a szintet, hogy meghatározó, független változóként kell őket figyelembe vennünk.

Számos olyan tényező van, amelyre a digitális technológiák hatásainak „újrafelfedezése” kapcsán utalhatunk. A kereső- és ajánlórendszerek, a web 2.0, a közösségi média, a dolgok internete és az ezeken a platformokon kifejlődő számtalan innováció rendkívül komplex képet mutat.

Ezek a technológiai változások és a nyomukban létrejövő társadalmi gyakorlatok mára meghatározzák a mindennapok folyamatait is. Az alábbiakban azt kívánjuk bemutatni, hogy a felsőoktatásnak – e rendkívül konzervatív alrendszernek – miként kellene megváltoznia ebben az új helyzetben. Ehhez áttekintjük az intellektuális technológiák digitalizációja nyomán kialakuló **főbb kulturális, kognitív jellegzetességeket**. Meggyőződésünk ugyanis, hogy csak az elvárt készségek, illetve e készségek megszerzéséhez szükséges neurobiológiai, kognitív helyzetek metszpontjában érdemes vizsgálni az oktatás megújítására, humanizálására és korszerűsítésére váró feladatokat. Ma, amikor egyre inkább felpörög az adatforradalom, az információ elavulásának sebessége is felgyorsul. A jelenlegi statikus, ismeretátadó felsőoktatási tudástranszfer így egyre tarthatatlanabb. Olyan szakmákra kell fiatalokat képeznünk, amelyek ma még nem is léteznek, olyan problémák megoldására kell képessé tennünk őket, amelyeket ma még meg sem fogalmaztunk.

Indításként érdemes szemügyre venni, hogy a jövő kutatás elismert kutatóintézete, az Institute of the Future (ITF) milyen főbb trendeket (*driver*) lát a következő tíz évben, és milyen munkaerő-piaci készségeket nevesít a sikeres állások megszerzéséhez. Az ITF szerint tehát a változás hat mozgatórugója:

1. Megnövekedett élettartam. Az emberek tovább élnek. 2025-re a hatvanon felüli amerikaiak száma 70%-kal nő.
2. Az okos gépek és rendszerek elterjedése. A technológia megsokszorozhatja és kiterjesztheti meglévő képességeinket. A munkahelyek automatizálásával eltűnnek a monoton munkavégzést igénylő állások.
3. A digitalizált adatok világa. Az érzékelők (adatgyűjtők) és adatfeldolgozók számának növekedésével a világ egy programozható rendszerré válik. Az adatok révén egy idáig elérhetetlen szinten láthatunk dolgokat, folyamatokat.
4. Újmédiás ökológia. Az új kommunikációs eszközök szövegen túli médiaműveltséget igényelnek. A vizuál-kommunikációs média külön nyelvvé válik.
5. Szuperstruktúrák. A közösségi technológiák új lehetőségeket hoznak a termelésbe és az értékteremtésbe. A közösségi média eszközeinek felhasználásával a szuperstrukturális szervezetek rendkívüli szinten működhetnek.
6. Globálisan összekapcsolt világ. Többpólusú komplexebb világ. A munkahelyteremtés, az innováció és a politikai hatalom már nem az Egyesült Államok és Európa monopóliuma. Új regionális és globális központok jelennek meg (Kína). E hat főtrend alapján a következő tulajdonságok előtérbe kerülését tartják az új helyzetben a hatékony, sikeres működés előfeltételének.

1. Lényeglátás – Képesség a számtalan információból a dolgok mélyebb értelmének, illetve jelentőségének felismerésére.
2. Kapcsolatépítés – Képesség a másokkal való mély és közvetlen kapcsolatteremtésre. Megérezni és előidézni a kíváncsi reakciókat és interakciókat.

3. Adaptív problémamegoldás – Gyakorlott gondolkodásmód, problémamegoldás akár túllépve megszokáson, szabályokon is.
4. Kultúrafüggetlen kulturáltság – Képesség a különböző kulturális terekben való munkavégzésre.
5. Adataalapú gondolkodás – Képesség hatalmas mennyiségű adat elvont fogalomra alakítására, és az adataalapú érvelés megértésére.
6. Újmédia-specifikus normaismeret – Képesség az újmédiát alkalmazó tartalmak kritikai értelmezésére és fejlesztésére, és ezen médiumok felhasználására a meggyőző kommunikációban.
7. Transzdiszciplinaritás – Több tudományágat is érintő műveltség, képesség a különböző tudományágakhoz tartozó fogalmak megértésére.
8. Folyamatrepresentációs készség – Képesség a feladatok, illetve a kívánt cél érdekében történő munkafolyamatok képviselésére és kidolgozására.
9. Feladatszűrés – Képesség az információk fontossági sorrendjének felállítására, a kognitív funkciók maximalizására.
10. Virtuális kollaboráció – Képesség egy virtuális csapat tagjaként a produktív munkára, az ösztönző elköteleződésre, az érzékelhető jelenlétre.

Ha a jelen felsőoktatására gondolunk ezzel kapcsolatban, akkor eszünkbe juthat Daniel Bell nevezetes mondása a nemzetállamokról: „Túl kicsik a nagy problémák megoldására, túl nagyok a kis problémák kezeléséhez.” Napjaink felsőoktatása – csoportmunka hiányában és az önállóság diszpreferálásával – nem elég nyitott az általános készségek fejlesztéséhez, és a sztandardizáció miatt a specifikus ismeretek átadására sem alkalmas. Hogy a gondokat tovább növeljük,

nézzük most meg, hogy milyen változásokkal kell számolnunk a kognitív mezőben.

Kognitív oldal

Peter L. Berger és Thomas Luckman *A valóság társadalmi konstrukciója* című népszerű munkájukban pontosan írják le, hogy az objektív valóság szubjektív értelmezéséből (és később átalakításából) hogyan konstruáljuk meg saját megélhető világunkat. (Berger – Luckman, 1998) Berger és Luckman revelatív téziseivel kapcsolatban azonban érdemes kiemelni, hogy teljesen az interszubjektivitás világában maradnak (Dessewffy, 2004; Ropolyi, 2006). Más szavakkal: elemzésükből hiányzik a mediatizált valóságértelmezés sajátosságainak vizsgálata. Márpedig a mediatizált kommunikációs térben történő valóságkonstrukció folyamatát nagymértékben befolyásolják, meghatározzák az adott médium sajátosságai, az elérhetővé váló információk mértéke és szerkezete. Ebből a szempontból az előbbi két folyamat, az adatrobbanás és a közel totálissá váló digitalizáció meghatározza a valóságkonstrukciós folyamatokat is.

Ezt a gondolatmenetet további erősíti, ha beemeljük – némiképp szokatlan összefüggésben – a neuroplaszticitás fogalmát (Carr, 2011; Merzenich, 2013). Az idegkutatók ennek forradalmi felismerésével azt mutatták ki, hogy a korábban statikusan feltérképezhetőnek vélt agyi térkép erőteljesen változik, alakul a különböző tevékenységi formák hatására. Ezen belül a mentális kognitív folyamatok, az intellektuális technológiák használata, a kommunikáció sajátosságai különösen fontosak. Nemcsak a memóriahasználat és a fókuszálás képessége változhat a praxissal, hanem a fogalomhasználat absztrakciós szintjeinek értelmezési képessége is – vagyis a valóság társadalmi konstrukciójának folyamata is.

Vagyis, amikor a média használata szerint megkülönböztetjük a valóságkonstrukciós folyamatokat, akkor ezekhez valójában eltérő neurobiológiai jellegzetességeket, eltérő agyi huzalozást is rendelhetünk. Az egyszerűség kedvéért itt csak három típust különítünk el, a „*Homo oralicus*”, a „*Homo tipographicus*” és a „*Homo interneticus*”. Az első típusra ebben a gondolatmentben csak azért van szükségünk, hogy a jelen vitáiban segítsen eligazodni. Felidézhetjük, amit Maryanne Wolf, a kérdéskör elismert kutatója így fogalmazott meg: „Az olvasás nem természetes cselekvés” (Wolf, 2007). A *Homo oralicus* és a *Homo tipographicus* egyik első összeütközését Platón jegyezte fel – jellemző módon az írást megvető és lenéző Szókratész egy példabeszédében: „– *Művészek művésze, Theuth – felelt a király – egynek a képessége teremteni művészetet, a másiké megítélni, mi haszna vagy kára lesz a vele élőeknek. Lám te is, mert apja vagy az írásnak, lelkes részrehajlással az ellenkezőjét hirdeted a hatásának. Ez a te találmányod épp a feledést oltja be a tanulók lelkébe, elhanyagolja elméjüket: minthogy az írásban bizakodva, nem önerejükökből, hanem külső jelek segítségével emlékeznek vissza. Nem az emlékezésnek, hanem az emlékeztetésnek találtad fel a szerét! Albólcsességet nyújtasz tanítványaidnak, nem igazi tudományt. Hiszen ezek, ha majd sokat hallgattak már téged, de nem tanultak, azt fogják hinni magukról, hogy igen nagy a tudományuk: holott a legtöbbször tudatlanok, kiknek a tanulás már nem is izlik, és így végül is bölcsék helyett üres hivalkodók.*” (Várkonyi, 2001) Ez a történet jól mutatja, hogy már Szókratész is tisztában volt az intellektuális technológiák gondolkodásformáló hatásával. De a *Homo oralicus* eltérő gondolkodásmódjára vonatkozóan empirikus bizonyítékokkal sokáig nem rendelkezünk.

1974-ben előkerült némi, mindezt alátámasztó bizonyíték, amikor Alekszandr R. Luria szovjet pszichológus kiadott egy tanulmányt, amely a harmincas évek Üzbegisztánjában és Kirgizisztánjában írástudatlan és újonnan írástudó parasztokkal készült interjúkat dolgozott fel. Luria megállapította, hogy az írástudatlanok rendelkeznek egyfajta „grafikus-funkcionális” gondolkodásmóddal, amely az iskolázottsággal, az olvasás elsajátításával felszámolódni látszik. A színek megnevezésekor például az írástudók azt mondták: „sötétkék”, vagy „világossárga”, de az analfabéták olyan metaforikus neveket használtak, mint „máj”, „barack”, „szuvas fogak”, és „virágzó gyapot”. A fogalomhasználat sajátosságai még erősebben jelentkeztek a kategorizációk alkalmazásánál. A kísérletvezetők képeket mutattak a parasztoknak: kalapácsot, fűrészt, fejszét és farönköt ábrázoló rajzokat, majd megkérték őket, hogy válasszák ki azt a három elemet, amelyeket hasonlónak, azonos kategóriába tartozónak gondolnak. Az írástudatlanok eleinte ellenálltak, mondván, hogy az összes elem hasznos. Némi noszogatásra, a kalapács kihúzását fontolgatták; maga a fátágás mint helyzet, úgy tűnt, sokkal nagyobb hatással van rájuk, mint bármilyen fogalmi kategória. Az emberek mind azt mondták, ezek összetartoznak, és egyiket sem lehet elvenni (a logika az, hogy egy szerszám önmagában használhatatlan, kell legyen min dolgozni vele, így a farönkre is szükség van). A kutatók ezután beszéltek egy titokzatos személyről, aki korábban már megcsinálta ezt a tesztet, és a farönköt választotta kakukktójának. Az egyik paraszt, amikor ezt elmondták neki, így válaszolt: „Akárki is volt, biztosan bolond”, egy másik pedig: „Valószínűleg bőven van neki tűzifája.” (Wolf, 2007) Látható, hogy a nem tipografikus gondolkodás ragaszkodik

az adott, gyakorlati helyzethez és kontextushoz, és elhárítja, hogy azon kívül gondolkodjon. Érdemes megemlítenünk, hogy az új kognitív helyzet, az írni-olvasni tudás általánossá válása nem valamiféle természetes, organikus társadalomfejlődés eredménye. Épp ellenkezőleg, a központi hatalom komoly erőfeszítéseket tett, hogy alattvalóit betereleje az új gondolkodási formába. Persze itt a kognitív paradigmaváltás csak nem szándékolt következmény volt. A valódi és explicit cél az egységesített tudással felruházott alattvalók kontroll- és fegyelmező mechanizmusait közvetítő diskurzus megteremtése és elterjesztése volt (Foucault, 1998).

Annak érzékeltetésére, hogy az uralkodó rétegek milyen ösztönzőket alkalmaztak – még a kötelező közoktatás bevezetése előtt – érdemes Neil Postman kiváló munkáját idéznünk: „Hogy valami elképzelésünk legyen arról, mit jelentett az olvasás a Gutenberget követő kétszáz évben, nézzük meg William és Paul ügyét. 1605-ben rablást terveztek ki Sussex grófjának házában. Elfogták őket, és mindkettejüket bíróság elé állították. Szeretném az ítélkező magisztrátus pontos szavait idézni: »A Williamnek nevezett, nem olvas, tehát akasztassék föl. A Paulnak nevezett olvas, csonkíttassék meg.« Paul ítéletét sem mondhatjuk kegyesnek, (ez ugyanis azt jelentette, hogy el kellett viselnie hüvelykujjának lemettését) de mindenesetre Williammel ellentétben kegyelmet kapott – ún. »klerikus kegyelmet«, mivel legalább egy mondatot el tudott olvasni az anyanyelvén kinyomtatott Bibliából. Vagyis a 17. századi angol jogban csupán önmagában ez a képesség elegendő volt ahhoz, hogy valaki megmeneküljön a halálos ítélettől. Azt hiszem, az olvasó egyetért velem abban, hogy ezidáig a 17. századi angol jognál jobban semmi sem tudta az embereket olva-

sásra sarkallni. Egyébként Norwichben, 1644-ben 203 embert ítélték el halálos bűnökért, de ezeknek több mint a fele megkapta a »klerikus kegyelmet«.» Ehhez a törvényalkalmazói ösztönzéshez képest a közoktatás bevezetése, az írni-olvasni tudás általánossá tétele, a *Homo tipographicus* elterjedése szempontjából valóban radikális váltást jelentett. De igaz van Z. Karvalics Lászlónak, aki, James Beninger kontrollfogalmából kiindulva, így jellemzi az ipari korszak iskoláját: „kulcs-eleme a pontosság, de főleg a **pontos kezdés** – szimbólumával, a kegyetlen **csengővel** – ez az, ami a monoton, ismétlődő munkához (*repetitive work*) is kell. A földön késettél, kezdhettek tíz perc múlva a munkát, de a gyártósornál nem. **Az ipari rend** (*industrial discipline*) így lett az oktatási rendszer bábája – amit egy-két generációval korábban még a felnőttekkel kellett megtenni, hogy az idejük feletti rendelkezést megtörve a gyárakba terelhetőek legyenek, az most a gyermekekre várt. Legalább ilyen erős azonban a **kaszárnya** és a **börtön** analógiája is. A tekintélyelv, a szigorú tantestületi hierarchia, az egyéni véleménynek teret nem engedő parancs-elv és utasításkövetés, a napirend teljes meghatározása, a viselkedés szabályozása, a szigorú regulák, az egységekbe (osztályokba) sorolás, az egyenruha és az öltözködési előírások, a (testi) fenytetés és a büntetés más formái az ipari rend mellett a katonai rend számos elemét »oltották« be az iskolák működésébe.” (Karvalics, 2010)

Mint azt korábban említettük, az írástudás előtti korszak felvillantására itt csak a neuroplaszticitás tételének illusztrálása miatt volt szükségünk, illetve, hogy bemutassuk, a különböző intellektuális mechanizmusok eltérő kognitív működéseket eredményeztek. Ha ezt a gondolatot továbbvisszük, és a jelenre

alkalmazzuk, akkor okkal tehetjük fel, hogy ha az ingerbevétel módja, magyarán a kulturális fogyasztás, drámaian megváltozott, akkor a gondolkodás, az „agyi huzalozás” is átalakulóban van. E kérdéskör kapcsán leginkább a digitális bennszülött–digitális bevándorló dilemmára utalnak az irodalomban. Mi sem teszünk másként: a fogalompár jól érzékelteti a paradigmaváltásból, pontosabban a két paradigma egymás mellettségéből fakadó alapellentmondást. E fogalmak használatát az is indokolja, hogy Marc Prensky (2001) eredeti kérdése jól illeszkedik e tanulmány gondolatmenetéhez. Prensky ugyanis azt vizsgálta, hogyan változtatják meg az új infokommunikációs lehetőségek a diákok iskolával kapcsolatos elvárásait? „Digitális bennszülötteknek” lényegében azokat a diákokat tekinti, akik számára már léteztek a digitális technológiák, amikor megszülettek, ezért azzal is nőttek fel, míg „digitális bevándorlók” azok, akik digitális technológia nélkül nőttek fel, és csak később tették magukévá azt.

A digitális bevándorlókra jellemző, hogy szabályozott a hozzáférésük az információhoz, limitált forrásokat használnak, egyszerre egy dolgot csinálnak, a szöveget preferálják a multimédiával szemben, az információkat egymást követő sorrendben dolgozzák fel, preferálják a független munkát, a komoly tanulást.

Mi jellemzi ezzel szemben a digitális bennszülötteket? Gyors hozzáférés az információhoz sokféle forrásból, multitasking, a multimédia hatalma a szöveg felett. Véletlenszerű hozzáférés az információhoz, hálózati interakciók, egyszerre akár több emberrel is, *just in time* tanulás, azonnali jutalmak, releváns, hasznos és szórakoztató tanulás. A digitális bennszülöttek és digitális bevándorlók diskurzusa tehát épp az intelligens technológiák eltérő használatából következő kognitív műkö-

désbeli eltérésekből indul ki. Ahogy Presnky írja, napjaink végzős egyetemistái életükből kevesebb mint ötezer órát töltöttek olvasással, de több mint tízezer órát játszottak videojátékokkal. Az így előálló kognitív szétszakítottság ténye sokak számára világos, még ha nagyon eltérő értékeléseket szül is.

Mark Bauerlein például a *Dumbest Generation* című munkájában azt állítja, hogy az információs forradalom egy egész nemzedék elhülyüléséhez vezetett, nemcsak a hagyományos művelődési formák (múzeumlátogatás, klasszikus irodalom olvasása) indult hanyatlásnak, hanem az új generáció képtelen a kitarító figyelemre, az analitikus gondolkodásra és az elmélyült elemzésre (Bauerlein, 2008).

Nicholas Carr a neuroplaszticitás tételéből kiindulva amellet érvel, hogy az új digitális technológiák általános használata alapvetően változtatja meg agyi „huzalozásunkat”, gondolkodásunkat, viselkedésünket. Az információs robbanás és a technológiák kiterjedt használata miatt gondolkodásunk összességében visszafordíthatatlanul sekélyessé válik (Carr, 2011). Ezzel szemben Don Tapscott a korábbi passzív médiafogyasztással szemben az új generációk aktív, kreatív és közösségi tartalomelőállítását hangsúlyozza. Az információtermelés és -elosztás új módozata mindent megváltoztat az oktatástól a piaci viszonyokig (Tapscott, 2008).

Clay Shirky *A kognitív többlet* című munkájában az új digitális technológiák révén megnyíló kreatív korszakváltást mutatja be. Ennek alapja, hogy az új média segítségével a millenniumi generáció tagjai rendkívül alacsony belépési költségekkel tudnak együttműködni, problémákat megoldani. Ezek az új együttműködési formák a korábbi viszonyokat átrendező kompetenciákat nyitnak meg a hozzáférők számára (Shirsky, 2010).

E helyütt nincs szükség a téma egyre növekvő irodalmának áttekintésére. Elégséges annak megállapítása, hogy a helyzet negatív értékelését adó összes szerző az előző tipografikus érához képest bekövetkező változásokra koncentrálnak – így magától értetődően csúsznak bele a szétmállás, leomlás, lezüllés, hanyatlás diszkurzív tartományaiba. Ezzel szemben, és ez témánk szempontjából különösen fontos, a pozitív értékelések sokasága, melyek az új együttműködési formákat, a kreativitás új formáit hangsúlyozzák, szinte egyáltalán nem foglalkoznak a felsőoktatással. Ha meg is jelenik ezekben az elbeszélésekben, inkább szükséges rosszként tűnik fel, amely elveszi az időt a valóban fontos, lényegi tevékenységek elől. Ez nem véletlen: arra feszültségre reagál, hogy a felsőoktatás tradicionális struktúrai, oktatási formái még nem reagáltak arra az új kognitív helyzetre, amelyet az előbbieken vázoltunk.

Felsőoktatás

Az előbbi trendek eredője tehát világos: olyan új felsőoktatásra van szükség, amely képes visszatérni a tanítás legnemesebb eszményeihez, nem elbeszél a régi struktúrákban a hallgatók mellett, hanem sikeresen megtalálja az utat minél teljesebb bevonásukra.¹

Ehhez érdemes a megváltozott szerkezetű tudásból kiindulnunk.

Az *online* információ és adatrobbanás következtében az elérhető tudás radikálisan növekszik, a megszerzési, belépési költségek pedig a zérushoz közelítenek. Vegyük csak a közép-kelet-európai felsőoktatás rendszerváltás utáni egyik legnagyobb problémáját. Ne-

vezetesen az ideológiai korlátok eltűnése után sem csökkent jelentősen a tudásbázisok közötti szakadék, anyagi okokból még csak esélye sem látszott annak, hogy egy közepes nyugati egyetem folyóirat- és könyvtárlományára elérhető legyen az oktatásban. A felzárkózásra számos, többnyire kudarcos kísérlet történt, egész addig, míg az internet részben fizető, részben kalóz hozzáféréssel meg nem oldotta ezt a problémát. Ma már a legeldugottabb intézmény számára, vagy ami azt illeti, bármely magánszemély számára a legjobb Ivy League egyetemek könyvtárával vetekedő tartalom-hozzáférés kínálkozik. Ma is találhatunk persze különbségeket, de ezek messze nem a mindent vagy semmit szerkezetét követik.

Ennek az információs robbanásnak a másik fontos sajátossága, hogy átrendezi a korábbi tudáskompetenciákat. Korábban az orvos – a középkori egyházhoz hasonlóan – a tudás kizárólagos képviselője volt. A beteg elzárándokolva az orvoshoz, kinyilatkoztatást vár, mely teljesen világos hierarchia mentén rendeződött: az orvosnál van a tudás és hatalom, a beteg adatközlő – aki saját állapotán túl semmilyen tudással (és joggal) nem rendelkezik. Ezt a szerkezetet követte az felsőoktatás is. Az oktató katedráról kinyilatkoztatott, a hallgatók pedig hallgatták, jegyzeteltek, és néha válaszolhattak a professzorok kérdéseire. Ma az internet segítségével egy általános kiegyenlítődésnek, a hagyományos szerkezetek tekintetében emancipációnak lehetünk tanúi: a betegek a saját betegségükben felkészültebbek lehetnek, mint a körzeti orvos, a laptopjaikon vagy telefonjaikon jegyzetelő diákok oktatóik bármilyen tényállítását ellenőrizni vagy korrigálni tudják.

Érdemes visszatérnünk Prensky korábban idézett adataihoz: egy ma végző egyetemista

¹ Ehelyütt nem foglalkozunk az egyetemi szféra egyik kreatív válaszával, az online oktatási formákkal, bár ezeket nagyon fontosnak tartjuk.

kétszer annyi időt tölt számítógépes játékkal, mint olvasással. A virtuális technológiák kutatói már rendkívül korán felfigyeltek a digitális játékok és a tanulás sajátos összefüggésére (Prensky, 2001; Aldrich, 2004.). Mivel korábban már kimerítően tárgyaltuk az eltérő intellektuális gyakorlatokból fakadó különböző neurológiai és kognitív sajátosságokat, itt a játékhelyzetből fakadó sajátosságokra hívnánk fel a figyelmet. Ezek az online játékok egyre inkább bonyolult szituációkat közvetítő, komplex készségeket igénylő, egyre nehezebb szinteket, feladatokat, kihívásokat prezentáló tartalmak: következőképpen, az online játékok egy intenzív tanulási helyzetet jelentenek, ahol hiányzik a tanár. A komputerjátékok során leírt *flow* élmény részben legalábbis az öntanítás/tanulás transzából fakad – a közvetlen visszajelzések, az egyéni teljesítmény és annak direkt értékeléséből származó állandó motivációkból. A számítógépes játékok további fontos eleme a személyre szabottság: a játékos a személyes képességei, addigi teljesítménye alapján kap újabb feladatokat, találkozik újabb kihívásokkal. Végül, az online digitális játékok az öntanítás/tanulás, a tanár nélküliség, a *flow* élmény és a személyre szabottság mellett még egy fontos elemet tartalmaznak – a játszótársak visszajelzéseinek, az ebből felépülő reputációnak a jelentőségét.

Szembeötlő, hogy ezek a sajátosságok szemben állnak azokkal a jellegzetességekkel, amelyeket a mai, frontálisan oktató, univerzális ismeretátadásra és számonkérésre alapuló felsőoktatási gyakorlat követ. Emellett felvethető, hogy ez a vita, gyerekcentrikus oktatásért folyó küzdelem messze a digitális kor előtti időkre nyúlik vissza. Utalhatunk itt különböző reformintézményekre (Montessori, Waldorf), Johan Huizinga a játék élményszerűségéről, illetve Ivan Illich az oktatás fel-

szabadításról írott jelentős munkáira. Kétségkívül számos eszmétörténeti előzményt találhatunk, de a jelenlegi helyzet specifikuma épp eddigi érvelésünkéből fakad. Ma a digitális technológiák használatának elterjedtsége, az elérhető tudáselemek szinte végtelenné válása és a tudásfogyasztást egyre inkább meghatározó trendje miatt az új pedagógia nem nemes vállalás, hanem az egyetlen lehetséges kitörési út. Az adekvát tudásátadás teremtmódoszatainak kitalálása, innovációja nem szabadon választható gyakorlat, hobbitévékenység, hanem az oktatás klasszikus funkciójához, az élet kérdéseinek megválaszolásához és megoldásához való visszatérést jelenti.

De mi következik ebből a gyakorlat számára, hogyan kellene megváltoztatni a felsőoktatást?

John Seely Brown és Richard P. Adler kiváló írásában a karteziánus *gondolkodom tehát vagyok* alaptételben találja meg a hagyományos oktatási modellt tökéletesen leíró metaforát. Ebben a modellben a tudás lényege megragadható és körülírható, következőképpen a pedagógia elsődleges feladata e tudás átadása. Ezzel szemben a *társas tanulás* (*social learning*) gondolatának a *részt veszünk, tehát vagyunk* az alaptézise. A társas tanulás megközelítése reflektál arra, hogy a tudáselemek nem pontosan és adekvát módon ragadhatóak meg, következőképpen a megértés folyamata társadalmilag konstruált. Ebben a modellben nem a meghódítandó tudáscsúcsok, nem az elsajátítandó tárgyi tudás szerepe a meghatározó, hanem magának a tanulásnak a folyamata. Az út, amely ezen hegycsúcsok felé vezet. Mivel nincs univerzálisan érvényes, időtlen időig kitartó tudás, ezért fontosabb a tudás megszerzésének, rendszerezésének és az értelmezés folyamatainak elsajátítása, mint a konkrét tézisek bemagolása. Ez nem jelent

teljesítménykerülést. Épp ellenkezőleg, ahogy történetileg az inasok is egyre többet bizonnyitva tudtak feljebb lépni egy céh rendszerében, ma például a nyitott szoftverek közösségeihez bárki csatlakozhat, de csak bizonyított teljesítményével érheti azt el, hogy nagyobb döntéshozói kompetenciával járó pozíciókba kerüljön a hálózatokon belül.

Az új helyzet egyik sajátossága az egyre gyorsuló változás mellett az információs robbanás, a tudás szétterülése. Nemcsak egyre nehezebb ma a világot elvágólagos fogalmi kettrecekbe, mátrixokba szorítani, de ezek a kategóriák egyre kisebb szeletét fedik le a világnak. Például nemcsak a kultúrszociológia elválasztása problémás, mondjuk, a gazdaszociológiától (vagy ami azt illeti, az információs technológiáktól), de azt sem egyszerű megmondani, hogy hol vannak e terület határai, mi tartozik a fogalom alá. Ennek a szétterjedettségnek a kezelésére ragaszkodhatunk a korábbi kánonok – vagyis a szelektált tudásszerkezetek és tartalmak – fenntartásához és megvédéséhez, ez azonban a változás korábban leírt sebessége miatt nem egy könnyen fenntartható stratégia. Hasznosabbnak, kivitelezhetőbbnek tűnik, ha elfogadjuk a kánon töredezettségét, és megnyitjuk az oktatási platformokat a különböző tudásformák, tartalmak előtt. Ebből a nyitásból következően lesznek olyan tanulók, sőt a cél az, hogy minél több olyan tanuló legyen, aki az adott, számára izgalmas *niche*-ben nagyobb tudással rendelkezik, mint az oktató. Ez egy nyilvánvaló következménnyel jár: a hagyományos istenkirály tanári pozíció átalakításával. Ebben a helyzetben szükségszerűen átalakulnak a kompetenciák, a tanár nem az egyetlen igazság letéteményese és kinyilatkoztatója lesz, hanem sokkal inkább tapasztaltabb tanuló-társ, aki kérdez, orientál, továbbgondolást

ösztönző gondolatokat vet fel. Két kitélt kell tennünk: ez nem valamiféle távoli jövő bizonytalan zenéje, és nem is valamely a bölcsészekre jellemző lágy dallam dúdolása. A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem informatikai szakán például már ma is a hallgatók 80%-a dolgozik főállásban, programozóként nagyrészt olyan speciális területeken, amelyeken szerzett tapasztalataik meghaladják az oktatók adott speciális területre vonatkozó tudását. Ennek a szerkezetnek az elterjedését okkal tételezhetjük fel a piac által kevésbé felkapott területeken is. Nyilván meg kell találni az egyensúlyt az általános tanulási, értelmezési, rendszerezési készségek fejlesztése és a saját „mániák”, lelkesedéseink összehangolásában. Ez utóbbi esetben a cél az lenne, hogy minél nagyobb arányban találják meg a hallgatók a tanulási *flow*-élményt, váljanak a részeseivé egy olyan folyamatnak, ahol a tudás megszerzése, megalkotása számít, nem pusztán a külső elvárásoknak való megfelelés. Ez számukra sokkal több munkát – de sokkal több örömet is jelent majd. Csíkszentmihályi Mihály *flow*-fogalmának épp ez a lényege: az egyén képességeihez mérten nehéz feladatot választ, és küzd annak megvalósításáért.

Mi következik ebből? Először is meg kell adni a hallgatóknak a választás élményét. Ez nemcsak a kurzusok választhatóságára, hanem a kurzusokon folyó munkára is vonatkozik.

Abból a nem különösebben megrázó felismerésből kell kiindulnunk, hogy a hallgatók képességei, hajlamai, érdeklődései nagyon különbözőek – lehetőséget kell nekik adni arra, hogy ezek ismeretében maguk válasszanak, milyen típusú tevékenységbe kívánnak energiát fektetni. Oktatási szoftverek révén lehetséges olyan képesség- és érdeklődésfelmérés, amely egyénre szabja a tantervet, illetve

annak egyes részeit. A fő szempontnak itt annak kell lennie, hogy az oktató segítsen megmutatni a lehetőségeket, irányítsa a gondolkodást, közreműködjön a felmerülő problémák megoldásában – de ne akarja megmondani a „megfejtést”. A kitágult információs és tudástérben a hallgató jó esetben már egy niche-terület alapos ismerője; vagy a digitális bennszülöttekre jellemző készségekkel nagyon hamar körüljárhat és áttekinthet egy olyan területet, amely felkelti az érdeklődését.

Bátorítani kell a csoportmunkát – amely a kollaborációs kultúra, valamint a projekt-alapú munkavégzés fontos eleme, miközben szinte teljesen hiányzik a felsőoktatási rendszerből. Használni kell azokat a ma is rendelkezésre álló platformokat, amelyek a centralizált tanár–diák(ok) kommunikációt hálózativá teszik. A hallgatók ismerhessék meg, és minősítsék egymás kontribúcióit – a kortárs értékelés inspirációjának gondolata jegyében. Ez nem jelenti a tanári értékelés feladását. Azonban megfontolandónak tarjuk azt a gyakorlatot, amely részterminusokra bontott szemeszterek során különböző tevékenységekkel megszerezhető pontszámokat ad. Fél-év végén ez is vezethet bukáshoz – de sokkal ösztönzőbb a menet közbeni pozitív minősítés és az ebből fakadó motiváció. A hagyományos rendszerben egy meg nem írt esszére adott elégtelen a történet végét jelenti. Ha mondjuk, egy hónap alatt 25 pontot kell szerezni, és a hallgató látja, hogy az adott feladatra 2 pontot kapott, akkor tudja, hogy még 23 további pontot kell szereznie – vagyis a rosszul sikerült produkció a történet nyitányának tekinthető (Medgyes, 2014).

A több száz fős nagyelőadások szerepe teljesen átértékelődik, a nehezen hallható és látható, hosszadalmas és szükségszerűen egyirányú kommunikáció által uralt forma,

amely ma számos szak esetében domináns, indokolatlanná válik. Kuriózumként, egy-egy alkalommal megtartható – de alapvetően az interneten elérhető előadások, illetve az adott előadó rögzített kurzusai már ma is kiválthatják ezeket.² A felszabaduló idő kiscsoportos munkára fordítható. Nincs királyi út, lehetnek különbségek az egyes tudományterületek között. Inspiráló lehet a *flipped classroom* – a megcserélt osztályterem gyakorlata. A flipped classroom jó példa az eddigi elvek gyakorlatba való átültetésére. Az elnevezés abból a felismerésből fakad, hogy hagyományos tananyagot ismertető előadások elérhetők online video formájában. Ezért az oktatás hagyományos struktúrája megfordul, az előadásokat otthon hallgatják meg a tanulók, ezek feldolgozása történik az osztályteremben. Nem hagyományos online oktatásról van tehát szó, hanem arról, hogy több lehetőség nyílik interakcióra, értelmezési és kreatív feladatokra. Ennek következtében a tanári szerep is átalakul – nem a hosszú monológok dominálnak, hanem karmesteri, játékevezetői készségek kerülnek előtérbe. Az oktatói feladat a hallgatók aktivizálása, a viták és vélemények mederbe terelése (Bergman et al., 2014).

A flipped classroom csak egy a lehetséges technikák közül, melyek kreatívan használják az új technológiák adta lehetőségeket. Nem érdektelen, hogy a módszer kidolgozója, Jon Bergman, szinte öntudatlan bukkant rá erre a metódusra, hiszen kiindulásként csak a betegség miatt hiányzó diákok felzárkózását akarta biztosítani a plusz anyagokkal. Később meglepve tapasztalta, hogy ezeket az online

² Tisztában vagyunk azzal, hogy ennek komoly költségvetési vonzatai vannak: nincs olcsóbb megoldás, mint egy ötszáz fős előadás (csak az 500+fős). De most az ideális modellt keressük – ott pedig nincs már szükség erre a formára.

összefoglalókat az órán megjelent hallgatók is szívesen használják, ezt tovább gondolva jutott el a flipped classroom gyakorlatáig. Ebben a történetben nem az innovációs folyamatokra is oly jellemző weberi „nem szándékolt következmény” működése a legmegragadóbb. Számukra fontosabb a jobb megoldások keresésének szándéka. Ha az internet elterjedésének jelentősége meghaladja a guttenbergi könyvnyomtatás következményeit, akkor ez az intézmények átalakulásában is jelentkezik. Tudjuk, hogy a könyvnyomtatás és az analfabetizmus felszámolása teremtette meg a modern felsőoktatás alapjait. Így okkal tétezhethetjük fel, hogy a digitális forradalom radikálisan átformálja majd ezt az intézményt is. Chris Anderson online kereskedelemre kidolgozott modelljének alapja az, hogy a digitális áruk esetében a tárolás

IRODALOM

- Aldrich, Clark (2005): *Learning by Doing: A Comprehensive Guide to Simulations, Computer Games* (...). Pfeiffer, San Francisco • <http://tinyurl.com/09yxx66>
- Anderson, Chris (2006): *The Long Tail: Why the Future of Business is Selling Less of More*. Hyperion, New York
- Bauerlein, Mark (2008): *The Dumbest Generation: How the Digital Age Stupefies Young Americans and Jeopardizes Our Future* (...). Penguin
- Berger, Peter L. – Luckmann, Thomas (1998): *A valóság társadalmi felépítése. Tudásszociológiai értekezés*. (ford. Tomka Miklós) József Műhely, Budapest
- Bergmann, Jon – Overmyer, J. – Wilie, B. (2013): *The Flipped Class: Myths vs. Reality. The Daily Riff*. 9 July • <http://tinyurl.com/stqemje>
- Brown, J. S. – Adler, R. P. (2008): *Minds on Fire, Education Review*. 43, 1, • <http://tinyurl.com/cjvn4ll>
- Carr, Nicholas (2011): *The Shallows: What the Internet Is Doing to Our Brains*. WW Norton & Company
- Christensen, Clayton M. (1997): *The Innovator's Dilemma*. Harvard Business School Press, Cambridge, MA
- Dessewffy Tibor (2004): *Bevezetés a Jelenbe*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
- Foucault, Michel (1998): *A diskurzus rendje*. In: Foucault, M.: *A fantasztikus könyvtár*. (ford. Romhányi Török Gábor) Pallas Stúdió–Attraktor, Bp., 50–74.

költségei szinte megszűnnek, ezért a választék radikálisan megnő, kínálati bőség jelentkezik. Fogyasztói oldalról nézve nincs az a kínálatnövekedés, amelyre ne lenne kereslet. Ez a modell értelmezhető az oktatásra is, hiszen a digitális tartalmak esetében itt is fellép a kínálati bőség. Ez a kínálati bőség új típusú kognitív és társadalmi gyakorlatokhoz vezet.

Az oktatási *long tail* modellben is megmarad a hagyományos tantermi oktatás – csak a funkciója és sikeres működési gyakorlatai alakulnak át az új információs térben. Az információs korban az egyetem nem vész el – de alighanem átalakul.

Kulcsszavak: *információs társadalom, kulturális átalakulás, kognitív változások, információs technológia társadalmi hatása, felsőoktatás, egyetemek, új tudásrendszerek*

- Luria, Alexander R. (1974): *Cognitive Development: Its Cultural and Social Foundations*. Harvard University Press • <http://tinyurl.com/pdzokll>
- Medgyes Péter (2014): „Ennyi pénzért nem éri meg rosszul tanítani”. Interjú Prievara Tiborral. *Modern Nyelvoktatás*. 1–2, 59–64.
- Merzenich, Michael (2013): *Soft-Wired: How the New Science of Brain Plasticity Can Change Your Life*. Parnassus, San Francisco
- Prensky, Marc (2001): *Digital Game-Based Learning*. McGraw-Hill, New York
- Ropolyi László (2006): *Az internet természete*. Typotex, Budapest
- Shirky, Clay (2010): *Cognitive Surplus: Creativity and Generosity in a Connected Age*. Penguin, UK
- Tapscott, Don (2008): *Grown Up Digital: How the Next Generation is Changing Your World*. H.C. McGraw-Hill
- Wolf, Maryanne (2007): *Proust and the Squid*. Harper, New York
- Várkonyi Nándor (2001): *Az írás és a könyv története*. Széphalom Könyvműhely
- Z. Karvalics László (2009–2010): *Két kontrollforradalom között: az információs társadalom közoktatásának körvonalai. Oktatás-Informatika*. 2009/2, 2010/1–2 • <http://tinyurl.com/koc87v8>

ÖREGEDÉS ÉS OXIDATÍV STRESSZ MADARAKNÁL

Vágási I. Csongor*

PhD, MTA–DE „Lendület” Viselkedésetkológiai
Kutatócsoport, Debreceni Egyetem Evolúciós
Állattani Tanszék Evolúciós Ökológia Kutatócsoport,
Babeş–Bolyai Tudományegyetem Magyar Biológiai
és Ökológiai Intézet, Kolozsvár, Románia
csvagasi@gmail.com

Vincze Orsolya*

PhD-hallgató,
MTA–DE „Lendület” Viselkedésetkológiai
Kutatócsoport, Debreceni Egyetem
Evolúciós Állattani Tanszék

Pap Péter László

PhD, MTA–DE „Lendület” Viselkedésetkológiai
Kutatócsoport, Debreceni Egyetem Evolúciós
Állattani Tanszék Evolúciós Ökológia Kutatócsoport,
Babeş–Bolyai Tudományegyetem Magyar Biológiai
és Ökológiai Intézet, Kolozsvár, Románia

Barta Zoltán

DSc,
MTA–DE „Lendület” Viselkedésetkológiai
Kutatócsoport, Debreceni Egyetem
Evolúciós Állattani Tanszék

Bevezetés

Az életkor előrehaladtával rohamosan fokozódó funkcióvesztést és növekvő elhalálási esélyt, valamint csökkenő szaporodási teljesítményt nevezünk öregedésnek vagy szeneszcenciának. A definíció fontos eleme a *fokozódó, növekvő náta*, ugyanis ha a sejt- vagy szervezetszintű működés hanyatlása *egyenletesen* változik a korral, nem beszélhetünk öregedésről (de Magalhães, 2011). Miért öregedünk és halunk meg? Mindennapnak tűnhet a kérdés, mégis ez a biológiai tudományok egyik fontos és időszerű témája, amely széles evolúciós, ugyanakkor humán egészségügyi vonatkozással is bír. Nem értjük például, hogy bizonyos fajok miért nem öregednek, vagyis miért nem hanyatlak meredeken teljesítményük a korral (például a barlangi vakgöte *Proteus anguinus* apró termete [15–20 g] ellenére száz évet is élhet; Voituren et al., 2011), míg a fajok többségénél az elhalálózás valószínűsége drasztikusan emelkedik a korral (embernél harminc év felett nyolcévente megduplázódik az elhalálózás valószínűsége).

Érdekes kérdés, hogy a darwini természetes szelekció miként vezethetett az öregedés, vagyis a korral gyorsuló funkcióvesztés evolúciójához. A természetes szelekció révén előnyt élveznek azok az egyedek, akik a populáció átlagához képest több utódot hagynak hátra *teljes élettartamuk alatt*. Emiatt a hosszú életű egyedek szelekciós előnyben lehetnek, ami a lassú öregedés evolúcióját eredményezheti az adott populációban. Fontos látni azonban, hogy annak a valószínűsége, hogy egy kifejlett egyed a következő évben szaporodik, mindig nagyobb, mint annak, hogy tíz év múlva.

nyük a korral (például a barlangi vakgöte *Proteus anguinus* apró termete [15–20 g] ellenére száz évet is élhet; Voituren et al., 2011), míg a fajok többségénél az elhalálózás valószínűsége drasztikusan emelkedik a korral (embernél harminc év felett nyolcévente megduplázódik az elhalálózás valószínűsége).

*Ezek a szerzők egyenlően járultak hozzá a tanulmányhoz.

Emiatt érdemes aránytalanul többet fektetni a jelenlegi szaporodásba, mint a bizonytalan jövőbelibe. Ennek következménye lehet egyrészt, hogy a túlélésre ható szelekció ereje gyengül a korral, így olyan gének tűnhetnek el a populációból (például genetikai sodródás miatt), amelyek öregkorban fejtik ki jótékony hatásukat az élethosszra, vagy éppen káros gének jelenhetnek meg (mutációk felhalmozódása és/vagy genetikai sodródás miatt), amelyek serkenthetik az öregedést. Másrészt olyan gének terjedhetnek el egy populációban, amelyek növelik a fiatalok szaporodási sikert, még akkor is, ha, mintegy mellékhatásként, a testi épséget fenyegető költségeket vonnak maguk után öregkorban (Kirkwood – Austad, 2000; de Magalhães, 2011).

Az öregedés mechanizmusát vizsgáló elméletek egy csoportja specifikusan arra kéri a választ, hogy milyen élet- és sejtani folyamatok felelősek az öregedésért. Ezen elméletek egy jelentős része a sejt szintű progresszív funkcióvesztést és károsodást jelöli meg az öregedés legfőbb tényezőjeként. A következőkben röviden bevezetjük a sejtkárosodásra épülő öregedési elméleteket, ezek biokémiai hátterét, és madarakon végzett, fajok közötti összehasonlításokon alapuló tanulmányokkal szemléltetjük ezek jelenlegi állását. Evolúciós fiziológiai megközelítést alkalmazunk, vagyis arra vagyunk kíváncsiak, hogy az oxidatív fiziológia és az élettartam evolúciósan összefügg-e. Más szóval, vajon bizonyos oxidatív fiziológiai állapotváltozást a madarak törzsfáján következetesen bizonyos élethosszváltozás kíséri-e?

Oxidáció: az aerob életmód kihívása

Az aerob, vagyis energiatermeléshez oxigént használó szervezetek az élővilág jelentős részét teszik ki. Az oxigén használatával az energia-

termelés hatékony, hátránya azonban, hogy az oxigén erősen citotoxikus (Halliwell – Gutteridge, 2007). Az energiatermelést javarészt az aerob szervezetek sejteinek specifikus szervecskéje, a mitokondrium végzi belső membránjának enzimkomplexei révén. Egy bonyolult redukciós és oxidációs reakciósorozatban, a mitokondriális légzési láncban elektronok szállítódnak egyik enzimkomplexről a másikra. Ezeket az elektronokat végső soron az oxigén veszi fel, és hidrogén jelenlétében víz keletkezik, a reakciósorozat záró reakciójaként pedig az ATP szintetizálódik (oxidatív foszforiláció). Ezért oxigénfüggő az aerob szervezetek energiatermelése.

A légzési láncban az elektronok haladása azonban nem hibátlan, így bizonyos enzimkomplexeknél (főképp az I. komplex, a NADH-dehidrogenáz szintjén) elektron szivároghat ki a láncból. Ezt a molekuláris oxigén könnyedén felveszi, és létrejön a szuperoxid gyök ($O_2^{\cdot-}$), amely további reaktív oxigénformák keletkezését teszi lehetővé (például hidrogén-peroxid, H_2O_2 és hidroxil gyök, $\cdot OH$). A reaktív oxigénformák kis mennyiségben fontos szerepet játszanak a sejt működésében. Nagyobb mennyiségben viszont rendkívül erős oxidálószer. Vitális biomolekulákat, DNS-t, fehérjéket és lipideket képesek roncsolni, szerkezetüket és funkcionálisukat veszélyeztetve ezáltal. Az ilyen sejt szintű oxidatív károsodást tartják manapság az egyik legjelentősebb, öregedésért felelős tényezőnek (Halliwell – Gutteridge, 2007; Buttemer et al., 2010).

Oxidatív homeosztázis

A metabolizmus nem kívánt reaktív oxigénforma melléktermékei és az általuk okozható oxidációs következmények megelőzésére és leküzdésére egy sokrétű védekezési rendszer

alakult ki a természetes szelekció révén. Ezen rendszer működésének egyik következménye az élethossz kinyújtása oly módon, hogy az oxidáció által okozott öregedési folyamatot lassítja. A védekezési rendszernek több összetevője van: (1) antioxidáns rendszer, (2) sejtmembrán-összetétel, (3) szétkapcsoló fehérjék és (4) javító mechanizmusok.

Az antioxidáns rendszert enzimikus és nemenzimikus antioxidánsok alkotják, amelyek hatástalanítják a reaktív oxigénformákat, és ezáltal kivédik ezek lehetséges sejtromboló hatását. A sejtmembránt alkotó lipidek közül a többszörösen telítetlen zsírsavak a legérzékenyebbek az oxidációra, így nagyarányú jelenlétük fokozottabb oxidációs veszélyt jelenthet. A szétkapcsoló fehérjék a mitokondriális légzési lánc hatékonyságát csökkentik, s ezáltal annak valószínűségét, hogy elektronok szivárognak ki a láncból, és így reaktív oxigénformák keletkezheszenek. Végezetül, a javító mechanizmusok az oxidációs károsodások (pl. mitokondriális vagy sejt-magi DNS-károsodás) kijavításáért felelősek.

Oxidatív stresszállapotról akkor beszélünk, amikor a reaktív oxigénformák termelési rátája meghaladja a védekezési rendszer kapacitását, vagyis felborul az oxidatív homeosztázis (Monaghan et al., 2009). Ennek az állapotnak a következménye a vitális sejtalkotók (fehérjék, membránlipidek, mitokondriális DNS és némileg sejt-magi DNS) oxidatív károsodása. Ilyen sejtszintű károk felhalmozódása vezethet a sejtek működésképtelenségéhez, majd hosszú távon a szervezet öregedéséhez és az elhalálózashoz.

Károsodásalapú öregedési elméletek és összehasonlító tanulmányok

A sejt-károsodáson alapuló öregedési elméletek száma fokozatosan gyarapodik, mintegy

jelezve, hogy egyelőre nincs egyértelmű válasz az öregedési folyamatok oxidatív fiziológiai hátterére vonatkozóan. A felmerülő elméletek egymással gyakran összefonódnak, egyik elmélet lehet specifikus válfaja egy másik, általánosabb elméletnek. Más szóval, bizonyos elméletek a fentebbi oxidatív homeosztázis egyes összetevőivel foglalkoznak specifikusan, míg mások minden összetevővel holisztikusan. Ezekről részletes áttekintést nyújt Kenneth B. Beckman és Bruce N. Ames (1998), Anthony J. Hulbert és munkatársai (2007) és João Pedro de Magalhães (2011).

A következőkben bemutatandó öregedési elméletek hipotéziseit összehasonlító vizsgálatok eredményeivel szembevetjük. Az összehasonlító biogerontológia (öregedésbiológia) arra keresi a választ, hogy mivel magyarázható az öregedés sebességének fajok között megfigyelhető óriási változatossága. Mivel az öregedési rátáról megbízható adatok korlátozott számú fajnál érhetők el, az összehasonlító biogerontológiai tanulmányok a maximális élettartamot használják az öregedés sebességének jellemzésére. A madarak jó tesztalanyai az ilyen vizsgálatoknak, hiszen minden ismert fajnál megfigyelhető öregedés. Viszonylag magas tömegegységre viszonyított anyagcseréjük (metabolikus ráta) ellenére a madarak élettartama átlagosan másfélszer hosszabb, mint az azonos testméretű emlősöké (Hulbert et al., 2007). A madarakon szerzett ismeretek felhasználhatóak az emlősök, beleértve az ember öregedésének megértésében is, mivel az oxidatív fiziológiai rendszer legtöbb összetevője evolúciósan igen konzervatív.

Elsőként az életritmus-elméletet (*rate-of-living theory of ageing*) fogalmazták meg, amely Kleiber-szabályként is ismert. Ez az elmélet abból indul ki, hogy a nagytestű fajok életritmusa és ezzel biokémiai aktivitása ala-

csonyabb, mint a kisebb testűeké, amit a tömegegységre vonatkoztatva alacsonyabb anyagcseréjük mutat. Összehasonlító vizsgálatok, amelyekben statisztikailag kontrolláltak az élettartam testtömegtől való függésére (allometrikus skálázás), valamint a fajok közötti rokonsági kapcsolatokra (törzsfatopológiájára), nem találtak összefüggést az anyagcseré és az élethossz között (de Magalhães et al., 2007; Hulbert et al., 2007). Az a felismerés, miszerint a mértékletes fizikai aktivitás jótékony hatású lehet az élethosszra (Radák et al., 2008), noha egyben növeli az anyagcserét, tovább gyengíti az életritmus-elmélet helytállóságát.

A szabadgyök-elmélet (*free radical theory of ageing*) az előző elmülethez kínált mechanisztikus alapot. Abból a feltevésből indul ki, hogy a magas metabolikus ráta fokozottabb reaktív oxigénforma termelési rátát eredményez. A szabadgyökök (például $O_2^{\cdot-}$, $^{\cdot}OH$ és peroxil gyökök $RO_2^{\cdot-}$) és nemszabadgyökök reaktív oxigénformák (például H_2O_2 és hipoklórossav $HClO$) pedig oxidatív stresszt idézhetnek elő (lásd fentebb), és az ezzel járó sejtszintű károk felhalmozódása lehet felelős az öregedésért. Alacsony fajszámon alapuló, főként emlősökön végzett összehasonlító vizsgálatok részben támogatják ezt az elméletet (Beckman – Ames, 1998), azonban számos ellentmondásos eredmény miatt mai napig vitatott az érvényessége (például Montgomery et al., 2012a). Laboratóriumi modellszervezeteken (például ecetmuslica *Drosophila melanogaster*, *Caenorhabditis elegans* fonálféreg, házi egér *Mus musculus*) végzett genetikai manipulációs vizsgálatok szintén ellentmondásos eredményeket hoztak. Például antioxidáns enzimeket (például szuperoxid dizmutáz és kataláz) kódoló gének fokozott kifejeződése, bár csökkentheti a reaktív oxigénformák szintjét,

növelte vagy akár csökkentette az élettartamot a génszabályozásnak alávetett egyedeknél, vagy ezek nem tértek el a kontroll (genetikailag nem manipulált, vad típus) fajtársaktól öregedés tekintetében.

Az antioxidáns-elmélet (*antioxidant theory of ageing*) azt állítja, hogy a fokozott antioxidáns védelem semlegesítheti a reaktív oxigénformákat, és megelőzheti az oxidatív homeosztázis felborulását, melynek következtében lassíthatja az öregedési rátát, és ezzel kinyújthatja az élethosszt. Madarakon végzett sokfajos összehasonlításban azonban azt találták, hogy nem a hosszú, hanem a rövid élettartamú fajok antioxidáns-kapacitása nagyobb (Cohen et al., 2008), ami szembeszegül az antioxidáns-elmélettel (Montgomery et al., 2012b).

További két elmélet a sejtmembránok összetételével magyarázza az öregedési folyamatot, és mindkettő kapcsolatban áll az életritmus- és a szabadgyök-elméletekkel. Egyrészt a membránösszetétel vagy membránpacemaker-elmélet (*membrane pacemaker theory of ageing*) azt hangsúlyozza, hogy különböző szövetekben a sejtmembránok lipid kettős rétegét alkotó zsírsavak befolyásolják a szövet metabolikus rátáját, valamint reaktív oxigénformákkal szembeni érzékenységet (Hulbert et al., 2007). Ismert ugyanis, hogy a kistestű, tömegegységhez viszonyítva magas metabolikus rátával rendelkező (vagyis gyors életritmusú) fajok sejteinek lipid kettős rétegében nagyobb arányban fordulnak elő a többszörösen telítetlen zsírsavak, amelyek a leginkább érzékenyek az oxidatív bontással szemben. Magas többszörösen telítetlen zsírsav aránnyal rendelkező sejtmembránoknak tehát magas az oxidációs indexük. Viszonylag kevés emlős- és madárfajon végzett összehasonlító vizsgálatok alátámasztják ezt a hipo-

tezist, ugyanis hosszú életű fajoknál alacsonyabb a membránok oxidációs indexe (Hulbert et al., 2007; Buttemer et al., 2010). Másrészt a „kikapcsolás a túlélésért” elmélet (uncouple to survive theory of ageing) értelmében az élettartam a mitokondriális belső membrán ún. szétkapcsoló fehérjéinek aktivitásával magyarázható. Ezek a fehérjék szétkapcsolják a sejtek oxigénfogyasztását és az ATP-termelést. A szétkapcsolás előnye, hogy csökken a mitokondriális légzési láncból való elektronkiszivárgás, és ezzel együtt a reaktív oxigénformák termelési rátája is (Brand, 2000). Modellszervezeteken végzett tanulmányok eredményei több megközelítéssel is tesztelték e hipotézis érvényességét. Eddigi ismereteink szerint főképp a hipotézist támogató empirikus eredmények születtek (Buttemer et al., 2010), azonban sokfajos összehasonlító vizsgálatról nincs tudomásunk.

A javító mechanizmusok hatékonyságának fontossága az öregedés és élettartam fajok közötti változatosságának magyarázatában jelenleg kevésbé ismert. Modellszervezeteken végzett vizsgálatok pozitív összefüggést találtak például a DNS-hibákat javító mechanizmusok hatékonysága és az élettartam között. Azonban egy tizenöt madár- és emlősfajon végzett összehasonlító elemzésben nem találtak összefüggést a fehérjejavítás hatásfoka és az élettartam között (Salway et al., 2011).

Az oxidatív stressz elmélet (*oxidative stress theory of ageing*) az előző specifikus elméleteket egyetlen elméleti keretben egyesíti. Eszerint, amennyiben a reaktív oxigénformák termelési rátája meghaladja a több komponensből álló védekezőrendszer (lásd fentebb) kapacitását, akkor oxidatív stressz lép fel, amely a fokozott sejtkárosodás révén gyorsíthatja az öregedést, mivel oxidatív stressz esetén fehérjék és lipidek mellett a mitokondriális

és sejtmagi DNS is károsodhat. Telomernek nevezzük a DNS-szál végét védő, sokszorosan ismétlődő nemkódoló szakaszt. Minden sejtosztódásnál a DNS-szál rövidül, a telomer pedig megelőzi a sejt működését befolyásoló kódoló szakaszok elvesztését. A telomer szakasz hossza, de még inkább időbeli hosszváltozása megbízható öregedésindikátor, amit tovább erősít az a tény, hogy az oxidatív stressz fokozza a telomer rövidülését (von Zglinicki, 2002). Ennek megfelelően egy mindössze néhány madárfajt érintő összehasonlításban azt találták, hogy minél hosszabb egy faj várható élettartama, annál kisebb az évenkénti telomerrövidülés mértéke (Hausmann et al., 2003). Közvetett bizonyítékok is napvilágot láttak. Az inzulin/inzulinszerű növekedési faktor-1 jelpálya fontos szerepet játszik a sejtosztódás serkentésében, ugyanakkor oxidatív stressz állapotot idézhet elő. Egy emlősökön végzett összehasonlító vizsgálatban kimutatták, hogy a magas inzulinszerű növekedési faktor-1 koncentrációval jellemezhető, vagyis feltehetően erőteljesebb oxidatív stressznek kitett fajok élettartama rövidebb (Swanson – Dantzer, 2014).

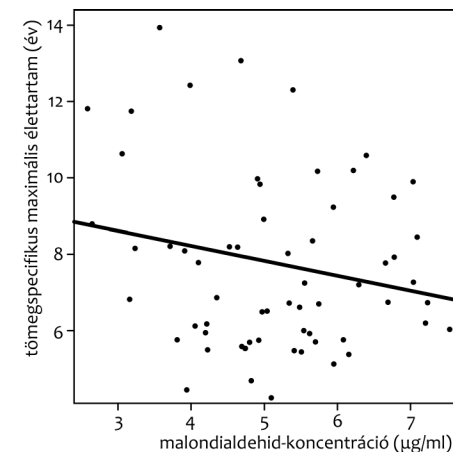
Előzetes eredményeink

Mint az eddigi áttekintésből kitűnt, hiányzik az öregedés elméleteinek egy sokfajos összehasonlító vizsgálaton alapuló tesztje. Ezt pótlandó, Romániában gyűjtöttünk vérmin-tákat felnőtt költő madaraktól (88 madárfaj, 650 egyed) 2010 és 2014 között. A vérplazmából és vörösvérsejtekből az oxidatív állapot két fontos összetevőjét mértük modern biokémiai módszerekkel: (1) az antioxidáns védekezés szintjét három paraméterrel (teljes antioxidáns állapot, húgysav és teljes glutationkoncentráció) és (2) az oxidatív sejtkárosodás szintjét két paraméterrel (hidroperoxidok

szintjével és a lipidek károsodását jelző malondialdehid koncentrációjával). A fajszintű maximális élettartamot az *AnAge* internetes adatbázisból gyűjtöttük ki (de Magalhães et al., 2007). Ezzel az adatsorral elsőként tudjuk nagy fajszámon tesztelni az öregedés antioxidáns- és oxidatívstressz-elméleteit.

Mivel a közös őstől származó fajok nem tekinthetők független mintavételi pontoknak, filogenetikai összehasonlító elemzéssel kontrolláltunk a fajok közös őstől való leszármazásából adódó hasonlóságára. Emellett az élettartamot vizsgáló összehasonlító elemzések fontos feltétele a maximális élettartam testtömegtől való függésére való kontrollálás. Elemzéseink során az élettartam volt a függő változó, magyarázó változóként szolgáltak az oxidatív állapot előbb felsorolt paraméterei. Az elemzéseket az R statisztikai környezetben (R Core Team 2014) filogenetikai általánosított legkisebb négyzetek (PGLS) eljárással végeztük („pgls” függvény, „caper” csomag; Orme et al., 2013). Első körben egyváltozós modelleket építettünk, amelyekben az öt magyarázó változó közül csak az egyik szerepelt önmagában, majd egy többváltozós modellben az összes magyarázó változót beépítettük. Utóbbira azért volt szükség, mert a teljes antioxidáns állapot és a húgysavszint pozitívan korrelál a lipidkárosodás mértékével (azaz a malondialdehid-szinttel).

Előzetes eredményeink szerint az egyváltozós modellek közül mindössze a húgysavkoncentráció mutatott közel szignifikáns negatív összefüggést a maximális élettartammal (PGLS, $\beta = -0,31 \pm 0,17$ SE, $t = 1,85$, $P = 0,074$). Más szóval a testmérethez viszonyítva hosszú életű fajok tendenciózan alacsonyabb húgysavszinttel rendelkeznek. Az előzetes többváltozós modellünkben mindössze a lipid-peroxidáció mértékét jelző ma-



1. ábra • Európai madaraknál csökken a testtömegtől független élettartam a növekvő lipidkárosodással (malondialdehid-koncentráció).

londialdehid-szinttel függött össze negatívan a maximális élettartam ($\beta = -0,31 \pm 0,19$ SE, $t = 2,07$, $P = 0,04$; 1. ábra). Tehát azok a fajok, amelyek lipidkárosodása átlagosan magasabb, a testméretükhöz viszonyítva rövidebb életet élnek.

A korábbi, kevés fajon végzett vizsgálatokkal összhangban előzetes eredményeink sem támogatják az öregedés antioxidáns-elméletét, hiszen a glutationszint nem függött össze, míg a húgysav koncentrációja vártakkal ellentétben marginálisan negatívan függött össze az élethosszal. Ez utóbbi tendenciózus összefüggés is eltűnt a többváltozós modellben. Elsőként mutattuk ki, hogy az oxidatív stressz fontos lehet a madarak öregedésének magyarázatában, legalábbis ami a vérplazmából mért lipidkárosodás mértékét illeti. A lipidek károsodása befolyásolja a membránok fluiditását, és ezzel hátrányosan hathat a sejtek funkcionalitására, ami végső soron gyorsíthatja az öregedési folyamatot. Továbbá, a malondialdehid propagálhatja az oxidációs kaskád, és így hozzájárul a fehérjék oxidatív ron-

csolásához (Halliwell – Gutteridge, 2007), így sokrétűen gyorsíthatja az öregedést. A hidroperoxidok fehérjék, lipidek és DNS oxidatív károsodásának korai termékei. Érdekes módon azonban ennek szintje nem függött össze sem a lipidkárosodással, sem az

élettartammal. Mivel eredményeink vérből mért értékeken alapulnak, fontos ezek újra-ellenőrzése posztmitotikus szöveten is (például agyszövet), ugyanis e szövetek oxidatív károsodása érzékenyen tükrözheti a fajok közötti élettartam-különbségeket.

Köszönjük Osváth Gergely, Marton Attila, Bárbos Lőrinc, Sándor Krisztina, Veres-Szászka Judit, Csizsár Mónika, Bakó Beáta és Fülöp Attila terepmunkában nyújtott önzetlen segítségét. A magyar és román kutatócsoportok közötti mobilitás a Kutatási és Technológiai Innovációs Alap támogatásával valósult meg. A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-II-1-2012-0001 azonosítószámú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi tá-

mogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése országos program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Kulcsszavak: *antioxidánsok, evolúció, életmenet, oxidatív stressz, ökofiziológia, öregedés, reaktív oxigénformák, sejtkárosodás*

IRODALOM

- Beckman, Kenneth B. – Ames, Bruce N. (1998): The Free Radical Theory of Aging Matures. *Physiological Reviews*. 78, 547–581. • <http://tinyurl.com/05vhuq9>
- Brand, Martin D. (2000): Uncoupling to Survive? The Role of Mitochondrial Inefficiency in Ageing. *Experimental Gerontology*. 35, 811–820. DOI:10.1016/S0531-5565(00)00135-2 • <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0531556500001352>
- Buttner, W. A. – Abele, D. – Costantini, D. (2010): From Bivalves to Birds: Oxidative Stress and Longevity. *Functional Ecology*. 24, 971–983. DOI: 10.1111/j.1365-2435.2010.01740.x • <http://onlinelibrary.wiley.com/DOI/10.1111/j.1365-2435.2010.01740.x/epdf>
- Cohen, Alan A. – McGraw, K. J. – Wiersma, P. – Williams, J. B. – Robinson, W. D. – Robinson, T. R. – Brawn, J. D. – Ricklefs, R. E. (2008): Interspecific Associations between Circulating Antioxidant Levels and Life-history Variation in Birds. *American Naturalist*. 172, 178–193. DOI:10.1086/589456 • <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18624664>
- de Magalhães, João P. – Costa, J. – Church, G. M. (2007): An Analysis of The Relationship Between Metabolism, Developmental Schedules, and Longevity Using Phylogenetic Independent Contrasts. *Journal of Gerontology A*. 62, 149–160. • <http://biomedgerontology.oxfordjournals.org/content/62/2/149.full.pdf+html>

- de Magalhães, João Pedro (2011): The Biology of Ageing: A Primer. In: Stuart-Hamilton, Ian (ed.): *An Introduction to Gerontology*. Cambridge University Press, New York, USA, 21–47. • https://pcwww.liv.ac.uk/~aging/cup11_biology_of_ageing_introduction.pdf
- Halliwell, Barry – Gutteridge, John M. C. (2007): *Free Radicals in Biology and Medicine*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Hausmann, Mark F. – Winkler, D. W. – O'Reilly, K. M. – Huntington, C. E. – Nisbet, I. C. T. – Vleck, C. M. (2003): Telomeres Shorten More Slowly in Long-lived Birds and Mammals Than in Short-Lived Ones. *Proceedings of the Royal Society of London B*. 270, 1387–1392. DOI: 10.1098/rspb.2003.2385 • <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1691385/pdf/12965030.pdf>
- Hulbert, Anthony J. – Pamplona, R. – Buffenstein, R. – Buttner, W. A. (2007): Life and Death: Metabolic Rate, Membrane Composition, and Life Span of Animals. *Physiological Reviews*. 87, 1175–1213. DOI: 10.1152/physrev.00047.2006 • <http://physrev.physiology.org/cgi/pmidlookup?view=long&cpmid=17928583>
- Kirkwood, Thomas B. L. – Austad, Steven N. (2000): Why Do We Age? *Nature*. 408, 233–238. DOI: 10.1038/35041682 • <http://www.nature.com/nature/journal/v408/n6809/full/408233a0.html>

- Monaghan, Pat – Metcalfe, N. B. – Torres, R. (2009): Oxidative Stress as a Mediator of Life History Trade-offs: Mechanisms, Measurements and Interpretation. *Ecology Letters*. 12, 75–92. DOI: 10.1111/j.1461-0248.2008.01258.x • <http://onlinelibrary.wiley.com/DOI/10.1111/j.1461-0248.2008.01258.x/epdf>
- Montgomery, Magdalene K. – Hulbert, A. J. – Buttner, W. A. (2012a): Does The Oxidative Stress Theory of Aging Explain Longevity Differences in Birds? I. Mitochondrial ROS Production. *Experimental Gerontology*. 47, 203–210. DOI:10.1016/j.exger.2011.11.006
- Montgomery, Magdalene K. – Buttner, W. A. – Hulbert, A. J. (2012b): Does The Oxidative Stress Theory of Aging Explain Longevity Differences in Birds? II. Antioxidant Systems and Oxidative Damage. *Experimental Gerontology*. 47, 211–222. DOI:10.1016/j.exger.2011.11.014
- Orme, C. David L. – Freckleton, R. P. – Thomas, G. H. – Petzoldt, T. – Fritz, S. A. – Isaac, N. – Pearce, W. (2013): *Caper: Comparative Analyses of Phylogenetics and Evolution in R*. • <http://cran.r-project.org/package=caper>
- R Core Team (2014): *R: A Language and Environment For Statistical Computing*. R Foundation For Statistical Computing, Vienna, Austria • <http://www.r-project.org/>
- Rádák Zsolt – Chung, H. Y. – Koltai E. – Taylor, A. W. – Goto, S. (2008): Exercise, Oxidative Stress and Hormesis. *Ageing Research Reviews*. 7, 34–42. DOI: 10.1016/j.arr.2007.04.004 • [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3063641/](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CDQQFjAC&url=https%3A%2F%2Fwww.docenti.unina.it%2FdownloadPub.do%3FtipoFile%3Dmd%26id%3D30564&ei=i7HIVMacSflUrKfgeAI&usq=AFQjCNHq4tWRj43ZxBo6hreA7WHlvZCA&sig=RJmaUjWoOPoGrML5vE3HgSalway, Kurtis D. – Page, M. M. – Faure, P. A. – Burness, G. – Stuart, J. A. (2011): Enhanced Protein Repair and Recycling Are Not Correlated with Longevity in 15 Vertebrate Endotherm Species. <i>Age</i>. 33, 33–47. DOI: 10.1007/s11357-010-9157-5 • <a href=)
- Swanson, Eli M. – Dantzer, Ben (2014): Insulin-like Growth Factor-1 Is Associated with Life-History Variation Across Mammalia. *Proceedings of the Royal Society of London B*. 281, 20132458. DOI:10.1098/rspb.2013.2458 • <http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/281/1782/20132458>
- Voituron, Yann – De Fraipont, M. – Issartel, J. – Guillaume, O. – Clobert, J. (2011): Extreme Lifespan of the Human Fish (*Proteus anguinus*): A Challenge for Ageing Mechanisms. *Biology Letters*. 7, 105–107. DOI:10.1098/rsbl.2010.0539 • <http://rsbl.royalsocietypublishing.org/content/7/1/105>
- Von Zglinicki, Thomas (2002): Oxidative Stress Shortens Telomeres. *Trends in Biochemical Sciences*. 27, 339–344. DOI:10.1016/S0968-0004(02)02110-2 • <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968000402021102>



A TUDOMÁNYOK JÖVŐBENI FELELŐSSÉGE ÉS ÉRVÉNYESSÉGE

Fabó Edit

PhD, főkönyvtáros,
ELTE Egyetemi Könyvtár
dr.fabo.edit@gmail.com

André Folloni

PhD, egyetemi tanár
Pontificia Universidade Católica do Paraná
andrefolloni@gmail.com

A rendszerelmélet, a komplex szemléletmód a 20. században jelentős tudománytörténeti lépést jelentett a különböző diszciplínák módszertani megfeleltetésében. Abban a században, amelyben – mások mellett – a szociológiai gondolkodást meghatározó két német tudós, Jürgen Habermas és Niklas Luhmann közül Magyarországon az előbbi volt az ismertebb, s az utóbbi csak az ezredforduló közeledtével kapott nagyobb figyelmet. Luhmann iskola-teremtő befolyása erőteljesebb volt a környező országokban, a mediterrán térségben.

A World Complexity Science Academy (WCSA) nonprofit tudományos szervezet többségében olasz alapítói a luhmanni elvek szerint szeretnének valamennyi földrésziinkre kiterjedő intellektuális, tudományos kommunikációt működtetni és fenntartani. A diskurzus célja ugyanis, hogy az ember, illetve az emberiség megtalálja azt a legjobb megoldást, amellyel a változó világ kihívásaiban erősebbé válik, és fejlődni tud. A keresett kulcsot pedig szükségszerűen a rendszertudományok eszköztára kínálja, hiszen felsorakoztatja az elméleteket, az elképzeléseket, a modelleket, az esélyeket, a térképeket. S a tudásmegosztás során tökéletesedik a jövőt fenntartó közös, tudományos világkép.

A budapesti konferencia

Mivel a Tudományos Világforum elnöklő szervezete a Magyar Tudományos Akadémia, ezért a 2009 végén alakult World Complexity Science Academy immár ötödik éves konferenciáját tartotta Magyarországon. A rendezvényhez elvi támogatónak csatlakozott a Budapest Klub, a Magyar Szociológiai Társaság, az ELTE Egyetemi Könyvtár, a MTA Könyvtár és Információs Központ. Nemzetközi szinten az eszmei partnerek között szerepelt az International Federation for Systems Research, a European Sociological Association, a Santa Fe Associates International, az African Multinational Corporations Forum, a Hypercitizen Investment Club, a Russian Communication Association, a Wealth Evolution System, Ota-S d. o. o. További fontos patrónus volt a Pegaso Università Telematica, és donátori szerepe volt a Diver Consultingnak.

A szervezők külön köszönetet mondanak a fent említett partnerek mellett Karácsony Andrásnak, az ELTE rektorhelyettesének, aki elsőként támogatta a konferencia hazai megvalósulását, valamint Csepeli Györgynek, a Magyar Szociológiai Társaság elnökének, aki személyes példát adott a tudományos

szervezetek működtetésére, összetartására.

Az esemény legfőbb társszervezete az International Federation for Systems Research (IFSR) volt. A rendszertudományi kutatásokat támogató társaság tagja egy még nagyobb ernyőszervezetnek (European Meetings on Cybernetics and Systems Research – EMCSR), amely rendszerelméleti és kibernetikai fórumok európai találkozóit tömöríti. Ezen keretek közt állította fel az IFSR *A civilizációk keresztútján* című négynapos konferenciáját 2014. február 22–25-én Bécsben, amelyen a WCSA képviselőjében Giulia Mancini és Fabó Edit is részt vett, majd csatlakoztak a február 26-i IFSR vezetőségi üléshez. A kölcsönösen előnyös tudásmegosztás érdekében az IFSR támogatta a WCSA budapesti konferenciáját, és olyan kiváló előadókat delegált, mint Gerhard Chroust. A rendezvénysorozaton sikerült megnyerni az elgondolkodtató prezentációkat tartó Alexander Laszlót is egy vitaindító beszéd megtartására.

A tanácskozást egy kockázatokkal terhelt kor jövőjének tervezhetőségére fókuszálva hirdették meg. Az elkövetkező korszakot beárnyékolják a kockázatok, a katasztrófák rémképei. A mindennapi közbeszédben a „jövő” kifejezéshez gyakran pesszimista jelentésárnyalatok társulnak. Különösen egy olyan korban, amelyben a finanszírozásnak értéképképző és jólétet teremtő szerepe van, és olyan stratégiai ágazatok közreműködése egyre valószínűbb, mint a nanotechnológia, robotika, genetika, vagy a szingularitást tekintve az emberi nem egyszerre találja magát a végső helyzetben és a végtelen lehetőségek kapujában. Tehát a kérdés az, hogy gazdasági, szociológiai, jogi és technológiai szempontból hogyan lehet megragadni a világméretű változást.

A konferenciafelhívás huszonöt témakörben jelölte meg a lehetséges nézőpontokat,

illetve az elemzendő tárgyköröket. Az év folyamán a partnerszervezetek segítségével háromszor közreadott kiírásra közel két tucat pályázat érkezett. November 7–8-án Andrea Pitasi elnök és Alfredo Spilzinger tudományos igazgató nyitó előadásaival együtt összesen huszonkét prezentáció hangzott el három panelben, a programot kiegészítette még egy kerekasztal-beszélgetés, illetve az akadémia éves közgyűlése. Az első panelben a jogelmélet, a kulturális kommunikációelmélet, a szociológia és a mindennapi digitalizáltság területén észlelt kérdéseket mutattak be. Ezt követően hangzott el a tiszteletbeli vendég, Alexander Laszlo előadása a sikeres fenntarthatóságról. A második panel Alfredo Spilzinger elnökle alatt a digitális valóság és a társadalmi komplexitás összefüggéseit járta körül, azzal a gondolattal, hogy a zűrzavar és a rend válogat az összekapcsolódó világokban. A prezentációk kriminálszociológiai, döntéseméleti, városszociológiai, tudományelméleti, médiakultúra, társadalmi reprezentativitás, illetve bioetikai megközelítésben foglalmazták meg felvetéseiket. Az első nap végén oldott légkörű vacsorán folytathatták az eszmecserét, az ismeretségek elmélyítését. Másnap a harmadik panel Alexander Laszlo vezetésével a lehetséges megoldások esélyeit vette számba a nagyvárosok társadalmi elitjének változásai-
ban, az alkalmazkodó modernizációs folyamatokban, a fejlődéseméleti lépésekben, a tervezhetőség lehetőségeiben, a földi élet fenntarthatóságának problémájában, az ökológiai változások modellezésében. Majd egy hosszabb és izgalmas kerekasztal-beszélgetés következett a társadalom- és gazdaságtudományok rendszerelméleti kutatásainak finanszírozásáról. A diskurzusban részt vett Andrea Pitasi, a World Complexity Science Academy elnöke, Alfredo Spilzinger, a Santa Fe Associa-

tes International elnöke, Alexander Laszlo, az International Society for Systems Sciences elnöke, Csepeli György, a Magyar Szociológiai Társaság elnöke, Gandolfo Dominici, a Business Systems Laboratory tudományos igazgatója, Rok Bukovšek, az Ota-S d. o. o. igazgatója, és Marjolein van Griethuysen, a Rotterdami Egyetem Európai Kapcsolatok vezetője. A záró szekcióban a szervezők tartottak publikációs tájékoztatót, előadás hangzott el a vezetés tudományi ajánlásokról, s végül a WCSA tartott általános közgyűlést.

A résztvevők jellemzői

A rendezvény összesen huszonkét előadással, huszonhét előadóval és a kerekasztal vendégeivel együtt harminc résztvevővel zajlott. Mivel a komplex rendszerszemlélet eleve interdiszciplinaritást jelent, ezért a kutatókkal történt egyeztetés alapján hét nagyobb tudományterület szerint lehet elkülöníteni a prezentációkat. Az előadások kétötöde (40,90%) szociológiai, közel egynegyede (22,72%) filozófiai, nagyjából egyhatede (13,63%) pszichológiai, majdnem egytizede (9,09%) jogi, s alig féltizede (4,54%) biológiai, ökológiai, illetve közgazdaságtani szempontú volt.

Így az előadókat tekintve több mint kétötödük (44,44%) kötődött a szociológiához, alig egynegyedük (18,52%) a filozófiához és a pszichológiához, csaknem egytizedük (7,40%) a joghoz, illetve alig huszaduk (3,7%) a biológiához, az ökológiához és közgazdaságtanhoz.

Mind az összes résztvevő, mind a prezentálók intézményi hovatartozásában nagyjából 2/3-ot (résztvevő 63,33%, előadó 66,66%) tett ki az egyetemek képviselői, és egyharmados arányban (résztvevő 36,66%, előadó 33,33%) jelentek meg a tudományos testületek tagjai.

A konferencia nemzetköziségét tizenhárom delegáló ország fémjelzte. Az előadások

megoszlásában majdnem 1/3-os (27,27%) arányt ért el Olaszország, nagyjából egytizedet (9,09%) az Egyesült Államok, Cseh Köztársaság, Magyarország és Brazília, s közel egyhuzadot (4,54%) az Egyesült Királyság, Németország, Hollandia, Ausztria, Szlovénia, Bosznia-Hercegovina, Spanyolország és Argentína. Az előadók tekintetében nagyjából hasonló az eloszlás, az Egyesült Királyság egyhuzadot meghaladó (7,40%) eltéréssel; az előadókéhoz hasonló értéket jelenítenek meg a résztvevők, bár köztük kissé emelkedett, egytized környékére Hollandia (6,66%), illetve Magyarország (10%).

S végül a nemek szerinti megoszlásban az előadók és a résztvevők tekintetében kétharmados arányt képviseltek a férfiak, míg a nők egyharmados arányban jelentek meg.

Az előadások rövid ismertetése

Andrea Pitasi az elnöki rendszerpolitikáról számolt be. A WCSA elnöke beszámolt arról, hogy az akadémia nemcsak növekvő szervezet, hanem változó és terjeszkedő rendszer, amely a tudományos hálózatból a hiperpolgárok¹ közösségébe fejlődik. A tagság jellemzően képviseli a rendszertudományokat, a vállalkozást, a kozmopolitanizmust, a lobbizást és a támogatást. S nem kizárólag tudományos testületek kapcsolódtak be, mint az International Federation for Systems Research és az International Federation of Communication Associations, hanem a hasonlóképp működő alapítványok, nevezetesen a Hypercitizen University Foundation (HUF), a Santa Fe Associates International (SFAI) és

¹ Hiperpolgároknak nevezik az államhatároktól, nemzetektől, nyelvektől, régióktól függetlenül, illetve az azokat összekötő, összehangoló egyetemesebb, hasonló elvek alapján szerveződő közösség tagjait.

a HypercitizenInvestment Club (HIC). Az akadémia történetében döntő lépést jelentett a Hypercitizen University Foundationban való stratégiai társalapítói szerepvállalása, amelyet tavaly indítottak el.

Alfredo Spilzinger az elvesztett modellt elevenítette fel. Rámutatott arra, hogy minden összetett jelenség elemezhetőségének négy állomása van. Az első a filozófiai (amely összefoglalja, miért vagyunk kapcsolatban, mit akarunk elérni az adott szervezettel, a felállított értékeket és célokat), a második a modellezés (a megvalósítandó intézkedéssoroknak és célkitűzéseknek meg kell felelniük az adott kultúrának), a harmadik a szabályozás (azon dimenzió kijelölése, amelynek keretein belül mozogni lehet ennek a modellnek a létrehozásakor, illetve változtatni lehet, ha szükséges), a negyedik a viselkedés (a végrehajtók magatartása értékes visszajelzés vagy alkalom a modell, esetleg a szabályok módosítására, hogy szereplőknek lehetőségük legyen a modellen belüli kényelmes életre).

Alexander Laszlo a siker újradefiniálásához három fogalomra koncentrált: a rendszerekre, a stratégiára, a fenntarthatóságra. Az emberiségnek tudatosan, célzottan, eltökélten kell megteremtienie a kollektív boldogulás kialakulásának feltételeit. Az együttműködés nélküli verseny képzeze átokként nehezedik a kortárs közösségek egészséges és valódi megnyilvánulására. Olyan szemléletre van szükség, amely összehangolja a versengést és az együttműködést. S tulajdonképpen az evolúciós folyamatok ilyen alapelvekre épültek. Az emberi társadalmak kollektív intelligenciájának szintjén, a részvételen alapuló, a jövőt alkotó, a közös érdeklődést szem előtt tartó megbeszélésen alakulnak ki a hatékony „versengő-közreműködő” cselekvés fogalmának lényeges elemei. A valódi rendszerszintű átala-

kulás nem egyenletes és nem manipulálható. Azonban ösztökélni lehet a feltételek megalkotásának folyamatosságát, amelyek kedveznek az életnek és az élet állandó fejlődésének.

André Folloni francia fizikus és biológus Pierre Delattre (1926–1985) *Théorie des systèmes et épistémologie* című könyve alapján a legfontosabb ismeretelmélet-rendszerbeli kérdéseket tárta fel. Delattre, aki a rendszerszemléletű episztemológiában volt jártas, olyan elméleti problémákkal foglalkozott, mint a tudományos nyelv, az analógia, az egész és része közötti kapcsolat, a rendszer és környezetének viszonya, az okság, a finalizmus és a szándékosság összefüggése, a komplex nézőpontú káosz és rend kérdése, valamint érdekelte a redukcionizmus és a holizmus szembehelyezkedése a tudományos gondolkodással. Folloni hasonlóságot mutatott ki Delattre gondolatai és a mai jogtudomány rendszerelméleti szempontjai között.

Jiří Šubr az időt és az evolúció problémáját a rendszerszemléletű szociológia szemszögéből elemezte. A régebbi társadalmi evolúciós felfogásban a fejlődés elkülöníthetetlen változásfolyamatához társult a civilizációs előretörés, a társadalmi fejlődés, az emberiség fejlődése és így tovább. Az egyik modern evolúciós elmélet ezt az álláspontot megkérdőjelezi és tagadja. Niklas Luhmann a társadalmi evolúciót olyan bonyolult társadalmi, kulturális differenciálódási folyamatként értelmezi, amely komplexitásában csak növelte a tájékozódás bizonytalanságát. Így a lehetséges jövőképet már nem lehet a történelemből származtatni, és így az elvesztette modellértékét. A tervszerűtlen világ állandóan gyorsuló összetettségéből ered ennek az előrevetített jövőnek a növekvő valószínűtlensége.

Pedro Miguel Mancha Romero előadásában olyan komplex jogelmélet megalapozásá-

ra tett kísérletet, amely a dinamikusság felé tart. A jogtudományon belül ma lassú változás érzékelhető, amely elfogadja, hogy a jogi felvetések komplex elméleti kereteken belül maradjanak. Romero háromféle módszert javasolt. Először, mivel a jog és a jogrendszerek mind a rendről szólnak, így a rend és a káosz komplex tanulmányozása segíthet. Másodszor, a jogrendszer a legzabolátlanabb komplex rendszerek egyike, mert magában hordozza a kiszámíthatatlanságot, amelyet az ember szabad akarata, illetve az idegen szereplők és az átmenetek kezelése jelent. Harmadszor, a komplexitás elméletére úgy tekinthetünk, mint a demokrácia erős megújítójára, mivel a kiindulási feltételek, az útfüggőségek vagy a hálózatok elemzése érzékelhetően bizonyítja, hogy minden az egyének összességében számít.

Gerhard Chroust a kulturális különbségek kommunikációs és koordinációs hatását elemezte. Megvilágította, hogy a globális gazdaságnak szüksége van a különböző nemzetségi és háttérű emberek közötti kommunikációra és együttműködésre, ám a kulturális eltérések eredményezik e folyamatokban rejlő nehézségeket is. Kitért a nyelv és a kommunikáció szintaktikai, szemantikai és gyakorlati problémáira, a szerepeket érintő kulturálisan különböző értelmezésekre, a kommunikációs szakadék okozta külső zavarok elkerülésére, a kommunikációs akadályokat áthidaló többszörös megoldásokra, a kulturális akadályokra, a végrehajtó és ellenőrző struktúrák közti kulturális eltérésekre, a figyelmeztetésekre és riasztásokra adott reakciók kulturális sokféleségére, majd a kulturális különbségeket magyarázó elméleti munkákra.

Michèle Bonazzi és Emilia Ferone a mindennapi élet digitalizációjáról és annak társadalmi kontrolljáról beszéltek. Ez a dinamikus

fejlődés napjaink minden aspektusában tetten érhető, amely Marcel Mauss kifejezésével élve „totális társadalmi tény”, beleértve az egyének társadalmi kontrollját is. Vizsgálták az internetes társadalom néhány jellemző ellenőrzési formáját, illetve azok egyre nagyobb és nagyobb biztonságra törekvő változását a kézzel fogható fizikai védelemtől a virtuális, digitális óvintézkedésekig. Testünk „valóságon túliva” válik: atomok és bitek egyiségévé egy összetett képben. Az antropomorfizációhoz vezető folyamat egyesíti a fizikai és a digitális világot, s az egyedülálló identitás pedig sokdimenziós létervek között mozog, összezavarva a két világot, az igazit és a virtuálisat.

Michelle Girona Carbera a büntetőjog összetettségét prezentálta olyan szociológiai kockázatokon keresztül, amelyek a politika-ig támogatott gondatlanságból elkövetett bűncselekményeket jelentik. Az előadás a jelenlegi büntetőjogrend alapvető, normatív kiigazításának problémáját vetette fel, amely kiterjedt a bűnügyi jogrendszer megalapozó elmélet elemzésére is. Az elgondolás lényege, hogy ez a modell még nem vette figyelembe az aggályokat és a gondokat, amelyekkel a múlt század végén a büntetőjog szembesült. Carbera tárgyalta a bűnözés új formáit, globális terjedését és kézzelfogható következményeit, amelyek arra indították, hogy egy különálló büntetőjogot alakítson ki, hátrahagyva az episztemológiai egyszerűsítést, hogy munkájában csak a fogalmak logikai összefüggéseit mutassa be.

Franco Becchis, Daniele Russolillo és Elisa Vanin a szereplőket, a kezdeményezőket, a kapcsolatokat és az információkat tekintve át a városi szolgáltatások területén működő kísérleti modellben. A prezentáció bemutatja a felhatalmazó helyi döntéshozók kezde-

ményezéseinek keretmunkáját, felhasználva az interdiszciplinaritás elemző módszerét a környező helyi szereplőkre, az ösztönzőkre, az információ-ellátottságra, a szolgáltatások sikerei vagy hibái mögött rejlő hazugságokra, infrastruktúrákra és projektekre, meghatározva azt a játékeret, ahol e tevékenységek és programok zajlottak. Módszerük mélyen gyökerezik az interdiszciplináris tudásban és irodalomban, amely a játékelmélettől terjed a társadalmi hálóelemzésig, bevonva a szociológiát, a társadalmi fizikát és az antropológiát.

Laura Appignanesi a városi identitás rendszerelméleti megközelítésével járta körbe a társadalmi esetlegességet. Bemutatta, hogy a „rendszer” fogalom mint episztemológiai kritérium realitássá alakul, ha a rendszerelméleti perspektívákat a városi térre vetítjük. A nagyvárosbeli identitásvesztés, az egyre összetettebb globális társadalom olyan paradigmájának tekinthető, amely kihívást jelent a *rendszerelmélet* és a *várostervezés* közötti párbeszédben. A filozófiai irányzat és a város-elképzelés ugyanabban a hosszú távú történeti evolúcióban kapcsolódnak össze, így a jelenben és valószínűleg a jövőben is folytatódik ez a párhuzamos fejlődés. Az előadó ajánlotta a strukturalista funkcionizmus újragondolását, utalva a városi terek merev feladatközpontúságára. A komplexitásnak szüksége van egy új értelmező elemzésre, amely összhangban áll a társadalmi esetlegességgel.

Fabó Edit a könyvtári alapú tudományos világkép alakulásáról és alakításáról beszélt. A virtuális adatszolgáltatások legfontosabb tényezője a hitelesség – különösen a tudományos könyvtárak online katalógusait tekintve. Hiszen ezen létesítmények a tudomány legrégibbi forrásai és őrzői. A tudományos eredmények igazolásában az írott tényeknek kulcsszerepük van. S a könyvtártudomány

pedig a szabályok olyan komplex rendszere, amely tükrözi az egész tudományrendszer-tant. Az informatizáció és digitalizáció gyermekbetegségei után szükségszerű annak felismerése és elismerése, hogy a tudományos könyvtáraknál elvárt szintű adatszolgáltatáshoz szükségszerű a szabályok maximális betartása, illetve a tudományos munka ismerete és gyakorlata. A tudományos könyvtárak adatbázisa csak így képes teljesíteni küldetését, amely tükrözi a művek tudományrendszertani helyét, más dokumentumokkal való összes lehetséges kapcsolatot – a kutatót segítve. Így nagyobb eséllyel születnek összefüggés-elméletek összeesküvés-elméletek helyett.

Graziele Lautenschlaeger az interaktív médiaművészetről és a kommunikáció materializálódása felé tartó kulturális jelenségekről tartott előadást. Még mindig létező a kötődés az elszigetelő és fogyasztói alapú kulturális életstílushoz, amelyre még a médiaművészet jelenetei is hatnak, bár van a világban néhány olyan kezdeményezés, amely felismerte a médiaművészetben rejlő lehetőséget, amely hozzájárul az emberek vélemény nyilvánításához, önállóságához. Kutatásában vizsgálja az olyan eljárásokat, amelyek még sikeresebb gondolkodó és cselekvő attitűdöt eredményeznek ezen a területen, azzal, hogy befogadják a legalapvetőbb transzdiszciplináris szempontokat. A kiindulópont a médiaművészet területén belüli szándék kialakítása a kommunikáció materializálására. Vezérfonalként olyan párbeszédet indított, amelyben a kiszemelt tárgy az az „érzékelő”, akinek elképzelése és materiális játéka kulcsfontosságú darabot képez a kortárs interaktív médiaművészeti installációkban és performanszokban.

Massimiliano Ruzzeddu a jövő és a tudományos elképzelések társadalmi reprezentációjára tért ki. Részletesen foglalkozott a

kortárs tudományos és technológiához fűződő társadalmi elvárásokkal. Miután a híres „ideológiák vége” elképzelésekben nem jelenik meg az alakuló jövő képe, így a mai szociológusokra marad a feladat megérteni, hogy milyen kulturális megjelenés tűnik alkalmasnak a társadalmi szereplők számára a valóság, különösen az elkövetkező jövő követelményének képviselőjében. A technológiai elvárások maguk is megváltoztatták az egész világ társadalmi szereplőinek világnézetét. Ugyanakkor megjelentek olyan társadalmi igények, amelyekkel a technológia még nem találkozott (zöld üzemanyagok, tiszta energia stb.), ám szükségszerűen befolyásolnak valamennyi jövőt érintő elgondolást. A technológiával szemben támasztott elvárások mérésével látható, hogy az emberekben milyen jövőkép él.

Nikolas Maslowski a nagypolgárok és a hírnév társadalmi megalkotására hozott cseh és szlovák példákat a hosszú 20. századból. Az előadó indításként az elmúlt százhusz év cseh és szlovák nagypolgárainak ismertségére szintaktikai elemzést javasolt, hiszen az elitcsoportok a cseh és a szlovák földön „kanonizáltak” voltak. A 19. század óta a közép-kelet-európai társadalmak nemzetépítési törekvéseiben a kanonizáció a folyamat része volt, amelybe bevonták nemzeti életrajzaik tagjainak hivatkozásait. A tekintélyelvű, szovjet típusú rendszer a fal leomlásával a csehszlovákiai bársonyos forradalom hozta intenzívebb mozgásba a bizonyágtételeket az új lexikonokkal, filmekkel, interjúkkal, annak érdekében, hogy egy új nemzeti emlékezetet írjanak. Ám a rendszerváltás után az internettel és más modern technológiákkal könnyebbé vált az ilyen jellegű dokumentumok elkészítése, ami a legitimitás forrásáért vívott küzdelemben újszerű kihívást jelentett az emlékművek készítői számára.

Root Hilton és Paola Zambano a komplex adaptív rendszer elvét fejtették ki az egyre inkább összefonódó társadalmakat megalkotó interakció, társfejlődés és specializálódás bemutatásával, amelyek együttesen csak a konvergens haladást eredményezhetik. A hagyományos modernizációs nézet és az átalakulási folyamatok a politikai és gazdasági rendszerekben kötődnek a nemzetgazdaságok fejlődéséhez és azok liberális értékekre való fogékonyságához. A feltörekvő országokban a tapasztalt gazdasági növekedés összhangban volt a kormányzat demokratizálódásával, ám a fejlődő régiók szociális intézményei elmaradtak ettől az iránytól. A nemzeten belüli politikai, gazdasági és technológiai fejlődés kölcsönhatásai olyan kiszámíthatatlan következményekhez vezethetnek, amelyek nemzetközi viszonylatban, a nagyobb rendszerekben magát a változást idézhetik elő. A komplex adaptív rendszer az újszerű dinamika megértéséhez kínál új perspektívát. A kölcsönhatás, a társfejlődés és a specializálódás menete a szorosán összekapcsolódó globális társadalmakban olyan magatartásformát és intézményrendszert teremt, amely megszemlén képes azokat optimálisan működtetni és fenntartani. A konvergencia felé mutató liberális modell, amely magában foglalja a szabad piacgazdaságot és a demokratikus kormányzást, csupán egy lehetőség a sok trend közül a globális fejlődésben.

Janos Korn a rendszerek általános alapelveivel foglalkozott. Felvetette, hogy a „rendszer szemlélet” töredezetté vált, aminek következtében a nagyszámú különféle publikáció, konferencia, egyetemi kurzus mellett a „rendszer szemlélet” már észrevehetően nem érvényesül sem a társadalomban, sem az oktatásban. Aktuális munkája a rendszertudománybeli paradigmaváltást célozza, ahol nyelvésze-

ti modellezésének bevezetésével lehetőség nyílik az emberi tevékenységek körök követésére, olyan összetevőkkel és elenyésző ismétlődésekkel, mint a minőségi jellemzők, az akarat, az ambíciók, az érzelmek, a szeszélyek stb. A rendszertudományokat alátámasztó empirikus koncepcióját hat tételben foglalta össze. A nyelvi modellezést támogató alapelvek bázisát tekintve olyan elfogadott tudományágakon nyugszik, mint a nyelvészet, logika, hálózatelmélet stb., tehát jól elsajátíthatóak és kiszámíthatóak. Ugyanakkor elengedhetetlen a vita, a szoftverfejlesztés az egyre lényegre törőbb alkalmazások érdekében.

Gerard Jagers op Akkerhuis az esetleges korában az előre jelezhető jövő új rendszerelméleti eszközeit mutatta be. Kérdése arra irányult, hogy a bizonytalanság miatt kiszámíthatatlan-e a jövőnk, vagy lehetséges-e megvizsgálni az egyéni érdekeltségeket, az egész részét és a kiszámítható mintákat. Válaszait két fontos területen találta meg: a folyamatokban és a struktúrákban. Az előrejelzésekre fókuszálva a működtető hierarchia belső logikája azt sugallja, hogy ez egy jól megfogható, de felfedezetlen, újfajta „periódusos rendszer”. Ha ez így van, akkor meghatározásával megíjósolhatja a jövőbeli működtetőit. Sőt, minthogy ezek olyan előrejelzések, amelyek a szervezet topológiai törvényein alapszanak, nincs kétségeket hordozó tényező. A feltételezés szerint az operátorelmélet belső logikájának részletesebb kutatása a rendszerelmélet eszköztárát új megoldásokkal fogja bővíteni, amely lehetővé teszi a legmesszebb mutató elképzeléseket a jövő operátorainak felépítéséről.

Ralovich Béla előadása vázolta, mi a Földünk helye a Világmindenségben és mik a fordulópontok az életében. A végtelen Világmindenség részeként a földi élet a környeze-

tétől lehatárolt, de azzal kölcsönös, dinamikus kapcsolatban álló élő biológiai egyedek rendszereinek az összessége. Az élet megjelenése a Földön az Univerzum általános folyamatainak az eredménye. Az élő egyedek, beleértve a tudatos embereket is, a környezet/a Föld állapotát döntő mértékben befolyásolják. A bioszféra az élet szempontjából egy zárt rendszer. Az élet megmaradása csak a biológiai törvényeknek megfelelő feltételek – életfeltételek – megléte esetén képzelhető el. A földi környezet adatokkal igazolt állapotváltozásainak megállítása céljából eddig meghozott intézkedések eredménytelenek. A szerző megfelelő hatású tetteket sürget az élet megmaradása érdekében.

Migdat I. Hodzic a komplex ökológiai dinamikus rendszerek elemzésének és modellezésének új megközelítéséről tartott előadást. A prédák és ragadozók komplex nemlineáris ökológiai rendszerének elemzésére és szimulációjára két szempontot ismertetett. A klasszikus nemlineáris dinamikus Lotka–Volterra-modellt használta fel párhuzamosan egy ágensalapú modellel – a rendszer leírásának modelljellezőit, ezt a kettős szempontot egy „matematikai” ágens alapú megoldással alkalmazva a megfelelő modellezési környezetben. A különböző példák az egy préda egy ragadozó, valamint a több préda több áldozat modelljét vonultatták fel, fokozatosan, az egyszerűtől a bonyolultabbakig. Javasolta, hogy használják ki az ágensalapú modell rugalmasságának előnyeit, megszerezve a kulcsfontosságú igazolást, amely megerősíti és fejleszti a Lotka–Volterra-modell nemlineáris matematikáját is. Így felállítható egy nagyon összetett, de használható, matematikailag is szemléltethető ökológiai ragadozó–préda modell.

Rok Bukovšek a komplex adaptív rendszerek eszköztárának alkalmazását prezentál-

ta a stratégiai üzleti tanácsadásban. A komplexitás elmélete azért izgalmas, mert rejtett összefüggéseket segít tisztázni. Az eszköztár egyaránt támaszkodik a holisztikus gondolkodásra, a komplex adaptív rendszerek, illetve a komplex biológiai rendszerek megoldásaira. Az eszközkészletet mint teleologikus célt (Arisztotelész), önszerveződést (Kant), előzetes adaptációt (Darwin), kreatív rombolást (Schumpeter), az önmagából állandóan építkező természetet a káosz szélén (S. A. Kauffman), az autopoiesist (Valera) és az emberi komplex adaptív rendszereket (melyeket a Santa Fe Associates Internationalban dolgoztak ki) szokás azonosítani. Ezzel az eszköztárral az okságot lefelé és felfelé lehet elemezni a helyi és globális rendszerekben, illetve a kapcsolatokon belül. Végezetül az előadó megjelölte azokat az eljárásokat, ahol ezt hasznosítani lehet: 1., társaságok és szervezetek, ágazatok és iparágak rész–egész kapcsolatának azonosításához, 2., a piaci módszerek háttérének feltérképezéséhez, 3., a célnak megfelelő eszközrendszer felállításához (cég, ágazat, ipar), 4., a probléma ártéríteléséhez az új rendszer szemszögéből.

Összefoglalás

A konferencia újabb megerősítést jelentett abban, hogy a kérdések, jelenségek, problémák tágabb – komplex – összefüggésbe helyezve hatékonyabb megoldás lehetőségét kínálják. A résztvevők egyetértettek abban, hogy hasznos a komplex szemléletmód alkalmazása, terjesztése. Az integráló gondolkodás kialakulásához elengedhetetlen több különböző tudományterület ismerete, összehangolása. Ugyanis a földi élet egyensúlyának, ökológiájának fenntartásához a globális (vagy

virtuális) világ működésében egyre fontosabb szerep jut a kulturális eltérések megértésének, (esetleges konvertálásának); a digitalizált, mediatizált nagyvárosi léthez való alkalmazkodásnak; az egyes kultúrák jogrendszerének újragondolásának; a logikus, körültekintő tervező gondolkodásnak. S mindezek társadalmi változásában – a modernizációs folyamatban – mindenki számára beláthatóvá válik a politika, a gazdaság, a tudomány kompetenciája – felelőssége és érvényessége. Összességében a konferencia és az akadémia célja az, hogy olyan egységes, korszerű elvek szülessenek, amelyek megfogalmazzák a lokalitásban élő 21. századi emberek gondjait, és egyúttal nyitottak a globális szintű megoldásokra, megteremtve az egységes tudásfelületet, amelyen a jövő megalkotható.

A WCSA hosszú távon szeretne felállítani egy, a nemzeteket, a kultúrákat összekötő egyetemet (vagy fórumot), ahol a (leendő) vezető elitnek adhatná át az általa képviselt összhangot teremtő tudományos szemléletmód eredményeit. Céljának eléréséhez kétoldalú szerződéssel megerősített kapcsolatokat épít, európai uniós szintű lobbitevékenységet folytat, s támogatást nyújt másoknak. A következő éves konferenciát a WCSA teljes vezetősége a Santa Fe Associates Internationalle együttműködve fogja megrendezni Amszterdamban, 2015 októberében. Remélhetőleg ez a legutóbbi rendezvény addig is újabb inspirációkat ad a Magyarországon folyó kutatásoknak, és további együttműködések szülnének más felsőoktatási és tudományos szervezetekkel.

Kulcsszavak: *rendszertudomány, komplexitás, konferencia*

Kitekintés

SZÉKLETTRANSZPLANTÁCIÓ CROHN-BETEGSÉGBEN

Amerikai gasztroenterológusok (Seattle Children's Hospital) székletátültetéssel eredményesen kezeltek Crohn-betegségben szenvedő gyermekeket.

A Crohn-betegség autoimmun kórkép, melynek lényege, hogy az immunrendszer idegenként kezeli a bélrendszer bizonyos sejtjeit, és az ellenük való támadásokkal gyulladásokat hoz létre. A hasfájással, hasmenéssel, vérzéssel, anatómiai elváltozásokkal járó betegség ma még gyógyíthatatlan, bár kezelésére sokféle – elsősorban az immunrendszer működésének gátlására, illetve a gyulladás visszaszorítására szolgáló – gyógyszer létezik.

A széklettranszplantáció, melyet jelenleg csak *Clostridium difficile*-fertőzés gyógyítására használnak sikeresen, alapjaiban más megközelítés. David Suskind és munkatársai abban bíztak, hogy az egészséges emberből származó bélflóra – a széklet ugyanis jelentős mennyiségű bélben élő mikroorganizmust tartalmaz – immunológiailag olyan új közegteremt a betegek bélrendszerében, amely nem ösztönöz támadásra.

A kezdeti eredmények biztatóak. A kísérleti kezelésben részt vevő kilenc gyermek közül hét két héten belül sokkal jobban lett, és voltak közöttük olyanok, akiknek tünetei elmúltak. Öt gyermeknél a javulás három hónappal később még annak ellenére is fennállt, hogy más kezelésben nem részesültek.

Suskindék munkájának egyik gyengéje az alacsony betegszám, a másik pedig, hogy transzplantációban nem részesült kontrollcsoport nem volt. Így nem zárható ki, hogy a gyerekek állapotának javulása nem a transzplantáció, hanem spontán remisszió következménye. Tervezik azonban kontrollcsoportos tanulmány elkészítését is.

Suskindék szerint a széklettranszplantáció gyorsan megváltoztatja a bélben élő mikroorganizmusok (mikrobiom) összetételét, struktúráját, és az ebből származó előnyök körültekintő táplálkozással megőrizhetők.

Suskind, David L. – Brittnacher, Mitchell J. – Wahbeh, Ghassan et al.: Fecal Microbial Transplant Effect on Clinical Outcomes and Fecal Microbiome in Active Crohn's Disease. *Inflammatory Bowel Diseases*. March 2015. 21, 3, 556–563. DOI: 10.1097/MIB.0000000000000307 • http://journals.lww.com/ibdjournal/Fulltext/2015/03000/Fecal_Microbial_Transplant_Effect_on_Clinical.7.aspx

MÁR AZ ÓVÓNÉNIVEL IS LEGYÜNK UDVARIASAK

A gyermekként mutatott önuralom és a felnőttkori munkaerő-piaci kilátások között találtak szoros összefüggést kutatók, akik két széleskörű, az Egyesült Királyság lakosságára statisztikailag jellemző felmérés adatait dolgozták fel. A vizsgálatokban összesen több mint 16 ezren vettek részt.

Az eredmények szerint a hátéves korukban izága gyerekek felnőttként átlagosan 40%-kal nagyobb valószínűséggel válnak munkanélkülivé. A különbségek gazdasági válságok idején még jelentősebbek, az önuralom-hiányos gyermekkor nehéz időkben még rosszabb előjel.

A felnőttkori higgadt viselkedés és önkontroll előnyei a munkahely megszerzésében, illetve megtartásában egyértelműnek látszanak, ám ezek az első számszerűsített eredmények arra vonatkozóan, hogy az önfegyelmzés el-sajátítását is célszerű korán kezdeni, legalábbis annak, aki nyugodtabb felnőttkorra vágyik.

Daly, Michael – Delaney, Liam – Egan, Mark – Baumeister Roy F.: Childhood Self-control and Unemployment throughout the Life Span. Evidence from Two British Cohort Studies. *Psychological Science*. Published online before print 13 April 2015. DOI: 10.1177/0956797615569001

GENETIKAILAG MÓDOSÍ- TOTT SZALMONELLA – RÁK ELLEN

Amerikai kutatók (Arizona State University) genetikailag módosított szalmonellabaktériumot konstruáltak, amely ígéretes lehet a daganatos betegségek elleni küzdelemben. Eredményeiket az Amerikai Mikrobiológiai Társaság *open access* internetes folyóiratában, az *mBio*-ban közzétették.

Évek óta ismert, hogy bizonyos baktériumtörzsek, például a *Salmonella enterica* képesek elpusztítani a ráksejteket. A szalmonella azonban megbetegíti az embert, ezért a kutatók célja az volt, hogy a baktériumon olyan genetikai változtatásokat hajtsanak végre, amelyek eredményeként tumorgyilkoló képessége megmarad, ugyanakkor biztonságos.

Siegfried Weiss és munkatársai a baktérium lipopoliszacharid struktúráját vették célba. A kutatók különböző *Salmonella*-törzsek genomjából kivágták a lipopoliszacharid rész szintetizálásáért felelős DNS-szakaszokat, majd ezeket emberi ráksejteken, illetve tumoros egerekben tesztelték. Kiválasztottak közülük egy törzset, amely nem okozott betegséget, de hatékonyan bizonyult a tumorsejtek elpusztításában. Ez a törzs azonban kevésbé volt képes a daganatok benépesítésére. A problémát az örökítőanyag újabb módosításával oldották meg. A kutatók szerint így kezükben van egy olyan *Salmonella*-törzs, amely egerekben az egészséges sejtekre veszélytelen, de a tumorokon elszaporodik, a tumorsejtekbe hatolva pedig toxikussá válik. Normál sejtekben ez a *Salmonella* nagyon lassan növekszik, naponta csak egyszer-kétszer osztódik, ugyanakkor a daganatos sejtekben óránként.

A kutatók abban bíznak, hogy a „szalmonellaterápia” az onkológia hatékony eszközévé válhat.

Frahm, Michael – Felgner, Sebastian – Kojancic Dino et al.: Efficiency of Conditionally Attenuated *Salmonella enterica* Serovar Typhimurium in Bacterium-Mediated Tumor Therapy. *mBio*. April 2015. DOI: 10.1128/mBio.00254-15 • <http://mbio.asm.org/content/6/2/e00254-15.full>

OLCSÓBB REKLÁMSZATYROK

Az évi százmillió tonna körüli világtermeléssel az etilén a legnagyobb mennyiségben előállított szerves vegyipari termék. (Ez egyebek között a polietilén fóliák és zacskót alapanyaga.) Ez a két szénatomot tartalmazó telítetlen szénhidrogén – más kismolekulájú anyagokkal, például etánnal együtt –, a kőolaj feldol-

gozásakor a nagyobb szénhidrogén-molekulák feldarabolása, ún. *krakkolása* során keletkezik. Az etánt és az etilént nehéz és energiaigényes egymástól elválasztani. Jelenleg az etilén tisztítása főleg desztillációval történik, és az ehhez szükséges energia az Egyesült Államokban meghaladja a teljes magyarországi villamosenergia-fogyasztást.

A kevésbé energiaigényes lehetőségek kutatása főleg olyan anyagok, ún. adszorbensek irányában folyik, amelyek a két molekula között „különbséget tudnak tenni”: valamelyiket sokkal erősebben kötik magukhoz.

Amerikai kutatók most két olyan ezüsttartalmú komplex molekulát állítottak elő és mutattak be, amelyek ennek a két szénhidrogénnek a megkötésében az eddig ismert anyagoknál több mint egy nagyságrenddel nagyobb szelektivitást mutatnak. Ezért elvileg jelentősen csökkenthetik az etilén tisztításának költségeit. Mindehhez természetesen a technológiai követelményeknek is meg kell majd felelni, ami további fejlesztéseket igényelhet.

Cowan, Matthew G. – McDanel, William M. – Funke, Hans H. et al.: High Ethene/Ethane Selectivity in 2,2'-Bipyridine-Based Silver(I) Complexes by Removal of Coordinated Solvent. *Angewandte Chemie International Edition*. Article first published online: 12 March 2015. DOI: 10.1002/anie.201500251

HÁNY ATOMTÓL FÉMES A FÉM?

A nanotechnológia és nanotudományok egyik alapvető kérdése, hogy hány atom vagy molekula kell ahhoz, hogy egy anyag makroszkopikus, tömbi tulajdonságokat mutasson. A finn Jyväskylä Egyetem Nanotudományok Központjának kutatói közelebb kerültek annak a kérdésnek a megválaszolásához, hogy hány aranyatom kezd el fémként funkcionálni.

Legújabb eredményeik szerint egy 102 aranyatomból álló nanorészecske úgy viselkedik, mint egy óriásmolekula, ugyanakkor nem sokkal korábban igazolták, hogy egy hasonló, de 144 atomból már fémes tulajdonságokat mutat. Mindebből arra következtetnek, hogy – legalábbis az arany esetében – az átmenet valahol 102 és 144 atom között van.

A szerves ligandumokkal stabilizált arany óriásmolekulák (vagy nanoklaszterek) fotofizikai tulajdonságait vizsgálták nagy időfelbontású infravörös spektroszkópiai módszerrel. A vizsgált rendszer fémes, illetve molekuláris jellegére a gerjesztett állapotú részecskék alapállapotba való visszajutásából, relaxációjából következtettek, mivel a kétféle species között a relaxáció időbeli lefutásában jelentős különbségek vannak.

Mustalahti, Satu – Myllyperkiö, Pasi – Malola, Sami et al.: Molecule-like Photodynamics of Au₁₀₂(pMBA)₄₄ Nanocluster. *ACS Nano*. 2015. 9, 3, 2328–2335. DOI: 10.1021/nm506711a

Gimes Júlia

Könyvszemle

Tíz évvel később – magyar nagyvállalkozók európai környezetben

Laki Mihály és Szalai Júlia könyve a közgazdaságtan és a szociológia határán mozogva, mélyinterjúk módszerrel mutatja be a magyarországi nagyvállalkozókat, és ezen keresztül keres választ arra a kérdésre, hogyan alakult a polgárosodás folyamata Magyarországon a rendszerváltást követő két évtizedben. A könyv a szerzőpáros egy évtizeddel korábban megjelent munkájának (Laki Mihály – Szalai Júlia (2004): *Vállalkozók vagy polgárok? A nagyvállalkozók gazdasági és társadalmi helyzetének ambivalenciái az ezredforduló Magyarországon*) folytatása, melyben azt az óvatosságot követve fogalmazták meg, hogy kialakulóban van egy új nagypolgári elit, mely mintaadó lehet az egész társadalom számára gazdálkodási értékrend, társadalmi szerepvállalás és életmód tekintetében.

A jelen könyvhöz 2009 és 2012 között összesen harminchárom nagyvállalkozóval készítettek ismét interjút a korábbi kutatás alanyai közül – a könyvben ők a „régiek”. Emellett a kutatásba bevontak még harmincegy fiatal, harminc és ötven év közötti vállalkozót, akik az 1990-es évek végén vagy a 2000-es évek elején indították vállalkozásukat, és máris komoly sikereket tudnak felmutatni – ők az „újak”. A két csoport között komoly teljesítménybeli különbség látható: míg a kiválasztás szempontjaiból adódóan az „újak” mind komoly sikerekről számoltak be, a

követéses kutatás eredményei visszatükrözik a magyar gazdaság 2000-es évek eleje óta megfigyelhető lendületvesztését – az interjúk során jóval több „régi” vállalat számolt be zsugorodásról, mint növekedésről. Ez a folyamat nem tudatos döntések eredménye volt, hisz korábban ezek a cégek még kapacitás- és forgalomnövelést terveztek. Ebből adódóan a könyv első felének központi kérdése az, hogy azonos makrogazdasági feltételek mellett mi magyarázza a teljesítménybeli különbséget a „régi” és „új” vállalatok között. A könyv második felében a két csoport közügyekhez való viszonyának alakulását mutatják be.

A könyvben nagyvállalkozónak tekintik a több száz főt foglalkoztató és pár százmillió, esetleg tízmilliárd forgalmat lebonyolító vállalatok tulajdonosait, akiket a hazai tulajdonú nagyvállalkozások profil és ágazati összetételéről rendelkezésre álló statisztikai adatok figyelembe vételével választottak ki a szerzők.

A kérdés megválaszolásához a szerzők a vállalkozók és a vállalkozások jellemzőit egyaránt megvizsgálják. A vállalkozók jellemzői közül a nem, lakóhely, családi háttér és iskolai végzettség nagyon hasonló, ezért a teljesítménybeli különbségeket nem magyarázza – mindkét csoportban meghatározó többséget képviselnek a felsőfokú végzettséggel rendelkező, városlakó férfiak. Nagyobb magyarázóereje van az életkornak, illetve a külföldi tapasztalatnak. Az idősebb „régiek” közül számosan csökkenő motivációról és prioritásaik megváltozásáról számoltak be. Ám ellen-

példa is akadt bőven, ezért önmagában ez sem elégséges magyarázat. Fontosabbnak bizonyult az, hogy míg a „régiek” itthon jártak iskolába, itthon szereztek munkatapasztalatot és csekély nyelvtudással rendelkeznek, az „újak” már külföldi egyetemre/főiskolákra jártak, ahol alapos nyelvtudásra tettek szert, és jelentős kapcsolati tőkét is gyűjtöttek. Ez lehetővé tette számukra a külföldi vállalatokkal való együttműködést, míg a „régiek” gyakran néznek a külföldi versenytársakra.

A vállalkozások jellemzői kapcsán a szerzők három hipotézist vizsgálnak meg részletesen a teljesítménybeli különbségek magyarázatára. Az ágazati hipotézis szerint a „régiek” főleg a gazdaság hagyományos, lassabban fejlődő ágazataiban működnek, míg az „újak” a dinamikus szektorokban. Ám megállapítható, hogy számos „új” vállalkozó nagyon sikeres a hagyományos szektorokban, például a sütőiparban, ezért az ágazat önmagában nem lehet magyarázat a térvesztésre. A második felvetés az innovációs hipotézis, mely szerint a „régiek” kevesebb, és kisebb jelentőségű új termékkel jelentek meg a piacon, mint az „újak”. Ám, az interjúk ezt sem támasztották alá – a magyar gazdaságra általában jellemző szerény újítási teljesítmény igaz mind a „régi”, mind az „új” vállalkozásokra. Meglepő módon az „újak” csoportjának kétharmadában semmiféle új termék vagy szolgáltatás nem jelent meg. Újításként sokkal inkább a világ fejlettebb részén elterjedt eljárások bevezetését említették. A harmadik lehetséges magyarázat az államtól való gazdasági függőség hipotézise, mely azt a felvetést fogalmazza meg, hogy a „régiek” esetleg az „újaknál” kevesebb állami támogatást, megrendelést kaptak. Az interjúk alapján ez a felvetés sem került igazolásra. Mindkét csoportban a vállalkozások több mint fele nem került ér-

demi kapcsolatba az állammal, és ahol mégis van kapcsolat, az legfeljebb alkalmi és kiegészítő jellegű, azaz nem meghatározó az innen származó bevétel.

Az interjúk alapján körvonalazódó magyarázat az új vállalkozások jobb teljesítményére a vállalkozói magatartásban rejlik. A „régiek” a rendszerváltás során fellépő piaci részek betöltésére szakosodtak, mely lehetőségek azonban a piac stabilizálódásával eltűntek. Teljesítményük romlását radikális átalakítások helyett a még meglevő ingatlanvagyon hasznosításával igyekeztek kompenzálni. Ez azonban csak egy ideig volt képes fedezni a bevételkiesést, különösen, hogy a válság kitörésével az ingatlanpiac tovább szűkült. Az „újak” ezzel szemben előre elgondolt, többéves stratégia alapján, stabil piaci viszonyok között használták ki a multinacionális vállalatok által uralt környezetben a piaci részeket, és rendre bevételeiből bővítették cégeik vagyonát. A válság során előremenekülést, piacváltást vagy kapacitásbővítést is kizárólag az „újaknál” lehetett megfigyelni.

Az öröklött adottságok negatív hatásai jól mutatják, hogy mára a régi szocialista beágyazottság előnyei teljesen eltűntek. Az öröklött ingatlanvagyon mellett a munkaerő mindenáron való egyben tartására való törekvés – mely részben a kölcsönös kiszolgáltatottság érzetéből származott – szintén hátránnyá vált, és lassította az alkalmazkodást a változó környezethez. Ezzel szemben az „új” vállalkozások elsősorban családi vállalkozásként működnek, ahol a családon kívüli viszonyokban személyes elemek nem jelennek meg, kapcsolataikat általános elvek és szerződések szabályozzák. A leépítést ők is utolsó eszköznek tartják, ám ez üzleti és nem személyes megfontolás, hiszen a munkaerőt a vállalat fő értékének tekintik.

Az interjúk során az is kiderült, hogy a „régiek” is egyre kevésbé törekszenek a nagyvállalati méret fenntartására, és náluk is megfigyelhető a családi vállalkozási forma felértékelődése. Ennek a visszahúzódásnak egyik fontos oka a rendszerszintű bizalmatlanság. A szocializmusban a feljelentés kultúrája a totális hatalom eszköztárába tartozott, mely a közösség bomlasztását szolgálta – csakúgy, mint a direktívaszerű áttelepítések. Napjainkban a bizalmatlanság forrása a rendszer-váltás észlelt sikertelensége feletti keserűség, mely bűnbakot keres. Ennek egyik lépése a bizalom megvonása a nagyvállalkozóktól. A „régiek” teljesítményét már a kezdetektől társadalmi gyanakvás uralja, mely nem csupán az utca emberére jellemző, hanem az állami hivatalnokokra is – az interjúk szerint például az adóellenőrök minden haszon mögött csalást sejtnek. Ez ellen csak a személyes viszonyok és a kölcsönös szívességek rendszere nyújt némi menedéket, miközben az intézményes csatornák, például a kamarák és az érdekszövetségek kiürültek. Ebben a környezetben a családi viszonyok mára rendkívül felértékelődtek, és nagy a készletelés a vagyon feldarabolására és elrejtésére.

Az „újak” már eleve a családi vállalkozásból indulnak, és a családi tulajdonú vállalkozás számukra a bástya a külvilág ellen. A családon kívüli kapcsolataik intézményesek és távolsgártartóak, és ezt az elszemélytelenedést az európai uniós csatlakozás, és az ezzel együtt járó szabályozási változások is felerősítették.

A vállalkozások méretének csökkenése, a defenzív bezárkózás tetten érhető az interjúkból kiderülő politikai, ideológiai nézetek változásában is. A tíz évvel korábbi felméréshez képest láthatóvá vált az erőteljes jobbra tolódás, a magyarságtudat és a nemzeti függetlenség eszméjének felerősödése a korábbi

liberális értékek helyett a „régiek” körében is. Ehhez hozzájárul az is, hogy az Európai Uniónak immár az árnyoldalait is érzékelik – a túlbürokratizáltságot, a multik túlsúlyát és azt, hogy az állam ezek ellen nem képes védelmet nyújtani. A magyarságtudatra épülő állam képe azonban messze nem egységes, és változatos megfogalmazásokat takar a verseny tiszteletén alapuló semlegességtől a paternalista támogatások igényéig. Leginkább mégis a „békén hagyó állam” iránti igény nőtt, mely az állam depolitizálását és professzionális működését kívánja.

Az állam működéséből való kiábrándultság mellett érzékelhető egy erőteljes politika-ellenes hangulat is, mely abban is tükröződik, hogy a korábbiaknál jóval kevesebben számoltak be aktív közéleti szerepvállalásról polgármesterként vagy önkormányzatban. Az „újaknak” soha nem is voltak ilyen ambíciói, náluk a közéleti jellegű elkötelezettségek és foglalatosságok teljesen hiányoznak. Magyarságtudatukat elsősorban a virtussal felérő vállalkozási teljesítmény és az üzleti siker táplálja – a szerzők megfogalmazásában a magyar identitás „a templom hétvégén”, de a hétköznapi szinterei másutt vannak. A könyvben szereplő vállalkozók legfeljebb a hazai tudományos és művészeti élet védelmében és terjesztésében lépnek fel.

A szerzők értékelésében a leírt fejlemények a legkevésbé sem adnak okot a bizakodásra. Mind a régi, mind az új vállalkozók a magánszférába húzódtak vissza, és az ország dolgaiba tevőlegesen beleszólni kívánó nagypolgári attitűdnek a közép- és nagyvállalkozói körben nem igazán maradtak letéteményesei.

A könyv fontos hozzájárulást jelent annak a kérdésnek a megértéséhez, hogy milyen stratégiákkal alkalmazkodnak a magyar vállalkozások ahhoz a kettős kihíváshoz, melyet

az intenzív globális verseny és a gyenge minőségű magyar intézményrendszer jelent. A makrogazdasági mutatók jól mutatják a gazdaság lendületvesztését, ám ennek okairól távolról sincs szakmai konszenzus. A számok mögött lezajló folyamatok feltárása a legfontosabb szereplők megkérdezése révén komoly eredmény ebben a vitában. Bár a közgazdaságtudomány számos iskolája erőteljesen törekszik a „kemény”, szigorúan számszerűsíthető adatok használatára, a könyvből jól kiderül, hogy a „puha”, nehezen mérhető változóknak, mint például az életkorral változó motiváció vagy a bizalom, döntő szerepük van a vállalati magatartás alakulásában és ennek révén a kimenetekben is. Mint kiderült, Magyarországon más fejlődő országokhoz hasonlóan egy olyan folyamat játszódik le, melyben a szereplők egyik legfontosabb célja az ellenségesnek tekintett külvilág általi sebezhetőség csökkentése, és a „normalitás kis szigeteinek” megteremtése a vállalkozás révén. Az egyénileg racionális viselkedés azonban közösségi

szinten távolról sem tekinthető optimálisnak – a gazdaságban csökkenti a potenciális együttműködések számát, míg a politikában korlátozza a közös érdekképviseletet, melyek együttesen tartósítják az ország lemaradását.

A könyv a Magyarország számára kritikus kérdésekkel foglalkozik, és üzenete nem csupán a közgazdászokat érinti. Közérthető nyelve miatt jó szívvel ajánlható mindazoknak, akiket az egyéni túlélési stratégiákon túl a közösség ügyei is érdekelnek. Szintén igen fontos lenne, hogy mondandója minél több döntéshozóhoz is eljusson, akik képesek lennének hozzájárulni a „békén hagyó állam” igényének megvalósításához. Ennek révén talán egy tíz évvel későbbi felmérés a külvilág iránti nyitottság növekedéséről számolhatna be. *(Laki Mihály-Szalai Júlia: Tíz évvel később – magyar nagyvállalkozók európai környezetben, Közgazdasági Szemle Alapítvány, 2013)*

Györffy Dóra

habilitált egyetemi docens, PPKE BTK
Nemzetközi- és Politikatudományi Intézet

A nyelvészet kognitív módja

Az ismertetés rendhagyó módon két könyvet mutat be. Az elsődleges hangsúly Tolcsvai Nagy Gábor munkáján van. A recenzens azonban nem tudott ellenállni annak, hogy ezt összevesse a Kövecses Zoltán–Benczes Réka-féle könyvvel. Az utóbbi fél évszázad során számos tudományban elterjedt kognitív jelző egyik legsikeresebb változata a kognitív nyelvészet. A 20. század közepi mentalisztikus fordulatnak, melyet Noam Chomsky nevével szoktunk fémjelezni, sajátos alternatívájaként jelent meg elsősorban az 1980-as évektől Ronald Langacker és George Lakoff munkáival. Megtartja a generatív nyelvtan mentalizmusát, amelyet azonban egy rivális

nyelvészeti ízléssel és nyelvfilozófiával kapcsol össze. A kognitív nyelvészet, mint mindkét tankönyv hangsúlyozza, szakítani próbál a generatív nyelvtan logika-központúságával és determinisztikus világképével. A nyelvet nem mint reprezentációkat létrehozó rendszert, hanem mint tevékenységet elemzi. Ebből a szempontból mindkét könyv a humboldti örökség folytatásának tartja irányzatát. Képviselői szakítanak az analitikus filozófiai hagyomány elemző attitűdjével, mindenütt az egészlegességet állítják előtérbe. A nyelv bizonytalanságait, körvonalazatlanságát, homályos határait kiemelve, egy játékközpontú metateóriát is szeretne hangsúlyozni, e tekintetben az analitikus filozófiával szemben Ludwig Wittgenstein örökségére támaszkodik.

Mindez szemantikai központú elméletet jelent. Olyan elméletet, amelyben a strukturalista hagyománnyal és ennek generatív nyelvészeti folytatásával szemben, a forma helyett a tartalom, a jelentés van a hangsúly. A nyelv összetevői nem függetlenek. „*A szintaxis nem autonóm, a morfológia, a lexikon és a szintaxis kontinuumot alkot... A nyelvi tudás, az e tudással végrehajtott elméleti műveletek nem egymástól független és fölülről irányított modulokból állnak (például fonológiából, szintaxisból és szemantikából), hanem megismerés-módjukban analóg vagy hasonló, egymással kapcsolatban álló tartományokban elvégzett párhuzamos műveletekből*” (Tolcsvai Nagy, 356.). Ez az elképzelés, miközben a nyelvet tekintve mindent a szemantika köré csoportosít, a nyelvet a megismerés egészébe igyekszik beilleszteni. „*a nyelv vizsgálata, konkrétan a nyelvjelentés vizsgálata csupán egy (kis) része annak a komplex jelentéskalkulációs folyamatnak, amelynek mindannyian részesei vagyunk. Létrejöhet a jelentéskalkulációnak egy olyan »egységes tudománya«, amely ugyanazon kognitív eszközök segítségével képes majd számot adni a szemantikai anomáliákról és a papírkosárlabdáról is*” (Kövecses – Benczes, 221.).

A nyelvészetet tekintve gond, hogy mit is ért a fenti első idézet „analógián”. Hogyan valósul meg az alapvetően *Gestalt* jellegű analóg szerveződés a különböző szintek között? Valóban ugyanúgy szerveződnek a hangok, a szóalakok, a jelentések és a mondatok? Hoz-e valami radikálisan újat ez a felfogás a nyelv megértéséhez? A lexikális szemantikai leírásnak valóban számos újítását eredményezi. Mindkét könyv előtérbe állítja, hangsúlyozza a nyelvi kategorizáció folyamatát, s a kategóriákban a prototípus jellegű szerveződést.

Mindkét könyv jó nyelvi példákat ad a lexikai szemantikáról. Kövecses Zoltán és

Benczes Réka didaktikusan mutatja be a metafora és a metonímia különbségének következményeit, s számos metaforikus és metonímikus szerkezetet ismertet. Tolcsvai könyvének erőnye pedig a téri kifejezések igen részletes taglalása. Mindkét esetben tetten érhető azonban a kognitív nyelvészeti irányzat önmagába zártsága. Elvileg hivatkoznak a megismerés pszichológiai kutatására. Általánosítva használják a figura-háttér, rész-egész viszonyát, az alaklélektanból átvett fogalmakat. Ugyanakkor nem törekszenek arra, hogy kapcsolatot teremtsenek a mai pszichológia olyan kutatásaival, amelyek ezeket az ihletéseket például a téri nyelv értelmezésében részletesen vizsgálják. Nem minden tanulság nélküli, hogy egyik könyvben sem kap helyet a generatív nyelvtenből induló, de a nyelv és megismerés kapcsolatával foglalkozva a nyelvi rendszer szerkesztettségét megtartó Jackendoff-féle elmélet, amelynek központi eleme éppenséggel a téri nyelv (Jackendoff, 1997).

Képi és sematikus az a szemantika, amelyet a kognitív nyelvészet képvisel, ugyanakkor logikaellenességében nem kezeli a nyelv és megismerés kapcsolatára létrejött nem képi felfogásokat. A reprezentáció propozicionális felfogása a nyelvet úgy kezeli, mint amely kijelentéseket közvetít, s a kijelentések közötti viszonyból következtetési folyamatok vezethetők le. Tolcsvai ezt mint valami meghaladott avítságot a nélkül veti el, hogy ennek mai pszichológiai következményeit kezelje. Ezzel párhuzamosan a logikát a retorika váltja fel mindkét könyvben.

Egészében is nehéz megtalálni a kognitív nyelvészetben, hogy az analógiákon és egy-két klasszikus utaláson túl, hol is a pszichológia helye. Mindkét könyv nagyon részletesen mutatja be azokat az univerzális metaforákat, amelyek például az élet és út, a szerelem és

kibontakozás viszonyait taglalják. Példáik sok mai gondolati mintát új módon értelmeznek. Mindkét könyv szerzői számára világos, hogy nem a nyelv használói számára áttekinthető tudatos folyamatokról van szó, amikor például a *lent*-et rosszként, a *fent*-et jóként kezeljük. Furcsa bezárkózás ebben a közegeben nem utalni Freudra, és arra az egész hagyományra, amely a pszichoanalitikus szimbolizáció keretében kezeli a metaforikus folyamatokat.

A kognitív nyelvészet kulcsproblémája a nyelvtani szerkesztés és a mondat elemzésének soványsága. A mondattan a sémákból bontakozna ki. Mondattani szerkesztésről szólva főképp arra törekszenek, hogy a prototipikus szemantikai sémákban értelmezzék az alany és a tárgy kategóriájának eredetét. Valamilyen viszonylag nagytetű élőlény, preferáltan ember, csinál valamit egy viszonylag kicsiny fizikai tárggyal, amely a tárgy egészére kihat, például *dobja* azt. Ezt a gondolatmenetet azonban nemigen próbálják meg összekapcsolni a szintakszis szempontjából olyan fontos többi vonzat problémájával. Az egész kép, amit mindkét kiválóan érvelő és a modern kognitív nyelvészet csúcán levő tankönyv bemutat, nem tud mit kezdeni a klasszikus nyelvészetben *endocentrikusnak* nevezett konstrukciókkal, a szintagma fogalmával. Azzal, hogy *az okos fiú* szerkezet valahogyan megfeleltethető *a fiúnak*, az meg *Ferinek* stb. Vagyis, hogy mit kell azon érteni, amit a klasszikus formális nyelvészet főnévi csoportnak nevez. Az olvasónak az az érzése, hogy a szóból indulva a szavakból sosem lesz mondat, csak újabb szemantikai építmények.

A struktúrák, mint azt Tolcsvai világosan megfogalmazza, valójában asszociatív tanulás révén előálló esetlegességek. „*A nyelvi egység begyakorlottsága és konvencionáltsága fokozat kérdése. Az összetettebb nyelvi egységek bizonyos*

formái (az ige jelentésszerkezetének kidolgozásai) hozzávéve azokat a szemantikai szerkezeteket, amelyek sematizálódása, sémává válása eredményezik a szintaktikai szerkezetet, azaz olyan nyelvi egységet, amelynek jelentésszerkezete a nyelvi tudásban sematikus, kidolgozatlan, de lényegében szemantikai tulajdonságú” (Tolcsvai Nagy, 358.). Hiányzik azonban ennek a tapasztalati alapú statisztikai sematizációnak az összekapcsolása a mai pszichológiai elméletekben megjelenő radikális konnekcionista felfogással, mely a párhuzamos felfogást alapozta meg, miközben, különösen Tolcsvai, állandóan párhuzamos feldolgozásról, párhuzamos folyamatokról beszél.

Mindkét munka tankönyv, s mint ilyenek, jól ellátják feladatukat. Tolcsvai munkája sokkal részletesebb a nyelvtani példákat illetően, Kövecses és Benczes könyve viszont tájékozottabb a kognitív pszichológiai gondolatmenetekben. Az a típusú kognitív nyelvészet, amelyet sikeres irányzatként mutatnak be, a 20. sz. közepi nyelvfilozófiák közül a hétköznapi nyelvfilozófia újraértelmezése és szisztematizálása. Háttérbe szorítja az elméleti szabály alapú modelleket, s a köznapis beszélő gyakorlatait próbálja meg új módon rendszerezni, a mindennapi élet nyelvfilozófiájának egy sajátos kiterjesztésévé válik. Miközben a kategorizációt fölényesen kezeli, megfelel a modern nyelvészet kulcsfogalmairól, a szerkesztettségéről, a szerkezetfűgésről és a struktúra központi szerepéről. Az ő elkötelezettségük persze azt mondja, hogy forma mint olyan, nincs is. (Tolcsvai Nagy Gábor: *Bevezetés a kognitív nyelvészetbe. Budapest: Osiris, 2013, 392 p.*; Kövecses Zoltán – Benczes Réka: *Kognitív nyelvészet. Budapest: Akadémiai Kiadó, 2010, 250 p.*)

Pléh Csaba
az MTA rendes tagja

Túl a komparatistikán

A tanulmánykötet bevezetésének megfogalmazása szerint egy módszertani váltást próbál meg illusztrálni. A magyar filozófia múltjával foglalkozó kutatók mindeddig, úgymond, klasszikus komparatistikával közeledtek saját tárgyukhoz. Itt az ideje, javasolja Mészáros András, hogy a tudományok művelői igyekezzenek kihasználni a posztkritikai irányzatokban kínálkozó módszertani lehetőségeket. *Vulgo*: a történetírás régi, a pozitivizmustól örökölt megoldásai helyett itt is tessék elővenni a „posztmodern” meg a „poszt-posztmodern” módszertani arzenál kínálatát.

A szakterület kiemelkedő művelőjének alaposan megfontolandó gondolata.

Mészáros András valóban a szakterület kiemelkedő művelője. A pozsonyi professzor évtizedek óta elkötelezettje a magyar filozófiatörténet feltárásának. Kutatásai középpontjában – noha készített szisztematikus szerelem-filozófiai nagyszét, és irodalmi tanulmányköteteket is – a magyar/magyarországi bölcselet 19. századi története áll. Közlebbi érdeklődési területe regionálisan a felső-magyarországi, religionálisan az evangélikus, tematikusan pedig az iskolai filozófia. Említett búvárlatai eredményeként tett közzé portré-monográfiát (*Vandrák András filozófiai rendszere*, 1980), jelentkezett esszékötetet (*A marginalitás szelíd bája*, 1994), készített átfogó kézikönyvet (*A filozófia Magyarországon a 19. század végéig*, 2000), állított össze lexikont (*A felső-magyarországi iskolai filozófia lexikona*, 2003). Két fő művének, a kézikönyvnek és a lexikonnak szlovák nyelvű változatát is publikálta (*Školská filozofia v bývalom Hornom Uhorsku*, 2008; *Dejiny maďarskej filozofie*, 2013). Amit ez ügyekben tudni lehet, Mészáros tudja; amit az érdeklődő tud, tőle tudhatja.

A módszertani váltás sürgetése pedig tényleg megfontolandó gondolat. A magyar filozófia múltjának feltárására irányuló kutatások, tudalévően, az utóbbi néhány évtizedben élénkültek meg. Noha a tudományok művelése régi hagyományra tekinthet vissza – a magyar filozófiatörténet első összefoglalói a reformkori Akadémia pályadíj-kiírásai nyomán születtek –, a diszciplína a nagy történeti társtudományokhoz képest szomorúan elmaradottnak mondható. A helyzet, nyilvánvalóan, átfogóbban – a távolabbi múlt örökségeként – a filozófiának a magyar kultúra egészén belül játszott csekély szerepével, szűkebben – a közlebbi múlt következményeként – a hazai bölcselet múltjának kutatását illető ideológiai tiltásokkal függ össze. A megindult kutatások ugyan az elmúlt két-három évtizedben számottevő eredményeket értek el – konferenciakötetektől kézikönyvekig és tanulmánykötetektől monográfiákig sok minden született –, az itt készülő munkák azonban gyakran nem reflektáltak eléggé saját módszertani alapjaikra. Mintha a magyar filozófiatörténet művelői hajlottak volna az egyszerűbb megoldásokra: mondván, a mi munkánkat önmagában saját tárgya legitimálja – hogy tudniillik ismeretlen filozófiákat és filozófusokat teszünk vele ismertté –, az új metodológiai ötletek után pedig szaladgálnak csak az egyébként is ismert alakok történeteit újramesélő irodalomtörténészek.

A *Széttartó párhuzamok* szerkezetileg egy hosszú bevezető nagyszét és nyolc, inkább karcsúnak mondható esettanulmányt foglal magába. A bevezető nagyszét nem csupán az esettanulmányok módszertani alapjait világítja meg: nem csak azt meséli el tehát, milyen metodológiai eljárásokat követve születtek ezek a már elkészült dolgozatok. Nem, a bevezető átfogóbban, a szakterület jövőbeli

kutatásaira nézve is módszertani javaslatcsoportokat állít össze. Ismertetésünkben ezért külön kitérünk a bevezetőre, és csak röviden számolunk be az egyes esettanulmányokról.

A rendkívül szubtilis, sűrű szövésű bevezető – a magyar filozófiatörténet ügyében évek óta a legelgondolkodtatóbb szöveg – azt fejtegeti, hogy amit így-úgy már eddig is tudtunk a magunk tárgyáról, azt az új megközelítések segítségével képesek leszünk jobban megérteni. A régi, 1918 előtti Magyarország filozófiájának sokféleképp tagolt; nyelvi, nemzetiségi, vallási és intézményes megosztottságokat magában foglaló világát eddig is bonyolult erőternek láttuk. Az erőteret a maga irányzataival és szakaszaival, a hagyományos filológiától örökölt komparatistika fogalmai szervezték: a kauzális kapcsolatokat szem előtt tartó befogadással, recepció és kreativitás éles szembeállításával, kanonikus és a kánonon kívüli szövegek határozott megkülönböztetésével, pretextus és poszttextus világos dichotómiájával. De vajon nem járnánk-e jobban, ha megpróbálnánk játékba hozni az irodalom- és kultúratudomány néhány újabb eredményét – a posztkolonialista elméletektől az új-historizmuson keresztül az intertextualitás elméletéig? Csak néhány kérdést föloldozva a szerző lucidus javaslatai közül. Vajon az idegen filozófiák magyarországi befogadásának folyamatában nem játszanak-e fontos szerepet az interkulturális eltérések, diametrálisan ellentétes pozíciókat eredményezve, mondjuk, a magyar és a szlovák Hegel-recepcióban – hogy tudniillik a magyar „nemzeti filozófia” határozottan antihegelianus, ellenben a szlovák egyértelműen hegelianus lesz? Amikor Kant filozófiájának monarchiabeli betiltása ellenére az evangélikus gimnáziumokban csöndben továbbterjednek a kanti gondolatok, nos, ez a folyamat nem értelmezhető a

szubverzióknak az új-historizmusban bevezetett fogalma segítségével? A filozófia kanonikus művei, illetve a populáris irodalomba meg a zsurnalizmusba leszívargó megnyilvánulásai nem képeznek-e egymástól elválaszthatatlan tereket, nem kell-e hát a jelenleginél nagyobb figyelemben részesíteni a hazai gondolkodás kvázi-filozófiai szövegeit is? Nem kapjuk-e meg a hazai filozófiai recepció összetettebb képét, ha az értelmezése során a bölcseleti szövegek egymásutánisága helyett a szövegek köziség fogalmát próbáljuk meg alkalmazni?

A nyolc esettanulmány közül az első négy a magyar hagyományon belül marad, a második négy közép-európai kontextusba helyezi értelmezett szövegeit. A két XVIII–XIX. századi paptanár, Bielek László és Endrődy János munkásságát összevető esszé a piarista felvilágosodás szakirodalmi közhelyének tételét dekonstruálja: érvelése szerint, bár Bielek elutasítóbb és ideologikusabb, Endrődy pedig talán megértőbb és filozofikusabb a felvilágosodással szemben, alapvetően mindketten a skolasztikus tanok követőjének mutatkoznak. A századforduló két nyitrai neotomistája, Franciscy Lajos és Mihálovics Ede ketősportréja irányzatuk harmadrangú képviselőinek ítéli őket: a korabeli filozófia és tudományosság eredményeit elutasító, a skolasztikus realizmus vélt biztonságába zárkozó szereplőként ábrázolva őket. A Szelényi Ödön apriori-fogalmának és Böhm Károly virtuális vallásfilozófiájának szentelt tanulmány az evangélikus hagyomány és a filozófiatörténeti kánon kapcsolatát tematizálja: a századforduló szolid tudóstánárának és a hazai kánon meghatározó alakjának vallásbölcseleti gondolatait összevetve a böhmi axiológia vallásfilozófiai irrelevanciája mellett érvel, és vitatja Böhm „evangélikus gondolkodó” minősítését. A Madáchok családi házitanítójáról, Borsody

Miklósról készített arckép a Madách-filológia túlértékelő beállítását bírálja: Borsodyt a korabeli gimnáziumi filozófiatanárok egyikének minősíti, akinek a gimnáziumi évkönyvben megjelent egyetlen bölceleti dolgozata nem emelkedik ki a hasonló tanulmányok átlagából, és aki nemigen lehet a *Tragédia* Kierkegaard-reminiscenciáinak forrása.

A XIX. századi szlovák evangélikus lelkész-filozófus, Pavel Hečko magyar nyelven megjelent írásának visszhangtalanságára magyarázatot kereső mikrofilológiai tanulmány a reformkorban kiformalódó két „nemzeti filozófia” egymástól eltérő intézményes háttérének elemzéséhez jut el: beállítása szerint az önálló filozófiai intézményekkel rendelkező, a vallástól emancipálódó magyar, és a saját intézmények híján működő, vallásos-messianisztikus szlovák bölcelet, úgymond, szükségképpen elbeszél egymás mellett. Szontagh Gusztávnak a cseh Augustin Smetana német nyelvű könyvéről írott recenzióját értékelő dolgozat a formálódó magyar és cseh „nemzeti filozófiák” hasonló inkongruenciájáról számol be: a magyar „nemzeti filozófia” antispekulativitását hangsúlyozó Szontagh szükségképpen formál lesújtó véleményt a kortársi idealista rendszerfilozófiákra támaszkodó Smetanáról. A késmárki filozófiatanár, Johann Samuel Steiner munkásságát a magyarországi friesiánus hagyományon belül elhelyező írás a Steinert szimpla Fries-epigonként minősítő beállításokkal vitatkozik: a mesterüket követve kiterjedt nemzetközi tudományos hálózatba szerveződő friesiánusok munkáit intertextuális összefüggésekbe állítva a magyarországi tanítványokat éppenséggel határozottan eredeti szerzőknek ítéli. A három XIX. századi magyar filozófiatankönyv plágiumesetének utánnyomozó tanulmány a befogadás lehetséges módozatainak aprólékos

számbavételével bizonytalanítja el a könnyelmű ítélkezést: a magyar Pauer Imre, az osztrák Robert Zimmermann és a német Heinrich Ahrens tankönyve körül kibombant botrányok ismét csak intertextuális elemzésével a magyar filozófiatörténet mint recepciótörténet árnyaltabb képét rajzolva meg.

Mészáros a maga tudóspályájának összességű szakaszát éli, ehhez képest most, legfrissebb könyvében, íme, újra akár pályakezdő kutatónak is életfeladatot nyújtó programot terjeszt elő önmaga számára. A bevezetésben elárulja: a módszertani újraelapozás szükséglete szlovák kollégáival folytatott szakmai beszélgetései nyomán fogalmazódott meg benne. Hogy ami „*nekünk*”, „*a mi számunkra*” evidens, korántsem evidens viszont „*nekik*”, az „*ő számukra*”. A filozófiatörténet nyelve közös nyelv lenne, a kulturális választóvonalak mégis akadályozzák a teljes megértést. Ahogy Mészáros egy cseh szótást idéz: „*nestejnorodost stejnorodého*” – a homogenitásban is heterogenitás rejtőzik. Ez, a „homogenitás heterogenitása” az, aminek a föltárásához és megértéséhez a klasszikus komparatistikán túli eljárások alkalmazására van szükség. A kötet hátsó borítóján a lektorok egyike, Mester Béla úgy vélekedik, hogy az itt körvonalazódó szemléleti fordulat nem csupán a jeles szerző munkásságában, hanem az egész kutatási terület művelésében új távlatokat nyithat meg. Abban a tágabb értelemben is, tehetjük hozzá mi, hogy Mészáros kötete nyomán a magyar filozófiatörténet valamennyi korszakának és problémájának művelője köteles lesz végiggondolni a maga módszertani előfeltevéseit. (*Mészáros András: Széttartó párhuzamok: Esettanulmányok a magyar filozófia történetéből. Pozsony–Dunaszerdahely: Kalligram, 2014*)

Percz László
filozófiatörténész

Kisebbségi magyar nyelvtanítás

1990 óta egyre nagyobb helyet foglalnak el a magyar közbeszédben a kisebbségi magyarok sorskérdései. Sok szó, időnként túl sok és üres szó esik a demográfiai változásokról, az asszimilációról, a nemzettudat kíváncsúnak vélt vagy hirdetett milyenségéről, állampolgárságról, tömbben vagy szórványban élő magyarokról, s nyelvünkéről, melyben nemzetünk él. Szóba hozzák az iskolákat is, köztük a magyar tannyelvű iskolákat, ahol a kisebbségi magyar tanulóknak jó 70%-a tanul, s a szlovák, szerb, román, ukrán s egyéb tannyelvű iskolákat, ahová a fennmaradó 30% jár. Amiről sosem szól a közbeszéd, az a magyarok iskoláinak színvonala. Az ártatlan szemlélő úgy hiheti, hogy csak nyelvi jogsértésektől szenvednek a magyar iskolák s tanulóik, például akkor, amikor a nemzetállami oktatáspolitikája jelentősen diszkriminálja a kisebbségi (magyar) tanulókat. Sajnos a helyzet ennél is rosszabb, ugyanis a magyarok – mint ha nem lenne elég nekik a nemzetállami diszkrimináció – maguknak is sok kárt okoznak. 2014. január 25-én a Kolozsvári Akadémiai Bizottság akkori elnöke, Péntek János nyílt levélben részletekbe menő kritikát közölt a romániai magyar közoktatásról (URL1). Péntek kritikája az oktatás egészéről szól: minden tantárgy oktatásáról, a tankönyvekről, a tanárok képzéséről és továbbképzéséről. Itt most csupán egyetlen tantárgyról szól ismertetésem, a magyar nyelvtanról, ahogy azt a Magyarországról nézve határon túli országokban ma tanítják.

2013 októberében a nyitrai egyetem Magyar Nyelv- és Irodalomtudományi Intézete konferenciát rendezett a kisebbségi magyar nyelvtanítás kihívásairól. Ez a *megrendítő* de *hasznos* kötet erről a konferenciáról tudósít.

A tanácskozást szervező s a kötetet szerkesztő nyelvészek szerint kisebbségi helyzetben az anyanyelvoktatás egyik lehetséges célja a kétnyelvű és a magyar egynyelvű környezetben történő sikeres kommunikációra való felkészítés. A könyvből megtudhatjuk, hogy a kisebbségi magyar nyelvtankönyvek mennyiben alkalmazkodnak az új társadalmi elvárásokhoz, milyen mértékben veszik figyelembe a magyar tanulók kisebbségi helyzetét és anyanyelvhasználatát.

A nem nyelvész olvasó témánkra hangolására idézek egy kárpátaljai magyar nyelvész főiskolai tanárt, Beregszászi Anikót, aki szerint a magyar anyanyelvi nevelés megújításának egyik feltétele, hogy „az oktatás irányítói olyan tantervekkel, tankönyvekkel és oktatási segédletekkel, módszertani útmutatókkal lássák el a kárpátaljai magyar iskolákat, melyek nem a nyelvi alapú diszkriminációt éltetik tovább, nem nyelvművelői babonákat terjesztenek, hanem ismereteket és hasznosítható tudást közvetítenek.”

Van kisebbségi magyar közösség, ahol ez történik, épp Kárpátalján, Beregszászi Anikónak s munkatársainak köszönhetően, de Romániában, Szerbiában, Szlovákiában s másutt a magyar anyanyelvoktatás nagyrészt a nyelvi alapú társadalmi diszkriminációt élteti tovább. Vančo Ildikó többek közt arról tudósít, hogy a szlovákiai magyar nyelvtanoktatás ma is abból a feltevésből indul ki, hogy egyetlen normát kell elsajátíttatni, de azt sem lehet tudni, hogy ez mikori nyelvi norma, „a nyelvtankönyvek 30–40, néha akár 50 évvel ezelőtti normát kérnek számon” (15.). A romániai helyzetet elemezve Pletl Rita többek közt a nemzetállami diszkrimináció egyik „szalonképes”, de nagyon eredményes módszeréről ír: „A román tanügyi törvény túlszabályozza a kisebbségi oktatást (hogy szűkítse

lehetőségeit),” így többek között előírja, „hogy a regionális (kisebbségi) anyanyelvek és a román anyanyelvi órák számának azonosnak kell lenniük” (21.). Ugyanez a helyzet Szlovákiában is (83.), ami azért aggályos, mert a jó kétnyelvű oktatásnak az a célja, hogy lehetőleg kiegyensúlyozott kétnyelvűséget eredményezzen, úgy, hogy az iskolai nyelvhasználat és az iskolán kívüli balanszírozza egymást. Például a 80%-ban magyar lakosságú Dunaszerdahelyen a magyar iskolások szlovák tannyelvű oktatására kellene a nagyobb figyelmet fordítani, de a 9%-ban magyar lakosságú Losoncon a magyar tannyelvűre. Vančóné többek közt kitér még arra is, hogy miként stigmatizálják a szlovákiai tanügyi előírások a magyar diákok anyanyelvhasználatát, amikor például elvárják, hogy „A diák tudja *helyesen* képezni az igealakokat feltételes mód egyes szám 1. személyben” (85.). Aki ezt várja el, például hogy a magánhangzó-illeszkedés törvényét megsértve *én aludnék többet is-t* mondjon valaki az *én aludnék* helyett, az a „helyes magyarság” kívánalmát érvényesíti, s ezzel a magyar anyanyelvűek, köztük az iskolások túlnyomó többségét megbélyegzi, stigmatizálja. Ez a szemlélet nyelvtudományi és pedagógiai szempontból külföldön több mint fél évszázada, de Magyarországon is bő három évtizede tarthatatlan már.

Kugler Nóra több olyan nyelvtankönyvet bírál, melyekből szlovákiai magyar gimnazisták és szakközépiskolások kénytelenek tanulni.¹ Arra fordítja figyelmét, hogy miként jelenik meg „a beszélő ember és a nyelv viszonya a tankönyvek által közvetített tudásban és tevékenységben” (118.). E tankönyvek nemrit-

kán elidegenítik a diákokat saját anyanyelvválatozatuktól, például amikor a művelt köznyelvben helytelen, de a magyarok beszédében gyakori suksükölésről (*Mindenki láthassa, hogy most nem lesz árvíz.*) azt tudatják, hogy „ez felszólító módú alak”, s nem azt, hogy itt a kijelentő módban is érvényesül a más helyzetekben is szokásos hangmintázat, hisz például az *ad* ige kijelentő és felszólító alakja is azonos, mégsem gondolja senki, hogy a beszélő nem tudja megkülönböztetni a kijelentő alakot a felszólítótól (124.). Ugyanezeket a tankönyveket elemzi Kozmács István is, főleg abból a szempontból, hogy mennyiben felelnek meg a kisebbségi magyar tanulók szükségleteinek. Az eredmény lehangoló: a tankönyvek szerzői egyáltalán nem használják ki, hogy a diákok nem magyarországi s nem magyar köznyelvi beszélők, s azt sem, hogy egy másik nyelv ismeretével is rendelkeznek (151.).

A konferencia szervezőit s egyben a kötet szerkesztőit dicséri, hogy a legtöbbet bíralt tankönyvek egyik szerzőjét, Uzonyi Kiss Juditot is megszólaltatták. Tőle is tudhatjuk, hogy „A Szlovákiában megjelent *Magyar nyelv* tankönyveket a szlovákiai kerettantervnek megfelelően Csicsay Károly dolgozta át a magyarországi Apáczai Kiadó által megjelentetett tankönyvek alapján” (155.). Ebből a cikkből legyen elég egyetlen elrettentő gondolatot idéznem: „Lehet arról vitatkozni [...] el kell-e fogadnunk a nyelv változását vagy sem [...] Az átláthatatlan mondat szerkezetek nem alkalmasak egyértelmű közlésre, ezért kommunikációs zavarokhoz vezethetnek. A nyelvész feladata ezért az lenne, hogy mentse, ami még menthető, és ne a ragok további sorvasztását segítse elő” (162–163.). Nem nyelvészek kedvéért: lehet arról vitatkozni, el kell-e fogadnunk, hogy a Duna Szentendréről folyik Pest felé (s nem fordítva).

Végül idézem még Tolcsvai Nagy Gábor néhány gondolatát, ugyanezekről a tankönyvekről. Róla érdemes megjegyeznünk, hogy jó hatvan éve ő az első olyan nyelvész akadémikusunk, akinek nem derogált középiskolai nyelvtankönyveket is írni. Tolcsvai is megvizsgálta, hogy mennyire alkalmazzák a Csicsay–Uzonyi Kiss-féle tankönyvek a tudományos eredményeket, s mennyiben alkalmasak a kisebbségi magyar iskolások anyanyelvoktatására. Az eredmény elkeserítő: a magyarul beszélők földrajzi elhelyezkedése, nyelvpolitikai és kulturális helyzete nem része a tankönyvi anyagnak, így aztán tisztázatlan marad a nemzeti nyelv, az anyanyelv, a regionális nyelv, és a nem őshonos nyelv közötti viszony, nem beszélve az egynyelvű és a kétnyelvű beszélőkről és régiókról (107.). Bemutatja a szerző a tankönyvírók felelőtlen és abszurd műszóhasználatait, s egy helyen „a szerzőpáros nyelvtani ámokfutásáról” tesz említést (III.). Konklúziója sem enyhébb: „Ezeknek a tankönyveknek a minősége tragikus, felháborítóan elfogadhatatlan, esetenként abszurd. [...] nem segítik, hanem akadályozzák a személyi-

ség-, közösség- és kultúráképzést a szlovákiai magyar tanulók és tanáraik, szüleik körében” (113.).

Mindehhez a recenziens még két elgondolkodtató dolgot fűz hozzá: 1) a Szlovákiában adaptált, eredetileg magyarországi tankönyvek Magyarországon a tankönyvvé nyilvánítás során a tartalom szakmai hitelességére és pontosságára 100%-ot kaptak (165.), és 2) ezekből a tankönyvekből ma Szlovákiában több mint ötezer magyar diák kénytelen tanulni. (*Vančo Ildikó – Kozmács István szerkesztők: A kisebbségi magyar nyelvtanítás kihívásai a 21. század elején. Nitra–Nyitra: Nyitrai Konstantin Filozófus Egyetem Közép-európai Tanulmányok Kara–Arany A. László Polgári Társulás, 2014*)

Kontra Miklós

egyetemi tanár, Károli Gáspár Református Egyetem

HIVATKOZÁSOK

Csicsay Károly – Uzonyi Kiss Judit: *Magyar nyelv. Tankönyv a gimnáziumok és szakközépiskolák II. osztálya számára*. Bratislava: Terra, 2012

URL: www.kronika.ro/szempont/magyarul-de-hogyan-es-hol



¹ Például Csicsay Károly és Uzonyi Kiss Judit: *Magyar nyelv. Tankönyv a gimnáziumok és szakközépiskolák II. osztálya számára* (2012).

CONTENTS

Potential Effects of Weather Extremes on Ecosystems, Economy and Society

Guest Editors: János Géczi and András Gelencsér

Introduction.....	514
András Gelencsér: Anthropogenic Effects on Global Climate	515
Andrea Elekes – Péter Halmi: Climate Change and Economic Growth. Low Emission vs. Economic Growth—Irreconcilable Contradiction?	522
János Géczi – István Kamarás: Habitual Answers on Climate Change	532
László Kocsis – Mrs Horváth Éva Baracsi – Mrs Kocsis Gitta Molnár – János Kovács – Eszter Cseh: Changing Climate— Changing Usage of Varieties in Horticulture	539
András Liker: Interactive Ecological Effects of Climate Change and Urbanization	546
Szabolcs Tamás Nagy – László Pál – Miklós Bercsényi – Valéria Farkas – Ferenc Husveth: Effect of Climate Change on Farm Animals	553
Judit Padisák – Csilla Stenger-Kovács – Diána Lázár – Katalin Eszter Hubai – Yvonne Némcová – Donát Magyar – Máté Vass – Attila János Trájer – Balázs Tanczos – Tamás Hammer – Edina Lengyel: Predictive Value of Small Aquatic Ecosystems in Revealing Impacts of Climate Change and Their Role in Biodiversity Conservation	559
Ottó Veisz – Balázs Varga: Role of Agricultural Crops in Water-efficient Farming	568

In Memory of Leó Szilárd

György Klein: My Personal Recollections of Leo Szilard	578
Csaba Sükösd: We Are Coming, H. G. Wells! Leo Szilard and Atomic Energy	583

Study

Tibor Dessewffy – László Láng: University 2.0 Higher Education in the Information Age ...	597
I. Csongor Vágási – Orsolya Vincze – Péter László Pap – Zoltán Barta: Ageing and Oxidative Stress in Birds	608
Edit Fabó – André Folloni: Responsibility and Validity of Sciences in the Future	616

<i>Outlook (Júlia Gimes)</i>	625
------------------------------------	-----

<i>Book Review (Júlia Sipos)</i>	628
--	-----

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. Lapunk nem szakfolyóirat, ezért a szerzőktől közérthető, egy-egy tudományterület szaknyelvét mellőző cikkeket várunk.

2. A terjedelem ne haladja meg a 30 000 leütést (szóközökkel együtt), ha a tanulmány ábrákat, táblázatokat is tartalmaz, kérjük, arányosan csökkentse a szöveg mennyiségét. Beszámolók, recenzíók terjedelme ne haladja meg a 7–8000 leütést. A kéziratot.doc vagy .rtf formátumban, e-mailen vagy CD-n kérjük a szerkesztőségbe beküldeni.

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

4. Kérünk a cikkhez 4–6 magyar kulcsszót és az írás angol címét, valamint a szerző nevét, tudományos fokozatát, munkahelye pontos nevét, s ha közölni kívánja, e-mail címét. Külön kérjük azt a levelezési és e-mail címet, telefonszámot, ahol a szerkesztők a szerzőt általában elérhetik.

5. Kérjük, hogy a cikkben mindig jelöljék az idézetek forrásait.

6. Idegen nyelvű idézetek esetében kérjük azok lábjegyzetben vagy zárójelben való fordítását is.

7. Kérjük, az irodalomjegyzékben adják meg az idézett cikkek DOI (Digital Object Identifier) kódját, s ha a cikkhez, könyvhöz ismernek szabad, ingyenes elérést, akkor azt is.

8. A szövegben emlegetett, hivatkozott személyek vagy intézmények teljes nevét kérjük kiírni azok első előfordulásakor.

9. Kérjük, az idegen nyelvű ábrák szövegét fordítsák le, vagy mellékeljenek egy szöveget.

10. Ha a szerző nem saját illusztrációit használja, akkor fel kell tüntetni azok forrását. A szerző dolga, hogy kiderítse a copyright tulajdonosát, és amennyiben nem szabad felhasználású, engedélyt szerezzen a közléshez.

11. Szövegek közli kiemelésként *dólt*, vagy *félkövér* formázást alkalmazunk; ritkítást, VERZÁLT,

KISKAPITÁLIST és *aláhúzást* nem. A jegyzeteket lábjegyzetként kérjük megadni.

12. Az ábrák érkezhetnek papíron, lemezen vagy e-mail útján, bármilyen vektoros vagy pixeles formátumban; utóbbi esetben jól olvasható, finom felbontásban és min. 10×10 cm-s tényleges méretben. Kérjük, hogy ne a Word-dokumentumba ágyazzottan, hanem külön küldjék őket. Készítésüknél vegyék figyelembe, hogy lapunk **nem** színes, és a tükörméret 125 mm. A szövegben tüntessék fel az ábrák kívánatos helyét.

13. A hivatkozásokat mindig a közlemény végén közöljük, a lábjegyzetekben legfeljebb utalások lehetnek az irodalomjegyzékre. Irodalmi hivatkozások a szövegben: (szerző, megjelenés éve) pl. (Balogh, 1957). 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. Kérjük: csak olyan és annyi hivatkozást írjanak, amilyen és amennyi elősegíti a megértést. Számuk ne haladja meg a 10–15-öt.

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

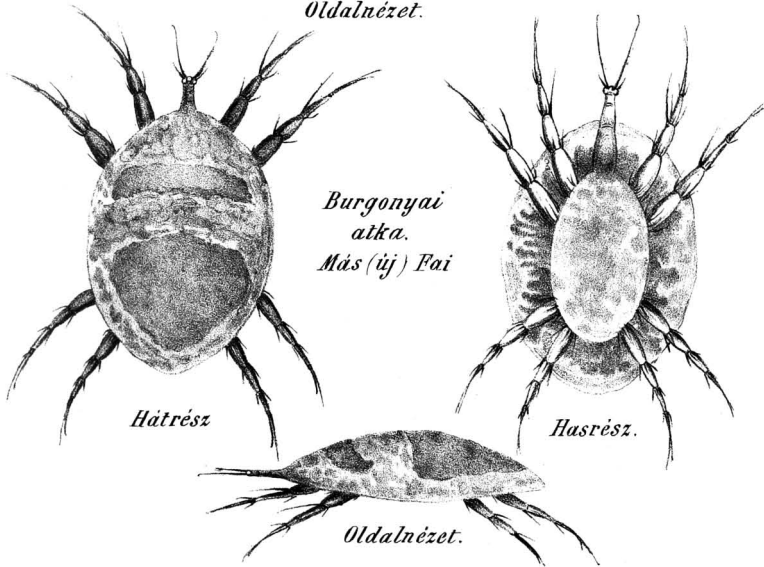
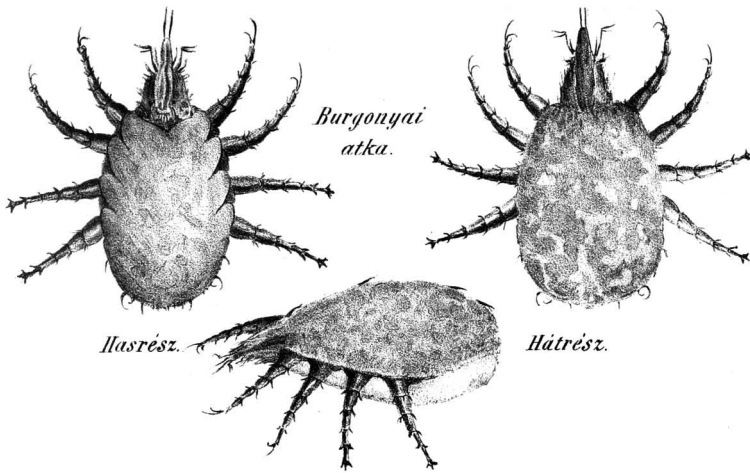
• Folyóiratcikkek: Feuer, Michael J. – Towne, L. – Shavel, R. J. et al. (2002): Scientific Culture. *The Educational Researcher*. 31, 8, 4–14.

• Könyvek: Rokkan, Stein – Urwin, D. W. – Smith, J. (eds.) (1982): *The Politics Identity*. Sage, London

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

15. Ha internetes írásra hivatkozik a szerző, ennek formája a szövegben (URL₁), (URL₂) stb., az irodalomjegyzékben URL: Magyar Nemzeti Bibliográfia <http://mn.b.oszk.hu/>

16. A Magyar Tudomány kefelevonatokat nem küld, de elfogadás előtt minden szerzőnek elküldi egyeztetésre közleménye szerkesztett példányát.



Természet után rajzolta Dr. Frommhold Károly.

A lap ára 920 Forint