

MAGYAR TUDOMÁNY

- Víz tudományi kutatási program
Vendégszerkesztő: Bozó László
- Tudományos munka a magyarországi kórházakban
- Választ adhat-e a természettudomány a lakható világok rejtélyére?



MAGYAR TUDOMÁNY

HUNGARIAN SCIENCE

A Magyar Tudományos Akadémia folyóirata

A folyóirat a magyar tudomány minden területéről közöl tanulmányokat, egyes témákat kiemelten kezelve. A folyóirat célja összképet adni a tudományos élet eredményeiről, eseményeiről, a kutatás fő irányairól és a közérdeklődésre számot tartó témákról közérthető formában. Alapítási éve 1840.

Szerkesztőség

Magyar Tudomány
Magyar Tudományos Akadémia
Telefon/fax: (06 1) 3179 524
1051 Budapest, Nádor utca 7.
E-mail: matud@akademiai.hu

Megrendeléseiket az alábbi elérhetőségeinken várjuk:
Akadémiai Kiadó, 1519 Budapest, Pf. 245
Telefon: (06 1) 464 8222, fax: (06 1) 464 8221
E-mail: journals@akademiai.hu
Előfizetési díj egy évre: 11 040 Ft.

Hirdetések felvétele: hirdetes@akademiai.hu
© Akadémiai Kiadó, Budapest, 2017
Printed in EU
MaTud 178 (2017) 10

MAGYAR TUDOMÁNY

HUNGARIAN SCIENCE

A Magyar Tudományos Akadémia folyóirata

Főszerkesztő

FALUS ANDRÁS

Szerkesztőbizottság

BENCZE GYULA, BOZÓ LÁSZLÓ, CSERMELY PÉTER, HAMZA GÁBOR,
HUNYADY GYÖRGY, KENESEI ISTVÁN, LUDASSY MÁRIA, SOLYMOSI FRIGYES,
SPÄT ANDRÁS, VÁMOS TIBOR

Szaklektorok

PERECZ LÁSZLÓ, SZABADOS LÁSZLÓ

Rovatvezetők

GIMES JÚLIA (Kitekintés), SIPOS JÚLIA (Könyvszemle)

Olvasószerkesztő

MAJOROS KLÁRA



AKADÉMIAI KIADÓ



Megjelenik
a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával

HU ISSN 0025 0325

A kiadásért felelős az Akadémiai Kiadó Zrt. igazgatója
Felelős szerkesztő: Pomázi Gyöngyi
Termékmenedzser: Egri Róbert
Fedélterv: xfer grafikai műhely sorozattervének felhasználásával az Eredeti Bt. készítette
Tipográfia, tördelés: Berkes Tamás
Megjelent 14,3 (A/5) ív terjedelemben

Tartalom

Köszöntő

Falus András

TISZTELT OLVASÓK ÉS SZERZŐK! 1179

Tematikus összeállítás • Víz tudományi kutatási program

VENDÉGSZERKESZTŐ: *Bozó László*

Báldi András, Bozó László, Józsa János

BEVEZETŐ 1181

Szűcs Péter

**FELSZÍN ALATTI VIZEK – A HIDROLÓGIAI CIKLUS
LÁTHATATLAN RÉSZE** 1184

Bozó László

**A VÍZ ÉS A LÉGKÖRI FOLYAMATOK – A HIDROLÓGIAI CIKLUS
ATMOSZFERIKUS RÉSZE** 1198

Báldi András, Engloner Attila, Vörös Lajos

A VÍZI ÖKOSZISZTÉMÁK JELENTŐSÉGE A TÁRSADALOM SZÁMÁRA 1206

Bíró Tibor

AMIKOR SOK VÍZ VAN A TERÜLETEN – BELVÍZ 1216

Tamás János

AZ ASZÁLY 1228

Tanulmányok

Dékány Imre

A HATÁRFELÜLETI FIZIKAI KÉMIA SZEREPE AZ ANYAGTUDOMÁNYBAN 1238

Demény Attila

**CSEPPKÖVEK ÉS KLÍMAKUTATÁS: NANOMÉRETEKTŐL
A KONTINENTÁLIS LÉPTÉKIG** 1247

Csiba László, Balla József

TUDOMÁNYOS MUNKA A MAGYARORSZÁGI KÓRHÁZAKBAN 1262

Bognár Gergely

**VÁLASZT ADHAT-E A TERMÉSZETTUDOMÁNY A LAKHATÓ VILÁGOK
REJTÉLYÉRE?** 1270

Kovács Nikoletta

KÖLTSÉGOPTIMALIZÁLÁS, VEZETŐI DÖNTÉSTÁMOGATÁS 1276

A jövő tudósai

Oláh Péter

A DNS-METILÁCIÓ SZEREPE SZERVEZETÜNK EGYENSÚLYÁBAN 1294

Tudós Fórum

Róna-Tas András

A TUDOMÁNYOK HATÁRAI 1298

Koltay Tibor

A KUTATÓKNAK SZÁNT KÖZÖSSÉGI MÉDIARÓL 1303

Könyvszemle

Sipos Júlia gondozásában 1311

TALAJOK – Győri Zoltán 1311

ÉLETTÖRTÉNETEK A PSZICHOTERÁPIÁBAN – Lénárd Kata 1314

TANULMÁNYOK KIRÁLY TIBOR TISZTELETÉRE – Lévy Miklós 1318

ÁLLAMBÖLCSELETI TÖREDÉK – Percz László 1324

Kitekintés

Gimes Júlia gondozásában 1328

Ajánlás a szerzőknek 1333

Köszöntő

TISZTELT OLVASÓK ÉS SZERZŐK!

Az 1840-ben, *Academiai Értesítő* néven alapított *Magyar Tudomány* mint a legrégebbi, magyar nyelvű, tudományos folyóirat a hazai és nemzetközi tudományos számára egyfajta jelenkori archívum feladatát tölti be. A lapban megjelenő közlemények, dialógusok, beszámolók a hazai és a külföldi magyar tudományos kultúra mindenkori, sokszínű tükrét képezik. Ezért is tartjuk kiemelten fontosnak, hogy a folyóiratban megjelenő információk a hazai mellett a nemzetközi nyilvánosság részét is képezzék.

Az MTA Elnöksége határozata alapján 2017. október 1-től a *Magyar Tudomány* szerkesztési, tervezési, tördelési, nyomdai, illetve terjesztési és marketingfeladatait az Akadémiai Kiadó látja el, amely számos akadémiai kiadvány gondozásáért felelős. A kiadó végzi a **nyomtatott**, illetve a hamarosan jelentősen módosított **online** változat előállítását is. A Magyar Tudományos Akadémia és az Akadémiai Kiadó között szerződés szabályozza az együttműködés részleteit.

A *Magyar Tudomány* tartalmáért, a lapban megjelenő anyagok tematikájáért, a megjelenés időzítéséért a havilap szerkesztőbizottsága felelős, melyben a főszerkesztő, a szakszerkesztők és az olvasószerkesztő vesznek részt. A szerkesztőbizottság munkáját az MTA Elnökségi Titkársága felügyeli, és az MTA Tudományos Osztályaiból delegált, az egyes szakterületek világában szakértő tanácsadó testület segíti.

A *Magyar Tudomány* **nyomtatott** változata 2017 októberétől új formai megjelenésben és módosított szerkesztési elvek (lásd *Ajánlás a szerzőknek*) szerint jelenik meg. A *Magyar Tudomány* havonta megjelenő példányait, amennyiben arra igényt tartanak, postai úton juttatjuk el az MTA rendes és levelező tagjainak az általuk megadott postai címre. A lap széles körű terjesztése is megújul, az egyes füzetek folyamatosan megvásárolhatóak lesznek a nagyobb nagyobb könyvesboltokban. A nyomtatott számok előfizethetők.

A Magyar Tudomány 2018-tól a kéziratok menedzseléséhez, a cikkek beadásához, bírálásához és a szerkesztőségi munka hatékony és nyomon követhető működéséhez az OJS (Open Journal System) szoftvert vezeti be. Az **angol nyelvű összefoglalóval kiegészített** tanulmányokkal még nagyobb láthatóságot érünk el, amely mindannyiunk érdeke. Az *online* változatban lehetőség lesz a szerzők életrajza és fényképe mellett színes ábrák megjelentetésére is. A közlemények DOI azonosítót is kapnak, ezzel is emelkedik nemzetközi nyilvánosságuk.

A *Magyar Tudomány* online változata a Magyar Elektronikus Referenciamű Szolgáltatás (www.mersz.hu) keretében jelenik meg mint önálló tartalom, és regisztrálás után szabadon hozzáférhető.

Kreatív és proaktív együttműködésüket kérve és abban bízva mindannyiukat tisztelettel köszönti

Budapest, 2017. október

Dr. Falus András

A Magyar Tudomány főszerkesztője

Tematikus összeállítás

VÍZTUDOMÁNYI KUTATÁSI PROGRAM

VENDÉGSZERKESZTŐ: BOZÓ LÁSZLÓ

BEVEZETŐ

Báldi András¹, Bozó László², Józsa János³

¹ az MTA doktora, főigazgató

² az MTA rendes tagja

³ az MTA levelező tagja

Kulcsszavak: Nemzeti Víztudományi Kutatási Program, vízgazdálkodás, hidrológiai körfolyamat, vizes élőhelyek, ivóvízellátás, időjárási szélsőségek

A következő évtizedekben a víz értéke és fontossága folyamatosan növekedni fog, a vízhiány jelentős konfliktusok kirobbanásában játszhat szerepet, a tiszta víz pedig a társadalom számára az egyik legfontosabb környezeti érték. A Magyar Tudományos Akadémia kezdeményezően lépett fel a kihívásokra válaszul.

Az MTA elnöksége 2016. június 28-án fogadta el a *Nemzeti Víztudományi Kutatási Program*ról szóló előterjesztést. Ennek értelmében az MTA – együttműködésben a kormányzat szakirányú szervezeteivel és figyelemmel a nemzetközi trendekre – a víztudományi műhelyek koordinátoraként integráló szerepet töltené be a program megvalósítása során. „A jelenlegi feltételek mellett hatékony és koherens, stratégiai szintű vízgazdálkodási tudományos kutatás hálózati jellegű kell legyen, bevonva az összes releváns hazai víztudományi műhelyt (intézetet, tanszéket) és mozgósítva a nemzetközi tudományos együttműködésben rejlő összes lehetőséget” – áll az előterjesztésben. A fenti előterjesztés egy olyan szakmai anyag alapján készült, amelyet egy víztudományi *ad hoc* bizottság készített még korábban Lovász László, az MTA elnöke felkérésére. Ezt a szakmai anyagot elsőként egy tudományos konferencián mutatták be, amelyet a 187. közgyűlése keretében szervezett az MTA 2016. május 9-én.

Az előterjesztés összesen öt javaslatot tartalmaz:

1. Induljon egy *Nemzeti Víztudományi Kutatási Program*, a *Kvassay Jenő Terv* tudományos alapjainak biztosítása és a víztudományi kutatások nemzetközi élvonalba emelése végett, a Magyar Tudományos Akadémia koordinálásával.

2. Jöjjön létre az MTA bázisán egy interdiszciplináris Víztudományi Kutatóintézet, az Ökológiai Kutatóközpont keretei között.
3. Kezdeményezzük egy nemzetközi, interdiszciplináris Duna-régió kutatási program indítását, az EU Joint Research Centerrel és más releváns nemzetközi szervezetekkel együttműködésben.
4. A jelenleg dezintegrált hidrológiai adatbázisokból jöjjön létre szabad hozzáférésű integrált adatbázis, mely kiterjed a hidrológiai körforgás teljes láncolatára (éghajlat, időjárás, folyók, tavak, felszín alatti vizek, források stb.).
5. A meteorológiai és hidrológiai adatbázisok gazdái, valamint az MTA bázisán létrehozandó víztudományi hálózat alakítsanak ki szoros tudományos és operatív együttműködést annak érdekében, hogy a hidrológiai körfolyamat atmoszferikus és teresztris részének összekapcsolása az észleléstől az előrejelzések közreadásáig megtörténhessen.

Az új *Nemzeti Víztudományi Kutatási Program* számos tudományterület munkáját hangolja össze, sikeres megvalósítása pedig várhatóan elősegíti és hatékonyabbá teszi:

- a hazai integrált vízgazdálkodást és a minőségi víziközmű-szolgáltatást;
- a hazai felszíni és felszín alatti vízkészleteink fenntartható hasznosítását;
- víztesteink jó állapotának, illetve potenciáljának elérését és megtartását, amely az EU Víz Keretirányelv követelménye;
- az akvatikus ökoszisztéma-szolgáltatások fenntartható használatát;
- innovatív fejlesztések eredményeként a vízkezelést és víztisztítást, valamint az ivóvízellátás biztonságát;
- az árvízi védekezést, például az előrejelzések pontosabbá tételével;
- a szélsőséges időjárási viszonyok földi vízforgalomra kifejtett hatásának jobb megértését, ezáltal a hatékonyabb védekezési eljárások kidolgozásának lehetőségét;
- a geotermikus energia felhasználásának jelentős növelését és fenntartható használatát;
- egyedülálló ásvány- és gyógyvizeink humánegészségügyi hatásainak részletesebb megértését, az egészségipar és a gyógyturizmus jelentős további hazai fejlesztését;
- a rekreáció kiszolgálását, beleértve a horgászatot, strandolást és más vízi szórakozást;
- határral osztott víztesteink esetében a Kárpát-medencei szintű vízügyi együttműködést;
- a hazai, egyedülálló vizes élőhelyek hosszú távú védelmét, valamint az ökológiai vízigények pontosítását;
- a növekvő mezőgazdasági vízigények – beleértve az öntözést – kielégítését;
- a belvizek és az aszály káros következményeinek csökkentését;

-
- a vízzel kapcsolatos tudásexport és nemzetközi oktatási tevékenység megerősödését.

Tematikus tanulmánygyűjteményünkben a 2016. május 9-i konferencia tudományos előadásain elhangzottak alapján áttekintést nyújtunk a felszíni és a felszín alatti vizekkel, a vízi ökoszisztémákkal, valamint a víz légköri ciklusával kapcsolatos kutatások eredményeiről.

FELSZÍN ALATTI VIZEK – A HIDROLÓGIAI CIKLUS LÁTHATATLAN RÉSZE

Szűcs Péter

az MTA doktora, intézeti tanszékvezető egyetemi tanár, kutatócsoport-vezető
Miskolci Egyetem Környezetgazdálkodási Intézet Hidrogeológiai-Mérnökgeológiai Tanszék,
MTA–ME Műszaki Földtudományi Kutatócsoport
hgszucs@uni-miskolc.hu

Kulcsszavak: hidrogeológia, felszín alatti vízkészletek, ivóvíz, ásványvíz, gyógyvíz, hévíz, kutatás

Hazánkban igen nagy jelentőségük van a hidrológiai ciklus láthatatlan részét képező felszín alatti vízkészleteknek. Az ivóvízellátás döntő része a felszín alatti vizeinkből származik. Messze földön ismertek vagyunk ásványvíz-, gyógyvíz- és hévízkészleteinkről, geotermikus adottságainkról. A hidrogeológusok szakmai felelőssége igen nagy a tekintetben, hogy felszín alatti vizeinket mennyiségi és minőségi szempontokat is figyelembe véve fenntartható módon hasznosítsuk, illetve hosszú távon megőrizzük. Az utóbbi időkben számos új globális vagy lokális természeti és társadalmi problémával is szembesülnünk kellett, amelyek káros hatásai sajnos jelentősek a felszín alatti vizekre is. A jelen és a jövő hidrogeológusainak új típusú szakmai kihívásokra intenzív kutatásokra alapozott innovatív megoldások segítségével kell hatékony választ adniuk. Világossá vált, hogy a hazai felszín alatti vizekkel kapcsolatos kihívások hatékony megoldására nemzetközi szintű új kutatási eredményekre van szükség. A ma is kiemelkedő színvonalú és nemzetközileg is látható hazai hidrogeológiai kutatások döntő része felsőoktatási intézményekben és akadémiai kutatóintézetekben folyik, különösebb koordináció nélkül. Kialakultak jó példát mutató együttműködések a kutatóhelyek között, de a nagynevű elődök munkáját folytató hazai kutatói kapacitás még hatékonyabban lenne kihasználható megfelelő szintű hálózati együttműködés és feladatorientált finanszírozás révén. E gondolatok megvalósulásában jelentős szerepet játszhat a Magyar Tudományos Akadémia által elfogadott és támogatott előterjesztés a Nemzeti Víz tudományi Kutatási Program létrehozásáról.

HIDROGEOLOGIAI VISZONYOK MAGYARORSZÁGON

Magyarország a Duna vízgyűjtő területén belül a Kárpát-medencében, a Föld egyik legzártabb medencéjében helyezkedik el. E természetföldrajzi vonatkozásnak fontos kihatásai vannak a felszín alatti vízkészleteinkre. Hazánk hét ország-

gal szomszédos, amely tény speciális viszonyokat alakít ki a felszín alatti vizek esetében is. Európán belül Magyarországnak van fajlagosan a legtöbb határral osztott felszín alatti vízbázisa. Az ország vízgyűjtő-gazdálkodási tervében megadott 185 felszín alatti víztestből negyven hivatalosan is elismert, határral osztott víztest. Azaz, országon kívüli hatások is jelentősen befolyásolhatják felszín alatti vizeink mennyiségét és minőségét. A hazai kutatások nyomán fontos eredmények születtek a határral osztott felszín alatti vízadók vízkészleteinek hasznosítása területén (Szűcs et al., 2013), a tapasztalatokat számos UNESCO-kurzus keretében sikerült megosztani a nagyvilágban.

Hazánk vízföldtani adottságai egyrészt jók, ugyanakkor a hidrogeológus szakembereknek speciális földtani, hidrogeológiai, meteorológiai és geotermikus viszonyokra kell számítaniuk a Pannon-medencében. Az ország nagy területein ugyanabban a naptári évben előfordulhat a felszín alatti vizekre is hatással levő árvíz, belvíz és aszály. Magyarország változatos földtani és hidrogeológiai képet mutat. A vízellátás szempontjából komoly jelentőségű karszthegységeink hidrogeológiai viszonyai (Eröss et al., 2012) mellett tanulmányozhatóak a hasadékos vulkáni, magmás és metamorf kőzetek igen érdekes vízraktározási viszonyai is (Székely et al., 2015). A nemzetközi érdeklődés figyelmébe került Alföld és a Kisalföld számos megoldásra váró problémát kínál a hidrogeológusok számára.

Az Alföld egészét tekintve a rekonstruált felszín alatti vízárantér értelmezése alapján két folyadékfajta jelenlétével kell számolnunk. Felül egy gravitációs folyadékrendszer, míg alatta a tektonikai kompresszió által is generált túlnyomásos vagy egyes emelkedő területeken alulnyomásos folyadékárantér található (Mádl-Szőnyi et al., 2015). Az üledékképződésből, fluidumhőmérséklet-emelkedésből és tektonikai kompresszióból eredő erős túlnyomások forráshelyei uralkodóan a preneogén aljzat kimagasló rögei. Ebben a mély, fojtott hidraulikus áramlási rendszerben a folyadékok függőleges mozgáskomponense egyértelműen felfelé irányul. Az említett két nagy áramlási rendszer határfelülete igen komplex (Czauner – Mádl-Szőnyi, 2013): mélysége az Alföld különböző területein még meghatározásra vár. A csatlakozási zóna alakja és dinamikai jellege nagyon változó, és függ a hidrogeológiai környezettől. Az Alföld kőzetvázát egy komplex szerkezetű preneogén aljzatú medence 7000 m vastagságot is elérő, fluidummal kitöltött neogén törmelékes üledékösszelete alkotja. Magyarországon a felszín alatti kőzetek porusaiban és repedéseiben egy időben kb. 5000 km³ víz, ún. statikus készlet helyezkedik el. A fenntartható vízhasznosítás szempontjából sokkal nagyobb jelentőségű a dinamikus készletek meghatározása. Országos szinten a felszín alatti, fenntartható módon kitermelhető vízkészlet 1,5–2 km³/év körül alakulhat, ezt az értéket további kutatások pontosíthatják.

FELSZÍN ALATTI VIZEK A VÍZELLÁTÁSBAN

A világ vízellátásában a felszín alatti víz átvette a vezető szerepet a felszíni vízkészletektől. Európában ma már a vízellátás 75%-a, míg Magyarországon több mint 95%-a származik a felszín alatti vizekből. Bár az ivóvízellátó közművek napi kapacitása Magyarországon 4,5 millió m³, a termelt ivóvíz éves mennyisége csak kb. 700 millió m³. Az ivóvíz mellett az ásvány- és gyógyvizeinket, valamint a hévizeket is magában foglaló felszín alatti vízkészleteink még inkább felértékelődnek a közeljövőben, hiszen egyre sokasodnak a Föld lakosainak már jelenleg is mintegy felét érintő vízellátási problémák. Sajnos a változó természeti feltételek és adottságok mellett felszín alatti vízkészleteinket is veszélyeztetik azok az emberi hatások, amelyek egyrészt a környezeti elemek szennyeződésében, a vízkészletek túlermelésében vagy például szélsőséges időjárási jelenségek formájában fejtik ki hatásukat.

Magyarországon a felszín alatti vizek esetében a gyakorlati osztályozás (Juhász, 2002) alapján többfajta víztípust is elkülönítünk. A *parti szűrésű* – a folyók kavicsteraszához közvetlenül is kapcsolható – vízkészleteket is idesoroljuk a hazai nevezéktan szerint. E vízkészletek – amelyek a vízellátás közel 40%-át teszik ki – bizonyítékai a felszín alatti és felszíni vizek közötti kölcsönhatásnak. A termelés fontos feltétele a mederfenéken a termelés hatására kialakuló, mikrobiológiailag aktív szűrőréteg. E vízkészlet megőrzése stratégiai fontosságú, Budapest szinte teljes egészében parti szűrésű vizet használ majd kétmillió lakosa ellátására. A parti szűrésű vízkészletek mellett elsősorban síkvidéki területeinken a *rétegvizek* jelentik még ivóvizeink legjelentősebb forrását. A Dunántúli-középhegység és a Bükk környezetében a sérülékeny *karsztvíz* is számottevő a víztermelésben. Sajnos a felszínhez legközelebb eső *talajvizeink* többsége ma már olyan rossz minőségű, hogy nem alkalmas ivóvízellátásra. Az ország kisebb területén, például a Tokaji-hegységben lokális léptékben a *vulkáni kőzetek hasadékaiban és repedéseiben tárolt víz* is szerepet játszik a vízellátásban. Fontos megérteni, hogy a felszín alatti vizek gyakorlati osztályozása mesterséges elkülönítést jelent, ahol a felszín alatti vízkészlet egyes fajtáinak elkülönítése és egymással való kapcsolata mind lokális, mind regionális szinten a hidrogeológusok szakértelmét kívánja.

A biztonságos hazai vízellátás fenntartása érdekében tovább kell folytatni az országos vízbázisvédelmi programot az üzemelő és a távlati vízbázisok tekintetében. A mintegy 1700 hazai vízbázis több mint fele sérülékenynek tekinthető, így csak ezek megfelelő diagnosztikája, biztonságba helyezése és tartása garantálhatja létfontosságú nemzeti érdekünket az ivóvízellátás területén. Az ivóvízminőség-javító program keretében törekedni kell olyan lehetséges hidrogeológiai és vízgazdálkodási megoldásokra, amelyek nem csak az igen költséges víztisztítási technológiák alkalmazására támaszkodnak. Szakmai szempontból elkerülhetlenné vált a víziközmű-szolgáltatás teljes reformja, amelyben a hidrogeológusok-

nak is jelentős szerepet kell kapniuk. Közös érdekünk, hogy a víziközmű-szolgáltatással kapcsolatos szakmai elvárások jelentősen fokozódjanak a jövőben. Ez szolgálhatja a vízszolgáltatás minőségének és megbízhatóságának további jövőbeli javulását, illetve a vízi közmű előregedett infrastruktúrájának megújulását. Ma a jelentős, sokszor 20–30%-ot is meghaladó hálózati veszteségek nagymértékben – károsan – befolyásolják egy-egy adott helyen a természetes felszín alatti vízkészleteink mennyiségi és minőségi állapotát. Távlati vízbázisokat tekintve ugyanakkor jó helyzetben van az ország. A felszín alatti víz napi 2-2,5 millió köbméteres kitermelése mellett kb. 1 millió m³/nap összesített kapacitású, zömében parti szűrésű távlati vízbázissal számolhatunk.

ÁSVÁNY- ÉS GYÓGYVÍZ-, VALAMINT HÉVÍZKÉSZLETEINK KIVÉTELES TERMÉSZETI ADOTTSÁGAI

Magyarország *ásvány-, gyógy- és termálvíz*kincse világviszonylatban is kiemelkedő, a nemzetgazdaság számára is jól hasznosítható természeti érték, amely számos település és térség számára további felemelkedést és munkahelyteremtést jelenthet. A környezetvédelmi szempontokat is figyelembe vevő ásvány- és gyógyvízellátás minőségi bővítését, a gyógyászati, rekreációs és wellnessigények kielégítését, valamint a geotermikus energia fokozott hasznosítását a nemzetközi szervezetekkel és tudományos trendekkel összehangoltan kell tervezni (Buday et al., 2015). Az uniós csatlakozás után sokat változott az ásványvíz minősítésének rendszere. Az ásványvizek hivatalos elismerésben részesülnek. A gyógyvíz olyan ásványvíz, amely oldott ásványianyag- vagy gáztartalma következtében gyógyhatású, és meghatározott betegségekre vonatkozó gyógyhatását szigorú előírásokhoz kötött orvosi vizsgálatokkal kimutatták. Az Országos Gyógyhelyi és Gyógyfürdőügyi Főigazgatóság nyilvántartása szerint Magyarországon 258 elismert ásványvíz és 220 elismert gyógyvíz található. Az Új Széchenyi Terv Gyógyító Magyarország – Egészségipari Programja is magában foglalta hazánk kivételesen gazdag termál-, ásvány- és gyógyvízkészletének, geotermikus adottságainak hatékony, sokrétű kiaknázását és hasznosítását. Az utóbbi húsz évben az ásványvízfogyasztás jelentősen nőtt nemcsak Magyarországon, de a világon mindenütt. Az elmúlt években hazánkban az egy főre jutó ásványvízfogyasztás 117 liter/fő/év körül alakult. A kiváló természeti adottságokat jól jellemzi, hogy szinte minden ásványvíztípus megtalálható Magyarországon.

Az ásvány- és gyógyvizek igazi értékét elsősorban a vízben oldott kémiai elemek, ásványi anyagok és gázok minősége és mennyisége határozza meg. A fejlesztések eredményeként ma már kb. negyven nagy, nemzetközileg is elismert gyógy- és termálvízre épülő központ van Magyarországon. Gyógyvízkészleteink a gyógyhatások sokféleségét tekintve világszinten is egyedülálló értéket képviselnek. A balneológia (gyógyfürdőtan) tudománya a gyógyforrások és gyógyvi-

zek gyógyfürdői alkalmazásával foglalkozik. A Miskolci Egyetemen 2016-ban indulhat az újonnan bevezetett Balneoterápia szakirányú továbbképzési szak az Egészségügyi Kar és a Műszaki Földtudományi Kar közös szervezésében.

A jövőben a hidrogeológiának jelentős szerepet kell játszania a geotermikus energia felhasználásának növelésében is. A 30 °C-nál melegebb *hévizek*nek igen jelentős szerepük van a hő, illetve az energia felszínre hozatalában és hasznosításában. Bonyolítja a helyzetet, hogy a termálvizek a Kárpát-medencében sok helyen hidraulikailag összefüggenek az ivóvíztermelésre használt rétegekkel. Speciális vízgazdálkodási stratégia kialakítására van szükség annak érdekében, hogy fenntartható módon elégíthessük ki egy adott területen a felszín alatti vízre alapozó ivóvíz-, gyógyászati célú és az energetikai célú igényeket. Hazánk, valamint a Kárpát-medence kimagaslóan jó geotermikus potenciálját, hidrogeotermikus rendszereit, hévízfelhasználási lehetőségeit az utóbbi időben több kiváló tanulmány is bemutatta (Székely, 2010). Magyarország területén a felszín alatt a bolygó belseje felől az átlagos földi hőáram értéke kb. 90 mW/m², míg a geotermikus gradiens 30–50 °C/km közötti. A változatos vízföldtani kép biztosíthatja a különböző jellegű és típusú geotermikus energia hasznosítása alapjainak kiszélesítését Magyarországon (Bobok – Tóth, 2010).

Alacsony entalpiájú, 30 °C vízhőmérséklet alatti rendszerek, azaz elsősorban nyitott (víztermeléses és visszanyeletéses) és zárt rendszerű (szondás és talajkollektoros) hőszivattyús rendszerek telepítésére a karsztos térségek kivételével szinte mindenütt kedvezőek a hazai földtani adottságok. A hidrogeológiai szempontból is érdekes nyitott rendszerek telepítésére hazánk folyóinak hordalék-kúp-területei kiemelten alkalmasak, ahol a kiváló hidraulikai jellemzőkkel bíró, sekély mélységű vízadókból komoly hőkészletet nyerhetők ki. Szondás és talajkollektoros rendszerek telepítésére – a karsztos térségek kivételével – a felszín közeli, felső 80–100 m (max. 250 m) vastagságú, negyedidőszaki, pannóniai és a miocén összletek tárolt és utánpótlódó hőkészletének kiaknázására nyílik lehetőség számos hazai területen. A hőszondák alkalmazásának legkedvezőbb területei lehetnek a már említett hazai kavicsteraszkok, ahol a homokos kavicsrétegekben az átlagos 60-70 W/m fajlagos hőteljesítmény helyett akár 80-90 W/m fűtő- és hűtőteljesítmény elérésére is képesek a hőszondák 100 m/év körüli felszín alatti vízáramlási sebességek esetén. A kisebb teljesítményű hőszondás rendszerek létesítéséhez a bányahatóság hozzájárulása vagy egyszerűsített építési engedélyezési eljárás, a nyitott rendszerek létesítéséhez viszont hosszabb, költségesebb és bonyolultabb vízügyi engedélyezési eljárás társul.

A közepes entalpiájú rendszerek 30–100 °C hőmérsékletű vizeit elsősorban kasszád rendszerű kommunális rendszerekben fűtésre és lakossági, illetve ipari használati melegvíz-szolgáltatásra, valamint wellness- és gyógyfürdőkben, mezőgazdasági létesítményekben hasznosítják. A hévíztároló rendszerek hazai regionális eloszlása alapján megállapítható, hogy Magyarország geotermikus adottságai a kö-

zepes entalpiájú rendszerek tekintetében kimagaslóak. A legkedvezőbb adottságú térségben, a Dél-Alföldön gyakorlatilag minden település esetén földtanilag lehetséges a közepes entalpiájú rendszerekkel történő hőhasznosítás. Világosan látszik azonban, hogy hévízkészleteink termelése sok helyen meghaladja a fenntartható mértéket (Szanyi – Kovács, 2010). E helyeken folyamatos vízszintsüllyedéseket regisztrálhatunk. Ezért nagyon fontos az energetikai célú hévízkivételek esetében a ma már jogszabályilag is előírt visszasajtolás, amelynek technológiáját a költségek csökkentése érdekében fejleszteni kell. Vízgazdálkodási szempontból elfogadhatatlan, hogy az évi kb. 50 millió m³-nyi energetikai célú hévíztermelés mellett jelenleg csak kb. 4 millió m³-t sajtolnak vissza a felszín alá. A lehűlt, sokszor igen magas sótartalmú vizek eddig felszíni befogadóba kerülve okoztak jelentős környezetterhelést, illetve a felszíni vízfolyásokon keresztül elhagyták az országot. A jövőben emellett hangsúlyt kell helyezni a meglévő vízkivételek hőenergiájának optimalizálására, a többlépcsős hasznosítás terveinek kidolgozására és megvalósítására, a hasznosítás határfokának növelésére. A fenntartható geotermikus energia hazai hasznosítására igen jó példa az utóbbi évekből az a nagy léptékű miskolci beruházás, amelynek eredményeképpen létrejött Közép-Európa legnagyobb geotermikus hőerőműve, mintegy 50 MW fűtési kapacitással. Kistokaj és Mályi térségében 2 termelő és 3 visszasajtoló kút segítségével valósult meg a kivitelezés, ahol a teljes termelt hévízmennyiség a kaszkád rendszerű hőhasznosítás után visszasajtolásra kerül a mélykarsztos rendszerbe az energiaviszonyok fenntartása miatt.

A nagy entalpiájú, 100 °C vízhőmérséklet feletti rendszerek létesítésének alapvető célja az elektromos energia termelése, illetve az egységnyi elektromos energia előállításánál keletkező 6–8 egységnyi hőenergia együttes hasznosítása. Bár az országban több helyen is található olyan területeket (például Fábiansebestyén, Makói-árok, Békési-süllyedék, Derecskei-árok), ahol akár 180–200 °C hőmérsékletű felszín alatti vizek állnának rendelkezésre áramfejlesztésre, sajnos ilyen beruházások eddig nem valósultak meg a Kárpát-medencében. Egy sikeres geotermikus koncessziós pályázat eredményeként Battonya térségében folynak előzetes hazai kutatások egy EGS (HDR) típusú erőmű kifejlesztésére, amelynek prototípusa a németországi Soultzban üzemel. Bár az üzembiztos működés során számos műszaki problémával kell megküzdeni, ugyanakkor a nagy mélységű EGS-rendszerek elvileg több helyen is telepíthetőek lennének a medencealjzatban Magyarországon.

JÖVŐBELI KIHÍVÁSOK A HIDROGEOLÓGUSOK SZÁMÁRA A KÁRPÁT-MEDENCÉBEN

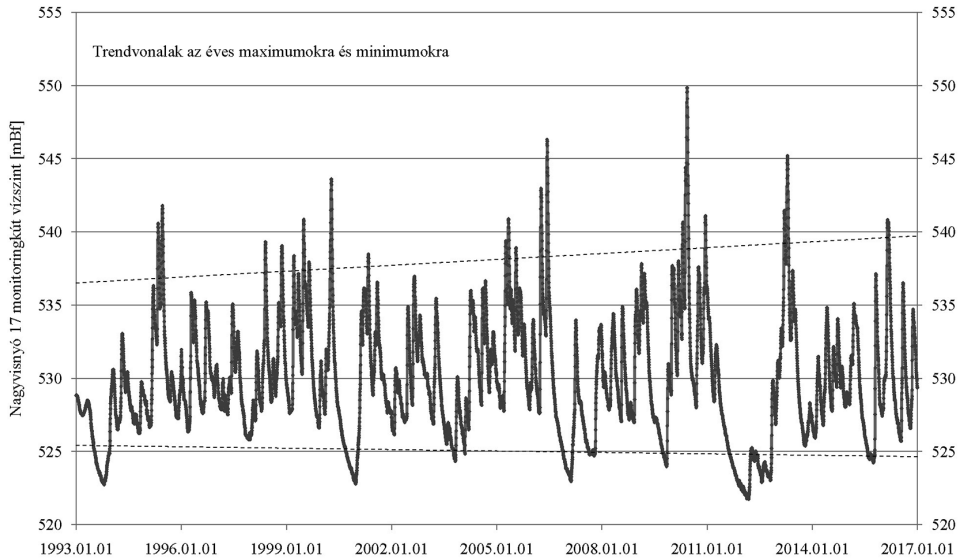
A hidrogeológusokra számos új szakmai kihívás és megoldandó feladat vár nemcsak a Kárpát-medencében, hanem a világon mindenütt (Galloway, 2010). Vízkészleteink fentebb ismertetett, határon átnyúló jellege miatt a hazai hidrogeológusoknak még inkább együtt kell működniük a környező országok szak-

embereivel (Szócs et al., 2013). A jövőbeli feladatok egy része a Víz Keretirányelv alapján készült hazai vízgyűjtő-gazdálkodási terv (VGT2) célkitűzéseinek a megvalósításához fog kötődni. Felszín alatti vizeink esetében is a következő időszakokban el kell érni a jó mennyiségi és minőségi állapotot mind a 185 felszín alatti víztestünk esetére. Jelenleg felszín alatti víztesteink kb. 70%-a jó állapotú. Természetesen ahhoz is eredményes szakmai munkát kell kifejteni, hogy a már jó állapotban lévő víztesteink esetében ezt a kedvező helyzetet megőrizzük. Az ökológiai szemléletmód erősödése új típusú szakmai gondolkodást és tervezési megközelítést kíván hidrogeológusainktól. A nemzetközi együttműködés további színtere lehet a megfelelő szerepvállalás a felszín alatti vizek tekintetében is az EU Duna Régió Stratégiában.

Az éghajlatváltozás napjainkban egyre szélsőségesebb időjárási viszonyokat okoz, ami erőteljesen hat a természetes vízkörforgalomra (Szűcs et al., 2015a). Az 1. ábra jól demonstrálja, hogy a szélsőséges időjárási viszonyok hatására a Bükkben a maximális vízszintek egyre magasabb, míg a minimális vízszintek egyre alacsonyabb értéket érnek el. Ez a jelenség egyre nagyobb kihívás elé állítja vízgazdálkodási szempontból a helyi vízműveket. Ezek a hatások természetesen befolyásolják a felszín alatti vizek természetes utánpótlódási, mennyiségi és minőségi viszonyait is. A biztonságos ivóvízellátás miatt kiemelkedő jelentőségű, hogy a szakemberek tisztában legyenek azzal, hogy milyen változások érhetik az ivóvízbázisokat akár már a közeljövőben is. A hazai és határainkon túli vízgyűjtőkben várható éghajlatváltozás következtében csökken a felszíni lefolyás, a felszín alatti vizek utánpótlódását biztosító beszivárgás, összességében várható a hasznosítható vízkészleteink fogyatkozása. Indikátor- és monitoringrendszer fejlesztése, illetve kialakítása szükséges, amellyel nyomon követhetők az éghajlatváltozás vízjárési és vízgazdálkodási következményei. A különböző lehetséges forgatókönyvek figyelembevételével modellezni és számszerűsíteni lehet a várható hatásokat. Az aszály–belvíz–öntözővíz–vizes élőhely problémakör Magyarországon tartósan nem oldható meg a felszín alatti vízrendszerek figyelembevétele nélkül. A mezőgazdaság számára kiemelkedő fontosságú, hogy a telítetlen közeg vízforgalmi és vízraktározási viszonyait még pontosabban meg tudjuk határozni.

A hidrogeológiai modellezésnek a jövőben még erőteljesebb szerepet kell kapnia a szakmai döntések előkészítésében. A felszín alatti vízkészleteket érintő várható hatások hidrogeológiai modellezéssel ma már igen magas szakmai színvonalon, pontosan és megbízhatóan szimulálhatók. További fejlesztések várhatóak a speciális, felszín alatti vizekbe is jutó szennyező anyagok transzportfolyamatainak pontosabb leírása és szimulációja érdekében. A 2013-ban Abasáron a felszín alatt detektált triklór-etilén- és szén-tetraklorid-szennyeződés mozgásának szimulációját megbízhatóan sikerült elvégezni (Zákányi – Szűcs, 2014). A hidrogeológiai modellezésnek továbbra is igen jelentős szerepe lesz a felszín alatti környezetszennyeződések felszámolását célzó kármentesítési eljárások tervezésében és

méretezésében. A hidrogeotermikus rendszerek hatékony vizsgálatánál pedig a hőtranszport modellezése jelent nélkülözhetetlen segítséget. A hidrogeológusoknak ma már nem elég csak a felszín alatti vizekkel foglalkozniuk. A vízkörforgalom révén minden mindennel összefügg. E dinamikus rendszerben a vízkészletekkel való foglalatosság interdiszciplináris és holisztikus megközelítést követel.



1. ábra. A karsztvízszintek alakulása a Bükk hegység központi részén az elmúlt több mint húszéves időszakban

Számos új, nagy léptékű beruházás várható a jövőben, ahol a hidrogeológusokra speciális és fontos feladatok várnak. Hamarosan állást kell foglalni a paksi, nagy aktivitású radioaktív hulladék végleges elhelyezése ügyében. Elindult korábban a BAF- (Bodai Aleurolit Formáció) projekt, amelynek folytatása igen komoly szakmai munkát követel majd. A kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok számára Bataapatiban épült hulladéktároló sok tekintetben nem nyújthat megfelelő biztonságot a nagy aktivitású hulladékok esetében. Nagy mélységben elhelyezkedő, megfelelő műszaki és földtani védelmű helyszínt kell kijelölni és engedélyeztetni a megnyugtató megoldás érdekében. Ebben a komoly kihívást jelentő szakmai feladatban a hidrogeológusoknak is kulcsszerepet kell játszaniuk. A növekvő energia- és ásványianyag-igények miatt újból megerősödni látszanak a különböző bányászati tevékenységek a Kárpát-medencében a globális trendeknek megfelelően. A szénhidrogén-kihozatalt növelő speciális eljárások üzemi alkalmazása mellett a szénhidrogén-hidrogeológia szélesebb körű bevezetése a Kárpát-medencében új sikereket hozhat a hazai és térségi olajipar

számára (Czauner – Mádl-Szőnyi, 2011). Innovatív bányászati technológiák (például szuperkritikus szén-dioxid alkalmazása ércek kinyerésére) elterjedése is új és speciális feladatok ellátását várja a jövő hidrogeológusaitól.

A felszín alatti áramlási rendszerek törvényszerűségeinek megértésében, a mélységi anyag- és hőtranszportfolyamatok leírásában mind nagyobb szerepet kap az utóbbi időben a hidrogeokémia (Varsányi et al., 2015), illetve a környezeti izotópok részletes vizsgálata. Emellett nagyon fontos a legújabb matematikai, valószínűség-elméleti és geostatistikai módszerek megismertetése is a szakemberekkel (Hatvani et al., 2014). A determinisztikus eljárások mellett a ritkán alkalmazott sztochasztikus módszereknek igen nagy a jelentősége a hidrogeológiában, hiszen a legtöbb esetben nem teljesen feltárt inhomogén és anizotrop közegekből származó mérési adatokkal dolgozunk.

Az új víziközmű-törvény egyebek mellett remélhetőleg magasabb színvonalú szakmai munkát fog előírni az üzemeltetők számára, ami a hidrogeológusok pozíciójának további erősödését eredményezheti a közműszolgáltatás ágazatán belül. A jelenlegi igen magas országos hálózati veszteség, illetve a túlságosan sok, szennyvíztisztító nélküli kistelepülés miatt ún. szennyvíz-hidrogeológiai kérdésekkel is egyre többet kell foglalkozniuk a szakembereknek.

A FELSZÍN ALATTI VIZEKSEL KAPCSOLATOS KUTATÁSOK HELYZETE HAZÁNKBAN

A VITUKI megszűnése után a hidrogeológiai kutatások döntően felsőoktatási intézményekben zajlanak hazánkban. Egyetemi szinten a felszín alatti vizekkel kapcsolatos legnagyobb hazai oktatási és kutatási központ a Miskolci Egyetem Környezetgazdálkodási Intézete, ahol az oktatói és kutatói létszám 15-20 fő körül ingadozik. Mesterképzési (MSc) szinten a hidrogeológia önálló szakként oktatása egyedül Miskolcon történik hazánkban. Emellett a hidrogeológiát a Műszaki Földtudományi Kar több más szakján is oktatják. A Miskolci Egyetemen a hidrogeológiai kutatások igen széles spektrumot fognak át. Az utóbbi időszakban kiemelkedő eredmények születtek a hidrodinamikai és transzportmodellezés, a karszthidrogeológia, a geotermikus energia hasznosítása, az utánpótlódási viszonyok meghatározása, a környezeti izotópok hidrogeológiai alkalmazása, a monitoring rendszerek fejlesztése területein. A széles körű ipari megbízások mellett az utóbbi 5 évben igen komoly forrást jelentettek a TÁMOP pályázatok. A KÚTFŐ TÁMOP pályázatot 2015. április végén fejezték be a Miskolci Egyetemen kiemelkedő kutatási eredményekkel (Szűcs et al., 2015b). E pályázat eredményeként jelenleg két hidrogeológiai vonatkozású nyertes Horizon 2020-as pályázatban is részt vesz a Környezetgazdálkodási Intézet, jelezve a nemzetközi beágyazottságot a kutatás területén is. E kutatási potenciált jelentősen erősíti az akadémiai finanszírozású MTA–ME Műszaki Földtudományi Kutatócsoport is.

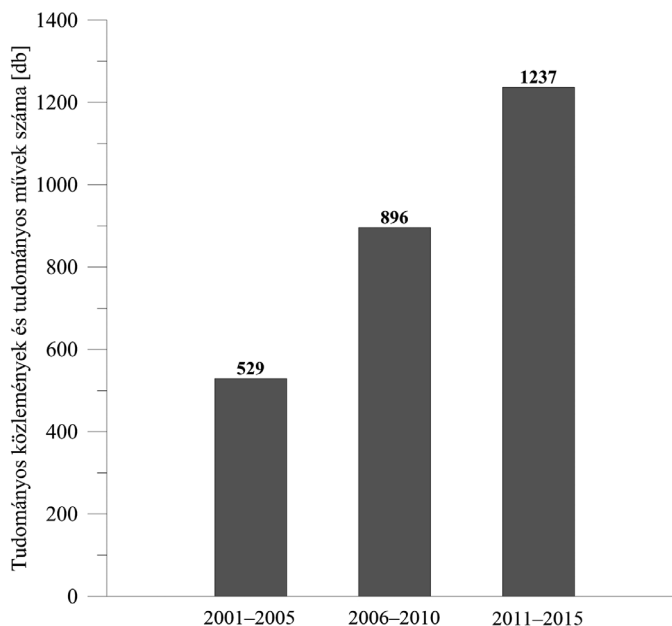
Az ELTE Általános és Alkalmazott Földtani Tanszéke jelenti a másik nagy hazai egyetemi oktatási és kutatási központot. A Hidrogeológiai és Geotermia Műhely fő kutatási területei a medencehidraulika, karszthidrogeológia, sérülékenység, geotermia hidrogeológiai vonatkozásai, olajhidrogeológia, felszíni és felszín alatti vizek kapcsolatának vizsgálata. A hidrogeológiai kutatásokban itt is jelentős szerepet játszik a modern geomatematikai módszerek széles körű alkalmazása. A dinamikus faktoranalízis hidrogeológiai alkalmazása számos kiemelkedő kutatási eredményt hozott. A kutatások finanszírozásában az utóbbi időben az OTKA mellett az ipari megbízások jelentik a fő anyagi forrást. Az International Association of Hydrogeologists (IAH) nemzetközi szervezetben belül kiemelt témakör a regionális felszín alatti vízáramlási koncepció minél szélesebb körű elterjesztése az oktatás, kutatás és a gyakorlati alkalmazás területén.

A két legnagyobb egyetemi hidrogeológiai centrum mellett további fontos kutatások folynak a felsőoktatásban a BME Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszékén, a Szegedi Tudományegyetem Ásványtani, Geokémiai és Közettani Tanszékén, a Nyugat-magyarországi Egyetem Geomatematikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézetében, valamint a Debreceni Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékén. A BME-n elsősorban kúthidraulikai, városi hidrogeológiai (Hajnal, 2007) és vízháztartási vizsgálatok (Szilágyi, 2014) jelentik a fő kutatási irányokat. Szegeden és Debrecenben a geotermikus energia hasznosításával és a fenntartható hévíztermeléssel kapcsolatos kutatási területeken van a fő hangsúly. Szegeden továbbá évtizedek óta foglalkoznak a felszín alatti vizek eredetének, geokémiai összetételének vizsgálatával, a felszín alatti áramlási rendszerek elméletének geokémiai alátámasztásával. Sopronban a kutatások zömében vízháztartási vizsgálatokra, az utánpótlódási viszonyok meghatározására, továbbá a szélsőséges időjárási viszonyok felszín alatti vizekre gyakorolt hatásának meghatározására koncentrálnak (Gribovszki et al., 2013).

A hazai hidrogeológiai kutatások tekintetében meg kell említeni az akadémiai kutatóhálózatban folyó munkát is. Az MTA CSFK Földtani és Geokémiai Intézetben, valamint az MTA ATOMKI Környezet- és Földtudományi Osztályon számos igen magas színvonalú kutatási program zajlik a hidrogeokémia és a környezeti izotópok hidrogeológiai célú alkalmazása területén. Ez a két akadémiai intézet sok esetben közös kutatásokban vesz részt a fentebb említett egyetemi kutatóhelyekkel. Végül, de nem utolsósorban meg kell említeni a Magyar Földtani és Geofizikai Intézetet is, amelynek Vízföldtani Főosztálya szintén az egyik legjelentősebb kutatási központ a hazai felszín alatti vizek vizsgálatában, kiemelt hazai és nemzetközi kutatási témákkal. A jelenleg is folyó főbb kutatások: országos, illetve országhatáron átnyúló hidrodinamikai és transzportmodell-fejlesztések regionális és lokális szinten a fenntartható hazai és határon átnyúló ivó- és hévízgazdálkodás megalapozásához, a klímaváltozás hatásainak vizsgálata és a válaszadási stratégiák kidolgozása (NATÉR projekt), az ország geotermikus ener-

giájának felhasználására vonatkozó kérdések megválaszolása, víz-geokémiai, izotóp-hidrogeológiai és karszt-hidrogeológiai kutatások és fejlesztések.

A magyar hidrogeológiai kutatások nemzetközi láthatósága erőteljesen nőtt az elmúlt 10-15 évben a megnövekedett publikációs aktivitásnak köszönhetően, amelyben egyre nagyobb szerepet kapnak a minőségi nemzetközi publikációk. A Magyar Tudományos Művek Tárában (MTMT-ben) található információk alapján készült el a 2. ábra. A országos áttekintést adó vizsgálatba a publikációs szempontból legjelentősebb szerepet játszó 6 felsőoktatási intézmény került be (ME Környezetgazdálkodási Intézet – 12 fő vizsgált kutató, ELTE Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék – 6 fő, BME Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék – 3 fő, az SZTE Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék – 4 fő, DE Ásvány- és Földtani Tanszék – 3 fő és az NyME Geomatematikai, Erdőfeltárási és Vízgazdálkodási Intézet – 3 fő). A vizsgálatban a fentebb említett akadémiai kutatóhelyek és kutatócsoport, valamint az MFGI publikációs teljesítményét nem értékelték. A 2. ábrán szereplő információ egyértelműen jelzi, hogy jelentős és nemzetközi hatású publikációs tevékenység folyik a hazai hidrogeológiával foglalkozó egyetemi kutatóhelyeken. A vizsgált adatokból egyértelműen kiderül, hogy a publikációs tevékenység és ezáltal a sok esetben nemzetközi együttműködésben megvalósuló hazai hidrogeológiai kutatások nemzetközi láthatósága és ismertsége egyre növekszik.



2. ábra. Az elmúlt 15 éves időszak MTMT-ben rögzített tudományos közleményeinek száma a vizsgált hazai egyetemi intézményekben 5 éves bontásban

ÖSSZEFOGLALÁS

Az ivóvízellátásban jelentős szerepet betöltő, felszín alatti vízkészleteink a jövőben is védendő, kiemelkedő természeti értéket képviselnek. Ásvány-, gyógyvíz- és hévízkészleteink is számottevőek, amelyek szélesebb körű hasznosítása nemzetgazdasági érdek. Tisztában kell lenni azonban azzal, hogy felszín alatti vizeink nem kimeríthetetlenek. A jövőben még fontosabbá válik, hogy a hidrogeológusok az eddigieknél megbízhatóbban adják meg lokális vagy regionális léptékben a felszín alatti hasznosítható vízkészleteket. Az energetikai célú hévizek növekvő mértékű visszasajtolásával részben fenntarthatók az ásvány- és gyógyvizeket is magukban foglaló mélyebb rétegvizes rendszerek hidraulikai és vízminőségi viszonyai. Bár a prognosztizált éghajlatváltozási forgatókönyvek alapján a felszín alatti hasznosítható vízkészletek némi csökkenése várható, a biztonságos és fenntartható ivóvízellátás generációkon keresztül biztosítható hazánkban regionális vízellátó rendszerek üzemeltetésével, valamint hatékony nemzeti vízgazdálkodási stratégia alkalmazásával.

Bár a földi vízkörforgalom révén a felszíni és felszín alatti vízkészletek nagyon szoros kapcsolatban állnak egymással, igen különböző jellegű szakmai felkészültségre van szükség a felszíni és a felszín alatti problémák vizsgálatára és megválaszolására. Ma már politikai, szakmai és tudományos körökben is mindenki elismeri, hogy Magyarország felszín alatti vízkészletei stratégiai jelentőségűek. Így biztosítható, hogy a hidrogeológusok aktívan és érdemben tudjanak részt venni hazánk vízgazdálkodási problémáinak (Somlyódy, 2011) megoldásában, illetve a felszín alatti vízkészleteket érintő stratégiai kérdések részletes kidolgozásában. Bizakodásra ad okot, hogy a Nemzeti Vízstratégiában, a Kvassay Jenő Tervben a hazai felszín alatti vízkészletek jelentőségüknek és súlyuknak megfelelően szerepelnek. A hidrogeológus szakma interdiszciplináris jellege miatt fontos, hogy a felszín alatti vizekkel kapcsolatos képzési programjaink figyelembe vegyék a nemzetközi trendeket és a Kárpát-medence speciális sajátosságait.

Hazánkban a felszín alatti vizekkel kapcsolatos kutatások kiterjedtek, széles körűek és nemzetközi színvonalat képviselnek. A felszín alatti vizekkel kapcsolatos jövőbeli kihívások egyértelműen igénylik az új kutatási eredményeket és az innovatív megoldásokat a gyakorlati megoldások kivitelezésében. A kutatásokat folytató, többségében egyetemi intézmények között már eddig is létrejöttek jelentős, elsősorban önszerveződésen alapuló együttműködések. Érdemi továbbfejlesztési lehetőséget és hatékonyságnövelést is jelenthetne a kutatásokban, ha a hazai operatív vízgazdálkodás feladatainak összehangolt megoldásában nagyobb és érdemi szerepet kaphatnának a hazai hidrogeológiai kutatásokat folytató kutatóhelyek. E cél megvalósulásában jelentős szerepet játszhat a Magyar Tudományos Akadémia által elfogadott és támogatott előterjesztés a Nemzeti Víz tudományi Kutatási Program létrehozásáról.

IRODALOM

- Bobok Elemér – Tóth Anikó (2010): A geotermikus energia helyzete és perspektívái. *Magyar Tudomány*. 171, 8, 926–936. <http://www.matud.iif.hu/2010/08/04.htm>
- Buday Tamás – Szűcs Péter – Kozák Miklós et al. (2015): Sustainability Aspects of Thermal Water Production in the Region of Hajdúszoboszló-Debrecen, Hungary. *Environmental Earth Sciences*. 74, 7513–7521. DOI: 10.1007/s12665-014-3983-1
- Czauner Brigitta – Mádl-Szőnyi Judit (2011): The Function of Faults in Hydraulic Hydrocarbon Entrapment: Theoretical Considerations and a Field Study from the Trans-Tisza Region, Hungary. *AAPG Bulletin*. 95, 795–811. DOI: 10.1306/11051010031
- Czauner Brigitta – Mádl-Szőnyi Judit (2013): Regional Hydraulic Behaviour of Structural Zones and Sedimentological Heterogeneities in an Overpressured Sedimentary Basin. *Marine and Petroleum Geology*. 48, 260–274. DOI: 10.1016/j.marpetgeo.2013.08.016
- Eröss Anita – Mádl-Szőnyi Judit – Surbeck, Heinz et al. (2012): Radionuclides as Natural Tracers for the Characterization of Fluids in Regional Discharge Areas, Buda Thermal Karst, Hungary. *Journal of Hydrogeology*. 426–427, 124–137. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2012.01.031 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169412000741>
- Galloway, Devin L. (2010): The Complex Future of Hydrogeology. *Hydrogeology Journal*. 18, 807–810. DOI: 10.1007/s10040-010-0585-1 https://www.researchgate.net/publication/225443668_The_complex_future_of_Hydrogeology
- Gribovszki Zoltán – Kalicz Péter – Szilágyi József (2013): Does the Accuracy of Fine-scale Water Level Measurements by Vented Pressure Transducers Permit for Diurnal Evapotranspiration Estimation. *Journal of Hydrology*. 488, 166–169. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2013.03.001 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169413001856?via%3Dihub>
- Hajnal Géza (2007): *Városi hidrogeológia*. Budapest: Akadémiai Kiadó
- Hatvani István Gábor – Magyar Norbert – Zessner, Matthias et al. (2014): The Water Framework Directive: Can More Information Be Extracted from Groundwater Data? A Case Study of Seewinkel, Burgenland, Eastern Austria. *Hydrogeology Journal*. 22, 4, 779–794. DOI: 10.1007/s10040-013-1093-x
- Juhász József (2002): *Hidrogeológia*. Budapest: Akadémiai Kiadó
- Mádl-Szőnyi Judit – Pulay Eszter – Tóth Ádám – Bodor Petra (2015): Regional Underpressure: A Factor of Uncertainty in the Geothermal Exploration of Deep Carbonates, Gödöllő Region, Hungary. *Environmental Earth Sciences*. 74, 12, 7523–7538. DOI: 10.1007/s12665-015-4608-z https://www.researchgate.net/publication/279206572_Regional_underpressure_a_factor_of_uncertainty_in_the_geothermal_exploration_of_deep_carbonates_Godollo_Region_Hungary
- Somlyódy László (szerk.) (2011): *Köztisztítási Stratégiai Programok. Magyarország vízgazdálkodása: helyzetkép és stratégiai feladatok*. Budapest: MTA http://old.mta.hu/data/Strategiai_konyvek/viz/viz_net.pdf
- Szanyi János – Kovács Balázs (2010): Utilization of Geothermal Systems in South-East Hungary. *Geothermics*. 39, 357–364. DOI: 10.1016/j.geothermics.2010.09.004 https://www.researchgate.net/publication/222010593_Utilization_of_geothermal_systems_in_South-East_Hungary
- Székely Ferenc (2010): Hévízeink és hasznosításuk. *Magyar Tudomány*. 171, 12, 1473–1485. <http://www.matud.iif.hu/2010/12/08.htm>
- Székely Ferenc – Szűcs Péter – Zákányi Balázs et al. (2015): Comparative Analysis of Pumping Tests Conducted in Layered Rhyolitic Volcanic Formations. *Journal of Hydrology*. 520, 180–185. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2014.11.038 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169414009585?via%3Dihub>

- Szilágyi József (2014): Temperature Corrections in the Priestley-Taylor Equation of Evaporation. *Journal of Hydrology*. 519, 455–464. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2014.07.040 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169414005575?via%3Dihub>
- Szöcs Teodora – Rman, Nina – Süveges Miklós et al. (2013): The Application of Isotope and Chemical Analyses in Managing Transboundary Groundwater Resources. *Applied Geochemistry*. 32, 95–107. DOI: 10.1016/j.apgeochem.2012.10.006 http://www.academia.edu/30965690/The_application_of_isotope_and_chemical_analyses_in_managing_transboundary_groundwater_resources
- Szűcs Péter – Virág Margit – Zákányi Balázs et al. (2013): Investigation and Water Management Aspects of a Hungarian-Ukrainian Transboundary Aquifer. *Water Resources*. 40, 4, 462–468. DOI: 10.1134/S0097807813040131
- Szűcs Péter – Kompár László – Palcsu László – Deák József (2015a): Estimation of Groundwater Replenishment Change at a Hungarian Recharge Area. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*. 10, 4, 227–246. http://193.6.1.94:9080/JaDoX_Portlets/displayContent?docId=22607&secId=17086&cast=pdf
- Szűcs Péter – Fejes Zoltán – Zákányi Balázs et al. (2015b): Results of the WELLaHEAD Project Connected to Water and Mining. Geothermal Potential of the Tokaj-Mountains. Pilot Test of Passive Acid Mine Drainage Water Management. *FOG – Freiberg Online Geology*. 40, 170–177. http://tu-freiberg.de/sites/default/files/media/institut-fuer-geologie-718/pdf/fog_volume_40.pdf
- Varsányi Irén – Ó. Kovács Lajos – Bálint András (2015): Hydraulic Conclusions from Chemical Considerations: Groundwater in Sedimentary Environments in the Central Part of the Pannonian Basin, Hungary. *Hydrogeology Journal*. 23, 423–435. DOI: 10.1007/s10040-014-1222-1 https://www.researchgate.net/publication/276099363_Hydraulic_conclusions_from_chemical_considerations_groundwater_in_sedimentary_environments_in_the_central_part_of_the_Pannonian_Basin_Hungary
- Zákányi Balázs – Szűcs Péter (2014): Víznél sűrűbb, nem vizes fázisú szennyezőanyagok transzportfolyamatainak szimulációja felszín alatti közegben. *Földtani Közöny*. 144, 1, 63–70. http://midra.uni-miskolc.hu/JaDoX_Portlets/displayContent?docId=19637&secId=13538

A VÍZ ÉS A LÉGKÖRI FOLYAMATOK – A HIDROLÓGIAI CIKLUS ATMOSZFERIKUS RÉSZE

Bozó László

az MTA rendes tagja
Országos Meteorológiai Szolgálat
bozo.l@met.hu

Kulcsszavak: hidrometeorológia, éghajlati szolgáltatások, csapadékszélsőségek, mediterrán ciklon, légköri nyomanyagok

BEVEZETÉS

Az egyes földi szférák víztároló képessége jelentős különbségeket mutat. Az óceánokban és a tengerekben mintegy 1300 millió km^3 víz halmozódik fel, a jégtakarók és a gleccserek kb. 29 millió km^3 , a felszín alatti vizek kb. 8 millió km^3 víztérfogatot jelentenek. Ezekhez képest a légkörben található víz mennyisége szinte elhanyagolható, hiszen a számítások szerint ennek átlagos értéke nem haladja meg a 12 ezer km^3 -t. A globális vízkörforgalomban azonban a légkör szerepe meghatározó jelentőségű. A párolgáson, a kondenzáción, a felhő- és csapadékképződésen, valamint a légmozgásokon keresztül a légkör játssza a legfontosabb szerepet a víz folyamatos körforgásában a természetes víztárolók között. A légkörből évente mintegy 480 ezer km^3 csapadék hullik ki az óceánokra, a tengerekre és a szárazföldekre. A légköri folyamatok dinamikájára jellemző, hogy a vízmolekulák átlagos tartózkodási ideje a légkörben kb. 10 nap, szemben a jégtakaróra (12 ezer év) és az óceánokra, tengerekre (3 ezer év) becsült időtartamokkal.

A Föld légkörében tapasztalható globális légkörzés mozgatója a sugárzási mérleg trópusok és pólusok közötti különbsége. Alacsonyabb földrajzi szélességeken, a trópusokon beérkező rövidhullámú napsugárzás és a felmelegedett felszín által kibocsátott hosszúhullámú sugárzás energiamérlege pozitív. Ezzel szemben magasabb földrajzi szélességeken, a pólusok körüli területeken a rövidhullámú besugárzás és a hosszúhullámú kisugárzás különbsége negatív. A két terület között kialakuló belsőenergia-különbség egy része kinetikus energiává alakul, majd a kialakuló légmozgásokra ráakodik a Föld forgásából származó eltérítő erő is. Létrejönnek az egyes földrajzi zónákat jellemző áramlási övek, így például a mérsékelt öv időjárását meghatározó nyugati szelek öve, amelyben kisebb-nagyobb légköri hullámok keletkeznek, jellegzetes örvénylési képpel bíró ciklonokkal és

anticiklonokkal. A globális cirkuláció folyamatában fontos szerepet kap a víz. A víz a fázisátalakulásokon keresztül egyfajta „energiahordozónak” tekinthető: a melegebb területekről elpárolgó vízgőz ugyanis a hidegebb területekre áramolva, majd ott kondenzálódva jelentős mennyiségű látens hőenergia felszabadulásával jár. A nyugati szelek övében kialakuló ciklonok erősségét alapvetően befolyásolja, hogy bennük mennyi vízgőz képes kicsapódni, és ezzel együtt mennyi látens hő szabadulhat fel. A ciklonokban történő nedvességkicsapódás felhő- és csapadékképződéssel jár: a nagyobb csapadékot adó ciklonok jellemzően gyorsabban fejlődnek, és mélyebbek lesznek. A ciklonokba beáramló vízgőz sokszor nagy távolságból érkezik, gyakran a trópusi meleg tengerekből jut a légkörbe, és ún. nedves szállítószalagokba rendeződve áramlik fel a nyugati szelek övébe. Másrészt viszont a ciklonok áramlási rendszerében lezajló összeáramlások és feláramlások teremtik meg a vízgőz kondenzálódásának feltételeit, vagyis a felhő- és csapadékképződést (Geresdi et al., 2013).

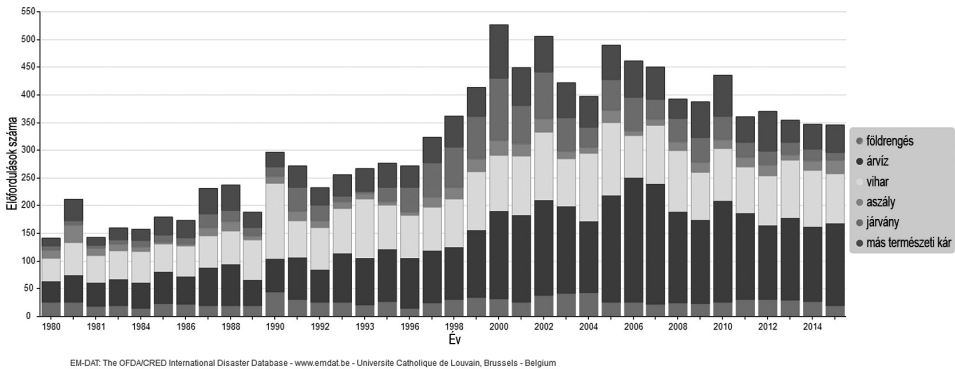
A globális cirkuláció tehát alapvetően befolyásolja a víz légköri körforgalmát. A kontinenseket sújtó aszályok, illetve az árvizeket okozó esőzések kialakulásának feltételeit legtöbbször nem a helyi légköri állapotváltozások, hanem a globális földi cirkuláció körülményei szabályozzák.

kihívások és lehetőségek

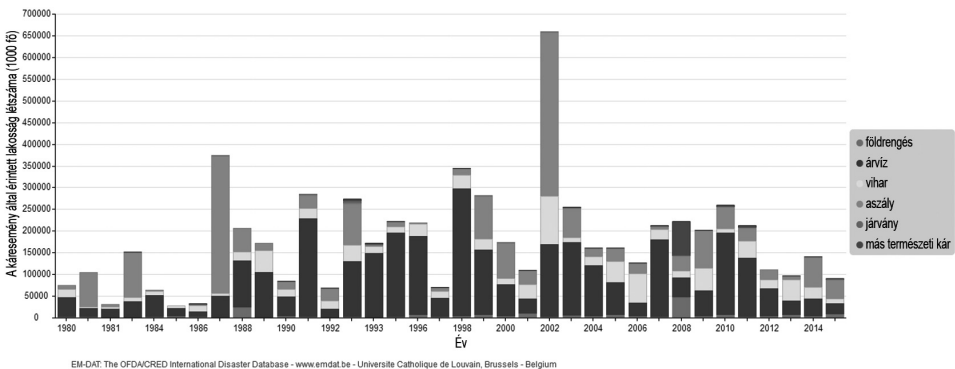
A természetes és antropogén okokra visszavezethető globális környezeti változások jelentős részben a vízhez, a víz globális körforgalmának változékony-ságához köthetők. A globális változásokkal is kapcsolatba hozható regionális és lokális léptékű természeti jelenségek bizonyos helyzetekben súlyos élet- és vagyonszervi kockázatot jelentenek. Ha megnézzük az 1980–2015 között bekövetkezett természeti káresemények számát (EM-DAT, 2016), láthatjuk, hogy az árvizek, az aszályok és a gyakran intenzív csapadékeseményekkel is kísért légköri viharok együttesen ennek jelentős részéért felelősek (1. ábra). Talán még fontosabb a 2. ábrán bemutatott adatsor (EM-DAT, 2016), ahol a természeti káreseményekben érintett személyek számát mutatjuk be ugyanerre az időszakra. Ebben az összehasonlításban a tartós és jelentős vízhiány, valamint a szélsőséges csapadékesemények nyomán kialakuló áradások összességükben domináns szerepet játszanak.

A vízkészletek stratégiai szerepe világszerte felértékelődött. A víz és a környezet fenntartható kapcsolatán alapuló integrált vízgazdálkodás egyrészt a társadalmi elvárásoknak megfelelő gyakorlati feladat, másfelől megvalósulása a víz természeti és társadalmi körforgásának egységes, tudományos megalapozottságú és rendszerszemléletű figyelembevételét teszi szükségessé. Ennek megfelelően elengedhetetlenül fontos a vízrajzi és meteorológiai közszolgáltatások összehan-

golt szemléletű kezelése. Ez vonatkozik az egyes fizikai változók megfigyelésére, ezek várható tér- és időbeli változásainak előrejelzésére, a klímapolitikák kialakítására – beleértve a kármérséklés és az alkalmazkodás problémaköreit – és természetesen a kutatási és fejlesztési tevékenységek összehangolására. A hazai és nemzetközi tudományos hálózat kiépítése – *networking* – kiemelt jelentőségű ezen a teljes földi térskálát felölelő szakterületen, beleértve az MTA intézeteit, az egyetemi kutatóműhelyeket, az érintett államigazgatási intézményeket és természetesen azokat a nemzetközi tudásközpontokat, amelyek például a determinisztikus és valószínűségi modelleken alapuló globális skálájú rövid és középtávú időjárás-előrejelzés (ECMWF) vagy a műholdak által gyűjtött légkörtudományi vonatkozású információk feldolgozása (EUMETSAT) területén, tagországi finanszírozás keretében a mindennapi életünkhöz, valamint az élet- és vagyonvédelmi célú tájékoztatáshoz és riasztáshoz nélkülözhetetlen szolgáltatásokat nyújtanak.



1. ábra. Természeti káresemények száma, 1980–2015



2. ábra. Természeti káreseményekben érintettek száma, 1980–2015

A komplex víztudomány és vízgazdálkodás előtt álló egyik legnagyobb kihívás a szakterülethez kapcsolódó többléptékű és egyre összetettebb környezeti és társadalmi válság kezelése, a lehetséges károk mérséklése, illetve az alkalmazkodási stratégiák kialakítása és végrehajtása. Számos vizsgálat igazolja, hogy a szélsőséges időjárási események száma és intenzitása növekszik, ezek egy része pedig közvetlenül kapcsolódik a víz globális körforgalmához. A hidrometeorológiai megfigyelőrendszerek, valamint az előrejelzési szolgáltatások folyamatos fejlesztése és bővítése elengedhetetlenül szükséges annak érdekében, hogy a csapadék területi és időbeni eloszlásának, intenzitásának változásait egyre pontosabban és megbízhatóbban nyomon követhessük, elősegítve a kármérséklési és alkalmazkodási feladatok végrehajtását is az árvízi és belvízi védekezés során, a hirtelen lehulló, nagy mennyiségű csapadék nyomán kialakuló villámárvizek (flash-flood) következményeinek kezelésében, valamint az aszály okozta várható károk mérséklésében. A Meteorológiai Világszervezet (WMO) által szakmailag és technikailag globálisan koordinált és a WMO tagországai által a szárazföldeken, a tengervizek felszínén, a légkörben és a világűrben üzemeltetett meteorológiai és egyéb környezetmegfigyelő rendszerek képezik az alapját annak, hogy levegőkörnyezetünk, illetve a hidroszféra fizikai és kémiai állapotáról valós idejű információt nyerjünk, valamint ebből kiindulva a rövid és középtávon várható változásokat előre jelezzük. A WMO alapvető célkitűzése a tagországok hidrometeorológiai tevékenységének összehangolása, a mérőrendszerek egységesítése és ellenőrzött működtetése, valamint az adattovábbítás és a megfigyelésekre épülő szolgáltatások megszervezése.

A Meteorológiai Világszervezet 2012 októberében Genfben tartott rendkívüli kongresszusán a tagországok kormányzati képviselői elfogadták azt a cselekvési tervet, amelynek célja az időjárási és éghajlati katasztrófákra való felkészülést segítő éghajlati szolgáltatások fejlesztése és bővítése. A természeti katasztrófák a fejlődő és fejlett országokban egyaránt súlyos károkat okoznak, ezért közös érdek egy, a veszélyek kockázatait csökkentő globális éghajlati szolgáltatási keretrendszer (Global Framework for Climate Services, GFCS) kialakítása. A tudományosan megalapozott és jól szervezett éghajlati szolgáltatások segítséget jelentenek a katasztrófák kockázatainak csökkentésében – több milliárd ember életét befolyásolva ezzel. Jelenleg mintegy hetvenre tehető azon WMO-tagországok száma, ahol rendkívül hiányosak, vagy egyáltalán nem léteznek megfelelő színvonalú éghajlati szolgáltatások. A jelenlegi kutatások és adatsorok elaprózottsága nem teszi lehetővé az összehangolt, de mégis helyspecifikus klímaadaptációs intézkedések elindítását, ezek hiányában pedig egyes térségek versenyképessége néhány ágazatban erősen csökkenhet, így a területi és társadalmi egyenlőtlenségek az éghajlatváltozás hatására tovább mélyülhetnek. A GFCS összesen öt támogatandó, a globális környezeti változásokhoz közvetlenül kapcsolódó prioritást nevezett meg: a vízgazdálkodás, az emberi egészség, a természeti katasztrófák kockáza-

tainak mérséklése, az agrárgazdaság/élelmiszer-biztonság, valamint az energia-gazdálkodás. Fontos megjegyeznünk, hogy a vízzel történő észszerű gazdálkodás mint önálló prioritás mellett a másik négy kiemelt terület is közvetlenül vagy közvetve kapcsolódik a víz globális körforgalmának változékonyságához, illetve az ebből eredő természeti és társadalmi kockázatokhoz.

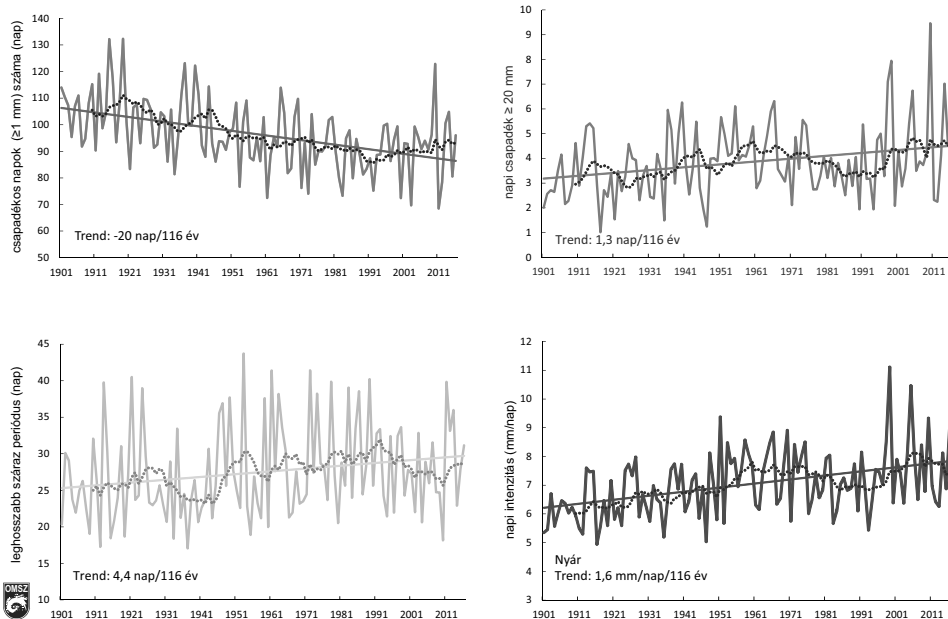
IDŐJÁRÁSI JELENSÉGEK VÁLTOZÁSAI TÉRSÉGÜNKBEN

A Kárpát-medence időjárását alapvetően a nagytérségű folyamatok határozzák meg. A mérsékelt övi ciklonok mind gyakoribb északabbra húzódásával térségünket sokszor az időjárási frontoknak csak a déli ága érinti. Az országunkban mért éves csapadék jelentős részét ezek a frontátvonulások, illetve a fölöttünk hullámozó légköri frontok adják. A hidegfrontok térségünket éppen csak elérő déli ága legtöbbször csak a szél észak felé fordulását, majd a viharos szelet hozza magával, rendszerint kevés csapadékkal (Horváth – Nagy, 2012).

Szintén megfigyelhető a Földközi-tenger medencéjében kialakuló mediterrán ciklonok gyakoriságának csökkenése. A mediterrán ciklonok vagy legalább azok csapadéksávja gyakran okoz jelentős mennyiségű csapadékot hazánkban is, így azok elmaradása ugyancsak hozzájárul az aszályos időszakok kialakulásához. Amikor viszont ősszel a sivatagi hatás visszahúzódik, a nyáron felmelegedett Földközi-tenger jelentős mennyiségben adja át a nedvességet a hűvösebb légkörnek, és a déli részeken igen erős csapadékot adó, heves ciklonok jöhetnek létre. A hurrikánhoz hasonlítva, a mediterrán jelzővel társítva újabban „medicane” névvel jelölik a jelenséget (Horváth – Nagy, 2012). A medicane-t a hurrikánok esetében is megfigyelhető lassú mozgás, a trópusi jellegű mag és a jól szervezett zivatarfelhőzet jellemzi. Mozgási energiáját és víztartalmát a meleg Földközi-tengerből nyeri. A rendszerben jelentős nyomásváltozás mérhető, kiadós esőzéseket, igen erős szeleket és széllekeéseket okoz. Gyakorisága és pusztító hatása nem éri el a hurrikánokét, hiszen a kialakulás és fennmaradás geográfiai feltételei, valamint a tengervíz mélysége és termodinamikai jellemzői különbözőek.

Az átlagosnál jelentősebb csapadékkal vagy tartós szárazsággal járó események, periódusok előfordulási gyakoriságát az extrém csapadék indexeinek idősorával és a bekövetkezett változásukkal jellemezhetjük. Országos átlagban csökken a csapadékos napok száma ahogy a jelenhez közelítünk (3. ábra), a 20 mm-es összeget meghaladó csapadékos napok viszont enyhe növekedést mutatnak. A száraz időszakok hossza, vagyis az a leghosszabb időszak, amikor a napi csapadékösszeg nem éri el az 1 mm-t, a megfigyelések szerint megnövekedett a 20. század eleje óta. A napi intenzitás, más néven átlagos napi csapadékoság – egy adott periódusban lehullott összeg és a csapadékos napok számának hánya-

dosa – a nyári évszakban szintén nőtt. Az átlagos napi csapadékok növekedése arra utal, hogy a csapadék egyre inkább rövid ideig tartó, intenzív záporok, zivatarok formájában hullik (Lakatos et al., 2016).



3. ábra. Néhány extrémcsapadék-klímaindex homogenizált és rácshálóra interpolált országos átlaga a tízéves mozgó átlag görbéjével és a becsült lineáris trenddel, 1901–2016

LÉGKÖRI NYOMANYAGOK A FELHŐ- ÉS CSAPADÉKVÍZBEN

A légkörben különböző halmazállapotokban található víz a fizikai folyamatok mellett a légkör kémiai összetételét is szabályozza, és hatással van a felszíni ökoszisztémák állapotára. A természetes és antropogén folyamatok révén a légkörbe kerülő aeroszol részecskék egy része kondenzációs magvakként szolgál a felhőelemek kialakulása során, így bizonyos nyomanyagok már a felhő keletkezésének pillanatában a felhővízbe jutnak. A nyomanyagok a rendezett légköri mozgások segítségével felszíni forrásterületeiktől jelentős távolságra is elszállíthatnak. A felhőképződés során a felhős levegőben maradt kisebb részecskék Brown-mozgásuk miatt a már kialakult felhőcseppekbe ütközhetnek. A felhővíz elnyeli a különböző nyomgázokat, amelyek a folyadékfázisban lépnek kémiai reakcióba. Levegőkémiai szempontból lényeges folyamat a vízben ionokat képző nyomgázok oldódása. Idetartozik többek között a szén-dioxid is: a levegőben nem vesz részt ugyan kémiai reakciókban, vízben viszont jól oldódik. Ennek eredményeként a

légköri felhő, köd és csapadék egyensúlyi pH-értéke nem 7, hanem hőmérsékletfüggően 5,6–5,7 körül van, tehát savas irányba tolódik el.

A felhő párolgása során a korábban elnyelt anyagok visszakerülnek a levegőbe. Ha viszont csapadék képződik, akkor a vízben lévő anyagok a nagy esési sebességű csapadékelemekkel elhagyják a felhőt. A csapadékelemek függőleges mozgásuk során a felhő alatt további gázokat abszorbeálnak, illetve az esési sebesség különbsége miatt ütközhetnek is a légkörben található nagyobb méretű aeroszol részecskékkel.

A csapadékhullásnak tehát jelentős légköri tisztító hatása van. A felszínre hulló csapadékvíz különböző anyagokat juttat az egyes környezeti szférákba. A légszennyeződés így a nedves ülepedésen keresztül kihat a talajra, a vízre, a jégtakaróra és természetesen a bioszférára is. A csapadékvíz a különböző ökoszisztémáknak könnyen felvehető oldott tápanyagokat szolgáltat. Ha azonban a légkör szennyezettsége meghalad egy bizonyos szintet, a csapadékvízzel kiülepedő anyagok a bioszférában akár visszafordíthatatlan károkat is okozhatnak (például savas esők, toxikus nehézfémek vagy nehezen lebomló szerves vegyületek ülepedése). A csapadékvíz kémiai összetételének meghatározása, időbeli változásainak folyamatos nyomon követése ezért a levegőkörnyezeti megfigyelőhálózatok programjának fontos részét jelenti. A WMO Globális Megfigyelő Programja (Global Atmosphere Watch, GAW) abból a célból jött létre, hogy elősegítse a légkör működésének pontosabb megértését, a légkör, az óceánok és a bioszféra kölcsönhatásainak megismerését, továbbá segítséget nyújtson az egyes környezeti szférák jövőben várható állapotának meghatározásához. A program részeként a GAW lehetővé teszi többek között a légkörben zajló fizikai és kémiai folyamatok közötti összefüggések tanulmányozását és a légkör-óceán-bioszféra rendszerben a kémiai összetevők antropogén és természetes körforgalmának megismerését.

Az emberiség az 1960-as évek vége felé szembesült azzal a ténnyel, hogy bizonyos légszennyező anyagok nemcsak forrásaik közelében, hanem jelentős távolságban, a kibocsátó ország határain túl is káros környezeti hatást fejthetnek ki. Olyan területek ökoszisztémái is károsodhatnak a légköri szennyező anyag ülepedése eredményeként, amelyek távol esnek a közvetlen ipari, energetikai, közlekedési, mezőgazdasági vagy egyéb kibocsátó forrásoktól. A szennyezés hatástávolságát az adott nyomanyag légköri tartózkodási ideje határozza meg. A kén- és nitrogénvegyületek esetében ez átlagosan néhány nap hosszúságú, ami azt jelenti, hogy ezek az anyagok a felszíni kibocsátó forrásaiktól több száz kilométeres távolságra is eljuthatnak, mielőtt kihullanak a légkörből. Ebben a felhő- és csapadékképződési folyamatok mellett természetesen a légköri rendezett mozgásoknak is meghatározó szerepük van.

IRODALOM

- EM-DAT (2016): *The OFDA/CRED International Disaster Database*. Université catholique de Louvain, Brussels, Belgium www.emdat.be
- Geresdi István – Horváth Ákos – Bozó László (2013): A víz szerepe a légköri folyamatokban. *Magyar Tudomány*. 174, 1293–1299. <http://www.matud.iif.hu/2013/11/03.htm>
- Horváth Ákos – Nagy Attila (2012): 2011–2012 rendkívüli aszályai. *Természet Világa*. 143, 544–547. <http://www.termeszetvilaga.hu/szamok/tv2012/tv1212/horvath.html>
- Lakatos Mónika – Bihari Zita – Szentimrey Tamás (2016): Csapadékszélsőségek alakulása. http://www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt_valtozasok/Magyarorszag/

A VÍZI ÖKOSZISZTÉMÁK JELENTŐSÉGE A TÁRSADALOM SZÁMÁRA

Báldi András¹, Engloner Attila², Vörös Lajos³

¹az MTA doktora, főigazgató, MTA Ökológiai Kutatóközpont
baldi.andras@okologia.mta.hu

²PhD, igazgató, MTA Ökológiai Kutatóközpont

³az MTA doktora, professor emeritus, MTA Ökológiai Kutatóközpont

Kulcsszavak: ökoszisztéma-szolgáltatás, EU Víz Keretirányelv, vízminőség, ökológiai invázió, Duna Régió Stratégia

A VÍZ JELENTŐSÉGE AZ ÉLET KIALAKULÁSÁBAN

A földi élet története vízben kezdődött. A mai cianobaktériumok ősei mintegy 3,9 milliárd évvel ezelőtt jelentek meg a sekély tengerekben, és közel kétmilliárd éven keresztül az egyetlen oxigéntermelő fotoszintézist folytató élőlények voltak a Földön. Az ősi cianobaktériumok leszármazottai majdnem minden vízi, sőt szárazföldi „niche”-t elfoglaltak, és vízi környezetben egyedül képesek a légköri molekuláris nitrogén megkötésére. Az eukarióta algák „csupán” 1,8 milliárd évesek, tömegessé egymilliárd évvel ezelőtt váltak. A felszíni vizekben élő apró, fotoszintetizáló prokarióta, majd később eukarióta élőlények vízbontással és oxigéntermeléssel járó fotoszintézise vezetett a molekuláris oxigén atmoszférabeli megjelenéséhez. Egyetlen más folyamat sem hatott a bioszféra evolúciójára olyan mértékben, mint az oxigéntermelő fotoszintézis.

Az élet lehetőségét a szárazföldeken a csapadék, a kontinentális vizek biztosítják. A természetes vizek tulajdonképpen hígabb, töményebb sóoldatok; ahol víz van, ott élet is van (Sebestyén, 1963). Nem véletlen, hogy napjainkban a csillagászok a világűrben az élet nyomait keresve víz után kutatnak.

E rövid áttekintésben célunk azt bemutatni, hogy a vízi élővilág és ökoszisztémák alapvetően hozzájárulnak az emberiség létéhez és jóllétéhez, így pusztulásukkal a társadalom is jelentősen károsodik. Ennek megakadályozása multidiszciplináris megközelítést igényel, beleértve a társadalmi és döntéshozói igények felmérését is.

A VÍZI ÖKOSZISZTÉMÁK JELENTŐSÉGE MINDENNAPI ÉLETÜNKBEN

Ökoszisztéma-szolgáltatásoknak nevezzük mindazokat a hasznokat, amelyeket a társadalom kap az ökoszisztémák működése által (Díaz et al., 2015). Ilyen „mindennapi haszon” például a tiszta víz a vízi rendszerek biológiai tisztulóképessége eredményeképpen, az árvizek hatásának mérséklése, az élelmiszer (például halak), vagy éppen a szabadidő eltöltésének tartalmas biztosítása természetes vagy természetközeli vízparton stb. Négy fő típusát szokás megkülönböztetni, mégpedig a támogató, ellátó, szabályozó és kulturális szolgáltatásokat (Báldi, 2011). Az alábbiakban ezekre mutatunk be példákat a vízi ökoszisztémákból.

Az ún. **támogató ökoszisztéma-szolgáltatások** biztosítják az élet alapvető működéséhez szükséges feltételeket, így az energiát (szerves anyagot) és az oxigént, többek között. A vízi termelő szervezetek (azaz, amelyek szerves anyagot állítanak elő a fotoszintézis során, így az algák és a nagyméretű növények; makrofitonok) termelik a légköri oxigén több mint felét, továbbá a vizekben folyó elsődleges szervesanyag-termelés képezi a bioszféra produkciójának mintegy felét (49%), miközben ennek csupán 18%-a az esőerdők hozzájárulása.

Mivel a Föld felszínének több mint 70%-át borítják az óceánok, átlagos mélységük pedig 3,8 km, bolygónkat helyesebb lenne *Víznek* (Aqua), mint *Földnek* (Terra) nevezni (Smil, 2002). A világoceán dominálja a globális vízciklust, a Föld vízkészletének 96,5%-a van az óceánokban, 0,0127%-a tavakban, 0,0002%-a folyókban és 0,0001%-a élőlényekben. Ezek a források azonban végesek, nem követik a Föld népességének gyarodását, emiatt bolygónk egyes területein már súlyos humanitárius, gazdasági, sőt politikai konfliktusokat okoz a vízhiány. A szíriai polgárháború kirobbanása például a 2007–2010-es rekordszárazság okozta élelmiszerhiányra vezethető vissza (Kelley et al., 2015).

Ellátó ökoszisztéma-szolgáltatás például az élelmiszer termelése. Nagyon fontos a vizek hal-, rák-, kagyló- stb. produkciója, hiszen például 2010-ben az emberiség éves átlagos halfogyasztása 18,5 kg/fő volt (Magyarországon ez az érték 5 kg körüli). Hazánkban a halászat és horgászat révén hasznosított természetes és mesterséges vízfelület kiterjedése 164 ezer hektár, ami a Balaton felületének 2,5-szerese. Egy tizenkét európai tóra kiterjedő kutatás eredménye szerint szignifikáns kapcsolat van a fitoplankton-produkció és a halprodukción között (Håkanson – Boulion, 2001), ezt a Balatonra kivetítve azt kapjuk, hogy a tó keleti, tiszta vizű területén a halprodukción 20 kg-ot tehet ki hektáronként, az algában gazdag Keszthelyi-medencében ez az érték 30 kg/hektárra tehető. Természetes vizeink halprodukciónja ma is igen számottevő, azonban ennek jelentősége messze túlnőtt annak táplálkozási értékén, hiszen ezeken a vizeken a halászat mint iparág megszűntével az összes halat horgászok fogják ki. Közel félmillióan horgásznak Magyarországon.

Az emberiség vízhasználata számtalan módon elválaszthatatlan a vízi ökoszisztémák megfelelő működésétől és az általuk biztosított ökoszisztéma-szolgáltatásoktól. A **szabályozó ökoszisztéma-szolgáltatások** egyik példája a víztisztítás. New York ellátását jó minőségű ivóvízzel a vízgyűjtő terület ökoszisztémáinak rekonstrukciójával érték el, így természetes módon történik a víztisztítás, amely környezetbarát volta mellett kb. ötmilliárd dollárral olcsóbb is volt, mint egy víztisztító telep építése. Ráadásul természetes módon „üzemel”, így az évi 300 millió dollárra becsült üzemeltetési költségre sincs szükség (Hanley – Barbier, 2009).

Magyarországon parti szűrésű kutakból származik ivóvízellátásunk közel harmada. Például a Szentendrei-sziget és a Duna bal partján található parti szűrésű kutak látják el Budapest jelentős részét. Ezek a kutak a Duna vastag kavicsrétegén átszűrődő vizét szolgáltatják – iható minőségben. Klórral vagy ózonizálással történt kezeléson kívül egyéb tisztítási eljárást nem alkalmaznak, ezért nem lehet eléggé hangsúlyozni a folyó természetes szűrőrendszere és annak megőrzése fontosságát.

A természetes rendszerekben működő visszacsatolások révén az áradások szabályozása is megvalósul. Ez egyáltalán nem azt jelenti, hogy természetes rendszerekben nincsenek áradások, hanem azt, hogy az áradások gyakorisága, intenzitása és hatása csekélyebb, illetve megfelelő élőhelykezeléssel azon ökoszisztémák vízmegtartó képessége befolyásolható, amelyeket érintenek a folyók (Brauman et al., 2007). Kiemelendő az ártéri ökoszisztémák helyreállításának fontossága, hiszen ezek az ökoszisztémák számos szolgáltatást nyújtanak (többek között a fent említett vízmegtartó képességükön keresztül fontos árvízszabályozók).

A **kulturális ökoszisztéma-szolgáltatások** közé tartozik az oktatás, kutatás, rekreáció, művészi inspiráció és a hozzájárulás a lelki harmóniához, illetve egészséghez is. Vizeink kapcsán alapvetően rekreációs tevékenység a horgászat. Ez a szabadidő kellemes eltöltésének egyik fontos módja, és jelentős mennyiségű pénzt is áldoznak rá a hódolói. Nyilván ott alakul ki rekreáció, ahol a víz tiszta, ahol az élővilág megfelelő egyensúlyban van, és biztosítja az „elvárt” ökoszisztéma-szolgáltatásokat. Az elvárások azonban sokfélék, esetenként ellentétesek egymással. A fürdés és vízi sportok szempontjából kedvelt víz tiszta, átlátszó, nem tesz zavarossá a tömegesen elszaporodott algák és az azokat fogyasztó mikroszkopikus állati szervezetek, másképpen fogalmazva biológiai produktivitása kicsi. Halastavakban ezzel ellentétben a nagy produktivitás a cél, amit takarmányozással, esetenként trágyázással fokoznak, vizük a benne nyüzgő mikroszkopikus élőlényektől zavaros. A Balaton legfontosabb ökoszisztéma-szolgáltatása a fürdőzéssel egybekötött turizmus lehetőségének biztosítása, emellett fontos ivóvízbázis is, ami meglehetősen korlátozott halprodukciót tesz lehetővé, és törvényszerűen korlátozza az egyébként alapvetően rekreációs célú horgászat lehetőségeit.

A VÍZI ÖKOSZISZTÉMÁK MŰKÖDÉSÉT VESZÉLYEZTETŐ TÉNYEZŐK, ÍGY KELETKEZŐ KÁROK

A vizek szervetlen és szerves anyagokkal való szennyezése súlyos probléma lehet. A megnövekedett szennyvízkibocsátás, a nagyüzemi állattartás és a szántóföldekről bemosódó műtrágyák megnövelik a vizek növényitápanyag- (elsősorban foszfor-) terhelését. A tápelem-túlkínálat miatt a vízi növények, elsősorban a mikroszkopikus algák túlzott mértékben elszaporodnak, ami számos emberi vízhasználatot károsít. Ez az **eutrofizáció** nevű folyamat nem egyszerűen az algák mennyiségének megnövekedését jelenti, hanem egy komplex eseményláncolatot, amely az egész vízi ökoszisztéma megváltozásával jár. Főleg tavainkban nyaranta gyakori a cianobaktériumok (kékalgák) tömeges elszaporodása, utóbbiak között pedig toxintermelésre képes fajok is vannak, de ezek termelik például a halak ún. iszapízét okozó szerves vegyületeket is (geozmin, 2-metil-izoborneol). Az eutrofizáció világprobléma, és hazánkban is országos jelentőségű gondokat okozott néhány évtizeddel ezelőtt a Balaton algásodása kapcsán, de okoz ma is például a főváros közelsége miatt egyik legfontosabb rekreációs vizünkön, a Ráckevei (Soroksári)-Dunán. Nem véletlen, hogy a WHO ajánlása szerint azok a vizek, ahol cianobaktérium-dominancia van, és az *a*-klorofill koncentrációja meghaladja a 75 µg/l értéket, nem alkalmasak fürdőzésre. Ez volt a helyzet a Balaton nyugati területein az 1980-as években és az 1990-es évek első felében (Herodek, 1983). Ez a sajnálatos körülmény nagyon intenzív, a Balaton egész vízgyűjtő területére kiterjedő kutatómunkát generált, amelynek keretében megvalósult az ökológusok, a mérnökök és a rendszerelemzők országon belüli, sőt nemzetközi együttműködése, amely ökológiai és hidrológiai modellek alkotásában teljessé vált ki (Somlyódi – Straten, 1986), amelyek felhasználták a rendszeres monitorozási eredményeket, feltárták a jelenség okait és meghatározták a védekezés módjait. A tóparti szennyvizek kivezetésével és a vízgyűjtő területen a harmadik fokozatú szennyvíztisztítás (foszforleválasztás) megvalósításával a Balaton külső foszforterhelése harmadára-negyedére csökkent, amit néhány éves késéssel a fitoplankton ugyanilyen mértékű csökkenése és jelentős átstrukturálódása követett.

A Balaton esete környezetvédelmi sikertörténetnek számít: nemcsak a folyamat megállítása sikerült, hanem annak visszafordítása is megtörtént, ma már a Balaton vize mindenütt alkalmas fürdésre, jó minőségű ivóvíz biztosítására. A Balaton legfontosabb ökoszisztéma-szolgáltatása a rekreáció, de folyamatosan közel százezer ember (nyáron ennek többszöröse) ivóvízellátását is szolgálja.

Vizeinket egyre nagyobb mennyiségben terhelik mesterségesen előállított **vegyi anyagok**, ún. mikroszennyezők is, amelyek káros élettani folyamatokat indíthatnak be, és sok esetben a táplálékhálózaton keresztül akkumulálódnak. Ezek közé a mikroszennyezők közé tartozhatnak gyógyszeripari és testápolási termékek, kozmetikumok, ízfokozók, poliaromás és illékony szénhidrogének, amelyek élettani hatásukat tekintve a hormonműködést felborító, endokrin rendszert káro-

sító anyagok, vagy immun- és idegrendszert károsító anyagok egyaránt lehetnek (Jurecska et al., 2014). Talajvizekben egyik leggyakrabban előforduló szennyező, mesterségesen előállított illékony szénhidrogén-származék az oldó- és ipari tisztítószerként (festékeltávolításra, fémek zsírtalanítására, textíliák száraz tisztítására) használt triklór-etilén (Dobosy et al., 2016). Ivóvízzel, bőrön át felszívódva vagy akár inhalációval is bejuthat az élő szervezetekbe, elsősorban máj- és vesemegnagyobbodást, továbbá az enzimátikus rendszer megváltozását okozva.

A **gyógyszermaradványok** skálája is igen széles: antibiotikumok, fájdalomcsillapítók, hormonkészítmények, gyulladásgátlók (Magyarországon ibuprofenből és naproxenből évente 10 tonnát adnak el a patikák). A gyógyszerhatóanyagok akár 90%-a átalakulás nélkül hagyhatja el a szervezetet, és juthat a kommunális szennyvizekbe. A szennyvíztisztítás során eltávolításuk nagyjából nem megoldott, ezért bejutnak élővizeinkbe (Andrási et al., 2013; Jurecska, 2012), ahol az ökoszisztémára, különböző élőlényekre kifejtett hatásuk sokszor ismeretlen, feltárásuk ökológiai, ökotoxikológiai vizsgálatokat igényel. A helyzetet súlyosítja ezen anyagok esetleges szinergikus hatása, valamint a mikrobiális úton történő lebomlásuk során keletkező, ugyancsak ismeretlen hatású, kis molekulájú vegyületek sora.

Földünkön évente közel 300 millió tonna **műanyag hulladék** keletkezik, ami tengeri és édesvízi ökoszisztémákban egyaránt megtalálható. Lassú lebomlásuk (több száz év), valamint a műanyagtermelés folyamatosan bővülő volumene miatt egyre növekvő mennyiségben halmozódnak fel a befogadó vizekben és azok üledékében. A műanyag mikrorészecskék (<5 mm) különös figyelmet érdemelnek, mert a kis méret miatt könnyen bekerülnek a vízi állatvilág emésztőrendszerébe. Az észak-amerikai nagy tavakban a megtalált műanyag hulladék 70%-a kisebb volt, mint 1 mm. E részecskék felületén környezetre veszélyes anyagok adszorbeálódnak, például poliklorozott bifenilek (PCB) vagy sokgyűrűs aromás szénhidrogének (PAH), de lebomlásuk során környezetet károsító kemikáliák is felszabadulnak. A gerinctelen vízi állatok és a halivadékok általi elfogyasztásuk révén pedig bekerülnek a vízi táplálékhálózatba, és végül az emberhez is eljutnak. A plastik mikrorészecskék tengeri kutatása intenzíven folyik, de édesvízi előfordulásukról és hatásukról keveset tudunk. Néhány úttörő jellegű munkából tudjuk, hogy olyan távoli és humán hatásoktól kevésbé érintett vizekben is jelen vannak, mint a mongóliai Hövszögöl-tó, de hozzánk közelebb, az alpesi környezetben lévő Garda-tóban is jelentős mennyiségben fordulnak elő (Christopher et al., 2014; Imhof et al., 2013).

A vízi közlekedés fejlesztése érdekében a csatornákkal összekötött nagy folyórendszerek ma már olyan „országutakat” alkotnak, amelyeken a legkülönbözőbb élőlények vándorolhatnak és juthatnak el eredeti élőhelyeiktől nagy távolságokra. Az **invazív fajok** veszélyeztethetik a vízi ökoszisztémákat, csökkentik a biodiverzitást, kiszorítják az őshonos fajokat, számos mezőgazdasági, egészségügyi és gazdasági problémát okozhatnak (Báldi et al., 2017). A Duna árterén az első

invazív fajokat már az 1800-as években feljegyezték, és mára például a Duna hazai szakaszán a kagylók 20%-a, a vízcicsigák 13%-a idegenhonos. A vándorkagyló a Balatont az 1930-as években özönlötte el, de a hajók ballasztvizével 1988-ban Európából eljutott Észak-Amerikába, és 2000-re elárasztotta a Nagy-tavakat és a Mississipp medencéjét. Az amúri kagyló lárvája a kelet-ázsiai növényevő halak betelepítésével jutott el hazánkba, és napjainkra meghódította az ország sekély állóvizeit. Mindezek miatt a biológiai inváziók vizsgálata a modern ökológiai kutatások egyre fontosabb területe.

A vízi közlekedés, továbbá energiatermelés céljából a folyókon emelt duzzasztógáták számos ökológiai problémát okoznak, többek között **élőhely-fragmentációt**. A világon több mint 42 000 nagyméretű (30 m feletti) völgyzáró gát és több százezer kisebb duzzasztógát épült, az általuk visszatartott vízmennyiség mintegy ötszöröse az összes folyóvíz által képviselt vízmennyiségnek (Rosenberg et al., 2000). A duzzasztott szakaszokon a folyók lelassulnak, valójában tavakká alakulnak át, lebegtetett anyagaikat lerakják, és jelentős feliszapolódás következhet be. A tározó mögötti folyószakaszon medermélyülés alakul ki, az pedig a folyó életében oly fontos szerepet betöltő (például halivadék-nevelő hely) mellékágak levágódását (a laterális konnektivitás megszűnését) eredményezi. A gátak ugyanakkor számos természetes vándorfajnak okoznak áthághatatlan akadályt; nem véletlen, hogy a vaskapui vízlépcsők megépülte után jelentősen csökkent a tokfélék (például a viza) fogása Magyarországon (Guti – Gaebele, 2009). A fragmentáció a világ nagy folyóinak több mint kétharmadát érinti. Természetes vizeink halállományát számos közvetlen és közvetett antropogén hatás veszélyezteti, ezek között az élőhelyek megváltozása, fragmentációja áll az első helyen, ezt követi az idegenhonos halak szándékolt és szándékolatlan betelepítése, valamint az intenzív horgászat, illetve korábban a halászat is. A folyók szabályozása, víztározók építése jelentősen csökkentette a természetes halpopulációk élő- és szaporodási helyét. Az idegenhonos halak betelepítése is több kárt okozott, mint amennyi hasznot hajtott pénzügyi és ökológiai szempontból egyaránt. Korábbi terepi vizsgálatok alapján egyes halfajok túlhalászása és az állományok betelepítéssel való pótlása bevett gyakorlat Magyarországon, de ennek a technikának reális veszélye, hogy lerontja a természetes állományok genetikai diverzitását (Speciár – Erős, 2016).

AZ ÖKOLÓGIAI KUTATÁSOK SZEREPE A VÍZI ÖKOSZISZTÉMÁK ÁLTAL NYÚJTOTT ELŐNYÖK KIAKNÁZÁSÁBAN, A VESZÉLYEK ELHÁRÍTÁSÁBAN

Az emberiség jólléte a vízi ökoszisztémák egészséges működésének függvénye. Az ökoszisztémákat alkotó élőlényegyüttesek működésének, összetételének és diverzitásának ismerete elengedhetetlen azok állapotának megítéléséhez. Nem lehet véletlen, hogy a kutatások nyújtotta evidencia egyre fontosabb szerepet tölt be

a természeti erőforrások fenntartható kezelésében. Ezen a felismerésen alapul az **EU Víz Keretirányelve** (VKI), amely vizeink jó ökológiai állapotának elérését, az ökológiai állapot rendszeres monitorozását írja elő (Ács et al., 2015; Padisák et al., 2006). Felszíni vizeinkben a biológiai monitorozás öt élőlénycsoportra terjed ki, ezek a vízben lebegve élő és a felülethez rögzült algák (fitoplankton és fitobentosz), a vízi makroszkopikus gerinctelen állatok és a növények (makrozoobentosz és makrofitonok), valamint a halak. E minősítés módszerére vonatkozó szakmai javaslat Magyarországon 2003-ban készült el, 2005-ben pedig megtörtént négyszáz hazai vízfolyás ökológiai állapotának értékelése és minősítése. Az országos monitorozás 2007-ben indult el, amelynek köszönhetően készülhetett el 2009-ben az ország első, 2015-ben pedig a második Vízgyűjtő Gazdálkodási Terve, amely tartalmazza többek között azokat az intézkedési terveket, amelyeket a jó ökológiai állapotot el nem érő felszíni vizek esetében kell alkalmazni.

A Balaton vízminőségének helyreállítása a hazai környezetvédelem egyik sikertörténete, amely integrált megközelítés és az érintett szakterületek, így az ökológia bevonása nélkül nem valósulhatott volna meg. Fentebb részletesen írtunk erről az eutrofizációs folyamatról, illetve visszafordításáról. A Balaton vize napjainkban mindenütt alkalmas fürdésre, és jó minőségű ivóvíz nyersanyaga is.

Folyóink komplex módon, a legkülönbözőbb területeken hatnak mindennapi életünkre (Bíró – Oertel, 2004). Ahogy már volt róla szó, közlekedési útvonalat jelentenek, élelmet, ivó- és ipari vizet nyújtanak, gátakon, erőműveken keresztül energiatermelésre foghatók. Az ember természetátalakító tevékenysége során sokszor egy funkciót egy másik elé helyez, például gátakkal, mederszabályozással jobban hajózható útvonalakat hoz létre – a folyó széles területen való szétterülését, nagy árterületek létrejöttét akadályozva ezzel. A nagy folyam szabályozások után ismertük csak fel (újra), hogy a folyami árterek rendkívül fontosak. Változatos élőhelyek, amelyek a biológiai sokféleség fenntartását segítik elő, szaporodóhelyet nyújtanak az élelmezésben is fontos szerepet betöltő élőlények számára (például halbölcsők), hagyományos ártéri gazdálkodási módokkal (például fokgazdálkodás) fenntartható megélhetést nyújthatnak, segítik a folyó természetes tisztulását. A Duna gemenci ártere 18 000 hektár kiterjedésű, Európa egyik utolsó és egyben legnagyobb természetes ártéri területe.

Ma már azt is tudjuk, hogy a szűk gátak közé szorított folyóknak megnő az energiájuk, ami gyors medermélyülést, csökkenő kis vízszintet, hajózási, öntözési, ivóvízkivételi gondokat okozhat. A laterális konnektivitás egyre nagyobb mértékű megszűnésének ökológiai következményei ugyancsak ráirányítják a figyelmet az ilyen kutatások fontosságára, hiszen ezek a mellékágak a folyó tüdejének számítanak, megújul, „felfrissül” itt az élővilág, és inokulálja a főmeder ökoszisztémáját. Ráadásul a hagyományos, töltésekkel való védekezés sokszor nem nyújt elegendő biztonságot a rekordméretű árhullámokkal szemben.

KITEKINTÉS

E rövid áttekintés a vízi ökoszisztémák szolgáltatásainak rövid, óhatatlanul szubjektív bemutatását tudja felvállalni (vö. Istvánovics, 2015). Ugyanakkor a vízi rendszerek csakúgy, mint más ökológiai rendszerek, **komplex interakciós hálózatba** szerveződnek, amelyekben a fajok, illetve funkciós csoportok közötti „lát-hatatlan” kölcsönhatások e rendszerek jóval mélyebb megértését igénylik. Tovább bonyolítja a kölcsönhatás-hálózatot, ha a társadalmi igényeket, intézményi és kormányzási tényezőket is figyelembe vesszük. A kérdéseket pedig nem elsősorban az ökológusok teszik fel, hiszen – éppen sokrétű szerepük miatt – széles társadalmi csoportok vannak kapcsolatban a vizekkel, így a társadalomnak jól megfogalmazható igényei és elvárásai vannak. Lokális környezetszennyezések (cianid, vörösiszap, kommunális szennyvizek), globális klímaváltozás (folyókák szélsőséges vízszintingadozása, levonuló árhullámok) vagy akár közvetlen gazdasági érdekek folyamatosan a közvélemény figyelmének, érdeklődésének középpontjában tartják a vízi ökoszisztémákat.

A hazai víztudomány fejlődéséhez az ökológia számos területen tud hozzájárulni, többek között a legújabb módszerek alkalmazásával lehetőség nyílna nagy tömegben megbízható adatokhoz jutni, hatékonyabbá téve a környezeti állapot felmérését vagy a beavatkozások nyomon követését. Ilyen módszerek például a környezeti DNS révén történő biodiverzitás-felmérés; LIDAR-távérzékelés alkalmazása; mikrorészecskék, illetve szerves és szervetlen szennyezők műszeres kimutatása; *in situ* mérőrendszerek kiépítése; új adatfeldolgozási technikák („big data”) stb. Az ökológiai tudás „összekapcsolása” a társadalmi igényekkel az ökoszisztéma-szolgáltatás megközelítés révén valósulhat meg. Így például közös alapot lehet teremteni a kormányzati elvárások és lehetőségek, illetve a vízi élővilág rendszereinek értékelésére, azaz beépíteni az ökoszisztémák értékeit a döntéshozatali rendszerbe.

Az édesvizek kutatása több területen elmarad a szárazföldi és tengeri kutatásoktól, így jelentős erőfeszítések szükségesek a további tudományos munkákhoz. Kiemelten igaz ez a nagy folyók kutatására, noha ezek jelentősége hatalmas, és szerteágazóan kapcsolódik a környezeti és társadalmi rendszerekhez (lásd például az EU Duna Régió Stratégiát). Elkerülhetetlen a komplex környezeti problémák integrált és multidiszciplináris tudományos megközelítése és értékelése, ami sürgős lépéseket igényel a hazai vízi rendszerek fenntartható kezelésében is. Nagyléptékű kutatási program tud csak megfelelni a felszín alatti, felszíni és légköri vizek élővilága feltárásának, az interakciók megértésének, és mindezt a döntéshozatal támogatására megfelelően kell prezentálni.

E tanulmánnyal szándékunk volt felhívni a figyelmet arra, hogy környezeti problémáinkat csak komplex, átfogó, integrált megközelítésben lehet megérte-

ni, és csak ilyen módon lehet mérsékelni hatásukat. Ez nem elsősorban tudományos kérdés, a társadalom igényeinek kell megfelelni és jóllétét (well-being) szolgálni (Díaz et al., 2015). Mindez azonban csak tudományos evidenciákon alapulva lehet hatékony.

IRODALOM

- Ács Éva – Borics Gábor – Boda Pál et al. (2015): Magyarország felszíni vizeinek ökológiai állapotértékelő módszerei. *Magyar Kémikusok Lapja*. 70, 11, 374–380. http://www.mkl.mke.org.hu/images/stories/downloads/2015/2015_11.pdf
- Andrási Nóra – Molnár Borbála – Dobos, Bernadett et al. (2013): Determination of Steroids in the Dissolved and in the Suspended Phases of Wastewater and Danube River Samples by Gas Chromatography, Tandem Mass Spectrometry. *Talanta*. 115, 367–373. DOI: 10.1016/j.talanta.2013.05.029
- Báldi András (vendégszerk.) (2011): Biodiverzitás és ökoszisztéma-szolgáltatás. *Magyar Tudomány*. 172, 7, 770–801. <http://www.matud.iif.hu/2011/07/Tartalom.htm>
- Báldi András – Csányi Béla – Csorba Gábor et al. (2017): Behurcolt és invazív állatok Magyarországon. *Magyar Tudomány*. 178, 4, 399–437. <http://www.matud.iif.hu/2017/04/04.htm>
- Bíró Péter – Oertel Nándor (2004): A hidrobiológia főbb irányvonalai és feladatai. *Magyar Tudomány*. 165, 1, 37–46. <http://www.matud.iif.hu/04jan/004.html>
- Brauman, Kate A. – Daily, Gretchen C. – Duarte, T. Ka'eo – Mooney, Harold A. (2007): The Nature and Value of Ecosystem Services: An Overview Highlighting Hydrologic Services. *Annual Review of Environment and Resources*, 32, 67–98.
- Christopher, M. F. – Jensen, O. P. – Mason, S. A. et al. (2014): High-levels of Microplastic Pollution in a large, Remote, Mountain Lake. *Marine Pollution Bulletin*. 85, 156–163. DOI: 10.1146/annurev.energy.32.031306.102758 http://www.biodiversity.ru/programs/ecoservices/library/functions/water/doc/Brauman_2007.pdf
- Díaz, Sandra et al. (2015): The IPBES Conceptual Framework — Connecting Nature and People. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 14, 1–16. DOI: 10.1016/j.cosust.2014.11.002 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187734351400116X>
- Dobosy Péter – Vizsolyi Éva Csiperke – Varga Imre et al. (2016): Trichloroethylene Removal from Water by Ferrate Treatment. *Microchemical Journal*. 127, 74–78. DOI: 10.1016/j.microc.2016.02.010 <http://www.revaikiado.hu/wp-content/uploads/2015/08/TCE.pdf>
- Guti Gábor – Gaebele Tibor (2009): Veszélyeztetett tokfélék (Acipenseridae) a Duna magyarországi szakaszán. *Természetvédelmi Közlemények*. 15, 57–67. <http://doksi.hu/get.php?lid=14945>
- Håkanson, Lars – Boulion, Viktor V. (2001): Regularities in Primary Production, Secchi Depth and Fish Yield and a New System to Define Trophic and Humic State Indices for Lake Ecosystems. *International Review of Hydrobiology*. 86, 23–62. DOI: 10.1002/1522-2632(200101)86:1<23::AID-IROH23>3.0.CO;2-4 https://www.researchgate.net/publication/230366409_Regularities_in_Primary_Production_Secchi_Depth_and_Fish_Yield_and_a_New_System_to_Define_Trophic_and_Humic_State_Indices_for_Lake_Ecosystems
- Hanley, Nick – Barbier, Edward B. (2009): *Pricing Nature: Cost-Benefit Analysis and Environmental Policy*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing
- Herodek Sándor (1983): A Balaton eutrofizálódása és a védekezés lehetőségei. *Magyar Tudomány*. 28, 90, 7–8, 506–517.

- Imhof, H. K. – Ivleva, N. P. – Schmid, J. et al. (2013): Contamination of Beach Sediments of a Subalpine Lake with Microplastic Particles. *Current Biology*. 23, 867–868. DOI: 10.1016/j.cub.2013.09.001 [http://www.cell.com/current-biology/fulltext/S0960-9822\(13\)01108-1?_returnURL=http%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0960982213011081%3Fshowall%3Dtrue](http://www.cell.com/current-biology/fulltext/S0960-9822(13)01108-1?_returnURL=http%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS0960982213011081%3Fshowall%3Dtrue)
- Istvánovics Vera (2015): Felszíni vizek kutatása Magyarországon – Helyzetkép és javaslatok. *Magyar Tudomány*. 175, 7, 843–854. <http://www.matud.iif.hu/2015/07/15.htm>
- Jurecska Laura (2012): Új típusú szűrők gyógyszermaradványok eltávolítására. Víz tisztítás ciklodextrinekkel. *Élet és Tudomány*. 67, 3, 73–75.
- Jurecska Laura – Dobosy Péter – Barkács Katalin et al. (2014): Characterization of Cyclodextrin Containing Nanofilters for Removal of Pharmaceutical Residues. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*. 98, 90–93. DOI: 10.1016/j.jpba.2014.05.007 https://www.researchgate.net/publication/262815700_Characterization_of_cyclodextrin_containing_nanofilters_for_removal_of_pharmaceutical_residues
- Kelley, Colin P. et al. (2015): Climate change in the Fertile Crescent and Implications of the Recent Syrian Drought. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. 112, 11, 3241–3246. DOI: 10.1073/pnas.1421533112 <http://www.pnas.org/content/112/11/3241.full>
- Padisák Judit – Ács Éva – Borics Gábor et al. (2006): A Víz Keretirányelv és a vízi habitatdiverzitás konzervációbiológiai vonatkozásai. *Magyar Tudomány*. 167, 6, 663–669. <http://www.matud.iif.hu/06jun/04.html>
- Rosenberg, David M. – McCully, Patrick – Pringle, Catherine M. (2000): Global-Scale Environmental Effects of Hydrological Alterations: Introduction. *BioScience*. 50, 746–751. DOI: 10.1641/0006-3568(2000)050[0746:GSEEOH]2.0.CO;2 <https://academic.oup.com/bioscience/article/50/9/746/269195/Global-Scale-Environmental-Effects-of-Hydrological>
- Sebestyén Olga (1963): *Bevezetés a limnológiába*. Budapest: Akadémiai Kiadó
- Smil, Vaclav (2002): *The Earth's Biosphere: Evolution, Dynamics, and Change*. Cambridge, MA: The MIT Press
- Somlyódi László – Straten, Gerrit van (eds.) (1986): *Modeling and Managing Shallow Lake Eutrophication with Application to Lake Balaton*. Berlin: Springer-Verlag
- Speciár András – Erős Tibor (2016): Freshwater Resources and Fisheries in Hungary. In: Craig, John F. (ed): *Freshwater Fisheries Ecology*. Hoboken: John Wiley & Sons, 196–200.

AMIKOR SOK VÍZ VAN A TERÜLETEN – BELVÍZ

Bíró Tibor

Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Víztudományi Kar, Baja
biro.tibor@uni-nke.hu

Kulcsszavak: belvíz, belvizek felmérése, távérzékelés, belvíz-veszélyeztetettség, belvíz-hidrologia, előrejelzés

A BELVÍZ MINT NEHEZEN KIISMERHETŐ VÍZGAZDÁLKODÁSI JELENSÉG

A belvíz rendkívül összetett, nehezen kiismerhető vízgazdálkodási jelenség. Nem véletlen, hogy a hozzákapcsolódó veszélyeztetettséget jórészt tapasztalati úton tudjuk csak értékelni, azaz a múltbeli adatokra támaszkodunk, és abból próbáljuk a jövőt leképezni, az ellene való védekezésre felkészülni. Megjelenésére mindig számítanunk kell, de térbeli eloszlását csak a tényleges előtések mutatják meg. A belvíz az árvíznél nehezebben mérhető, számszerűsíthető, sokkal több paraméterrel, pontatlanabban írható le, és jóval bizonytalanabban jelezhető előre. Nagy területen, változékony kiterjedéssel és térbeli mintázottsággal jelenik meg, ezért a belvíz természete nehezebben kutatható.

A belvíz elleni védekezés a magyar vízgazdálkodás meghatározó feladata. A veszélyeztetettség területi arányát tekintve hazánk különleges helyzetben van. A Kárpát-medence legmélyebb részén elhelyezkedő, nagy kiterjedésű síkvidékeink egységes műszaki beavatkozással elvégzett árvízmentesítése sajátos vízgazdálkodási helyzetet teremtett, és talajtani, domborzati, valamint hidrológiai adottságai jó „táptalajt” szolgáltatnak a belvíz képződéséhez.

Keletkezésének összetettségét mi sem mutatja jobban, mint hogy a belvíz értelmezésére több mint ötvenféle meghatározás született. A fogalmak terén egyfajta evolúciónak lehetünk tanúi, amelyet a mindenkori társadalmi-gazdasági környezet formált az egyes szakterületek és ágazatok szempontrendszerei szerint. A belvíz megítélése, hatása és az ellene való védekezés eszközrendszere történelmileg változott és változik, de keletkezése – a szintén történelmileg kialakult rendszerek miatt – hosszú időre determinált.

Az első definíciók a belvíz kialakulásának okaként az árvízmentesítést jelölik meg, éppen ezért csak az árvízről mentesített területekre vonatkoztatják a belvizet. Az ármentesítési, töltésépítési munkálatok megkezdésével az árvízről mentesített területeken megjelenő vizek majdnem akkora gondot okoztak a földbirtokosoknak,

mint a korábbi árvizek. Ebben az értelmezésben a belvíz az árvízmentesítés következményeként lényegében emberi beavatkozás hatására jön létre, és alakulásának is döntően emberi beavatkozási okai vannak.

A fogalmak jelentős része a lefolyástalanságból indul ki, azaz a domborzat szerepét emeli ki, mintegy jelezve, hogy nem pusztán emberi hatások a meghatározók a belvíz kialakulásában. Ezzel arra is utalnak, hogy az ember szerepe a belvíz keletkezésében és a hatások mérséklésében is korlátozott.

Más fogalmak a csapadék, a talajvízmélység, a felszíni és felszín alatti hozzáfolyás, a hőmérséklet, valamint a talajvízháztartás szerepét emelik ki, azaz a belvizek kialakulásáért a véletlenszerűen kialakuló természeti tényezők egybeesését teszik felelőssé.

Meghatározó halmazt képviselnek azok a fogalmak, amelyek nemcsak a felszíni előntést tekintik belvíznek, hanem a közvetlenül hozzá kapcsolódó talajtérben lévő vizet is. Ez alapjaiban más szemléletet kölcsönöz a belvíz megítélésének, genetikájának, kártételeinek és az ellene való védekezés eszközszerének.

Vannak fogalmak, amelyek a belvizet annak hatásai alapján azonosítják, nevezetesen a „káros, helyben nem hasznosítható” vizet nevezik belvíznek. Ez a meghatározás azt igyekszik hangsúlyozni, hogy nem minden vizet kell elvezetni, csak azt, ami kárt okoz, illetve az adott helyen nem hasznosítható, feltételezve, hogy az egzakt módon lehatárolható. A fogalom szerinti kitételeket a területhasználat (mezőgazdaság, település, közlekedés, ipari és gazdasági létesítmények) szempontjából is mérlegelni kell, ami megnehezíti annak eldöntését, mit tekintünk belvíznek, és hogyan kezeljük azt (Váradi et al., 2015).

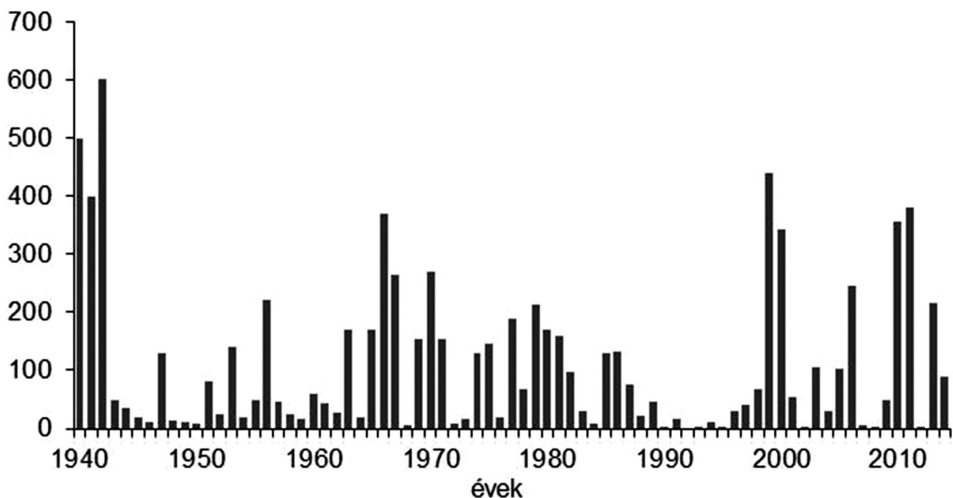
Napjainkban a belvízre általában mint káros jelenségre tekintünk, és az előntések nagyságának és tartósságának csökkentésére törekszünk. Az elmúlt évtizedek tapasztalatai rámutattak arra, hogy az előntések nagyságaira (maximális értékére) műszaki megoldásainkkal vajmi kevés befolyásunk van (Kozák, 2006), a tartósság néha rendkívüli erőfeszítésekkel és költségekkel csökkenthető csak. Ebből is látszik, hogy a belvizek természetét kevésbé sikerült kiismerni, a megjelenésére adott válaszok olykor tévúton jártak. Persze ebből az is következik, hogy a belvizekkel meg kell tanulnunk együtt élni, hiszen keletkezésüket megakadályozni nem tudjuk, hasznot viszont vehetünk belőle. Az elvezetett mennyiségek nyilvánvalóan hiányoznak az adott vízrendszerből, és ennek káros hatásait már megtapasztalhattuk (például vízszintsüllyedések).

ELÖNTÉSEK ÉS KÁROK

A belvízelvezető rendszerek XIX. század végétől zajló folyamatos fejlesztésének ellenére az 1940-es évek elején a valaha tapasztalt legnagyobb belvízi előntések jelentkeztek. 1942-ben megközelítette a 600 ezer hektárt az előntött terület

(Pálfai, 2004). A belvízrendszerek kiépítettségének növekedésével a nyolcvanas évekre az elöntések 50–100 ezer hektárra mérséklődtek. A kiépítettségbe vetett hitet az 1999. évi nagy belvíz jelentősen csökkentette. Az elöntések újra az 500 ezer hektárt közelítették. Az 1998–2000. évi belvizek okait sokan elemezték, és azonos következtetésre is jutottak: a felbomlott nagyüzemi gazdálkodás következtében a táblán belüli vízrendezések és azok fenntartásának megszűnése, csatornák elhanyagolása, a rekonstrukciók hiánya (Somlyódy, 2011).

De a tapasztalatok és az okok fejtegetésén túl azóta sem sikerült alföldi méretekben fizikailag „modellezni”, miért is alakultak ki ekkora elöntések. Az 1999–2000. évekéhez hasonló nagyságú elöntések kialakulására sem kellett harminc évet várni. 2010–2011-ben a maximális elöntések 400 ezer hektár körül voltak (1. ábra) (URL1).



1. ábra. Belvízi elöntések Magyarországon (ezer hektár). Forrás: URL1

A belvizek elsősorban a mezőgazdaságban okoznak súlyos károkat, például a termés mennyiségének csökkenését, minőségének romlását, a tenyészidő módosulását, valamint a talajszerkezet, talajminőség romlását és a talaj mikrobiológiai aktivitásának csökkenését. Ez utóbbi hatások együttesen csökkentik a talaj termékenységét.

A károk értelmezése sokrétű és ágazatfüggő. Értéke a jelentősebb (200–300 ezer ha közötti) elöntések idején 10–20 Mrd Ft körül lehet (Somlyódy, 2011), de ez csak közvetlenül az adott évben értelmezhető, a nyílt vízborításokhoz köthető károkat foglalja magában, azokat is pontatlanul. A belvíz közvetett, késleltetett hatásait célszerű lenne számszerűsíteni, hogy a döntéshozók világosabb képet kapjanak a problémáról.

A talajban a belvízi elöntések hatására végbemenő káros hatások (eliszapolódás, kilúgozódás, talajélet csökkenése stb.) évekre vethetik vissza az adott terület termékenységét. A vízborítások miatt bekövetkező talajszerkezeti degradáció akár már ugyanabban az évben növeli az aszályérzékenységet, azaz a vízgazdálkodási szélsőségek fokozottan érintik a belvív által veszélyeztetett területeket. Annyi bizonyos, hogy a hazai agrárágazat teljesítőkéességét – az aszályval karöltve – érdemben visszaveti.

A belvív nem csak a mezőgazdaságot sújtja. A belterületeken keletkezve az épületek állékonyságát veszélyezteti, közegészségügyi vonzatai vannak, de a közlekedési infrastruktúrákra is potenciális kockázatot jelentenek az elöntések.

A BELVÍZKUTATÁS LEGFONTOSABB TERÜLETEI

A területi vízrendezésnek hazánkban másfél évszázados múltja van, ez hatalmas szakmai tapasztalatot és tudásmennyiséget hordoz magában. Az erre épülő kutatói intézményrendszer világviszonylatban is kiemelkedő volt a múlt században. Napjainkra a belvízzel kapcsolatos kutatások – a nagy múltú vízgazdálkodási kutatóbázisok többségének megszűnésével – csak „szigetszerűen” maradtak meg. Új iskolák építése nem egyszerű feladat, de a meglévő kapacitások hálózatosításával lendületet lehetne adni a síkvidéki vízrendezés hazai tudományos világának.

A síkvidéki vízrendezéshez kötődő tudományos igény a vízügy oldaláról többször megfogalmazódott, 2001-ben kutatás-fejlesztési koncepció is született (URL2). 2015 elején az Országos Vízügyi Főigazgatóság Tudományos Tanácsának Belvízvédelmi Munkacsoportja – Váradi József vezetésével – a belvízmentesítés hatékonyságának javítását célzó tanulmányt készített, amelyben stratégiai célokat és operatív feladatokat fogalmazott meg. Ehhez kapcsolódóan, illetve erre épülve kirajzolódnak a belvízmentesítést támogató legfontosabb kutatási irányvonalak is.

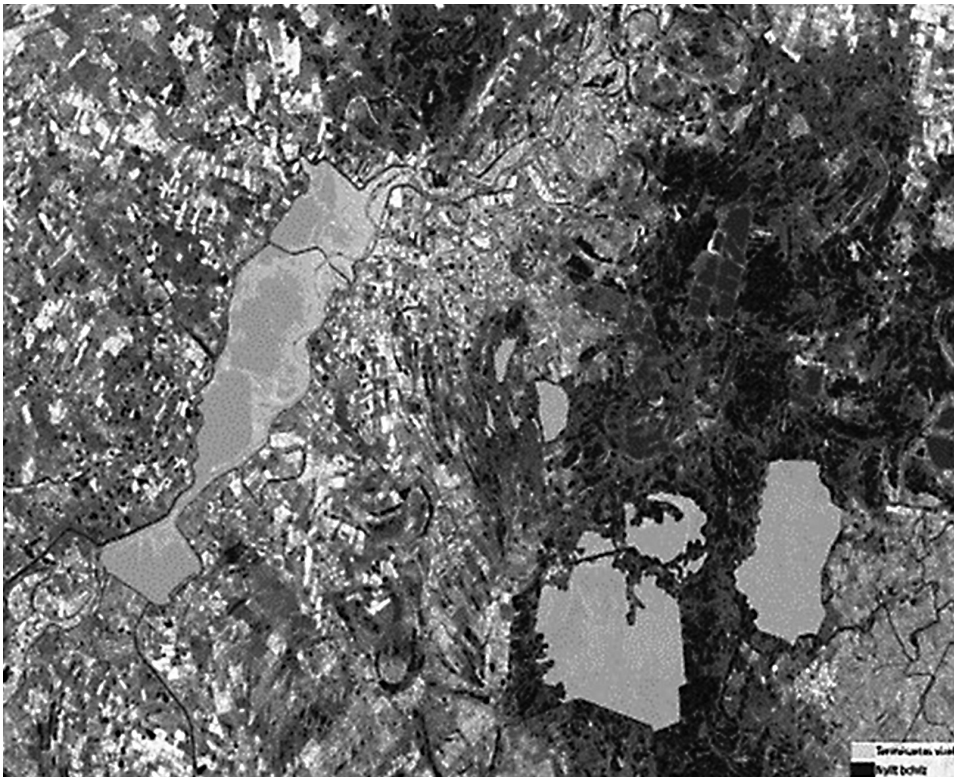
A Magyar Tudományos Akadémián 2016. május 9-én megrendezett „A magyar víztudomány és intézményrendszerének fejlesztése – a fenntartható vízgazdálkodás és a versenyképes Magyarország érdekében” című osztályrendezvényen szintén szóba kerültek a hazai belvízkutatás sarokpontjai.

A belvízi kutatások stratégiai területei napjainkban a következők: a belvizek felmérése, a belvív-veszélyeztetettség térképezése, a vízrendszerek hidrológiai-hidraulikai újraértelmezése, tározási kapacitások felderítése, a belvízmonitoring és az előrejelzési módszerek fejlesztése, valamint az éghajlatváltozás hatásainak számszerűsítése.

A BELVIZEK FELMÉRÉSE

A belvíz két fő hidrológiai jellemzője az elöntés nagysága és a lefolyás mértéke. Az elöntött területek felvételezése évtizedeken keresztül szemrevételezéssel történt, aminek megbízhatósága nyilvánvalóan korlátozott.

A térinformatika és a távérzékelés rohamos fejlődésével a belvíztérképezés előtt is új távlatok nyíltak. A nagy területekről rövid idő alatt homogén adatrendszert biztosító távérzékelés lényege a különböző felszíntulajdonságok eltérő spektrális tulajdonságain alapszik. A felszín által kibocsátott, illetve a felszínről visszaverődő sugárzás intenzitása változó a különböző hullámhossztartományokban. Minél több tartomány intenzitását tudjuk mérni, annál több információt nyerhetünk a földfelszínről. A vízről visszaverődő sugárzás intenzitása a növekvő hullámhosszal csökken. Ez az alapja, hogy a belvízfoltok és a túlnedvesedett talajok – elsősorban az infravörös tartományban – jól térképezhetők.



2. ábra. Radarszinkompoziton megjelenített belvízi elöntések a Tisza-tó környékén 2016-ban
Forrás: FÖMI

Távérzékelte adatokat műholdakról, különböző magasságokban felvételező repülőgépekről és földközeli eszközökről lehet nyerni. Tekintettel a víz sugárzáselnyelési tulajdonságaira, a látható és infravörös tartományban működő multispektrális szenzorok (4–20 sávban mérik a visszaverődő sugárzásokat) alkalmazása vált elterjedté a belvizek térképezésében. A Szegedi Tudományegyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszéke – közepes felbontású műholdfelvételekkel végzett – belvítérképezései a felsőoktatási műhelyek között kiemelkedők (Rakonczai et al., 2001; Mucsi – Henits, 2011).

Az optikai sávú passzív (önmaga nem bocsát ki elektromágneses sugárzást, csak a felszínről érkező jelet detektáló) szenzortechnika nagy hátránya, hogy az időjárási feltételek jelentősen befolyásolják, a felhőfedettség megakadályozza a belvízi elöntések térképezését.

A Földmérési és Távérzékelési Intézet (FÖMI) nagy felbontású, ún. szintetikus apertúrájú radar- (SAR) technikát alkalmazott a közelmúltban a belvizek térképezésére (2. ábra). Az SAR-technika lényege, hogy a műhold rádiósugárakat bocsát ki a felszín felé, amelyek visszaverődési idejét méri (aktív szenzor). Az alkalmazott frekvencia lehetővé teszi, hogy a mintavételezés gyakorlatilag független legyen az időjárástól. A most alkalmazott technológia csak a nyílt belvíz elkülönítését teszi egyelőre lehetővé, de jelenleg is intenzív fejlesztés folyik a többi kategória (például vízzel átitatott talaj, vízben álló növényzet) azonosítása érdekében (URL3). Az operatív beavatkozásokat támogató és a veszélyeztetettség pontosításához szükséges belvítérképezésnek ezen az úton kell haladnia. A nagy térbeli és időbeli felbontással végzett távérzékelés a belvízi lefolyások, összegyülekezések dinamikájára is választ adhat.

A VESZÉLYEZTETETTSÉG TÉRKÉPEZÉSE

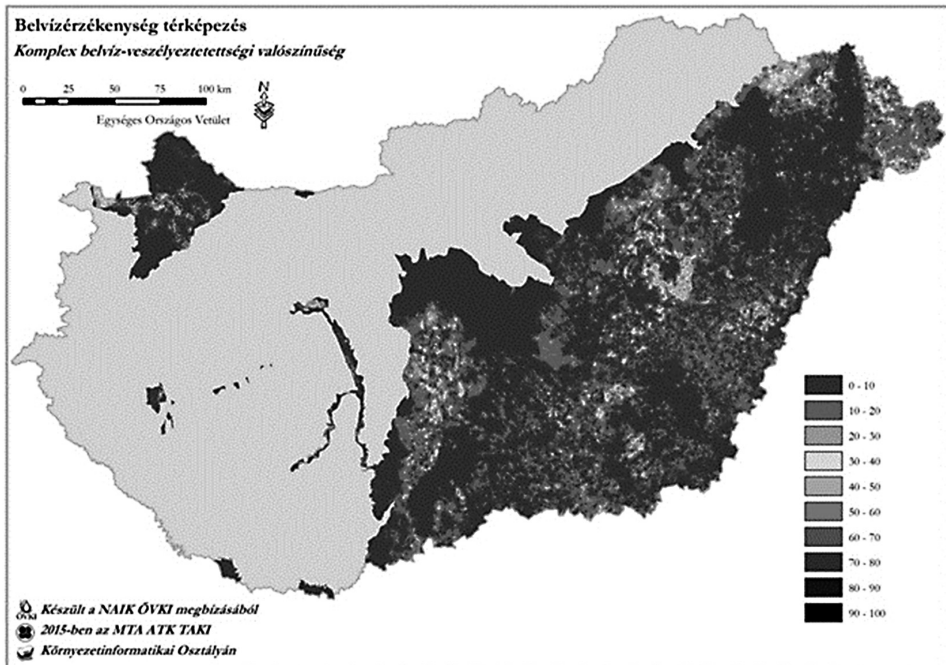
A síkvidéki vízgyűjtő területek fajlagos vízz szállító képességének szükséges mértékét az 1950-es években geometriai, talajtani és csapadékatatok alapján igyekeztek meghatározni, ebből a veszélyeztetettségre is lehetett következtetni. A belvíz kialakulásában szerepet játszó talajtani tényezők alapján az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézete kategóriatérképet készített (Várallyay et al., 1981).

A veszélyeztetettség területi különbségeinek elkülönítésére a tényleges elöntések felmérésein alapuló gyakorisági térképezést vezettek be az 1980-as évek elején. A belvíz kialakulásában szerepet játszó tényezők (talajtani és sekélyföldtani tényezők, talajvíz, művelési ág stb.) figyelembevételével a gyakorisági térképeket továbbfejlesztették. Az 1:200 000-es méretarányú térképek négy, illetve három veszélyeztetettségi kategóriát tartalmaztak az Alföld teljes területére (Pálfai, 1994).

A térinformatikai eljárások fejlődésével – ugyanezen elv mentén, de a kiváltó-befolyásoló tényezők és az elöntések közötti térbeli összefüggéseinek feltárá-

sával – újabb kategóriatérképek készültek Berettyó–Körös-vidéki mintaterületre (Thyll – Bíró, 1999; Bíró et al., 2000).

A Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ Halászati és Öntözési Kutatóintézetének, majd Öntözési és Vízgazdálkodási Önálló Kutatási Osztályának vezetésével ehhez a módszerhez hasonlóan, de azt továbbfejlesztve készült el Békés megye veszélyeztetettségi térképe, valamint az országos áttekintő térkép is (3. ábra). A szintézistérkép hat befolyásoló tényező és az elöntési gyakorisági térképek közötti regresszió alapult (Körösparti et al., 2009).



3. ábra. Országos veszélyeztetettségi térkép. Forrás: URL4

A korrelációkon alapuló veszélyeztetettség térképezésének örök dilemmája a kiváltó-befolyásoló tényezők (például domborzat–talaj–művelési ág) mint független változók közötti kapcsolatok kezelése. A kiváltó tényezők közötti belső kapcsolatrendszer, az autokorrelációt, a nem lineáris összefüggésekből származó bizonytalanságokat Boudewijn van Leeuwen (2012) neurális hálózatokon alapuló új, klasszifikációs eljárással kezelte.

A veszélyeztetettségi térképezésben az elmúlt két évtizedben számos új eredmény jelent meg. Az új technológiák, eljárások, elméletek próbálják kiküszöbölni a belvizek tér- és időbeli megjelenésének véletlenszerűségéből származó

bizonytalanságokat. A földi méréseket ért kritikákat a távérzékelés sem tudja maradéktalanul eloszlatni. Bár az összegyülekezés dinamikájának feltárásában pótolhatatlan eszköz, és nagyságrendekkel több információt biztosít számunkra a telemetria, kiértékelése továbbra is tartalmaz szubjektív elemeket. A veszélyeztetettség objektív meghatározásához a belvizek dinamikájának minél pontosabb megismerésén keresztül vezet az út.

A BELVIZEK HIDROLÓGIAI VIZSGÁLATA

A belvizet kiváltó okok jól ismertek: tartós csapadék, ennek következtében előálló telített talaj, illetve magas talajvízszint, nagy mennyiségű, hóban tárolt csapadék, talajfagy, gyors hóolvadás, illetve azzal egyidejű esőzések.

A kiváltó és befolyásoló tényezők együtthatásának értékelése tapasztalati úton alig lehetséges, ezért is nem jutunk sokkal közelebb a veszélyeztetettség objektívabb meghatározásához, és ez az egyik oka a pontatlan előrejelzésnek is. A belvizek természetének kiismerésében a belvíz-hidrológiai kutatásoknak van meghatározó szerepük.

A hazai kutatók a belvízrendszerek hidrológiai vizsgálatát vagy az összegyülekezés folyamatán keresztül vagy a tényleges elöntési és elvezetési adatok összefüggései alapján végzik.

A belvizek folyamat alapú matematikai leírásával az elmúlt években is több kutató foglalkozott (Kozák, 2006; Szlávik et al., 2009). A felállított modellek alapvető korlátja a hiányos térbeli adatellátottság, emiatt számos egyszerűsítést kénytelenek alkalmazni, eredményeik öblözeti szinten értelmezhetők.

A térinformatikai és a távérzékelési eljárásokat professzionálisan alkalmazó hazai tudományos műhelyek térképezési eljárásai éppen a térbeli felbontásban erősek, de a belvízi jelenség hidrológiai folyamatairól, azok időbeni lefolyásáról nem nyújtanak információt. Az öblözeti szintű hidrológiai elemzések és a geoinformatikai megoldások előnyeinek egyesítésére eddig nem sok próbálkozás született.

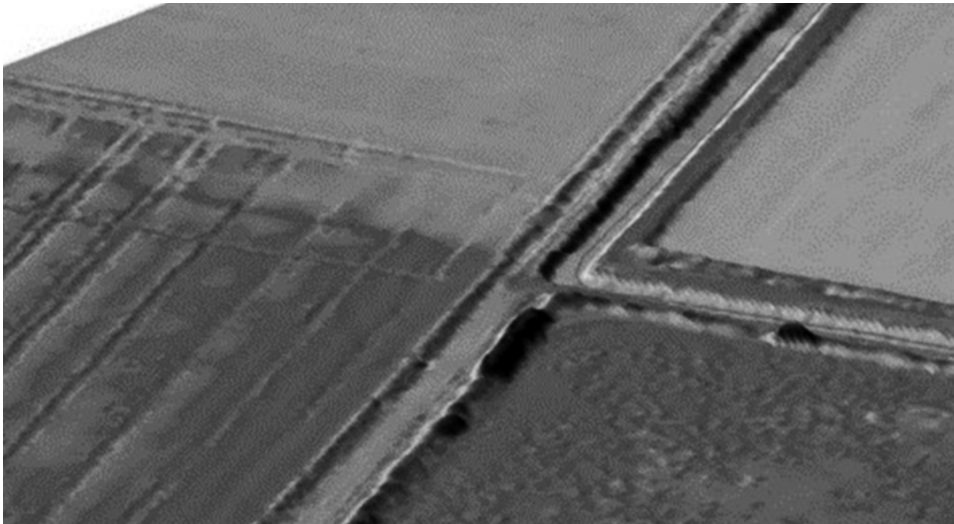
A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vízi Közmű és Környezetmérnöki Tanszékén az eddig ismert belvízkutatási módszereken bizonyos értelemben túllépve, a tér- és időbeliséget párhuzamosan kezelő integrált hidrológiai modellt készítettek. A háromdimenziós területi és az egydimenziós mederbelti folyamatok dinamikus leírását algoritmikus szinten kapcsolták össze. Ez a belvízkutatási módszer forgatókönyv szemléletű, a hidrológiai-hidrodinamikai folyamatok fizikai leírására épül. A Szamos–Kraszna közti mintaterületre részletes kockázatértékelést is végeztek (Kozma et al., 2013).

A belvíz hidrológiájának elemzéséhez több modellkörnyezet áll rendelkezésre (például: MIKE SHE, HEC-HMS, MODFLOW, WR-IHM). A fizikai alapú

modellek adatigényének kielégítéséhez – amely alapjaiban határozza meg azok megbízhatóságát – a távérzékelési kutatói műhelyek eredményeit intenzíven kell hasznosítani.

A belvízképződés szempontjából az egyik legmeghatározóbb tényező a domborzat. Ma már rendelkezésre állnak azok a technológiák, amelyek alkalmasak nagy területek levegőből történő magassági viszonyainak felmérésére. A lézerimpulzusokkal végzett felszínletapogatás (LIDAR) vertikális pontosságának fokozásával a síkvidéki területek mikrodomborzata is térképezhető. Ezzel a technológiával a vonalas létesítmények és minden olyan egyéb terepi elem felmérhető, amely az összegyülekezési folyamatokat befolyásolja (4. ábra). A részletes domborzati modell a belvízfoltokban tárolt vízmennyiség számítását is automatizálhatja.

A hiperspektrális felvételezésekkel a mederérdességi tényezők térbeli felbontása olyan távlatokat ért el, amelyekkel a nyílt csatornák aktuális teljesítőképességét minden eddiginél jobban lehet becsülni.



4. ábra. LIDAR-technológiával felmért síkvidéki terület domborzati modellje
Forrás: Bíró, 2014

A statikus tényezők sorában a talajtani és a sekély mélységre vonatkozó földtani jellemzők a legnagyobb „fehér foltok”. A talajtani adatok térbeli részletessége nagyon heterogén, nem beszélve arról, hogy a pillanatnyi talajállapot erősen függ a földhasználatától és az agrotechnikától. A talaj a legnagyobb tározótér. Amíg még közelítőleg sem tudjuk meghatározni az aktuális tározási kapacitását, addig igazából a keletkező belvíztömegek számítása sem oldható meg. Nagy területeken

bizonyos talajtani jellemzők levegőben üzemeltetett (például geofizikai) szenzorokkal történő mérése elvileg lehetséges, de a gyakorlatban még nem működik. A hazai szenzortechnika-fejlesztés, légi távérzékelés és talajtani kutatás számára igazi kihívás.

A vízmérlegek számításához szükséges paraméterek is egyre jobban közelíthetők távérzékelési adatokból. E téren is említhetők hazai eredmények. A BME Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszékén (MTA Vízgazdálkodási Kutatócsoport) a területi párolgás – műholdas felszínhőmérséklet-mérésekből végzett – becslése terén komoly eredményeket értek el (Szilágyi, 2015).

A belvízi elöntések nagy felbontású műholdas (elsősorban radar) felvételezésével a belvizek dinamikájának kiismeréséhez még közelebb kerülhetünk, egyben a hidrológiai modellek eredményei is hitelesíthetők.

FELADATOK AZ ELŐREJELZÉS TERÜLETÉN

A belvíz kialakulását statikus és dinamikus tényezők okozzák. A statikus elemek (a domborzat és a talaj) viszonylagos állandóságot mutatnak, a dinamikus (például meteorológiai) tényezők ugyanakkor rövid időn belül változhatnak. Bár a meteorológiai események előrejelezhetősége és az előrejelzés pontossága nagyon sokat javult az elmúlt években, a talajvízészlelés térbeli hiányosságai és a statikus tényezők nem kellő részletességű ismerete miatt a belvizek előrejelzése továbbra is nagyon bizonytalan.

A belvizek hidrológiai kérdéseivel az 1950-es évektől számos neves hazai kutató foglalkozott, az előrejelzéssel közülük viszont csak néhányan. Legtöbbször hidrometeorológiai és belvízi adatok összefüggés-vizsgálatával, valamint vízmérleg-számítással becsülték a keletkező belvítömegeket, illetve az elöntéseket.

A védekezésre való felkészüléshez időelőnyt a monitoringhálózat (talajvízészlelések, talajnedvesség-mérések, elvezetőrendszerek állapota) és az üzemirányítási rendszereket támogató mérőhálózat (vízállás-, vízhozammérések) fejlesztésével, valamint a térbeli állandóságot mutató tényezők minél részletesebb adatbázisával lehet elérni. Ezek segítségével – a meteorológiai előrejelzések alapján – lényegesen közelebb kerülhetünk a várható valósághoz.

ÖSSZEFOGLALÁS ÉS JAVASLATOK

A társadalom belvizekhez való hozzáállásán változtatni kell, és ebben a tudományos világnak kiemelt szerepe van. A belvizek keletkezését ugyanis a hazai síkvidéki talajtani, domborzati és hidrometeorológiai viszonyok között megakadályozni nem lehet.

A hazai belvízkutatásnak komoly múltja van. Mivel a belvíz sajátos jelenségünk, alapvetően a honi vízgazdálkodási kutatási eredményekre támaszkodhatunk, de a külföldi tudás- és technológiaintenzív megoldásokat is fokozottan alkalmaznunk kell.

Az elmúlt évtizedekben számos tudományos eredmény látott napvilágot a belvíz-veszélyeztetettség térképezése és az öblözeti szintű hidrológiai elemzések terén. A belvízképződés összetettsége miatt elsősorban tapasztalati elvű a belvizek kutatása, de a folyamatok fizikai leírására is van több példa.

A belvizek hidrológiájának kiismerése nem egyszerű feladat, de a tudományos feltételek rendelkezésre állnak. A korszerű távérzékelési technikák által nyerhető adatok a megfelelő modellezési környezetben sokkal közelebb vihetnek bennünket a belvizek természetének megismeréséhez. A pontosabb veszélyeztetettség-térképezésnek és -előrejelzésnek is ez a kulcsa. Fejleszteni szükséges ugyanakkor a mérő-megfigyelőhálózatot, és egyes esetekben új felvételezési/felmérési eljárásokat is ki kell dolgozni. Az adatbázisokat pedig mindenki számára hozzáférhetővé kell tenni.

A síkvidéki vízrendszereink hidrológiai feltárása és elemzése a szerep- és felelősségvállalás tekintetében is sarkalatos kérdés. Ki és milyen mértékben növeli a lefolyásokat, mekkora felelőssége van az elöntésekben, azok tartósságában, ki viselje a szükséges fejlesztések, valamint a fenntartás, üzemeltetés költségeit, és még hosszan lehetne sorolni a kérdéseket, amelyekre hamarosan választ kell találni.

A belvíz-hidrológiai kutatások szorgalmazása a klímaváltozásra való felkészülésben is elengedhetetlen. A legnagyobb bizonytalanság ugyanis a belvizek esetében mutatkozik. A megváltozó csapadékosági és hőmérsékletviszonyok eredőjére a belvízkeletkezés összetettsége miatt nagy bizonytalansággal lehet csak következtetni. Márpedig a belvízrendezés stratégiáját – az aszálystratégia mellett – ehhez is igazítani kell.

IRODALOM

- Bíró Tibor (2014): *A Mezőgazdasági Vízhatalmi Adattár távérzékelési technológiákon és geoadatbázisokon alapuló koncepcionális térinformatikai modellje*. Kézirat.
- Bíró Tibor – Thyll Szilárd – Tamás János – Lénárt Csaba (2000): *Térinformatikai módszerek alkalmazása a belvíz-veszélyeztetettség térképezésében*. Magyar Hidrológiai Társaság XVIII. Vándorgyűlése, Veszprém, 754–759.
- Kozák Péter (2006): *A belvízjárás összefüggéseinek vizsgálata az Alföld délkeleti részén, a vízgazdálkodás európai elvárásainak tükrében*. Doktori értekezés. Szeged: Szegedi Tudományegyetem <http://doktori.bibl.u-szeged.hu/1679/3/Disszertáció.pdf>
- Kozma Zsolt – Muzelák Bélint – Koncsos László (2013): *A Belvízi Jelenségek Integrált Hidrológiai Modellezése – Tapasztalatok a Szamos–Kraszna közti mintaterületen*. Magyar Hidrológiai Társaság XXXI. Országos Vándorgyűlése, Gödöllő

- Körösparti János – Bozán Csaba – Pásztor László et al. (2009): *GIS alapú belvív-veszélyeztetettségi térképezés a Dél-Alföldön*. Magyar Hidrológiai Társaság, XXVII Országos vándorgyűlés, Baja, 472–485.
- Mucsi László – Henits László (2011): Belvízi elöntési térképek készítése közepes felbontású űrfelvételek szubpixel alapú osztályozásával. *Földrajzi Közlemények*. 135, 4, 365–378. https://www.foldrajzintarsasag.hu/downloads/foldrajzi_kozlemenyek_2011_135_evf_4_pp_365.pdf
- Pálfai Imre (1994): Az Alföld belvív-veszélyeztetettségi térképe. *Vízügyi Közlemények*. 76, 3–4, 278–290.
- Pálfai Imre (2004): *Belvizek és aszályok Magyarországon. Hidrológiai tanulmányok*. Budapest: VITUKI
- Rakonczai János – Mucsi László – Szatmári József et al. (2001): *A belvízes területek lehatárolásának módszertani lehetőségei*. Magyar Földrajzi Konferencia kiadványa (CD)
- Somlyódy László (2011): *Magyarország vízgazdálkodása: helyzetkép és stratégiai feladatok. Köztudományi Stratégiai programok*. Budapest: Magyar Tudományos Akadémia http://gwpmo.hu/images/site/viz_net.pdf
- Szilágyi József (2015): Testing the Rationale behind an Assumed Linear Relationship between Evapotranspiration and Land Surface Temperature. *Journal of Hydrologic Engineering*. 20, 5, Paper 04014073, 1–9. DOI: 10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0001091 <https://pdfs.semanticscholar.org/5090/da50a7a5cc82f7dd0c1d0af0c01c1be58744.pdf>
- Szlávik Lajos – Sziebert János – Zellei László (2009): *A Lónyai-főcsatorna vízháztartási viszonyainak és a szivattyútelepek belvízbeemelési feltételeinek vizsgálata*. A Magyar Hidrológiai Társaság XXVII. Országos Vándorgyűlése. Baja, 1245–1290.
- Thyll Szilárd – Bíró Tibor (1999): A belvív-veszélyeztettség térképezése. *Vízügyi Közlemények*. 81, 4, 709–718.
- Van Leeuwen, Boudewijn (2012): *Artificial Neural Networks and Geographic Information Systems for Inland Excess Water Classification*. PhD-disszertáció. Szeged: Szegedi Tudományegyetem <http://doktori.bibl.u-szeged.hu/1520/>
- Váradi József – Bíró Tibor – Kolossváry Gábor et al. (2015): *Javaslat a belvízmentesítés hatékonyságának javítására*. *Vízügyi Tudományos Tanács Belvízvédelmi Munkacsoportjának véleményes javaslata*. <http://www.bm-tt.hu/ovf/assets/letolt/javaslatabelvizmentes.pdf>
- Várallyay György – Murányi A. – Zilahy P. – Dezsényi Zoltán (1981): A belvízképződésre ható talajtani tényezők Magyarország síkvidéki területein. *VITUKI Közlemények*. 35, 12–14.
- URL1: Tájékoztató a 2010–2011 évi belvízi helyzetről. 2011. <https://www.vizugy.hu/print.php?webdokumentumid=280>
- URL2: A vízrendezés kutatás-fejlesztési koncepciója. 2001. <http://www2.vizugy.hu/vir/vizugy.nsf/WebSearchView?SearchView&Query=A%20v%C3%ADzrendez%C3%A9s%20kutat%C3%A1s-fejleszt%C3%A9si%20koncepci%C3%B3ja>
- URL3: Operatív belvítérképek készítése radarfelvételek alapján. 2016. <http://www.fomi.hu/portal/index.php/hirek-aktualitasok/551-operativ-belvizterkepek-keszitesere-radar-felveletek-alapjan>
- URL4: Megvalósult Magyarország belvízi veszélytérképezése. 2015. <https://www.vizugy.hu/print.php?webdokumentumid=1187>

AZ ASZÁLY

Tamás János

az MTA doktora, intézetigazgató
Debreceni Egyetem, MÉK, Víz- és Környezetgazdálkodási Intézet
tamas@agr.unideb.hu

Kulcsszavak: aszály, mezőgazdaság, aszálymodellezés, aszálymonitoring

BEVEZETÉS

Az *aszály* ugyan általánosan ismert, azonban korántsem egyszerű, hanem komplex fogalom. Fontos tisztázni, hogy milyen értelemben kívánjuk használni. Általában tartós csapadékhányt és a vele járó magas hőmérsékletet értjük alatta.

Az aszály (drought) használata gyakran keveredik a *szárazsággal* (dry). Az aszály időben átmeneti jellegű, míg a szárazság tartós. A vízhiányt (water scarcity), amely az emberi tevékenységből származó túlzott vízfelhasználás eredménye, szintén eltérően kell értelmeznünk, amikor az aszály kezelésére (drought management) felkészülünk. Ez utóbbi magában foglalja az aszály monitoringját, az aszálykárok mérséklését és csökkentését.

Diszciplínánként is jelentős eltéréseket tapasztalhatunk az aszály fogalmi rendszerére vonatkozóan. Donald A. Wilhite és Michael H. Glantz (1985) aszálydefiniciókkal foglalkozó írásában több mint százötven meghatározást említ, amelynek száma a szerteágazó és egyre újabb célú használat következtében folyamatosan nő. A definíciók különböző aszályjelenségeket írnak le, amelyek főbb csoportjai a következők: meteorológiai, hidrológiai, mezőgazdasági, gazdasági, társadalmi.

*Meteorológiai aszály*on a tartósság és/vagy intenzitás szempontjából átlaghoz viszonyítva hosszú idejű, esetenként többéves csapadékhány előfordulását értjük. *Hidrológiai aszály* a felszíni és felszín alatti vízkészletek hiányát jelenti a vízfolyások hozamának, a hó mennyiségének és a tavak, tározók, valamint a felszín alatti vízadók szintjének szempontjából. *Mezőgazdasági aszály*ról akkor van szó, ha egy adott növény igényeihez képest, az adott időszak párologtató fejlettségi szintjéhez viszonyítva annyira elégtelen a talaj vízszolgáltató képessége, hogy az a növényekben már visszafordíthatatlan károsodást okoz, az elvárt terményhozam csökkenéséhez és minőségének jelentős romlásához vezetve. *Gazdasági aszály* akkor fordul elő, amikor térben és időben veszélybe kerül a termelés mennyiségi vízellátása, komoly energetikai és szállítási problémák keletkeznek,

amelyek végül a gazdaság piaci zavarait okozzák. *Társadalmi aszály* esetén a fizikai vízhiány már meghatározó hatással van az egészségre, jólétre, életminőségre. A tartósan csökkenő vízellátás politikai viharokat, zavargásokat, régiók elnéptelenedését, az ott élők elvándorlását okozhatja. Az alábbiakban elsősorban a mezőgazdasági aszályval kívánok foglalkozni, azonban egy átfogó szemlélet kialakítása megkívánja a többi aszályjelenség figyelemmel kísérését is.

AZ ASZÁLY TÉRBELI ÉS IDŐBELI KITERJEDÉSE

Az aszály természetes jelenség. A magyar történelemben mindig előfordultak súlyos aszályok, ezek sok esetben tragikus következményekkel jártak. A természeti katasztrófák közül világszerte az aszály érinti a legtöbb embert, és szedi a legtöbb áldozatát. A klímaváltozás különösen felerősíti ezt a kockázatot. Hazánkban tíz egymást követő évből átlagosan három-négy aszályosnak tekinthető, de ezek előfordulási gyakorisága az elmúlt időszakban nőtt. Különösen a gördülő aszály kritikus, amikor az egymást követő aszályos évek többszörözték, fokozták az előző évek káros hatásait. Sajnos a jelentős hazai és határon túli talajfizikai, vízgazdálkodással kapcsolatos aszálykutatások (Nagy et al., 2013) a gyakorlatban csak katasztrófák kialakulásánál kapnak igazán széles körű figyelmet. Az ilyen aszályhelyzetek kialakulása más katasztrófnál lassúbb, kevésbé látványos, viszont hatásában tartósabb, károkozásában pedig nagyságrendekkel kiemelkedőbb.

Az aszályval kapcsolatos vizsgálatok egyik fő bizonytalansági forrása annak térbeli, időbeli és intenzitásbeli lehatárolása. A Kárpát-medence időjárását, így az aszály megjelenését is alapvetően a nagytérségi folyamatok határozzák meg. Az aszály azonban nemcsak a mediterrán térségben, a Balkán-félszigeten léphet fel, hanem Európa északi területein is. A regionális éghajlati modellek alapján 2071–2100-ra a Kárpát-medence jelentős térségeire is jellemző lesz a szemiárid jelleg, várhatóan az aszály gyakorisága és kiterjedése is nőni fog (Bartholy et al., 2007). Az aszályos periódusokat ugyanakkor nagy intenzitású, csapadékos időszakok szakíthatják meg. Így érthető, hogy az aszály és árvíz visszatérési gyakorisága a jövőben egyre szorosabb pozitív korrelációt mutat a világ számos pontján. Az aszálykárok megelőzésének fontos része, hogy egyre pontosabban tárjuk fel a lokális és a globális hidrológiai folyamatok kapcsolatrendszerét (Lehner et al., 2006).

A meteorológiai aszály kapcsán vita folyik arról, hogy mikor kezdődik egy aszály, azaz milyen hosszú tartósan alacsony csapadékos vagy csapadékmentes időszak szükséges a kialakulásához. Természetesen ezek megítélése más meteorológiai elemek esetében is erősen helyfüggő, hiszen egy trópusi területen egy öt-hatnapos csapadékhiány is már aszálytüneteket okozhat, míg sivatagi területen ehhez akár egy évre is szükség lehet.

Az aszály kialakulásában a csapadéknak meghatározó szerepe van. A csapadék a legnagyobb változékonyságot mutató éghajlati elem hazánkban, ugyanakkor az aszálygyakoriság területi megoszlása csak kis változékonyságot mutat. Ez alapján az ország csapadékosabb, nyugati területeit éppúgy érintheti aszály, mint a szárazabb keleti megyéket. A nyugati és az északkeleti országrészben decemberben, januárban és februárban a téli aszály kialakulásával kell fokozottabban számolni. A tavaszi aszály a keleti megyékben, míg a nyári és őszi aszály az ország középső területein gyakoribb. Az aszály az ország területének 90%-át érinti, de súlyosságát tekintve a Nagy-Alföld kiterjedése a legnagyobb (Pálfi et al., 1999).

AZ ASZÁLY MÉRÉSE, MEGFIGYELÉSE

A fentiekből következik, hogy az aszály mérési gyakorlata korántsem egységes. Ez előrevetíti a nyert adatok interpretációs bizonytalanságát, a különböző adatok összehasonlíthatóságának és különösen átszámíthatóságának hazai és nemzetközi korlátait. A meteorológiai aszály mérése során jelentős bizonytalanságot okoz, hogy a mérést milyen küszöbértéknél indítjuk, milyen hosszú időszakot mérünk egy éven belül vagy több éven keresztül, milyen gyakoriak a mintavételi időszakok, és ezek értékeit hogyan halmozzuk. A mért nyers adatok információtartalmát könnyebb megérteni, ha különböző egyszerű vagy származtatott indexeket képeznek belőlük.

Kontinentális szinten mára minden földrészre vonatkozóan üzemel monitoring-rendszer. Az aszálymegfigyelő központok az elterjedtebb aszályindexeket automatikusan számítják és digitális térképeken, interneten teszik elérhetővé. Komplex aszályjelenségek a felhasználási cél szempontjából pontosabban írhatóak le speciális indexekkel. Ugyanakkor az aszályra vonatkozó egyik jelentős hidroinformatikai probléma, hogy az adatok homogenitása (törés, hiányextremitás), kompatibilitása és a mérési módszertan korántsem egységes, és ez a hatások összehasonlíthatósága területén számos hátrányos következménnyel jár. Esetenként az adathozzáférés is indokolhatja olyan indexek alkalmazását, amelyekhez részletesebb adatbázis szükséges. Napjainkban különösen a távérzékelési szenzorok spektrális és tér/időbeli felbontásának gyors javulása, a nagyfokú automatizálási lehetőség is eredményezheti újabb műholdas adatokból számítható aszályindexek bevezetését.

Az USA-ban működő aszálymonitoring-rendszer az interneten térinformatikai térképeken teszi közzé az aszály mérésével kapcsolatos hat-hét aktuális és archivált különböző aszályindikátort. A monitoringot a Mezőgazdasági Minisztérium (USDA) a távérzékelési adatok elemzési adatai és a terepi adatok alapján tartja fenn (URL1).

Az EU az elmúlt évtized tapasztalatai alapján szintén elhatározta, hogy a vízhiány, az aszály jellemzésére EU-szintű indikátorokat kell kidolgozni, kockázati

térképeket kell készíteni, és ki kell alakítani a korai riasztási rendszert. Célként fogalmazták meg a korlátozott számú, de összehasonlítható indikátor kialakítását. Jelenleg a következő indikátorok tesztelése folyik:

- meteorológiai aszály: SPI – standardizált csapadékindex a gamma-eloszlás alapján számolva;
- mezőgazdasági aszály: NDVI – normalizált vegetációs index a biomasz-sza-intenzitással van kapcsolatban;
- mezőgazdasági aszály: fAPAR – a növényzet által abszorbeált fozszintetikus hasznos napenergia;
- talajnedvességi index: a pF görbe alapján számolt felvehető vízkészlettel van kapcsolatban;
- hidrológiai aszály: SRI – standardizált lefolyásindex, amely adott hidrológiai valószínűségekre vonatkoztatva 1–3–12–18 hónapos időszakra számolja a halmozott vízhiányt, adott folyó adott vízgyűjtőjén;
- felszín alatti vízszintváltozás;
- WEI+: Water Exploitation Index – vízkitermelési index.

Ezen számítások eredményeként az Európai Aszályközpont (European Drought Observatory, EDO [URL2]) olyan, eddig folyamatosan nem elérhető adatokat tesz közzé az aszályval kapcsolatban hazánk területére, amelyek a gyakorlat számára már a közeljövőben különösen fontosak lesznek.

Csapadék esetében jelenleg a standard csapadékindex 1–3–6–8–12 hónapos időszakra vonatkozó adatai érhetőek el. A talajnedvességgel kapcsolatos adat-szolgáltatások: napi talajnedvesség, talajnedvesség-anomáliák, azok előrejelzése, valamint előrejelzési trendek. A növényi vegetációs állapottal kapcsolatos adat-szolgáltatások: NDVI 10 napos kompozit, fAPAR 10 napos kompozit és fAPAR anomáliák 10 napos kompozitjai.

A Magyarországon gyakorlatban használt Pálfai-féle aszályindex alapképletében az áprilistól augusztusig mért léghőmérséklet átlagának (°C) és az októbertől augusztusig tartó időszak havonta súlyozott csapadékösszegeinek összegével (mm) képzünk hányadost. A nemzetközi alkalmazhatóság érdekében a Délkelet-Európai Aszálykezelési Központ (Drought Management Centre for Southeastern Europe) – DMCSEE-projekt keretében korrekciós tényezők bevonásával módosított módszert dolgoztak ki magyar kutatók. A három tényezőtől így az első a hőmérsékleti tényező a tárgyévi és a sokévi nyári középhőmérséklet viszonyát, a második tényező a csapadék, amely a tárgyévi legszárazabb nyári hónap csapadékának a megfelelő sokévi átlaghoz való viszonyát, míg az utolsó tényező a megelőző három év csapadékviszonyainak hatását fejezi ki. Az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) statisztikai vizsgálatai szerint a hasonló indexekkel szoros korreláció volt mérhető az aszály súlyosságára vonatkozóan (Kozák et al., 2012).

A hidrológiai aszály kialakulása némi késéssel követi a meteorológiai aszályét. A késés mértékében jelentős szerepük van a lefolyási és párolgási viszonyoknak. Mindkettőt jelentősen befolyásolja a földhasználat módja mellett a domborzat és a talaj. Az egyik legnagyobb változékonyságot a medencejelleg miatt a talajtulajdonságok területi mintázata okozza. A talaj nagy kapacitású – potenciális – természetes víztározóként funkcionál. A talaj felső egyméteres rétege potenciálisan mintegy 45 km^3 víz befogadására és $25\text{--}35 \text{ km}^3$ víz raktározására képes. Ennek mintegy $55\text{--}60\%$ -a a növény számára nem hozzáférhető „holtvíz”, míg $40\text{--}45\%$ -a „hasznosítható víz”. A lehulló csapadék hasznosulását alapvetően befolyásolja, hogy abból ténylegesen mennyi szívárog be a talajba. Az akadálytalan beszivárgást sík területen a következő feltételek nehezítik: a talaj tározóterének telítettségi mértéke, a felszín fagyott volta, lassú víznyelésű rétegek. A talaj vízháztartása nemcsak a növény vízellátásának lehetőségét szabja meg, hanem befolyásolja a talaj anyag- és energiaforgalmának, ökológiai tulajdonságainak (levegőforgalom, biológiai tevékenység, tápanyag- és szennyezőanyag-forgalom) egyéb elemeit is (Várallyay, 2010). A talajok aktuális porozitását, vízmegtartó/-leadó meglévő képességeit szintén módosítja a talajművelés módja, amely egy olyan országban, ahol a szántók a terület közel felét teszik ki, nagyon fontos szabályozó erő (Gyuricza et al., 2015). Az egyre gyakoribb nagy intenzitású csapadékok eróziós rombolását megsokszorozza a helytelenül alkalmazott talajművelés, amelynek következtében az elhordott, illetve leiszapolódott talajfelszín fokozott aszálykárok kialakulásához vezet.

A vízgyűjtőkön a természetes (elfolyás, párolgás) és a mesterséges (belvízvédelem) vízelvezetést követő csapadékszegény nyári időszakban a talajban tárolt csekély vízmennyiség csak rövid ideig képes a növényzet vízigényét kielégíteni, és tavasszal a belvizes vagy a túlnedvesedett területek egy tekintélyes részén komoly aszálykárok jelentkeznek – akár ugyanabban az évben is. A tényleges károk kialakulásában fontos szerepe van a földhasználat módjának. A legnagyobb földhasználó a mezőgazdaság, amely a vízgazdálkodás szempontjából nagyon változatos hatást okoz, ahol a kisebb tudományos előrelépés is jelentősnek számítana.

Kritikus tényező a hidrológiai ciklusban a párolgás ismerete. Amíg az energetikailag lehetséges párolgás viszonylag jó közelítéssel modellezhető, addig a tényleges növényi párolgást csak jóval nagyobb hiba mellett lehet meghatározni. A probléma a hidrológiai léptékváltásból származik, azaz míg az egyed szintjén a párolgási viszonyok (sztómaellenállás, gázcsere, nedváramlás) viszonylag jól mérhetőek, állományban és vízgyűjtők szintjén a rendkívüli változékonyság jelentős bizonytalanságot okoz. Nem véletlen, hogy a referenciakísérleti vízgyűjtőknek ma is nagy jelentőségük lenne, ez azonban a VITUKI megszűnésével továbbra is hiányzik. Ezen vízgyűjtők a vízmérleg egyéb elemeinek, így a lefolyási viszonyok értékelésében is nélkülözhetetlen adatokkal szolgálnának. A vízgyűjtő-modellezés (SWAT, HEC-RAS) nagyot fejlődött az elmúlt időszakban, azon-

ban a terepi mérésektől éppen az eredmények validálásában nem lehet eltekinteni. Kutatási szempontból ezért fontos lenne egy, a lehető legtöbb irányból vizsgált és értékelt azonos koncepció mentén koordinált hidrológiai vízgyűjtő kutatásának beindítása, amely választ adhatna a várható kockázatok irányára és nagyságára.

A klímaváltozáshoz való alkalmazkodás sikerét jelzi, hogy mivel az éves csapadék mennyisége drasztikusan nem csökkent az elmúlt időszakban, az alap és alkalmazott mezőgazdasági kutatások eredményeként a mezőgazdasági hozamok jelentősen növekedtek, ugyanakkor a növénytermesztés vízgazdálkodási kiszolgáltatottsága jelentősen megnőtt. Az 50-es években 91 mm/év csapadék jutott átlagosan 1 t kukoricára, addig a megnövekedett hozamok miatt napjainkban csak 34 mm/év. Ha figyelembe vesszük, hogy ez a tenyészidőben egyre hektikusabban érkezik, a kockázat jelentősége még nagyobb. Fontos a hatás súlyossága szempontjából, hogy az aszály milyen fejlettségi és egészségi állapotban éri az adott növényt. Meghatározóak azok a termesztési, technológiai beavatkozások, amelyek felerősítik vagy gyengítik a folyamatokat. Ugyanazon bőséges tápanyag-elátottság, amely optimális volt egy jó vízellátottsági évben, aszályos évben súlyos károkat okozhat a megnövelt és aktív párolgófelület révén. A kiváló aszálytűrő fajták csak abban az esetben képesek a vízstresszt kompenzálni, ha a tápanyag-gazdálkodás, növényvédelem, talajművelés, gépüzemeltetés, posztharveszt technológiák együttesen optimalizáltak adott agroökológiai helyszínre. Különösen akkor, ha figyelembe vesszük, hogy az összes szántóterület mindössze 2%-a öntözhető. A magyar vetésszerkezet számos ok miatt nagyon leegyszerűsített, így a kukorica és a búza a két legfontosabb növény a szántóföldi területen. Közéltőleg 5 millió hektárból ezek közel 1 millió hektárt folyamatosan elfoglalnak. A tiszántúli területre végzett vizsgálatom alapján az aszály következtében két-háromévenként olyan drasztikus terméseszköken fordul elő, amely harmada-negyede a jól termő évekének. Az ilyen termésingadozással, az árualapok mennyiségének és minőségének hiányában a nemzetközi mezőgazdasági piacokról gyakorlatilag kiszorul a magyar mezőgazdaság, és ezáltal az ebből élő vidék eltartóképessége is romlik. A vízgazdálkodás, ezen belül az öntözés egyik fő célja nem a termés mennyiségének növelése, hanem annak stabilizálása és ennek a hektikus változásnak a kisimítása. A kertészetben az aszályval összefüggő minőségi kérdések még a mennyiségnél is sokkal inkább meghatározóak. Ma a kertészeti ágazatba öntözés hiányában felelősséggel már nem lenne szabad beruházni.

A klímaváltozási adaptációs feladat számtalan kihívást fog a mezőgazdaságnak okozni, mindezt úgy, hogy az aszály kárelhárítása helyett a megelőzés irányába kell gyorsabban elmozdulni. Ezért nehezen fogadható el, hogy a talajjavítás, amely nem öntözött területeken a talaj vízmegtartó képességét és drénviszonyait képes javítani, miért nem kap súlyának megfelelő szerepet. Az új hiperspektrális és lézeres 3D felmérési módszerek, valamint anyagtechnológiák már hazánkban is feltártak új lehetséges K+F vízgazdálkodási irányokat (Tamás et al., 2015).

Az egymásnak is gyakran ellentmondó, gyorsan változó természeti környezetben egyre értékesebbek azok a gyors döntési információk, amelyek segítik a termelőt egy adott probléma elemzésében. Napjaink egyik legnagyobb paradigmaváltása a *precíziós mezőgazdaság*, amely a legkorszerűbb GPS-navigáció és helyfüggő termesztéstechnológia alapján, akár négyzetméterre lebontva, éppen a hiányzó tér/idő optimalizálhatósági előnyt képes kihasználni, ahol valós idejű szenzorok nagy fokú automatizálás mellett a terjedő autonóm gépkapcsolásokkal robotizálva végzik a termesztési feladataikat. Ezeken a rendszereken a szenzorok kapacitásai és képességei hatványozottan nőnek, ahol a gép-gép közötti kommunikáció távfelügyeleti rendszereket tesz lehetővé, és ahol a vízkészlet minden formájának energiahatékony megőrzése komoly K+F-munkát gerjeszt. A mezőgazdasági nyitott rendszerek óriási mennyiségű adatot állítanak elő, amelyek felhőalapú elemzésére napjainkban a *big data* rendszerek új és hatékonyabb módszereket ígérnek.

A védett természeti területek, az erdők és az aszály kapcsolata is nagyon fontos kutatási terület, mivel a különböző hatások területenként sokban eltérőek (Mátyás, 2011). Itt elsősorban a vizes élőhelyek, a szikes tavak, mocsarak, lápok sérülékenyek. Napjainkban megfigyelhető például a homoki és szikes legelők fokozatos kiszáradása. A talajvízszint csökkenése jelentős ökológiai hatással bír az erdőterületek állományára vagy az ökoszisztéma átalakulására. A szárazabb környezeti feltételeket kevésbé elviselő őshonos fajok kiszorítása szintén jelentős kockázat, mivel ezek helyét új, invazív fajok vehetik át (Kömíves – Reisinger, 2011). A kiszáradt helyeken emelkedhet a defláció és nőhet az erdőtüzek gyakorisága is. A klímaváltozás már előrevetíti a közvetlen és közvetett vízgazdálkodási feltételek szigorításának szükségességét. Az eddig ismert jelenségek megváltoznak, a régi kártevők új túlélési stratégiákat fejlesztenek ki, így például korábbi és intenzívebb lesz a gradációjuk, megváltozik a gyomok összetétele.

A mezőgazdasági aszály növénytermesztési megoldását sokszor tévesen az öntözésre szűkítik le azok, akik nem ismerik annak hazai korlátait. Csakis ott szabad öntözni, ahol az ökonómiai és ökológiai indokolt és megtérül, továbbá megfelelő a talajminőség. 2015-ben az Agrárkamara az Országos Vízügyi Főigazgatósággal (OVF) együtt felmérte az öntözési igényt. Jelenleg az összes mezőgazdasági szántó területének mindössze 1%-át öntözik, de a termelők közül 5700-an jelezték, hogy a jövőben öntözni szeretnének. Tanulságos, amikor összevetjük a kifejezetten öntözésre alkalmas, jó minőségű talajok térbeli mintázatát azzal, hogy hol vannak a feltétlenül öntözendő kultúrák. A Duna–Tisza közén vagy Északkelet-Magyarországon ezek nem fedik egymást. A következő néhány évben hazánkban 500 milliárdos beruházási forrás fölött döntünk, amelyből 450 milliárd a felszíni vizek elérhetőségét, 50 milliárd gyakorlatilag a helyi öntözési és tározási célokat szolgálja. Az öntözés több évtizedre meghatározza az ország termelőképességét, ezért feltétlenül meg kell vizsgálnunk, hol van olyan földhasz-

nálat, illetve birtokszerkezet, és hol áll megfelelő tőke rendelkezésre, hogy ezen döntések alapján megvalósuló hosszú távú beruházások a nemzet és az egyén szempontjából is megtérüljenek.

Napjainkban a mezőgazdaság vízgazdálkodási szaktanácsadásának újjászervezése és tartalmi megújulása nehezen halogatható tovább. Ennek keretében meghatározó az olyan rendszerek elterjesztése, amelyek helyi mérések alapján képesek regionális vízgazdálkodási információval ellátni a vízfelhasználót.

Így például a távérzékelte MODIS-adatok alapján készített NDVI-mutatók számos fejlesztési lehetőséget nyújtanak a nagy változékonysággal bíró vizsgálati területek fotoszintetikus kapacitásának vizsgálatában, ugyanis a területek évről évre különböznek egymástól a különböző természeti intenzitás, vetésváltás és agrotechnika hatására, valamint a természeti hatások, így az aszály következtében is (Tamás – Németh, 2005).

Ma használt számítógépes öntözéstervezési rendszerben a megfelelő öntözéstámogatást a talaj-növény-mikroklíma alrendszerek együttes elemzése révén tudjuk biztosítani. Ez teszi lehetővé, hogy szimulációs vizsgálatokban különböző víz- és energiatakarékos öntözési scenáriókra optimalizáljuk az eltérő öntözéstechnológiákat. A rendszer megbízhatósága erősen függ az alapadatok minőségétől. Itt nagy jelentőségük van a távérzékelte adatoknak, amelyek nagy területre gyors adatszolgáltatást biztosítanak. A Debreceni Egyetem Víz- és Környezetgazdálkodási Intézetének irányításával készült egy Közép-Európára kiterjedő aszály-előrejelző rendszer, amely meteorológiai adatokat, biomassza-idősorokat, talajadatokat és nagy felbontású MODIS-műholdas idősorokat használ fel. Ebben a matematikailag jól leírható és méretezhető rendszerben elvégezhető a kritikus referenciagörbék és regionális termésadatok megfeleltetése. A döntéstámogatáshoz a megfigyelési, a korai riasztási, a riasztási, a vészhelyzetnek vagy a katasztrófhelyzetnek megfelelő értékek leválogathatóak, ahol az egyes szintek 10%-os relatív terméskiesést jelentenek. Az aszály által érintett területen belül előre megjósolható, hogy mekkora terméskieséssel kell számolni kukorica és búza esetében. Egy normál évben az Alföld egyes területein, mintegy 7-8%-ban fordul elő aszály által jelentősen sújtott terület. Ezek az eredmények a földhasználat újratervezéséhez is fontos információkkal szolgálnak (Tamás et al., 2005).

A növénytermesztésre épülő húsfogyasztás néhány évtizeden belül megduplázódik, ugyanakkor az állati termékek vízlábnyoma többszöröse a növényi termékének. A tenyésztéstechnológiában a fajlagos tápanyag-felhasználás mellett a vízfogyasztás is kritikus tényező (Horn, 2002). Mindezt olyan körülmények között, ahol az intenzív, zárt, nagy sűrűségű állattartó istállókban néhány hőségnap megfelelő védelem nélkül már katasztrófális körülményekkel járhat. Egy aszályos időszak jelentős termelési kiesést okoz a nyitott rendszerekben is. A tartástechnológiai, a genetikai, takarmányozási, állatorvosi kutatásoknak komoly előrehaladást kell felmutatniuk a népességnövekedés diktálta eredmények elvárt növeléséhez.

ÖSSZEZÉS

Az aszálykárok megelőzésének és csökkentésének számos kutatási feladata van. Az aszály okozta problémák integrált kezelése további kutatást, az elért eredmények hatékony összegzését, rendszerezését igényli: az előrejelzés, az ökológia, a műszaki és agrotechnológia, a gazdasági döntések támogatása és a társadalomkutatás területén. E kutatásoknak napjainkban már sokkal hangsúlyosabban a klímaadaptációra való operatív felkészülést kell szolgálniuk a várható károk mérséklése mellett, mert a mai döntéseinknek hosszú távú hatásai lesznek.

IRODALOM

- Bartholy Judit – Pongrácz Róbert – Gelybó György (2007): Regional Climate Change Expected in Hungary for 2071–2100. *Applied Ecology and Environmental Research*. 5, 1–17. <https://pdfs.semanticscholar.org/4f80/247106772c1c6ad0cbf9751c4461962d0760.pdf>
- Gyuricza Csaba – Smutný, Vlagyimir – Percze Attila et al. (2015): Soil Condition Threats in Two Seasons of Extreme Weather Conditions. *Plant, Soil and Environment*. 61, 4, 151–157. DOI: 10.17221/855/2014-PSE <http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/150322.pdf>
- Horn Péter (2002): A globalizáció és a fenntartható fejlődés néhány kérdése európai nézőpontból, különös tekintettel a magyar állattenyésztés jövőjére. *Acta Agraria Debreceniensis*. 9, 12–17. <http://www.date.hu/acta-agraria/2002-09/horn.pdf>
- Kozák Péter – Pálfi Imre – Herceg Árpád (2012): Palfai Drought Index (PaDI) – A Pálfi-féle aszályindex (PAI) alkalmazhatóságának kiterjesztése a délkelet-európai régióra. In: *Délkelet-Európai Aszálykezelési Központ – DMCSEE projekt*. Budapest: OMSZ, 21–26. http://www.met.hu/doc/DMCSEE/DMCSEE_zaro_kiadvany.pdf
- Kőmíves Tamás – Reisinger Péter (2011): Ragweed (*Ambrosia artemisifolia*) – The Greatest Weed Problem in Europe. *Növénytermelés*. 60, 463–464.
- Lehner, Bernhard – Döll, Petra – Alcamo, Joseph et al. (2006): Estimating the Impact of Global Change on Flood and Drought Risks in Europe: A Continental, Integrated Analysis. *Climatic Change*. 75, 273–299. DOI: 10.1007/s10584-006-6338-4 http://www.uni-frankfurt.de/45217777/lehner_et_al_ClimaticChange2006_flood_drought.pdf
- Mátyás Csaba (2011): Van okunk az ünneplésre. *Erdészeti Lapok*. 9, 267–269. http://erdeszetilapok.oszk.hu/01762/pdf/Erdeszeti_Lapok_EPA01192_2011-09_267-269.pdf
- Nagy Viliam – Milics Gábor – Smuk Norbert et al. (2013): Continuous Field Soil Moisture Content Mapping By Means Of Apparent Electrical Conductivity (ECa) Measurement. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*. 61, 4, 305–312. DOI: 10.2478/johh-2013-0039 <https://www.degruyter.com/downloadpdf/j/johh.2013.61.issue-4/johh-2013-0039/johh-2013-0039.pdf>
- Pálfi Imre – Boga Tamás – Sebesvári József (1999): Adatok a magyarországi aszályokról 1931–1988. *Éghajlati és Agrometeorológiai Tanulmányok*. 7, 67–76. Budapest: OMSZ.
- Tamás János – Nagy Attila – Fehér János (2015): Agricultural Biomass Monitoring on Watersheds Based on Remote Sensed Data. *Water Science and Technology*. IWA Publ. DOI: 10.2166/wst.2015.423
- Tamás János – Németh Tamás (szerk.) (2005): *Agrárkörnyezetvédelmi indikátorok elmélete és gyakorlati alkalmazásai*. Debrecen: Debreceni Egyetem

- Tamás János – Riczu Péter – Nagy Attila – Lehoczky Éva (2015): Evaluation of Surface Runoff Conditions by High Resolution Terrestrial Laser Scanner in an Intensive Apple Orchard. In: Srinivasan, Raghavan (ed.): *Proceedings of Soil & Water Assessment Tool Conference: Hydrology*, 24–26 Junr 2015, Sardinia, Italy., 1–5. http://real.mtak.hu/27480/1/Tamás%20et%20al._Evaluation%20of%20surface%20runoff%20conditions%20by%20high%20resolution.pdf
- Várallyay György (2010): Talajdegradációs folyamatok és szélsőséges vízháztartási helyzetek a környezeti állapot meghatározó tényezői. *KLÍMA-21 Füzetek*. 62, 4–28. <http://docplayer.hu/1773219-Klima-21-fuzetek-klimavaltozas-hatasok-valaszok-2010-62-szam-a-tartalom-bol-kornyezeti-allapot-es-a-talajdegradacio-valamint-a-vizhaztartas.html>
- Wilhite, Donald A. – Glantz, Michael H. (1985): Understanding: the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. *Water International*. 10, 3, 111–120. <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1019&context=droughtfacpub>

URL1: United States Drought Monitor, 2016 <http://droughtmonitor.unl.edu/Home.aspx>

URL2: European Drought Observatory <http://edo.jrc.ec.europa.eu/edov2/php/index.php?id=1000>

Tanulmányok

A HATÁRFELÜLETI FIZIKAI KÉMIA SZEREPE AZ ANYAGTUDOMÁNYBAN¹

Dékány Imre

Szegedi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar Orvosi Vegytani Intézet és Természettudományi és Informatikai Kar
Fizikai Kémiai és Anyagtudományi Tanszék, Szeged
i.dekany@chem.u-szeged.hu

Kulcsszavak: anyagtudomány, határfelületek, kolloidok, önszerveződő struktúrák, nanotechnológia

BEVEZETÉS

A természetben különböző halmazállapotú fázisok találkozása mentén olyan kölcsönhatások jöhetnek létre, amelyek megismerése számos új alapkutatási feladat megoldását követeli meg. A szilárd, folyadék- és gázfázisok határfelületén létrejövő vékony határfelületi rétegek és diszperz rendszerek – amelyek lényegében már a nanoszerkezetű anyagok világához tartoznak – fizikai-kémiai tulajdonságai alapvetően különböznek a belső (tömb) fázis tulajdonságaitól. Ennek oka a különböző fázisok érintkezésekor jelentkező intermolekuláris kölcsönhatások megjelenése. A fázisok találkozásánál ugyanis a felületi erők fellépése miatt határfelületi rétegek képződnek, és a komponensekből egymástól független diszkontinuitásokat kapunk. Így diszperz rendszereket állíthatunk elő, és az egyik fázisban a másik fázis anyaga eloszlatható, diszpergálható.

A kolloidok a finoman eloszlott anyag egységei, amelyek dimenziói a nanométertől a mikrométer tartományig terjednek, és nagy felület/térfogat arány jellemző rájuk, ezért nagy a felületi energiájuk, ami a határfelületi rétegben az adszorbeálódó molekulák irányított elrendeződését okozza. Az adszorpció és az ezzel járó önszerveződés/-rendeződés a rendszer szabad energiáját csökkenteni fogja, és ezzel növeli a kinetikai állandóságát. Az elmúlt években az anyagtudománnyal foglalkozó kutatók olyan struktúrák előállítását szorgalmazták, amelyeknek keletkezését és növekedését ellenőrizni tudjuk. A nanotudományok olyan speciális tudományterületet jelentenek, amelyek a technológiai fejlődés új szakaszát követelik meg.

¹ A Magyar Tudomány Ünnepeán, a Kolloidkémiai Munkabizottság megalakulásának 50. évfordulója alkalmából szervezett előadóülésen 2016. november 9-én elhangzott előadás szerkesztett változata.

A kolloidok és a határfelületek tudománya elsősorban multidiszciplináris terület, mivel a kémia különböző területein való megjelenésük mellett a fizika és a biológia szakterületét is érintik. Ilyenek például a biomimetikus folyamatok, az önrendező szerkezetek, a szenzorok alkalmazása az analitikában és az orvosi diagnosztikában, a mesterséges sejtek, a DNS-chipek konstruálása. Ezeket a gyógyszerészetben, az orvostudományban, az információs és a kémiai technológiában (például a katalízisben), a modern kozmetikában, a korszerű lakk-, festék- és textiliparban, az új építőanyag- és szerkezetanyag-kompozitok gyártásában és a környezetbarát technológiákban vagy a korszerű kőolaj-kitermelésben hasznosítják.

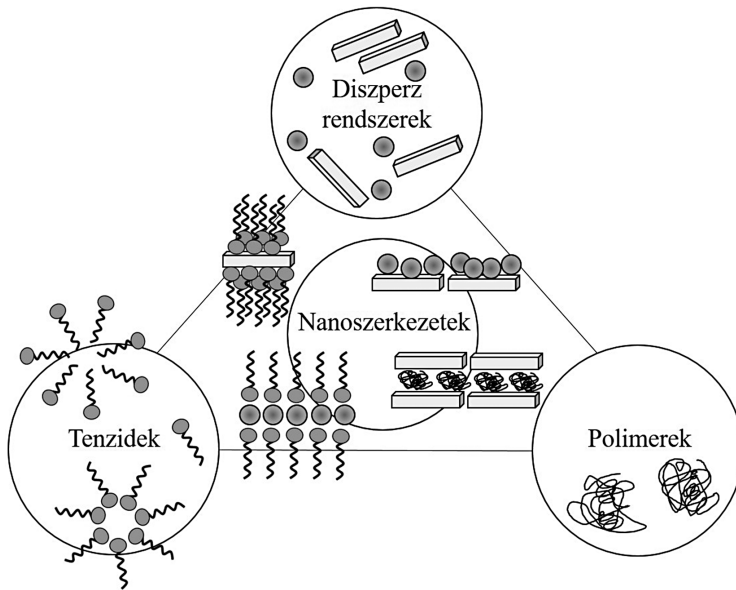
A nanoszerkezetű anyagokat a Wolfgang Ostwald-féle diszperzrendszer-elmélet szerint a kolloid mérettartomány alsó határán találhatjuk. Az európai kolloid-kémia egyik alapítója, Wolfgang Ostwald 1916-ban megjelent, *Az elhanyagolt dimenziók világa* című könyvében hangsúlyozta, hogy a molekuláris méretek és a mikroszkopikusan észlelhető rendszerek között léteznek olyan részecskehalmozatok, amelyek mérete a fény hullámhosszával azonos nagyságrendű. A Richard Zsigmondy által felfedezett ultramikroszkóppal (kémiai Nobel-díj, 1925) már be is bizonyították (például a kolloid arany és ezüst nanorészecskék vizsgálatakor) a szubmikroszkópos diszkontinuitások, vagyis a kolloid részecskék létezését. Az Ostwald-féle definíció szerint a kolloid mérettartomány 1–500 nm között definiálható, de senki sem gondolhatott az 1920-as években arra, hogy ezen mérettartomány alsó határán az anyag eddig nem ismert, új tulajdonságokat mutathat. Mintegy hat évtized telt el ismét, amikor a korszerű fizikai (ultrahagyvakuum-technika és atomerő-mikroszkópia) vizsgálati módszerek lehetővé tették a néhány nanométer átmérőjű részecskék tanulmányozását, amelyekről kiderült, hogy szokatlan mechanikai és fizikai tulajdonságok (például olvadáspont, elektromos vezetés, félvezető, mágnesség stb.) jellemzik őket.

Buzágh Aladár (1946) a diszperziós kolloid rendszerek kinetikai állandóságának magyarázatával már az 1940-es években megfogalmazta az ún. kontinuitás elméletét, amelynek lényege az, hogy a diszperz rendszer annál stabilabb, minél harmonikusabban (kontinuusabban) illeszkedik be adszorpciós rétegével együtt a diszperziós közeg szerkezetébe. Itt a hazai kolloidkémia alapítója már felhívja a figyelmet az adszorpció szerepére a határfelületi rétegekben.

Ha a diszpergálás mértéke – amely energiabefektetéssel jár – jelentős, akkor eljutunk a kolloid diszperz rendszerekre jellemző 1–500 nm-es mérettartományba. Ha ezen belül az 1–100 nm-es tartományban dolgozunk, akkor kifejezetten nanodiszperz rendszereket állíthatunk elő, amelyekben a diszkontinuitások mértéke (például a részecske átmérője, egy vékony réteg vastagsága stb.) új anyagi tulajdonságokat mutat, amely elsősorban az anyag sűrűségében, kristályszerkezetében, elektromos és mágneses tulajdonságaiban jelentkezik, valamint ezen nanostrukturált rendszerek változatos optikai tulajdonságait is megjeleníti (Henglein – Gutierrez, 1983). Ez azt is jelenti, hogy ebben a mérettartományban

egyszerű kémiai, illetve fizikai-kémiai módszerekkel irányítani tudjuk az anyag szerveződését, például önszerveződő, önrendeződő struktúrákat állítunk elő. Az eddig jól ismert anyag olyan új tulajdonságokat is mutathat, amelyek lehetővé teszik a legkorszerűbb csúcstechnológiákban való alkalmazásokat. E kutatások első eredményei a gyógyszeriparban, a hadászati iparban, az olajiparban és az ezekhez kapcsolódó számos alkalmazásban (félvezetőipar, mikroelektronika, nanoelektronika, papíripar, úrkutatás, heterogén katalízis, intelligens anyagok, élelmiszeripar, továbbá számos kémiai technológiai eljárás, például öntisztuló felületek szintézise, napenergia konvertálása elektromos energiává, fotoelektro-kémia stb.) nyilvánulnak meg napjainkban.

A jelenleg ismert kőolajkészletek kb. 35–40%-a a pórusos szerkezetű tárolórétegekben maradt 2-3 km mélységben. A vegyipar számára fontos szénhidrogén-nyersanyag a jövőben kitermelhető lesz a komplex szerkezetű fluidumok alkalmazásával. Az értékes nyersanyag további kitermelése a változatos összetételű és porozitású tárolóközetekből a polimerek, a tenzidek és a nanorészecskék kombinált alkalmazásával lehetséges, az adszorpciós jelenségek ismeretében.



1. ábra. A kolloid háromszög: a különböző kolloid rendszerek (diszperziós kolloidok a makromolekulák és a felületaktív anyagok) kombinációival létrehozható határfelületi rétegek és a felhasználásukkal stabilizálható nanodiszperziók néhány változata

Ebben a munkában röviden arra kívánok rávilágítani, hogy a folyadék–gáz, szilárd–gáz, folyadék–folyadék, szilárd–folyadék határfelületek létrejöttékor milyen

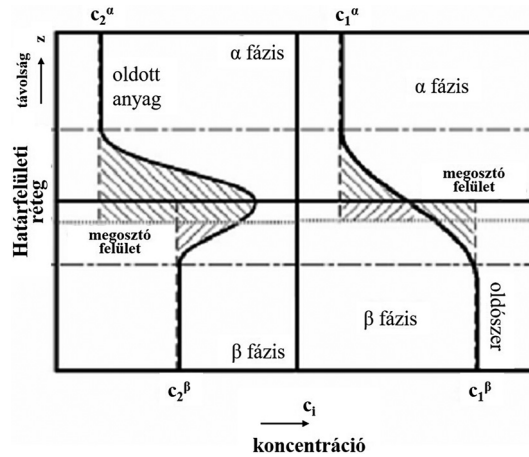
diszperz rendszerek hozhatók létre, mi szükséges az előállított rendszerek kinetikai állandóságának biztosításához, ugyanis termodinamikai állandóságról, a határfelületi rétegek többletenergija miatt nem lehet szó. A területen dolgozó anyagtudós feladata elsősorban az, hogy a határfelületek fizikai-kémiai tulajdonságait kvantitatív módon megismerje, és ezen adatok birtokában új technológiákat adjon meg a nanofázisú diszperziók előállítására. Ehhez szükségünk van olyan – szintén kolloid állapotú – adalékanyagokra, amelyek a létrejövő határfelületi rétegek stabilitását biztosítják, de maguk is kolloid állapotúak, például felületaktív anyagok vagy makromolekulák. Így a diszperz rendszerek, amelyek termodinamikai értelemben nem egyensúlyi rendszerek, és a kolloid anyagok között jól ismert termodinamikai egyensúlyban lévő rendszerek (tenzidek, makromolekulák) kombinációjával kinetikailag állandó és a nanoméretű skálán is stabil rendszereket vagy ultravékony filmeket, vagy nanohibrid rendszereket állíthatunk elő. Az ezek kombinációjával létrehozható rendszerek variációs lehetőségét jól mutatja az 1. ábra.

A HATÁRFELÜLETI RÉTEGEK TERMODINAMIKAI TULAJDONSÁGAI

A folyadék–gáz, a szilárd–gáz és a szilárd–folyadék határfelületek fizikai-kémiai tulajdonságainak leírásánál alapvető szerepe van a felületi feszültségnek, pontosabban a felületi szabad energiának. A termodinamika kiváló lehetőséget nyújt a határfelületi rétegek kvantitatív minősítésére abból adódóan, hogy Josiah Willard Gibbs (1839–1903) amerikai kutató kiváló modellt alkotott a határfelületi rétegek termodinamikájának leírására. Ennek lényege az, hogy a felületen, illetve annak környezetében a koncentrációk távolságfüggése – pontosabban a felület síkjától való koncentrációeloszlási függvény – jelentősen eltér a homogén belső fázistól, tekintettel arra, hogy a határfelületi erők a felszínen nem kiegyensúlyozottak, vagyis az adszorpciós erőterben a kölcsönhatások inhomogének és anizotropok (2. ábra). A tömbfázisban minden részecske/molekula környezete teljesen kiegyenlített erőhatások szempontjából, ugyanez a felszínre nem igaz. Ennek következtében egy α és β fázis találkozásakor ún. felületi adszorpciós többlet definiálható, amelynek lényege az, hogy a Gibbs által bevezetett ún. „megosztó- vagy választófelületig” a homogén fázis kiterjed, és egyszerű matematikai megfontolásból megadható az adszorpciós többlet bármilyen határfelületre az alábbi egyenlet szerint (Schay, 1969):

$$n_i^\sigma = n_i^0 - \lambda^\alpha C_i^\alpha - \lambda^\beta C_i^\beta \quad (1)$$

$$X^\sigma = X - X^\alpha x_i^\alpha - X^\beta x_i^\beta \quad (2)$$



2. ábra. A Gibbs-féle adszorpciós modell és a koncentrációeloszlási függvények határfelületeken

A fenti összefüggés lehetőséget ad arra, hogy minden feltételezéstől mentesen megadható az adszorpciós többlet (n_i^σ), illetve bármilyen extenzív mennyiség (X_i^σ) (például entalpia, szabadentalpia, entrópia stb.), amely a határfelületi rétegre jellemző. Ennek meghatározása egyszerű mérési utasítás, amely lényegében az adott rendszerben az adszorpció előtti kiindulási koncentráció, illetve az egyensúlyi koncentráció pontos meghatározását igényli. A határfelületi energia megjeleníthető a Gibbs–Duhem-egyenletben (Schay, 1969), amely a határfelületi energiát, illetve feszültséget (γ) is tartalmazza:

$$S^\sigma dT - V^\sigma dp + A d\gamma + \sum_i n_i^\sigma d\mu_i = 0 \quad (3)$$

A fenti egyenletben μ_i az i -edik komponens kémiai potenciálja adott T hőmérsékleten és p nyomáson, az extenzív többletmennyiségek: az entrópia (S^σ) és a rendszer térfogata (V^σ) és a felület nagysága (A), valamint n_i^σ az i -edik komponens adszorpciós többlete a határfelületi rétegben. Az 1970-es években Schay Géza és Nagy Lajos György a szilárd–folyadék határfelületre vonatkozó elegyadszorpciós termodinamikai kutatási eredményei meghatározóak voltak például a folyadékkromatográfia analitikai alkalmazásában. A fenti összefüggésekből a hőmérsékletfüggés meghatározása után a van't Hoff-egyenlet alapján az entalpia- és szabadenergia-függvények kiszámíthatók. Meg kell jegyezni, hogy a felületen működő gyenge kölcsönhatások ma már nagy érzékenyséű mikrokaloriméterekkel is mérhetők. Ezen kísérleti adatok összevethetők a Gibbs-egyenlet alapján számítható adatokkal (Schay, 1969). A fentiekből kitűnik tehát, hogy a határfelületi rétegben az erőhatások következtében jelentkező koncentrációprofilok lényegében nanométer skálán határozzák meg a nanodiszperziók stabilitásáért felelős, határfelületi rétegek

szerkezetét, összetételét (háromdimenziós rendszerek). Lehetőségünk van arra, hogy határfelületi rétegekben ún. ultravékony filmekben, biológiai membránokban, önszerveződő struktúrák létrehozásában a határfelületi fizikai kémia jelentős segítséget nyújtson. Gyakorlatban ez azt is jelenti, hogy ezen ismeretek birtokában kvantitatív számítások alapján lehetőségünk van szenzorok, biológiai szenzorok, különböző optikai vékonyrétegek, optikai kapcsolók előállítására, amelyek napjainkban egyre inkább elterjedtek. Ugyanígy a biológiai membránok és az önszerveződő struktúrák felépülésében meghatározók az adszorpciós erők, mert ezek döntenek el, hogy egy adott biológiai rendszerben különböző gyógyszerhatóanyagok milyen kölcsönhatásba kerülnek a határfelületi rétegekkel: megkötődnek rajtuk, vagy át is hatolhatnak a biológiai membránokon. A gyógyszeripari lehetőségeket tovább kutatva szintén elterjedtek napjainkban azon gyógyszerhatóanyag-beviteli lehetőségek, amelyek a szabályozott, illetve a célzott hatóanyag-leadás technológiáját lehetővé teszik. Ebben az esetben például egy rákellenes hatóanyag a „nanoméretű” csomagolásban, az ún. nanokapszulában, amelynek hordozója lehet például egy fehérjemolekula is. Bekerülhetnek az élő szervezetbe (véráramba) olyan molekulák, amelyek lokálisan fejtik ki hatásukat, és az adott gyógyszermolekula nem terheli az egész szervezetet. A további felhasználás természetesen jelentősen érinti a szenzorikát, illetve a hozzá kapcsolható félvezetőipart. A vékonyrétegek elterjedése – különösen, ha mágnesezhető nanorészecskéket tudunk rendkívül kis térfogatban rendezetten orientálni – lehetővé teszi a mágneses adattárolást, illetve az ultravékony rétegekből felépített nanohibrid szerkezetekben jelentős mennyiségű elektromos töltés felhalmozását, az pedig a kis térfogatú, de nagy áramsűrűségű elemek által megvalósítható energiatárolást. A környezetvédelemben is már a gyakorlati alkalmazás szintjén működnek az ún. „öntisztuló” felületek, amelyek fény hatására működő katalitikus aktivitásuk, illetve szuperhidrofób tulajdonságuk miatt szintén fontosak mind a hadászati, mind a polgári védelemben. Így napjainkban figyelemre méltó az antibakteriális tulajdonságú felületek elterjedése, lehetővé téve, hogy az egyre inkább rezisztenssé váló baktériumok elszaporodását meg tudjuk akadályozni (Tallósy et al., 2016).

A NANOSZERKEZETŰ ANYAGOK ELŐÁLLÍTÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

Ha vizsgálatainkat elsősorban az 1–50 nm mérettartományban található nanorészecskékre terjesztjük ki, akkor ebben a mérettartományban jelentős kölcsönhatások működnek a határfelületeken, és a kialakult határrétegek tulajdonságait ismerve juthatunk el a nanoszerkezetű anyagok előállításához és stabilizálásához (Kotov et al., 1995; Dékány et al., 1997). A diszperziós kolloidok előállításánál, a kinetikai állandóság vizsgálatánál nagyon lényeges a stabilizáló határrétegek szerkezete és kiterjedése. Az előállítási lehetőségeket tekintve technikailag az

egyik legegyszerűbb rendszer a szilárd–folyadék, illetve a folyadék–folyadék határfelületet tartalmazó kolloid diszperzió. Mivel az adszorpciós réteg kiterjedése néhány nanométer, felvetődik a kérdés, hogy létrehozhatunk-e nanoszerkezetű anyagokat ezen erőterben, kihasználva azt, hogy az adszorpció révén a legkülönbözőbb anyagok (ionok, molekulák, makromolekulák, tenzidek stb.) feldúsulnak a felületen. Mint a következőkben látni fogjuk, a határfelületeken kiváló lehetőség nyílik az adszorpció miatt az ún. önrendeződő (vagy önszerveződő) struktúrák (ún. kvázi kétdimenziós szerkezetek) szabályozott létrehozására. Természetesen a vizsgált részecskék felületén lévő adszorpciós rétegben is lehetőség van a nanorészecskék előállítására, így a klasszikus értelemben vett diszperz rendszerekben (szolokban és szuszpenziókban) a szilárd–folyadék határfelületi rétegekben mint „nanoreaktorokban” előállíthatók néhány nanométer átmérőjű részecskék (Dékány et al., 1997).

Nanorészecskék előállíthatók folyadék–folyadék határfelületeken is. Ez a méret-tartomány a kolloid rendszerek esetében az ún. nano- és mikroemulziók 100–200 nm-es tartománya. Olyan diszperziókról van szó, amelyekben az egymással nem elegyedő két folyadékfázis a határfelületen adszorbeált tenzidek segítségével csepp formájában diszpergálódott. Az emulziócseppek tehát mint nanoreaktorok teret adnak a megfelelő átmérőjű részecskék szintézisének is. A cseppek átmérője a tenzid–víz aránnyal szinte tetszőlegesen szabályozható. Ezért az előállítani kívánt nanorészecskék mérete is az összetételnek megfelelően változtatható.

ULTRAVÉKONY NANOFILMEK ÉS ÖNSZERVEZŐDŐ KOLLOID RENDSZEREK

Az adszorpciós jelenségek tanulmányozása és a határfelületi rétegek szerkezetének, valamint a részecskék közötti kölcsönhatásoknak a megismerése lehetőséget ad arra, hogy különböző lamellás szerkezetű anyagokból (például agyagásványokból vagy grafit-oxidból) – amelyek vastagsága kb. 1 nm – ultravékony filmeket állítsunk elő. A lamellák az adszorpciós erők hatása miatt önrendeződésre képesek, és a rétegszámtól függően 5–100 nm vastagságú rétegek állíthatók elő sík felületen (Kotov et al., 1995).

Nanofilmek preparálásához nemcsak kolloid részecskéket, hanem makromolekulás kolloidokat is használhatunk. Előnyösen alkalmazhatók az elektromosan töltött polimerek vagy polielektrolitok. Így például kationos polimerekkel lamellás szerkezetű kolloidokból (rétegszilikátokból, grafitzármarazékokból stb.) ultravékony nanofilmeket készíthetünk, amelyek összetételét és szerkezetét tetszőlegesen szabályozhatjuk az adszorpciós egyensúlyok ismeretében. Ez a nanotechnológiai eljárás lehetővé teszi, hogy 20–50 nm vastagságú rendezett nanohibrid filmeket állítsunk elő, amelyek vezetőképessége, mágnesezhetősége vagy számos optikai tulajdonsága szabályozható (Kotov et al., 1995; Dékány et al., 1997).

A különböző félvezető és átmeneti fém nanorészecskék előállítására számos olyan módszer ismert, amelyek a részecskék stabilizálásához és a méret szabályzásához asszociációs kolloidokat (micellákat, mikroemulziókat, Langmuir–Blodgett-filmeket vagy egyéb önrendeződő rendszereket) használnak fel. Az ismert szintézismódszerek között mind organikus, mind vizes közegben lejátszódó reakciók előfordulnak. Az eljárásokban fontos szerepet töltenek be a stabilizálószerkezetek, amelyek a kialakult nanorészecskéket megóvják az aggregációs folyamatoktól, így igen kicsi (néhány nm méretű) részecskék előállítása is elérhetővé válik. A legtöbb esetben polimereket, alkil-ammónium sókat, tenzideket használnak stabilizálószerként, amelyek segítségével kis részecskeméretű szolokat szintetizálnak.

Korábbi munkáinkban a szilárd–folyadék határfelületű adszorpciós réteget mint „nanofázisú reaktort” alkalmaztuk nanokristályos félvezetők (CdS, ZnS, TiO₂) előállítására, illetve az agyagásvánnyal való stabilizálására (Kotov et al., 1995; Dékány et al., 1997). Az eljárás lényege az, hogy a folyadékban diszpergált szilárd részecskék felületén lévő rétegben adszorbeáltatjuk a nanokristályos anyag prekursor ionjait, és a szintézist a megfelelő redukálószer (alkoholok, hidrazin stb.) bevitelével a felületi rétegben hajtjuk végre. A prekursorok oldékonyságát úgy állítjuk be a diszperziós közeg megválasztásával, hogy ebben a prekursor ionok gyakorlatilag ne oldódjanak. Ha az oldékonyság nem jelentős a folyadékfázisban, akkor a prekursor ionok preferáltan adszorbeálódnak a szilárd felületen, és a tömbfázisban koncentrációjuk közel zérus lesz. Ezt az eljárást kontrollált kolloidszintézisnek is tekinthetjük, amely lényegesen különbözik a fémkatalizátorok előállításánál ismert impregnációs technikától. A nanofázisú reaktor alkalmazásának lényege éppen az, hogy a diszperziós közegben mint tömbfázisban nem képződik részecske. Különösen jó lehetőséget biztosítanak a fenti eljárásokhoz a réteges szerkezetű szilikátlamellák, mivel a prekursorok adszorpciója és az azt követő nanorészecske-képződés és -növekedés a lamellák közötti interlamelláris térben szterikus okok miatt is korlátozott.

Vizes közegben makromolekulás stabilizálással is előállítottunk nemesfém nanorészecskéket. Így a prekursorokból homogén nukleációval előállíthatunk néhány nm-es átmérőjű polimerrel stabilizált fém nanorészecskéket. Heterogén nukleációval valamilyen réteges szerkezetű adszorbens felületén, illetve interlamelláris térben szintén előállíthatunk nanorészecske/hordozó kompozitokat. A két módszer kombinációjával viszont rendkívül stabil – az interlamelláris térben polimerrel védett – nemesfém/polimer/rétegszilikát kompozitokat állíthatunk elő. Az előzőekben említett nanohibrid rendszerek előállításánál alapvetően fontos a kísérletező számára a szilárd–folyadék határfelületen az adszorpciós egyensúlyok ismerete, az adszorbeált mennyiség szabályozása és a kölcsönhatások erősségének ismerete. Ezen adatok ismeretében lehetőségünk van – napjainkban már elterjedt gyakorlattá vált – számos nanoszerkezetű kompozit anyag előállítására.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetemet fejezem ki munkatársaimnak, Janovák Lászlónak és Csapó Editnek kiváló tudományos munkájukért, amellyel hozzájárultak a dolgozatban közölt eredményekhez.

IRODALOM

- Buzágh Aladár (1946): *Kolloidika* I., II/2. Budapest: Akadémiai Kiadó
- Dékány Imre – Túri László – Galbács Gébor – Fendler János H. (1997): The Effect of Cadmium Ion Adsorption on the Growth of CdS Nanoparticles at Colloidal Silica Particle Interfaces in Binary Liquids. *Journal of Colloid and Interface Science*. 195, 307–315. DOI: 10.1006/jcis.1997.5142
- Henglein, Arnim – Gutiérrez, Maritza (1983): Photochemistry of Colloidal Metal Sulfides. 4. Cathodic Dissolution of CdS and Excess Cd²⁺ Reduction. *Berichte der Bunsengesellschaft für physikalische Chemie*. 87, 6, 474–477. DOI: 10.1002/bbpc.19830870605
- Kotov, Nicholas A.– Dékány Imre – Fendler János H. (1995): Layer-by-Layer Self-Assembly of Polyelectrolyte-Semiconductor Nanoparticle Composite Films. *The Journal of Physical Chemistry*. 99, 13065–13069. DOI: 10.1021/j100035a005 https://www.researchgate.net/publication/231395676_Layer-by-Layer_Self-Assembly_of_Polyelectrolyte-Semiconductor_Nanoparticle_Composite_Films
- Ostwald, Wolfgang (1916): *Die Welt der vernachlässigten Dimensionen*. Dresden–Leipzig: Verlag von Steinkopf
- Schay Géza (1969): Adsorption from Solutions of Nonelectrolytes. In: Matijević, Egon – Eirich, Frederick Roland (eds.): *Surface and Colloid Science*. London: Wiley, Vol. 2/155.
- Tallósy Szabolcs Péter – Janovák László – Nagy Erzsébet et al. (2016): Adhesion and Inactivation of Gram-negative and Gram-positive Bacteria on Photoreactive TiO₂/polymer and Ag–TiO₂/polymer Nanohybrid Films. *Applied Surface Science*. 371, 139–150. DOI: 10.1016/j.apsusc.2016.02.202 https://www.researchgate.net/profile/Erzsebet_Nagy2

CSEPPKÖVEK ÉS KLÍMAKUTATÁS: NANOMÉRETEKTŐL A KONTINENTÁLIS LÉPTÉKIG

Demény Attila

az MTA rendes tagja, MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont Földtani és Geokémiai Intézet
demeny@geochem.hu

Kulcsszavak: cseppkő, barlangi monitoring, barlangi karbonátkiválás, U-Th-sorozatos kormeghatározás, radiokarbon kormeghatározás, stabilizotóp-geokémia, nyomelem-geokémia, paleoklíma, holocén, utolsó interglaciális

ÁTTEKINTÉS A CSEPPKÖVEK GEOKÉMIÁJÁRÓL

A cseppkövekről szóló székfoglaló előadásom után kaptam a megtisztelő felkérést, hogy írjak a *Magyar Tudomány* részére egy összefoglalót a kutatási irányvonalakról és eredményekről. E tanulmányban az érdeklődő olvasók szélesebb rétegével igyekszem megismertetni ennek az izgalmas kutatási területnek a hátterét és eredményeit, így a szakmai részleteket megpróbáltam csökkenteni. A tudományos részletek iránt érdeklődő olvasónak Ian Fairchild és Andy Baker könyvét ajánlom figyelmébe (Fairchild – Baker, 2012), ez a mű nagyszerűen foglalja össze, hogy hol tart ma a világban a barlangok és a cseppkövek vizsgálata. Talán nem véletlen az érdeklődés, a cseppkövek már megjelenésükben is megragadják az ember érdeklődését, hát még, ha kiderül, hogy mennyi érdekes információt rejtenek.

A cseppkövek kutatása elsősorban a múltbeli klímára jellemző körülmények és a klímaváltozási folyamatok meghatározásában jelenik meg, de számos más területen is érdekes eredményeket szolgáltat. Az álló cseppkövek, a sztalagmitok állékonyága például árulkodik arról, hogy mekkora horizontális gyorsulást (tehát maximális földrengési intenzitást) biztosan nem szenvedtek el, hiszen nem dőltek ki (Szeidovitz et al., 2008). A barlangok emberi lakhelyként is szolgálták, az állandóan csepegő vízből kiváló cseppkő pedig bekérgezheti az emberi tevékenység maradványait. A maradványra rátelepült cseppkő kora megadja az adott lelet minimális korát, ezt pedig a régészetben lehet hasznosítani (lásd Ian J. Fairchild és Andy Baker összefoglaló munkájában a felsorolt eseteket).

E két terület esetében is alapvető információ a kor, ami a cseppkövek kitűnő hasznosíthatóságának alapja. Minden, a múlt körülményeinek és változásainak meghatározására irányuló kutatás alapja a kor pontos ismerete. A finoman ré-

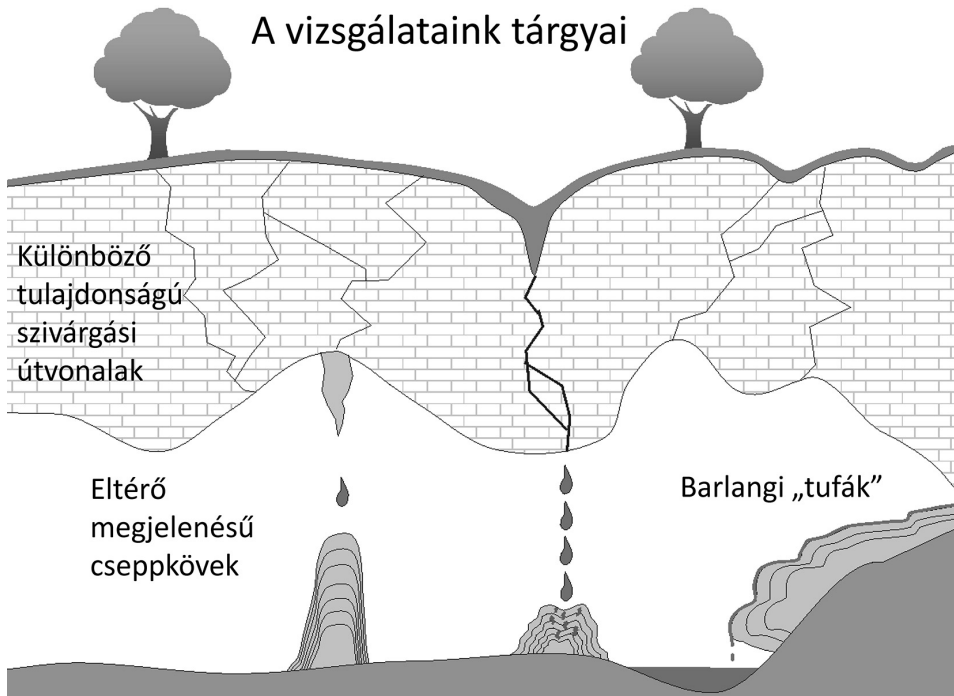
tegett tavi üledékek éves rétegecskéinek (lamináinak) vagy a fák évgyűrűinek számolása éves felbontású adatsorokat eredményezhet, viszont a rögzítőpontokat mindenképpen ismernünk kell. Ilyenek a biztosan jelenleg is folyó képződés (tehát a legfiatalabb kor), az ismert korú események (például a vulkáni kitörések), de ezek megléte meglehetősen esetleges. Sokkal egyszerűbb, ha van olyan módszerünk, amellyel egy adott réteg korát függetlenül meg tudjuk határozni.

A cseppkövek ebből a szempontból jelentenek kiváló vizsgálati tárgyat, mert két olyan módszer is létezik, amely abszolút numerikus korokat szolgáltat. A leggyakrabban alkalmazott módszer az U-Th-sorozatos korhatározás, amely a cseppkő karbonátjába beépült urán radioaktív bomlásából keletkező tórium mennyiségének meghatározásán alapul. A beépült ^{234}U alfa-bomlással ^{230}Th -má alakul, így elméletileg az urán és a tórium izotópjainak koncentrációmérésével a karbonát kiválása óta eltelt idő meghatározható. Ennek két alapvető feltétele van: megfelelő mennyiségű urán (túl kis uránkoncentráció esetén a képződő tórium mennyisége nehezen és pontatlanul mérhető) és nulla vagy nagyon csekély eredeti tóriumtartalom. A tórium ugyanis a kőzeteken átszivárgó csepegővíz által szállított törmelékes szilikátszemcsékkel együtt a karbonátrétegben szintén kiülepedhet, így meghamisítja a kormérésünket. Ennek a tóriumszennyezésnek a mértékét megadhatja a ^{232}Th mennyiségének meghatározása. Ideális esetben tehát megfelelő U- és kis eredeti Th-koncentráció esetén a mérés pontosan megadja a cseppkőréteg képződési korát. A módszer kb. félmillió éves korig alkalmazható az U-Th rendszerben a ^{234}U bomlásából történő ^{230}Th -képződés és a ^{230}Th radioaktív bomlása miatt bekövetkező egyensúly beállása miatt.

Egy másik módszer a radiokarbon elemzés. A kozmikus sugárzás hatására a légkörben keletkező radioaktív szén (^{14}C) beépül a növényekbe, a talaj szerves anyagába, a talajban lejátszódó biológiai aktivitás pedig ezt a szerves anyagot dolgozza fel. A mikrobiális működés során kibocsátott szén-dioxid beoldódik a talajvízbe, ami leszivárog a barlangi térig, ott pedig cseppkőkiválást hoz létre. A cseppkő tehát tartalmazza a légköri szénből származó ^{14}C -et. A légköri és a cseppkőben mért ^{14}C -aktivitás a ^{14}C radioaktív bomlási sebességének ismeretében megadja a képződés óta eltelt kort. A módszernek számos ismeretlen tényezője és buktatója van, amelyekre a jelen összefoglalóban nem térek ki, de megfelelő korrekciókkal az utóbbi legfeljebb 60 ezer (a mérési akadályok miatt általában kb. 45 ezer) évre évtizedes-évszázados pontossággal állapítható meg a képződési kor (lásd Molnár, 2006).

A karsztos rendszerbe szivárgó oldat változatos karbonátképződeményeket hoz létre a barlangokban (*l. ábra*). Mint láttuk, a talajvíz biogén szén-dioxidot vesz fel, enyhén savas kémhatásúvá válik, az így létrejött oldat pedig szivárog lefelé a talaj alatt levő mészkő repedéseiben. Az iskolai tanulmányokból jól ismert, hogy a sav szén-dioxid-felszabadulással oldja a mészkövet, így az oldat kémhatása egyre változik, a repedések tágulnak, barlangok alakulnak ki. Az oldatban jelen levő oldott szén-dioxid a lefelé szivárgás során a nyílt repedésekben részben távozhat,

ekkor az oldott karbonát oldhatósága csökken, és még a repedésekben kiválhat. Az oldat a barlangi terem mennyezetére érkezve lecsöppen, az aljzatra érkezve a szén-dioxid hirtelen kigázósodik, az oldott karbonát pedig kiválik. Így mind a mennyezeten, mind a lecsöppenés helyén karbonátkiválás jön létre, felül sztalogtit, alul sztalogmit. Ha ez az oldat egy repedésből a terem oldalfalán áramlik ki, akkor ott a felszínen lefolyva karbonátlefolyást (angolul *flowstone*) eredményez. A talajban végbemenő biológiai aktivitás nyilvánvalóan évszakos jellegű, télen kisebb mértékű, nyáron felerősödik, így az oldat összetétele, oldott szén-dioxid- és karbonáttartalma is változik. Ennek megfelelően a kiváló karbonátban is képződik egy téli és egy nyári lamina, amelynek a szövete, összetétele eltérő. Mindezek alapján jönnek létre a rendkívül változatos barlangi karbonátkiválási formák, az ún. speleotémák, amelyek magukba foglalják a cseppköveket, lefolyásokat, tavi kiválásokat és a patakmedrekben a mészkőgátakat.



1. ábra. Barlangban létrejövő karbonátképződmények és környezetük

A kiváló karbonát az esetek többségében kalcium-karbonát, ezen belül kalcit, ami így természetesen elsősorban Ca, C és O elemeket tartalmaz, de – mint láttuk – számos más elemet is magába zár. A természetben nincs tiszta rendszer,

a talajból és a környező kőzetekből eredően az egész periódusos rendszer megjelenik a cseppkövek összetételében. Ez a háttér annak a kiterjedt geokémiai vizsgálati rendszernek, amelyet a cseppkövek esetében alkalmazunk. A szén és az oxigén esetében a koncentráció lényegtelen, ellenben ezek stabilis izotópjainak (^{13}C , ^{12}C , ^{18}O , ^{16}O) arányai már a környezetre jellemző paramétereket tükrözik. Ugyanígy a karbonátban levő nyomelemek sokasága (magnézium, stroncium, foszfor, szilícium, alumínium, ritkaföldfémek stb.) az oldat fejlődésének folyamatait jelzik. Ezek vizsgálata képezi a stabilizotóp- és a nyomelem-geokémia alapját, amiről a továbbiakban nyújtok áttekintést.

Jóllehet nagyon sok elemnek van stabilis, azaz radioaktív bomlást nem mutató izotópja, a stabilizotóp-geokémia öt elem – hidrogén, szén, nitrogén, oxigén és kén – stabilis izotópjainak a Föld szféráiban történő eloszlásával foglalkozik. Ezek közül a szén és az oxigén izotópösszetételének elemzése értelemszerű a cseppkövek esetében, de hozzájuk jön még a cseppkövekbe zárt oldatzárványok víztartalmának elemzése révén a hidrogén is. A karbonátba zárt kén izotópelemzése nem gyakori, nagyon kevés kutató foglalkozik vele (Wynn et al., 2010). Méréstechnikai okokból nem az abszolút izotóparányokat adjuk meg, hanem nemzetközi sztenderdekhez viszonyított δ relatív értékeket a következő képlet szerint: $\delta = (R_{\text{minta}} / R_{\text{szenderd}} - 1) \times 1000$, ahol R az adott izotóparány a mintában, illetve sztenderdben. Az 1000-es szorzó azért van, hogy könnyen kezelhető értékeket kapjunk, ezért az értékeket ‰-ben adjuk meg. A sztenderd a szén és az oxigén esetében a V-PDB (Vienna Pee Dee Belemnite), a hidrogén és az oxigén esetében a V-SMOW (Vienna Standard Mean Ocean Water). A képletből következően a könnyű izotópban dús minta δ értéke negatívabb, a nehéz izotópban dús mintáé pozitívabb.

A karbonát széntartalmának $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ arányát számos tényező határozza meg. A talajban folyó biológiai aktivitás ^{12}C -dús szén juttat a talajvízbe. Meleg, csapadékos éghajlat esetén a talaj biológiai aktivitása nagyobb mérvű, ami a talajvízben és így végül a kiváló karbonátban negatív $\delta^{13}\text{C}$ -eltolódást okoz. A barlang erős szellőzöttsége esetén a cseppkő felületére cseppenő oldatból a szén-dioxid nagyon gyorsan távozik el, nem tud dinamikus egyensúly kialakulni, ami a könnyű izotópból álló molekulák nagyobb mozgékonyasága és eltávozása miatt ismét erős pozitív $\delta^{13}\text{C}$ -eltolódást okoz. További hatás a szivárgási útvonalban az oldat kigázosodása és a repedésekben lejátszódó karbonátkiválás, ami szintén pozitív $\delta^{13}\text{C}$ -eltolódást okoz az oldatban és így a cseppkő karbonátjában is. Hosszú távon, geológiai időskálán a felszíni növényzet is változhat a csapadékosabb éghajlatot kedvelő C3 növények és a száraz éghajlaton előforduló C4 növények dominanciájának változásával. A C3 növények esetében a fotoszintézis során a CO_2 megkötésének első terméke a három szénatomot tartalmazó 3-foszfoglicerinsav, a C4 növények esetében a CO_2 megkötése a négy szénatomos almasavban és aszparaginsavban történik. A fotoszintézis mechanizmusában mutatkozó különbségek

miatt a két növénytípus szerves anyaga és a külső CO_2 közötti izotópfractionáció eltérő, a két típus más $\delta^{13}\text{C}$ -tartományt fed le, és így a talajba kerülő szerves anyag bomlása más összetételű biogén szén-dioxidot eredményez, ami ismét megjelenhet a cseppkő összetételében.

A cseppkő oxigénizotóp-összetétele ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ aránya) két fő tényezőtől függ: a hőmérséklettől és az oldat oxigénizotóp-összetételétől. A hőmérséklet és a két komponens összetétele közötti különbség (kalcit-víz frakcionáció) összefüggése viszonylag jól meghatározott, így ha az oldat összetétele ismert, akkor a karbonát $\delta^{18}\text{O}$ értékének elemzésével a hőmérséklet meghatározható. A probléma az, hogy a múltbeli oldat összetétele nem ismert és nem állandó. A beszivárgó csapadékvíz oxigénizotóp-összetétele a felszíni hőmérséklet, a csapadékszállítás iránya (az Atlanti-óceánból vagy a Földközi-tengerből származó pára $\delta^{18}\text{O}$ értékei nagyon eltérőek) és másodlagos (például párolgási) folyamatok függvénye. A repedéseken keresztül a karsztvízrendszerbe jutó víz a talajban, a repedésekben és a barlangi térben is párolgást szenvedhet, ami a könnyű izotóp relatív eltávozását és így az oldat és a cseppkőkarbonát pozitív $\delta^{18}\text{O}$ -eltolódását eredményezi. A lehulló csapadék meleg klíma esetén ^{18}O -dúsabb, mint hidegebb klímában. Ugyanakkor a barlang hőmérsékletének emelkedésével a karbonát $\delta^{18}\text{O}$ értéke negatív irányba tolódik, amely két hatás kiegyenlítheti egymást.

Mindezek alapján látható, hogy rendkívül összetett rendszerrel állunk szemben. Az adatok megfelelő értelmezéséhez egyrészt a barlang működését kell pontosan értenünk (például a talaj hatása, a szellőzöttség mértéke, a szivárgási rendszer gyors vagy lassú jellege stb.), másrészt a stabilizotópos adatok mellett független információkra van szükség. Ilyen független információt nyújtanak a nyomelemvizsgálatok. A foszfor koncentrációja a talajaktivitástól függ, erősebb biológiai aktivitás nagyobb mennyiségű foszfort mobilizál és juttat az oldatba, így a kiváló cseppkőbe. Az oldat bepárlódásával az egyéb nyomelemek (például Mg, Sr) koncentrációja nő. Ugyanígy az előzetes kalcitkiválás a repedésekben megnöveli a Ca-hoz viszonyított relatív Mg- és Sr-koncentrációt. A csapadékosabb éghajlat nagyobb mértékű beszivárgást jelent. Ez egyrészt nagyobb mennyiségű talajeredetű szilikátos anyagot szállíthat a cseppkő felszínére, vagy a karbonátkiválás mértékének növekedésével a relatív Al- és Si-koncentrációt csökkenti.

Látható, hogy a végeredmény sokszor a különböző kompetitív hatások összjátékából következik. Ennek megfelelően a múltbeli kiválások összetételének értelmezéséhez a barlang jelenlegi működését kell ismerni. A megoldás a barlang több éven át tartó monitorozása. A barlangi levegő szén-dioxid tartalmának, az oldatok fizikai és kémiai jellemzőinek, az aktív karbonátkiválások összetételének ismeretében meghatározható a szezonális hatások megjelenése (gyors válaszadású rendszer) vagy hiánya (homogenizált, lassú válaszadású rendszer), valamint az összetételeknek a meteorológiai paraméterekkel való kapcsolata. Ilyen monitoringmunka folyt az OTKA NK 101664 projekt keretében (Czuppon et al., 2017). A monitoringnak

ugyanakkor van egy nagy hiányossága: a túlságosan rövid időtáv. A projektek által biztosított néhány éves időtartam alatt nem valószínű, hogy jelentősebb éghajlatváltozás következik be, ehhez általában már évszázados léptékre van szükség. Az utóbbi mintegy egy évszázadra rendelkezésre állnak meteorológiai paraméterek. Az ezen időszakban képződött cseppkövek (mint például a 2. ábrán látható) elemzésével jobban megérthető az adott barlang hosszabb távú működése (Demény et al., 2017a). Négy kis cseppkő elemzése alapján kimutattuk, hogy milyen szövetű cseppkő alkalmas a további paleoklimatológiai vizsgálatokra, valamint azt is, hogy a lassú képződésű cseppkövek szén- és oxigénizotópos összetételei elsősorban a téli–tavaszi hőmérsékletet és a csapadék mennyiségét jelzik.

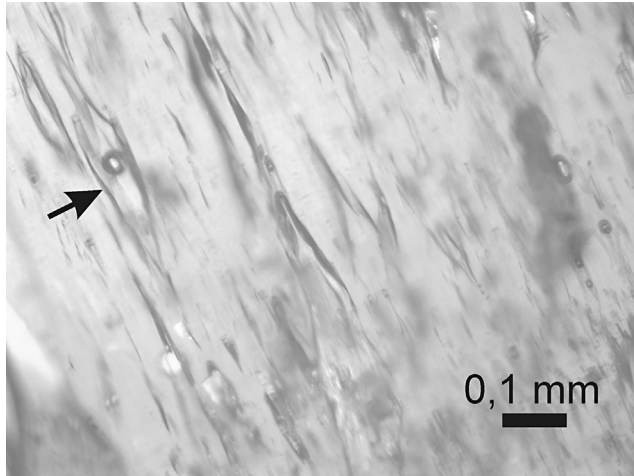


2. ábra. Éves rétegzettséget mutató, a gyűjtéskor aktívan képződő cseppkő keresztmetszete a Baradla-barlangból

ÚJ FELISMERÉS: AMORF KARBONÁT KÉPZŐDÉSE

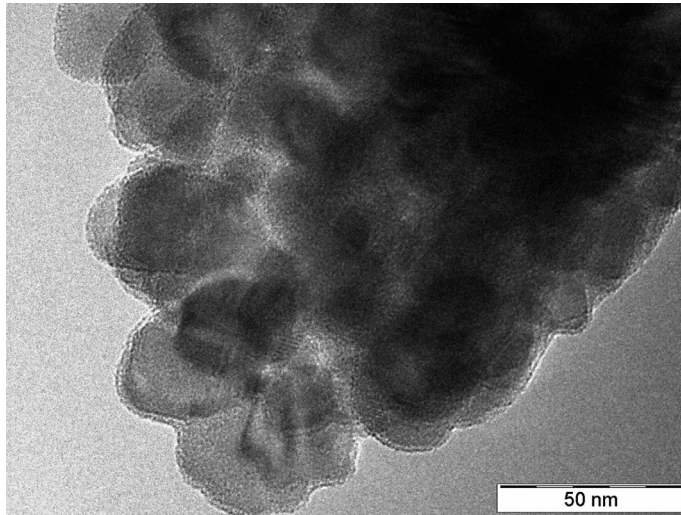
Egy ígéretes, és az eddigiektől eltérő jellegű és információtartalmú technika a cseppkövekbe zárt oldatzárványok víztartalmából a D/H és $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ arány meghatározása. Mint említettem, a csapadék stabiloxigén-izotópos összetétele a felszíni hőmérséklet és csapadékeredet függvénye, azonban az összetétel csak egy frak-

cionációs áttétellel jelenik meg a cseppkő karbonátjában. A cseppkő felszínének rendezetlen növekedésével azonban az oldat kis része bezáródhat (3. ábra), ami közvetlen információt nyújt a csapadék-összetételről.



3. ábra. Cseppkőbe zárt oldatzárványok

Az oldatzárványok mechanikai felnyitásával és lézerspektroszkópos elemzésével a D/H és $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ arányok meghatározhatóak (Demény, 2015). Az NK 101664 számú OTKA-projekt keretében számos elemzést végeztünk, hogy bebizonyítsuk, a kapott adatok a csapadékvizet tükrözik-e. A hidrogénizotóp-összetételek szépen adták a helyi csapadékvízadatokat, míg az oxigénizotóp-összetételek egy része erősen eltért a várt értékektől. Nagyon sok adat kiértékelése végül egy olyan felismeréshez vezetett, amely a cseppkőképződés mechanizmusát új megvilágításba helyezte. Felfigyeltünk arra, hogy a zárványokba zárt vízből kapott $\delta^{18}\text{O}$ értékek összefüggést mutatnak a cseppkő korával, valamint a karbonát kristályossági fokával. Fiatal, az utóbbi néhány száz évben képződött cseppkővek esetében a képződmény belseje, tehát egyre idősebb laminák felé egyre nagyobb lett a cseppkővet alkotó kalcitkristályok mérete, és ezzel együtt a $\delta^{18}\text{O}$ értékek egyre jobban eltávolodtak a várt értékektől. Ezzel szemben a legfiatalabb rétegekben, a cseppkővek felszínéhez közel 30–50 nm körüli kristályméretű, nanokristályos kalcit alakult ki (4. ábra). Ennek magyarázatát egyedül abban találtuk meg, hogy eredetileg nem kalcit vált ki a vízből, hanem amorf karbonát, ami lassan kristályos kalcitá alakult. A kristályszerkezet kialakulása megváltoztatta a karbonát és a víz közötti oxigénizotóp-megoszlást, ami a bezárt víz és a környező karbonát közötti kölcsönhatás során egyre jobban eltávolodott a bezáródáskori összetételtől (Demény et al., 2016a).



4. ábra. Nanokristályos kalcit baradlai cseppkő felszínéről (fotó: Németh Péter)

Ennek a hipotézisnek az alátámasztását az amorf karbonát kimutatása jelentette volna, viszont ez a módosulat olyan gyorsan (laboratóriumi oldatban percek alatt) kristályosodik ki, hogy a megfelelő mennyiségű barlangi karbonát összegyűjtése során már csak kalcit jelenik meg. A probléma kiküszöbölésére egy új ötletet vetettünk be. A nagyon kis mennyiségű anyag vizsgálatára és az amorf, tehát kristályszerkezet nélküli karbonát kimutatására leginkább alkalmas transzmissziós elektronmikroszkóp vizsgálati mintatartóját, egy 3 mm-es átmérőjű rézhálót közvetlenül a barlangi csepegővíz alá helyeztük, majd egy nap elteltével kivettük, és hűtőtáskában szállítottuk a laboratóriumba. A transzmissziós elektronmikroszkóp mellett *scanning* elektronmikroszkópot, valamint az MTA infrastrukturális támogatásával beszerzett infravörös mikroszkópot és mikro-röntgendiffraktométert is bevetettünk. Megnyugvásunkra mindegyik esetben megjelentek az amorf karbonátra utaló jelek, amivel a világon elsőként mutattuk ki ezt a fázist barlangi körülmények között (Demény et al., 2016b). Az amorf karbonát 10 °C körül vagy magasabb hőmérsékleten nem stabil, kristályos karbonáttá alakul. Így először nanokristályos kalcit alakult ki, majd az ún. Ostwald-durvulás (ripening) folyamata idővel egyre nagyobb kristályokat hoz létre. Az amorf karbonát képződése alapvetően befolyásolja a cseppkővek geo-kémiai adatainak értelmezését, mivel a zárványvizsgálatok mellett az utólagos és ezért a kiválást követően a szerkezetet a külső oldatok számára megnyitó folyamat számos egyéb elemzési módszert is érint. Az urán utólagos kimosódása, vagy a kicsi pórusokban másodlagosan képződő karbonát befolyásolja az U-Th-sorozatos és a radiokarbon kormeghatározást. A nyomelemek utólagos

bekerülése vagy kilúgozódása szintén megváltoztatja az eredeti, környezetre utaló összetételeket. Így az amorf karbonát jelenléte alapvetően meghatározhatja az adott cseppkő paleoklimatológiai alkalmazhatóságát.

AZ ISMERETEK ALKALMAZÁSA: HŐMÉRSÉKLET- ÉS CSAPADÉKVÁLTOZÁSOK AZ UTOLSÓ INTERGLACIÁLIS SORÁN

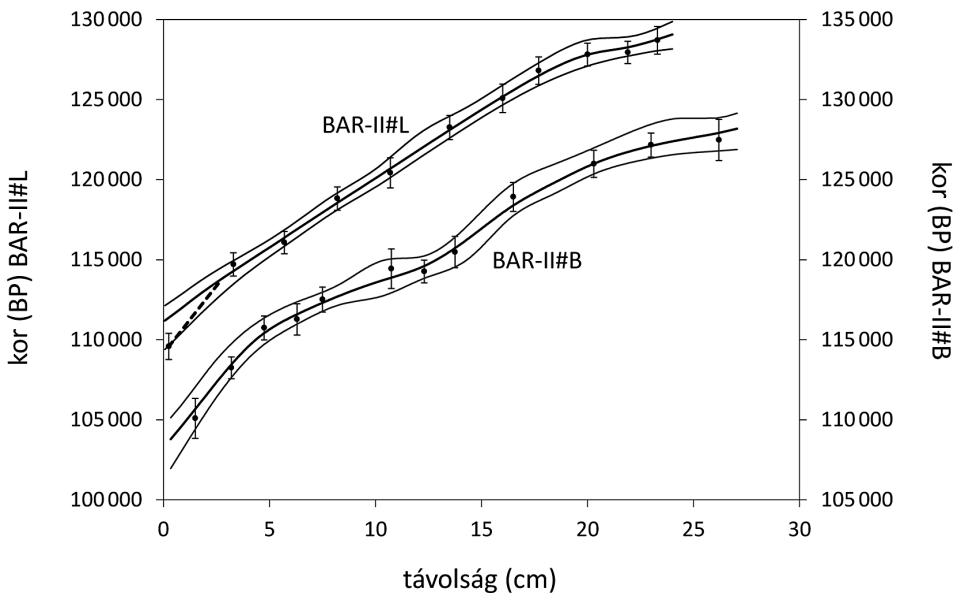
A Baradla-barlang monitorozásával megismertük a barlang működését, az évszakos jelenségek elemzéséből kimutattuk a karsztvízrendszer homogenitását, a barlang zárt, nem szellőzött jellegét, a friss karbonátkiválások vizsgálatából pedig az egyensúlyi frakcionációhoz közeli körülményeket. A recens, az utóbbi kb. 150 évet lefedő cseppkővek elemzéséből meghatároztuk a cseppkőösszetétel és a meteorológiai mérésekből származó szezonális hőmérséklet- és csapadékadatok közötti összefüggéseket. Mindezen tudással felvértezve pontosabban tudjuk értelmezni a régmúltban képződött cseppkővek adatait. Az NK 101664 OTKA-projekt keretében – többek között – elvégeztük egy, az utolsó interglaciális időszakban képződött cseppkő elemzését (Demény et al., 2017b).

Az elmúlt mintegy kétmillió évben folyamatos, de egyre nagyobb fluktuációkkal jellemzett lehűlésen ment keresztül a Föld. A Milutin Milanković által felállított elmélet szerint a Föld pályaparamétereit három fő mutatószám írja le. Az excentricitás azt adja meg, hogy a Nap körüli pálya mennyiben tér el a kör alaktól, és mennyire válik elliptikussá. A tengelydőlés azt jelenti, hogy a Föld forgástengelyének a Nap körüli pálya síkjával bezárt szöge mennyire tér el a merőlegetől. A precesszió pedig a forgástengely forgása, rögzített helyzetű csillagokhoz viszonyított irányának ciklikus változása. Az excentricitás kb. százezer éves, a tengelydőlés kb. 41 000 éves, a precesszió pedig kb. 25 800 éves ciklicitást mutat. Mindezek egymásra épülésével a hosszú távú lehűlés trendjére az utóbbi kb. 800 ezer év során kb. 100 ezer éves ritmussal erős lehűlési (glaciális) szakaszok és ezek között rövidebb felmelegedési (interglaciális) szakaszok fordultak elő. Jelenleg egy interglaciális időszakban élünk, amely kb. 11 700 évvel ezelőtt kezdődött. Ezt megelőzően az ún. utolsó interglaciális (last interglacial, LIG) kb. 130 ezer évvel ezelőtt kezdődött, és 105 ezer évvel ezelőtt torkollott jégkorszaki lehűlésbe.

Tekintettel arra, hogy számos klímamodell és megfigyelés szerint jelenleg felmelegedési folyamat zajlik, nagyon fontos megértenünk, hogy a Kárpát-medence hogyan viselkedett a maihoz hasonló interglaciálisok során, a mainál melegebb időszakok milyen csapadékeloszlást mutattak, a többi interglaciális során milyen felmelegedési és lehűlési szakaszok voltak, a mai esemény mennyiben általános és mennyiben egyedi. A folyamatok pontos feltérképezéséhez azonban az adatokhoz minél pontosabb kort és minél nagyobb időbeli felbontást kell szolgáltatni. Ha évtizedes léptékű folyamatokat kívánunk vizsgálni,

akkor a koradatoknak és paleoklíma-adatoknak is ilyen felbontást kell lehetővé tenniük.

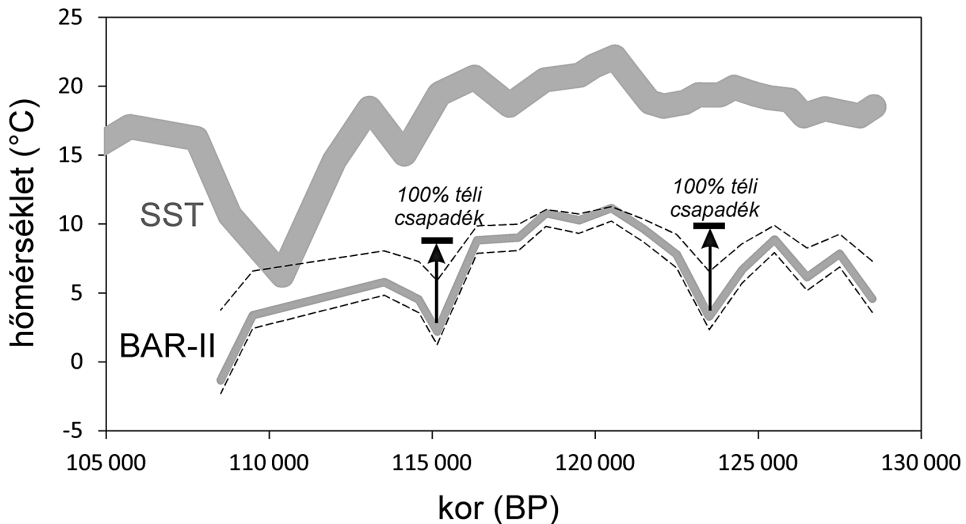
A Baradla-barlangban gyűjtöttünk egy kidőlt cseppkőképződményt, amely kb. 40 cm magas volt, és két egymás mellett álló cseppkő összenövéséből jött létre. A cseppköveket hosszában kettévágva nagyon hasonló belső szerkezetet, szöveti elemeket látunk, ami a párhuzamos képződést jelzi. Ezt alátámasztották a koradatok is, mindkét cseppkő a kb. 129–105 ezer évvel ezelőtti időszakot fedi le, ami megfelel az utolsó interglaciálisnak (5. ábra).



5. ábra. A BAR-II dupla cseppkő koradatai (Demény et al., 2017b alapján). BP: Before Present, a jelenhez viszonyított kor években. A távolságot a cseppkő csúcától mérjük

A korvizsgálatok mellett a stabilizotóp-geokémiai vizsgálatok komplex tárházát vetettük be. Egy milliméternél jobb felbontással, fogorvosi fúróval mintáztuk meg a cseppköveket, majd a mintákból szén- és oxigénizotópos elemzést végeztünk. Emellett kb. 0,5 cm-es darabokat kivágva a bezárt oldatzárványok vizét is elemeztük az általunk kifejlesztett lézerspektroszkópos módszerrel (lásd fent). Az amorf karbonát képződésének hatásáról készített tanulmány (Demény et al., 2016a) alapján tudjuk, hogy a zárványba zárt víz oxigénizotóp-összetétele nem a képződés időszakára jellemző, így ezzel nem foglalkoztunk. Ellenben a δD értékekből paleohőmérséklet-adatokat tudunk származtatni. Az értékek nemcsak az egyéb, korábbi tanulmányokban bemutatott, de rosszabb időbeli felbontású

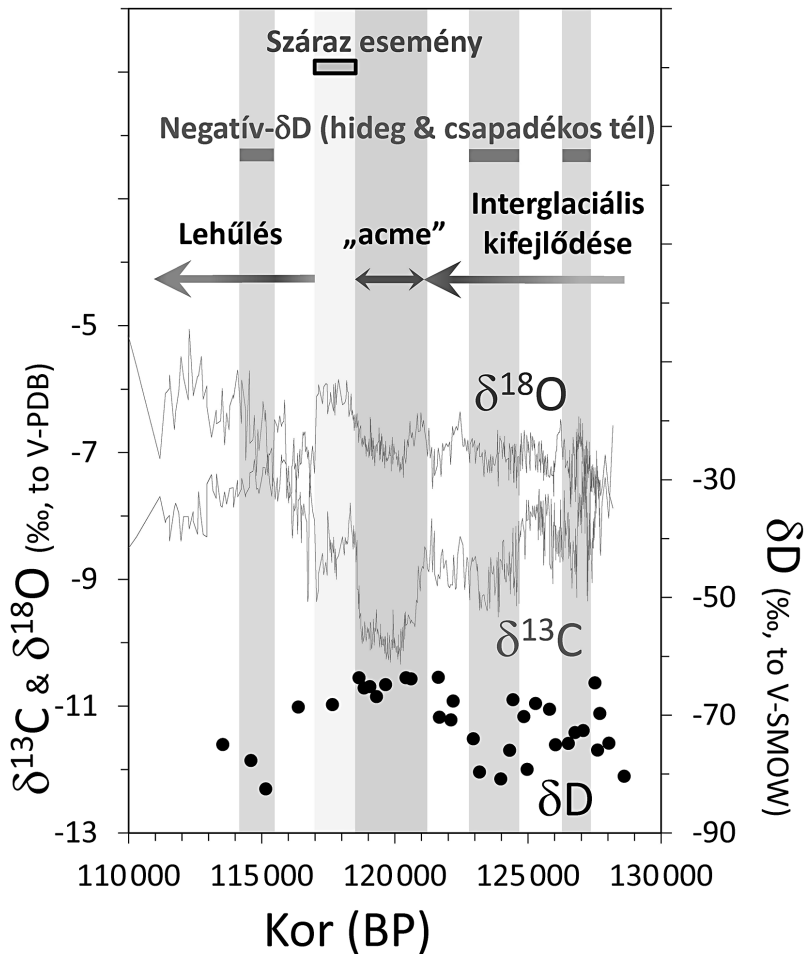
becslésekkel voltak összhangban, hanem a távolabbi atlanti régióból származó hőmérsékletrekordokkal is egyezést mutattak (6. ábra).



6. ábra. A BAR-II cseppkőből és egy atlanti-óceáni üledékekből nyert (sea surface temperature, SST [Goñi et al., 2012]) hőmérsékletadatokat (Demény et al., 2017b alapján)

A stabilizotóp-geokémiai adatok kombinált elemzéséből az utolsó interglaciális időszakán belül a hőmérséklet, a csapadékmennyiség és a csapadék évszakos eloszlásának változásait mutattuk ki. Mivel egy adat nem adat, a baradlai cseppkő adatait szélesebb, Európát és a Földközi-tenger tartományait lefedő, az adott időszakból származó klímarekordokkal vetettük össze. A cseppkővek összetételét – mint láttuk – nagyon sok helyi hatás befolyásolja, ezért bár az adott helyszínre jellemző klímakörülmények megfejtése nehézkes, a klímaváltozási események ütemezése nagyon jól illeszkedett mindegyik rekordban. A tanulmány a következő fő megállapításokra vezetett. Kimutattuk, hogy az interglaciális kialakulását (a megelőző jégkorszaki hidegből történő felmelegedést) követően, 124–126 ezer évvel ezelőtt a Kárpát-medencében és tágabb régiójában egy erősen csapadékos időszak alakult ki, ami a téli csapadék mennyiségének növekedésével járt. Ez a klímaváltozási folyamat az időbeli egybeesés alapján egy, a felmelegedéshez köthető jégsapkaolvadási eseményhez köthető, amelynek során az Atlanti-óceán északi részét édesvíz öntötte el, átrendezve az óceáni áramlatok eloszlását és így a kontinens felé történő hő- és csapadékszállítását. Ezt követően a további felmelegedés kb. 120 ezer évvel ezelőtt optimális (meleg, egész évben csapadékos) körülményeket hozott létre a Baradla-barlang környezetében. A következő eljegesedéshez vezető globális lehülés nagyon hirtelen (évszázadon belüli) változást

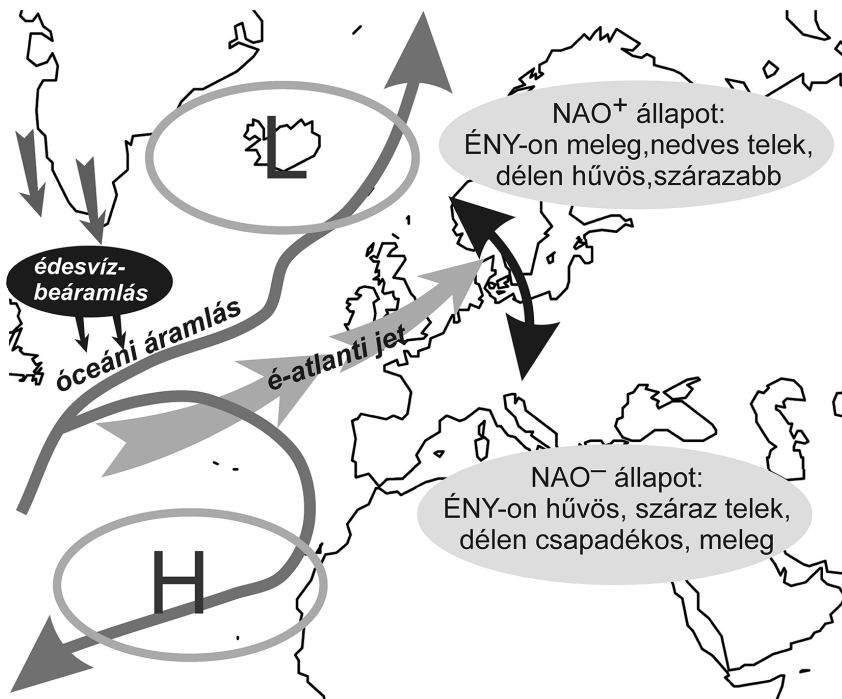
okozott, először a csapadékmennyiség drasztikus csökkenésével, majd a lehülés közvetlen hatásával. Kb. 105 ezer évvel ezelőtt a klíma olyan száraz és hideg lett a Baradla-barlang környezetében, hogy a cseppkőképződés leállt (7. ábra). Mind-ezen eseményeket szinkronizálva látjuk az európai és a déli–keleti mediterrán térségben, amely változásokat az Észak-Atlantikum működéséhez kapcsolhatjuk. A helyzet nagyon hasonló a jelen interglaciális, a holocén során végbement és jelenleg is működő folyamatokhoz. Az Atlanti-óceán működésének Európa klímájára kifejtett hatását több ezer évre visszamenő léptékben számos tanulmány alapján már jól ismerjük (8. ábra), a jelen tanulmány szerint ezeket a folyamatokat a még távolabbi múltba hatolva is láthatjuk.



7. ábra. A BAR-II dupla cseppkő adatainak paleoklimára vonatkozó értelmezése Demény et al., 2017b alapján

ÖSSZEFOGLALÁS

A barlangok karbonátképződményeit (szpeleotémáit) jó korolhatóságuk és a klímakörülményeket tükröző számos geokémiai adat (proxy) lehetősége a paleoklíma kutatásának egyik legfontosabb tárgyává teszik. A klíma és az összetétel kapcsolatának bonyolultsága azonban a barlangok működésének megértését, több éves monitorozását kívánja meg. Ennek során feltárjuk az évszakos hatások meglétét vagy hiányát, a karbonátkiválások létrejöttének mechanizmusát. Az eredmények ismeretében értelmezhetjük a cseppkövek geokémiai adatait a múltban fennállt klímakörülmények meghatározására. Így a vizsgálatok térben és időben a nanométertől a kontinentális léptékig, napjainktól több százezer éves távlatig terjednek. A cseppkövekből nyert paleoklíma-adatok ismeretében a lokális klímamodellek megbízhatósága fokozható, így a későbbiekben a proxy adatok és a lokális modellek összevetése lesz a fő irányvonal.



8. ábra. Az észak-atlanti oszcilláció (NAO) és az óceáni áramlások hatása az európai klímára. NAO⁺ állapot (nagyobb izlandi és azori légnyomáskülönbség) esetén az észak-atlanti jet ÉNY-ra szállítja a hőt és csapadékot, NAO⁻ állapotban a mediterrán térségbe (Wanner et al., 2001). Erős felmelegedés esetén a sarki jégsapkából beáramló édesvíz az óceáni áramlást gyengíti és délre nyomja, hasonló hatást okozva. Ennek a hatását látjuk a holocén és az utolsó interglaciális lefedő cseppkövek adataiban is (Demény et al., 2017b)

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Jelen munka az Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs (NKFI) Hivatal által finanszírozott OTKA NK 101664 projekt eredményeit mutatja be. Az eredmények csak igazi csapatmunka során jöhettek létre, ezért minden, az irodalomjegyzékben szereplő társszerzőnek ezúton nyilvánítom köszönetemet az elvégzett munkáért és a cikkekhez adott hozzájárulásért.

IRODALOM

- Czuppon György – Demény Attila – Leél-Össy Szabolcs et al. (2017): Cave Monitoring in Béke and Baradla Caves (Northeastern Hungary): Implications for Condition of Formation Cave Carbonates. *International Journal of Speleology*. (közlésre elfogadva)
- Demény Attila (2015): Lézerspektroszkópia: új technika a hidrológiai és paleoklíma-kutatás területén. *Magyar Tudomány*. 176, 462–469. <http://www.matud.iif.hu/2015/04/14.htm>
- Demény Attila – Czuppon György – Kern Zoltán et al. (2016a): Recrystallization-Induced Oxygen Isotope Changes in Inclusion-hosted Water of Speleothems – Paleoclimatological implications. *Quaternary International*. 415, 25–32. DOI: 10.1016/j.quaint.2015.11.137 https://www.researchgate.net/publication/297674613_Recrystallization-induced_oxygen_isotope_changes_in_inclusion-hosted_water_of_speleothems_-_Paleoclimatological_implications
- Demény Attila – Németh Péter – Czuppon György (2016b): Formation of Amorphous Calcium Carbonate in Caves and Its Implications for Speleothem Research. *Scientific Reports*. 6:39602. DOI:10.1038/srep39602 https://www.nature.com/articles/srep39602?WT.feed_name=subjects_earth-and-environmental-sciences
- Demény Attila – Németh Alexandra – Kern Zoltán (2017a): Recently Forming Stalagmites from the Baradla Cave and Their Suitability Assessment for Climate-proxy Relationships. *Central European Geology*. 60, 1–34. DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/24.60.2017.001> <http://akademiai.com/doi/full/10.1556/24.60.2017.001>
- Demény Attila – Kern Zoltán – Czuppon György et al. (2017b): Stable Isotope Compositions of Speleothems from the Last Interglacial – Spatial Patterns of Climate Fluctuations in Europe. *Quaternary Science Reviews*. 161, 68–80. DOI: 10.1016/j.quascirev.2017.02.012 https://www.researchgate.net/publication/314007784_Stable_isotope_compositions_of_speleothems_from_the_last_interglacial_-_Spatial_patterns_of_climate_fluctuations_in_Europe
- Fairchild, Ian J. – Baker, Andy (2012): *Speleothem Science*. Wiley-Blackwell
- Goñi, Maria Fernanda Sánchez – Bakker, Pepijn – Desprat, Stéphanie et al. (2012): European Climate Optimum and Enhanced Greenland Melt during the Last Interglacial. *Geology*. 40, 627–630. DOI: 10.1130/G32908.1 https://www.researchgate.net/publication/231820143_European_climate_optimum_and_enhanced_Greenland_melt_during_the_Last_Interglacial
- Molnár Mihály (2006): A szén és az idő: radiokarbon kormeghatározás. *Fizikai Szemle*. 6, 181. <http://fizikaiszemle.hu/archivum/fsz0606/molnar0606.html>
- Szeidovitz Győző – Surányi Gergely – Gribovszki Katalin (2008): Estimation of an Upper Limit on Prehistoric Peak Ground Acceleration Using the Parameters of Intact Speleothems in Hungarian Caves. *Journal of Seismology*. 12, 1, 21–33. DOI: 10.1007/s10950-007-9068-9 <https://link.springer.com/article/10.1007/s10950-007-9068-9>

- Wanner, Heinz – Brönnimann, Stefan – Casty, Carlo (2001): North Atlantic Oscillation – Concepts and Studies. *Surveys in Geophysics*. 22, 321–382. DOI: 10.1023/A:1014217317898 <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1014217317898>
- Wynn, Peter M. – Fairchild, Ian J. – Frisia, Silvia (2010): High-resolution Sulphur Isotope Analysis of Speleothem Carbonate by Secondary Ionisation Mass Spectrometry. *Chemical Geology*. 271, 101–107. DOI: 10.1016/j.chemgeo.2010.01.001 https://www.researchgate.net/publication/222553216_High-resolution_sulphur_isotope_analysis_of_speleothem_carbonate_by_secondary_ionisation_mass_spectrometry

TUDOMÁNYOS MUNKA A MAGYARORSZÁGI KÓRHÁZAKBAN

Az MTA Orvosi Osztálya Klinikai Tudományos Bizottsága felmérése a nem egyetemi kórházak tudományos tevékenységéről

Csiba László¹, Balla József²

¹ az MTA levelező tagja, Debreceni Egyetem Neurológia Klinika • csiba@dote.hu

² az MTA doktora, Debreceni Egyetem Nem Önálló Nephrológiai Tanszék Belgyógyászati Intézet • balla@belklinika.com

Kulcsszavak: közkórház, klinikai kutatás, tudományos konferencia, országos intézet, tudományos aktivitás, ETT-pályázat

Az MTA Orvosi Osztálya Klinikai Tudományos Bizottsága felmérést végzett a nem egyetemi kórházakban folyó tudományos munka feltételeiről és eredményeiről. Az országos intézetekben dolgozók 22,7%-a rendelkezik valamilyen tudományos minősítéssel, a megyei kórházakban ez az arány 4,5%, a városi kórházakban 4,9%. A PhD-minősítéssel rendelkezők életkora magas, a minősített nők száma lényegesen kevesebb. Az elmúlt öt évben a száz orvosra jutó közleményszám harminckettő volt az országos intézetekben, kilenc, illetve tíz a megyei és városi kórházakban. A közlemények túlnyomó része magyar nyelvű. Bizottságunk kérésére a kórházak huszonnyolc tudományos projektre tettek javaslatot, melyből csak hármat nem tartottunk megvalósításra alkalmasnak. A bizottság javasolja olyan pályázat kiírását, mely a nem egyetemi kórházakban folyó tudományos projektek megvalósítását is támogatja, illetve olyan konferenciák szervezését, amelyeken az egészségipar és a kórházi ötletgazdák találkoznak.

BEVEZETÉS

Hazánkban a klinikai jellegű orvostudományi kutatások az egyetemi centrumokban koncentrálnak. A megvalósítást saját források, az európai források mellett OTKA (Országos Tudományos Kutatási Alapprogramok), korábban pedig ETT- (Egészségügyi Tudományos Tanács) pályázatok segítik, illetve segítették. Az egyetemi jelentésekből, MTMT- (Magyar Tudományos Művek Tára) forrásokból jól követhető az egyetemi klinikák tudományos tevékenysége, de nincsenek vagy csak hiányos adataink vannak a nagy megyei és egyéb kórházak klinikai jellegű tudományos tevékenységéről. Ezért a Magyar Tudományos Akadémia Orvosi Osztálya Klinikai Tudományos Bizottsága (MTA-KTB) felmérést végzett az országos

intézetek, megyei és városi kórházak körében. (A felmérésbe nem vontuk be az egyetemi klinikákat.)

Azt vizsgáltuk, hogy a három kórházcsoportban milyen a tudományos munka személyi és tárgyi feltételrendszere, van-e mérhető tudományos aktivitás. Olyan tudományos tervek kidolgozására is kértük a kórházakat, melyeket saját intézményük személyi és tárgyi feltételei között megvalósíthatónak tartottak.

A FELMÉRÉS MÓDSZERTANA

Valamennyi nem egyetemi kórház vezetőjét (országos intézet, megyei kórház, városi kórház) írásban kerestük meg. Arra kértük, juttassa el felhívásunkat az osztályvezetőkhez. Az érdeklődők állítsanak össze néhány oldalban olyan klinikai jellegű tudományos projektet, amely kórházukban megvalósítható. A projekt összeállításakor az alábbiakra hívtuk fel a figyelmet:

- A tudományos projekt ne alap kutatás, hanem klinikai vizsgálat legyen.
- A pályázóknak legyen előadásokkal, közleményekkel, jártassági bizonyítvánnyal stb. alátámasztott tapasztalatuk, mely bizonyítja a pályázók alkalmasságát.
- Csatoljanak irodalmi hivatkozásokat, melyek igazolják, hogy a választott kutatási téma aktuális.
- Készüljön költségvetés, amely tartalmazza a személyi és tárgyi feltételek reális költségeit és a projekt időbeli ütemezését.

A pályázatokat bizottságunk anonim módon, pontrendszer alapján értékelte: kiváló, módosítással megvalósítható, illetve megvalósításra nem javasolt minősítéssel és véleménnyel látta el.

A KTB hangsúlyozta, pénzt nem tud adni a pályázat megvalósításához, de előzetes pozitív bírálata segítséget jelenthet:

- Ha a pályázó projektjét hazai vagy nemzetközi támogatásra nyújtja be, a KTB pozitív véleménye előnyt jelenthet.
- A KTB bírálata segíthet a pályázat gyenge pontjainak kijavításában.
- A KTB azt is felajánlotta – tagjai révén – személyesen is kész konzultálni egy esetleges szponzorral a pályázat támogatása érdekében.

EREDMÉNYEK

Több mint 7000 orvost érintett a felmérés, akik 32 000 ágyat reprezentáló fekvőbetegrészeletet látnak el. Az ötvenkét válaszoló kórház összesített adatait az *1. táblázatban* foglaltuk össze.

1. táblázat. A kórházak összesített adatai

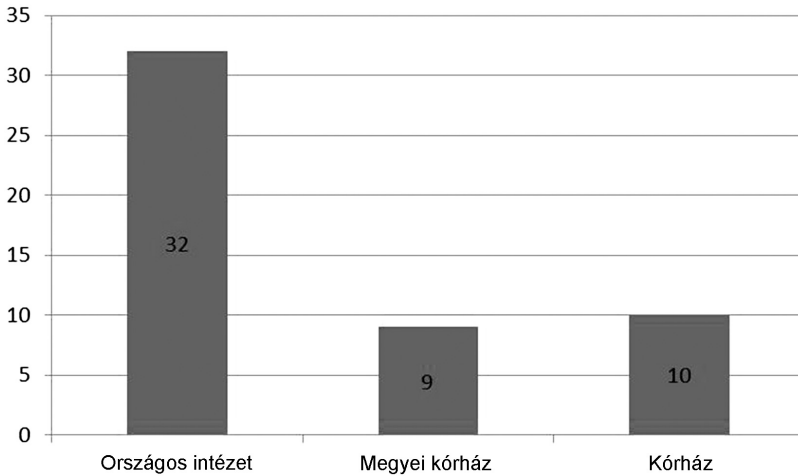
Ágyszám	32 505
Orvosok száma	7579
MTA doktora	43
PhD-/kandidátus minősítések száma	449
PhD/kandidátus az orvosok %-ában	6,5
PhD/kandidátus férfi	317
PhD/kandidátus nő	132
Utolsó 5 évben megjelent közlemények száma	5219
Ebből magyar nyelvű	2953
Ebből angol nyelvű	1795
Gyógyszervizsgálat	1196
Tudományos konferencia szervezése évente	408
Hány szakmai folyóiratot fizetnek elő	719

A hét országos intézetben 716, a kilenc megyei kórházban 2537 és a 36 egyéb kórházban 4326 orvos dolgozik. Az orvosok közel 6%-a rendelkezik PhD- vagy kandidátusi minősítéssel. Az összesített adatoknál érdekesebbek a kórház típusok szerinti eredmények. Míg az országos intézetekben dolgozók 22,7%-a rendelkezik valamilyen tudományos minősítéssel, addig a megyei kórházakban csupán 4,5%, a városi kórházakban 4,9%. Az egyetemmel nem rendelkező megyék közül Borsodban, Győr-Sopron és Vas megyében az átlagnál több a PhD-minősítéssel rendelkezők aránya. Azonban mindhárom kórház típusban a minősített nők aránya szignifikánsan kisebb, mint a férfiaké. Az országos intézetekben 37%, a megyei és kisebb kórházakban csupán 27%, illetve 26%. A minősítettek átlagéletkora magas, az országos intézetekben 49, a megyei kórházakban 52, az egyéb kórházakban 55 év.

Nemcsak a minősítéssel rendelkezők számát, hanem tudományos aktivitásukat, illetve a szakmai ismeretekhez való hozzáférés lehetőségét is vizsgáltuk: elemeztük a magyar és idegen nyelvű publikációknak az orvosok számára vetített arányát, a szakfolyóiratok, a tudományos konferenciák számát, a gyógyszerkipróbálásokban való részvételét.

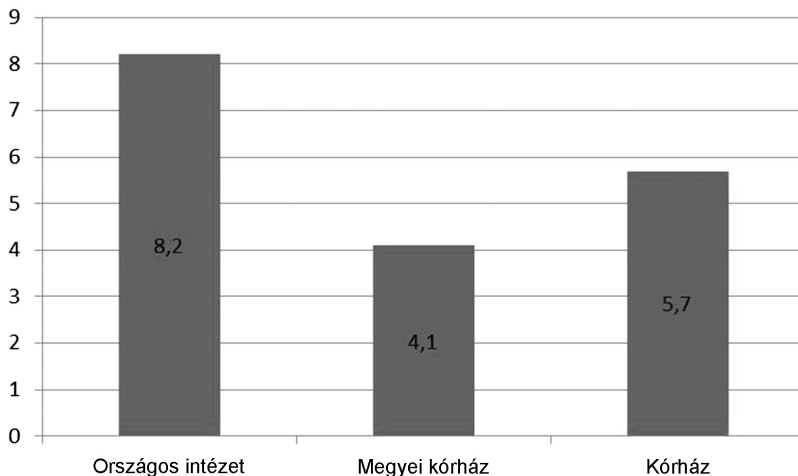
Várható volt, hogy az országos intézetekben lesz a legmagasabb a száz orvosra jutó közlemények száma (*1. ábra*), háromszor több, mint a megyei, illetve a kisebb

kórházak aktivitása. A tudományos közlemények közel 60%-a országos intézethez kötött. Meglepő, de a száz orvosra jutó szakmai folyóiratok száma az egyéb kórházakban volt a legnagyobb (4/100), a megyei kórházakban 1,9, az országos intézetekben 1,2.



1. ábra. Az elmúlt 5 év közleményeinek száma (100 orvosra)

Mindhárom kórház típusban rendszeresen szerveznek tudományos konferenciákat, legtöbbször az országos intézetek, de nem a megyei, hanem az egyéb kórházak vannak a második helyen (szintén 100 orvosra számolva, 2. ábra).



2. ábra. A tudományos konferenciák száma évente (konferencia/100 orvos)

A gyógyszervizsgálatokban az országos intézetek a legaktívabbak, minden negyedik orvos legalább egy vizsgálatban részt vesz (27,6/100 orvos), de jelentős a megyei, illetve egyéb kórházak aktivitása is (18,6, illetve 14,6/100 orvos).

Felmérésünk második részében olyan tudományos projektekre kértünk javaslatot, mely az adott kórházban megvalósítható.

Ötvenkét kórházból huszonnyolc vizsgálati terv érkezett a rehabilitáció, pszichiátria, pulmonológia, onkológia, nefrológia, fül-orr-gégészet, szív- és érrendszeri betegségek területéről. A KTB huszonegyet talált megvalósításra alkalmasnak (tizennégy kiváló minősítést kapott), hármát átdolgozásra javasolt, négyet nem tartott megvalósíthatónak.

2. táblázat. Pályázati projektek

Terület	Téma címe
<i>Fül-orr-gégészet</i>	„A ballonkatéteres fülkürttágítás hatékonyságának prospektív klinikai vizsgálata idült fülkürtműködési elégtelenségben szenvedő betegeknél”
<i>Gasztroenterológia</i>	„Szűrőprogram a hepatitisz C vírusfertőzöttek felkutatására a Békés megye lakossága körében”
<i>Kardiológia</i>	„Az ST elevációs myocardialis infarctus regionális ellátásának vizsgálata, az ellátás optimális megszervezése érdekében”
	„Egyénre szabott vérelemzke aggregáció gátló kezelés a szívinfarktuson átesett betegeknél fellépő vérzéses események csökkentésére”
<i>Nefrológia</i>	„A hyponatremia előfordulási gyakoriságának, rizikótenyezőinek, iatrogén okainak és kimenetelének vizsgálata a kórházi gyakorlatban”
	„Akut nemkomplikált cystitis kérdőív (ACSS) validálása”
	„Az otthoni hemodialízis kezelés magyarországi bevezetése”
<i>Neurológia</i>	„Látási stimulus kiváltotta agyi vérátáramlás vizsgálata a látókérget ellátó arteriában anyagcsere-betegségekben szenvedő betegeknél kezelés előtt és után”
	„Telemedicina alapú rehabilitációs rendszer kialakítása stroke-betegek számára”
<i>Onkológia</i>	„A BioDiagnostica Kft. által fejlesztett és a GOP-1.2.1-09-2010-0019 pályázattal támogatott tüdőrákdiagnosztikára alkalmas biopsz hatékonyosságának további vizsgálata a tüdőrákos betegek kezelése során”
	„A glioblastoma (GBM) molekuláris alcsoportjainak meghatározása a klinikai gyakorlatban”
	„Biomarkers in bone metastases of lung cancer”

2. táblázat folytatása

Terület	Téma címe
<i>Pszichiátria és addiktológia</i>	„A stresszhez és traumához kapcsolódó mentális zavarok diagnózisa”
<i>Pulmonológia</i>	„Virtuális tervezéssel támogatott bronchoszkópia klinikai alkalmazását célzó fejlesztések”
	„Fenotípus és a terápiás válasz kapcsolata chronicus obstructív tüdőbetegségek akut exacerbációjában”
	„A fizikai aktivitás monitorozásának összefüggése a keringési paraméterekkel és légzésmechanikával csúcspontokban, chronicus obstructív tüdőbeteg betegek tüdőtranszplantációja előtt és rehabilitációja során”
	„Légúti betegségekhez kapcsolódó biomarkerek glikomika alapú felfedezése”
	„HUNCHEST: Magas és alacsony tüdőrákkockázatú személyek kivizsgálása”
<i>Rehabilitáció</i>	„Élet afáziával ismeretterjesztő és érzékenyítő tanfolyam afáziás személyeknek és hozzátartozóiknak az afáziás személyek társadalomba és munkaerőpiacra történő reintegrálása, ennek elősegítése érdekében”
	„Nyelvi rehabilitáció – krónikus post-stroke afáziások számára kidolgozott Intenzív Anómia Terápia hatékonyságának vizsgálata online módszerekkel”
	„Rehabilitációs eljárások végtagbénult emberek elvesztett mozgási funkcióinak pótlására, fizikai teljesítményük növelésére funkcionális elektromos izomingerléssel”
	„PUSH-PULL technikával mozgatott önhajtós kerekesszék kialakítása gerincvelősérült (paraplég) emberek számára”
	„REHAROB-Aktiv Stroke-on átesett betegek rehabilitációjának támogatása gyógytornáztató robotrendszerrel”

Örvendetes, hogy az ötleteknek és ajánlólevelünknek köszönhetően az egészségipar és a kórházak találkoztak, és három új kutatóműhely alakult meg.

MEGBESZÉLÉS

Megállapítható, hogy az orvoselvádlás ellenére még jelenleg is van mérhető tudományos aktivitás a megyei és a városi kórházakban, ami számos, döntően magyar nyelvű közleményben és a konferenciaszervezésben is megnyilvánul

(Magyar Tudomány Ünnepe 2016, Nyíregyháza; Beke et al., 2015). A finanszírozás nehézségei ellenére minden kórház típusban áldoznak a szakmai-tudományos ismereteket bővítő folyóiratokra. Számos konferenciát szerveznek, érdekes módon többet (száz orvosra számolva) az egyéb kórházakban, mint a megyei kórházakban. A felmérést végzők számára kellemes meglepetés volt a tudományos tervek benyújtók nagy száma és a széles körű témaválasztás. Különösen annak fényében, hogy a pályázók tudták, a bizottság csupán szakmai értékelést tud nyújtani, anyagi támogatást nem. A gyógyszervizsgálatok nagy számát szintén örvendetesnek tartjuk. Ezek nemcsak anyagi előnyt jelentenek a kórháznak és az orvosoknak, hanem a protokollok vezetése csiszolja angoltudásukat (a legtöbb vizsgálati protokoll angol), a beválogatási és kizárási kritériumok szisztematikus áttekintése során javul a diagnosztikus képesség, terjed a bizonyítékokon alapuló gyógyítás iránti igény és a *good clinical practice* (Blaskó, 2005).

Mindhárom kórház típusban jelentős számú minősített dolgozik. A legtöbb az országos intézetekben, de mérhető a megyei, illetve a városi kórházakban dolgozó minősítettek száma is. Rossz előjel a minősítettek magas átlagéletkora. Valószínűleg a gyermekvállalás, a házimunka terhei magyarázzák a nők kisebb számát a minősítettek között.

Ez azt sugallja, hogy a fiatalabb korosztály már nem érez ösztönzést minősítés szerzésére. Bizottságunk viszont úgy véli, a PhD-re való felkészülés évei még a később csupán klinikai gyakorlatot folytató orvos számára is hasznosak. Gyakorlatot szerez nemzetközi szakmai adatbázisok, elektronikus folyóiratok használatában, igénnyé fejlődik a szakmai ismeretek bővítése. Tapasztalatra tesz szert kísérleti/vizsgálati hipotézisek felállításában, a kritikus szakmai ismeretszerzésben, előadások, közlemények szerkesztésében és az angol nyelvben. Egy PhD-vel rendelkező későbbi főorvos gyorsabban és kritikusan szerez klinikai jellegű ismereteket is, mint egy PhD-képzésben részt nem vevő társa.

Első látásra meglepő, hogy az országos intézetekben a legkisebb az előfizetett tudományos szakmai folyóiratok száma (az orvosok számával összevetve), de az adat valószínűleg megtévesztő. Az internetes szakmai adatbázisokhoz való hozzáférés az országos intézetekben könnyebb, és ezek az intézetek valószínűleg rugalmasabban alkalmazkodtak a megváltozott körülményekhez, és nem törekednek az előfizetések növelésére.

Vizsgálatunk második része különösen biztató tendenciákra derített fényt. Örvendetes, hogy huszonnyolc, az orvostudomány szinte minden ágát lefedő projektet nyújtottak be, és ezek közül a bizottság csupán hármat minősített megvalósításra alkalmatlannak. Az Egészségügyi Tudományos Tanács, sok egyéb feladata mellett (Sótonyi, 2010) felügyelte a korábbi ETT-pályázatokat is, de az ilyen jellegű pályázat kiírása szünetel.

Felmérésünk alapján a KTB javasolja a korábbi ETT vagy ETT-hez hasonló olyan tudományos pályázat kiírását, amely esélyt biztosít a megyei, illetve egyéb kórhá-

zakban megszülető ötletek megvalósítására is. Célszerű lenne az ötletgazdákkal és az egészségiparban érdekelt vállalkozókkal közös konferenciákat szervezni. A gyógyítás során megszülető ötletekből eladható termék származhat, melynek piacra dobását nemcsak a Gazdaságfejlesztési és Innovációs Operatív Program (GINOP), hanem a magántőke is támogatná. Ezért is ajánlotta fel támogatását, lobbizását bizottságunk arra az esetre, ha egy kórházban megszülető projekt megvalósításához potenciális helyi szponzort szerez az ötletgazda. Ezzel a javaslattal a klinikum és az egészségipar kölcsönös haszonnal járó együttműködésére hívtuk fel a figyelmet.

Felmérésünk hiányosságai az alábbiak: többszöri kérésünk ellenére számos kórházi vezető nem válaszolt. Ezért megbízható regionális adatokkal nem rendelkezünk. Nem tudjuk azt sem, hogy a közlemények témaválasztása milyen tendenciákat tükröz, mennyi közülük a klinikai esetleírás és a prospektív, randomizált klinikai vizsgálat. Arról sincs adatunk, milyen volt a tudományos konferenciák témastruktúrája és látogatottsága. Valószínű, hogy ilyen típusú kérésre a kórházak nem is tudtak volna pontos adatokkal válaszolni. A felsorolt hiányosságok ellenére úgy véljük, eredményeink jól tükrözik az országos helyzetet. A jelenleg még kitapintható tudományos aktivitás növelése érdekében nemcsak új pályázatok kiírását javasoljuk, hanem a tudományos tevékenység fokozott elismerését a szakvizsga meghosszabbítását biztosító pontrendszerben is. A közkórházak tudományos tevékenységének fenntartása nemcsak az érintett orvosok, hanem a magyar tudomány és – áttételesen – betegeink érdeke is.

Megjegyzés: az MTA Orvosi Osztálya Klinikai Tudományos Bizottsága tagjainak egy része vett részt a tudományos projektjavaslatok bírálatában. A bizottság tagjai: Ábrahám György, Altorjay István, Balla György, Balla József, Bereczki Dániel, Csiba László, Dobozy Attila, Dóczy Tamás, Édes István, Forster Tamás, Igaz Péter, Janka Zoltán, Karádi István, Kemény Lajos, Komoly Sámuel, Lakatos Péter, Merkely Béla Péter, Paragh György, Petrányi Győző, Schaff Zsuzsa, Szekanez Zoltán, Tulassay Zsolt, Zeher Margit.

IRODALOM

- Okok és következmények az egészség és társadalomtudományi kutatásokban.* Magyar Tudomány Ünnepe 2016 rendezvénye a DE Egészségügy Karán. Nyíregyháza, 2016. november 16.
- Beke Gabriella – Palotai Mária – Vasas Livia (2015): *Kórházak az MTMT-ben.* A Magyar Kórházszövetség XXVII. kongresszusa, Debrecen 2015. április 22–24. <http://slideplayer.hu/slide/4874216/>
- Blaskó György (2005): A tudományos munka segíti a szakmát. *Kórház.* 9, 45–46. <http://www.weborvos.hu/adat/korhaz/2005szept/korhaz45-46.pdf>
- Sótonyi Péter (2010): Az Egészségügyi Tudományos Tanács története (1863–2009). *Egészségtudomány.* LIV, 3, http://egeszsegtudomany.higienikus.hu/cikk/2010_3/Sotonyi.pdf

VÁLASZT ADHAT-E A TERMÉSZETTUDOMÁNY A LAKHATÓ VILÁGOK REJTÉLYÉRE?

Bognár Gergely

fizika–filozófia–teológia tanár, Révai Miklós Gimnázium és Kollégium, Győr
fizfilo@gmail.com

Kulcsszavak: antropikus elv, finomhangoltság, multiverzum, mindenség elmélete, fizika és metafizika

Az antropikus elv, más néven a világegyetem finomhangoltsága Brandon Carter (1974) cikke óta egyre több kérdést vet fel a fizikusok, filozófusok és teológusok körében egyaránt. Ez az elv röviden megfogalmazva azt jelenti, hogy ha kicsit is megváltozna a fizikai törvényeinkben szereplő állandók értéke, miközben a törvények változatlan formájuk maradnak, egy olyan világegyetemet kapnánk, amelyben az élet elképzelhetetlen.

Nem kell fizikusnak lenni ahhoz, hogy a problémát gyorsan megértsük. Elegendő középiskolás tanulmányainkból néhány ködös emléket felidézni. A Newton által leírt gravitációs törvényben szerepel egy állandó, amelyet nem egyszerűséggel gravitációs állandónak nevezünk. Ez szabja meg, hogy két adott tömegű test között egy bizonyos távolságban milyen mértékű gravitációs vonzóerő lép fel. Eljátszva a gondolattal, hogy mi lenne, ha ezen állandó picit nagyobb vagy picit kisebb lenne, akkor nemcsak azt kapnánk, hogy adott fizikai felépítésünk mellett magasabbra nőhetnénk itt a Földön, vagy éppen alacsonyabbak lennénk, hiszen az kevésbé vagy jobban vonzana bennünket, hanem egy olyan világ tárulna a szemünk elé, amelyben nem alakulhatna ki az élet. Világunk az ősrobbanás pillanatában keletkezett, az ezt követő néhány másodperc több szempontból is kritikusan mondható. A kezdet kezdetén hatalmas tömeg rendkívül sűrűn helyezkedett el, és ez roppant erős gravitációt eredményezett. Nagyon kicsin múltott, hogy világunk nem omlott össze egy apró ponttá, a gravitáció nem húzta vissza. A robbanás képes volt legyőzni ezt a gravitációt, ezért világunk nem csak a másodperc néhány tört részéig létezik. Ha a gravitáció gyengébb lett volna, a robbanás még jobban szétvetette volna világunk „anyagát”, és nem alakultak volna ki apróbb sűrűsödések, amelyeket galaxisoknak, csillagoknak és bolygóknak nevezünk, s végül mi sem lehetnénk itt. A gravitációs állandó akár kisebb, akár nagyobb, abban a világban nem lehetne élet. A gravitációs állandó azon tartománya, mely az élet számára alkalmas világot ír le, meglehetősen szűknek mondható.

Hasonló helyzettel szembesülünk, ha a többi fizikai állandó értékeit kezdjük gondolatban változtatni. A mikrorészecskék – elektron, proton, neutron – tömege érzékenyen érinti a csillagokban lejátszódó folyamatokat. Az élet szempontjából nélkülözhetetlen néhány elem, például a szén, az oxigén, a nitrogén, mind csillagokban keletkezik. Az is fontos, hogy legyenek olyan csillagok, amelyek milliárd évekig stabilan sugároznak, hogy a körülöttük keringő bolygókon esély legyen az élet kialakulására. Könnyen el tudunk képzelni olyan világot, amelyben nincsenek csillagok, vagy azok nem állítanak elő szenet, esetleg néhány tízezer év alatt befejezik életciklusukat, de ezekben a világokban élet soha nem jöhetne létre. Tisztelt Olvasómat nem akarom további részletekkel untatni, ezért nem írok részletesen a kozmológiai állandóról, fénysebességről, a tér háromdimenziós voltáról és egyéb fizikai paramétereikről. Remélem, ez a néhány egyszerű példa rávilágít arra, hogy világunk nagyon finoman az életre hangolt. Mindez egy nagy talány, amelyre kielégítő választ nem találunk. A fizikusok körében két magyarázat is elterjedt, amelyek sokak szerint megoldást jelenthetnek a felvázolt problémára. A továbbiakban ezen két megoldást ismertetve kimutatom, hogy a valódi antropikus kérdésre nem adnak választ.

ÉLETBARÁT TERMÉSZETTÖRVÉNY

Elcsodálkozunk azon, hogy a fizikai állandók értéke miért olyan, hogy világunkban megjelenhet az élet, miért vannak ezek a paraméterek rendkívül pontosan beállítva, az életre hangolva. Hasonlóan elcsodálkoznánk azon is, ha olyan fizikai törvényre bukkannánk, mely kifejezetten az életet írja le. Egy fizikai törvény, amellyel hogy távoli csillagok vagy a mikrovilág jelenségeit is megmagyarázza, előírja, hogy az élet megjelenhet az univerzumban. Ha felfedeznénk egy ilyen törvényt, ugyanolyan kérdéseket tennénk fel, mint az állandók életre hangolt értéke kapcsán.

Számtalan fizikai állandót ismerünk: fénysebesség, törésmutató, radioaktív izotópok felezési ideje, elektromos ellenállás stb. Közülük a legtöbb levezethető magasabb rendű törvényekből, de ezen törvényekben is találunk állandókat, amelyeket nem tudunk külön elméletekből származtatni. Sokak szerint csak jelenlegi tudásunk hiányosságából fakad, hogy valamennyi fizikai állandót még nem tudjuk egyetlen nagy törvényből levezetni. Elképzelhető, hogy van egy természettörvény, amely pontosan „beállítja” a fizikai paraméterek értékét. Az állandók nem a véletlen vagy valamiféle külső hatás következtében veszik fel életbarát értéküket, hanem egy fizikai törvény állítja be azokat. Ha rábukkannánk egy ilyen elméletre, többé nem kellene csodálkozva állni az életre „beállított” fizikai paraméterek előtt. Csodálkozásunk mégsem múlna el! Többé nem a paraméterek rejtélye bővölne el, hanem az a fizikai törvény, amely életbaráttá alakítja univerzumunkat.

A kérdés az lenne, hogy miért olyan az a törvény, hogy az állandók értékét az életre hangolja. Egy nagy elmélet, amelyből levezethetők a fizikai konstansok, akár léteznek, akár nem, nem ad választ világunk életbarát voltára. Nem mondja meg, hogy miért olyan a világ, hogy benne az élet kialakulhasson. Az életbarát természettörvény legalább akkora talány, mint a kozmológiai állandók precízen beállított értéke.

UNIVERZUMOK SOKASÁGA

A mindent leíró elméleten túl a fizikusok körében egyre népszerűbb magyarázat a finomhangoltság problémájára az ún. párhuzamos világok sokasága, azaz a multiverzum-elmélet. A mi univerzumunkon túl, pontosabban vele egyidejűleg végtelen sok univerzum létezik. Mindegyikben más és más a fizikai paraméterek értéke, a végtelen sok között nem kell csodálkozni azon, hogy van olyan, amelyben az állandók az életre kedvező értéket vesznek fel. Természetes számunkra, hogy a nagyvárosok forgalmas utcáin sétálva nem botlunk halakba, hiszen azok csak ott élhetnek, ahol a feltételek számukra kedvezőek. A multiverzumban is csak ott van élet, ahol a feltételek adottak. A párhuzamos világok elméletét első hallásra talán a sci-fi világába számítnánk. Am egyetlenegy elméletet sem szabad világnézetünk vagy tudományos előítéleteink miatt elvetni. Tény, hogy ha egy elmélet kiállja a tudományosság kritériumait, akkor a kozmológusok ma még szűk, de egyre népesebb tábora komolyan veszi azt.

Sokak az igazolhatóság hiánya miatt fordulnak el a multiverzum-elmélettől, mondván, kísérleti úton soha nem igazolható a párhuzamos világok léte. Jelenlegi tudásunk szerint részben igazat kell adnunk a kételkedőknek. Közvetlen kísérleti igazolásra nem számíthatunk a multiverzum-elmélet kapcsán, de egy elméletet nem csak közvetlenül lehet igazolni, közvetett úton is bizonyítást nyerhet. Ha a multiverzum-elmélet segítségével értelmezhető, netán megjósolható olyan jelenség, amely a mi világunkban mérhető, az elmélet közvetetten igazolást nyerhet. Bár amíg ez nem történik meg, nem tudhatjuk, hogy az elszabadult fantázia egy újabb szüleményével vagy tudományos elmélettel állunk-e szemben. Lépünk tovább ezen a csekélynek nem mondható nehézségen, és figyelmünket fordítsuk a kozmológiai állandók és a multiverzumok kapcsolatára.

Első hallásra megdöbbenőnek tűnhet, hogy a végtelen nem feltétlenül fedi le a végtelent. A jobb megértés kedvéért nézzünk egy példát! Végtelen sok egész szám van: 1, 2, 3, 4... és végtelen sok páros szám van: 2, 4, 6... Szembetűnő, hogy a végtelen sok páros szám nem képes lefedni a végtelen sok egész számot. Hasonló a helyzet a multiverzum és a fizikai állandók terén. A világok sokaságát felfoghatjuk az egész számoknak, mindegyikhez rendelhetünk egy számot, míg a fizikai állandók tört alakokat is ölthetnek. Az egész számok halmaza, az univer-

zumok sokasága hiába végtelen, nem képes lefedni a racionális számok halmazát, amely egyben a fizikai paraméterek halmaza is. Elképzelhetnénk úgy is, mintha egy végtelen hosszú szalagra, melyen az egész számokat jelöltük, puskából végtelen sok golyót lövünk, és sorban mindig csak az egész számokra célzunk. Lyuk lesz az 1, 2, 3... számok helyén, de a köztes tartományok sértetlenek maradnak. A párhuzamos világok hívei a halmazelméleti problémát úgy igyekeznek kiküszöbölni, hogy feltételezik, az állandóknak nemcsak diszkrét értékei életbarátok, hanem van vagy vannak életbarát „sávok”. Az előbbi képzeletbeli szalagon vannak olyan életre hangolt „tartományok”, amelyek átívelnek egész számot vagy számokat, így a puskagolyó eltalálhat életbarát tartományokat. Ma még nagyon keveset tudunk arról, hogy az állandók mely értékei eredményeznek lakható világokat, a halmazelméleti ellenvetés megoldása mégis elfogadhatónak tűnik, bár gyenge lábakon áll.

Paul Davies méltán bestsellerré vált *A megbundázott Világegyetem* című könyvében (2008) a multiverzum-elmélet ellen mutat be egy meglehetősen merész gondolatmenetet. A számtalan világ között kell lennie olyanoknak is, amelyekben az intelligencia oly magas szintet ért el, hogy képes párhuzamos világokat létrehozni, és bennük a fizikai állandókat az életre hangolva beállítani. Sokkal valószínűbb, hogy valóságos kísérletek helyett, amelyek nyilván sok energiabefektetést igényelnek, számítógépes szimulációkat készítenek, vagy legalábbis ezek száma jóval magasabb a valós kísérleteknél. Szuperszámítógépeken futó virtuális világokból akár a mi videojátékainkhoz hasonló tömegcikkeket is készíthetnek. Végeredményben ezért a multiverzumban a virtuális világok száma magasabb a valódinál. Egy véletlenszerűen kiválasztott lakható világ valószínűleg virtuális valóság. Következésképpen valószínűbb, hogy mi is egy szimulált világban élünk. Ha ez igaz, mi a garancia arra, hogy a szimuláció pontosan másolja le a fizika törvényeit. Mi van, ha a kísérlet egy más világról szól, vagy a videojáték a fantázia szüleménye, s mi egy ilyenben élünk? Ha a fizika törvényei hamisak, hamis a multiverzum-elmélet is, nincsenek párhuzamos világok, következésképpen nem élhetünk szimulált világban, és ismét a kiindulópontoz érünk vissza. Paul Davies meglehetősen fantáziadús ötlete rávilágít a párhuzamos világok elméletének hibáira. Nem szeretnék a virtuális világok útvesztőiben bolyongani, mindössze arra szeretném felhívni a figyelmet, hogy a multiverzum-elmélet nagyon súlyos problémákat hordoz. Lehet hogy több kérdést vet fel, mint amennyit megoldani képes.

A kozmosz finomhangoltságának magyarázatára létezik egy különös multiverzum-elmélet, mely a fizika törvényeit ötvözi a darwini evolúciós elmélettel. Nem sok biztosat tudunk a fekete lyukak belsejében lejátszódó folyamatokról, ennek ellenére rengeteg elmélet igyekszik leírni azokat. Lee Smolin (1997) szerint minden egyes fekete lyuk keletkezésekor a tér-idő szerkezetében egy „buborék” jön létre, amely egy új ősrobbanás formájában párhuzamos világot hoz létre. A ki-

alakuló új világban, „csecsemő univerzumban” a kozmológiai állandók enyhén mutálódnak az „anya univerzumhoz” képest. Idővel azon világok fognak „elszaporodni”, amelyekben több fekete lyuk keletkezik. A természetes szelekcióhoz hasonló mechanizmus révén a feketelyuk-barát univerzumok száma megnő a multiverzumban. Lee Smolin úgy véli, hogy a fekete lyukak keletkezésére alkalmas univerzumok alkalmasak az élet kialakulására. A fekete lyukak kialakulásának feltételei olyan világot eredményeznek, amelyben létrejöhet az élet. A fekete lyukat szülő univerzumok „mellékhatása”, hogy életbarátak is.

Lee Smolin evolúciós ötlete jelenleg nem több tudományos fantáziánál, sem kísérleti bizonyíték, sem széles körű elfogadottság nem áll mögötte, és nem is egészen átgondolt. A világunkban fellelhető fekete lyukak kozmikus léptékben is nagy és jelentős objektumnak mondhatók. Elképzelhetnénk olyan világokat is, amelyekben egészen parányi fekete lyukak léteznek, a mikrorészecskék tartományába eső kvantumfizikai szintű apró fekete lyukak. Egy ilyen világban nyilván nem alakulhatna ki élet, de a fekete lyukak száma több nagyságrenddel magasabb lehetne. A természetes szelekciót követve ezen világoknak kellene „elszaporodniuk”, és nem a nagy fekete lyukakat tartalmazó életbarát univerzumoknak. Ha e parányinak nem mondható figyelmetlenségtől el is tekintünk, még mindig megmarad a kérdés: a fekete lyukak miért eredményeznek mellékhatásként életbarát univerzumokat?

A multiverzum-elmélet és az antropikus kérdésre általa szolgáltatott válasz jelenlegi tudásunk szerint oly sok kérdéssel terhelt, hogy nem tekinthetjük kielégítő magyarázatnak. Ha a jövőben sikerülne az elméletet ellentmondásoktól mentes formában megfogalmazni, akkor sem oldódna meg az a talány, amelyet eddig antropikus kérdésként emlegettem. A párhuzamos világok elmélete valójában nem más, mint egy változata azon természettörvénynek, amelyből az állandók értéke levezethető. A háttérben fizikai törvények húzódnak meg, amelyek nem közvetlenül hangolják életre a kozmosz állandóit, hanem megengedik, hogy azok univerzumból univerzumra változzanak. Kellően sok világ kialakulásához teremtik meg a feltételeket, hogy legyenek olyanok, amelyekben az élet kialakulhat. A multiverzum-elmélet nem csinál mást, csak jó mélyre ássa az antropikus kérdést, hogy az ne legyen olyan szembetűnő, mint az élénk táruló „finoman hangolt” életbarát állandók rejtélye.

Világunk lakhatóságának rejtélye lehet szembetűnő vagy kevésbé szembetűnő, egy biztos, mindenképpen jelen van! A Carter-cikkben (1974) feltárt finomhangoltság problémája rávilágít arra, hogy a fizika nem képes minden problémát megoldani. Ha tetszik, ha nem, e csodálatos tudomány is korlátozott. Ha mélyen a felszín alá nézünk észrevehetjük, hogy a természettudományoknak a mindenséget, a létet, az embert érintő kérdésekre adott válaszai éppoly lábakon állnak, mint a metafizikáé.

IRODALOM

- Carter, Brandon (1974): Large Number Coincidences and Anthropic Principle Cosmology. In: Longair, Malcolm (ed.): *Confrontation of Cosmological Theories with Observational Data: Proceedings of the Symposium, Krakow, Poland, September 10–12, 1973*. Dordrecht: Reidel, 291–298. <http://adsabs.harvard.edu/full/1974IAUS...63..291C>
- Dávid Gyula (1990): A lakható Világegyetem: avagy nyomozás egy kozmikus összeesküvés ügyében. *Természet Világa*. 7, 297–305.
- Davies, Paul (2008): *A megbundázott Világegyetem*. Budapest: Akkord Kiadó
- Smolin, Lee (1997): *The Life of the Cosmos*. New York–Oxford: Oxford University Press

KÖLTSÉGOPTIMALIZÁLÁS, VEZETŐI DÖNTÉSTÁMOGATÁS

Kovács Nikoletta

PhD, oktató, Pécsi Tudományegyetem Közgazdaságtudományi Kar
kovacsnikoletta@ktk.pte.hu

Kulcsszavak: készletezés, költség, kedvezmény, optimalizálás, időzítés

A kutatás az ellátási láncok hatékonyságának növelésére hívja fel a figyelmet a készletezési költségek csökkentésével. Ennek megfelelően egy kétszereplős készletezési problémát modellezünk, melyben a szállító által nyújtott időszakos árendemény igénybevételéről való döntés áll a középpontban. Figyelembe véve azonban a tárolás, illetve a hiány költségeit, megfontolandó, hogy ha érvényesítik is a kedvezményt, az mikor lenne alkalmas. A tanulmány legfőbb következtetése szerint abban az esetben kifizetődő a kedvezmény érvényesítése, ha a kedvezményes időszak egybeesik a szokásos készletezési ciklussal – azaz nem jár hiánnyal vagy túlkészletezéssel –, és a megrendelő ismeri az optimális rendelési pontját. A kutatás végére az is bizonyosságot nyer, hogy ahhoz, hogy mindkét fél elégedett legyen, szükséges lehet a vevő és szállító közös tervezése.

A tanulmány középpontjában az idővel és költségekkel folytatott folyamatos küzdelem áll, mivel a hatékonyság követelménye az időre mint erőforrásra is kiterjed, és összefüggésben van az ellátási láncok egyik fő célkitűzésével, a minél alacsonyabb költségű működéssel. Egyik fő problémaként a megfelelő időzítést emelném ki, mivel az időben kihasználatlan vagy rosszul időzített kapacitások költségeket termelnek az ellátási láncon belül, ezzel csökkentve a profitabilitást. A megfelelő időzítéshez azonban a vevő és a szállító készletinformációinak ismerete szükségessé válhat, ami részét képezi az egymás közötti kooperációnak.

A tanulmány bevezető részében olvasható elméleti megalapozást követi az irodalomkutatás, majd a harmadik részben ismertetésre kerül az optimalizációs probléma, mely modellezi a készletezés során jelentkező költségek alakulását, három esetet is figyelembe véve. Az esetek között szerepel, mikor a megrendelő sikeresen, illetve hiány ellenében érvényesíti a kedvezményt, és amikor nem él a kedvezmény lehetőségével. A negyedik részben a vázolt modellt a gyakorlatból átemelt számokkal is illusztráljuk, mely a következtetések alapjául szolgál. Az ötödik részben pedig egy rövid kérdőíves megkérdezés eredményét ismertetjük, mely alátámasztja azt az elképzelést, miszerint az ellátási lánc szereplői együttesen csökkenthetik az átfutási időt és költségeiket.

1. BEVEZETÉS

Az ellátási lánc a termelők, kereskedők, beszállítók hálózata, ahol a nyersanyagok és hozzáadott szolgáltatások beszerzése, azok felhasználása és a késztermék és szolgáltatás elosztása zajlik, s amelynek végén a fogyasztó áll. Az ellátási láncok célkitűzései közé tartozik többek között a készlet nagyságának meghatározása, mely függ a kereslettől; vagy a gyártás/szolgáltatás kapacitásának megtervezése, hogy minden időben a helyén legyen; illetve a költségek optimalizálása a gazdaságosság jegyében. Az érték, ami a teljes ellátási lánc által keletkezik, összefügg a lánc profitabilitásával is, mivel a profit a fogyasztó által kerül a rendszerbe, de a teljes lánc osztozik rajta. A hiteles eredmény érdekében ezért a profit mértékét a teljes ellátási láncon kell mérni, nem elég egy-egy szakaszon. Az anyagok tehát a fogyasztó felé áramlanak, melynek két szintjét is meg tudjuk különböztetni: termelés és készlettervezés, illetve az elosztástervezés. Az információ és a tőke pedig a fogyasztótól visszafelé, ellenkező irányba áramlik, és a megfelelő áramoltatásuk magas figyelmet igényel: informatikai hálózat (tervezés, nyilvántartás), telephelyek meghatározása és szállítás. Ebből következhet, hogy a rugalmasság és profitabilitás biztosításához a különböző szakaszoknak együtt kell működniük.

A vevő és beszállító közötti viszony elemzéséről hazai szinten is több tanulmány született. Neményi Máté 2005-ös kérdőíves kutatása során arra keresi a választ, hogy a hazai vállalatvezetők mennyire tartják fontosnak a vállalati működésben a beszerzés területét, és mennyire tartják jó erőforrásnak a beszállítói kapcsolatokat. Összességében elmondható, hogy a beszerzés fontos erőforrása egy vállalatnak, és a beszállítói kapcsolatok értékelésénél az ár és a minőség mondható döntő szempontnak. Gelei Andrea 2006-os tanulmánya alapvetően arra keresi a választ, hogy a magyar vállalatok milyen típusú együttműködési kapcsolatokkal rendelkeztek az Európai Unió csatlakozást közvetlenül megelőző időszakban, illetve hogy ezek a kapcsolatok milyen jellemzőkkel bírnak. A kutatás során megkülönbözteti a stratégiai partnerkapcsolatot és a piaci cserekapcsolatot. Nagy Judit 2007-es tanulmányában az ellátási láncok integrációs evolúcióelméletét állította fel. Gelei 2009-es kutatási projektjének központi témája az üzleti kapcsolatok stabilitása volt, melyet alapvetően két tényezőtől tettek függővé: milyen az együttműködő felek kapcsolati halójának változatossága, és mennyire nehézkes az adott üzleti kapcsolat. A kutatás szerint az üzleti kapcsolatok változatossága az új kapcsolat kiépítésének költségét, az üzleti kapcsolat nehézkessége pedig egy kialakult kapcsolat felbontásának költségét mutatja meg. Gelei Andrea, Dobos Imre és Kovács Erzsébet 2010-es tanulmányukban pedig azt mutatták ki, hogy az ellátási láncok kapcsolatainak időbeli fejlődése az életciklusmodell szerint logisztikus görbét követ. Hazai szinten a fent említett műhelytanulmányok tehát több szempontból is vizsgálták az ellátási láncon belül a vevő és beszállító viszonyát,

azonban költségcsökkentés – azon belül is készletgazdálkodás – szempontjából még nem került a vizsgálat középpontjába a két fél közti kapcsolat stratégiai ereje.

A készletgazdálkodás jelentősége a fogyasztói elégedettség és a befektetett tőke közti kapcsolatban áll. A készletek költséggazdálkodása szempontjából a legjobb megoldás a válaszalapú működés, azaz készlet nélkül, csak megrendelésre szállítás. Ennek megfelelően sok vállalat alkalmazza a JIT (*Just in Time*) rendszerét az elosztás során. Azonban nem mindig érhető el ezzel a cél, mivel a kereslet nem minden esetben számítható ki és jelezhető előre. Például mikor a gyártáshoz vagy szolgáltatáshoz beszerzendő anyagok vagy egyéb szolgáltatások komplexek, és egymástól nem függetlenek, akkor a megvalósítás során szükségszerű a rugalmasság. Azt, hogy milyen elv szerint érdemes a terméket készletezni, többnyire az határozza meg, hogy a termék előállítás vagy beszerzése milyen gyorsan és milyen költségekkel lehetséges, illetve mennyire kiszámítható a kereslet. Ennek megfelelően választható, hogy mindig ugyanannyit és ugyanabban az időben rendel a vállalat – csak kiszámítható kereslet esetén –, vagy mindig legyen tele a raktár – csak ha költséghatékonyan megoldható –, vagy éppen annyi legyen raktáron, amennyi rövid időn belül elfogy – folyamatos rendelés esetén, gyors leszállítással megoldható –, vagy mennyiségi kedvezmény esetén készletfeltöltés – nehezen tervezhető. A tanulmány az utóbbi, nehezen tervezhető esetre keres optimalizáló megoldást.

A készletezési modellek osztályozását elvégezhetjük a készletezési periódus (egy vagy több), az ellátás (külső vagy belső), a kereslet (konstans vagy változó), a leszállítási idő (konstans vagy változó), vagy a tervezés (folyamatos vagy periodikus) szempontjából. Ha a keresletnek ismert a nagysága és időbeli lefutása, könnyen alkalmazható az EOQ- (Economic Order Quantity) alapmodell. Az ilyen determinisztikus készletmodellek egyik fajtája az, amikor mennyiségi árengedményről beszélhetünk, azaz amikor a szállító csökkenti a beszerzési árat nagy mennyiségű megrendelés esetén. A *lot sizing* típusú készletmodellek esetében meghatározásra kerül a rendelési vagy termelési ciklusok száma, illetve az egy ciklus alatti optimális rendelési vagy termelési mennyiség. A vizsgálódást ki lehet terjeszteni – a fent említett osztályozási mód szerint – több termelési vagy rendelési szintre, illetve periódusra, belső termelésre, dinamikus tervezésre, sztochasztikus paraméterekre, változó minőségű termékekre, leszállítási időre, illetve mennyiségi kedvezményre – a legfrissebb kutatási irányokat tekintve. Ezek a beszállítói kedvezmények lehetnek mennyiségre vagy időre vonatkozóak. Az árdiszkontálást megengedő modellek két fő csoportra oszthatók attól függően, hogy a kereslet időfüggő, vagy sem. A kedvezmény pedig vonatkozhat a szállítási költségekre, és előfordulhat időszakos formában is. Az utóbbi esettel foglalkozunk bővebben a továbbiakban.

Jelen kutatás tehát a készletgazdálkodási modellek közül a *lot sizing* típusú EOQ-modelleken belül a mennyiségi kedvezmény esetével foglalkozik, ennek

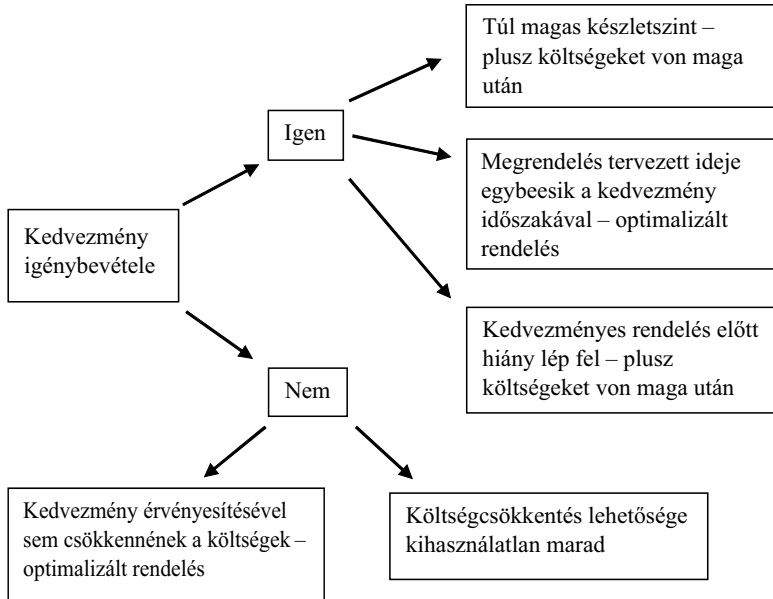
megfelelően a vevő és beszállító kapcsolata kerül előtérbe. A dilemma eddig még nem került a hazai kutatások középpontjába. Továbbá kutatásunkban a készletelési politikát befolyásoló mennyiségi kedvezmények esetében figyelembe kívánjuk venni az időt is mint döntési változót. A beszállítók célja a kedvezménnyel, hogy növeljék a *cash-flow*-t, és csökkentsék a raktárkészletet, míg a vevő alacsonyabb áron juthat hozzá a termékhez. Ebben az esetben is meg kell találni azt az optimális mennyiséget, amellyel a vevő készlet szintje nem emelkedik olyan magasba, hogy csak hosszú idő alatt legyen leküzdhető. A megemelkedett készlet szint azonban emelheti a készleten tartás és rendelés költségét is, így figyelembe kell venni, hogy a mennyiségi kedvezmény vagy a megemelkedett költségek hatnak-e jobban a vállalkozás pénzügyeire. Optimális esetben a kedvezménynek nagyobbak kell lennie a megemelkedett költségeknél. A tanulmány célja megtalálni azt az optimális pontot, mikor mindkét fél elégedett lehet.

2. A MODELL

Egyre több vállalat koordinálja készleteit a beszállítóval való folyamatos kapcsolattartás során. Ehhez mindkét félnek gazdaságos sorozatnagyságot kell használnia a teljes költségeinek meghatározása során, ahelyett hogy külön-külön költségfüggvényekkel számolnának. Ezt hívja az angol szakirodalom Joint Economic Lot-sizing Problemnek (JELP), mely modell alapja a változó kereslet feltételezése. Az EOQTPD (Economic Order Quantity Time-based Temporary Price Discounts), azaz optimális rendelési nagyság ideiglenes kedvezménnyel-típusú modellek a JELP-modellek csoportján belül alkotnak újabb osztályt, a róluk készült publikációk száma emelkedni látszik. Jelen tanulmány Diana Pospita Sari és munkatársai (2012) modelljéből indul ki, azonban ebben az esetben a kedvezményes időszak alatt csak egy kedvezményes ár áll rendelkezésre, amely nem függ az időtől, és nem kötődik mennyiséghez. Jelen kutatás a döntési dilemmának megfelelően folytatódik, tovább lépve a Sari és szerzőtársai által bemutatott problémán.

A kérdés ebben az esetben a köré a dilemma köré épül, hogy érdemes-e igénybe venni a kedvezményt. Az egyszerűsítés miatt csak rövid időszakokra gondolunk, és a kedvezmény csak egyszer érvényesíthető adott időszakon belül. A beszállító ezzel arra ösztönzi a megrendelőt, hogy minél előbb rendelje meg a kívánt mennyiséget, és ürüljön ki a raktára. A megrendelő szempontjából felmerülhet a kérdés, hogy feladja-e a megrendelését a kedvezményes időszak alatt, tudván, hogy a beszerzett termékek tárolása plusz kapacitást és költségeket igényel, illetve hiány keletkezhet a kedvezményes időszakra várakozás közben, vagy maradjon a szokásos ciklusnál, figyelmen kívül hagyva a kedvezmény idejét és nagyságát. Ennek megfelelően feltételezzük, hogy a kedvezményes időszakok előre ismertek.

A tanulmány alapját képező döntési dilemmát mutatja az 1. ábra.



1. ábra. Döntési dilemma kedvezményes időszak esetén

Forrás: saját szerkesztés

A következőkben sorra vesszük a megrendelő által választható opciókat. Az 1. táblázat mutatja a jelöléseket.

1. táblázat. Jelölések jegyzéke

Jelölés	Megnevezés
D	éves kereslet
\bar{d}	adott periódus alatti átlagos kereslet
δ_n	ideiglenes kedvezmény adott szakaszon belül/rendelési egység
t	készlettartás időtartama
C_o	rendelési költség/rendelés
C_p	termelési költség/egység
C_t	beszerzési költség/egység
C_s	átállási költség/átállás

1. táblázat folytatása

Jelölés	Megnevezés
Q	szokásos rendelési téte nagyság
QS_n	optimális rendelési téte nagyság
P	termelési ráta egység/év
m	kedvezmény érvényesítése előtti rendelések száma
r	kedvezmény érvényesítése utáni rendelések száma
L	leszállítási idő
\bar{L}	átlagos leszállítási idő (ugyanabban a mértékegységben, mint az átlagos kereslet)
B	hátralék mennyisége
b	hátralék értéke/egység
z	normális eloszlás esetén adott kiszolgálási szinthez tartozó z érték
σ_d	a kereslet adott periódus alatti szórása
σ_L	leszállítási idő adott periódus alatti szórása

Forrás: saját szerkesztés

EOQTPD- (Economic Order Quantity Time-based Temporary Price Discounts) modell

Amennyiben a készletfeltöltési időszak egybeesik a kedvezményes időszakkal, mind a ketten jól járnak. Azonban, ha a megrendelőnél a kedvezmény érvényesítése miatt hiány lép fel, vagy plusz raktározási költségek adódnak, a kedvezmény értelmét vesztheti. A megrendelő annyiszor adhat le megrendelést, ahányszor csak szeretne, de kedvezményt csak egyszer kaphat a kedvezményes időszak alatt. Ennek köszönhetően valószínűleg az időszak elején vagy végén fogják leadni kedvezményes rendelésüket, amennyiben nem esik egybe a saját ciklusukkal.

A beszállító éves költségeinek alakulása

A beszállító költségei beállítási költségekből, készleten tartási költségekből és a kedvezmény költségéből állnak. A következő számítások Sari és munkatársai (2012) modellje alapján alakulnak.

Egy évben $\frac{D}{Q_p}$ -szer indít termelést a beszállító, ahol az éves rendelési mennyiség (Q_p):

$$Q_p = mQ + QS_n + rQ, \quad (1)$$

mely a kedvezményes időszak, valamint az előtte és utána lévő időszak alatt le-
adott rendelések nagyságából tevődik össze.

Ennek megfelelően a beszállító éves átállási költsége:

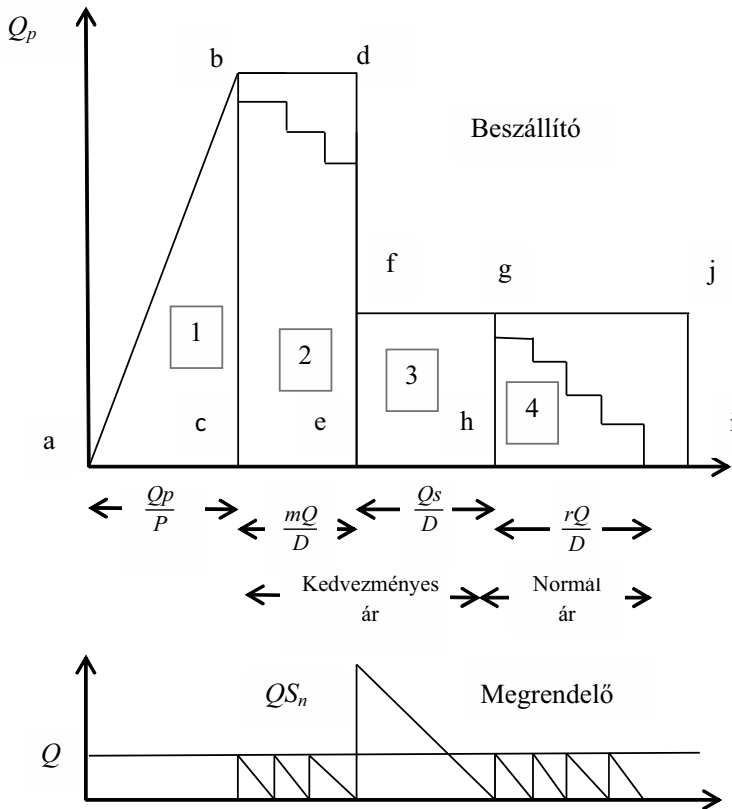
$$\frac{D}{Q_p} C_s, \tag{2}$$

mely a termelés indításának számából és a termelősor átállási költségéből áll.

Az egy időszakon belüli készlettartási költség a következőképpen írható:

$$tC_p. \tag{3}$$

Ebben az esetben a 2. ábra szerint alakul a beszállító és a megrendelő készlet-
szintje.



2. ábra. A beszállító és megrendelő készlet szintjének alakulása

Forrás: saját szerkesztés Sari és szerzőtársai (2012) alapján

Az a-b-d-f-g-j-i vonal alatti terület jelenti a kummulált leszállítandó/termelési mennyiséget adott időszak alatt. Ez az időszak négy részből áll:

$$1: \text{ a-b-c: } \frac{1}{2}Q_p \frac{Q_p}{P} = \frac{Q_p^2}{2P}, \quad (4)$$

$$2: \text{ b-c-e-d: } \frac{m(m+1)Q^2}{2D}, \quad (5)$$

$$3: \text{ f-e-h-g: } Q_p m \frac{Q}{D} = m \frac{Q_p Q}{D}, \quad (6)$$

$$4: \text{ g-h-i-j: } \frac{r(r-1)Q^2}{2D}, \quad (7)$$

$$\text{f-d-e-g: } (rQ) \frac{QS_n}{D}. \quad (8)$$

Az (5) és (6) egyenlet összesítése alapján, a beszállító által készleten tartott mennyiség a kedvezményes időszak alatt a következőképpen alakul:

$$\frac{mQ(2Q_p + (m+1)Q)}{2D}. \quad (9)$$

A készletezési ciklus átlagos hossza alatt a készleten tartott mennyiség:

$$\frac{Q_p D}{2P} + mQ + \frac{m(m+1)Q^2 - rQ\{2QS_n + (r-1)Q\}}{2Q_p}, \quad (10)$$

az (5)-(6)-(7)-(8) egyenletek alapján.

Ezeknek megfelelően a beszállító készlettartási költsége:

$$tC_p \left(\frac{Q_p D}{2P} + mQ + \frac{m(m+1)Q^2 - rQ\{2QS_n + (r-1)Q\}}{2Q_p} \right). \quad (11)$$

A beszállítónál a kedvezmény miatt jelentkező költség egy évben:

$$\frac{D}{Q_p} \delta_n QS_n, \quad (12)$$

mely a termelésindítás számából, a kedvezmény mértékéből és az optimális rendelési téteknagyságból tevődik össze.

A beszállító teljes költsége egy évben:

$$TC_s(QS_n) = \frac{D}{Q_p}(C_s - \delta_n QS_n) + tC_p \left(\frac{Q_p D}{2P} + mQ \right) + tC_p \left(\frac{m(m+1)Q^2 - rQ\{2QS_n + (r-1)\}}{2Q_p} \right), \quad (13)$$

az átállási költségek, készlettartás költsége és a kedvezmény miatt jelentkező költségek alapján.

A megrendelő éves költségeinek alakulása

A megrendelő éves – kedvezménnyel csökkentett – beszerzési/szállítási költsége:

$$C_i D - \frac{D}{Q_p} \delta_n QS_n. \quad (14)$$

A megrendelő éves rendelés leadási költsége, mely magában foglalja a rendelés előkészítésének, lebonyolításának és minőség-ellenőrzésének a költségét:

$$\frac{D}{Q_p} C_o (1 + m + r), \quad (15)$$

mely a rendelések számából és a rendelés költségéből áll.

A megrendelő éves készleten tartási költsége:

$$\frac{t(C_i - \delta_n)QS_n^2 + (m+r)tC_i Q^2}{2Q_p}, \quad (16)$$

mely az éves rendelési mennyiség és azok kedvezménnyel csökkentett költsége alapján alakul.

Így a megrendelő teljes költsége egy évre vetítve:

$$TC_b(QS_n) = C_i D - \frac{D}{Q_p} \delta_n QS_n + \frac{D}{Q_p} C_o (1 + m + r) + \frac{t(C_i - \delta_n)QS_n^2 + (m+r)tC_i Q^2}{2Q_p}, \quad (17)$$

mely a megrendelő kedvezménytel csökkentett beszerzési, rendelésleadási és készleten tartási költségéből tevődik össze.

A megrendelő és beszállító éves költsége együtt:

$$\begin{aligned}
 TJC(QS_n) = & \frac{D}{Q_p} C_s + tC_p \left(\frac{Q_p D}{2P} + mQ \right) + \\
 & + tC_p \left(\frac{m(m+1)Q^2 - rQ\{2QS_n + (r-1)\}}{2Q_p} \right) + C_t D + \frac{D}{Q_p} C_o (1+m+r) + \quad (18) \\
 & + \frac{t(C_t - \delta_n)QS_n^2 + (m+r)tC_t Q^2}{2Q_p}.
 \end{aligned}$$

Sari és szerzőtársai (2012) modelljének adaptálása itt befejeződik, a továbbiakban a döntési dilemma szerint haladunk tovább. A kapott éves kapcsolt költségfüggvényt az optimális rendelési téteknagyság szerint deriválva megkapjuk, hogy mekkora az a rendelési tétel, amellyel optimalizálhatók a költségek. Ez a következőképpen néz ki:

$$QS_n = \frac{C_p r Q}{C_t - \delta_n}. \quad (19)$$

Miután megállapítottuk, hogy mekkora költségeket jelentene a beszállítónak és megrendelőnek külön-külön a kedvezményes időszak, a megrendelő szempontjából figyelembe kell venni – mint döntési változót –, az optimális rendelési pontot. Ez a pont ugyanis befolyásolhatja a költségek alakulását, mivel előfordulhat, hogy a kedvezmények általi költségcsökkenés alacsonyabb lesz, mint a túlkészletezés miatt pluszban fellépő költségek. Továbbá, ha a kedvezményes időszak kivárása a legfőbb döntési változó, akkor az esetleges hiány miatt fellépő költségek is magasabbak lehetnek, mint a kedvezmény által szerzett költségcsökkenés.

A következőkben feltételezzük, hogy a megrendelő készletének feltöltése és a kedvezmény megszerzése céljából rendel esetleg nagyobb mennyiséget, és ez nem befolyásolja a vevőinek keresletét, azaz nem alkalmaz maga is kedvezményt. Továbbá feltételezhető az is, hogy a raktár befogadó képessége nem korlátozott.

Az optimális rendelési pont meghatározása

Amennyiben a leszállítási idő ismert és állandó, és a megrendelő állandó időintervallumonként állandó mennyiségre adja le a rendelést (ahogy a 2. ábra is szemlélteti), és a kereslet normális eloszlást követ, akkor a rendelési pont a következőképpen határozható meg Vörös József (2010) nyomán:

$$OP = \bar{d}L + z\sigma_d \sqrt{L}. \quad (20)$$

Amint a raktárkészlet eléri ezt a pontot, a megrendelőnek érdemes leadnia a megrendelést, hogy a leszállítási idő eltelte után a készlet szint ismét megemelkedjen, és a keresletet zavartalanul lehessen kielégíteni.

Amennyiben a leszállítási idő nem állandó, abban az esetben számolni kell a kereslet szórásán kívül a leszállítási idő szórásával is, ennek megfelelően a megrendelő optimális rendelési pontja Vörös (2010) alapján:

$$OP = \overline{dL} + z\sqrt{\overline{L}\sigma_d^2 + \overline{d}^2\sigma_L^2}. \quad (21)$$

Hiány által képződött plusz költségek kiszámítása

Amennyiben a megrendelő figyelmen kívül hagyja az optimális rendelési pontot a kedvezmény érvényesítése miatt, hiány fordulhat elő a leszállítás teljesítése előtt. Ennek költségei a következőképpen alakulhatnak:

$$TC_b(B) = \frac{C_o D}{Q_p} + \frac{t(Q-B)^2 + bB^2}{2Q_p}, \quad (22)$$

ahol megjelenik a hátralék (backlog) költsége.

Amennyiben tehát hiány lép fel a megrendelőnél, de kereslete állandó, a (17)-hez képest a következőképpen alakul a teljes költségfüggvénye:

$$TC_b(B) = C_t D - \frac{D}{Q_p} \delta_n Q S_n + \frac{D}{Q_p} C_o (1+m+r) + \frac{t(C_t - \delta_n) Q S_n^2 + (m+r)t C_t Q^2}{2Q_p} + \frac{C_o D}{Q_p} + \frac{t(Q-B)^2 + bB^2}{2Q_p}. \quad (23)$$

A beszállító költségeivel együtt számolt teljes költség hiány esetén:

$$TJC(B) = \frac{D}{Q_p} C_s + t C_p \left(\frac{Q_p D}{2P} + mQ \right) + t C_p \left(\frac{m(m+1)Q^2 - rQ\{2QS_n + (r-1)\}}{2Q_p} \right) + C_t D + \frac{D}{Q_p} C_o (1+m+r) + \frac{t(C_t - \delta_n) Q S_n^2 + (m+r)t C_t Q^2}{2Q_p} + \frac{C_o D}{Q_p} + \frac{t(Q-B)^2 + bB^2}{2Q_p}. \quad (24)$$

3. A MODELL SZÁMOKKAL ILLUSZTRÁLVA

Az 1. ábrán látható döntési szituációkat illusztrálva három esetet vizsgálunk. A paraméterek meghatározásához az egyedi alkatrészgyártás – például óraalkatrész-gyártás – esetét vettük alapul, melyhez valós számokat használtunk. Feltételezzük, hogy éves szinten 8000 darab egyedi alkatrésztre érkezik megrendelés a gyártóhoz, melynek heti szórása 5 darab lehet. Ekkora mennyiségnél 10 százalékos kedvezmény elfogadhatónak mondható. Mivel egyedi gyártásról van szó, sem a termelő, sem a megrendelő nem tudja sokáig tárolni a termékeket, így a készlet-tartás időtartama 0,3 hét. A termelő átállási költsége darabonként 200 euró, a termelés költsége pedig csupán 40 euró. Ezek már tartalmazzák az elvárt hozamot. A megrendelő rendelési költségét ennek megfelelően darabonként 300 euróban határoztuk meg, mely összeg tartalmazza többek között a minőség-ellenőrzés és a rendelés előkészítésének költségét is. A megrendelő beszerzési, azaz szállítási költsége 10 eurót tesz ki. Az éves termelési ráta 10 000 darab. A kedvezmény érvényesítése előtti rendelések száma hat, az érvényesítés utáni pedig három, tekintve, hogy az év vége felé gyakoribbak a kedvezmények. A leszállítási idő négy hét, amelynek 0,5 a heti szórása. Az optimális rendelési pontot figyelmen kívül hagyva hátralék keletkezhet a megrendelőnél – a késői megrendelés leadása miatti hiány esetén –, amit 50 darabban határoztunk meg. Ennek a hátraléknak az értéke 500 euró darabonként, ez tartalmazza többek között a késői szállítás miatti kárpótlási költséget is. A 99 százalékos fogyasztói kiszolgálási szinthez tartozó szignifikancia érték 0,84.

1. eset

Az első eset szerint a megrendelő nem kívánja érvényesíteni a kedvezményt, így figyelmen kívül hagyja a kedvezményes időszakot, és az optimális rendelési pont szerint adja le szokásos rendelési mennyiségét.

A szokásos rendelési téte nagyság alapesetben a következőképpen számolható ki (Sari et al., 2012 alapján):

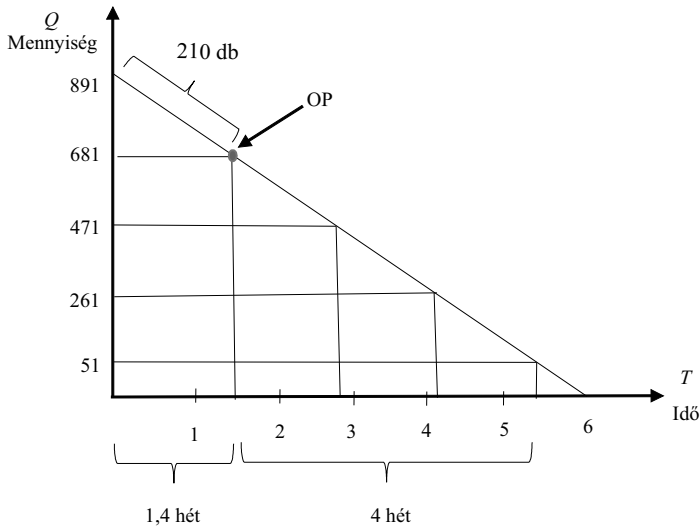
$$Q(m) = \sqrt{\frac{2D\left(C_o + \frac{C_s}{m}\right)}{t\left(C_t - C_p + mC_p\left(1 + \frac{D}{P}\right)\right)}}. \quad (25)$$

Ennek megfelelően 210 darab alkatrészt érdemes rendelni. Ha ezt a téte nagyságot elosztjuk az éves kereslet mennyiségével, megkapjuk, hogy harmincnyolcszor kell rendelést leadni egy évben, azaz nagyjából másfél hetente érdemes ren-

delni, hogy a tárolás ne nehezítse a vállalat dolgát. A készletezési ciklus hossza így pontosan 1,4 hét.

Az optimális rendelési pont (20) alapján 624 db, azonban ha a leszállítási idő nem állandó, maximum 0,5 hetes késéssel számolva, (21) alapján 681 db lesz.

Ennek megfelelően a 3. ábra szerint alakul egy ciklus.



3. ábra. A készletezési ciklus a kedvezmény figyelmen kívül hagyása esetén
Forrás: saját szerkesztés

Az ábrán látható, hogy ha a készletezési ciklus elején a raktárkészlet rendelkezik a rendelési pontnak és a rendelési mennyiségnek megfelelő darabszámmal, és a szállítási idő négy hét, akkor a rendelési pontnál leadott rendelés négy hét múlva úgy fog beérkezni, hogy a készlet szinte kiürül, és a következő rendelési pontot képtelenség újra elérni. Ennek megfelelően a rendelési időt le kell csökkenteni addig, amíg az optimális rendelési pont (21) nagysága kisebb, mint a szokásos rendelési tétel nagyság (25).

Ha a szállítási időt 0,8 hétre csökkentjük, akkor az optimális rendelési pont a leszállítási idő 0,5 hetes szórása esetén is 200,13 lesz, azaz kisebb, mint a szokásos rendelési tétel nagyság, így a készletezési ciklus kiegyensúlyozottnak mondható.

A megrendelő teljes költsége ebben az esetben a következőképpen számolható:

$$TC_b(Q, m) = C_i D + C_o \left(\frac{D}{Q} \right) + t C_t \frac{Q}{2}, \quad (26)$$

ami 91 728,24-t tesz ki egy évben.

A megrendelő és beszállító teljes költsége pedig:

$$TJC(Q, m) = D(C_t + C_p) + \frac{D}{Q} \left(C_o + \frac{C_s}{m} \right) + t \frac{Q}{2} \left(C_t - C_p + m C_p \left(1 + \frac{D}{P} \right) \right), \quad (27)$$

ami 425 361,39 lesz.

2. eset

Ha a megrendelőnk érvényesíteni kívánja a kedvezményt, és a kedvezményes időszak megegyezik a megrendelés optimális idejével, akkor az EOQTPD (17) szerint 87 251,02 a költsége. A megrendelő és beszállító költsége együtt (18) szerint 122 693,83. Ekkor a kedvezmény érvényesítéséhez az optimális rendelési tétel-nagyság (19) szerint a 2549,01, míg az éves rendelés mértéke (1) szerint 4441,65. Mivel ebben az esetben a kereslet nagyobb, mint amennyit megrendelnénk, több, nagyobb és egyben kedvezményes rendelést kellene leadni.

3. eset

Ha a két időszak nem esik egybe, de a megrendelő ragaszkodik a kedvezményhez, akkor hiány vagy plusz raktározási költségek jelenhetnek meg. A plusz raktári költségek ára változó lehet, az adott szituáció határozza meg. Azonban a hiány költsége (22) szerint 681,92. Ennek megfelelően (23) alapján 87 932,94-re változik a megrendelő teljes költsége. A teljes költség együttesen (24) alapján 123 375,75.

A költségek összehasonlítása a 2. táblázatban található.

2. táblázat. A költségek összehasonlítása

	TC_b	TJC	TC_s
Kedvezmény nélkül	91 728,24	425 361,39	333 633,15
Kedvezménnyel	87 251,02	122 693,83	35 442,81
Kedvezménnyel hiány esetén	87 932,94	123 375,75	35 442,81

Forrás: saját szerkesztés

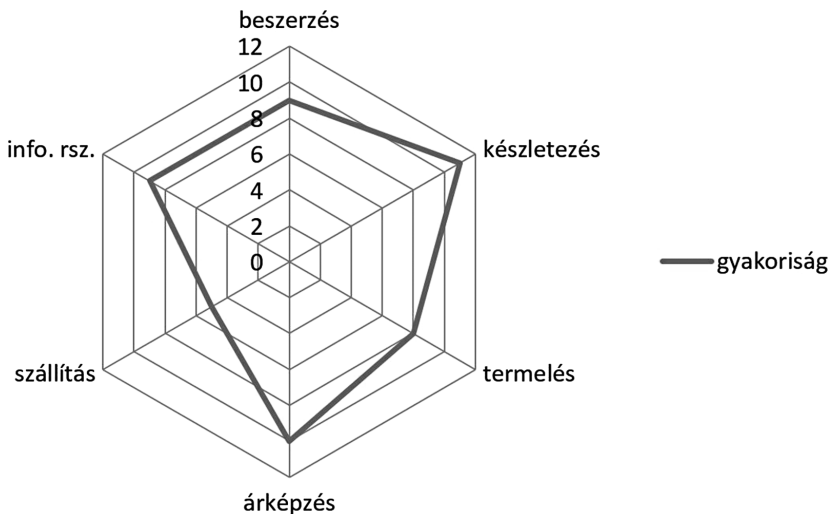
Mind a megrendelő, mind a beszállító esetében látható, hogy a kedvezmény érvényesítése esetén járnak a legjobban. A költségek akkor ugranak meg a legintenzívebben, ha a kedvezmény lehetőségét teljesen figyelmen kívül hagyják. Ennél még a hiány esetével is érdemesebb számolni, amennyiben kizárólag a költség-

gek alakulását vesszük figyelembe. A továbbiakban az eddig bemutatott döntési dilemma megkönnyítését szolgáló, gyakorlatban is használt lehetőségeket mutatunk be, amelyek a vevő és eladó közötti interakciót támogatják.

4. GYAKORLATI ILLUSZTRÁLÁS

A fent bemutatott esetben a költségcsökkentésnek eszköze a vevő és beszállító közötti együttműködés, hiszen az optimalizált készletezés kedvezmény idején csak akkor működik, ha a beszállító előre megosztja a készlettervezéssel kapcsolatos információit a vevővel. A téma fontosságának illusztrálása érdekében zajlott egy rövid kérdőíves kutatás, melyben huszonnégy válaszadó véleményét összegezték arról, hogy mely területen életképes az ellátási láncon belül a kooperáció, és hogyan valósul meg. A megkérdezés 2015 második felében, egy rövid kérdőív kitöltésével történt. A felmérésben részt vettek piacvezető FMCG- (fast-moving consumer goods), gépipari, gyógyszeripari és építőipari termelő vállalatok, illetve műszaki, olaj- és gázipari kereskedő vállalatok egyaránt. A huszonnégy válaszadóból nyolc termelő, hat kereskedő, három termelő és kereskedő egyben és öt szolgáltató vállalat volt. A válaszadók között kizárólag olyan – különböző pozíciójú – emberek szerepeltek, akiknek munkája a beszerzés területéhez kapcsolódott.

A 4. ábrán látható, hogy a válaszadók a különböző területeket hogyan értékelték az együttműködés szempontjából. A készletezés bizonyult a legjellemzőbb kooperációs területnek az ellátási láncok működése során.



4. ábra. Az ellátási lánc szereplői közötti kooperáció területei

Forrás: saját szerkesztés

A válaszadók közül tizenegyen nyilatkozták azt, hogy a készletezés terén működik az együttműködés a beszállítókkal vagy megrendelőkkel. A szolgáltatás terén természetesen nem értelmezhető a készletezés, így elmondható, hogy a megkérdezett vállalkozások hetvenhárom százaléka él az együttműködés lehetőségével. A válaszok alapján mindez a következőképpen valósul meg:

- VMI (Vendor Managed Inventory) System segítségével rálátnak a beszállítók készleteire,
- bizonyos termékek a megrendelőnél maradnak raktáron a felhasználásig, és a készlet értékének megtérítése csak a továbbértékesítés után történik meg – mindaddig a készlet a beszállító tulajdonát képezi,
- a beszállítók a raktárkészletet a megrendelő igényei szerint éves szerződés alapján építik fel,
- év végi kiajánlások történnek a megrendelőknek, melyek célja a készletcsökkentés.

A válaszokból látható, hogy az információ megosztása a készletszintek tervezése mellett a szállítás ütemezése és a költségek csökkentése miatt is kiemelten fontos. A kérdőíves kutatás kitért a kooperáció más területeire is.

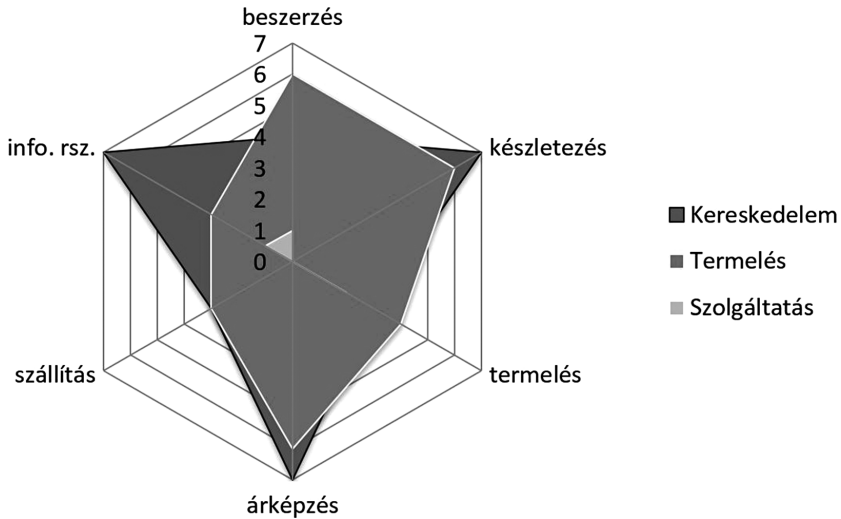
A témát tekintve a másik fontos kérdés, hogy a kedvezmények érvényesülése a gyakorlatban hogyan és milyen mértékben valósul meg. Tíz válaszadó igazolta, hogy működik a kooperáció közte és az ellátási lánc többi tagja között az árképzés terén, mely magában foglalja a kedvezmények érvényesülését is. Végső konzekvenciaként levonható, hogy megfelelő információcsere esetén kölcsönös az együttműködés az árképzés során is a következő eszközökkel:

- az akciók csak a közös tervezés után indulnak,
- a beszállítók célárat használnak az ajánlat kiadásakor,
- különböző kedvezményes lehetőségekkel segítik az egyéni árképzés lehetőségét: bizonyos vásárlási értékhatár felett kedvezményhez jut a megrendelő, illetve ahol erős a konkurencia, évente többször is biztosítanak kedvezményt, valamint bizonyos termékből, bizonyos mennyiség felett a kapcsolódó termék ingyen jár, továbbá év végi extra kiajánlások történnek,
- a tenderezés végén van lehetőség külön alkura is személyes szimpátia alapján.

A kooperáció alapján történő megosztás a termelők, kereskedők és szolgáltatók között az 5. ábra alapján történik.

Az ábra alapján elmondható, hogy a termelőknél a kooperáció leginkább a termelés, készletezés és árképzés terén jelentkezik. A kereskedelemben inkább a készletezés, árképzés és információs rendszerek esetében fontos a kooperáció. Míg a szolgáltatásnál maga a szolgáltatás megosztása, illetve a beszerzés és információs rendszerek terén jelentős az együttműködés. A szolgáltatás

speciális esetét nem számítva a legnagyobb közös metszet a készletezés és árképzés – melybe beletartozik a kedvezmények alkalmazása is – terén jelentkezik.



5. ábra. Az ellátási lánc szereplői közötti kooperáció megoszlása a termelés, kereskedelem és szolgáltatás terén

Forrás: saját szerkesztés

5. KÖVETKEZTETÉSEK

Végső következtetésként megállapítható, hogy a készletezés terén az együttműködés és információmegosztás hasznos magatartás az ellátási lánc szereplői között, amelynek a segítségével időzíthetők a kedvezményes megrendelések és csökkenthetők a költségek mind a beszállító (csökken a raktárkészlet, javul a cash-flow), mind a vevő (csökkenő beszerzési költségek) oldalán. Ennek pedig több módszere is ismert a fenti – gyakorlatban használt – lehetőségek alapján, továbbá a bemutatott modellek számításai is használhatók a stratégiai tervezés során. Az árképzés során pedig kedvezményekkel érdemes kalkulálni, melyeket – a kutatás eredményeként – érdemes összekapcsolni a készletezés optimális időpontjának és mértékének megállapításával.

Az összehasonlításból látható, hogy a megrendelő akkor jár a legjobban, ha a kedvezmény időszaka egybeesik a normál készletezési ciklusával, és a megrendelésére fennakadás nélkül érvényesíthető a kedvezményes ár. Ehhez ismernie kell az optimális rendelési pontot is, mivel ez is döntési változó. Azonban, ha nem egyezik a két időszak, akkor érdemes inkább hiánnyal számolnia, mint hogy

figyelmén kívül hagyja a kedvezmény lehetőségét, hisz a költségei úgy magasab-
bak lennének. Ha tudatában van az optimális rendelési pontnak, és a szállítás ki-
egyensúlyozott, akkor a hiány elkerülhető. A beszállító költsége függetlenül attól,
hogy a megrendelőnél hiány lépett-e fel vagy nem, kedvezmény esetén ugyanak-
kora, míg ha a kedvezményt nem veszi igénybe a megrendelő, akkor közel tízsze-
resére nő a készlettartás miatt.

A kutatás továbblépési lehetőségeként, illetve a gyakorlati alkalmazhatóság
feltételeként a továbbiakban felmerülhet a kérdés, hogy milyen típusú vevő-be-
szállító kapcsolatok esetén lehet leginkább releváns a vázolt modell alkalmazása,
illetve ha az előfeltételekben változás áll be, mennyire befolyásolja az optimum
alakulását.

IRODALOM

- Gelei Andrea (2006): *Partnerkapcsolatok típusai és jellemzőik az ellátási láncban. (Versenyképesség kutatások műhelytanulmány-sorozat 23)* Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem Vállalatgazdasági Intézet http://edok.lib.uni-corvinus.hu/163/1/23_mht_gelei.pdf
- Gelei Andrea (2009): *Az üzleti kapcsolatok stabilitását befolyásoló tényezők – fókuszban a hazai FMCG ellátási lánc kapcsolatai. „Kis- és középvállalatok beszállítói pozíciói és azok hatása versenyképességükre” című kutatási projekt zárótanulmánya. (Versenyképesség kutatások műhelytanulmány-sorozat 52)* Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem Vállalatgazdasági Intézet http://unipub.lib.uni-corvinus.hu/194/2/52_Gelei_fmcp.pdf
- Gelei Andrea – Dobos Imre – Kovács Erzsébet (2010): *Ellátási lánc kapcsolatok modellezése. 124. sz. Műhelytanulmány. Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem Vállalatgazdasági Intézet* <http://edok.lib.uni-corvinus.hu/335/1/GeleiDobosKovacs124.pdf>
- Nagy Judit (2007): *Interfirm Relationships – A Literature Review. 83. sz. Műhelytanulmány. Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem Vállalatgazdasági Intézet* <http://edok.lib.uni-corvinus.hu/138/1/Nagy83.pdf>
- Neményi Máté (2005): *A beszerzés megítélése a magyar vállalati gyakorlatban. (Versenyképesség kutatások műhelytanulmány-sorozat 5)* Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem Vállalatgazdasági Intézet http://www.uni-corvinus.hu/fileadmin/user_upload/hu/kutatokozpontok/versenykepesség/MUHELYTANULMANYOK__pdf-ben_1-57/5_mht_nemenyi_beszerzes.pdf
- Sari, Diana Puspita – Rusdiansyah, Ahmad – Huang Liqun (2012): *Models of Joint Economic Lot-sizing Problem with Time-based Temporary Price Discounts. International Journal of Production Economics. 139, 145–154. DOI: 10.1016/j.ijpe.2011.12.014*
- Vörös József (2010): *Termelés és szolgáltatásmenedzsment. Budapest: Akadémiai Kiadó*

A jövő tudósai

DNS-METILÁCIÓ SZEREPE SZERVEZETÜNK EGYENSÚLYÁBAN¹

Oláh Péter

PhD, bioinformatikus, Pécsi Tudományegyetem Általános Orvostudományi Kar Bőr-, Nemikórtani és Onkodermatológiai Klinika,
Pécs; Klinik für Dermatologie, Heinrich-Heine Universität Düsseldorf, Németország
olapeti87@gmail.com

Kulcsszavak: 5-metilcitozin, korai egyedfejlődés, X-inaktiváció, herpesz, epigenetika

Az emberi szervezetet felépítő egyes sejtek genetikai állománya megegyezik, hiszen egy-egy élőlény sejtjei ugyanazt a genetikai „információsomagot” hordozzák, DNS formájában. A minket felépítő sejtek mégis rendkívüli formai és funkcióbeli változatosságot mutatnak – szerveinket mintegy kétszáz különböző típusú sejt építi fel. A tudományt régóta foglalkoztatja ennek a sokszínűségnek a forrása, melyre a választ részben az epigenetika tudományágának létrejötté adott az 1940-es évektől kezdődően.

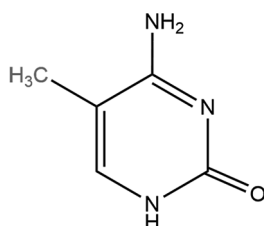
Az epigenetika („epi” – feletti, felett álló) az ismert adenin (A), citozin (C), guanin (G), timin (T) DNS-bázissorrenden felüli biokémiai variációkat és azok hatásait vizsgálja. Két főbb szintje különböztethető meg: az ún. hiszton modifikációk a DNS-szál „kötegelő orsóiként” szolgáló nukleoszómák módosulataival foglalkoznak, míg a DNS-metiláció közvetlenül a DNS építőköveit jelentő nukleotidok módosításait vizsgálja. Jelen írás az epigenetikai módosítások utóbbi kategóriájával foglalkozik.

Szervezetünket azért alkothatja számos eltérő tulajdonságú sejt, mert DNS-bázissorrendjük ugyan megegyező, a génjeik kifejeződése azonban eltérő. Számos gén csak bizonyos sejt típusokban fejeződik ki, egyesek sajátos módosításokon mennek keresztül, de kifejeződésük mértéke is nagyban befolyásolja az adott sejt fejlődését. A DNS így biztosítja az élőlények „alaprajzát”, a gének kifejeződése – a génexpresszió – pedig a tervrajz „kivitelezését”. Az utóbbi évtizedek kutatásai pedig arra mutatnak rá, hogy az epigenetikai módosulások a génexpresszió szabályzásának fontos eszközeül szolgálnak.

Ma már több mint húszféle különböző típusú módosított nukleotidot ismer a tudomány. Ezek közül számunkra legfontosabbak a 6-metiladenin (m6A), amely

¹ A publikáció az Emberi Erőforrások Minisztériuma Új Nemzeti Kiválóság Programjának támogatásával készült, korábbi változata megjelent az www.eduvital.net honlapon.

növényekben, valamint az 5-metilcitozin (m5C) (1. ábra), amely növényekben és állatokban fordul elő. Ezek mellett a prokarióták és a gombák még számos metilált bázist használnak genomjukban, esetükben tehát szélesebb körű vizsgálatokat igényel epigenetikai kódjuk megismerése. Állati szervezetekben az m5C jelenléte egy adott génszakaszon a szabályozott gén inaktív állapotát jelzi, ilyenkor tehát az adott gén nem vagy csak kismértékben fejeződik ki.



1. ábra. Az 5-metilcitozin szerkezeti képlete

Forrás: saját szerkesztés a Wikimedia Commons alapján (URL1)

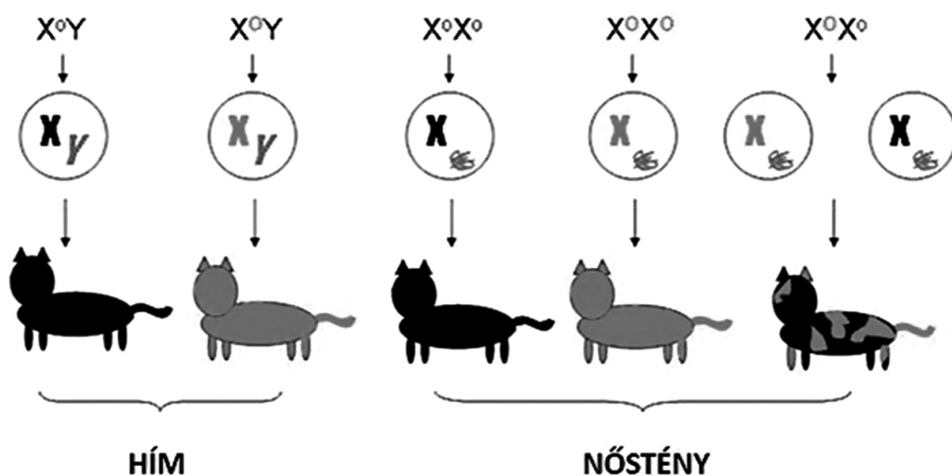
Emberi sejtekben az m5C-bázisok 98%-a ún. CpG-kontextusban fordul elő, ezért a metilált DNS-szakaszokat CpG-szigeteknek nevezik. Ezen CpG-szigetek feltérképezése a humán genomban nagyban segítette az öröklődésben, egyedfejlődésben és különböző betegségekben betöltött szerepük megértését. Az epigenetikai mintázatok, hasonlóan a DNS-bázissorrendhez, öröklődést mutatnak, azonban a mintázat minden zigótában törlődik, hogy azután újra kialakuljon, hozzávetőlegesen a beágyazódás során. A DNS-metilációt az ún. DNS-metiltransferáz enzimek végzik, melyek a sejtosztódás során az utódsejtben lemásolják a szülősejt mintázatát (genetikai imprinting, azaz bevésődés), ugyanakkor képesek *de novo*, újonnan is metilálni DNS-szakaszokat.

Az epigenetikai szabályzás egyik fontos pontja az X-inaktiváció biztosítása. A nemi kromoszómákon minden nőstény egyed kétszer annyi X-kromoszómán kódolt gént hordoz (XX), mint a hímek (XY). Amennyiben ez a különbség nem lenne kiegyenlítve, az X-kromoszóma mintegy ezer génjének kétszeres kifejeződése akár halálos eltéréseket is okozhatna: az X-inaktiváció biztosítja, hogy a nőstények minden sejtjében csak az egyik X-kromoszóma legyen aktív. Ez a jelenség okozza a genetikai mozaikosságot, amely például a kalikó macskák (2. ábra) foltos szőrzetében nyilvánul meg: az egyes sejtekben az egyedfejlődés során véletlenszerű, hogy melyik X-kromoszóma inaktiválódik, így történetesen a szőrszint kódoló gén egyes változatai is véletlenszerű foltokat alakítanak ki az állatokon (3. ábra). A nem használt X-kromoszóma a rendkívül erős metiláltság és bizonyos szabályozó RNS-ek hatására kondenzált állapotban marad a sejt teljes életciklusában, és a felfedezőjéről Barr-testként elnevezett formában figyelhető meg mikroszkóp alatt.



2. ábra. A háromszínűen foltozott kalikó macska csak nőstény lehet

Forrás: URL2



3. ábra. Kalikó macskák szőrszínének kialakulása

Forrás: a szerző saját rajza

Az utolsó cicában mind a sárga, mind a fekete foltok kialakulásáért felelős allélok hordozó X-kromoszómák megtalálhatók, amelyek véletlenszerű inaktivációja alakítja ki a jellegzetes háromszínű mintázatot (a fehér színű foltokért felelős gén eltérő kromoszómán található). A gomblyagok az inaktivált, Barr-testként megfigyelhető X kromoszómát jelölik. (URL3)

A DNS-metiláció a szervezet egészséges egyensúlyának fenntartásában is szerepet játszik: a hibásan kialakult epigenetikai mintázat abnormális génexpresszióhoz, ezen keresztül különböző betegségekhez vezet. Napjainkban ezen jelenséget leginkább a rákos megbetegedésekkel kapcsolatban kutatják, ahol előfordulhat egyes DNS-szakaszokon a szükséges metiláció hiánya (hipometiláció) – ennek következtében az adott sejtben nagy mennyiségben kifejeződnek olyan protoonkogének, melyek a rákos folyamatokhoz vezetnek; előfordulhat viszont ennek ellenkezője, hipermetiláció, melynek során a rákos folyamatoktól védő gének – tumorszuppresszorok – kifejeződése gátlődik. A gyógyszerfejlesztés, terápiás célpontok azonosítása szempontjából ezért főképp az utóbbi kategória kiemelt fontosságú.

Végül, a DNS-metilációnak szintén fontos szerepe van bizonyos humán vírusok, például a herpesz, Epstein–Barr-vírus vagy a citomegalovírus-fertőzésben. Ezen kórokozók ugyanis élethosszig tartó fertőzést okoznak: miután akut tünetek elmúltak, bizonyos sejtípusokban az immunrendszer elől „elbújva” továbbra is fennmaradnak szervezetünkben, hogy később, például stresszhatásra, legyengült immunrendszer esetén visszatérjenek. Ebben a rejtőzködő fázisban a vírus DNS-ének nagy része metilált állapotban van, és csak néhány, fennmaradáshoz szükséges gén fejeződik ki.

A kiragadott példából is jól látszik az epigenetika jelentősége, emellett azonban a rohamosan fejlődő technikai lehetőségek, a klinikai vizsgálatok egyre gazdaságosabb kivitelezése biztosítja, hogy a közeljövőben még többet megtudhassunk ezen szabályozórendszer működéséről.

IRODALOM

URL1: <https://sh.wikipedia.org/wiki/5-Metilcitozin>

URL2: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Calico_she-cat_with_short_hair.jpg

URL3: https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project-ideas/MamBio_p022/mammalian-biology/x-inactivation-cat-coat-color?from=Pinterest%5d+#background

Tudós fórum

A TUDOMÁNYOK HATÁRAI

Róna-Tas András

az MTA rendes tagja, professor emeritus, Szegedi Tudományegyetem Altajisztikai Tanszék
aronatas@t-online.hu

Kulcsszavak: populáció, genetika, etnikum, nép, történelem, gamma-globulin, penuti indiánok, hunok, magyarok eredete

Bő negyedszázaddal ezelőtt jelent meg ebben a folyóiratban egy tanulmány *Genetikai vizsgálatok és a magyarság történelme* címmel (Tauszik, 1990). A cikk egy korábbi előadás sok mindenben javított változata volt, amely először Debrecenben, a 7. Nemzetközi Finnugor Kongresszuson hangzott el. Ott élénk vitát váltott ki, majd a vita tanulságait levonó írott formában több helyütt is napvilágot látott, így a *Magyar Tudományban* is. A tanulmány a Gm- (gamma-globulin) markerek különböző népek közti megoszlásának kérdésével foglalkozik. Több kutató ugyanis – jegyzi meg a szerző – abban reménykedik, hogy a sajátos markerrendszer segítségével új információkat szerezhet a magyarság származásáról. „A magyar–japán rokonság, a magyar–ujgur közös származás vagy a finnugor eredet hívei egyaránt bíznak a genetikai argumentumok megjelenésében” (Tauszik, 1990, 904.). A kutatás eredményeinek részletes ismertetése után a szerző a következőkkel zárja cikkét: „Adataink távolról sem adnak támpontot annak feltételezésére, hogy őseink a mongoloid nagyrasz képviselőivel azonos vagy szomszédos területen egymással tartós házassági kapcsolatban lettek volna. Ugyanakkor génjeinkben rögzült a találkozás ténye, azonban a találkozás helyének, intenzitásának és idejének megállapítása még várat magára” (Tauszik, 1990, 917.). A kutatás hátteréül a szerző populációgenetikai témában, a hetvenes évek közepén Moszkvában megvédett kandidátusi disszertációja szolgált, amelynek tézisei nyomtatott formában a moszkvai egyetem kiadójánál jelentek meg 1975-ben (Tauszik, 1975).

A szerkesztőség akkor arra kért, hogy fűzzek néhány megjegyzést Tauszik cikkéhez. Ezek közül érdemes megemlíteni a „japán kapcsolatot”. A magyar kutatók – és hozzá kell tennem nemcsak tudósok, hanem dilettáns történetkutatók is – tanulmányaikban és előadásaikban gyakran hivatkoztak Macumoto Hideóra (Hideo Matsumoto) és eredményeire. 1989-ben alkalmam volt Oszakában többször

is találkozni a kiváló tudóssal, és kutatásaival olyan mértékben megismerkedni, ahogyan ez egy nem biológus számára lehetséges. Macumoto akkor az oszakai orvosi egyetem törvényszéki orvostani tanszékének vezetője és egyidejűleg az egyetem rektora is volt. Publikációiban a genetikai eredményein túlmenő, történeti és néprajzi jellegű megállapításokat is tett, s ezek egy részét részletesen megvitattuk. Sikerült néhány félreértést tisztáznunk.¹ Ennek a vitának az eredményeiről is beszámoltam (Róna-Tas, 1990). Cikkem végén egy akkor új kutatási eredményre hívtam fel a figyelmet. Kevin M. Kelly (1990) vizsgálatai szerint egyes betegségek nem egyformán pusztítják a Gm-állományt, s ezért a legnagyobb óvatosságot kell tanúsítani az adatok történelmi értékelésénél.

Alig múlt el tíz év mikor újabb, most már határozottabb következtetésekkel jelentkezett a mikrobiológus Szabó István Mihály. A szerző az MTA Történettudományi Intézetében tartott előadásában rendszeresen túllépett kompetenciáján, de a már ismert és sokszorosan bizonyított tényeken is. Az olyan állításokat, amelyek szerint „orosz kutatók egy Kr. e. VI. évezredben itt feltűnt lovas nomád népet a magyarokkal azonosítottak”, egyszerűen a képtelenségek közé kell sorolnunk. Lovas nomádokról, tehát lóháton mozgó népekről a Kr. e. VI. évezredben, vagyis a csiszolt kőkorszak közepe tájt nincs semmilyen megbízható adatunk, míg az ellenkezőjére igen, de ha ilyen adat lenne is, mivel bizonyítható, hogy azok magyarok, és nem például szkíták voltak? A szerző egy 2000-ben elvégzett *genetikai vizsgálat* (Semino et al., 2000) eredményét idézi: „E vizsgálat szerint a *homo sapiens sapiens* europoid rasszelemeinek az Európát elsőnek benépesítő hulláma során (35–40 ezer éve) Kelet- és Észak-Európát a magyarok, lengyelek, ukránok és horvátok eredetüket tekintve közös ősei foglalták el.” A szerző túllépve tudománya határait nem választja el a populáció, az etnikum és a nyelv kategóriáit, függetlenül attól, hogy állítása teljességgel alaptalan. Majd innen nagy ugrásokkal haladva jut el odáig, hogy megállapítja, az amerikai *penuti* indiánok² nyelve rokon az ugor nyelvekkel (Farkas, 2003). Az előadást Szabó 2004-ben megjelent könyve követi *A magyar nép eredete. Az uráli népek eurázsiai-ameri-*

¹ Az általa csak „uráli”-nak jelzett minta természetesen nem az ősi uráliaktól, a finnugor és szamojédek közös őseitől, hanem az Urál hegységben, az azon áthaladó vasútvonal mellett létesült kórház recens adataiból származott. A japán tudós az orosz kutatási eredmények egy részét kínai összefoglalások alapján ismerte, amiből adódott néhány félreértés. Macumoto egyébként meghökkenve hallotta, hogy tárgyyszerű adataiból milyen messzemenő következtetéseket vontak le egyes magyar kutatók.

² A *penuti* (Penutian) kérdés összefoglalását lásd DeClancey – Golla, 1997. A *penuti* név eredetileg két nagyobb nyelvcsoporthoz tartozó nyelv neve, az egyikben a „kettes” számnév *pen* alakú, a másikban *uti*. Ma számos kaliforniai indián nyelv összefoglaló neve, tehát nem egy nyelv, nem is egy nyelvcsalád, hanem egy nyelvcsoporthoz tartozó nyelv megnevezése. E nyelvek egymáshoz való viszonya és 7–8 évezredes története alapos kutatások tárgya, igen nagy bibliográfiája van, de egyelőre még nem jutott el semmilyen egységes alapnyelvig, amely azután egyeztethető lenne más alapnyelvekkel. A *penuti*–ugor nyelvrokonság kritikáját lásd Rédei, 2003, 135–136.

kai őstörténete címmel. Erről a *Magyar Tudományban* lesújtó bírálat jelent meg (Simon, 2005).

A sorozat egy újabb tagjaként egyik egyetemünkön nemrég egy PhD-disszertáció védésére került sor *Honfoglalók származásának és rokonsági viszonyainak vizsgálata archeogenetikai módszerekkel* címmel (Neparáczki, 2017). A genetikai módszerek alapvetően átalakultak, a biológia eredményeinek társadalom- és néptörténeti értékelésében azonban alig történt változás. Az alapfogalmak módszeren kívül elfogadhatatlan keveredésére csak egy példát mutatok be: A szerző így ír: „Az idézett publikációk azt tanúsítják, hogy a magyarok genetikai rokonságának intenzíven kutatása ellenére a finnugor rokonság nem nyert megerősítést, a két népcsoportot legfeljebb egy nagyon vékony genetikai szál kapcsolja össze” (Neparáczki, 2017, 17.). Függetlenül attól, hogy itt milyen is a „vékony genetikai szál” ez teljesen érdektelen. Itt a nyelvészeti kapcsolat (*finnugor rokonság, helyesen finnugor nyelvrokonság*), az etnikai csoport (*két népcsoport*) és a genetikai, vagyis populációs kapcsolat között egyenlőséget tett a szerző, ezzel egy senki által nem állított tételt mond ki, majd cáfol. Egy nép, egy etnosz összetartozásának alapja tagjainak azonosságadata. Egy nyelvnek egy másik nyelvvel való rokonsága nyelvrendszerük közös történeti eredetén alapul. A nyelv sem írható le genetikai kategóriákkal. A populáció viszont biológiailag leírható, genetikailag vizsgálható. Három különböző halmaz nem azonosítható, nem keverhető össze még akkor sem, ha azok részben fedhetik egymást.

A tudomány határainak ez az átlépése elfogadhatatlan.

Az alapkategóriák megengedhetetlen keveredésére még egy példát mutatok be: „[...] Az azonos szekvenciájú Karos-I/3 és Karos-I/5 minta a D4j12 haplotípusba tartozik..., a hozzájuk legközelebb eső két, szintén azonos szekvenciájú recens minta (melyek ezért azonos körbe esnek) egyetlen nukleotid különbséget mutat, amit az összekötő vonalon lévő áthúzások száma jelez. Az egyik egy Belső-Mongóliából származó bargut, a másik egy tatár egyéntől származik, és a távolabbi találatok is ugyanazon népekből, tatárokból és kínaiakból származnak. A ma Kelet-Európában élő tatárok Mongóliából származnak, és csak a tatárjárás idején kerültek mai helyükre. Fontos megemlíteni, hogy ugyanabba az alcsoportba tartozik egy ásatag hun minta Magyarországról (Vezér utcai lelet). Ezek alapján nagyon valószínű, hogy a Karos-I/3 és Karos-I/5 honfoglaló minták anyai vonalon Belső-Ázsiából származnak, és a hun találat azt is valószínűsíti, hogy ázsiai hun felmenővel (Xiongnu) rendelkeztek” (Neparáczki, 2017, 54.). Tekintsünk pillanatnyilag el attól, hogy itt összesen két egyedi mintáról van szó. Ezeket veti össze a szerző egy mai, recens bargut-mongol és egy meghatározatlan földrajzi azonosítású tatár elszigetelt egyén haplotípusával. Ezután arról értekeznek, hogy a tatárok csak a tatárjárás idején kerültek a mai helyükre. Nem tudja, hogy a ma tatárnak nevezett csoportok török nyelvűek, történetük eltér a mongolokétól. Végül bevon egy elszigetelt, ásatag, hunnak mondott mintát (Vezér utcai lelet),

amelyről azt sem tudjuk, hogy a birodalmat vezető réteg germán vagy autochton vagy bevándorolt részéhez tartozott. A csontváz elsődleges leírása szerint „A koponyáján europid és mongolid formai jellegzetességek egyaránt megfigyelhetők”. Ennek az ismeretlen csontváznak ázsiai hun felmenőket valószínűsít, majd erre további hipotézisépületeket konstruál, hogy tudniillik a karosiak (!) „anyai vonalon Belső-Ázsiából származnak”. Természetesen karosi populációt csak más populációval lehet összevetni. Egyes vázak adatainak egy előre felállított hipotézis szempontjai szerinti kiemelése, és a glóbuszon talált hasonló egyedi adattal való összehasonlítása olyan módszer, amellyel bármit és annak ellenkezőjét is be lehet bizonyítani.

A tudományok határai ma nemcsak átjárhatóvá váltak, hanem éppen a tudományok határain jönnek létre új tudományok. Arra azonban józan ésszel senki sem gondol, hogy a társtudományok határterületei úgy léphetők át, hogy a másik tudomány alapismereteit, alapfogalmait és módszertanát teljesen figyelmen kívül lehet hagyni. A biofizika, a biokémia, a csillagászati fizika, de a társadalmi pszichológia vagy a gazdaságföldrajz kutatói csak akkor érnek el új tudományos eredményeket, ha mind a két tudományban egyaránt otthon vannak. Az interdiszciplinitás elemei feltétele a részdiszciplínák szabályainak betartása. A fenti példák esetében a régészet, a nyelvtudomány, a néprajz és a történettudomány alapelemeinek ismerete és felhasználása, kontrollja nélkül lépték át a szerzők saját kompetenciáik határait.

Végül: kikerülhetetlen az a kérdés, hogy miért szembesülünk visszatérő módon azzal, hogy a tudomány, itt éppen a biológia, egyes képviselői átlépik kompetenciájuk határait? A válasz egy részét az érintett tudomány képviselőinek kell megadniuk. De a kérdésnek van egy általánosabb vonatkozása is. Nem tagadhatjuk, hogy a tudomány határainak átlépése néha nagyobb feltűnést kelt, szélesebb közönséget szólít meg, mint azok a nagyon alapos, nagy munkát igénylő kutatók, amelyek a saját kompetenciájukon belül maradnak. Ezért a tudós társadalmi felelőssége is annál nagyobb, minél szélesebb kört ér el mondanivalója.

IRODALOM

- DeLancey, Scott – Golla, Victor (1997): The Penutian Hypothesis: Retrospect and Prospect. *International Journal of American Linguistics*. 63, 1, 171–202. <http://www.academicroom.com/article/penutian-hypothesis-retrospect-and-prospect>
- Farkas Ildikó (2003): A magyar őstörténet kutatás új távlatai? Szabó István Mihály: A magyar őstörténelem egy biológus szemével. *História*. 25, 5–6, 43–46. <http://www.historia.hu/archivum/2003/030506farkasi5.htm>
- Kelly, Kevin M. (1990): Gm Polymorphism. Linguistic Affinities and Natural Selection in Melanesia. *Current Anthropology*. 31, 2, 201–219. <http://www.academicroom.com/article/gm-polymorphisms-linguistic-affinities-and-natural-selection-melanesia>

- Neparáczki Endre (2017): *A honfoglalók genetikai származásának és rokonsági viszonyainak vizsgálata archeogenetikai módszerekkel*. PhD-értekezés, Szeged: Szegedi Tudományegyetem Természettudományi és Informatikai Kar Genetikai Tanszék http://doktori.bibl.u-szeged.hu/3794/1/Neparaczki_PhD.pdf
- Rédei Károly (2003): *Őstörténetünk kérdései. A nyelvészeti dilettantizmus kritikája*. 2. kiadás. (Magyar Őstörténeti Könyvtár 18) Budapest: Balassi Kiadó
- Róna-Tas András (1990): Megjegyzések a legújabb genetikai vizsgálatok történeti felhasználhatóságáról. *Magyar Tudomány*. 8, 918–924.
- Semino, Ornella–Passarino, Giuseppe–Oefner, Peter J. et al. (2000): The Genetic Legacy of Paleolithic Homo sapiens sapiens in Extant Europeans. A Y Chromosome Perspective. *Science*. 290, 1155–1159. DOI: 10.1126/science.290.5494.1155 http://www.academia.edu/1823005/The_genetic_legacy_of_Paleolithic_Homo_sapiens_sapiens_in_extant_Europeans_AY_chromosome_perspective
- Simon Zsolt (2005): *Iam proximus ardet Ucalegon*. Szabó István Mihály: A magyar nép eredete. Az uráli népek eurázsiai-amerikai őstörténete. *Magyar Tudomány*. 166, 9, 1152–1157. <http://www.matud.iif.hu/05sze/11.html>
- Szabó István Mihály (2004): *A magyar nép eredete. Az uráli népek eurázsiai-amerikai őstörténete*. Budapest: Mundus Magyar Egyetemi Kiadó
- Tauszik Tamás (1975): *Populáció struktúra szerepe a genetikai információ megoszlásában*. Kandidátusi tézisek. Moszkva: Egyetemi Kiadó
- Tauszik Tamás (1990): Genetikai vizsgálatok és a magyarság történelme. *Magyar Tudomány*. 8, 904–918.

A KUTATÓKNAK SZÁNT KÖZÖSSÉGI MÉDIÁRÓL¹

Koltay Tibor

PhD, Dr. habil.

Eszterházy Károly Egyetem Pedagógiai Kar Információs és Kommunikációs Tanszék
koltay.tibor@uni-eszterhazy.hu

Kulcszavak: közösségi média, ResearchGate, nyílt hozzáférés

Egyéb, a közösségi médiát érintő kérdések tárgyalása mellett 2014-ben már megosztottam a *Magyar Tudomány* olvasóival néhány gondolatot az olyan fórumok (oldalak, platformok, szolgáltatások) működéséről és hatásáról, mint az *Academia.edu* (URL1) és a *ResearchGate* (URL2). A *Mendeley* (URL3), amely eredetileg a hivatkozások kezelésének eszköze volt, mára már a kutatói önmenedzselésben és kapcsolatépítésben kíván szerepet játszani, továbbá a *Kudos* (URL4) is versenybe szállt a kutatók kegyeiért. Ez azt mutatja, hogy a kutatóknak szánt (röviden kutatói, akadémiai) közösségi média egyre jobban jelen kíván lenni a tudományos életben.

Általánosságban azt mondhatjuk, hogy ezek a szolgáltatások arra szolgálnak, hogy a kutatók reklámozni tudják magukat, megerősítsék önbecsülésüket, és bővítsék szakismereteiket. A kutatói közösségi média emellett a szakmai közösséghez való tartozást és a kollégákkal való interakciót kínálja résztvevőinek, viszont nem jellemző rá kikapcsolódási és szórakozási funkció, amely nagyban meghatározza a közösségi média által nyújtott platformok többségét (Meishar-Tal – Pieterse, 2017).

Ami a konkrét tevékenységeket illeti, ezekre a felületekre feltölthetjük írásainkat (főként cikkeinket) vagy az azokhoz vezető linkeket. A minket érdeklő témákban értesítést is kaphatunk a mások által feltöltött írásokról, így viszonylag gyorsan értesülünk az újdonságokról. Saját publikációink hatását pedig olyan alternatív mérőszámok mentén követhetjük nyomon, mint a cikkek letöltéseinek száma, Ezen kívül személyes profilunkat is megadhatjuk, számos adatot közölve magunkról (Meishar-Tal – Pieterse, 2017).

Bár van több vagy kevesebb – szolgáltatásonként eltérő mértékű és változó időtávlatú – tapasztalatom ezeknek a fórumoknak a használatáról, nem személyes benyomásaimról kívánok beszámolni. Ezek ugyanis nem módszeres, jól megter-

¹ Készült az EFOP-3.6.1-16-2016-00001 „Kutatási kapacitások és szolgáltatások komplex fejlesztése az Eszterházy Károly Egyetemen” projekt támogatásával.

vezett vizsgálat eredményeként keletkeztek. A fenti fórumokat ugyan viszonylag rendszeresen használom, tapasztalataim mégis véletlenszerűnek tekinthetők. Ennek némileg ellentmondva azt mondhatom, hogy élményeim hasonlítanak ahhoz, amiről Martin A. Hubbe vegyész, az Észak-Karolinai Állami Egyetem professzora tudósít. Hubbe feliratkozott a ResearchGate-re, de nem aktív használója, mégis hetente kap egytucatnyi, az alábbiakhoz hasonló üzenetet:

- Önnek új követője van.
- Egy hivatkozást találtunk az Ön művére.
- Egy kutató éppen most olvasta az Ön publikációját.
- XY úgy gondolja, hogy Ön a következő publikáció szerzője.
- A múlt héten 41%-kal többen olvasták az Ön publikációit (Hubbe, 2014).

A személyes benyomások fontosak, de mindenképpen szubjektívnek tekinthetők, ezért inkább a téma szakirodalmára támaszkodom. Ez a szakirodalom – gyakran empirikus kutatások eredményeit tükrözve – figyelemre méltó eredményeket hozott. A megjelent írások főként (esetenként kizárólag) a ResearchGate jellemzőit vizsgálják, ezért én is erre a fórumra fogok koncentrálni. Ennek a megkülönböztetett figyelemnek egyik oka nyilvánvalóan az, hogy sokak szerint a ResearchGate a legismertebb kutatói közösségi szolgáltatás (Hajnal Ward et al., 2014).

A RESEARCHGATE

A ResearchGate-nek, amely főként az egyetemekhez és kutatóintézetekhez köthető személyek jelentkezését fogadja el, 2017 februárjában több mint 12 millió résztvevője volt (URL5).

A ResearchGate-re a legnagyobb számú cikket a következő öt szakterület kutatói töltötték fel (a Scopus kategóriái szerint, csökkenő sorrendben felsorolva):

- orvostudomány,
- fizika és csillagászat,
- biokémia, genetika, molekuláris biológia,
- mezőgazdaság-tudomány és biológiai tudományok,
- anyagtudomány.

Bár a humanióra és a társadalomtudományok lefedettsége viszonylag gyenge, a cikkek sokféle diszciplínából kerülnek ki, és koruk is eltérő, bár nagyobb azok száma, amelyek a legutóbbi évekből származnak. Valószínűsíthető, hogy a régebbi cikkek nem azzal a céllal kerültek be a ResearchGate-be, hogy nagy hatással legyenek a kutatásra. Ennek ellenére a megtekintések száma egyharmada a frissebb cikkekének, ami azt jelenti, hogy értelme van a régi cikkek feltöltésének, hiszen ezek is figyelmet kapnak, bár az újabb keletű cikkek prioritása

nyilvánvaló. Hasonlóképpen elmondható, hogy az összes tudományterület cikkeit feleannyian nézik meg, mint a legnépszerűbb szakterületek cikkeit, ezért nincs okunk rá, hogy elhanyagolhatónak tekintsük ezeket a területeket. Hozzá kell viszont tennünk, hogy ezeket a megállapításokat Mike Thelwall és Kayvan Kousha (2017) azt feltételezve tette meg, hogy a ResearchGate semmilyen irányban nem manipulálta.

A ResearchGate folyamatosan frissíti a kutatók hírnevét minősítő, alternatív jellegű mérőszámokat (metrikákat), amelyeknek alapját többek között a profiljukban feltüntetett publikációk, továbbá ezek letöltésének száma adja. További mutatóként szolgál annak száma, hogy hányszor nézték meg a ResearchGate-en nyilvántartott publikációk metaadatait (Thelwall – Kousha, 2015).

Legfőbb mérőszáma az *RG Score*, amely arra a feltételezésre alapul, hogy a jó hírnév közösségi természetű, és az együttműködésen alapul, viszont számításának pontos módját nem ismerjük. Átláthatóságáról és érvényességéről ezért is tér el egymástól a ResearchGate-et vizsgáló kutatók véleménye.

A ResearchGate háromszáz résztvevőjét vizsgálva Min-Chun Yu és munkatársai (2016) úgy találták, hogy az RG Score hatékony indikátor az egyes kutatók teljesítményének megítélésére. Hubbe (2014) viszont úgy látja, hogy ez a mérőszám nem annyira a lektorált publikációkon alapul, mint azon, hogy miként viszonyulnak hozzájuk a ResearchGate felhasználói, tehát részben a népszerűséget és a hálózaton belüli befolyást minősíti. Másképpen szólva, ez az oldal az introvertált kutatókkal vagy a forradalmárokkal szemben a csapatjátékosokat részesíti előnyben.

RG Score pontjaink azzal is nőnek, ha a ResearchGate más felhasználóinak kérdéseire válaszolunk, vagy magunk teszünk fel kéréseket nekik, továbbá ha vannak követőink. Éppen ezért a ResearchGate-et használó intézmények és kutatók pozitív diszkriminációjáról beszélhetünk (Thelwall – Kousha, 2015).

A ResearchGate az RG Score mellett kilenc további mérőszámot kínál úgy, hogy felhasználói ezek közül választhatnak, sőt egymással kombinálhatják is őket. Gyengesége viszont, hogy a szoros érdemben vett kutatói (leginkább publikációs) tevékenységen túl nem tud hasonló adatokat nyújtani, így például nem tükrözi oktatási tevékenységüket, valamint egyelőre nem tudtak kifejleszteni megfelelő indikátort magának a részvételnek a mérésére és „honorálására”, pedig – közösségi oldalként – fontos lenne a nagyszámú és aktív résztvevői gárda kialakítása (Nicholas et al., 2016). Tegyük még hozzá, hogy Hubbe (2014) szerint túl sok az értelmetlen mérföldkő, amelyet a ResearchGate felvonultat, így a tíz mérőszám megléte valójában nem jelent erősséget.

Ezt a tevékenységi kört vizsgálva Wei Jeng és munkatársai (2017) három szakterület, a könyvtár- és információtudomány, a művészettörténet és az asztrofizika kutatói által elhelyezett posztokat elemezte. Többek között azt találták, hogy sok esetben a kérdező intenciója, vagyis az, hogy kérdezni kívánt vagy vitát kezde-

ményezett, nagyobb mértékben befolyásolja az üzenetek tartalmát, mint a kérdező szakterülete. Ugyanakkor a művészettörténet területén a válaszokra hosszabb ideig kellett a kérdezőknek várniuk. Emellett a művészettörténészek viszonylag gyakran igényelték közvetlenül a szükséges forrásokat (például képeket). Sokan kértek és küldtek közülük könyveket. A könyvtár- és információtudomány kutatóira az volt jellemző, hogy a vitakérdések megválaszolása az információs kérdésekenél hosszabb időt vett igénybe. Ritkán hivatkoztak ismert elméletekre és fogalmakra, ami valószínűleg arra vezethető vissza, hogy inkább szakirodalmi hivatkozásokat nyújtanak, mint közvetlen válaszokat, továbbá megközelítésük gyakorlat- és szolgáltatásorientált. Az asztrofizika esetében viszont az elméletek és keretrendszerek álltak a középpontban, továbbá a válaszok több mint fele tényeket tartalmazott.

A ResearchGate figyelemre méltó és viszonylag népszerű újításai közé tartozik, hogy a folyamatban lévő projektek adatai is megjeleníthetők az oldalain (URL6). Ezek az anyagok gyakran a projektek eredményeként létrejött publikációk, de a szó szoros értelmében vett projektleírások is megtalálhatók itt.

Kézenfekvő módon ahhoz, hogy a résztvevők cikkeinek és könyveinek PDF-példányai letölthetők legyenek, fel is kell őket tölteni. A feltöltés azonban a szellemi tulajdon jog korlátjaiba ütközhet. Hubbe (2014) állítja is, hogy a szellemi tulajdon jogokat hanyagul kezelik a ResearchGate-en.

Éppen ezeknek a megállapításoknak a megléte motiválta azokat a vizsgálatokat, amelyek során a ResearchGate-re feltöltött cikkeket abból a szempontból vizsgálták, hogy azok a szerzői jogi előírásoknak megfelelően kerülnek-e fel oldalaira. Az elérhető cikkek közül ötszázat választottak ki véletlenszerű mintavétellel. Eből 108 cikk (21,6%) eleve nyílt hozzáférésű volt, tehát – a nyílt hozzáférés arányúját követve – ingyenes folyóiratokban vagy szerzői díj megfizetését követően jelent meg, vagy hibrid, tehát teljes hozzáférésű cikkeket is közlő, de előfizetésre alapozott folyóiratokban – megint csak szerzői díj megfizetése fejében – közölték. Ezekben az esetekben természetesnek tekinthető, hogy a cikkek végleges változata kerül repozitóriumokba vagy intézményi, esetleg szerzői honlapokra.

A szerzői jogi szabályszegések gyanúja a zöld út megvalósítása kapcsán merül fel. Ez 392, nem alapértelmezetten nyílt hozzáférésű cikket érintett. A vizsgált cikkeket közlő folyóiratok 88,3 százalékában a kiadó vagy a folyóirat megengedi, hogy a szerzők maguk archiválják cikkeik PDF-példányait, tehát valamilyen formában ingyenesen rendelkezésre bocsássák cikkeiket. A probléma az, hogy az előírások sokszor bonyolultak, és kiadónként el is térnek egymástól. Így aztán a szerzők cikkeiknek nem mindig azt a változatát töltik fel, amelyeket az előírásokban a kiadók megjelöltek. Ezek az értelmezési gondok nagy számban a cikkek végleges változatainak közölhetőségéhez kötődnek.

Mindenesetre az a tény, hogy a ResearchGate-re feltett PDF-fájlok 51,3%-a nem felelt meg a kiadók támasztotta követelményeknek, veszélyt jelent a Re-

searchGate számára, mivel a cikkek PDF-fájljaihoz való hozzáférés fontos szolgáltatása; ha viszont túl sok cikk szegi meg a szerzői jogi szabályokat, akkor a kiadók lépéseket fognak tenni a ResearchGate ellen, ahogyan ez az Academia.edu esetében meg is történt. A ResearchGate életképessége tehát nagyban azon múlik, hogy meg tudja-e győzni a szerzőket arról, hogy be kell tartaniuk a kiadók előírásait. Az is fontos, hogy segíteni is tudja őket, például azzal, hogy monitorozza a szerzői jogi előírások betartását. Célszerű volna, ha nemcsak biztatná résztvevőit a PDF-példányok feltöltésére, hanem figyelmeztetné is őket arra, ha valamelyik adott folyóirat nem engedi azt meg (Jamali, 2017).

Tudnunk kell viszont, hogy több kiadó tiltja a kutatói közösségi oldalakra történő felöltést, ugyanis csak akkor engedi meg a PDF-példányok elhelyezését, ha azok intézményi, szakterületi repertóriumokba vagy intézményi és személyes honlapokra kerülnek. Ennek megfelelően nem egyszerű a szellemi tulajdonjogok tiszteletben tartása, ha a kutatói közösségi média aktív használói vagyunk. Az Emerald kiadói csoport például az akadémiai közösségi oldalakon csak azt engedi meg, hogy intézményi repertóriumokban elhelyezett PDF-példányok URL-jét adjuk meg (URL7).

David Nicholas, Eti Herman és David Clark (2016) szerint a ResearchGate néha már idegesítően sok e-mailt küld az oldalain zajló tevékenységekről és a kutatók eredményeiről. Ugyanakkor gyakran nem informálja őket megfelelően a szolgáltatásaiban bekövetkezett változásokról.

Összességében úgy tűnik, hogy a kutatók nem aknázzák ki teljességgel az oldal lehetőségeit, különös tekintettel annak közösségi jellegére, mivel megelégednek azzal, hogy publikációikat közszemlére tegyék, és mások írásait felfedezzék, majd letöltsék.

KÖVETKEZTETÉSEK

A kutatóknak szánt közösségi oldalak használata annak ellenére terjed, hogy az oktatók és a kutatók rendelkezésére állnak különböző repozitóriumok, amelyek megtalálhatóvá és elérhetővé teszik publikációikat (Thelwall – Kousha, 2015). Nem véletlen tehát, hogy – amint az a fentiekből is látható volt – napjainkban egyre több elemzés jelenik meg a kutatói közösségi média jellemzőiről, ami azt mutatja, hogy irántuk kézzelfogható módon és egyre jobban fokozódik az érdeklődés.

Az Amerikai Egyesült Államok és Nagy-Britannia természet- és társadalomtudományi kutatóinak empirikus vizsgálata azt mutatja, hogy a megbízhatóság és a hitelesség továbbra is a legfontosabb a számukra, és ezt a lektorálás garantálja. Mivel a hitelesség a kutatók személyéből következik, üzeneteket akár blogokon vagy közösségi oldalakon is küldenek, viszont ezekre általában nem hivatkoznak, mivel előmenetelük feltétele, hogy a lektorált folyóiratcikket

(néha könyveket) publikálják, és azokra hivatkozásokat kapjanak (Watkinson et al., 2016).

Mindez nincsen másként a fiatal, pályakezdő kutatók esetében sem. Százti-zenhat fiatal amerikai, brit, francia, kínai, lengyel, maláj és spanyol kutatót vizsgálva azt találták, hogy nincs más választásuk, mint alkalmazkodni, vagyis arra törekedni, hogy nagy presztízsű folyóiratokban publikáljanak. Erről nem is panaszkodnak. A folyóiratok nyílt hozzáférése vagy innovatív volta nem vonzó számukra. Bár lehetőséget látnak a kutatói közösségi médiában, annak használata esetükben főként arra szorítkozik, hogy cikkek PDF-példányait szerezzék meg, továbbá építsék maguk és publikációik digitális jelenlétét (CIBER, 2016; Nicholas et al., 2017).

Mindez nem meglepő, hiszen a tudományos jó hírnév és az eredmények megtalálhatósága mindig is a tudományos közösség prioritása volt (Hajnal Ward et al., 2015).

A ResearchGate olyan tevékenységeket állít középpontba, amelyek a kutatói karrierépítés eszközeivé válhatnak úgy, hogy jó hírnevüket továbbra is ugyanazon a szűk mezsgyén haladva építik, amelyet a nagy presztízsű folyóiratokban közölt cikkek és az azokra kapott hivatkozások száma határoz meg (Nicholas et al., 2016).

A jelenlegi helyzet megváltozhat a jövőben, de nem érdemes az ezzel kapcsolatos jóslatokba bocsátkoznunk. A kutatói közösségi oldalakon mérhető jellemzők egyelőre még nem tartoznak a kutatói előmenetel hivatalosan is figyelembe vett jellemzői közé, így hiába van meg annak a lehetősége, hogy az ezekre a közösségi oldalakra érkező hivatkozások számát számba vegyük, vagy nyomon kövessünk olyan információkat, mint a letöltések száma, továbbra is a „klaszszikus” hivatkozási adatok képezik a kutatói minőség alapját (Hajnal Ward et al., 2014).

A kutatói közösségi hálózatokat (is) jellemző felgyorsult fejlődés ellenére, a fentiek igazolni látszanak korábbi írásom (Koltay, 2014) néhány megállapítását:

1. A tudományos kommunikáció tágabb értelmezése magában foglalhatja a kutatók személyes életpályájának építését is.
2. A kutatói közösségi oldalak segítségével a publikációk egy része szélesebb körben válik láthatóvá és elérhetővé.
3. A közösségi média használatában a kutatók nem térnek el eddigi prioritásaiktól és elveiktől, vagyis a használat megszokott viselkedésüket utánozza és erősíti.
4. A kutatói közösségi média már kezd nyomot hagyni a tudományos kommunikáción, bár hatása még nem nevezhető hosszantartónak és rendszeresnek.

Mindezek mellett felmerülhet a kérdés, hogy változott-e az az általános helyzet, hogy a hagyományos értelemben vett kapuőrök, azaz a lektorok, szerkesztők,

könyvtárosok egyre kisebb szerepet kapnak az információk szűrésében (Badke, 2004), így az olvasóra vagy – esetünkben – a kutatóra marad ez a szerep. Azt gondolhatjuk, hogy alapvető változás nem történt ezen a téren, viszont tény, hogy a kutatóknak szánt közösségi média korlátozott mértékben új kapuörnek tekinthető abban az értelemben, hogy a kutatókat hozzásegíti ennek a szerepnek a betöltéséhez, ha valóban a tudományos kommunikációra koncentrálnak.

IRODALOM

- Badke, William (2004): *Research Strategies: Finding Your Way through the Information Fog*. 2nd ed. Lincoln, NE: iUniverse.com
- Hajnal Ward Judit – Bejarano, William – Dudás Anikó (2014): Tudományos szelfi: szerzői profilok az interneten. *Könyvtári Figyelő*. 60, 3, 290–304. http://epa.oszk.hu/00100/00143/00094/pdf/EPA00143_konyvtari_figyelo_2014_3_290-304.pdf
- Hajnal Ward Judit – Bejarano, William – Dudás Anikó (2015): Scholarly Social Media Profiles and Libraries: A Review. *LIBER Quarterly*. 24, 4, 174–204. DOI: 10.18352/lq.9958 <https://www.liberquarterly.eu/articles/10.18352/lq.9958/>
- CIBER (2016): *Early Career Researchers: The Harbingers of Change? Final Report from CIBER*. http://ciber-research.eu/download/20161120-ECR_Year_1_final_report_071116.pdf
- Hubbe, Martin A. (2017): Why I Don't Do Academic Social Media... or Do I? *BioResources*. 12, 2, 2252–2253. <https://bioresources.cnr.ncsu.edu/resources/why-i-dont-do-academic-social-media-or-do-i/>
- Jamali, Hamid R. (2017): Copyright Compliance and Infringement in ResearchGate Full-text Journal Articles. *Scientometrics*. DOI: 10.1007/s11192-017-2291-4 https://www.researchgate.net/publication/313606361_Copyright_compliance_and_infringement_in_ResearchGate_full-text_journal_articles
- Jeng, Wei – DesAutels, Spencer – He, Daqing – Li, Lei (2017): Information Exchange on an Academic Social Networking Site: A Multidiscipline Comparison on ResearchGate Q&A. *Journal of the Association for Information Science and Technology*. 68, 3, 638–652. DOI: 10.1002/asi.23692
- Koltay Tibor (2014): A tudomány és az új média viszonyáról. *Magyar Tudomány*. 175, 3, 345–349. <http://www.matud.iif.hu/2014/03/11.htm>
- Meishar-Tal, Hagit – Pieterse, Efrat (2017): Why Do Academics Use Academic Social Networking Sites? *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*. 18, 1, 1–22. DOI: 10.19173/irrodl.v18i1.2643 <http://www.irrodl.org/index.php/irrodl/article/view/2643/4008>
- Nicholas, David – Clark, David – Herman, Eti (2016): ResearchGate: Reputation Uncovered. *Learned Publishing*. 29, 3, 173–182. DOI: 10.1002/leap.1035 https://www.researchgate.net/publication/304051864_ResearchGate_Reputation_uncovered
- Nicholas, David – Herman, Eti – Clark, David (2016): Scholarly Reputation Building: How Does ResearchGate Fare. *International Journal of Knowledge Content Development and Technology*. 6, 2, 67–92. DOI: 10.5865/IJKCT.2016.6.2.067 <http://ijkcdt.net/xml/08904/08904.pdf>
- Nicholas, David – Rodríguez-Bravo, Blanca – Watkinson, Anthony et al. (2017): Early Career Researchers and Their Publishing and Authorship Practices. *Learned Publishing*. DOI: 10.1002/leap.1102 https://www.researchgate.net/publication/315686118_Early_career_researchers_and_their_publishing_and_authorship_practices

- Thelwall, Mike – Kousha, Kayvan (2015): ResearchGate: Disseminating, Communicating, and Measuring Scholarship? *Journal of the Association for Information Science and Technology*. 66, 5, 876–889. DOI: 10.1002/asi.23236
- Thelwall, Mike – Kousha, Kayvan (2017): ResearchGate Articles: Age, Discipline, Audience Size, and Impact. *Journal of the Association for Information Science and Technology*. 68, 2, 468–479. DOI: 10.1002/asi.23675
- Watkinson, Anthony – Nicholas, David – Thornley, Clare et al. (2016): Changes in the Digital Scholarly Environment and Issues of Trust: An Exploratory, Qualitative Analysis. *Information Processing & Management*. 52, 3, 446–458. DOI: 10.1016/j.ipm.2015.10.002
- Yu, Min-Chun – Wu Yen-Chun Jim – Alhalabi, Wadde et al. (2016): ResearchGate: An Effective Altmetric Indicator for Active Researchers? *Computers in Human Behavior*. 55, 1001–1006. DOI: 10.1016/j.chb.2015.11.007 https://www.researchgate.net/publication/284187084_ResearchGate_An_effective_altmetric_indicator_for_active_researchers

URL1: <https://www.academia.edu/>

URL2: <https://www.researchgate.net/>

URL3: <https://www.mendeley.com/>

URL4: <https://www.growkudos.com/>

URL5: <https://www.researchgate.net/about>

URL6: <https://explore.researchgate.net/display/support/Projects>

URL7: http://www.emeraldgroupublishing.com/authors/writing/author_rights.htm

Könyvszemle

SIPOS JÚLIA GONDOZÁSÁBAN

TALAJOK

Az ásványi elemek szerepének vizsgálata már az agrokémiai kutatások kezdetén felmerült a különböző országokban. Ennek során több elem szerepét is tisztázták a növények ásványi táplálkozásával kapcsolatban, a kutatás első fázisa a foszforra, majd a káliumra irányult. Ugyanakkor az is nyilvánvalóvá vált, hogy a különböző éghajlati övezetek (arid, humid) alatt kialakult talajok különbözőképpen tudják összetételükből adódóan a növények igényeit kielégíteni. Több elemnél is egyes helyeken túlzott ellátást, míg másoknál ugyanazon kultúrnövény esetén hiányt is megfigyeltek. A műtrágyák használatának (NPK) növekedése a növénytermesztési rendszerekben megkövetelte, hogy az istállótrágyázáshoz képest beálló változásokat ne csak a talajtulajdonságokra és a termés mennyiségére, hanem a növényi termékek (fő- és melléktermékek) összetételére is részletesen vizsgálják. Az új intenzívebb növénytermesztés során olyan kérdésekre is választ kellett adni, hogy a kultúrnövények egyes kritikus fenofázisaiban milyen koncentrációk jellemzik a megfelelő és harmonikus ásványi tápelem-ellátottságot, és ezt hogyan lehet a szaktanácsadás folyamatában felhasználni, ami mind a saját felhasználásra, mind az árutermelésre berendezkedett növénytermesztés során elengedhetetlen. További kérdésként merült fel az ásványi tápanyagelem-ellátottság és a növényi termékek különböző módszerekkel meghatározott bonyolult minőségvizsgálatokkal feltárható kapcsolata. A vizsgálati igény azonban egyre bővül, hiszen ma már nemcsak a levegőszennyeződés és az abból származó atmoszférikus ülepedés hatását kell vizsgálni, hanem a levegő CO₂ tartalmának emelkedése okozta elemfelvételi változásokat is. Ezek az elvárások arra sarkallták a kutatókat, hogy a termesztett növényfajok újabb és újabb fajtáinak alkalmazásával, jelentős forrásokat bevonva (szellemi és anyagi) olyan kísérleteket (tenyészedény, szántóföldi kis- és középárcellás) állítsanak be, ahol részletes talaj és növényvizsgálatokkal lehet választ adni a feltett és időközben felmerülő kérdések egy részére is, megteremtve ezzel a folytatás szakmai alapjait is.

Tekintettel arra, hogy már az előző századfordulótól megindult az ásványi trágyák alkalmazása hazánkban is, elkezdődött az ilyen tárgyú kutatás is – a lehetőségekhez képest. Döntően azonban az 1950-es évek végétől gyorsult fel ez a munka. Ennek váltak nagyon aktív részvevőivé a szerzők az 1970-es évektől, majd

pedig az általuk irányított kutatási kollektíva ért el elismerésre méltó eredményeket az agrokémia probléma megoldásában. E kutatás során mindig szem előtt tartották a talaj-növény rendszer vizsgálatát, és ezzel nemcsak az úgynevezett nagy növények, mint az őszi búza, kukorica, napraforgó, repce voltak a vizsgálatok tárgyai, hanem olyanokkal is kísérleteket folytattak, mint az őszi és tavaszi árpa, tritikálé, burgonya, zab, rozs, lucerna, mák, cirok, bab, koronafürt. Kísérleteiket döntően két talajtípuson folytatták: homokon és csernozjomon. Az eredményeiket azonban más termőhelyek talajtípusaira is alkalmazni lehet. A vizsgálati eredmények példátlan gazdagságát jelenti az, hogy sok elemre (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Sr, Ni) közöltek a korábban felsorolt növényfajokra olyan mérési eredményeket, amelyek a különböző tényezők (talajtípus, növényi sorrend, 25 éves kukorica monokultúra) hatásait tükrözik. Ezekből nemcsak a makro- és az általánosan ismert mikroelemekről nyerhetünk új információkat, hanem a talaj-termékenységet javító anyagok olyan kísérő eleméről is, mint a stroncium. Ezen adatok lehetőséget adtak arra is, hogy az adott növények tápelemfelvételi dinamikáját pontosítani lehessen a különböző körülmények között.

A világban több helyen is (Svédországban öt helyen, Anglia: Rothamsted, Németország: Halle, Dánia: Askov, USA: Cornell University) zajlanak olyan szántóföldi kísérletek, melyek adataiból megbízható következtetéseket lehet levonni az adott ökológiai viszonyok mellett, ezeknek azonban csak egy része általánosítható. Ennek a most közreadott munkának azonban van egy megkérdőjelezhetetlen előnye számunkra, ez pedig az, hogy a hazai viszonyok között végzett kísérletekből levonható következtetéseket tartalmazza.

A könyvben a szerzők összefoglalják azon eredményeiket, amelyek sok gyakorló gazdában is megfogalmazódtak, s ezzel ma már a napi gyakorlat részeivé is váltak. A könyv vezérfonala a címből is kiderül, hiszen a makro- és mikroelemek közötti kölcsönhatások vizsgálata volt a fő cél. Ehhez először egyszerű N- és Cu-, P- és Zn-, K- és B-kísérletek beállítása után társították a N, Cu és Mo, valamint a K és B, illetve K, B és Sr kölcsönhatás kísérleteket vetésváltásban a különböző növényfajokat tesztelve.

A szerzők által korábban közölt cikkek újabb „magyar nyelvű szintézise” nemcsak azért fontos, mert összegyűjtötték azokat, hanem ezzel az érdeklődők és így a teljes szakmai közönség segítségére lesznek abban is, hogy tovább műveljék és fenntartsák az ehhez a fontos tudományos területhez tartozó magyar szaknyelvet. Annak ellenére, hogy a kísérletek beállításkor még nem volt közismert a kémiai élelmiszer-biztonsághoz tartozó elemösszetétel értékelése, a könyv hasznos iránymutatással szolgálhat a jövő kutatóinak az elemek közötti kölcsönhatások értékelésével. Előremutató abban a tekintetben is, hogy alapadatokat közölnek a mindennapi kenyér alapjául szolgáló búza, a búzaliszt, a korpa és a kenyér ásványi elem tartalmáról is. Segítve ezzel az érdeklődőket és a táplálkozástudomány területén tevékenykedőket is.

Ez az összeállítás mindazoknak ajánlható, akik a különböző szintű természettudományos és agrárokztatás (BSc, MSc, PhD és szakoktatás), kutatás, szaktanácsadás, valamint a gyakorlathoz közel álló más területeken érdeklődnek a téma iránt, hiszen a közölt eredmények még hosszú ideig alapul szolgálhatnak a jövő számára. A szerzők a kísérletek részletes leírásával betekintést engednek a bemutatott kísérletek során elvégzendő teendőkbe azon túl is, hogy nemcsak a mintavételekről számolnak be, hanem az eredményeket is közzéteszik. Az ilyen alapos és költségigényes vizsgálat és eredményközlés ugyanis csak további tartamkísérletek végzésével újítható meg, amelyekre napjainkban kevés esély van. A részletes irodalmi hivatkozások pedig egy olyan segítséget jelenthetnek a jövő kutatói számára, amelyekből könnyen áttekinthető a klasszikusokon kívül az előbb-utóbb klasszikussá váló szerzők tudományos tevékenysége is. (*Kádár Imre – Csathó Péter: A főbb makro- és mikroelemek közötti kölcsönhatások kísérletes vizsgálata. Martonvásár: MTA Agrártudományi Kutató Központ, 2017*)

Győri Zoltán

az MTA doktora, egyetemi tanár, intézetvezető
Debreceni Egyetem Táplálkozástudományi Intézet

ÉLETTÖRTÉNETEK A PSZICHOTERÁPIÁBAN

A pszichoterápiák – jelen esetben a pszichoanalízis – hatásmechanizmusainak és hatékonyságának vizsgálata mindig nehéz helyzet elé állítja a kutatót. A páciens és a terapeuta szubjektív élményvilágának, valamint a kettejük közti interszubjektív mezőnek legmélyebb mozzanatait kell operacionalizálni és valamilyen módon mérhetővé tenni ahhoz, hogy megértsük azokat a mozzanatokot, amelyek változásokhoz vezetnek. Berán Eszter és Unoka Zsolt könyvükben a terapeuta és páciens közti narratív interakciókat vizsgálják, s mutatják be azt az aprólékosan kidolgozott szisztematikus módszert, melynek segítségével lépésről lépésre nyomon követhető a terápiás változás folyamata ún. narratív perspektíva váltások sorozatán keresztül. Az általuk kidolgozott narratív diszkurzív modell egyik alapfeltevése, hogy a terápia során bekövetkező változások egyik alapmechanizmusa a páciens elbeszélői perspektívájának megváltozása, és e mentén a terápiában elhangzott, felbukkant történetek páciens és terapeuta általi közös újrakonstruálása.

Könyvük ötvözi a tudományos kutatások és a gyakorlati klinikai munka eredményeit. Így egy olyan szintézis jön létre, mely a narratív pszichológia, a klinikai pszichológia, fejlődéslelektan, az elmefilozófia és a kognitív tudományok megszűnésén mozogva segít tetten érni, meglátni és megérteni azt a folyamatot, mely a pszichoterápia során, illetve a terápiát követően hosszú távon a szelf szerkezeti átalakulásához vezet.

Kutatásuk anyagát az általuk létrehozott Budapesti Pszichoterápiás Adatbázis szolgáltatta. Ez két hosszú távú – több éves – pszichoanalitikus terápiás folyamat üléseinek hangfelvételeit, és azok pontos átiratát tartalmazza. A terápiás ülések átiratai kerültek aprólékos kvalitatív és kvantitatív nyelvi elemzés alá, a szerzőpáros ennek segítségével dolgozott ki egy speciális kódolási kézikönyvet. A két kliens és két terapeuta páros narratív interakcióit vizsgálva, a terápiás folyamat szempontjából olyan releváns nyelvi változókat emeltek ki és elemeztek, amelyek keresztül a narratív perspektíva-váltások megragadhatóvá váltak, s tetten érhetővé vált a perspektíva-váltások figyelmi és affektív szabályozó szerepe.

Módszertani szempontból a Berán–Unoka páros által kidolgozott módszer az ún. diszkurzív-interakción alapuló megközelítések közé tartozik. Az általuk kidolgozott megközelítés újdonsága többek közt abban rejlik, hogy a pontos nyelvi elemzésnek köszönhetően a terápiás folyamatban a narratív interakció során a narratív perspektíva változása lépésről lépésre követhető, s megragadható a szelf mélyebb szintű, a belső mentális reprezentációkat, érzelmi-kapcsolati mintákat, az önmagáról való tudás mélyebb rétegeit érintő átalakulása. Az elemzés alapegysége az ún. intonációs egység. Az intonációs egység formálisan, kognitív

és nyelvészeti szempontból jól definiálható beszédsgemens, körülbelül olyan hosszúságú szöveg, melyet „egy szuszra”, egy levegővétellel el tudunk mondani, s melyet egy intonációs kontúr (például levisszük a hangunk, felvisszük a hangunk), szünet választ el a következő egységtől. Az élő beszéd folyamatot az intonációs egységek alapján olyan apró szegmensekre lehet tagolni, melyek adott nyelvi változók alapján kódolhatóak, ami meghatározza az adott intonációs egységre jellemző narratív perspektívát. A narratív perspektíva olyan nézőpont, amelyből az elbeszélő (páciens) látja és láttatja önmagát, az elbeszélte történetet, annak eseményeit, szereplőit, azokhoz való viszonyát. Minden egyes intonációs egység egy adott nyelvi perspektívát jelenít meg. Beszélgetés közben, egy közös figyelmi helyzetben a beszélő és a hallgató (páciens–terapeuta) figyelme ugyanarra az intonációs egységre irányul, lehetővé téve, hogy egymás perspektíváját érzékeljék, ahhoz kapcsolódni tudjanak, képesek legyenek annak átvételére, és létrehozhatnak egy olyan közös mentális reprezentációt, amelyben osztozni tudnak. Az adott intonációs egységben használt narratív perspektíva az elbeszélő belső valóságára világít rá, tükrözi annak pillanatnyi kognitív-érzelmi állapotát, megragadhatóvá teszi az elme működését. A perspektívaváltások leképezik a beszélő (páciens) által felvett szubjektív pozíciók változásait. A közös figyelmi helyzetben a narratív perspektívaváltásokkal a páciens és a terapeuta kölcsönösen szabályozzák egymást: a páciens a terapeuta nézőpontját átvéve lesz képes saját történetét egy másik nézőpontból meglátni, s válik fokozatosan képessé egyre komplexebb önszabályozó készségeket kialakítására.

A szerzők részletesen elemzik azokat a nyelvi változókat, amelyekkel az egyes intonációs egységekre jellemző perspektívát le lehet írni, s amelynek segítségével a narratív interakciókat jellemző perspektívaváltások sorozatát – s ezek mentén a szelf átalakulásának folyamatát – követni lehet. Az egyes intonációs egységeket kilenc jól definiálható, objektív nyelvi változó (igeidő, diexis, diegézis, igeszám, igeszemély, fokalizáló mód, ágencia, páciencia, diskurzusszint) alapján kódolták az általuk összeállított kódolási kézikönyvben meghatározott szabályok szerint. Példának okáért, az igeidő használata nagyon fontos információt jelent abból a szempontból, hogy a páciens egy múltbeli eseménnyel (például egy traumatikus élménnyel) milyen érzelmi viszonyban van, az mennyire feldolgozott, milyen módon épült be önéletrajzi emlékezetébe. Nem mindegy, hogy egy múltbeli én-állapotára visszaemlékezve, arra reflektálva, rátárvá beszél el a történetet, vagy visszacsúszik a múltbeli én-állapotba, s arról öntudatlanul jelen időre váltva kezd el beszélni. Ugyanígy fontos információt jelent az, hogy valaki képes-e egy, az övétől eltérő kontextusban, például egy másik ember perspektíváját felvéve rekonstruálni egy múltbeli eseményt. A páciens mentalizációs képességéről informál, hogy externális vagy internális fokalizációt használ-e, vagyis az események, szereplők külső jeleire fókuszál, vagy a történetekkel, szereplőkkel, önmagával kapcsolatban belső állapotok, vágyak, szándékok, érzések mentén

gondolkodik. A fent említett kilenc nyelvi változó alapján a szerzők a narratív perspektívát négyféle aspektusból álló (fizikai, szubjektivitás, intencionalitás, diskurzusszint) modellben határozták meg.

A könyv tizenkét nagy fejezetre oszlik, melyek logikusan és koherensen épülnek egymásra, és vezetik az olvasót egy szélesebb interdiszciplinális tudományos kontextusból kiindulva, a módszertan pontos ismertetésén keresztül, a Budapesti Pszichoterápiás Adatbázis két pszichoanalitikus esetének elemzésén át a további kutatások irányába. Önmagában már csupán a rendkívül részletes tartalomjegyzék áttanulmányozása után érezhető, hogy hatalmas tudásanyagra és klinikai tapasztalatra épülő koncepciózus és szisztematikus módszertannal felvértezett munkával ismerkedhetünk meg. Nagy kincs, ha olyan tudományos könyvvel találkozunk az olvasó, amely nemcsak elméleti szinten izgalmas, hanem módszertana is sokszínű. Berán–Unoka a kvalitatív és a kvantitatív módszerek ötvöztetésével a terápiás szövegek többszintű, többirányú megértését teszik lehetővé. Azt, hogy mi is rejlik az elmesélt szövegek mélyén, s ez hogyan függ össze az egyén múltjával és jelenével, kapcsolati történeteivel, emlékeihez való viszonyával, kognitív-érzelmi állapotával, a szerzőpáros által felkínált módokon keresztül több oldalról is megérthetjük. Az empirikus, pontos statisztikai vizsgálatok mellett olvashatunk pszichoanalitikus ülésekről vett példákat, sőt álomszövegek elemzését is. Mindemellett olyan speciális, a szerzők szertágazó érdeklődéséről és kreativitásáról tanúskodó izgalmas témák is megjelennek a könyvben, mint például az 1900-as évek elején élt világhírű magyar pszichoanalitikus, Ferenczi Sándor terápiás módszereinek párhuzamba állítása a mai gyakorló klinikai munkával, önéletrajzi emlékezettel kapcsolatos kutatásokkal, azzal, hogy a biztonságos terápiás helyzetben lehetőség van a rögzült, betokosodott emlékek újraaktiválására, átdolgozására és egy új kontextusban való rekonzolidációjára.

A szerzőpáros kutatásainak egyik kiemelkedő eredménye, hogy azáltal, hogy a terapeuta új szempontokat hoz be a terápiába, a páciens nem csupán az általa már elmondott történeteket lesz képes újraértelmezni, gazdagítani egy másik perspektívával, hanem ezen túlmenően a perspektívaátalakítások az önéletrajzi emlékezet más-más aspektusát hívják elő. Új, eddig a tudatban nem jelen levő történetek bukkanhatnak fel a terápia során. A terapeuta kérdéseivel, intervencióival, értelmezéseivel olyan új szempontokat hoz be, olyan új perspektívákat kínál fel, melyek kívül esnek azokon a szempontokon, melyeket a páciens saját maga, spontán módon gondolt egy történetről, önmagáról, másokhoz és a világhoz való viszonyáról. A terapeuta narratíva perspektívaátalakításainak átvételével módosul a páciens elbeszélői perspektívája, a terapeuta új nézőpontjai a páciens élettörténetének új oldalait világítják meg. A terápiában elhangzott történetek közös újrakonstruálása egyben a narratív szelf rekonstrukcióját is jelenti: a történetek újrakonstruálása során a szelfre, a világra, a kapcsolati mintákra, a jelentős másikakra jellemző mentális reprezentációk is átalakulnak.

Hosszú távon egy sikeres terápia során a páciens egy új készségrepertoárt alakít ki, egy olyan rugalmas rendszert, melyben képes új, más típusú perspektívák felvételére. A nézőpontváltások adta szabadság által új valóságkonstruálási képesség szerveződik, mely magába foglalja az új emlékelőhívási készségek létrejöttét is. Esély teremődik arra, hogy a (volt) páciens rálásson a különböző én-állapotai közti összefüggésekre, és szükség esetén azokat egy integrált, összefoglaló, narrátori nézőpontból lássa, s így ne legyen kiszolgáltatva egy, az adott pillanatban mindent elborító szélsőséges én-állapotnak.

Berán Eszter és Unoka Zsolt könyve magában hordozza egy szabad, kreatív létmód ígérését, ahol esély van a belső szabadságra, a különböző perspektívák felismerése által a belső állapotok közti többirányú mozgásra. Egy ilyen belső világban az integrálatlan tartalmak felbukkanása és a koherens történetek szétesése nem fenyegető, a szétesés keltette feszültség megtartható, hiszen van egy erős érzelmi tapasztalat arról, hogy különböző perspektívák mentén a történetek folyamatosan újrakonstruálhatók.

A kötet Oriold és Társa Kiadó gondozásában jelent meg. Rendkívül szép, igényes kiadás, melyet Gerlóczy Sári rejtelmes grafikája még vonzóbbá tesz. (*Berán Eszter – Unoka Zsolt: Élettörténetek a pszichoterápiában. Budapest: Oriold és Társai Kiadó, 2016, 226 p.*)

Lénárd Kata

PhD

Pécsi Tudományegyetem Bölcsészettudományi Kar Pszichológiai Intézet

TANULMÁNYOK KIRÁLY TIBOR TISZTELETÉRE

„A büntetőjog a társadalom önvédelmének eszköze, de egyúttal az az eszköz is, amellyel visszaélve a hatalom birtokosai békeidőben is irtóhadjáratot folytathatnak saját polgáraik ellen.” – írta *A büntetőjog és garanciák* című, 1981-ben publikált tanulmányában Király Tibor. A büntetőjog kétarcúságára figyelmeztet idézett megállapításával Király akadémikus. (Király Tibor a Magyar Tudományos Akadémiának 1979. május 11-től levelező, 1987. május 8. óta pedig rendes tagja.) A tiszteletére megjelentetett *Kodifikációs kölcsönhatások* című tanulmánykötet ennek a büntetőjogi intézményrendszernek az összefüggéseire, a rendszer elemeit alkotó törvények kapcsolatára vagy éppen azok hiányára fókuszál. A kötet tizenkilenc tanulmányának egy része a 2015-ben 95 éves Király Tibor köszöntésére szervezett konferencián elhangzott előadások írásos változata. A további tanulmányok a kötet számára íródtak.

A szerkesztők, Hack Péter, az Eötvös Loránd Tudományegyetem Állam- és Jogtudományi Kar Büntető Eljárásjogi és Büntetés-végrehajtási Jogi Tanszékének vezetője, valamint tanszéki munkatársai, Horváth Georgina egyetemi tanársegéd és Király Eszter egyetemi tanársegéd hét fejezetbe rendezték a tanulmányokat. Az I. fejezet címe *Jogpolitika és kriminológia, Tóth Mihály professzor Hol az igazság mostanában? – Szemelvények és reflexiók Király Tibor professzor tiszteletére* című írásával indul. A tanulmány büntető anyagi jogi és büntetőeljárásjogi kérdéseket tárgyal, minden esetben reflektálva Király professzor vonatkozó álláspontjára. A büntető anyagi jogi kérdések közül a szerző a büntetőjogi büntetés funkciójával, az ehhez kapcsolódó két ellentétes tartalmú büntetőpolitikai törekvéssel (az egyik a bűnelkövető ártalmatlanná tételére hangsúlyt helyező „zéró tolerancia”, a másik az elkövetők reszocializációját, bizonyos esetekben a mediációt szem előtt tartó toleráns megközelítés) foglalkozik. A tanulmány büntetőeljárásjogi részének témái az „anyagi” és a „processzuális” igazság és az ezekkel szorosan összefüggő bizonyítás törvényessége. Korinek László akadémikus publikációjának címe: *A viktimológia esélyei és veszélyei*. Korinek professzor a bűncselekmények áldozataira koncentráltó viktimológiai kutatási eredmények büntető eljárásjogi következményeit elemzi. Rámutat arra, hogy a sértettek vonatkozásában is érvényesülnie kell az eljárási igazságosságnak. Ennek egyik fontos eszköze a terhelt és a tanú szembesülése. Éppen ezért, hangsúlyozza a szerző, a szembesülés mellőzése csak kivételes lehet, mert elmaradása akadályozza úgy a terhelti jogok érvényesülését, mint a sértettek részére az eljárási igazság megvalósítását, összességében az igazság feltárását. Bárd Petra egyetemi adjunktus, tudományos főmunkatárs *Az európai büntetőpolitika hasznáról* című

tanulmányának hipotézise, hogy az uniós büntetőjog az európai integráció szükségszerű következménye. Ezzel összefüggésben Bárd Petra azt vizsgálja, hogy büntetőjogi szempontból melyek az európai uniós csatlakozás előnyei, továbbá az Unióból való önkéntes kilépés, a schengeni rendszer összeomlása és az Európai Unió szétesése milyen veszteségekkel járhat. Gönczöl Katalin professor emerita *A kirekesztettek és vámszedők* című dolgozatában az uzsora jelenségével foglalkozik. Az uzsorát és az uzsorázás magyarországi megjelenési formáit Gönczöl professzor a kirekesztettekre koncentrálnak vizsgálja. A vizsgálat elméleti alapja a posztmodern társadalmi kirekesztődés szociológiai megközelítése, tényanyaga pedig alapvetően a Csereháton végzett empirikus vizsgálatok kutatási eredményei. A tanulmány záró része összegzés az uzsora elleni állami fellépés intézményeiről és azok hiányosságairól.

A II. fejezet, a *Büntető eljárásjog*, első tanulmánya Erdei Árpád professor emeritus munkája, címe: *Kodifikációs kölcsönhatások a tág értelemben vett büntetőjog területei között – szükségszerűek-e, s ha igen, akkor miért nem*. Erdei professzor a büntetőpolitika területén az utóbbi időben megszületett három törvénykönyv, a 2012. évi Büntető Törvénykönyv, a szintén 2012. évi Szabálysértési Törvény, valamint a 2013. évi Büntetés-végrehajtási Kódex kodifikációjának, illetve – a folyamat tartalmát jobban kifejező – jogalkotásnak az 1998. évi Büntető-eljárás Törvénnyel való kapcsolatát, kölcsönhatását vizsgálja. A tanulmány kitér a 2015-ös konferencia idején még csak előkészítés alatt álló új Büntető-eljárás Kódexre, és ennek kapcsán a büntetőeljárás szabályok és a bírósági szervezet összefüggésére. A szerzőnek fenntartásai vannak arra vonatkozóan, hogy kimutathatók-e kölcsönhatások az említett törvények között, bizonyos esetekben pedig legfeljebb egyirányú hatásgyakorlásról lehet szó (büntető anyagi jog és eljárásjog viszonya). Ugyanezt a témakört érinti Kadlót Erzsébet ügyvéd, címzetes egyetemi docens *Kényszeres kodifikáció* című írásában. A tanulmány a készülő új büntetőeljárás törvényre koncentrálnak. A dolgozat kiindulópontja, hogy nincs szükség új eljárás törvényre. Tudomásul véve azonban a politikai elhatározást az új törvény megalkotásáról, Kadlót Erzsébet tanulmányában az új kódexszel szembeni legfontosabbnak tartott szakmai elvárásokat részletezi (például a kodifikáció vessen véget a garanciák felszámolása tendenciájának). Herge Csongor egyetemi tanár *A büntetőeljárás alapelvek összehasonlító megközelítésben, különös tekintettel a legalitás elvére* című tanulmánya bevezetőjében az alapelvekkel kapcsolatos büntetőeljárásjog-tudományi álláspontokat ismerteti, majd rövid áttekintést ad az alapelvekről. Írása második részében vázolja a legalitás elvére vonatkozó hazai felfogásokat. Ennek kapcsán kitér a legalitás, az opportunitás és az officialitás tartalmára, tartalmi különbségeire, valamint egyes külföldi államoknak az elvekkel összefüggő gyakorlatára. Bárd Károly egyetemi tanár *A sértettek eljárási jogai a nemzetközi bíróságok gyakorlatában* című átfogó munkájában az Emberi Jogok Európai Bírósága (EJEB), az Amerika-közi Emberi Jogi Bíróság és az állandó

Nemzetközi Bíróság Tárgyalás-előkészítő Tanácsa joggyakorlata alapján elemzi, hogy mennyiben illeti meg a bűncselekmény sértettjét a tisztességes eljáráshoz való jog. Az elemzés kitér a „pozitív kötelezettség” doktrínájára, azaz, hogy az államnak nemcsak tiszteletben kell tartani az emberi jogokat, de érvényesülésük bizonyos esetekben pozitív lépéseket is kíván. A tanulmány a Sorochinsky-féle, az áldozatok jogainak érvényesítését is szem előtt tartó „egyensúly-modell” ismertetésével és értékelésével zárul.

A III. fejezet, a *Büntetőjog*, Gellér Balázs József egyetemi tanár *A tömeges bevándorlás kezelésének büntetőjogi vetülete Magyarországon büntetőjog-filozófiai és dogmatikai megfontolások visszfényében* című dolgozatával kezdődik. Samuel Beckett *Godot-ra várva* című színművének mondatai keretezte tanulmány a tömeges bevándorlás magyarországi kezelésének büntető anyagi jogi, valamint eljárásjogi vetületével foglalkozik. A szerző az eredménnyel, a következménnyel és az okozatossággal kapcsolatos büntetőjog-filozófiai és dogmatikai fejtegetéseket követően részletesen ismerteti a Büntető Törvénykönyvbe a 2015. évi CXL. törvénnyel, az illegális migráció visszaszorításának szándékával beiktatott három új bűncselekményt, továbbá az ugyanezen törvénnyel a Büntető Eljárási Törvénybe illesztett, a hivatkozott bűncselekmények elbírálására gyorsított, egyszerűsített eljárásra lehetőséget teremtő szabályokat. A tanulmány záró részében Gellér professzor kitér az említett törvénymódosítások által felvetődő alkotmányossági dilemmákra. Costopoulos Orestis legfőbb ügyészségi ügyész *Az új Btk. eddigi tanulságai és lehetséges hatásai a Be. kodifikációra* című írása konkrét példákon keresztül mutatja be, hogy a kodifikációt, adott jogintézmény szabályozását miként befolyásolhatja a joggyakorlat és a jogirodalom. A vizsgált jogintézmények: a kitérés kötelezettség jogos védelem esetében, a törvényi egységen belül az összefoglalt bűncselekmény, illetve utóbbinak egy speciális esete, valamint a feltételes szabadságra bocsátással kapcsolatos rendelkezések. Szomora Zsolt habilitált egyetemi docens *Kodifikációs kölcsönhatások: az Alaptörvény 28. cikke és a Büntető Törvénykönyv értelmezése* címmel publikált tanulmányt a kötetben. A tanulmány az Alaptörvény 28. cikkének első mondatából („A bíróságok a jogalkalmazás során a jogszabályok szövegét elsősorban azok céljával és az Alaptörvénnyel összhangban értelmezik.”) fakadó, a teleologikus és alkotmánykonform értelmezési követelménnyel foglalkozik a büntetőjog-alkalmazás területén. A jogesetekkel illusztrált dogmatikai elemzés többek között felhívja a figyelmet arra, hogy el kell ismerni az alapjogok jogellenességet kizáró elvi lehetőségét, továbbá egy cselekmény büntetőjogi minősítésénél először a tényállásszerűséget kell vizsgálni, ezt követi a jogellenesség, adott esetben alapjogi szempontokat is érvényesítő értékelése.

A IV. fejezet, a Szabálysértési jog első tanulmánya Nagy Marianna: *A kihágástól a kihágásig* című írása. A szerző az 1879. évi Kihágási Büntető Törvény-

könyvtől kezdődően a 2012. évi Szabálysértési Törvénnyel (III. Sztv.) bezárólag áttekinti a legenyhébb súlyú szabályszegésekkel kapcsolatos legfontosabb elméleti kérdéseket (például a közigazgatási büntetőjogi teóriát), a közigazgatás és büntetőjog kapcsolatára irányuló hazai kutatásokat, a jogalkotási megfontolásokat, rámutat a szakmai megfontolások hiányára, utal Király professzor vonatkozó munkásságára, kitér a jogalkotási fejleményekre, valamint alapjogi, alkotmányossági kérdésekre. Álláspontja szerint a III. Sztv. megalkotása mögött nem volt sem elméleti, sem gyakorlati kényszerítő körülmény, továbbá a lehetséges kodifikációs kölcsönhatások figyelmen kívül hagyása nem kívánt hatásokat vált ki például az önkormányzati jog területén. A III. Sztv. szabálysértési jog területén kiváltott egyes nem kívánatos hatásaival foglalkozik Fekecs Beáta csoportvezető bíró *Kodifikációs kölcsönhatások a szabálysértési jog és a büntetőjog területén* című publikációja. A jogalkalmazás területén jelentkező nemkívánatos hatások a szerző szerint a 2012. évi Büntető Törvénykönyv és a 2012. évi Szabálysértési Törvény kodifikációja közötti kölcsönhatás csekély mértékéből fakadnak. A nem kellő körülményekkel történt jogalkotásra visszavezethető gyakorlati problémákra a dolgozat példaként a következő jogintézményeket tárgyalja: az elmeműködés kóros elmeállapotával összefüggő büntethetőséget kizáró ok, a magánindítvány hiányának inkonzisztens szabályozása, a „szabálysértési visszaesés” fogalmához kapcsolódóan az előkészítő eljárás lefolytatásának kizárása, valamint a szabálysértési jogba – 2014. január 1-jén – beiktatott közvetítői eljárás. Hollán Miklós tudományos főmunkatárs, egyetemi docens *A szabálysértési jog alapjogi korlátai* című tanulmányában részletesen elemzi az EJEB és a magyar Alkotmánybíróság szabálysértési ügyekben hozott egyes határozatait. A szerző kiemelten foglalkozik a szabálysértési jog és a büntetőjogi garanciák kapcsolatát kifejtő 38/2012. (XI.14.) AB-határozattal. Hollán Miklós kritikával illeti az AB-határozatot, mert azzal az Alkotmánybíróság a szabálysértési jog egészének szabályozását az Alaptörvény tisztességes eljárás követelményét tartalmazó XXVIII. cikk (1) bekezdése alá helyezte. Álláspontja szerint erre nincs szükség, arra azonban igen, hogy azoknál a szabálysértéseknél, ahol ezt a cselekménytípus jellege vagy súlya indokolja, a nemzetközi jogi és alkotmányos garanciák érvényesüljenek.

Az V. fejezet címe Büntetés-végrehajtási jog, amelynek első tanulmánya Pallo József bv. ezredes, bv. főtanácsos *Új horizontok a büntetés-végrehajtási jogban* című munkája. A szerző a 2015. január 1-én hatályba lépett Büntetés-végrehajtási Kódex több vetületével foglalkozik. Így tárgyalja a kódex előkészítésének fázisait, a megalkotás okait. Ennek során vitatja, hogy a törvény „gyorsan és kapkodva” készült el. Ismerteti és értelmezi a „paradigmaváltás, szintézis és pragmatizmus” triászára épülő kódexet és az eddigi jogalkalmazási tapasztalatokról szóló részben a büntetés-végrehajtási jogviszony jellegét, kitér a szabadságvesztés céljára, a strukturált alapelvek rendszerére. Pallo József több új jogintézményt (például

felhívási tevékenység, reintegrációs őrizet), valamint a Kockázatkezelési és Elemzési Rendszer lényegét ismerteti még írásában. (Érdeemes megemlíteni, hogy az egyik lábjegyzetben Bartók Bélára hivatkozik a szerző, ami alighanem egyedülálló a büntetés-végrehajtási publikációk területén.) Mohácsi Barbara egyetemi adjunktus *A túlszűfolttság problémájának nemzeti jogon túlmutató következményei* című tanulmányában a hazai börtönhelyzet legaktuálisabb problémájával foglalkozik. A börtönök túlszűfolttságával kapcsolatos nemzetközi dokumentumok, hazai számadatok mellett a szerző részletesen ismerteti a börtöncella méretére vonatkozó 32/2014. (XI.3.) AB-határozatot és az EJEB Magyarországot érintően, ún. *pilot judgement* eljárásban hozott 2015. március 10-i döntését. Mohácsi Barbara a kérdéskör európai jogi vonatkozásaira is kitér. Ennek során rámutat arra, hogy az európai elfogatóparancs végrehajthatósága tekintetében az Európai Bíróság alapjogi szempontból vizsgálhatja az érintett országok büntetés-végrehajtási intézményeinek állapotát, ennek keretében a zsűfolttság mértékét. Végh Marianna ügyész *A feltételes szabadság és a reintegrációs őrizet mint a reintegráció elemei* című dolgozatában az elítéltek reintegrációját szolgáló feltételes szabadság és a reintegrációs őrizet lényegét ismerteti, a végrehajtási körülményeket pedig értékeli. Az utóbbi intézmény esetében a szerző Ausztriára és a németországi Baden-Württemberg és Hessen tartományra kiterjedően mutatja be az ottani végrehajtási megoldásokat. A hazai végrehajtási körülmények kapcsán Végh Marianna felhívja a figyelmet arra, hogy a bv. intézetek „tartós” elhagyásának ezen formája az elítélt értelmes, önbecsülését és önértékelését biztosító tevékenységét tekintve fejlesztésre szorul.

A VI. a *Jogtörténet* című fejezetben található – a kötet előszavában olvasható megállapítás szerint – „Király Tibor szívéhez közelálló jogtörténeti témában”, *Rácz Lajos, ny. egyetemi tanár: Reformatio et Libera Religio – A vallásszabadságról szóló 1608. évi (k.e.) I. tc. létrejöttéhez vezető út* című tanulmánya. Az imponáló mennyiségű és minőségű forrásanyag alapján írás áttekinti a középkori államkormányzatnak azokat a változásait, amelyek előidéztek az egyházszervezet 16. század eleji megújulását, és előkészítették a reformációt. A reformációval foglalkozó rész után tárgyalja a szerző a reformáció magyarországi sajátosságait, majd a vallásszabadság elfogadtatásának közvetlen előzményeit.

A *Király Tibor pályája és munkássága* címet viselő VII. fejezetben olvashatjuk *Márki Zoltán* kúriai tanácselnök *A kétszáz éves könyv (laudáció)* című beszédének írásos változatát. A beszéd a Király Tibor akadémikus fordításában kiadott, dr. Vuchetich Mátyás által írt, *A magyar büntetőjog rendszere* című, latin nyelvű, 1819-ben megjelent munka I. kötetének 2010. április 21-i bemutatása alkalmából hangzott el.

A kötet Király Tibor rövid életrajzával és válogatott publikációinak felsorolásával végződik.

A kitűnő, gondosan szerkesztett tanulmánykötet méltó tisztelgés Király Tibor több mint hat évtizedes oktatói és kutatói munkássága és eddigi életútja előtt. (Hack Péter – Horváth Georgina – Király Eszter szerkesztők: *Kodifikációs kölcsönhatások. Tanulmányok Király Tibor tiszteletére.* (ELTE Jogi Kari Tudomány 36. Sorozatszerkesztő Varga István) Budapest: ELTE Eötvös Kiadó–Eötvös Loránd Tudományegyetem, 2016. 324 p. http://real.mtak.hu/46199/1/Hack_Kiraly-Tisztelekotet_web.pdf)

Lévay Miklós

tanszékvezető egyetemi tanár
ELTE ÁJK Kriminológiai Tanszék

ÁLLAMBÖLCSELETI TÖREDÉK

A legelső kérdés – hogy recenziókat némiképp publicisztikus fölütéssel indítuk –, hogy kinek is a műve ez az elegáns kiállítású kötet: Somló Bódogé vagy Takács Péteré?

Somló Bódogé elsősorban, persze. A kötet annak a töredékben maradt monografikus vállalkozásnak a szövegét teszi hozzáférhetővé, amely eddig a századforduló–századelő kiemelkedő szociológusának-jogfilozófusának hagyatékában lappangott. Somló, a mostanában megélnékülő magyar filozófiatörténeti kutatások is úgy tartották számon, életének utolsó éveiben elhallgat. 1920 őszén – a forradalmak bukása és Trianon sokkja következtében átélt történelmi-egzisztenciális válság nyomán – elkövetett öngyilkossága előtt fölhagy szisztematikus kutatásaival, alkalmi írásokat publikál csupán: Platónról meg Machiavelliről tesz közzé egy-egy esszét. Ezek az állambölcseleti megközelítésű írások inkább csupán a maga életproblémáival folytatott küzdelmének szubtilis dokumentumai. Az utóbbi néhány évben aztán fokozatosan kiderült, hogy nem, nem így áll a helyzet: a két esszé egy terjedelmesebb kézirat részlete, a kéziratból pedig a jogfilozófus Varga Csaba, különféle folyóirat-közleményekben, újabb önálló fejezeteket kezdett közzétenni. Most pedig, ezzel az imponáló kötettel, elének került a teljes opusz, a magyar gondolkodástörténetnek ez a teljességében eddig ismeretlen, rendkívül izgalmas dokumentuma.

De csaknem ugyanilyen joggal lehet mondani, hogy a kötet voltaképpen Takács Péteré. Ő, az elsősorban államelméleti közleményeiről ismert jogbölcselelő volt az, aki a kéziratot egészében kézbe vette, összeszerkesztette, publikálásra alkalmassá tette, és kiegészítő dokumentumokkal látta el. A feladat nagyságrendjét alighanem csak az képes teljességében értékelni, aki maga is fogott már hasonló vállalkozásba. Somló kézírata egyenetlen maradt: bizonyos fejezetei – elsősorban az a kettő, amelyből az említett utolsó két publikációja is készült – csaknem nyomdakésznek tűnnek, mások vázlatosabbaknak-töredékesebbeknek látszanak, ismét mások meg inkább afféle olvasónaplóként-idézetgyűjteményként hatnak. A szövegkorpuszt egybeolvasni, a mű szerkezetét megkomponálni, az idegen nyelvű – görög, latin, német, francia, angol – idézeteket lefordítani, az utalások pontos forrásának utána járni, a szöveg egészét egységesen olvashatóvá tenni: hatalmas, komoly fölkészültséget és rendkívüli kitartást követelő munka. Takács a szöveget ráadásul számos kiegészítő dokumentummal látta el: írt a kötethez előszót és Somló államelméleti nézeteit rekonstruáló-értelmező tanulmányt – illetve helyet adott a szöveganyag korábbi részleteit publikáló Varga Csaba értelmezésének –, elkészítette Somló részletes életrajzát, és összeállította műveinek bibliográfiá-

ját, magyarázó jegyzeteket és kiegészítő dokumentumokat-fényképeket csatolt a szöveghez.

Hogy a kész kötetet értékelni legyünk képesek, induljunk távolabbról. Somló Bódog (1873–1920), ismételjük, a magyar filozófiai gondolkodás kiemelkedő alakja. Pályája csaknem mintaszerűen követi azt a hatalmas átalakulást, amely alkotókorszaka – az előző század utolsó és az új század első két évtizede – kontinentális filozófiájában végbemegy. Mintha nem is egyetlen alak volna, hanem inkább két különböző személyiség: gondolkodói útját olyan éles fordulat vágja ketté. Szomorúan rövidre szabott alkotói pályájának közepén, az új évszázad első évtizedének végén bekövetkező cezúra mind diszciplinárisan, mind irányzati tekintetben határozottan kettéosztja a munkásságát. Diszciplinárisan a szociológiától a filozófia-jogfilozófia felé fordul, irányzati tekintetben a naturalista pozitívizmus hívéből az antinaturalista neokantianizmus elkötelezettje lesz. Korai korszakának nagyhatású munkája, a szabadpiac és az „állami beavatkozás” – vagy mint értelmező írásaiban itt Takács éles szemmel veszi észre: valójában inkább csupán az „állami szabályozás” – viszonyának problémáját szemügyre vevő monográfiája a társadalom naturalista magyarázóelméletére épül. Diszciplináris és irányzati váltása utáni korszakának kiemelkedő munkája, voltaképpeni főműve, német nyelven született jogi alaptana – ez a talán máig a magyar jogelméleti irodalom legjelentősebb művének tekinthető, a kontinentális és az angolszász jogbölcseletre egyaránt számottevő hatást gyakorló mű – szubtilis kantianus fogalmi distinkciókkal építkező, markánsan normativista nagymonográfia. Utolsó nagyobb vállalkozása, – szisztematikus jogi értéktana propedeutikájaként tervezett – etikája megalapozásának szánt ismeretelmélete újabb gondolati váltás nyomait mutatja: a csak tragikus halála után napvilágot látott munka a neokantianizmustól a bolzanoi-husserli érvényességfilozófia felé próbál továbblépni. Mindeddig, úgy tudtuk, ennyi az *oeuvre*, ami utána maradt. Most, ennek a kötetnek az olvastán tudjuk meg, hogy az életműnek igenis van még egy fejezete: ez a bizonyos, befejezetlenségében is tiszteletet parancsoló, nagyszabású államelméleti monográfia. A szociológia, a jogfilozófia, az ismeretelmélet után, íme, itt van az állambölcselet is.

Maga a szöveg, Somló munkája két nagyobb egységből áll. Az egyik egység szisztematikus fejtegetéseket nyújt általában az államról, illetve az állambölcselet történetének általános tanulságaira vonatkozóan. A másik – jóval terjedelmesebb – egység a filozófiatörténet néhány klasszikusának állambölcseleti nézeteit rekapitulálja és értelmezi: a kiválasztott és szerepeltetett szerzők, történeti rendben, Platón, Xenophón, Arisztotelész, Cicero, Ágoston, Tamás, Kempis Tamás és Machiavelli. A tervezett monográfia ilyenformán, láthatóan, gondolkodástörténeti keretbe helyezett állambölcseleti mű lett volna. A gondolkodók kiválasztása azt mutatja, hogy nem a kanonikus rang a meghatározó. Sem Xenophón, sem Kempis Tamás nem szerepel a szigorúbb filozófiatörténeti kánonban, Cicero és Machiavelli gondolkodói jelentőségéről pedig maga Somló fogalmaz meg szigorú

ítéletet; előbbiről, hogy eredetiség és mélység tekintetében elmarad görög elődei mögött, utóbbiról, hogy inkább csak problémafelvető, semmint problémamegoldó gondolkodó, aki a pogány és a keresztény államfilozófia közötti szintézist, kellő bölcséleti mélység híján, nem képes megteremteni. A megoldás azt mutatja, hogy Somló meghatározó szempontja nem önmagában a gondolkodói nagyság: a tartós, történetileg átívelő és a jelenben is érezhető gondolati hatás inkább.

A gondolatmenetek két legszembeűnőbb jellemvonása – mint az értelmező Takács helyesen fölhívja rá a figyelmet, de a kötet olvasója is megerősítheti – a konzervativizmus és az aktualizálás. Az állam mibenlétéről és az egymást követő állambölcséletek jelentőségéről, egyrészt, olyan bölcselő elmélkedik itt, aki határozottan szakít a maga radikalizmusával, és nyilvánvalóan konzervatív nézeteket kezd vallani. A radikálisok régi eszmetársa, a *Huszedik Század* egykori szerkesztője, a Társadalomtudományi Társaság valahai alapítója a történelmi katalizmákból azt a tanulságot vonja le, hogy az állami intézmények feladata épp a radikalizmus megfékezése, a forradalmi akcionizmus lehető megakadályozása. Ez a bölcselő, másrészt, nem öncélúan próbál elmélyedni a múlt fölhalmozott gondolataiban, hanem azok jelenre vonatkoztatott értelmezését igyekszik nyújtani. Nem historizál – aki historizál, az nem a múltat akarja megismerni és megérteni, hanem a jelen döntéseit szeretné alátámasztani történelmi példákkal –, de aktualizál: a jelen felől olvas és értelmez. Megint csak világosan, a megélt politikai összeomlást megértendő és magyarázandó.

Kiemelkedően érdekes olvasmány: a magyar eszmetörténet egyik legnagyobbjának, olyan gondolkodónak a dokumentuma, akinek akár még töredékei, nyers olvasmányidézetei is megismerésre és megőrzésre méltók. Filozófiatörténelmi ismereteinket gyarapító kiadvány: amit eddig rosszul vagy pontatlanul tudtunk, azt olvastán, íme, most kicsit jobban és árnyalatnyit pontosabban fogjuk tudni. A szerkesztői-szöveggondozói alázat tiszteletreméltó megnyilvánulása: példát mutat rá, milyen koncepciózus, elmélyült, alapos és szorgalmas munkát kíván a hasonló szövegek gondozása, milyen tudás, körültekintés, óvatosság és kitartás kell a hasonló szöveggözlések kiadásához. Amit kezünkbe kaptunk: a hozzáértőnek, mondhatni, valóságos szellemi csemege.

A kötet, befejezésékképp mondjuk el róla, egy államtudományi OTKA-NKFIA-kutatás keretei között jött létre, a kutatás eredményeinek közzétételére létrehozott, *Florilegium* című könyvsorozat darabjaként. Az elnevezés, mint a szerkesztő fölidézi, egy középkori gyűjteményre – antik szerzőknek és egyházatyáknak a Sorbonne könyvtárában őrzött szövegeit közrebocsátó, sokszor lemásolt és többször kiadott szemelvényválogatásra – utal vissza. A tervek között szerepel, hogy a sorozatban hamarosan megjelentetik a „Somló-affér” dokumentumait is. A „Somló-affér”, tudni kell róla, az az élénk sajtóvita és parlamenti interpellációig is eljutó botrány, amely a Társadalomtudományi Társaságban tartott 1903-as előadása – illetve Adynak ezt ismertető és üdvözlő cikke – nyomán

támad, az akkor fiatal Somlót a progresszív mozgalmak jelképes személyiségévé avatva. Megint valami olyasmi, amelyről hallani ugyan minden érdeklődő hallott, de amelyet olvasni nemigen olvasott senki sem. Csak remélni tudjuk, hogy valóban marad energia és kerül pénz a híres-hírhedt eset anyagának közlésére is. *(Takács Péter szerkesztő: Állambölcseleti töredék: Somló Bódog írásai és hátrahagyott jegyzetei egy megírni tervezett Állambölcseletből [Iuris Dictio, Florilegium]. Budapest: Gondolat Kiadó, 2016)*

Perecz László

filozófiatörténész

Kitekintés

GIMES JÚLIA GONDOZÁSÁBAN

HAJNÖVESZTŐ SZEREK A LÁTHATÁRON?

Amerikai kutatók (University of California, Los Angeles) új módszerrel képesek aktiválni a hajtüszőkben lévő őssejteket. Felfedezésük nyomán olyan gyógyszerjelölt molekulákat azonosítottak, amelyek esélyt adnak a kopaszság gyógyszeres kezelésére.

A bőrben lévő hajtüszők őssejtjei egész életünk folyamán gondoskodnak a haj növekedéséről. Működésükben vannak nyugalmas és aktív időszakok. A nyugalmi szakaszt számos tényező szabályozza, és ha ez a periódus valamilyen hiba folytán nem fordul át aktívba, a haj kihullik.

A Heather Christofk és William Lowry által vezetett kutatócsoport munkatársai arra jöttek rá, hogy az őssejtek által a vérből táplálékként felvett szőlőcukorból létrejött piruvát vagy a sejtek energiaközpontját jelentő mitokondriumokba kerül, vagy tejsavvá alakul. Amikor a kutatók egereken olyan genetikai módosítást hajtottak végre, amelynek következtében lehetetlenné vált a piruvát tejsavvá történő átalakulása, a hajtüszők alvó állapotban maradtak. A kutatások következő részében a University of Utah munkatársainak segítségével olyan GM-egereket hoztak létre, amelyben a tejsavtermelés fokozott volt. Ez viszont meggyorsította az őssejtek aktivációját.

Az eredmények ismeretében két olyan anyagot azonosítottak, amelyek egerek bőrébe jutva két különböző módon segítik a tejsavtermelést. Az egyik (RCGD423) egy jelátviteli rendszeren keresztül magát a tejsavprodukción növeli. A másik (UK5099) a piruvát mitokondriumokba való jutását gátolja, ami szintén emeli a tejsav termelését, és ezzel fokozza a hajnövekedést. Az anyagoknak erre a felhasználásra történő szabadalmaztatására az egyetem már beadta a szabadalmi kérelmeket.

A vegyületeket embereken még nem tesztelték, eddig csak preklinikai vizsgálatok történtek.

Flores, Aimee – Schell, John – Krall, Abigail S. et al.: Lactate Dehydrogenase Activity Drives Hair Follicle Stem Cell Activation. *Nature Cell Biology*. 2017; Published online 14 August 2017. DOI: 10.1038/ncb3575

ALTERNATÍV KEZELÉSEK ÉS RÁKHALÁLOZÁS

Azoknak a daganatos betegségben szenvedő embereknek, akik elutasítják a hagyományos kezelést, és az alternatív medicina lehetőségeit választják, legalább két és félszer nagyobb az esélyük arra, hogy öt éven belül meghaljanak.

A Yale School of Medicine kutatói állítják ezt, akik az Amerikai Nemzeti Rák Adatbázisból (US National Cancer Database) 281 olyan emlő-, prosztatata-, vastagbél-, illetve tüdőrákban szenvedő páciens adatait dolgozták fel, akik csakis nem bizonyított eljárások segítségével próbáltak gyógyulni. Ezek a betegek az összes konvencionális terápiát – műtét, kemo- és sugárterápia – visszautasították, azt viszont nem tudni, hogy helyette gyógynövény-termékeket fogyasztottak, homeopátiás kezelésben részesültek, speciális étrendet tartottak, vagy éppen energia kristályokkal próbáltak-e gyógyulni.

Egészségügyi adataikat Skyler Johnson és munkatársai 560 olyan hasonló korú és hasonló daganatos betegségben szenvedő páciens adataival vetették össze, akik a sztenderd kezeléseket kapták. Azt találták, hogy az alternatív gyógy módokat választók átlagosan két és félszer nagyobb eséllyel haltak meg öt éven belül. Emlőráknál azonban a kockázat 5,68-szoros volt. Tüdőrák esetében a hagyományosan kezelték körében az ötéves túlélés 41 százalékos volt, míg a másik csoport tagjainál 20, vastagbélráknál pedig 79, illetve 33 százalékos arányról számoltak be.

A kutatók szerint a valóságos kép ennél kedvezőtlenebb. Azok az ún. másodlagos kezelések ugyanis, amelyeknél az alternatív eljárások sikertelenségét követően a betegek mégis elfogadták a konvencionális terápiát, nem szerepeltek külön az adatbázisban.

A cikket a megjelenés pillanatától sok bírálat érte. Többen azt hangsúlyozták, hogy olyan páciensek adatait nem dolgozták fel, akik semmilyen terápiában nem részesültek, ezért a közlemény arról nem mond semmit, hogy az alternatív eljárásoknak van-e bármiféle hatásuk a túlélésre.

Johnson, Skyler B. – Park, Henry S. – Gross, Cary P. – Yu James B.: Use of Alternative Medicine for Cancer and Its Impact on Survival. *Journal of the National Cancer Institute*. 1 January 2018 (In Progress). 10, 1, dx145 DOI:10.1093/jnci/djx145

MESTERSÉGES ANYAMÉH KORASZÜLÖTTEKNEK

Koraszülött bárányokat sikeresen kezeltek egy mesterséges anyaméhnek tekinthető rendszerben. A japán és ausztrál kutatók által létrehozott *ex vivo uterine environment therapy* egy olyan kutatási program része, amelynek távoli célja, hogy koraszülött babákat védjenek meg a különböző károsodásoktól.

A birkáknál a terhesség körülbelül 150 napig tart. A hat vizsgált báránybébit a 112–115 napon császármetszéssel hozták a világra. Öt állat esetében az *ex vivo* kezelés sikeres volt. A legfontosabb életteni paramétereket normális szinten tudták tartani, fertőzések, gyulladások nem fordultak elő, és a légzési funkciók is rendben voltak. A kontrollcsoport hét állatból állt, azok nem kerültek a mesterséges anyaméhbe. Náluk számos problémát – fertőzéseket, gyulladásokat észleltek a kutatók.

A mesterséges anyaméh leegyszerűsítve egy megfelelő összetételű magzatvízből és egy mesterséges méhlepényből áll.

Usuda, Haruo – Watanabe, Shimpei – Miura, Yuichiro et al.: Successful Maintenance of Key Physiological Parameters in Preterm Lambs Treated with Ex Vivo Uterine Environment Therapy for a Period of 1 Week. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*. 2017; DOI: 10.1016/j.ajog.2017.05.046

TRANZISZTOR PRINTER

A foszfor egyik, szobahőmérsékleten stabil, a grafithez hasonló módosulata a fekete foszfor. Ez abban is hasonlít a grafithez, hogy megfelelő technikákkal egy-egy atomi réteg vastagságú, kétdimenziós lemezeket lehet belőle előállítani, leválasztani. Ez a kétdimenziós fekete foszfor – amelyet a kétdimenziós grafit, a grafén elnevezés mintájára foszforénak is neveznek – kiváló elektromos és hővezető tulajdonságokkal rendelkezik, és ígéretes fotonikai és optoelektronikai felhasználási lehetőségekkel kecsegtet. Fontos alapanyag lehet például napelemek, optikai kacsolók, LED-ek, fotodetektorok, tranzisztorok gyártásában.

A gyakorlati felhasználáshoz jelentős lépés, hogy egy nemzetközi kutatócsoportnak sikerült tintasugaras nyomtatóban tintaként használható formában stabilizálni a foszforént. Ez lehetővé teszi, hogy különböző felületekre tetszőleges mintázatot nyomtassanak.

A siker titka a megfelelően megválasztott oldószer, ami az eredményeket ismertető most megjelent közleményben leírt recept szerint izopropilalkohol és 2-butanol. Az alacsony forráspontú alkoholok gyorsan elpárolognak, a tinta 60 Celsius-fokon 10 másodperc alatt megszárad. A gyors száradás alatt a foszforén nem oxidálódik, és megfelelő védőréteggel való borítással hosszabb ideig is stabil marad.

A nyomtatási paraméterek optimalizációja után a nyomtatott foszforén felhasználhatóságát is demonstrálták: egy szélessávú, a látható és közeli infravörös tartományban működő nagy érzékenységű fotódetektorhoz használták fel.

Hu, Guohua – Albrow-Owen, Tom – Jin Xinxin et al.: Black Phosphorus Ink Formulation for Inkjet Printing of Optoelectronics and Photonics. *Nature Communications*. 2017. 8, Art. Nr. 278. DOI: 10.1038/s41467-017-00358-1 <https://www.nature.com/articles/s41467-017-00358-1>

MENNI VAGY MARADNI?

Egy kapcsolat jövőjéről való döntés, a „menjek vagy maradjak”, „szakítás vagy házasság” helyzetek rendkívül megterhelők lehetnek, akár az egészséget is veszélyeztethetik. Egy most megjelent tanulmányban ismertetett kutatás arra kereste a választ, hogy az ilyen helyzetben lévők milyen szempontokat mérlegelnek a döntéskor, és mitől is olyan nehezek ezek a döntések.

A szakításokkal kapcsolatos korábbi kutatások általában azt vizsgálták, hogy látható-e egy kapcsolatról, hogy mennyire tartós, megjósolható-e, hogy együtt maradnak, vagy szétmennek-e a partnerek. Magáról a döntés folyamatáról, a végeredményhez vezető útról kevesebb szó esett.

A most publikált kutatás első részében, nyitott kérdések formájában azt tudakolták a résztvevőktől, hogy mi az ő személyes okuk a maradásra vagy a szakításra. Ezekből összeállt egy huszonhét, maradás melletti okot tartalmazó lista, és egy másik, huszonhárom távozás melletti okot tartalmazó.

A második fázisban ezeket az okokat tartalmazó kérdőíveket állítottak össze, melyeket házasságban és házasságon kívüli párkapcsolatban élő résztvevőkkel töltek ki. A házaspárok átlagosan kilenc, a többiek két éve voltak együtt.

A maradás mellett szóló legfőbb okok a bensőséges érzelmi viszony és a kötelességtudat, míg a szakítás fő okai a partner személyiségével, illetve a bizalom megrendülésével voltak kapcsolatosak.

A szakítás legfontosabb okai között a házaspárok és a „csak együtt járók” döntéseiben nem volt különbség, azonban az együtt maradás okai között jelentős volt az eltérés. A házasságok fenntartása mellett sokkal gyakrabban szerepeltek kényszerítő jellegű indokok.

Az összes résztvevő több mint fele ambivalens volt a saját kapcsolatát illetően, a megtartás és a szakítás mellett is tudott érvelni.

Joel, Samantha – MacDonald, Geoff – Page-Gould, Elizabeth: Wanting to Stay and Wanting to Go. Unpacking the Content and Structure of Relationship Stay/Leave Decision Processes. *Social Psychological and Personality Science*. Article first published online: 1 August 2017. DOI: 10.1177/1948550617722834

Ajánlás a szerzőknek

ÁLTALÁNOS KÖZLÉSI ELVEK

A *Magyar Tudomány* elsősorban a tudományterületek közötti kommunikációt kívánja elősegíteni, ezért főleg olyan dolgozatokat közöl, amelyek a tudomány egészét érintik, illetve közérthetően mutatják be az egyes tudományterületeket. Közlünk téma-összefoglaló, magas szintű ismeretterjesztő, illetve egy-egy tudományterület újabb eredményeit bemutató tanulmányokat; a társadalmi élet tudományokkal kapcsolatos eseményeiről szóló beszámolókat, tudománypolitikai elemzéseket, vitaindító és vitacikkeket és szakmai szempontú könyvismertetőket. Előzetes megbeszélés nyomán helyet adunk vendégszerkesztő bevonásával több közleményből álló tematikai összeállításoknak.

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

TERJEDELEM

A kézirat terjedelme tanulmányok esetében általában ne haladja meg a 30 000 leütést (ez szóközökkel együtt kb. 8 oldalnak felel meg a *Magyar Tudomány* füzetében); ha a tanulmány ábrákat, táblázatokat is tartalmaz, kérjük, arányosan csökkentsék a szöveg mennyiségét. A kézirat utolsó oldalán, amennyiben ez releváns, kérjük a támogatási források feltüntetését.

A beszámolók, recenziók terjedelme ne haladja meg a 7–8000 leütést.

A KÖZLEMÉNY SZERKEZETE ÉS FORMÁJA

A cikk a közlemény címével és annak angol nyelvű fordításával kezdődik. A cím alatt a szerző nevét, tudományos fokozatát, munkahelye pontos nevét, e-mail címét és a beküldés dátumát kérjük írni. Külön kérjük azt a levelezési és e-mail-címet, telefonszámot is, ahol a szerkesztők a szerzőt közvetlenül elérhetik. Ezután egy legfeljebb 2500–2500 leütésszámú magyar és angol nyelvű összefoglalást kérünk, valamint legfeljebb tíz kulcsszót magyar és angol nyelven. Lehetőség van javasolt és nem-javasolt bíráló nevének és e-mail-címének feltüntetésére is. Ezután kérjük a közlemény szöveges részét elhelyezni, 1,5-es sortávolsággal, majd a hivatkozási jegyzéket. Kérjük a szerző(k) nyilatkozatát

arról, ha nem járulnak hozzá e-mail-címük feltüntetéséhez közleményük megjelenő formájában.

A teljes kéziratot doc, docx formátumban kérjük a matud@akademiai.hu e-mail-címen a szerkesztőségbe beküldeni. Szövegközi kiemelésként dőlt (italic), (esetleg félkövér – semibold) formázás alkalmazható; r i t k í t á s, VERZÁL, kiskapitális (small capitals) és aláhúzás nem. A jegyzeteket (szükség esetén) láb-jegyzetként kérjük megadni. Az ajánlott betűtípus a Times New Roman.

ÁBRÁK, TÁBLÁZATOK, ILLUSZTRÁCIÓK

Az ábrák és magyarázataik legyenek egyszerűek, áttekinthetők. Az ábrákat magas felbontású (min. 300 dpi vagy nagyobb) kivitelben, tif, jpg vagy bmp formátumban kérjük csatolni; minden ábrát külön fájlként küldjenek. Kérjük, jelezzék, ha az ábrát a Wordből kell kiemelni. Kérjük a szerzőket: tartsák szem előtt, hogy a nyomtatott folyóirat fekete–fehér; formátuma B5 – tehát színes ábrák esetén, annak megfelelő információtartalmú fekete–fehér változatát is küldjék be. Matematikai képlet szerepeltetése esetén kérjük a MathType használatát.

Az *online* változat bevezetésével színes ábrák is megjelenésre kerülhetnek. A szövegben tüntessék fel az ábrák kívánatos helyét. Kérjük, az idegen nyelvű ábrák szövegét fordítsák le, vagy mellékeljék az idegen szavak fordítását. Ha a szerző nem saját illusztrációit használja, akkor fel kell tüntetni azok forrását. A szerző feladata és felelőssége, hogy kiderítse a copyright tulajdonosát, és amennyiben az nem szabad felhasználású, engedélyt szerezzen a közléshez.

A táblázatokat a szövegben helyezték el a megfelelő helyen, de ettől függetlenül a kért minőséget kérjük, küldjék el külön fájlban.

HIVATKOZÁSOK

A hivatkozásokat mindig a közlemény végén, abécérendben adjuk meg, a lábjegyzetekben legfeljebb az irodalomjegyzékre vonatkozó utalások lehetnek. Irodalmi hivatkozások a szövegben: (szerző, megjelenés éve – Balogh, 1957; Feuer et al., 2002). Ha azonos szerző(k)től ugyanazon évben több tanulmányra hivatkoznak, akkor a közleményeket az évszám után írt a, b, c stb. jelekkel kérjük megkülönböztetni mind a szövegben, mind az irodalomjegyzékben. Különösen ügyeljenek a bibliográfiai adatoknak a szövegben és az irodalomjegyzékben való egyeztetésére! Kérjük, csak olyan és annyi hivatkozást írjanak, amilyen és amennyi elősegíti a megértést. Számuk ne haladja meg a 10–15-öt. A szövegben emlegetett, hivatkozott személyek vagy intézmények teljes nevét kérjük kiírni azok első előfordulásakor. Kérjük, az irodalomjegyzékben lehetőség szerint adják meg az

idézett cikkek DOI- (Digital Object Identifier) kódját, s ha a cikkhez, könyvhöz ismernek szabad, ingyenes internetes elérést, akkor azt is. Amennyiben internetes írásra hivatkozik a szerző, ennek formája a szövegben (URL1), (URL2) stb., az irodalomjegyzékben URL1: Magyar Nemzeti Bibliográfia <http://mnb.oszk.hu/>. Az URL-hivatkozások az irodalomjegyzék legvégén szerepeljenek, nem az ábécé szerinti helyükön.

A tételek formája a hivatkozások jegyzékében következő legyen:

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

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

Tanulmánygyűjtemények esetében: Halász G – Kovács K (2002): Az OECD tevékenysége az oktatás területén. In: Bábosik I – Kárpáthi A (szerk.): *Összehasonlító pedagógia – A nevelés és oktatás nemzetközi perspektívái*. Budapest: Books in Print

LEVELEZÉS A SZERKESZTŐSÉGGEL

Havi folyóirat lévén a *Magyar Tudomány* tördelt levonatokat nem küld, de elfogadás előtt minden szerzőnek elküldi egyeztetésre közleménye szerkesztett példányát. A tördelés során létrejövő esetleges változtatásokat a szerző időpont-egyeztetés után a szerkesztőségben ellenőrizheti. Kérjük a fenti formai feltételek maradéktalan betartását és ellenőrzését, mert a formai okokból visszaküldött közlemények megjelenése elhúzódhat.

A következő szám tartalmából

- Az oktatás ügye (tematikus összeállítás)
- A kényelem ára
- Beszámoló egy epigenetikai konferenciáról

2

0

1

7



AKADÉMIAI KIADÓ

Tartalom

2

0

1

7

- **KÖSZÖNTŐ**
Falus András: Tisztelt Olvasók és Szerzők!
- **TEMATIKUS ÖSSZEÁLLÍTÁS • Víz tudományi kutatási program**
Vendégszerkesztő: Bozó László
Báldi András, Bozó László, Józsa János: Bevezető
Szűcs Péter: Felszín alatti vizek – a hidrológiai ciklus láthatatlan része
Bozó László: A víz és a légköri folyamatok – a hidrológiai ciklus atmoszferikus része
Báldi András, Engloner Attila, Vörös Lajos: A vízi ökoszisztémák jelentősége a társadalom számára
Bíró Tibor: Amikor sok víz van a területen – belvíz
Tamás János: Az aszály
- **TANULMÁNYOK**
Dékány Imre: A határfelületi fizikai kémia szerepe az anyagtudományban
Demény Attila: Cseppkövek és klímakutatás: nanoméretektől a kontinentális léptéktől
Csiba László, Balla József: Tudományos munka a magyarországi kórházakban
Bognár Gergely: Választ adhat-e a természettudomány a lakható világok rejtélyére?
Kovács Nikolett: Költségoptimalizálás, vezetői döntéstámogatás
- **A JÖVŐ TUDÓSAI**
Oláh Péter: A DNS-metiláció szerepe szervezetünk egyensúlyában
- **TUDÓS FÓRUM**
Róna-Tas András: A tudományok határai
Koltay Tibor: A kutatóknak szánt közösségi médiáról
- **KÖNYVSZEMLE**
Sipos Júlia gondozásában
Talajok – Győri Zoltán
Élettörténetek a pszichoterápiában – Lénárd Kata
Tanulmányok Király Tibor tiszteletére – Lévy Miklós
Állambölcséleti töredék – Percz László
- **KITEKINTÉS**
Gimes Júlia gondozásában

Ára: 980 Ft

