

MAGYAR TUDOMÁNY

- A STEM tanításának és tanulásának aktuális kérdései (STEM = Science, Technology, Engineering Mathematics)
- Belülről kifelé konstruált világ
- A COVID19-krízis gazdasági hatásai és világgazdasági összefüggései – hosszabb távú kilátások



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) 459 1471
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 8240
E-mail: journals@akademiai.com
Előfizetési díj egy évre: 11 040 Ft

Hirdetések felvétele: hirdetes@akademiai.hu

© Akadémiai Kiadó, Budapest, 2022

Printed in EU

MaTud 183 (2022) 11

MAGYAR TUDOMÁNY

HUNGARIAN SCIENCE

A Magyar Tudományos Akadémia folyóirata

Főszerkesztő

FALUS ANDRÁS

Szerkesztőbizottság

BAZSA GYÖRGY, BÁLINT CSANÁD, BOZÓ LÁSZLÓ, CSABA LÁSZLÓ
HAMZA GÁBOR, HARGITTAI ISTVÁN, HUNYADY GYÖRGY, KENESEI ISTVÁN
LUDASSY MÁRIA, NÉMETH TAMÁS, PATKÓS ANDRÁS, PÉCELI GÁBOR
ROMSICS IGNÁC, RÓNYAI LAJOS, SARKADI BALÁZS, SPÄT ANDRÁS

Szaklektorok

MOLNÁR CSABA, 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 Berkes Tamás készítette
Tipográfia, tördelés: Berkes Tamás
Megjelent 12,16 (A/5) ív terjedelemben

Tartalom

Tematikus összeállítás: A STEM tanításának és tanulásának aktuális kérdései

VENDÉGSZERKESZTŐ: Gselmann Eszter

Gselmann Eszter

BEVEZETŐ 1375

Csapó Benő

**A GONDOLKODÁS FEJLESZTÉSE ÉS A TUDÁS ALKALMAZÁSA
A TERMÉSZETTUDOMÁNY DIAGNOSZTIKUS ÉRTÉKELÉSÉNEK
TARTALMI KERETEIBEN** 1383

Korom Erzsébet, Csizsár Imre

**A TERMÉSZETTUDOMÁNYOS GONDOLKODÁS ÉS KUTATÁS
KÉSZSÉGEINEK FEJLESZTÉSE KISISKOLÁSKORBAN** 1395

B. Németh Mária, Tóth Edit, Csikos Csaba, Korom Erzsébet

**A TERMÉSZETTUDOMÁNY TANULÁSÁNAK MOTIVÁCIÓI
A 6. ÉS A 8. ÉVFOLYAMON** 1407

Szalay Luca

KUTATÁSALAPÚ KÉMIA TANÍTÁS 1420

Tóth Zoltán, Bárány Zsolt Béla

PRIMITÍV AXIÓMÁK (P-PRIMEK) A TANULÓK GONDOLKODÁSÁBAN 1430

Tanulmányok

Buzsáki György

BELÜLRŐL KIFELÉ KONSTRUÁLT VILÁG 1440

Halmi Péter

**A COVID19-KRÍZIS GAZDASÁGI HATÁSAI ÉS VILÁGGAZDASÁGI
ÖSSZEFÜGGÉSEI – HOSSZABB TÁVÚ KILÁTÁSOK** 1454

Tóth Gergely

A BOLYGÓ LEGÚJABB HATÁRA 1476

Megemlékezés*Debreczeni Attila***KISFALUDY SÁNDOR 250**

1488

*Hamza Gábor***HARMATHY ATTILA 1937–2022**

1493

Ki a tudós?*Novák László Ferenc***MÚZEUMOK, A TUDOMÁNY ÉS NEMZETI IDENTITÁS BÁZISAI**

1496

Könyvszemle*SIPOS JÚLIA GONDOZÁSÁBAN***NAGY PÉTER TIBOR: VALLÁSOSSÁG-TÖRTÉNET, -SZOCIOLÓGIA –**
Csepeli György

1498

Kitekintés*GIMES JÚLIA GONDOZÁSÁBAN*

1500

Tematikus összeállítás

A STEM TANÍTÁSÁNAK ÉS TANULÁSÁNAK AKTUÁLIS KÉRDÉSEI

CURRENT ISSUES IN TEACHING AND LEARNING STEM

VENDÉGSZERKESZTŐ: GSELMANN ESZTER

BEVEZETŐ

INTRODUCTION

Gselmann Eszter

PhD, egyetemi docens, Debreceni Egyetem Matematikai Intézet Analízis Tanszék, Debrecen
gselmann@science.unideb.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

Az Academia Europaea 2020. december 9-én egy konferencia keretében nyitotta meg Budapest Knowledge Hub elnevezésű regionális tudásközpontját, melyben négy, párhuzamosan futó, ún. tematikus misszió került kialakításra. Mind a négy tematikus missziót az Academia Europaea egy-egy tagja, valamint a Fiatal Kutatók Akadémiájának egy-egy tagja vezeti. Ebben a munkában a Methodology of Science Education (STEM) elnevezésű tematikus missziót szeretnénk bemutatni. Ezen belül különös hangsúlyt fektetve *A STEM tanításának és tanulásának aktuális kérdései* elnevezésű workshopunkra, melyet az MTA Közoktatási Elnöki Bizottságával közösen rendeztünk meg 2021. október 21-én.

ABSTRACT

Based on a collaboration agreement between Academia Europaea and the Hungarian Academy of Sciences signed on 9 December 2020, a new regional knowledge hub, the AE Budapest Knowledge Hub was opened. Activities of the Knowledge Hub are organized along four parallel thematic missions, each of them co-ordinated by two co-chairs: one senior AE member and one member of the Hungarian Young Academy, the latter with the specific assignment to help the involvement of younger generations in Hub actions. In this work, we would like to introduce one of them, the thematic mission called Methodology of Science Education. Within this, we placed special emphasis on our workshop entitled *Current Issues in Teaching and Learning STEM* which we organized together with the Presidential Committee for Public Education of the Hungarian Academy of Sciences on 21 October 2021.

Kulcsszavak: természettudományos nevelés, természettudományok tanítása és tanulása, STEM, Academia Europaea, Academia Europaea Budapest Knowledge Hub

Keywords: science education, STEM education, learning STEM, Academia Europaea, Academia Europaea Budapest Knowledge Hub

A TERMÉSZETTUDOMÁNYOK TANÍTÁSÁRÓL

Az elmúlt években számos tanulmány (OECD, 2001; OECD, 2019; Rocard et al., 2010) mutatott rá a közoktatásban részt vevő gyermekek természettudományos tantárgyak, illetve a matematika iránti érdeklődésének aggasztó hanyatlására. Annak ellenére, hogy számos projekt és akcióterv létezik jelenleg is a tendencia visszafordítása érdekében, a javulás jelei sokszor meglehetősen szerények és esetlegesek. Ahogyan arra az ún. Rocard-jelentés (URL1) is figyelmeztet: hatékonyabb lépések hiányában Európa, és így Magyarország hosszabb távú innovációs képessége és kutatásának minősége is sajnálatosan csökkenni fog. Továbbá, a lakosság körében általában olyan készségek elsajátítása, amelyek mára az élet minden területén elengedhetlenné válnak egy mindinkább a tudáshasználattól függő társadalomban, egyre nagyobb veszélyben vannak.

Következésképpen fontos látnunk azokat a szakértői csoportokat, amelyek a folyamatban lévő kezdeményezéseket vizsgálják, azokból olyan *know-how*-t és jól bevált gyakorlatokat azonosítanak, amelyek változást idézhetnek elő a fiatalok természettudományos tantárgyak iránti érdeklődésében. Mivel a fiatalok természettudományos tantárgyak iránti érdeklődésének csökkenése nagyrészt az iskolai természettudományok oktatásának módjában keresendő, ezért a legfajszínűsabb kérdésnek, véleményem szerint, ennek kellene lennie.

A természettudományok tanítása kifejezés (illetve ennek az angol megfelelője, a *science education*) többféle értelemben is használatos (Csapó, 2004). Tágabb értelemben magában foglalja a természettudományok tanításával kapcsolatos összes problémát, például a természettudományos tantárgyak tanításának részletkérdéseit és a tudományos pályára való felkészítés módszereit is. A szűkebb értelmezés szerint pedig a természettudományos *nevelésen* van a hangsúly. Ez utóbbi egy szűkebb értelmű szóhasználat, mely az utóbbi évtizedekben vált hangsúlyosabbá. Magyarországon a természettudományok tanításában mind a mai napig leginkább a diszciplináris szemléletmód a meghatározó. Ez hatással van a tantervi tananyag elrendezésére, a tanítási, tanulásszervezési és értékelési módszerekre, melynek következményeként elsősorban a frontális módszerek terjedtek el: a tanítási-tanulási folyamat egyirányú, a tudás értékelése csak az adott

tantárgyhoz tartozik, kis hangsúly van csak a megszerzett tudás alkalmazhatóságán. Ez a szemléletmód kiemelkedő eredményeket ért el egészen az 1980-as évekig, különösen a tehetséggondozás területén. A magyar oktatási rendszer jelenleg még mindig abban a közép-európai mezőnyben van, ahova a rendszer-váltás óta tartozott. Azonban míg korábban a régió élmezőnyében szerepeltünk, 2010 óta – mára – a balkáni országok szintjére süllyedtünk. A problémák okai szerteágazóak, ebben a munkában azonban csak a módszertani kérdésekkel szeretnék foglalkozni. A diszciplináris szemléletmód egyik legnagyobb gyengesége az, hogy a kialakított tudás túlságosan specializált, leginkább csak a természettudományos pályákra készülő tanulóknak nyújt releváns ismereteket. Ezenkívül, a természettudományi vagy mérnökképzésbe jelentkező tanulók jelentős része nem rendelkezik a felsőoktatási tanulmányok sikeres teljesítéséhez szükséges alapvető tudással.

A már említett Rocard-jelentés szerzői rávilágítanak például arra, hogy az úgynevezett kutatásalapú természettudomány-tanítás (Inquiry-Based Science Education, IBSE) általános és középiskolai szinten is bebizonyította, hogy hatékonyan növeli a gyerekek és a tanulók érdeklődését és teljesítményét, ugyanakkor serkenti a tanárok motivációját is. Vizsgálatok támasztják alá továbbá, hogy az IBSE a leggyengébbtől a legtehetősebbig minden diák esetében hatékony, és teljes mértékben összeegyeztethető a kiválóságra törekvő ambícióval. Ezenkívül, az IBSE jótékony hatással van a lányok érdeklődésének és részvételének elősegítésére a tudományos tevékenységekben. Végül, az IBSE és a hagyományos deduktív megközelítések nem zárják ki egymást, és ezeket bármely természettudományos tanteremben kombinálni lehet, hogy alkalmazkodjanak a különböző gondolkodásmódokhoz és korcsoportos preferenciákhoz. A természettudományok tanítása megújításának kulcsszereplői a tanárok. A megújításra azonban nem egyénileg, hanem egy jól szervezett hálózat tagjaiként lehetnek képesek. Ez teheti ugyanis lehetővé számukra, hogy javítsa tanításuk minőségét, és támogassa a motivációjukat. Ilyen hálózatok a tanárok szakmai fejlődésének hatékony összetevőjeként használhatók, kiegészíthetik a tanári továbbképzés hagyományosabb formáit, serkenhetik a morált és a motivációt. Az említett jelentés szerzői ezzel kapcsolatban két innovatív kezdeményezést is kiemelnek, a POLLEN-t (URL2) és a SinusTransfer-t (URL3). Azon felül, hogy ösztönözze és támogassa a kutatáson alapuló természettudományos oktatást és tanulást az általános iskolákban, a POLLEN eszközöket, képzést, *coaching*ot és értékelést is biztosított. Mindezek mellett továbbképzést, oktatási anyagokat, speciálisan kialakított foglalkozásokat, tantermi kísérleti anyagokat, állandó tanácsadó szolgálatot, európai hálózatot (az együttműködés és az ikerintézményi tevékenységek elmélyítésére), valamint egy egyedülálló webes platformot biztosítottak az eszközök eléréséhez, a koordinátorokkal való kapcsolatfelvételhez és a projekt fejlesztésével kapcsolatos információk megszerzéséhez.

Bár a külföldi példák és jó tapasztalatok számunkra is hasznosak és követendők lehetnek, sajnos ezek jó részét nem lehet egy az egyben adaptálni a magyar oktatási rendszerbe. Márpedig nekünk mindenekelőtt a saját oktatásunk gondjait, problémáit kell megértenünk és megoldanunk. Hiszen, bár a természettudományok tradicionális tanítása a világon szinte kivétel nélkül válsággal küzd, a problémák országoként más-más formában jelentkeznek.

AZ ACADEMIA EUROPAEA BUDAPEST KNOWLEDGE HUB METHODOLOGY OF SCIENCE EDUCATION ELNEVEZÉSŰ TEMATIKUS MISSZIÓJA

2020. december 9-én egy konferencia keretében, Barcelona, Bergen, Cardiff, Tbiliszi és Wrocław után Budapesten nyitotta meg új tudásközpontját (Knowledge Hub) az Academia Europaea. Az AE Budapest Knowledge Hub célja, hogy inspiráló környezetet teremtsen a regionális és európai fókuszú interdiszciplináris tudományos diskurzushoz, támaszkodva mind az AE-tagok közösségére, mind a Magyar Tudományos Akadémia Köztestületére, elkötelezve magát a többi AE Knowledge Hubbal való együttműködés mellett. A Budapest Knowledge Hub megalakulásakor négy, párhuzamosan futó, ún. tematikus misszió került kialakításra. Ezen túlmenően a tudásközpont nyitott minden magyarországi AE-tag által előterjesztett egyéb témák befogadására is.

A Budapest Knowledge Hub mind a négy tematikus misszióját két-két társelnök koordinálja: egy AE-tag és egy junior tag, aki tagja a Fialat Kutatók Akadémiájának, utóbbi azzal a céllal, hogy segítse a fiatalabb generációk bevonását a regionális tudásközpontok működésébe. A Budapest Knowledge Hub tudományos igazgatója Lovász László, az MTA 20. elnöke. A tudásközpont adminisztratív feladatait elsősorban az MTA Titkársága Nemzetközi Kapcsolatok Osztályának munkatársai (Bóhm Gergely és Borvölgyi Katalin) látják el, használva az MTA infrastruktúráját, beleértve például a konferencia- és *workshop*-helyszínek, tárgyalótermek elérését. Az AE Budapest Knowledge Hub négy tematikus missziója és azok társelnökei az alábbiak:

- I. Methodology of Science Education (társelnökök: Pléh Csaba és Gselmann Eszter)
- II. The Danube Region (társelnökök: Báldi András és Solymosi Katalin)
- III. Widening European Participation (társelnökök: Kondorosi Éva és Toldi Gergely)
- IV. Urban Sustainability (társelnökök: Stépán Gábor és Török Péter)

A Methodology of Science Education elnevezésű tematikus missziót az előző részben is taglalt problémák és kihívások hívták életre: a tudományos pályák népszerűségének csökkenése, valamint a komplex tudományos ismeretek sok-

szor rossz megértése és felhasználása, a digitális kor globális trendjei. Ezeket a tudományos információk exponenciális növekedése, az ágazatok közötti növekvő jövedelmi egyenlőtlenségek, az új kommunikációs csatornák, a közösségi média és számos egyéb tényező tovább súlyosbítják. E kihívások kezelésére új módszertanok kidolgozására és népszerűsítésére van szükség a természettudományos oktatásban. Elősegítve a tudományos ismeretek átadását az oktatás minden szakaszában az általános iskolától az egyetemi természettudományos tantervekig. Példaként említhetjük meg a koronavírus-járvány alatti távoktatást, amely jól szemlélteti, milyen fontos lehet a meglévő oktatási módszerek adott helyzetekre történő gyors és effektív adaptálása, valamint új oktatási módszerek kidolgozása. Reményeink szerint a meglévő AE Knowledge Hubok, amelyeknek gyakran vezető európai egyetemek adnak otthont, és a természettudományos oktatásban érintett AE-tagok szívesen járulnak hozzá a tematikus küldetés sikeréhez. A megosztott tudás és az európai tapasztalatok hozzájárulhatnak a természettudományos oktatás szakpolitikai irányelveinek felülvizsgálatához is.

Küldetésünknek tekintjük az iskolák, a tanárok, illetve a tanárképzésben részt vevők támogatását a természettudományos nevelés alkalmazásában. Mindezek mellett foglalkoznunk kell a társadalmi-gazdasági, a nemek közötti és a kulturális egyenlőtlenségekkel is annak érdekében, hogy hozzáférést és lehetőséget biztosítsunk a minőségi oktatáshoz mindenki számára. Vannak olyan kiemelkedő szervezetek, kutatócsoportok, ahol már eddig is kiváló és fontos munkát végeztek. Ezért elsősorban velük szeretnénk kapcsolatot teremteni, hogy megismerjük munkájukat, és felkutassuk a lehetséges szinergiákat. Küldetésünknek megfelelően egyik legfontosabb feladatunknak tartjuk, hogy összekötő kapcsolóként és információs csomópontként közvetíthessünk a hazai és a nemzetközi kutatók között. A terveknek megfelelően 2021-ben feltérképeztük, hogy kik azok az AE-tagok, akikkel potenciálisan együtt dolgozhatnánk a jövőben. Ezért egy rövid e-mailes felmérést végeztünk a lehetséges szinergiák felkutatása érdekében. A válaszok beérkezése után ezeket az adatokat táblázatba rendeztük. Célunk az, hogy a táblázatban szereplő nemzetközi kutatókat összekapcsoljuk azokkal a magyar kutatókkal, akik azonos vagy hasonló kutatási területtel, tudományos érdeklődési körrel rendelkeznek.

2021. március 26-án *online* nemzetközi workshopot szerveztünk *Every Cloud Has a Silver Lining – Experiences and Prospects of Online STEM Education in the Light of the Pandemic* címmel. Ezen az alkalmon előadónk segítségével arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a koronavírus-járvány hogyan változtatta meg a közoktatást és a kutatások mindennapi működését. A távoktatás új módszerek és eszközök bevezetését tette szükségessé. Úgy gondoljuk, hogy érdemes a jó tapasztalatokat összegezni. A negatív hatások mellett a koronavírus-járvány arra is rávilágított, hogy vannak módok az oktatás hatékonyabbá tételére, erre utal a

workshop címében szereplő közmondás is: Every cloud has a silver lining (Minden rosszban van valami jó.). A workshop meghívott előadói

- Lavicza Zsolt (Linz School of Education, Linz, Ausztria),
- Savos Iulia (CEU Babylab, Budapest, Magyarország),
- Szűcs Dénes (University of Cambridge, UK)

voltak.

A márciusi nemzetközi workshop mellett magyar nyelvű workshopot is szerveztünk: *A STEM tanulásának és tanításának aktuális kérdései* címmel. Mint fentebb írtuk, egyik legfontosabb küldetésünk a magyar és a nemzetközi kutatók összekapcsolása. Így fontosnak tartottuk egy olyan rendezvény megszervezését is, ahol a magyar kutatók magyarul is bemutatkozhatnak. Ezt a workshopot az MTA Közoktatási Elnöki Bizottságával közösen rendeztük meg 2021. október 21-én. A workshop középpontjában a STEM legújabb kérdései, perspektívái és tanítása álltak, nagy hangsúlyt fektetve a fizikára és a kémiára. A workshop előadói (az előadásaik sorrendjében)

- Csapó Benő (Szegedi Tudományegyetem),
- Korom Erzsébet (Szegedi Tudományegyetem),
- B. Németh Mária (Szegedi Tudományegyetem),
- Szalay Luca (Eötvös Loránd Tudományegyetem),
- Tóth Zoltán (Debreceni Egyetem)

voltak.

Az előadóülést egy rendkívül aktív vitafórum követte, amelyet Csapó Benő professzor úr moderált. Ezen workshop után vetődött fel az, hogy a fenti előadók egy-egy tanulmányban ismertethetnék legújabb eredményeiket a *Magyar Tudomány* olvasói számára.

B. Németh Mária és szerzőtársai *A természettudomány tanulásának motivációi a 6. és a 8. évfolyamon* című munkájukban a természettudományok tanulásának motivációját vizsgálták az általános iskolai tanulmányok két pontján, négy tantárgy (természetismeret, biológia, fizika, kémia) tanulási motivációjának összehasonlítására fókuszálva. Vizsgálataik azt mutatják, hogy mind a négy tantárgy tanulásában a legmotiválóbb a jó jegyek megszerzése, ehhez képest pedig kevésbé ösztönzők például a jövőbeli karriertervek és az intrinzik motiváció. A cikk szerzői figyelmeztetnek arra, hogy ha a természetismeret tantárggyal (egyszerűbb tananyag, szorosan kötődik a tanulók hétköznapi tapasztalataihoz) sem sikerül felkelteni az érdeklődését, akkor ezt a tanulmányok előrehaladtával egyre nehezebb lesz megtenni.

Bár az 1970-es és 1980-as években a magyar természettudomány-tanítás még az első nagy nemzetközi felmérések eredményei szerint a világ legjobbjai közé tartozott, egy 1995-ös felmérés szerint a magyar diákok már csak a nemzetközi

középmezőnyben voltak. A PISA-felmérések adatai szerint 2018-ban gyengébb volt a magyar diákok természettudományos teljesítménye, mint 2000-ben. Aggasztó jel továbbá, hogy sokkal magasabb a nagyon gyengén teljesítők aránya is. A magyar eredmények önmagukhoz viszonyítva is romlottak. Az okok szerteágazóak. *Csapó Benő A természettudomány diagnosztikus értékelésének tartalmi keretei* című munkájában arról ír, hogy a problémák egy részére megoldásként szolgálhat a természettudomány korai tanulásának, mindenekelőtt a differenciált, személyre szóló fejlesztés támogatására szolgáló eDia diagnosztikus értékelési rendszer, amelynek két funkcionálisan elkülöníthető része az eDia online tesztplatform, illetve a feladatbank. A rendszer egyik erőssége, hogy alapvetően új tartalmi keretekre épül, amelyet kiterjedt tudományos elemzés alapozott meg. Ebben a tanulmányban a tartalmi keretek kidolgozását megelőző kutatómunkát, annak nemzetközi forrásait, és az ezek eredményeként elkészült modellt mutatja be a szerző.

Korom Erzsébet Csiszár Imrével közös A természettudományos gondolkodás és kutatás készségeinek fejlesztése kisiskoláskorban című munkájában a természettudományos gondolkodás és kutatás készségeinek fejlesztésére helyezi a hangsúlyt, összefoglalva a legfontosabb kutatási eredményeket: tárgyalja a megismerés és a gondolkodás fejlődésének szakaszait és azokat a megismerő tevékenységeket, amelyek támogathatják az egyes életkori szakaszokban a természeti jelenségek megismerését, vizsgálatát és a tudományos ismeretek megalapozását. Ezen felül bemutat egy kisiskolásoknak készült, a kutatásalapú tanulásra építő fejlesztő programot is, amelyet az MTA–SZTE Természettudomány Tanítása Kutatócsoport dolgozott ki.

Szalay Luca Kutatásalapú kémiatanítás című munkája azzal foglalkozik, hogy ezeknek módszereknek a használata során a tanulási folyamat a természettudományos kutatások lépéseit modellezi. Noha alkalmazásukhoz sokan nagy reményeket fűztek, a szakirodalom és ez a tanulmány is figyelmeztet, hogy a módszer bevezetésének számos feltétele és buktatója van.

A *p*-prímek (fenomenológiai primitívek) olyan, tapasztalatokon nyugvó naiv axiómák, melyek igazságtartalmát gondolkodás nélkül elfogadjuk. Amikor egy (természettudományos) problémát kell megoldanunk, akkor gyakran nyúlunk ezekhez a rövidített gondolkodási sémákhoz – nemritkán sikerrel. Hasznuk, hogy gyors döntést tesznek lehetővé, azonban mivel gondolkodás nélkül elfogadjuk őket, néhány esetben helytelen döntésre juthatunk. *Tóth Zoltán Bárány Zsolt Bélával közös Primitív axiómák (p-prímek) a tanulók gondolkodásában* című munkájában egy *p*-prímekkel kapcsolatos keresztmetszeti vizsgálatot végzett középiskolások körében, melynek során kilenc újabb *p*-prím-alapú fogalmi megértési problémát tártak fel.

IRODALOM

- Csapó B. (2004): Természettudományos nevelés: Híd a tudomány és a nevelés között. In: Csapó B. (szerk.): *Tudás és iskola*. Budapest: Műszaki Kiadó, 11–28. <http://real.mtak.hu/61538/>
- Korom E. – Szabó G. (2012): A természettudomány tanításának és felmérésének diszciplináris és tantervi szempontjai. In: *Tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez*. Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó, 93–150. <https://publicatio.bibl.u-szeged.hu/6088/>
- OECD (2001): *Knowledge and Skills for Life: First Results from PISA 2000*. Paris: PISA, OECD Publishing. DOI: 10.1787/9789264195905-en, https://www.oecd-ilibrary.org/education/knowledge-and-skills-for-life_9789264195905-en
- OECD (2019): *PISA 2018 Results*. Volume I: *What Students Know and Can Do*. Paris: PISA, OECD Publishing. DOI: 10.1787/5f07c754-en, https://www.oecd-ilibrary.org/education/pisa-2018-results-volume-i_5f07c754-en
- Rocard, M. – Csermely, P. et al. (2010): Természettudományos nevelés ma: megújult pedagógia Európa jövőjéért. *Iskolakultúra*, 20, 12, 13–30. <http://www.iskolakultura.hu/index.php/iskolakultura/article/view/21099>
- URL1: Rocard Report (Rocard, M. – Csermely P. – Jorde, D.), 2010: *Science Education Now: A New Pedagogy for the Future of Europe*. <https://www.eesc.europa.eu/documents/rocard-report-science-education-now-new-pedagogy-future-europe>
- URL2: POLLEN: *Seed Cities for Science, A Community Approach for a Sustainable Growth of Science Education in Europe*. <https://cordis.europa.eu/project/id/518399/reporting>
- URL3: SINUS Transfer: *A Trademark for Improving Mathematics and Science Education in Germany*. <http://www.sinus-transfer.eu/>
- URL4: Az AE Budapest Knowledge Hub honlapja: <https://mta.hu/aebudapest/budapest-knowledge-hub-111313>
- URL5: A STEM tanulásának és tanításának aktuális kérdései című workshop videója: <https://www.youtube.com/watch?v=JhANtVAtrQk>

A GONDOLKODÁS FEJLESZTÉSE ÉS A TUDÁS ALKALMAZÁSA A TERMÉSZETTUDOMÁNY DIAGNOSZTIKUS ÉRTÉKELÉSÉNEK TARTALMI KERETEIBEN

DEVELOPMENT OF THINKING AND APPLICATION OF KNOWLEDGE IN THE FRAMEWORKS FOR DIAGNOSTIC ASSESSMENT OF SCIENCE

Csapó Benő

DSc, Szegedi Tudományegyetem Oktatásméleti Tanszék, Szeged, MTA–SZTE Képességfejlesztés Kutatócsoport
csapo@edpsy.u-szeged.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

Mind erősebb az elvárás, hogy az iskola a tudományok és művészetek által felhalmozott tudás és értékek közvetítése mellett fordítson nagyobb figyelmet a diákok gondolkodásának, problémamegoldó képességeinek fejlesztésére, és tegye képessé őket arra, hogy tudásukat szélesebb körben is alkalmazzni tudják. A korábbi hazai vizsgálatok és az újabb nemzetközi felmérések eredményei egyaránt azt mutatják, hogy ezeken a területeken tanulóink az elvárhatónál gyengébben teljesítenek. A Szegedi Tudományegyetemen kifejlesztett *eDia online* diagnosztikus értékelési rendszer nagy hangsúlyt fektet e problémák megoldására is, azáltal, hogy a méréseket egy olyan háromdimenziós elméleti modellre alapozza, amelyben a gondolkodás fejlesztése és a tudás alkalmazása azonos jelentőségű a hagyományosan erős, diszciplináris szemléletű tananyag-közvetítéssel. A tanulmány felvázolja a tartalmi keretek kidolgozásának konkrét kutatási előzményeit és szélesebb körű nemzetközi forrásait, majd részletesebben bemutatja azt a két dimenziót, amelyek erősítésére a magyar természettudomány-tanításban különösen nagy szükség van. A tartalmi keretek gondolkodás dimenziója leírja, hogy milyen műveletek, milyen magasabb rendű gondolkodási folyamatok és a természettudományos gondolkodás mely elemei alkalmazhatóak az egyes konkrét tanulási tartalmakhoz kapcsolódóan. Az alkalmazás dimenzió hasonló részletességgel mutatja be, hogy a megszerzett tudás alkalmazására milyen lehetőségek vannak az adott tantárgyban, más iskolai tárgyakban és az iskolán kívüli gyakorlatban. Végül, a tanulmány felvázolja, hogy a tartalmi keretek a mérések megalapozásán túl hogyan segíthetik a tananyagfejlesztést és a pedagógusok felkészítését.

ABSTRACT

Schools are facing growing expectations beyond transmitting knowledge and values accumulated in sciences and arts to pay more attention to developing students' thinking and problem-solving skills, and to prepare them to be able to apply their knowledge in a broad range of contexts. Results of former national as well as recent international studies have shown that

Hungarian students' achievements are below expectations in these domains. The eDia online assessment system designed at the University of Szeged contributes to the solution of these problems as the three-dimensional theoretical model which serves as foundation of assessment treats thinking and application equally with the traditionally strong discipline-oriented knowledge. This article outlines the specific results of the foundational research as well as the broader international sources, and presents those two dimensions in more detail which need the most developmental efforts in Hungarian science education. The thinking dimension of the assessment frameworks describes thinking operations, higher order thinking processes and specific aspects of scientific reasoning related to the content of learning materials. The application dimension is presented in a similarly detailed form and shown which possibilities may be found in other school subjects and in out of school practices that can be used to apply knowledge mastered in school science education. Finally, the study summarizes how the frameworks may help improve science education beyond underlying assessment in curriculum development and in teacher education programs.

Kulcsszavak: természettudomány-tanítás, diagnosztikus értékelés, természettudományos gondolkodás, tudástraszfer

Keywords: science education, diagnostic assessment, scientific reasoning, knowledge transfer

A MAGYAR TERMÉSZETTUDOMÁNY-TANÍTÁS PROBLÉMÁI

A magyar természettudomány-tanítás az 1970-es és 1980-as években az első nagy nemzetközi felmérések eredményei szerint a világ legjobbjai közé tartozott. A harmadik hasonló felmérés (*Third International Mathematics and Science Study – TIMSS*) 1995-ben azt mutatta, hogy diákjaink tudása már csak a nemzetközi középmezőnyben volt. A tudás alkalmazhatóságára, a gondolkodás, a problémamegoldás különböző tényezőire fókuszáló újabb vizsgálatok pedig azt mutatják, hogy kiszorultunk a fejlett országok köréből. A PISA (*Programme for International Student Assessment*) felmérések tizennyolc évet átfogó adatai szerint 2018-ban gyengébb volt a magyar diákok természettudomány-teljesítménye (477 pont), mint 2000-ben (496 pont), és sokkal magasabb a nagyon gyengén teljesítők aránya is, például 2018-ban a diákok 24,1%-ának eredménye az elégséges szint alatt volt (OECD, 2019a).

A természettudomány-tudás ilyen mértékű visszaeséséhez számos tényező járult hozzá. Nemzetközi pozícióink romlásának egyik oka az, hogy megváltozott a tudás értéke, ma már nem elég a tantervekben, tankönyvekben levő tananyag memorizálása és változatlan formában való felidézése. A természettudomány tanításának alapvető céljává vált az értelem kiművelése, a gondolkodás fejlesztése, a tudományos kutatás jelentőségének, szemléletmódjának, alapvető kutatási mód-

szereinek bemutatása. A tantervi tananyag elsajátítása mellett fontos érték lett a megszerzett tudás tágabb körben való alkalmazhatósága is, amihez a mélyebb megértés, a gondolkodva tanulás révén lehet eljutni. Miközben a világ sokat változott körülöttünk, és egyes országok erőteljesen fejlesztették oktatási rendszereiket, a magyar természettudomány-tanítás kimaradt ezekből a folyamatokból.

A magyar eredmények önmagukhoz viszonyítva is romlottak, amiben szerepet játszik a tanulók fejlettségétől egyre inkább elszakadó tananyag, a csökkenő óraszámok, a tanítási módszerek elavulása, a szegényebb társadalmi rétegek gyermekeinek fokozatos kiszorulása a színvonalas oktatásból, és az utóbbi időben a természettudomány-tanárok mind nagyobb hiánya. A közoktatásban általában is csökkent a természettudomány tanításának súlya, jelentősége. Ezt jelzi az is, hogy nincs kötelező természettudomány érettségi, és csak ebben az évben (2022) került be a természettudomány az országos kompetenciamérés területei közé.

A természet törvényeinek megismerése iránti érdeklődés, a kíváncsiság felkeltésére, az attitűdök kialakítására különösen alkalmas a kora gyermekkor. Ezt felismerve világszerte egyre korábbra tolódik a természettudomány tanításának kezdete. Például a mi alaptanterveinkkel összehasonlítható funkciójú amerikai *Next Generation Science Standards* (URL1) két év óvodai programmal indul, és a teljes tizenkét évfolyamos közoktatásban egységes folyamatként értelmezi a természettudományok tanítását. Nálunk a fizika, kémia, biológia tanítása az iskola felsőbb évfolyamaira koncentrálódik, nem kap kellő figyelmet a természettudományos gondolkodás korai megalapozása, és a közös alapelvek és módszerek bemutatására sincs lehetőség.

A természettudomány tanítása terén különösen sok probléma forrása a diákok uniformizált tanítása, ami nem veszi figyelembe a sokféle okból fakadó egyéni különbségeket. Az értelmi fejlődés eltérő tempója egyrészt természetes jelenség, másrészt a nagyobb lemaradásnak oka lehet a környezet stimuláló hatásának hiánya is. Az iskola nincs tekintettel azokra, akik fejlődési sajátosságaikból fakadóan lassabban érnek, vagy kevésbé stimuláló környezetük miatt lassabban fejlődnek. A természettudomány egyes témaköreinek megértéséhez szükséges gondolkodási készségek hiánya a pedagógusok számára többnyire nem is válik láthatóvá. Közismert, hogy a magyar diákok tanulmányi teljesítményeit különösen erősen meghatározza a családi háttér különbözősége, másként fogalmazva, az iskola kevésbé képes kiegyenlíteni az otthonról hozott tudás és tapasztalatok különbségeit. Ugyanakkor kutatási eredmények bizonyítják, hogy a diákok közötti különbségek jelentős részét megfelelő tanítási módszerekkel kompenzálni lehet. A természettudomány tanítása sok lehetőséget kínál az értelmi fejlődés stimulálására, felgyorsítására.

Az említett problémák egy részének megoldását segíti a természettudomány korai tanulásának, mindenekelőtt a differenciált, személyre szóló fejlesztésnek a támogatására szolgáló eDia diagnosztikus értékelési rendszer. Az eDia-rend-

szernek két funkcionálisan elkülöníthető része van: az online platform, amely feladatok készítésére, tesztek összeállítására és kiközvetítésére alkalmas, illetve a tartalom, azaz a feladatbank. A feladatbank az olvasás, a matematika és a természettudományi tudás felmérésére és ezáltal a differenciált fejlesztő munka támogatására készült az iskola alsó hat évfolyama számára (Csapó–Molnár, 2019; Molnár et al., 2021). A rendszer egyik fő erőssége, hogy alapvetően új elméleti alapokra, tartalmi keretekre épül, amelyeket kiterjedt tudományos elemzés alapozott meg. Ebben a tanulmányban a tartalmi keretek kidolgozását megelőző korábbi kutatómunkát és az annak eredményeként elkészült mérési modellt mutatjuk be.

A TARTALMI KERETEK KIDOLGOZÁSÁNAK KUTATÁSI HÁTTERE: A TUDÁS HÁROM DIMENZIÓJA

A tudás minőségének empirikus vizsgálatára irányuló szisztematikus kutatómunka mintegy három évtizeddel ezelőtt kezdődött el a Szegedi Tudományegyetem akkori elődjén. A kiindulást annak az ellentmondásnak a megértésére irányuló vizsgálatok jelentették, amelyek szerint a magyar diákok (akkori ismereteink szerint még) jól teljesítettek a természettudományokban a nemzetközi felméréseken, viszont nagyon gyenge eredményeket értek el olyan feladatokban, amelyekben az iskolában elsajátított tudásukat más kontextusban kellett alkalmazniuk.

A különböző felméréseinkből származó eredmények egységes keretben történő szintézise érdekében átfogó kutatási programot indítottunk „Iskolai tudás” néven, amelynek fő adatfelvételére 1995-ben került sor. Az adatfelvétel elméleti keretként egy olyan modellt használtunk, amelyben a tanulók tudását jellemző indikátorok négy szintjét különböztettük meg. (1) A diákok tudását egyrészt jellemzik azok az osztályzatok, amelyekkel a tanárok értékelik őket, és amelyek nagyrészt meghatározzák iskolai pályafutásukat is. Erre a célra a tanév végi jegyeket használtuk. (2) Felmértük a diákok tudását objektív tesztekkel is, erre a célra olyan tesztek készítettünk, amelyek pontosan leképezték a megfelelő tantervi (tananyagban megjelenő) tudást. Biológia-, fizika-, kémia- és matematikatesztek szerepeltek a vizsgálatban. (3) Adatokat gyűjtöttünk arról, hogy a tanulók miképpen tudják a tudásukat a közvetlen tantárgyi, iskolai kontextuson túl alkalmazni. Itt a természettudományok esetében a tudás alkalmazására fókuszáló tesztet használtunk, továbbá egy másik tesztet azt néztük meg, mennyire eredményes az iskolai tanulás néhány gyakori természettudományos tévképzet eloszlásában. A matematikát szintén egy alkalmazásokra koncentrálnak teszt képviselte. (4) Végül a negyedik szinten a gondolkodási képességeket egy induktív, egy deduktív és egy korrelatív gondolkodás teszttel jellemeztük.

A vizsgálatban keresztmetszeti adatfelvételre került sor, egy hetedik és egy tizenegyedik évfolyamos minta alkalmazásával, így a négyévnyi iskolai tanulás hatására is becslést adhattunk. Az eredmények számos területen pontosították,

megerősítették az iskolai értékeléssel kapcsolatos korábbi vélekedéseket, például megmutatták, mit jelent az osztályzatok helyi értéke (más tudás van az ötös mögött az egyik, mint a másik iskolában), milyen mértékű a tanárok által adott jegyek és a teszteredmények különbsége (matematikában kisebb, fizikában nagyobb).

A vizsgálat legfontosabb következtetése azonban – összhangban a korábbi tapasztalatokkal – az volt, hogy a gyerekek sokat tanulnak az iskolában, és változatlan formában vissza is tudják adni a tanultakat. Viszonylag jó eredményeket értek el a tantárgyi teszteken, amelyek pontosan leképezték a tananyagot, és ismerős feladatokat tartalmaztak. Az alkalmazás- és a gondolkodásteszteken azonban sokkal gyengébben teljesítettek, és ezeken a területeken nem volt akkora különbség a hetedik és a tizenegyedik évfolyam között, mint amennyi a négy év alatt tanulásra fordított idő alapján elvárható lenne. Összegezve: az iskolai tanulás alig van hatással a tanulók gondolkodására, és lényegében ennek is tulajdonítható, hogy tudásukat nem képesek új környezetben alkalmazni (Csapó, 1998).

Az említett átfogó projektet számos további, egyes területekre fókuszáló vizsgálat követte, például a problémamegoldás (Molnár, 2006), az analógiás gondolkodás (Nagy, 2006), a metakogníció (Csikos, 2007) és a tanulási stratégiák (Habók, 2017) terén. Mindezekből kiderült, hogy a problémák forrása az, hogy az iskolában alig kap szerepet a gondolkodás fejlesztése, a diákoktól elvárt tudás a tananyag felidézését, reprodukálását igényli, ami alapvetően a memorizáló tanulási stratégiákat erősíti. A tudás alkalmazásához azonban gondolkodva tanulásra van szükség, ami elvezet a mélyebb megértéshez, a tudástranszfer alapvető feltételéhez. Mindamelllett a transzfer nem automatikus, a tudás akkor lesz szélesebb körben felhasználható, ha az alkalmazhatóság a tanulás céljai között is megjelenik.

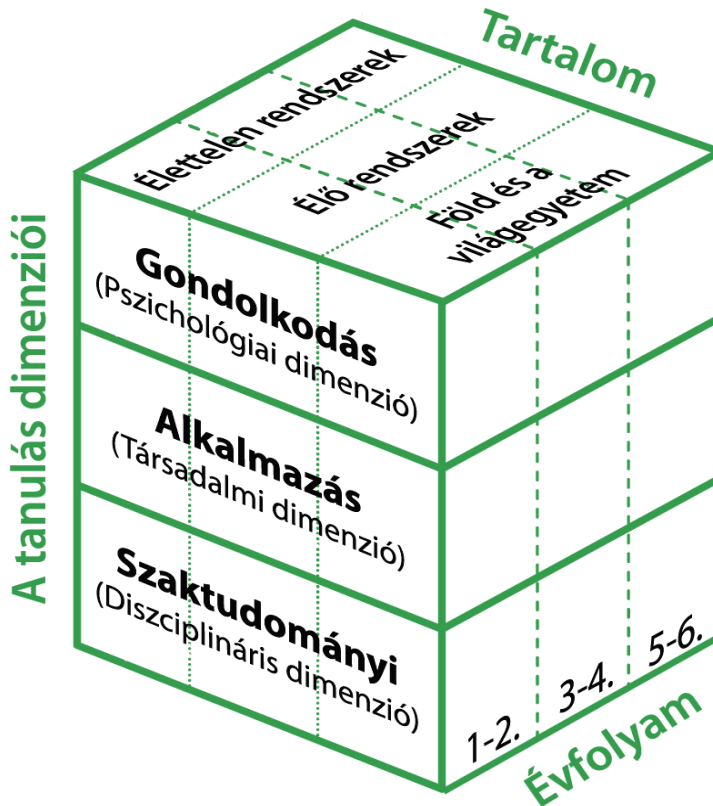
Mindemelllett szükség van annak pontos értelmezésére, hogy mit értünk a gondolkodás fejlesztésén, illetve a tudás alkalmazásán, olyan formában, hogy azokra mérési eljárásokat lehessen alapozni. Erre az értelmezésre, a gondolkodás és az alkalmazás készségeinek mérhető formában való leírására vállalkozott a diagnosztikus értékelés tartalmi kereteinek kidolgozására irányuló munka. A tartalmi keretek elkészítésének két fő forrása volt. Műfaji tekintetbe támaszkodtunk a nagy nemzetközi felmérések tartalmi kereteinek megközelítésmódjára, a szerkezetet és a tartalmat tekintve pedig a nemzetközi irodalomra, amelyet az előzőekben vázolt hazai problémák megoldására is mozgósítottunk.

Az iskolai oktatás céljainak leírására, illetve a külső tudás reprezentálására többféle megoldás született. Ezek közül Európában a különböző tantervek (curriculum, nemzeti, keret- és helyi tantervek) terjedtek el, Amerikában pedig a különböző taxonómiai rendszerek, illetve újabban a standardok játszanak fontosabb szerepet. A *tartalmi keretek* tipikusan a felmérések tartalmának rögzítésére terjedtek el, a TIMSS (például Mullis–Martin, 2017) és a PISA (például OECD,

2019b) is mindig nyilvánosságra hozza az aktuális felmérések tárgyát, a mérni szándékozott tudást bemutató, részletesen leíró tartalmi kereteket.

Az említett források felhasználásával a diagnosztikus értékelés számára egy háromdimenziós modellt készítettünk, amely a *gondolkodás*, az *alkalmazás* és a *szaktudomány* dimenziókba rendezi a mérések tartalmait. A dimenzió elnevezés arra utal, hogy nem egymástól elkülönült, diszjunkt halmazokról van szó, hanem minden egyes feladatban valamilyen mértékben jelen lehet mindhárom dimenzióra jellemző tulajdonság. Ugyanazt a megközelítést alkalmaztuk mindhárom mérési területen, az olvasásban, a matematikában és a természettudományban egyaránt.

A háromdimenziós felosztást tovább tagolta az évfolyamokra bontás és a mérések tartalma. Az életkort mindhárom területen kétéves szakaszokra bontottuk, és a természettudomány területén a tantervekkel összhangban a tartalom három egységet különböztettük meg (1. ábra).



1. ábra. A természettudomány-tudás három dimenziója
(Csapó–Szabó, 2012, 161.)

A bemutatott alapelveknek megfelelően a dimenzió, a tartalom, és az évfolyam mindhárom értékét minden mással összekapcsolva az alsó hat évfolyamra kidolgozott természettudományi tartalmi keretek, amint az ábra mutatja, 27 egységet tartalmaznak. A tartalmi keretek akkor írják le a kellő pontossággal és részletességgel a mérés tartalmát, ha az általános elméleti elveken túl minden egyes egységre olyan konkrét példákat is bemutatnak, amelyek alapján a megfelelő mérőeszközök, adott esetben a diagnosztikus feladatbankok elkészíthetők.

A tartalmi keretek kidolgozásának elméleti megalapozását európai kutatók bevonásával végeztük el, ennek megfelelően először az angol nyelvű kötetek készültek el, majd azt követően a magyar változatok (a természettudomány esetében Csapó–Szabó, 2012). Ezek a kötetek voltak a feladatokat kidolgozó szakemberek felkészítésének alapvető forrásai. Miután nagyobb számú (dimenzióként több ezer) eDia-feladat elkészült, megjelentettünk újabb három kötetet (természettudomány: Csapó et al., 2015), amelyek a feladatbankból vett feladatokkal illusztrálva még részletesebben bemutatták a mérések tartalmát. A következőkben az említett forrásokra építve azt a két dimenziót tekintem át, amelyeknek az erősítésére a magyar oktatási rendszerben különösen nagy szükség van: a gondolkodási és az alkalmazás dimenziókat.

AZ ÉRTELEM KIMŰVELÉSE – A TERMÉSZETTUDOMÁNYOS GONDOLKODÁS FEJLESZTÉSE

A természettudomány tanulása és a diákok gondolkodásának fejlettsége szoros kölcsönhatásban vannak egymással. A természettudomány hatékony tanításához az összefüggés mindkét irányának megértésére és figyelembevételére szükség van.

Az összefüggést az egyik oldalról vizsgálva azt látjuk, hogy a tanulók gondolkodásának fejlettsége meghatározza, hogy milyen bonyolultságú, milyen absztrakciós szintű tananyagot képesek elsajátítani. Ez régóta ismert, a tantervek, tananyagok készítésekor fontos törekvés az életkori sajátosságok figyelembevétele. Az adott életkorú tanulók között azonban értelmi fejlettségük tekintetében óriási különbségek lehetnek. Így a hatékony oktatás egy általánosabb megállapítás figyelembevételét igényli, miszerint az előzetes tudás, esetünkben a tanulók aktuális gondolkodási képességeinek szintje az, ami meghatározza az új tananyag megértésének lehetőségeit, ez pedig minden egyes tanuló esetében más lehet. A tanítás során tehát „valós időben” kellene ismerni minden egyes diák aktuális fejlettségi szintjét, mégpedig nem is csak általánosságban, hanem konkrétan, azoknak a gondolkodási műveleteknek és folyamatoknak a fejlettségét, amelyekre a tanulás következő szakaszában éppen szükség lesz.

A másik oldalról azt kell figyelembe vennünk, hogy a természettudomány egyedülálló lehetőségeket kínál a tanulók gondolkodásának fejlesztésére. Tudo-

mányos vizsgálatok sokasága igazolta, hogy azok a tevékenységek, amelyeket a diákok a természettudomány tanulása során végeznek, hatékonyan stimulálják a gondolkodásuk fejlődését. Ehhez azonban arra van szükség, hogy az általuk végzett tevékenységek, fiatalabb korban a megfigyelések, később a kísérletek, majd a természet matematikai formulákkal leírható törvényei a diákok számára érthető, feldolgozhatóak legyenek. Az egyik erre alkalmazható tanítási módszer például az irányított felfedező (guided discovery) tanulás.

A diákok aktuális fejlettségi szintje és a tananyag elsajátíthatósága közötti különbség az előbbieket szemlélve két irányból közelíthető: egyrészt a tananyag nehézségének csökkentésével, másrészt a diákok fejlődésének meggyorsításával, amelynek eszköze maga a megfelelő módon tanított (a diákok fejlettségéhez igazított) természettudományi tananyag. Bármelyik irányból közelítünk a problémához, kulcskérdés, hogy ismerjük az egyes diákok gondolkodási készségeinek fejlettségi szintjét. Ezt a feladatot oldja meg a diagnosztikus értékelés, ami a lehető leggyakrabban, legrészletesebben, konkrétan megmutatja a tanulók további értő tanulásra való felkészültségét.

Mivel a természettudomány tanulásában szerepet játszó gondolkodási mechanizmusok tekintetében elsősorban a pszichológia, közelebbről a gyermekek értelmi fejlődésére vonatkozó tudományos eredmények nyújtanak eligazítást, ezt a dimenziót pszichológiai dimenzióknak nevezzük. A részletek kidolgozásában több pszichológiai elméletre és modellre támaszkodhatunk, így fontos forrás Jean Piaget kognitív fejlődésemélete, a pszichometria és az intelligenciakutatás, továbbá a kifejezetten a természettudományos gondolkodással foglalkozó kutatómunka eredményei.

Az iskolai tanulásában, a tananyag feldolgozásában, a meglevő és az új tudás közötti kapcsolat megteremtésében, a megértésben, majd a megszerzett tudás alkalmazásában szerepet játszó gondolkodási mechanizmusokat sokféle módon foglalhatjuk rendszerbe (Adey–Csapó, 2012). Egy gyakran alkalmazott felosztás az alábbi három csoportot különbözteti meg.

A *műveleti gondolkodás* körében elsősorban a Piaget és követői által leírt egyszerű gondolkodási mechanizmusokat tekintjük át. Ilyenek a konzerváció, a tárgyak manipulálásával is megvalósítható soralkotás, az osztályba sorolás, az osztályozás, a csoportosítás, a többszörös csoportosítás, a halmazműveletek, a kombinatív műveletek. Az összetett szövegek megértésében is szerepet játszanak a nyelvi-logikai műveletek. A nem determinisztikus összefüggések kezelésében (amire a biológia is nagyon sok példát kínál) fontos szerepet játszik a valószínűségi gondolkodás és a korrelatív gondolkodás. Az arányossági gondolkodásra pedig már az egyszerű fizikai (például egyenes vonalú egyenletes mozgás) és kémiai (például a reagáló anyagok arányai) folyamatok megértéséhez is szükség van.

A *magasabb rendű gondolkodási folyamatokba* sorolhatjuk az analógiás gondolkodást, a deduktív gondolkodást, az induktív gondolkodást, a problémameg-

dást, a kreatív/divergens gondolkodást és a kritikai gondolkodást. Míg a műveleti gondolkodás körébe sorolt mechanizmusok szerkezete jól leírható, az utóbbi folyamatok már inkább kötetlenebb szerkezetűek, bár a tanulásban játszott szerepük jól beazonosítható. Például az analógiás gondolkodás segíti egy új jelenség megértését egy hasonló szerkezetű, már ismert alapján, a deduktív gondolkodás a meglévő tudásunk más formában való kifejezését teszi lehetővé, míg az indukció a tapasztalatok általánosításában, a szabályok felismerésében játszik szerepet.

A *tudományos gondolkodás*, ahogy az a tudományos jelenségek megértésében, értelmezésében megnyilvánul, nagyrészt felépíthető az előző két csoport elemeiből, mindamellettt vannak olyan elemei is, amelyek szorosabban kötődnek a tudományos megismeréshez, ezért érdemes külön is foglalkozni velük. Ilyen a változók azonosítása és kontrollja, az okság, a hipotézisalkotás és hipotézistesztesztelés, továbbá a kísérletek tervezése.

Az értelmi fejlődés nyomon követésének, a tananyag megértésére való felkészültség vizsgálatának különösen az iskola kezdő szakaszában van meghatározó jelentősége. Egyrészt, mert ekkor még nagyok az érésbeli különbségek, másrészt pedig, mert ennek a korai szakasznak az eredményességétől függ a később megszerzhető tudás mennyisége és minősége. Így a pszichológiai dimenzió az első iskolai évek során különösen fontos szerepet játszik.

A TERMÉSZETTUDOMÁNYOS TUDÁS ALKALMAZÁSA

A tudás alkalmazhatóságának jelentőségére nemzetközi PISA-felmérések hívták fel a figyelmet. A korábbi, a TIMSS elődjének tekinthető nemzetközi felmérések tartalmi keretei még a részt vevő országok tarterveinek elemzése alapján készültek. Az kerülhetett be a felmérésbe, amit minden országban tanítottak. A PISA szakított ezzel a tananyagalapú megközelítéssel, és egy új, alkalmazáscentrikus tudáskonceptiót dolgozott ki. A mérések tartalmát a társadalom tudásigényéből vezette le: a PISA azt méri, hogy a diákok rendelkeznek-e azzal a tudással, amelyre egy tizenöt éves fiatalnak egy fejlett társadalomban szüksége van.

Az így felmért tudás megnevezésére a PISA egy új kifejezést használt, az írástudás (literacy) fogalmának általánosításából származó *scientific literacy* kifejezést, amelyet magyarra általában természettudományos műveltségként fordítunk. A természettudományos műveltség magában foglalja azt a széles körű természettudományos tájékozottságot, amelyre mindenkinek szüksége van a hétköznapi életben, a munka világában vagy a továbbtanulásban. Ez a tudás segít meghozni azokat a felelős döntéseket, amelyekkel a modern társadalmak polgárai szembesülnek. A természettudományos műveltségre egyszerű hétköznapi tevékenységeink hatékony elvégzéséhez is szükségünk van, és különösen fontos szerepet játszik annak megértésében, hogy milyen környezeti hatása van a fogyasztási

szokásainknak, mit tehetünk a természet megóvása érdekében, milyen követelményeket támaszt a fenntartható fejlődés.

A PISA tudáskonceptióját alkalmazza hazai kontextusban az Országos kompetenciamérés is. A szövegértés és a matematika területén a mérések kezdeti óta a tudás alkalmazása áll a középpontban, és hasonló szellemben készültek el a 2022-ben induló természettudomány-felmérés tartalmi keretei is.

A diagnosztikus mérések természettudományi tartalmi kereteinek alkalmazásdimenziója szintén ezt a szemléletmódot követi (B. Németh–Korom, 2012). Egyrészt a természettudományos műveltség szerkezetének meghatározásában támaszkodik a gazdag nemzetközi szakirodalomra, másrészt figyelembe veszi a sajátos magyarországi kontextust, azt, hogy milyen lehetőségeik vannak a diákoknak arra, hogy természettudományos tudásra tegyenek szert, akár iskolai tanuláshoz kapcsolódóan, akár az iskolai kereteken kívüli informális tanulás révén.

A diagnosztikus mérések a természettudományi tudás alkalmazását sokféle kontextusban vizsgálják. A közeli transzfer lehet az, ha a tudás felhasználására ugyanannak a tantárgynak a keretében kerül sor. Az ilyen közeli transzfer erősítésére van a tanításban a legtöbb lehetőség, mivel ezt már az adott tárgy tananyagainak kidolgozása, tankönyveinek elkészítése során meg lehet valósítani. A természetismeret tárgy keretében például a hőmérséklet méréséről megszerzett tudás egy későbbi időjárási témában is előkerülhet. Sajnos a tananyagcsökkentésnek először épp a tudás ilyen jellegű elmélyítése és hétköznapi kontextusba való beágyazása esett áldozatul. Távollabbi a transzfer, ha az egyik tárgyban tanultak alkalmazására egy másik tárgyban van szükség. A legváltozatosabb kontextust, lényegében végtelenül sok lehetőséget az iskolán kívüli környezet kínál. A tanulók számára akkor válik fontossá a természettudomány tanulása, ha már az iskola kezdeti szakaszában sikerül számukra megmutatni, hogy az segíti azoknak a jelenségeknek a megértését, azoknak a problémáknak a megoldását, amelyekkel a mindennapi életükben találkozhatnak.

A gondolkodás és az alkalmazás dimenziók között fennáll az az összefüggés, amely szerint a gondolkodás kétféle módon is segíti az alkalmazást. Egyrészt a tudás elsajátítása során, mivel a mélyebb megértés tartósabb tudást eredményez, másrészt a tudás konkrét hasznosításának tevékenységében is különböző gondolkodási műveletekre és folyamatokra van szükség az elsajátítás és az alkalmazás kontextusa közötti különbség áthidalására.

ÖSSZEGZÉS: A TARTALMI KERETEK SZÉLESEBB KÖRŰ HATÁSA

A diagnosztikus mérések tartalmi keretei követik a nemzetközileg kialakult trendeket, és részletesen, mérhető formában, konkrét feladatokkal illusztrálva írják le, mit kell az azokra épülő teszteknek (feladatbankoknak) tartalmazniuk. Egy

háromdimenziós tudásmodellre épülnek, amelyben megkülönböztetjük a gondolkodási (pszichológiai), az alkalmazási (társadalmi) és a szaktudományi (diszciplináris) dimenziókat.

A tartalmi keretek a mérések közvetlen megalapozása mellett számos további módon segíthetik a természettudomány-tanítás fejlesztését. Mivel elméleti hátterüket tekintve széles körű nemzetközi szakirodalmi elemzésre épülnek, hozzájárulhatnak a tantervfejlesztéshez és a tananyagok tartalmi gazdagításához, korszerűsítéséhez is. Ha azt szeretnénk elérni, hogy a természettudomány iskolai tanítása hatékonyabban fejlessze a magyar diákok gondolkodását, problémamegoldó képességét, ahhoz meg kell változtatni a tananyag tartalmát és feldolgozásának módját. A tartalmi keretek hasznos forrásai lehetnek egy ilyen fejlesztési folyamatnak, mert a tanulás tartalmihoz, a természettudomány egyes területeihez kapcsolódóan több ezer konkrét példával illusztrálják, miképp lehet ott a tanulás gondolkodási és alkalmazási gyakorlatokkal gazdagítani.

Egy további jelentős hatás lehet, hogy a tartalmi keretek a pedagógusképzés és továbbképzés tananyagaként szolgálhatnak. A magyarországi pedagógusképzésben jelentős hagyományai vannak a diszciplináris ismeretek közvetítésének, és ezen a területen a tanárok nemzetközi szinten is versenyképes tudással rendelkeznek. Ugyanakkor képzésükben viszonylag kisebb hangsúlyt kap a diákok fejlesztésével kapcsolatos módszerek elsajátítása. Keveset tudnak arról, hogy a tananyag feldolgozása során a tanulóknak milyen konkrét gondolkodási műveleteket kell alkalmazniuk, mely értelmező folyamatok vezetnek el a mélyebb megértéshez. A pedagógusok felkészítésében (továbbképzésében, de akár önálló tanulásában is) tehát ugyancsak a gondolkodás dimenzió lehet különösen hasznos, mivel a feladatok konkrétan, a tananyagba ágyazva (akár a pedagógusok konkrét tanórai tevékenységéhez kapcsolható módon) mutatják meg, hogy milyen gondolkodási mechanizmusokat lehet az adott témakörben fejleszteni.

A természettudomány tartalmi keretei hasonló részletességgel foglalkoznak a tanulás előzőekben bemutatott három dimenziójával, és ezáltal hangsúlyozzák a gondolkodás fejlesztésének és a megszerzett tudás alkalmazásának jelentőségét. Ezzel kiegészítik a magyar közoktatásban hagyományosabban erős, diszciplináris szemléletű tanítást.

IRODALOM

- Adey, P. – Csapó B. (2012): A természettudományos gondolkodás fejlesztése és értékelése. In: Csapó B. – Szabó G. (szerk.): *Tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez*. Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó, 17–58. <https://publicatio.bibl.u-szeged.hu/6058/>
- B. Németh M. – Korom E. (2012): A természettudományos műveltség és az alkalmazható tudás értékelése. In: Csapó B. – Szabó G. (szerk.): *Tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez*. Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó, 59–92. https://publicatio.bibl.u-szeged.hu/11226/1/Termesztudomany_tartalmi_keretek_59_92_u.pdf

- Csapó B. (szerk.) (1998): *Az iskolai tudás*. Budapest: Osiris Kiadó
- Csapó B. – Korom E. – Molnár Gy. (szerk.) (2015): *A természettudományi tudás online diagnosztikus értékelésének tartalmi keretei*. Budapest: Oktatókutató és Fejlesztő Intézet, https://ofi.oh.gov.hu/sites/default/files/attachments/nt_42702_a_termeszettudomanyi_tudas_online_diagnosztikus_ertekelesenek_tartalmi_keretei.pdf
- Csapó B. – Molnár Gy. (2019): Online Diagnostic Assessment in Support of Personalized Teaching and Learning: The eDia System. *Frontiers in Psychology*, 10, 1522. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2019.01522/full>
- Csapó B. – Szabó G. (szerk.) (2012): *Tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez*. Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó, http://pedagogus.edia.hu/sites/default/files/termeszettudomany_tartalmi_keretek.pdf
- Csikos Cs. (2007): *Metakogníció – A tudásra vonatkozó tudás pedagógiája*. Budapest: Műszaki Kiadó
- Habók A. (2017): *A tanulás tanulása*. Budapest: Gondolat Kiadó
- Korom E. (2005): *Fogalmi fejlődés és fogalmi váltás*. Budapest: Műszaki Könyvkiadó
- Molnár Gy. – Pásztor A. – Kiss R. et al. (2021): Az eDia online diagnosztikus értékelő rendszer: a személyre szóló fejlesztés alapvető eszköze. *Új Pedagógiai Szemle*, 71, 09–10, 42–53. https://publicatio.bibl.u-szeged.hu/23122/1/upsz_7109-10_2021__009__molnar-pasztor-kiss-csapo_az_edia.pdf
- Molnár Gy. (2006): *Tudástranszfer és komplex problémamegoldás*. Budapest: Műszaki Kiadó
- Mullis, I. V. – Martin, M. O. (eds.) (2017): *TIMSS 2019 Assessment Frameworks*. Amsterdam: International Association for the Evaluation of Educational Achievement, <https://timssandpirls.bc.edu/timss2019/frameworks/>
- Nagy L. (2006): *Az analógiás gondolkodás fejlesztése*. Budapest: Műszaki Kiadó
- OECD (2019a): *PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do*. Paris: OECD Publishing, <https://www.oecd.org/education/pisa-2018-results-volume-i-5f07c754-en.htm>
- OECD (2019b): *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*. Paris: OECD Publishing, https://www.oecd-ilibrary.org/education/pisa-2018-assessment-and-analytical-framework_b25efab8-en

URL1: <https://www.nextgenscience.org/>

A TERMÉSZETTUDOMÁNYOS GONDOLKODÁS ÉS KUTATÁS KÉSZSÉGEINEK FEJLESZTÉSE KISISKOLÁSKORBAN

DEVELOPING SCIENTIFIC REASONING AND INQUIRY SKILLS IN EARLY CHILDHOOD

Korom Erzsébet¹, Csiszár Imre²

¹habilitált egyetemi docens

Szegedi Tudományegyetem Neveléstudományi Intézet Oktatásméлет Tanszék, Szeged,

MTA–SZTE Természettudomány Tanítása Kutatócsoport

korom@edpsy.u-szeged.hu

²közéiskolai tanár, mesterpedagógus

Szegedi Tudományegyetem Gyakorló Gimnázium és Általános Iskola, Szeged,

MTA–SZTE Természettudomány Tanítása Kutatócsoport, SZeReTeD – Szegedi Regionális Természettudományos Diáklaboratórium

laborvezeto@szereted.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A természettudományos nevelés számos kihívással szembesül napjainkban, hogy megfeleljen a 21. század elvárásainak. A fejlesztési célok között kiemelt szerepet kap az ismeretek értelmes elsajátítása, a tudás alkalmazása, a gondolkodás és a kreativitás fejlesztése, a tanulási motiváció és a természettudomány iránti érdeklődés növelése. Ahhoz, hogy mindez megvalósuljon, és a közoktatásból kikerülve a tanulók rendelkezzenek a mindennapi életben való boldoguláshoz, a felelős állampolgári magatartáshoz szükséges természettudományos ismeretekkel vagy a természettudományos irányú továbbtanuláshoz szükséges tudással és készségekkel, a természettudományos nevelést fontos a jelenleginél korábban (óvodás-, illetve kisiskoláskorban) elkezdni, és ezt a jelenleginél nagyobb tudatossággal végezni. A tanulmány elsősorban a természettudományos gondolkodás és kutatás készségeinek fejlesztésére helyezi a hangsúlyt, összefoglalva a legfontosabb kutatási eredményeket. Tárgyalja a megismerés és a gondolkodás fejlődésének szakaszait és azokat a megismerő tevékenységeket, amelyek támogathatják az egyes életkori szakaszokban a természeti jelenségek megismerését, vizsgálatát és a tudományos ismeretek megalapozását. Az elméleti háttér mellett bemutat egy kisiskolásoknak készült, a kutatásalapú tanulásra építő fejlesztő programot is, amelyet az MTA–SZTE Természettudomány Tanítása Kutatócsoport dolgozott ki, és amelynek elemeit a *Gondolkodtató természettudomány-tanítás* című módszertani sorozat egyik kötetében adott közre.

ABSTRACT

Science education needs to face numerous challenges to meet the requirements of the 21st century. Among our educational objectives, special emphasis is now given to meaningful learning, application of knowledge, fostering reasoning and creativity, and enhancing learning motivation and interest in science. For students graduating from public education to be equipped with

the knowledge and skills required for everyday life and/or for continuing their studies, science instruction needs to start earlier (at pre-school or early primary school), following a carefully designed plan, and to do so with greater awareness than at present. The paper will provide a theoretical framework for this educational task with a summary of the most significant research results in developmental psychology and science education. The stages of cognitive development will be discussed. A selection of educational activities will be described that may support the discovery and examination of science phenomena and help build the foundations of scientific knowledge at each stage. In addition to the discussion of the theoretical background, a few practical examples of classroom activities focusing on student participation and building on inquiry-based learning are presented. These activities have been developed by the MTA–SZTE Science Education Research Group at the University of Szeged and published in Hungarian in a series of education methodological volumes entitled *Science Education with the Focus on Reasoning Skills* aimed at a readership of teachers and trainee teachers.

Kulcsszavak: természettudományos nevelés, tudományos gondolkodás, kutatási készségek, óvodás- és kisiskoláskor, kutatásalapú tanulás

Keywords: science education, scientific reasoning, inquiry skills, early childhood, inquiry-based learning

BEVEZETÉS

Az iskolai oktatás egyik legfontosabb célja, hogy megtanítsa a tanulókat gondolkodni. A természettudomány tanítása erre kiváló lehetőséget kínál, hiszen az ismeretanyag megértése, az összefüggések felismerése, a számítási feladatok vagy problémák megoldása sokféle gondolkodási képesség alkalmazását igényli. Derek Hodson (2014) négy tanulási célt különít el a természettudományos nevelésben: (1) a természettudomány tanulása (learning science): fogalmi, elméleti diszciplináris tudás elsajátítása; (2) a természettudományról tanulás (learning about science): a tudományos vizsgálat jellemzőinek, valamint a tudományos elméletek eredetének és fejlődésének megértése, a tudományos nyelv és kommunikáció ismerete, a tudomány-technológia-társadalom-környezet közötti kapcsolatok felismerése; (3) a tudomány művelése (doing science): a tudományos kutatásban és problémamegoldásban való részvétel; (4) társadalmi-tudományos kérdések kezelése (addressing socio-scientific issues): kritikai készségek fejlesztése a személyes, társadalmi, gazdasági, környezeti és erkölcsi-etikai vonatkozásokkal való szembenézéshez. A tudomány művelése szorosan összefügg az első két tanulási céllal, ugyanis a tudományos kutatás (scientific inquiry) révén fejlődhet a tanuló fogalmi megértése és gyarapodhat a kutatómódszertani tudásuk (procedural knowledge) is. Bármelyik tanulási célt tekintjük, mindegyik elérésében alapvető szerepe van a gondolkodásnak.

A TERMÉSZETTUDOMÁNYOS GONDOLKODÁS ÉS KUTATÁS
SZEREPE A TANULÁSBAN

A természettudományok tanulásában gyakran használt egyszerűbb gondolkodási képességek az összehasonlítás, a sorképzés, a csoportosítás, a rendszerezés, az arányossági, a kombinatív, a korrelatív vagy a valószínűségi gondolkodás, de számos esetben komplexebb, magasabb szintű gondolkodási képességekre is szükség van, mint például az induktív, a deduktív, az analógiás vagy a kritikai gondolkodás (Adey–Csapó, 2012). Mivel a természettudományok kutatási módszerei a hipotézisek felállítására, a fizikai környezettel történő kölcsönhatásokra, illetve azok tanulmányozására és a mérési eredményekből való következtetésekre helyezik a hangsúlyt (Jirout–Zimmerman, 2015), a gondolkodásfejlesztéssel összefüggésben a természettudományos megismeréshez, vizsgálathoz szükséges kutatási készségek (inquiry skills) elsajátítása is kiemelt szerepet kap. A kutatási készségek közé tartozik a kérdésfeltevés, a hipotézisalkotás, a kísérlettervezés és kivitelezés, a változók azonosítása és kontrollja, a tapasztalatok, adatok rögzítése, elemzése, a következtetések levonása és az eredmények kommunikálása (Wenning, 2007). A természettudományos gondolkodás átfogó fogalom, azon mentális műveletek összességét jelenti, amelyeket a természettudományos témákról való gondolkodás, a tudományos problémákkal való foglalkozás vagy valamilyen megismerő tevékenység, például vizsgálódás, kísérletezés során végzünk (Dunbar–Fugelsang, 2005). Számos kognitív és metakognitív készséget foglal magában (Zimmerman, 2007).

A természettudományos gondolkodás és kutatás fontosságát jól érzékeltetik a természettudományos tudást mérő nemzetközi vizsgálatok elméleti keretei. A PISA-vizsgálat természettudományos műveltséget leíró modelljében olyan készségek kerülnek a középpontba, mint a jelenségek tudományos magyarázata, a vizsgálatok tervezése, értékelése, az adatok és bizonyítékok tudományos értelmezése. Emellett fontos szerepet kap az ismeretjellegű tudás három típusa: a *deklaratív* tudás (természettudományos fogalmak, tények, összefüggések, modellek, elméletek, törvények ismerete); a *procedurális* tudás (a tudományos kutatásokban alkalmazott módszerek, eljárások ismerete) és az *episztemikus* tudás (a tudomány természetének, működési alapelveinek ismerete, megértése), valamint a tudás különböző kontextusokban (személyes, helyi/nemzeti, globális) való alkalmazása és a tudománnyal szembeni attitűdök formálása (OECD, 2019). A TIMSS- (Trends in International Mathematics and Science Study) felmérések is nagy hangsúlyt fektetnek a természettudományos *gyakorlatokra* (science practices), azokra a tudományos kutatáshoz, vizsgálódáshoz szükséges készségekre, amelyek minden természettudományos diszciplína tanulásához szükségesek (Mullis–Martin, 2017).

A TERMÉSZETTUDOMÁNYOS GONDOLKODÁS FEJLESZTÉSE

Haim Eshach és Michael N. Fried (2005) a természettudományos gondolkodás fejlődésére vonatkozó kutatási eredményeket áttekintve megállapítják, hogy megfelelő módszerekkel, tudatos pedagógusi támogatással már óvodáskorban érdekes és fontos elkezdni a természettudományok tanítását. Ennek egyik alapja és hajtóereje a természetes gyermeki kíváncsiság. A kíváncsiságra és a tanulók érdeklődésére építő tananyag segíti a természettudomány iránti pozitív attitűd kialakulását. A jelenségek tanulmányozása, a kezdeti tapasztalatok kihatnak a természettudományos fogalmak elsajátítására, későbbi mélyebb megértésére, valamint a tudományos gondolkodás, elemzőképesség fejlődésére.

Jamie Jirout és David Klahr (2009) meghatározása szerint a kíváncsiság a bizonytalanság olyan preferált mértéke, amely kérdésfeltevéshez vagy felfedező magatartáshoz vezet. A gyerekeket természetüktől fogva jellemzi a kíváncsiság, az a késztetés, hogy megismerjék és megértsék a körülöttük lévő világot. Egyszerű problémák esetében már a négy-öt éves gyerekek is képesek arra, hogy kérdéseket tegyenek fel a bizonytalanság kezelésére, és a megszerzett információkat képesek felhasználni a bizonytalanság feloldására. A kérdések hatékonyabb használatában hat-hét éves korban jelentős fejlődés tapasztalható (Jirout–Zimmerman, 2015).

A kíváncsiság, az ismeretlen felfedezésének vágya olyan helyzetekben működik leginkább, ahol van némi bizonytalanság, de nem túl sok. A gyerekek a közepes bizonytalansági szintet részesítik előnyben a minimális és a maximális bizonytalansági szinttel szemben (Jirout–Klahr, 2009). Mindez segítheti az óvodapedagógusokat, tanítókat abban, hogy tudatosan építsenek a gyermekek kíváncsiságára. Az optimális bizonytalanság megteremtése azonban nem egyszerű. Ahhoz, hogy a gyerekek kíváncsivá váljanak, nemcsak az a fontos, hogy bizonytalanságot teremtsünk a környezetben, hanem hogy a gyerekek kognitívan érzékeljék a bizonytalanságot. Ha a gyerekeknek szilárdan megalapozott meggyőződésük van egy témáról, nem lesznek kíváncsiak, hiszen már eleve úgy gondolják, hogy tudják azt, amit a pedagógus szeretne nekik megtanítani. Ebben az esetben segíthet, ha a pedagógus kognitív konfliktust teremt, létrehoz egy olyan helyzetet, ami ellentmondásban van a gyerekek meglévő tudásával (Jirout–Zimmerman, 2015). A kognitív konfliktus keltésének számos lehetősége van. Ilyen például tanári kísérlettel vagy kérdések, beszélgetés révén olyan bizonyítékok bemutatása, amelyek más megvilágításba helyezik a dolgokat, újabb szempontokat vetnek fel. Ha a gyerekek felismerik a bizonytalanságot, törekszenek annak feloldására, ezért kérdéseket tesznek fel, és alaposabban megfigyelik, megvizsgálják a jelenségeket.

A gyerekek kíváncsiságát többféle stratégiával lehet segíteni. Ilyen például a támogató osztálytermi légkör, ami lehetőséget ad a felfedezésre, a hangosan gondolkodásra, a problémamegoldásra; ahelyett, hogy megmondanánk a gyerekeknek, hogy mit tegyenek. Modellezhetjük számukra a kíváncsiságot: megmu-

tathatjuk, hogy mások sem tudnak mindent, de ha szeretnének valamit megtanulni, akkor kérdéseket tesznek fel, információkat keresnek, kutatásokat végeznek. A pedagógus ösztönözheti és irányíthatja a kérdések megfogalmazását, és rávezetheti a gyerekeket arra is, hogy egy probléma megválaszolásához többféle úton is el lehet jutni (Jirout, 2020).

Bár a kíváncsiság, a kérdésfeltevés és a felfedezés spontán is fejlődnek, a tudományos gondolkodás és vizsgálódás készségeinek fejlesztése tudatos tanári munkát igényel. A kérdésfeltevés egy idő után elvezet hipotézisek megfogalmazásához és elméletek megalkotásához, a megfigyelés és a bizonyítékok értékelése pedig a pontos mérésekhez és a statisztikai modellek alkalmazásához. Az információgyűjtés az alapja annak, hogy később kialakuljon a változók azonosításának és a kontrollált vizsgálatok tervezésének készsége (Jirout–Zimmerman, 2015).

A KUTATÁSI KÉSZSÉGEK FEJLESZTÉSE KUTATÁSALAPÚ TANULÁSSAL

A kutatásalapú tanulás (inquiry-based learning, IBL) a tanulás konstruktivista megközelítésén alapuló aktív tanulási forma, amely lehetővé teszi, hogy a tanulók megismerjék és alkalmazzák a tudományos megismerés módszereit a természettudományos tananyag feldolgozása során. A kutatásalapú tanulás lépéseit Margus Pedaste és munkatársai (2015) modellje négy nagyobb egységre bontja: (1) ráhangolódás (a tanulók érdeklődésének felkeltése, például a témához kapcsolódó történettel, videóval, hétköznapi tapasztalattal); (2) koncepcióalkotás (problémafelvetés, kutatási kérdések megfogalmazása, hipotézisalkotás); (3) vizsgálódás (megfigyelés, vizsgálat/kísérlet, adatgyűjtés, adatelemzés; (4) következtetés. A tanulók egyénileg vagy kisebb csoportokban dolgoznak, és minden szakaszban nagy szerepe van a megbeszélésnek, a tanulók közötti, illetve a tanulók és a tanár közötti interakcióknak, valamint a kutatás folyamatára, és az elvégzett munkára való reflexiónak. A kutatásalapú tanuláshoz több formáját különböztetik el aszerint, hogy a folyamat mely lépéseit végzi a tanár, és melyet a diákok. Leggyakrabban három típust határoznak meg (Spronken-Smith–Walker, 2010). A *strukturált kutatás* során a tanár fogalmazza meg a kutatási kérdést, és határozza meg a kísérlet menetét, az alkalmazandó eljárásokat és eszközöket. A tanulók a kísérlet megvalósítását, a tapasztalatok összegzését, a következtetést és az eredmények bemutatását végzik, lépésről lépésre a tanári instrukciók alapján. Az *irányított kutatásnál* a tanár veti fel a problémát, és fogalmazza meg a kutatási kérdést. A kísérlet tervezését és a további lépéseket a tanulók önállóan végzik tanári támogatás mellett. A *nyitott kutatás* során minden lépést a tanulók önállóan végeznek, a tanár segítő, facilitátori szerepet tölt be a tanulás során. Egyes megközelítések (például Bell et al., 2005) a három típust kiegészítik egy továbbival, a *megerősítő*

kutatással, ahol a tanulók már ismerik az adott kísérlet kimenetét, és a feladatuk az, hogy reprodukálják az eredményt.

Természettudományos témák kutatási szemléletű feldolgozása óvodáskorú gyerekek körében is lehetséges. Például Ala Samarapungavan és munkatársai (2011) azt tapasztalták, hogy azok a gyerekek, akik részt vettek az egy éven át tartó, hat témát feldolgozó programban, jobban megértették az alkalmazkodás, a növekedés és fejlődés fogalmát, illetve a biológiai struktúra és funkció közötti kapcsolatot. Sikeresen be tudtak kapcsolódni a pedagógus által irányított vizsgálódásokba. Képesek voltak használni a korábbi tapasztalataikat az élőlényekkel kapcsolatban, kérdéseket tettek fel, előrejelzéseket fogalmaztak meg, egyszerű megfigyeléseket végeztek, és következtetéseket vontak le a megfigyeléseik alapján. A gyerekek nemcsak részt tudtak venni a tudományos folyamatokban, de meg is értették a tudományos kutatás kulcsfontosságú aspektusait. A fejlesztés további hozadéka volt, hogy a kísérletbe bevont gyerekek érdeklődése, motivációja is növekedett a természettudományos témák iránt. Kisiskoláskorban a kutatásalapú tanulás típusai közül elsősorban a strukturált kutatást célszerű alkalmazni, és számos kutatási készség (például egy témában a vizsgálható kérdések megfogalmazása, előrejelzések, megfigyelések, vizsgálatok végzése, adatok összegyűjtése, rögzítése, értékelése, tapasztalatok megfogalmazása és megvitatása, adatok alapján következtetések levonása) fejlesztését be lehet építeni a tanításba (lásd például O'Connor–Rosicka, 2020).

A megfigyelés fejlesztése kiemelten fontos, mivel ez olyan más kutatási készségekhez vezet, mint például az előrejelzések megfogalmazása, hipotézisek felállítás. A megismerést segítő tevékenységek változnak a gyerekek kognitív fejlettségével, amit Wynne Harlen (2006) három életkori szakaszra bontva foglalt össze. Az óvodáskor utolsó és a kisiskoláskor első éveiben (öt-hét éves kor) a közvetlen tapasztalatszerzés és a felfedezés a mindennapokból ismerős tárgyakkal, jelenségekkel történik, amelyeket megfigyelhetnek, megvizsgálhatnak, csoportosíthatnak, rendszerezhetnek a gyerekek. A tárgyakat szét is szedhetik, megvizsgálhatják az alkotóelemeiket, szerkezetüket, és maguk is készíthetnek egyszerű modelleket. A következő életkori szakaszban (nyolc-tíz éves kor) a megfigyelt dolgok köre és a megfigyelés is összetettebb lesz (például mintázatok, összefüggések keresése). A gyerekek vizsgálatokat végezhetnek, amelyek során ők idézik elő a változást. Egyszerű kísérleti helyzetekben megértik az „egyszerre egy tényezőt változtatunk” elvet. A tevékenységek megválasztásával és folyamatos támogatással a pedagógusok már ebben az időszakban is ösztönöznék tudják a gyerekeket arra, hogy a jelenségek magyarázatához szisztematikus vizsgálatokat végezzenek, és ne véletlenszerűen cselekedjenek. A vizsgálati módszerek köre a tíz-tizenkét éves korosztálynál tovább bővül. A részletes és különböző eszközöket is alkalmazó megfigyelés mellett egyre nagyobb szerepe lesz a mérésnek, valamint a mérések megismétlésével és a pontosságra való odafigyeléssel a kvantitatív megközelítés fejlesztésének.

TERMÉSZETTUDOMÁNYOS FOGLALKOZÁSOKBA ÁGYAZOTT GONDOLKODÁSFEJLESZTÉS
KISISKOLÁSKORBAN

Hazánkban az alsó tagozatos diákok számára történő természettudományos ismeretek közvetítésére a környezetismeret tantárgy biztosít intézményi szintű lehetőséget, amelyben döntően az élő környezettel kapcsolatos tartalmak jelennek meg, jellemzően igen kevés közvetlen tapasztalatszerzésen alapuló aktivitással. Az utóbbi években, a NAT 2020 alapján már ez is csak az alsó tagozat befejező szakaszában, a 3. és a 4. évfolyamon, hiszen az 1. és a 2. évfolyam tantárgyai közül eltűnt a környezetismeret. Ennek a korosztálynak jelenleg tanórán kívüli iskolai vagy külső helyszíneken zajló foglalkozások keretében, egyéni szervezésben valósulhat meg a természettudományos ismeretek átadása.

Néhány éve formálódik az a szakmai közösség, amelynek tagjai keresik az utat, illetve azokat a megvalósulási formákat, hogy milyen módon lehet intézményi keretek között lehetőséget teremteni a kisiskolások természettudományos gondolkodásának fejlesztésére (Csiszár, 2019). Ennek a munkának tudományos beágyazódási lehetőséget teremtett az MTA–SZTE Természettudomány Tanítása Kutatócsoportban a Tudomány Gyermekeknek Munkacsoport. Itt vizsgáltuk a kisiskoláskori természettudomány-tanítás tudományos alapjait, kutattuk hatékony megvalósulásának körülményeit, ismerkedtünk az ilyen irányú nemzetközi törekvésekkel és tapasztalatokkal, tananyagokat, valamint foglalkozásterveket fejlesztünk. Munkánk eredményét számos tanulmányban, valamint a tanítóknak, tanároknak, pedagógusjelölteknek szóló módszertani kézikönyvben (Korom–Csiszár, 2020) adtuk közre, amely a kutatócsoport által készített *Gondolkodtató természettudomány-tanítás* ötkötetes sorozat része.¹ A továbbiakban az általunk kidolgozott fejlesztő program, illetve annak kimunkálásának néhány fontosabb elemét foglaljuk össze.

A természettudományokat tanító tanárok évtizedes tapasztalatai egybecsengenek azokkal a kutatási eredményekkel, amelyek rámutatnak arra, hogy mire a diákok az iskolában a szaktantárgyak keretében a 7–8. évfolyamon találkoznak a természettudományokkal, már kialakul bennük egyfajta ellenérzés (lásd például Chrappán, 2017), illetve sokak számára reménytelenül nehéznek tűnő akadályként jelennek meg ezek a tantárgyak. Ennek egyik meghatározó oka az lehet, hogy a diákok korábbi tanulmányaiból hiányoznak olyan elemek, amelyek alapot teremthetnének a későbbi sikeresebb fejlesztéshez. Az általános iskola befejező két évfolyamához érkeve szakadék tátong a tanulók felkészültsége és a termé-

¹ A *Tanító* folyóiratban 2019-ben indult *Természettudomány kisiskoláskorban* című sorozatunk hét tanulmánya, valamint az MTA–SZTE Természettudomány Tanítása Kutatócsoportban készült további publikációk, módszertani anyagok, jó gyakorlatok megtalálhatók a kutatócsoport honlapján: URL1.

szettudományokat tanító pedagógusok által a diáktól „elvárt” tudás- és képességszint között. A tanulók döntő többségénél az értő tudás hiánya tapasztalható, hiányzik a kísérleti tapasztalatszerzésen alapuló fogalomalkotás, nagyon gyenge a manuális készségük, alig ismerik a legalapvetőbb eszközök működését, használatát, nagy nehézségbe ütközik bizonyos egyszerű műveletek önálló végrehajtása. Mindezek következménye az a tapasztalat, miszerint a diákok túlnyomó része számára már az első diszciplínákra bontott természettudományos órákon elveszik a kapcsolat a diák és a tanár (vagy a tantárgy) között. Kutatómunkánk során arra kerestük a választ, hogy mit lehet tenni intézményi szinten, hogy ezek a tendenciák megváltozzanak. A helyzet javítását tűztük ki célul, melyhez egy hosszú távú fejlesztő program kidolgozását kezdtük meg. Abban a reményben végezzük ezt a munkát, hogy eredményeként érzékelhetően javulnak azok a kiindulási feltételek, amelyekre alapozni lehet a természettudományos szaktárgyi oktatás megkezdésekor.

A kisiskolások természettudományos gondolkodásának és kutatási készségeinek fejlesztésére irányuló program kidolgozásának legfontosabb jellemzői az alábbiak szerint foglalhatók össze. A program a tanulók tevékenységére, aktivitására épít, a kutatásalapú tanulás formái közül a megerősítő és a strukturált kutatást alkalmazza folyamatos pedagógusi irányítással és támogatással. A tanórán kívüli, de az iskolai tanulás szerves részét képező foglalkozásokon a tanulók kisebb csoportokban végeznek vizsgálatokat, majd a pedagógus által irányított beszélgetésben fogalmazzák meg a tapasztalataikat és a következtetéseiket. A foglalkozások témaköreinek kiválasztásánál lehetőséget kerestünk arra, hogy a gyermekek hétköznapi tapasztalataihoz, tevékenységeihez, esetleg játékaikhoz kapcsolódó folyamatok, jelenségek vizsgálataira kerüljön sor, oly módon, hogy a gyermekek által jól ismert, nap mint nap használt eszközöket, játékokat is felhasználjunk a gyerekekkel együtt végzett vizsgálatokban, kísérletekben. A kísérletek kiválasztása során fontos szempont volt, hogy azok minden esetben olyanok legyenek, amelyeket a tanítók teljes biztonsággal és viszonylag egyszerűen el tudnak végezni, illetve végeztetni a tanulókkal. A foglalkozások két vagy három párhuzamos helyszínen, csoportcserével (forgószínpadszerűen) történtek, így figyelniük kellett arra is, hogy a csoportok váltása között gyorsan újrendezhető legyenek az eszközök. A kísérletek során felhasznált eszközök és anyagok megválasztásánál törekedtünk arra, hogy minél egyszerűbb, a háztartásokban is előforduló eszközöket és anyagokat használjunk. Lehetőség szerint kerültük a speciális laboratóriumi eszközök használatát, olyanokat kerestünk helyettük, amelyek könnyen hozzáférhetőek. A kísérletekhez használt anyagok mennyiségénél törekedtünk a takarékosagra, és kerültük a szükségtelenül nagy mennyiségek használatát. Odafigyeltünk a háztartási hulladékok (például: PET-palack, alumíniumdoboz stb.) újrahasznosításának lehetőségére. A foglalkozások felépítésekor azonosítottuk a gondolkodási műveletek (például: összehasonlítás, sorképzés, csoportosítás, ok-okozati kapcsolatok

felismerése, szabályszerűségek, analógiák azonosítása) és a kutatási készségek (például: kérdésfelvetés, előrejelzés, kísérlet elvégzése, adatgyűjtés, következtetés) fejlesztésének lehetőségeit. A megvalósítás során figyelmet fordítottunk arra, hogy minél több további készség (például: együttműködés, kommunikáció) komplex fejlesztésére sor kerüljön. Kerestük a lehetőségeket a tantárgyakon átívelő fejlesztésekre. A gyermekek kísérleti tevékenységének tervezése során olyan alkalmakat is beépítettünk, amikor kipróbálhatták és gyakorolhatták a mérőeszközök és az egyszerűbb „laboratóriumi” eszközök használatát.

Az általunk kidolgozott program felépítése igazodik a gyermekkori megismerés és gondolkodás fejlődésének jellemzőihez. A program első szakasza az írni, olvasni, számolni nem tudó vagy éppen tanuló korosztálynak szól. Ezek egyrészt az óvodai nevelés utolsó évében, az iskolai előkészítő foglalkozásokhoz kapcsolódó aktivitások, másrészt az 1. évfolyamon elvégezhető rövid, a tanulók által megvalósított vizsgálatokra alapozott egyszerű tevékenységek. A második szakasz a 2–4. évfolyamosok számára tartalmaz foglalkozásokat, amelyek adott témakörök tematikus feldolgozására adnak lehetőséget tanulói kísérletek elvégzése és azok elemzése során. Ennek a szakasznak a témakörei az egyes tanévekben: folyadékok, gázok, elektromágneses jelenségek. Ezen témákhoz kidolgozott foglalkozástervekből került bemutatásra néhány a fent említett módszertani kézikönyvben. A programban szereplő foglalkozásokat meg lehet valósítani a tanév során egyetlen elosztva (például havonta), de témahét, esetleg tematikus tábor keretében is. A harmadik részben a felső tagozat első két évfolyamára járó tanulók fejlesztése történik, ami véleményünk szerint meghatározóan fontos eleme a fejlesztési folyamatnak. Ennek a szakasznak a részletes kimunkálása és kipróbálása a jövőbeni terveink között szerepel.

A fejlesztő program középső részének (2–4. évfolyam) gyakorlati kipróbálása a Szegedi Tudományegyetem két gyakorló iskolájában kezdődött a Szegedi Regionális Természettudományos Diáklaboratórium Kisiskoláskori Természettudományos Nevelés Munkacsoport tagjainak közreműködésével. A kipróbálás során több kérdésre kerestük a választ. Egyrészt arra, hogy a foglalkozásleírásokban tervezett kísérleteket el tudják-e végezni a diákok a megadott útmutatások alapján, illetve, hogy mennyi időt vesznek igénybe az egyes kísérletek, illetve foglalkozások. Másrészt a munkánk lényegi részét képező, a gondolkodásfejlesztés lehetőségét hordozó, elemző beszélgetésekhez készített kérdések tesztelése szerepelt céljaink között. Azt is fontosnak tartottuk megvizsgálni, hogy ezek a foglalkozások hogyan illeszthetők be a tanítók és a diákok hétköznapijaiba. Milyen többletterhet ró ez a munka a pedagógusokra, és mennyire vállalható a mindennapi feladataik mellett, illetve milyen lehetőség kínálkozik a foglalkozások beillesztésére az iskolai tanulásba.

A pilot kutatás megvalósítása két tanéven keresztül zajlott 2. évfolyamos diákokkal, havonta egy délutáni alkalommal, a napközi időszakában. A 2. évfolya-

mon három csoportra osztottuk az osztályt, a két tanító és a kipróbálás vezetője vezette a foglalkozásokat. Egy alkalommal három 20 perces foglalkozáson vettek részt a gyermekek csoportcserével, tehát minden diák mindhárom foglalkozáson. Az egyes csoportokban nyolc–tíz diák volt, akik párokban dolgoztak. A foglalkozások között 10 perc szünetet tartottunk, ami ahhoz is szükséges volt, hogy a következő csoport számára ismét előkészítsük a helyszínt. Egy-egy foglalkozás alkalmanként összesen kb. másfél órás elfoglaltságot jelentett a tanulók számára. A 3. évfolyamon folytatódott a program, ami annyiban változott, hogy két csoportban folytak a foglalkozások, úgy, hogy az osztály felét foglalkoztattuk két csoportban, ez idő alatt az osztály másik fele a napköziben volt. A két tanévben megvalósuló munkaformák között az volt a különbség, hogy egy vagy két tanító vett-e részt a foglalkozások vezetésében.

A tantermeknek nem volt semmiféle speciális felszereltségük, az iskola két, egymás mellett elhelyezkedő, átlagos elrendezésű tantermei voltak. A foglalkozásokhoz alapos előkészítő munkára volt szükség. A foglalkozásterveket előzetesen tanulmányozták a tanítók, majd részletesen megbeszélték a kipróbálás szakmai vezetőjével. A kísérletekhez szükséges eszközöket és anyagokat össze kellett gyűjteni, ezeket megfelelően előkészíteni. Ebbe néha a diákokat (szülőket) is be lehetett vonni, ha például nagyobb mennyiségű PET-palackra, alumíniumdobozra volt szükség. Azt nem állíthatjuk, hogy soha semmit nem kellett vásárolni, de ezek költségei nem jelentettek számottevő anyagi terhet az iskola számára. A tanítók előzetesen, a szakmai vezetővel együtt elvégezték a kísérleteket, áttekintették a szükséges szaktárgyi ismereteket, megbeszélték a fejlesztési célokat, és megvitaták a tanulók lehetséges kérdéseire, felvetéseire adható válaszokat. Kiemelték az egyes foglalkozások fókuszait, ami az előkészítő munka fontos része volt. Mindez igen időigényes vállalkozásnak bizonyult.

A tapasztalatok alapján elmondhatjuk, hogy figyelemre méltó nyitottsággal, példaértékű lelkesedéssel és igen kitartóan vettek részt a tanítók ebben a munkában. Egy-egy ilyen foglalkozás előkészítése a program szakmai vezetője számára kb. 25-30 órányi munkával járt, a kipróbálásban részt vevő tanítóknak kb. 5-6 órányi többletterhet jelentett. A diákok nagy várakozással tekintettek a foglalkozások elé, motiváltan, jókedvűen, érdeklődve vettek részt rajtuk. A szülők, akik számára szülői értekezleten mutattuk be a programot, teljes mértékű támogatásukról tettek tanúságot, fontosnak tartották, hogy a gyermekek azokon a délutánokon jelen legyenek, amikor ezekre a foglalkozásokra sor kerül. A munkánk során gyűjtött tapasztalatainkat, eredményeinket (például a foglalkozásokról készített videófelvételek elemzése, a részt vevő diákok és tanítók visszajelzései) folyamatosan publikáljuk, és olyan kiadványokat készítünk, amelyek közvetlenül alkalmazható segédanyagokat jelentenek azok számára, akik szeretnék ezt a programot megvalósítani. Konferenciákon, műhelymunkákon, egyéb szakmai fórumokon osztjuk meg ez irányú tapasztalatainkat. A témában 30 órás pedagógus-továbbképzést

akkreditáltattunk, melyre hívjuk az érdeklődő pedagógusokat. A kutatás következő lépésében nagyobb mintán vizsgáljuk a program hatékonyságát.

Meggyőződésünk, hogy ezzel a fejlesztő munkával hiánypótló tevékenységet folytatunk. Amellett, hogy örömszerző élményt adunk diáknak, tanítónak egyaránt, kedvet ébresztünk a természettudományok későbbi, elmélyültebb tanulásához, valamint hozzájárulunk a tanulók gondolkodásának fejlesztéséhez, természettudományos szemléletmódjuk megalapozásához.

A kutatást a Magyar Tudományos Akadémia Tantárgy-pedagógiai Kutatási Programja támogatta.

IRODALOM

- Adey, P. – Csapó B. (2012): A természettudományos gondolkodás fejlesztése és értékelése. In: Csapó B. – Szabó G. (szerk.): *Tartalmi keretek a természettudomány diagnosztikus értékeléséhez*. Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó, 17–58. http://pedagogus.edia.hu/sites/default/files/termeszettudomany_tartalmi_keretek.pdf
- Bell, R. L. – Smetana, L. – Binns, I. (2005): Simplifying Inquiry Instruction: Assessing the Inquiry Level of Classroom Activities. *Science Teacher*, 72, 7, 30–33. https://cmapspublic2.ihmc.us/rid=IKLP3BZQ7-1PJHFVS-19RV/Simplifying_inquiry_instruction.pdf
- Chrappán M. (2017): A természettudományi tárgyak helyzete és elfogadottsága a közoktatásban. *Magyar Tudomány*, 178, 11, 1352–1368. DOI: 10.1556/2065.178.2017.11.3, https://mersz.hu/hivatkozas/matud_40#matud_40
- Csiszár I. (2019): Titkok padlása a SzeReTeD Laborban II.: alsósoknak szóló természettudományos foglalkozások tartalmi keretei. *Tanító*, 57, 4, 1–4. http://edu.u-szeged.hu/ttkcs/sites/default/files/uploads/files/publication/csiszar_ii_2019.pdf
- Dunbar, K. – Fugelsang, J. (2005): Scientific Thinking and Reasoning. In: Holyoak, K. J. – Morrison, R. G. (eds.): *The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning*. Cambridge–New York: Cambridge University Press, 705–725. tinyurl.com/4nm72uja
- Eshach, H. – Fried, M. N. (2005): Should Science Be Taught in Early Childhood? *Journal of Science Education and Technology*, 14, 3, 315–336. https://www.researchgate.net/publication/226334198_Should_Science_be_Taught_in_Early_Childhood
- Harlen, W. (2006): *Teaching, Learning and Assessing Science 5–12*. London: Sage
- Hodson, D. (2014): Learning Science, Learning about Science, Doing Science: Different Goals Demand Different Learning Methods. *International Journal of Science Education*, 36, 15, 2534–2553. DOI: 10.1080/09500693.2014.899722, tinyurl.com/ypsmjs6d
- Jirout, J. J. (2020): Supporting Early Scientific Thinking through Curiosity. *Frontiers in Psychology*, 11, 1717. DOI: 10.3389/fpsyg.2020.01717, <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2020.01717/full>
- Jirout, J. – Klahr, D. (2009): *Children's Recognition of Uncertainty and Exploratory Curiosity*. Paper Presented at the Society for Research in Child Development Conference, Denver.
- Jirout, J. – Zimmerman, C. (2015): Development of Science Process Skills in the Early Childhood Years. In: Cabe Trundle, K. – Saçkes, M. (eds.): *Research in Early Childhood Science Education*. Dordrecht: Springer, DOI: 10.1007/978-94-017-9505-0_7, https://www.researchgate.net/publication/283723757_Development_of_Science_Process_Skills_in_the_Early_Childhood_Years

- Korom E. – Csizsár I. (2020): *Gondolkodtató természettudomány-tanítás. Kisiskoláskor*. Szeged: Mozaik Kiadó, <http://edu.u-szeged.hu/ttkcs/kezikonyvek>
- Mullis, I. V. S. – Martin, M. O. (eds.) (2017): *TIMSS 2019 Assessment Frameworks*. Retrieved from Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center website: <http://timssandpirls.bc.edu/timss2019/frameworks/>
- O'Connor, G. – Rosicka, C. (2020): *Science in the Early Years. Paper 2: Science Inquiry Skills*. Australian Council for Educational Research, https://research.acer.edu.au/early_childhood_misc/16
- OECD (2019): *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*. Paris: PISA, OECD Publishing, DOI: 10.1787/b25efab8-en, https://www.oecd-ilibrary.org/education/pisa-2018-assessment-and-analytical-framework_b25efab8-en
- Pedaste, M. – Mäeots, M. – Siiman, L. A. et al. (2015): Phases of Inquiry-based Learning: Definitions and the Inquiry Cycle. *Educational Research Review*, 14, 47–61. DOI: 10.1016/j.edurev.2015.02.003, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1747938X15000068>
- Samarapungavan, A. – Patrick, H. – Mantzicopoulos, P. (2011): What Kindergarten Students Learn in Inquiry-based Science. *Classrooms. Cognition and Instruction*, 29, 4, 416–470. DOI: 10.1080/07370008.2011.608027, https://www.researchgate.net/publication/233176824_What_Kindergarten_Students_Learn_in_Inquiry-Based_Science_Classrooms
- Spronken-Smith, R. – Walker, R. (2010): Can Inquiry-based Learning Strengthen the Links between Teaching and Disciplinary Research? *Studies in Higher Education*, 35, 6, 723–740. DOI: 10.1080/03075070903315502 tinyurl.com/sex5xuu6
- Wenning, C. J. (2007): Assessing Inquiry Skills as a Component of Scientific Literacy. *Journal of Physics Teacher Education*, Online, 4, 2, 21–24. https://www.researchgate.net/publication/242496975_Assessing_inquiry_skills_as_a_component_of_scientific_literacy
- Zimmerman, C. (2007): The Development of Scientific Thinking Skills in Elementary and Middle School. *Developmental Review*, 27, 2, 172e223. DOI: 10.1016/j.dr.2006.12.001, https://www.researchgate.net/publication/222697483_The_development_of_scientific_thinking_skills_in_elementary_and_middle_school

URL: <http://edu.u-szeged.hu/ttkcs/>

A TERMÉSZETTUDOMÁNY TANULÁSÁNAK MOTIVÁCIÓI A 6. ÉS A 8. ÉVFOLYAMON

SCIENCE LEARNING MOTIVATION IN GRADES 6 AND 8

B. Németh Mária¹, Tóth Edit², Csíkos Csaba³, Korom Erzsébet⁴

¹egyetemi adjunktus

Szegedi Tudományegyetem Neveléstudományi Intézet Pedagógiai Értékelés és Tervezés Tanszék, Szeged,
MTA–SZTE Természettudomány Tanítása Kutatócsoport

mary@edpsy.u-szeged.hu

²egyetemi adjunktus

Szegedi Tudományegyetem Neveléstudományi Intézet Pedagógiai Értékelés és Tervezés Tanszék, Szeged,
MTA–SZTE Képességfejlesztés Kutatócsoport

³egyetemi tanár

Szegedi Tudományegyetem Neveléstudományi Intézet Pedagógiai Értékelés és Tervezés Tanszék, Szeged

⁴habilitált egyetemi docens

Szegedi Tudományegyetem Neveléstudományi Intézet Oktatásmélet Tanszék, Szeged,

MTA–SZTE Természettudomány Tanítása Kutatócsoport

ÖSSZEFOGLALÁS

A motiváció fontos szerepet játszik a természettudományok tanulásában, előrejelzi az iskolai teljesítményt, az akadémiai sikert, és befolyásolja a pályaválasztással kapcsolatos döntéseket. Jelen kutatás célja a természettudományok tanulási motivációinak jellemzése az általános iskolai természettudományos nevelés szakaszainak végén, a 6. és a 8. évfolyamon. A vizsgálat a Science Motivation Questionnaire II – SMQ II-kérdőív (Glynn et al., 2011) természetismeret, biológia, fizika és kémia tantárgyakra adaptált változatával folyt. A kérdőív öt komponense (intrinzik motiváció, önhatékonyság, öndetermináció, a jegyért tanulás, karriermotiváció) 5-5, ötfokú Likert-típusú skálán mérő itemet tartalmaz. Az elemzés a skálafokok (0–4) összevonásával évfolyamokra, tantárgyakra és komponensekre képzett mutatókkal, valamint az azokhoz rendelt motivációs szintek (alacsony, mérsékelt, magas és nagyon magas) szerint történt. A kérdőívek KMO-indexe 0,90–0,96, a megmagyarázott varianciája 63,3–71,0%, az alsóskálák Cronbach- α értékei 0,79–0,96. A vizsgálatban egy nagyváros húsz általános iskolájának 43 hatodik (N = 529) és 44 nyolcadik (N = 504) évfolyamos osztálya vett részt. Az eredmények szerint a természettudományok tanulási motivációja a 8. évfolyamon összességében alacsonyabb, mint a hatodikon. A motiváció gyengülését mutatja, hogy a két évfolyam között nő az alacsony és a mérsékelt motivációs szintű tanulók aránya, és csökken a magas és a nagyon magas szintűeké. Mindkét évfolyamon a legerősebb motívum a jegyért tanulás, a legkevésbé tanulásösztönző a karriermotiváció, amelyet az intrinzik motiváció követ. Leginkább az intrinzik motiváció gyengülése tapasztalható, de jelentős a visszaesés az öndetermináció és a karriermotiváció esetében is. A tantárgyak vonatkozásában a tanulók leginkább a természetismeret (6. évfolyam) és legkevésbé a kémia (8. évfolyam) tanulásában motiváltak; a biológia és a fizika között nincs szignifikans

különbség. A vizsgált motivációs komponenseket tekintve a fizika esetében a biológiához és a kémiához képest magasabb a karriermotiváció és alacsonyabb az öndetermináció. A kémia esetében az önhatékonyság nem mutat különbséget a biológiához és a fizikához viszonyítva, míg a másik négy alskála átlagos pontszáma szignifikánsan alacsonyabb. A természetismeret tanulásában nem különbözik lényegesen a fiúk és a lányok tanulási motivációja. A kémia tanulásában a lányok, a fizika tanulásában pedig a fiúk motiváltabbak. Megállapítható, hogy az SMQ II-kérdőív adaptált verziói alkalmasak a természettudományok tanulási motivációjának komplex vizsgálatára. Az SMQ II-kérdőívvel feltárt részletek megmutatták a két évfolyam közötti kedvezőtlen tendenciát okozó motivációs összetevőket.

ABSTRACT

Motivation has a key role in learning science. It predicts school performance, academic success and it has an effect on career planning. This research focuses on motivation to learn science in lower secondary school, at the end of the 6th and 8th grades. We used the SMQ II (Science Motivation Questionnaire) (Glynn et al., 2011), adapted for Biology, Physics and Chemistry, and Integrated Science. The questionnaire consists of five Likert-type items for each components (subscales): Intrinsic Motivation, Self-Efficacy, Self-Determination, Grade Motivation and Career Motivation. The subscales are analyzed according to school grades, school subjects, using pre-determined motivation threshold scores to define motivation categories from low to very high levels. Cronbach-alpha reliability coefficients for the subscales ranged from 0.79 to 0.96. For different grades and subjects, the Kaiser-Meyer-Olkin indices ranged from 0.90 to 0.96 with explained variances ranging from 63.3% to 71.0%. The sample consisted of twenty schools of a county seat town, 43 classes (N = 529) from grade 6, and 44 classes (N = 504) from grade 8. Our results suggest that the overall motivation to learn science is of lower level in grade 8 than in grade 6. As for the motivation levels, more students from grade 8 belong to the low and mediocre levels, while there are less students in grade 8 in the high and very high motivation categories. In both grades, the strongest motivation subscale is Grade Motivation, and Career Motivation is the weakest, while Intrinsic Motivation is of the second lowest level. Comparing grade 6 and 8, it is the Intrinsic Motivation subscale that decreased the most, followed by Self-Determination and Career Motivation. As for the school subjects, the highest level of motivation was in Grade 6 towards Integrated Science, while the lowest level was found in grade 8 towards Chemistry.

Among the several analyses yielding significant differences between the subscales, one example is that motivation to learn Physics is more characterized by career motivation and less by self-determination, as compared to Biology and Chemistry. There is no significant difference between boys and girls in motivation to learn Integrated Science. However, girls have significantly higher motivation to learn Chemistry, and boys are more motivated to learn Physics. The adapted version of the SMQ II proved to be reliable and informative in the Hungarian context, and it is suitable for refined analyses of different components of motivation in order to explain the negative tendencies between grade 6 and 8.

Kulcsszavak: természettudományok tanulása, intrinzik motiváció, önhatékonyság, öndetermináció, a jegyért tanulás, karriermotiváció, kérdőíves felmérés, SMQ II

Keywords: learning sciences, intrinsic motivation, self-efficacy, self-determination, grade motivation, career motivation, questionnaire survey, SMQ II

BEVEZETÉS

Számos kutatás foglalkozik a természettudományok tanulása iránti érdeklődés, attitűd és motiváció vizsgálatával (áttekintő tanulmányok például Krapp–Prenzel, 2011; Osborne et al., 2003), és a rendszerszintű felmérések is nyomon követik e tényezők alakulását. Az IEA TIMSS-vizsgálat rendszeresen méri, hogy a negyedik és a nyolcadik évfolyamos tanulók mennyire szeretik tanulni a természettudományos tantárgyakat, mennyire magabiztosak e tantárgyak tanulásában, és mennyire tartják hasznosnak azokat a jövőjük szempontjából (Mullis et al., 2020). Az eredmények és a trendanalízisek alapján elmondható, hogy a biológia kedveltebb tantárgy, mint a fizika vagy a kémia, és az iskolai pályafutás során csökken a természettudományok iránti érdeklődés. Ezt a problémát elemzi a Rocard-jelentés is, és felhívja a figyelmet arra, hogy a természettudományok tanulási motivációjának alacsony szintje akadályozhatja a felelős döntéshozatalhoz és magatartáshoz szükséges természettudományos műveltség megszerzését, valamint csökkenheti a természettudományokhoz kötődő pályaválasztási motivációt, különösen a lányok esetében (Rocard et al., 2007). A hazai tapasztalatok összhangban vannak a nemzetközi kutatások eredményeivel. Az elsajátítási motiváció a természettudomány esetében a 4., a 6. és a 8. évfolyam között csökken, míg a 8. és a 10. évfolyam között nem mutat szignifikáns változást (Józsa et al., 2017).

A KUTATÁS ELMÉLETI KERETEI

A motivációkutatás eredményei felvetik, hogy a természettudományok tanulását befolyásoló tényezők megértéséhez érdemes megvizsgálni a tanulók tantárgyspecifikus motivációit. Az ehhez szükséges érvényes, megbízható és relatíve könnyen kezelhető mérőeszköz a Science Motivation Questionnaire (SMQ – Természettudományok Tanulásának Motivációi Kérdőív). Az eredendően felsőoktatásban tanuló motiválatlan hallgatók azonosítására kidolgozott SMQ I- (Glynn–Koballa, 2006) és a rövidített SMQ II- (Glynn et al., 2011) kérdőíveket ma már számos nyelvre lefordították, és a legkülönbélebb kutatásokban használják (Olic et al., 2014; Schumm–Bogner, 2016; Taasoobshirazi–Carr, 2009). Jelen kutatásban az SMQ II-kérdőívet az általános iskolai korosztályra adaptáltuk, és a 6., valamint a 8. évfolyamos tanulók tanulási motivációjának vizsgálatára alkalmaztuk a természetismeret, illetve a biológia, a fizika és a kémia tantárgyakban. Hasonló, egyszerre több tantárgyat és korecsoportot érintő kutatásra nem találtunk példát a szakirodalomban.

Az SMQ-kérdőívek elméleti kerete egy ötkomponensű modell, amelynek elemei a belső (intrinzik) és külső (jegyért/fokozatért tanulás, a karriertervek) motiváció, valamint az önhatékonyság és az öndetermináció. A belső és a külső motiváció a cselekvések oka, elindítója. A *belső motiváció* (intrinzik motivation)

spontán módon jelentkező késztetés pozitív érzelmeket okozó tevékenységekre (Pintrich–Schunk, 2002; Ryan–Deci, 2000). A *külső motiváció* esetében a tevékenység (például a természettudomány tanulása) egy kézzelfogható cél, jutalom elérésére irányul (Glynn et al., 2009). A tevékenységek irányításában és fenntartásában szerepet játszó további, nem kognitív motívumok az egyén önmagára, autonómiájára és képességeire vonatkoztatott percepciói, az öndetermináció és az önhatékonyság (Ryan–Deci, 2000). Az *öndetermináció* (self-determination) az akaratlagos jóváhagyásból származó belső motiváció, az önállóság és az önkontroll észlelése tevékenységeinkben. Oktatási kontextusban a tanulás irányítása, tárgya és mikéntje feletti befolyás megítélése (Ryan–Deci, 2000), amely pozitívan hat a tanulmányi teljesítményre (Black–Deci, 2000). Az SMQ II-kérdőív az önhatékonyságot az erőfeszítésre és az elkötelezettségre irányuló itemekkel becüli (Glynn et al., 2009). Az *önhatékonyság* (self-efficacy) az észlelt saját kompetenciákra vonatkozó meggyőződés, az erényekről és a gyengeségekről alkotott vélemény, annak megítélése, hogy milyen eséllyel birkózunk meg az elvégzendő feladatokkal (Ryan–Deci, 2000). Magunkra, önhatékonyságunkra vonatkozó meggyőződéseink alapján tűzünk ki célokat, hozunk cselekvéseinket meghatározó döntéseket (Pajares, 2001) és fektetünk energiát a feladatvégzésbe. Ettől függ, hogy meddig próbálkozunk kudarcok esetén. Az önhatékonyságra vonatkozó meggyőződések befolyásolják a serdülők karrierdöntéseit (Bandura et al., 2001).

Shawn M. Glynn és munkatársai (2011) szerint a bemutatott öt motívum kölcsönösen meghatározza egymást, és befolyásolják a természettudományok iránti érdeklődést. Az SMQ-kérdőíveket kutatások validálták (SMQ I: Glynn–Koballa, 2006; Glynn et al., 2009; SMQ II: Glynn et al., 2011), és igazolták a szerzők megállapításait, továbbá megmutatták a tanulmányi teljesítménnyel való összefüggéseket (lásd például Bryan et al., 2011). Az SMQ-kérdőívek széles körű alkalmazásának másik oka, hogy kulturális kontextusokat átívelő itemekből állnak, relatíve könnyen adaptálhatók az egyes diszciplínákat képviselő tantárgyakra vagy a vizsgálat egyéb területeire (például agrártudomány tanulására).

CÉLOK

Kutatásunkban a természettudományok tanulási motivációjára fókuszálunk. Keresztmetszeti kérdőíves vizsgálatral elemezzük annak változását az általános iskolai természettudományos nevelés két szakaszában. A következő kérdésekre keressük a választ: (1) Mi jellemző a 6. és a 8. évfolyamon tanult természettudományos tantárgyak tanulási motivációjára? (2) Van-e különbség a természettudományos tanulási motiváció SMQ II-adaptált kérdőívvel mért komponensei között az egyes tantárgyak esetében? (3) Milyen a fiúk és a lányok természettudományos tanulási motivációja?

ESZKÖZÖK ÉS MÓDSZEREK

A kutatás résztvevői

A mintavétel egysége az iskola, a kutatás résztvevői mindkét vizsgált évfolyamon ugyanazon intézmények tanulói. A vizsgálatban egy hazai nagyváros húsz állami fenntartású általános iskolája vett részt. A kérdőívet 43 hatodik évfolyamos osztály 529 tanulója és 44 nyolcadik évfolyamos osztály 504 diákja töltötte ki. A fiúk aránya 49,14%, illetve 49,11%. A minta lefedi a város demográfiai szerkezetét, a belvárost, a peremkerületeket és a lakótelepeket.

Mérőeszköz

Az SMQ II adaptálása a kérdőív kidolgozói által jóváhagyott formában, a kérdőívtételek „science” (természettudomány) kifejezésének a hazai tantárgyak neveivel való helyettesítésével történt. Így négy kérdőívet kaptunk, melyek állításai a természetismeret (a tantárgy neve jelenleg természettudomány), a biológia, a fizika és a kémia tantárgyak tanulására vonatkoznak. Jelen kutatásban e kérdőíveket a szakirodalomban bevett módon (például Salta–Koulougliotis, 2015; Taasobshirazi–Carr, 2009) az angol kifejezésekből képzett betűszavakkal azonosítjuk: SMQ, BMQ, CMQ, PMQ – S: Science (természetismeret), B: Biology (biológia), P: Physics (fizika), C: Chemistry (kémia); M: Motivation (motiváció); Q: Questionnaire (kérdőív).

Az SMQ II-kérdőív a célpopulációk motivációját öt attribútum mentén vizsgálja, amelyek mindegyike öt-öt tételmondatból áll. Tipikus itemek például:

1. *Intrinzik motiváció* (belső indíttatásból jövő, külső kényszer vagy ösztönző nélküli érdeklődés): „A természetismeret tanulása érdekes.”; „Szeretek fizikát tanulni.”
2. *Önhatékonyság* (a saját tudásba, képességekbe vetett hit): „Biztos vagyok benne, hogy meg tudom érteni a fizikát.”; „Biztos vagyok benne, hogy jól fogok teljesíteni a kémiadolgozatokon.”
3. *Öndetermináció* (a tanulás feletti autonómia megítélése): „Sok időt töltök a biológia tanulásával.”; „Keményen dolgozom, hogy megtanuljam a fizikát.”
4. *Jegyért tanulás* (jó érdemjegy megszerzésének vágya): „Fontos számomra, hogy ötöst kapjak természetismeretből.”; „Foglalkoztat, hogy milyen jegyet kapok fizikából.”
5. *Karriermotiváció* (természettudomány tanulása a karriertervekben): „A jövőbeni munkám kapcsolódni fog a kémiához.”

A megkérdezettek ötfokú Likert-típusú skálán döntöttek arról, hogy az állítások milyen gyakran (0: soha, 1: ritkán, 2: néha, 3: gyakran, 4: mindig) igazak rájuk, amikor tanulják az adott tantárgyukat.

A kérdőívek hazai mintán is megbízhatóan mérnek, a Cronbach- α értékek a 6. évfolyamon 0,79–0,93, a 8. évfolyamon 0,91–0,94 közöttiek. A faktoranalízis szerint a magyar oktatásra adatált SMQ II-kérdőív konstruktuma megfelelő. A 6. évfolyamon a KMO-index 0,93, a megmagyarázott variancia 63,33%; ugyanezen mutatók a 8. évfolyamon sorrendben 0,96 és 68,55%.

Adatfelvétel, adatelemzés

Az adatfelvétel online, az eDia-plafonon (Molnár–Csapó, 2019) történt. Minden tanuló minden általa tanult tantárgyról külön-külön nyilatkozott, a hatodikosok a természetismeret, a nyolcadikosok pedig a biológia, a fizika és a kémia tanulásáról. A kérdőív kitöltése 20–25 percet vett igénybe.

Az adatelemzés során a skálákat más kutatásokhoz hasonlóan intervallum változóként kezeljük (lásd Glynn et al., 2009; Taasoobshirazi–Glynn, 2009). A tanulók motivációinak jellemzésére a megjelölt skálafokok értékeinek összegét (motivációs pontszámot) és az ahhoz rendelt motivációs szinteket használjuk (lásd *1. táblázat*) a Shawn M. Glynn, Gita Taasoobshirazi és Peggy Brickman (2009) által a harmincitemes SMQ I-kérdőívre megadott szinteknek az SMQ II-re való konvertálásával.

1. táblázat. A képzett változók értékeinek megfelelő motivációs szintek (Glynn et al., 2009 alapján)

Motivációs szint	Képzett változók			
	Egy alskála összértéke (6. és 8. évfolyam)	Az öt alskála összértéke egy tantárgyban (6. és 8. évfolyam)	Egy alskála összértéke a három tantárgyban (8. évfolyam)	A három tantárgy öt alskálájának összértéke (8. évfolyam)
Alacsony		0–24	0–14	0–74
Mérsékelt	5–9	25–49	15–29	75–149
Magas	10–14	50–74	30–44	150–224
Nagyon magas	15–20	75–100	45–60	225–300

A két évfolyam motivációjának összehasonlításához a 8. évfolyamon a három tantárgyi kérdőív (BMQ, CMQ, PMQ) összesített értékeit (300 pont) 100 fokú skálára konvertáltuk (SMQ₈). Mivel a 6. évfolyamon egy tantárgyat vizsgáltunk, az összevont változót (SMQ₆) nem kellett átalakítani.

Az adatelemzést Excel- és SPSS 23-szoftverekkel végeztük. Elemzésünkben a leíró statisztika eszköztárát alkalmaztuk. Az évfolyamokat kétmintás *t*-próbával hasonlítottuk össze, míg az adott évfolyamon, illetve tantárgyon belül az alskálák értékeit páros *t*-próbával.

A VIZSGÁLAT EREDMÉNYEI

Kutatásunkban a tantárgyak tanulási motivációinak összevont mutatói (2. táblázat) közül a természetismeret a legmagasabb (átlag = 62,17 pont; szórás = 17,77 pont) és a kémiáé a legalacsonyabb (átlag = 49,93 pont; szórás = 22,82 pont). A biológiáé (átlag = 56,49 pont; szórás = 21,82 pont) és a fizikáé (átlag = 56,67 pont; szórás = 21,75 pont) nem különbözik szignifikánsan ($t = 0,173$; $p = 0,862$).

2. táblázat. A tanulási motiváció mutatói tantárgyanként a 6. és a 8. évfolyamon

Változók	6. évfolyam		8. évfolyam		
	Természetismeret (SMQ) (max. 100 pont)	Biológia (BMQ) (max. 100 pont)	Kémia (CMQ) (max. 100 pont)	Fizika (PMQ) (max. 100 pont)	Biológia, kémia, fizika együtt (max. 300 pont)
N (fő)	529	504	504	504	504
Átlag (pont)	62,17	56,49	49,93	56,67	163,09
Szórás (pont)	17,77	21,82	22,82	21,75	55,75

Az öt komponens értékeinek változása hasonló mintázatot mutat (3. táblázat). Mindkét évfolyamon a legalacsonyabb a karriermotiváció értéke (6. évfolyamon 50,61%, 8.-on 42,70%), és a legmagasabb a jegyért tanulása (76,70%; 70,04%). A második legalacsonyabb érték az intrinzik motivációé (57,44%; 47,48%), amit az öndetermináció (61,25%; 53,15%) és az önhatékonyság (65,35%; 58,89%) követ.

3. táblázat. A természettudományok tanulási motivációjának százalékban kifejezett mutatói és összehasonlításuk a két évfolyamon

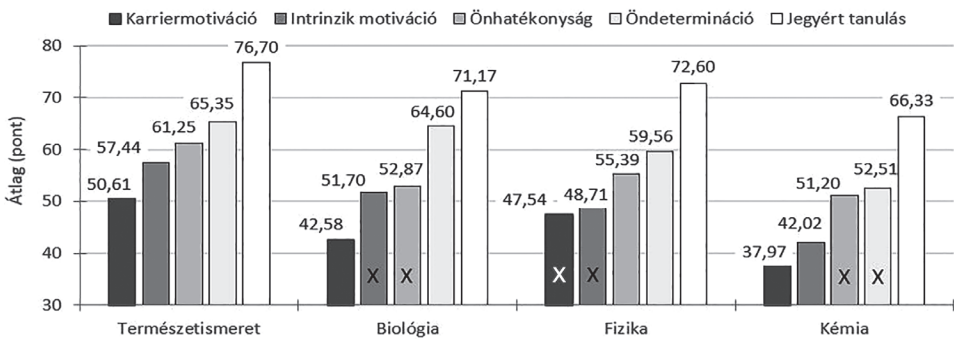
Alskála	6. évfolyam		8. évfolyam		Különbség (Átlg. - Átlg.)	Kétmintás <i>t</i> -próba			
	Átlag	Szórás	Átlag	Szórás		F	p	t	p
Intrinzik motiváció	57,44	23,15	47,48	21,54	-9,96	4,435	0,035	7,157	0,000
Önhatékonyság	65,35	20,63	58,89	20,03	-6,46	0,292	0,589	5,097	0,000
Öndetermináció	61,25	21,07	53,15	21,41	-8,09	0,039	0,844	6,117	0,000
Jegyért tanulás	76,70	19,75	70,04	21,56	-6,66	7,941	0,005	5,165	0,000
Karriermotiváció	50,61	26,33	42,70	24,87	-7,91	3,125	0,077	4,959	0,000
SMQ	62,17	17,77	54,36	18,58	-7,81	0,929	0,335	6,901	0,000

Szürke háttér: a különbség nem szignifikáns

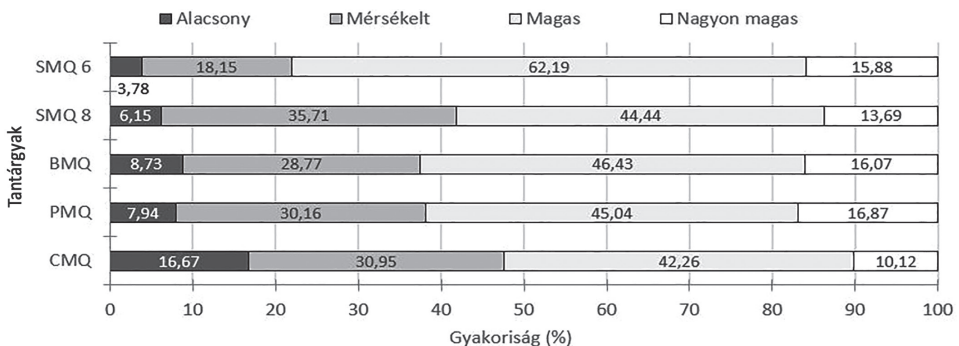
Átlg.: 6. évfolyam átlaga; Átlg.: 8. évfolyam átlaga

Összehasonlítva a két évfolyamot, adataink szignifikáns csökkenést mutatnak mind az öt motivációkomponens esetében, a legjelentősebbet az intrinzik motivációban (9,96%), közel azonos mértékűt az öndetermináció (8,09%) és a karriermotiváció (7,91%) esetében (3. táblázat). A szórásértékek e két utóbbi alskála esetében különböznek szignifikánsan, az intrinzik motiváció szórása csökken, a jegyért tanulása nő.

A tanulási motivációt leíró öt komponens hasonló képet mutat mind a négy tantárgy esetében. A legerősebb tanulási motívum – legyen szó természetismeretről, biológiáról, fizikáról vagy kémiáról – a jegyért tanulás, és a leggyengébb a karriermotiváció (1. ábra), melyet az intrinzik motiváció, az önhatékonyság és az öndetermináció követ. Az öt tanulási motívum szignifikánsan különbözik (lásd melléklet) a természetismeret tantárgy (6. évfolyam) esetében. Nincs lényeges különbség biológiából az intrinzik motiváció és az önhatékonyság ($t = -1,218$; $p = 0,224$), fizikából az intrinzik és a karriermotiváció ($t = -1,353$; $p = 0,211$), kémiából az önhatékonyság és az öndetermináció ($t = -1,445$; $p = 0,149$) között.



1. ábra. A tanulási motiváció komponensei tantárgyanként (XX: nincs szignifikáns különbség)



2. ábra. A motivációs szintek gyakorisága tantárgyanként és évfolyamonként (SMQ₆: természetismeret 6. évf.; SMQ₈: természettudomány 8. évf.; BMQ: biológia; PMQ: fizika; CMQ: kémia)

A motiváció csökkenését mutatja az alacsony motivációs szintek arányának növekedése (SMQ₆: 3,78%; SMQ₈: 6,15%) és a magas, illetve a nagyon magas szintek gyakoriságának csökkenése (SMQ₆: 878,07%; SMQ₈: 58,13%; 2. ábra). Ez a visszaesés a tantárgyak tanulási motivációinak elemzése szerint elsősorban a kémianak köszönhető. Ott a legnagyobb az alacsony motivációs szint gyakorisága (16,67%), illetve legkisebb a nagyon magas szinté (10,12%). A biológia és a fizika tantárgyak motivációs szintjeinek gyakorisága nagyon hasonló, az egyes szintek esetében szinte teljesen megegyezik.

FIÚK ÉS LÁNYOK TANULÁSI MOTIVÁCIÓI

Az SMQ II-vel és annak adaptációival végzett vizsgálatok változó képet mutatnak a fiúk és a lányok tanulási motivációjáról (Schumm–Bogner, 2016; Taasooobshirazi–Carr, 2009). Jelen kutatásban az összesített motiváció-pontszámok (SMQ₆ és SMQ₈) alapján egyik évfolyamon sincs szignifikáns különbség a fiúk és a lányok között (4. táblázat). Tantárgyi bontásban a biológia és a kémia tanulásában a lányok, a fizika tanulásában pedig a fiúk motiváltabbak. Az öt motivációkomponenst tekintve elmondható, hogy a lányok esetében szignifikánsan magasabb a 6. évfolyamon a jegyért tanulás, a 8.-on az öndetermináció. A szórásértékekben egyik változó esetében sincs lényeges különbség a két nem között.

4. táblázat. A fiúk és lányok természettudományos tanulási motivációjának összehasonlítása kétmintás *t*-próbával

Változók	Évfolyam	Nem	N (fő)	Átlag (%)	Szórás (%)	F	p	t	p
SMQ	6.	Fiú	258	61,55	18,72	0,827	0,364	-0,792	0,429
		Lány	267	62,78	16,94				
	8.	Fiú	246	53,45	18,42	0,438	0,508	-1,040	0,299
		Lány	256	55,17	18,65				
BMQ	8.	Fiú	246	52,55	21,83	0,995	0,319	-3,996	0,001
		Lány	256	60,21	21,12				
PMQ	8.	Fiú	246	60,05	21,60	0,064	0,801	3,474	0,001
		Lány	256	53,38	21,41				
CMQ	8.	Fiú	246	47,74	23,12	1,081	0,299	-2,058	0,040
		Lány	256	51,91	22,32				

4. táblázat folytatása

Változók	Évfolyam	Nem	N (fő)	Átlag (%)	Szórás (%)	F	p	t	p
Intrinzik motiváció	6.	Fiú	256	58,42	22,71	1,325	0,250	0,927	0,354
		Lány	267	56,54	23,69				
	8.	Fiú	246	48,28	21,25	0,107	0,744	0,878	0,381
		Lány	256	46,60	21,73				
Önhatékonyaság	6.	Fiú	258	65,47	21,50	1,387	0,240	0,112	0,911
		Lány	267	65,26	19,85				
	8.	Fiú	245	59,37	19,76	0,895	0,345	0,519	0,604
		Lány	256	58,44	20,28				
Öndetermináció	6.	Fiú	258	59,61	21,57	0,153	0,695	-1,715	0,087
		Lány	267	62,77	20,63				
	8.	Fiú	245	50,56	20,59	1,126	0,289	-2,646	0,008
		Lány	256	55,58	21,82				
Jegyért tanulás	6.	Fiú	258	74,17	21,07	7,246	0,007	-2,811	0,005
		Lány	265	79,00	18,18				
	8.	Fiú	245	68,10	21,69	0,008	0,928	-1,951	0,052
		Lány	256	71,85	21,30				
Karriermotiváció	6.	Fiú	258	50,52	26,55	0,029	0,865	-0,171	0,864
		Lány	267	50,92	26,26				
	8.	Fiú	245	41,82	23,44	3,022	0,083	-0,701	0,484
		Lány	256	43,38	26,11				

Szürke háttér: a különbség nem szignifikáns

DISZKUSSZIÓ, ÖSSZEĞZÉS

Kutatásunkban a természettudományok tanulásának motivációját vizsgáltuk az adaptált SMQ II-kérdőívekkel (Glynn et al., 2011) az általános iskola 6. és 8. évfolyamán. Eredményeink szerint a természetismeret tantárgy tanulási motivációja magasabb, mint a 8. évfolyamon a biológia, fizika és kémia tantárgyak együttes mutatói. Elmondható, hogy összességében a tanulók a 6. évfolyamon motiváltabbak, többségük motivációs szintje magas, és jóval kevesebben vannak a mérsékelt

és az alacsony motivációs sávba tartozók. A 8. évfolyamon is a magas motivációs szinttel rendelkezők vannak a legtöbben (44,44%), de arányuk jelentősen kisebb, mint a 6. évfolyamon. A tanulási motiváció összetevőit tekintve leginkább az intrinzik motiváció csökken a két évfolyam között, de jelentős a visszaesés az öndetermináció és a karriermotiváció esetében is.

Az elemzések azt mutatják, hogy mind a négy tantárgy tanulásában a legerősebb motívum a jó jegyek megszerzése, és kevésbé ösztönző tényezők a jövőbeli karriertervek és az intrinzik motiváció. A tanulási motiváció 8. évfolyamon tapasztalt visszaesése leginkább a kémia tantárgy esetében jelentkezik, a biológia és a fizika tanulási motivációjában nincs lényeges különbség.

Adataink szerint a fiúk és a lányok természettudományos tanulási motivációja összességében nem különbözik egyik korcsoportban sem. A tantárgyak vonatkozásában azonban találtunk különbséget a 8. évfolyamon. A biológia és a kémia tanulásában a lányok, a fizika elsajátításában a fiúk motiváltabbak. Ez összefügghet többek között a tananyag tartalma iránti érdeklődéssel, a szorgalommal és a továbbtanulási szándékkal. A komponensek mentén a lányokat inkább ösztönzi a jegyért tanulás a 6. évfolyamon, és magasabb az önhatékonyságuk a 8.-on. Ez utóbbi eredmény összhangban van Maximiliane Schumm és Franz X. Bogner (2016) kutatásával.

Összegzésként elmondható, hogy az SMQ II-kérdőív magyar oktatásra adaptált verziói alkalmasak a természettudományok tanulási motivációjának komplex vizsgálatára. Eredményeink empirikus bizonyítékok arra, hogy a tanulók tanulási motivációja csökken az iskolai tanulmányaik alatt. A feltárt részletek megmutatták, hogy a tapasztalt kedvezőtlen tendencia mely motivációs összetevőknek köszönhető. A legerősebb motívum a természettudományos tárgyak tanulásában az iskolai sikeresség, a jobb érdemjegyek megszerzése, a leggyengébb a természettudományoknak a jövőbeli karriertervek miatti tanulása, illetve a megismerés örömeért való tanulás. Eredményeink szerint további kutatások szükségesek a tanulási motiváció kedvezőtlen alakulását eredményező okok feltárására ahhoz, hogy felszínre kerüljenek az oktatás tervezésével, szervezésével kapcsolatos problémák, és közelebb kerüljünk a megoldásokhoz.

A kutatást az MTA–SZTE Képességfejlődés Kutatócsoport és a Magyar Tudományos Akadémia Tantárgy-pedagógiai Kutatási Programja támogatta.

IRODALOM

- Bandura, A. – Barbaranelli, C. – Caprara, G. V. et al. (2001): Self-efficacy Beliefs as Shapers of Children's Aspirations and Career Trajectories. *Child Development*, 72, 1, 187–206. DOI: 10.1111/1467-8624.00273, https://www.researchgate.net/publication/227641527_Self-Efficacy_Beliefs_as_Shapers_of_Children's_Aspirations_and_Career_Trajectories

- Black, A. E. – Deci, E. L. (2000): The Effects of Instructors' Autonomy Support and Students' Autonomous Motivation on Learning Organic Chemistry: A Self-Determination Theory Perspective. *Science Education*, 84, 6, 740–756. DOI: 10.1002/1098-237X(200011)84:6<740::A-ID-SCE4>3.0.CO;2-3, https://cpltl.iupui.edu/doc/Black%20and%20Deci_2000.pdf
- Bryan, R. R. – Glynn, S. M. – Kittleson, J. M. (2011): Motivation, Achievement, and Advanced Placement Intent of High School Students Learning Science. *Science Education*, 95, 6, 1049–1106. DOI: 10.1002/Sc.20462, https://www.researchgate.net/publication/227781130_Motivation_Achievement_and_Advanced_Placement_Intent_of_High_School_Students_Learning_Science
- Glynn, S. M. – Koballa, T. R. (2006): Motivation to Learn College Science. In: Mintzes, J. J. – Leonard, W. H. (eds.): *Handbook of College Science Teaching*. Arlington, Virginia: National Science Teachers Association 25–32. <https://silo.pub/handbook-of-college-science-teaching-pb205x.html>
- Glynn, S. M. – Brickman, P. – Armstrong, N. et al. (2011): Science Motivation Questionnaire II: Validation with Science Majors and Nonscience Majors. *Journal of Research in Science Teaching*, 48, 10, 1159–1176. DOI: 10.1002/Te.20442a, https://www.researchgate.net/publication/227724374_Science_Motivation_Questionnaire_II_Validation_With_Science_Majors_and_Nonscience_Majors
- Glynn, S. M. – Taasoobshirazi, G. – Brickman, P. (2007): Nonscience Majors Learning Science: A Theoretical Model of Motivation. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 8, 1088–1107. DOI: 10.1002/tea.20181, https://www.researchgate.net/publication/227600904_Nonscience_majors_learning_science_A_theoretical_model_of_motivation
- Glynn, S. M. – Taasoobshirazi, G. – Brickman, P. (2009): Science Motivation Questionnaire: Construct Validation with Nonscience Majors. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 127–146. DOI: 10.1002/Tea.20267, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/tea.20267>
- Józsa K. – Kis N. – Huang, S. Y. (2017): Mastery Motivation in School Subjects in Hungary and Taiwan. *Hungarian Educational Research Journal*, 7, 2, 158–177. DOI: 10.14413/HERJ/7/2/10, https://dea.lib.unideb.hu/dea/bitstream/handle/2437/247591/HERJ_2017_2_10.pdf?sequence=27&isAllowed=y
- Krapp, A. – Prenzel, M. (2011): Research on Interest in Science: Theories, Methods, and Findings. *International Journal of Science Education*, 33, 1, 27–50. DOI: 10.1080/09500693.2010.518645, https://www.researchgate.net/publication/233235065_Research_on_Interest_in_Science_Theories_Methods_and_Findings
- Molnár Gy. – Csapó B. (2019): A diagnosztikus mérési rendszer technológiai keretei: az eDia online platform. *Iskolakultúra*, 29, 4–5, 16–32. DOI: 10.14232/ISKKULT.2019.4-5.16, https://publicatio.bibl.u-szeged.hu/15641/1/Iskolakultura_Molnar_Csapo_2019_4-5.pdf
- Mullis, I. V. S. – Martin, M. O. – Foy, P. et al. (2020): *TIMSS 2019 International Results in Mathematics and Science*. TIMSS & PIRLS International Study Center, Lynch School of Education and Human Development, Boston College and International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA). <https://timss2019.org/reports/>
- Olic, S. – Adamov, J. – Babić-Kekez, S. (2014): Motivation as a Predictor of Pupil's Achievement in Chemistry. *Research in Pedagogy*, 4, 2, 24–36. <https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/informit.717069709660504>
- Osborne, J. – Simon, S. – Collins, S. (2003): Attitudes towards Science: A Review of the Literature and Its Implications. *International Journal of Science Education*, 25, 9, 1049–1079, DOI: 10.1080/095006903200003219, <https://www2.pd.infn.it/~lacaprar/ProgettoScuola/Biblio/Attitudes%20towards%20science.pdf>
- Pajares, F. (2001): Self-efficacy Beliefs in Academic Settings. *Review of Educational Research*, 66, 543–578. DOI: 10.3102/00346543066004543, <https://ssr.site.files.wordpress.com/2018/02/pajares-1996-self-efficacy-beliefs-in-academic-settings.pdf>

- Pintrich, P. R. – Schunk, D. H. (2002): *Motivation in Education: Theory, Research, and Applications*. Prentice Hall
- Rocard, M. – Csermely P. – Jorde, D. et al. (2007): *Rocard Report: Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Brussels: European Commission. <https://www.eesc.europa.eu/sites/default/files/resources/docs/rapportrocardfinal.pdf>
- Ryan, R. M. – Deci, E. L. (2000): Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25, 1, 54–67. DOI: 10.1006/ceps.1999.1020, <https://bit.ly/3U4nVyn>
- Salta, K. – Koulougliotis, D. (2015): Assessing Motivation to Learn Chemistry: Adaptation and Validation of Science Motivation Questionnaire II with Greek Secondary School Students. *Chemistry Education Research and Practice*, 16, 2, 237–250. DOI: 10.1039/C4RP00196F, <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2015/rp/c4rp00196f>
- Schumm, M. F. – Bogner, F. X. (2016): Measuring Adolescent Science Motivation. *International Journal of Science Education*, 38, 3, 434–449. DOI: 10.1080/09500693.2016.1147659, https://www.researchgate.net/publication/297453086_Measuring_adolescent_science_motivation
- Taasoobshirazi, G. – Carr, M. (2009): A Structural Equation Model of Expertise in College Physics. *Journal of Educational Psychology*, 101, 3, 630–643. DOI: 10.1037/a0014557, https://www.researchgate.net/publication/232563238_A_Structural_Equation_Model_of_Expertise_in_College_Physics
- Taasoobshirazi, G. – Glynn, S. M. (2009): College Students Solving Chemistry Problems: A Theoretical Model of Expertise. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 10, 1070–1089. DOI: 10.1002/tea.20301, https://www.researchgate.net/publication/227620943_College_students_solving_chemistry_problems_A_theoretical_model_of_expertise

MELLÉKLET

Az SMQ II.-alskálák összehasonlítása páros *t*-próbával a 6. és a 8. évfolyamon

Változópárok	6. évfolyam			8. évfolyam		
	N (fő)	t	p	N (fő)	t	p
Intrinzik motiváció – Önhatékonyság	527	–9,105	0,000	503	–15,492	0,000
Intrinzik motiváció – Öndetermináció	527	–4,374	0,000	503	–7,099	0,000
Intrinzik motiváció – Jegyért tanulás	525	–19,684	0,000	503	–25,507	0,000
Intrinzik motiváció – Karriermotiváció	527	7,627	0,000	503	6,480	0,000
Önhatékonyság – Öndetermináció	529	5,406	0,000	503	7,450	0,000
Önhatékonyság – Jegyért tanulás	527	–15,528	0,000	503	–16,249	0,000
Önhatékonyság – Karriermotiváció	529	13,429	0,000	503	17,402	0,000
Öndetermináció – Jegyért tanulás	527	–19,472	0,000	503	–22,726	0,000
Öndetermináció – Karriermotiváció	529	9,721	0,000	503	10,872	0,000
Jegyért tanulás – Karriermotiváció	527	22,323	0,000	503	26,426	0,000

KUTATÁSALAPÚ KÉMIAIANÍTÁS

INQUIRY-BASED CHEMISTRY EDUCATION

Szalay Luca

PhD, egyetemi adjunktus, Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar Kémiai Intézet, Budapest,
MTA–ELTE Kutatásalapú Kémiaianítás Kutatócsoport
luca.szalay@ttk.elte.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

A kutatásalapú módszerek használata során a tanulási folyamat a természettudományos kutatások lépéseit modellezi. Alkalmazásukhoz világszerte és Magyarországon is sokan nagy reményeket fűztek. Azonban a szakirodalom és a jelen tanulmányban ismertetett saját tapasztalatok is arra figyelmeztetnek, hogy az eredményes bevezetésüknek számos feltétele és buktatója van. A Magyar Tudományos Akadémia Tantárgy-pedagógiai Kutatási Programja keretében létrejött, és jelenleg az MTA Közoktatás-fejlesztési Kutatási Programja égisze alatt működő MTA–ELTE Kutatásalapú Kémiaianítás Kutatócsoport munkája ezért a fent említett feltételek és buktatók azonosítására irányul. Az előző longitudinális vizsgálathoz hasonlóan, a jelen kutatási projektünkben is több mint kilencszáz hetedik osztályos diák kémiaoktatását befolyásoljuk a kötelező kémia tanulásuk négy tanéven keresztül, tanévente hat, tanulókísérletek elvégzését előíró feladatlappal. A kutatásalapú módszerek hatékonyságát kezdetben a kutatócsoportunk megalakulása előtt, 9. osztályosok körében rövid távon sikerrel alkalmazott módszerünkben kiindulva vizsgáltuk. A kutatási modellünket a részeredmények alapján szakaszosan finomítjuk.

ABSTRACT

Using inquiry-based methods the learning process models the steps in science research. Many experts around the world and in Hungary have had high hopes for their application. However, both the literature and our own experiences described in this study warn that there are a number of conditions and pitfalls in their successful implementations. Therefore, the work of the MTA–ELTE Research Group on Inquiry-Based Chemistry Education, established within the framework of the Content Pedagogy Research Program of the Hungarian Academy of Sciences and currently operating under the auspices of the Research Programme for Public Education Development of the Hungarian Academy of Sciences aimed at identifying those conditions and pitfalls. Similar to the previous longitudinal study, in our present research project we influence the chemistry education of more than 900 7th graders through their four years of compulsory chemistry studies with six worksheets per academic year. The efficiency of inquiry-based teaching methods was initially investigated based on our method which had been successfully applied among 9th graders in the short term before the formation of our research group. Our research model has been refined considering the intermittent results.

Kulcsszavak: kutatásalapú tanítás, kutatásalapú tanulás, kísérlettervezés, IBSE, IBL

Keywords: inquiry-based science education, inquiry-based learning, experimental design, IBSE, IBL

I. A KUTATÁSALAPÚ TANULÁS MINT AZ OKTATÁSI MÓDSZEREK EGYIK CSOPORTJA

„Honnan tudják, mi történik egy atom belsejében?” – tette föl a kérdést Bill Bryson (2004) a méltán dicsért, *A Short History of Nearly Everything* (Majdnem minden rövid története) című könyvében. Azonban Bryson (nyilván sok sorstársával együtt) nem talált erre a kérdésre kielégítő választ azokban a könyvekben, amelyekből ők tanultak a múlt század ötvenes éveiben. „A könyv egyáltalán nem volt izgalmas. Sőt, érthetetlen volt. És főleg: egyáltalán nem válaszolta meg azokat a kérdéseket, amelyek egy átlagos kíváncsiságú olvasóban felmerülnek...” – írja Bryson gyermekkori tankönyvének szerzőjéről. Őt ugyanis nemcsak a tudósok kész válaszai érdekelték, hanem az a megismerési folyamat is, amely nyomán a letisztult, kanonizált tudás születik.

Mint a fenti példából is látható, könnyen az érdeklődés elvesztéséhez vezethet az, ha a természettudományt a diákoknak egy befejezett (bár csodálatos) épületként mutatjuk be, és nem olyanként, amely folytonosan, sok-sok ember munkájának eredményeként készül. Azonban ez nem az egyetlen negatív következmény. Ugyanis időről időre mindannyiunknak különféle, a saját vagy a kisebb-nagyobb közösségeink életét befolyásoló döntéseket kell hoznunk. Az volna a célszerű, ha ezek a döntések megalapozottak, logikusak és észszerűek lennének. Márpedig a korunkban a médiát (és különösen a közösségi médiát) elöntő téves információk és álhírek áradata miatt nagyon nehéz meghatározni azt, hogy egy tudományosnak látszó állítás valóban igaz lehet-e, vagy sem. Ehhez ugyanis értenünk kell azt, hogy a természettudományos megismerési folyamat során mi a korrekt módja egy problémával, kérdéssel kapcsolatos hipotézis vagy modell felállításának, a vizsgálatok és kísérletek megtervezésének, elvégzésének, valamint az eredmények interpretálásának és a tudományos közösség általi megvitatásának, majd elfogadásának vagy elvetésének. Ehhez pedig már a közoktatásban gyakorolni, a diákok számára könnyen befogadható formában modellezni kell ennek a folyamatnak a lépéseit. Az ezen az elképzelésen alapuló módszerek összességét kutatásalapú természettudomány-tanulásnak (inquiry-based science learning/teaching/education, IBL/IBST/IBSE) nevezik.

A vonatkozó szakirodalomban tehát mára már általánosan elfogadott, hogy a természettudományos tartalmakkal (ún. „tárgyi tudással”) együtt tanítani kell a természettudományok művelésének gyakorlatát is (például: NRC, 2012; OECD 2019). Így az egymást követő tantervi reformok a világ sok országában javasolták is a kutatásalapú módszerek beépítését a tanítási-tanulási folyamatba.

A kutatásalapú oktatási módszerek egyik lehetséges osztályozása azon alapul, hogy mekkora szabadságot biztosítanak a tanulóknak (Tafoya et al., 1980; Walker, 2007). A nyílt kutatásalapú tanulás (open inquiry) során a diákok döntenek el, mi legyen a kutatási kérdés, és hogyan szerzik meg rá a választ. Az irányított/kötött kutatásalapú tanulás (guided/bounded inquiry) esetén a tanár teszi föl a kérdést, de a diákok döntenek arról, milyen módszerrel keresik meg a választ. Strukturált kutatásalapú tanulás (structured inquiry) akkor történik, amikor a kutatási kérdés és a módszer is adott, de a diákok nem ismerik a vizsgálat eredményét. A megerősítő (confirmation) típus úgy jellemezhető, hogy a kérdésen és a módszeren kívül a végeredmény is ismert, bár a legutóbbiak egyesek nem is sorolják a kutatásalapú tanulási módszerek közé (Nagy L.-né, 2010; Korom–Németh, 2020). A felsorolt típusokat az 1. táblázat a tanulói önállóság csökkenő sorrendjében mutatja.

1. táblázat. A kutatásalapú módszerek csoportosítása a tanulói önállóság csökkenő sorrendjében

Típus	A tanuló számára ismert-e...		
	...a kutatási kérdés?	...a kutatási módszer?	...az eredmény magyarázata?
Nyílt (open)	nem	nem	nem
Irányított/kötött (guided/bounded)	igen	nem	nem
Strukturált (structured)	igen	igen	nem
Megerősítő (confirmation/closed)	igen	igen	igen

II. ISMERKEDÉS A KUTATÁSALAPÚ MÓDSZEREKKEL MAGYARORSZÁGON

A PISA 2006 eredményeinek publikálása óta ismert, hogy probléma van a magyar természettudományos közoktatással (PISA, 2007). Az adatok elemzéséből arra lehetett következtetni, hogy Magyarországon a tanítási és tanulási folyamat során ritkán került szóba, hogyan gyűjtik és értékelik a tudósok a természettudományos kutatások során az empirikus bizonyítékokat. Ez a tény pedig korlátozza a megszerzett tudás alkalmazhatóságát az egészséges és környezettudatos életvitel megtervezésekor, a felelős állampolgári magatartás kialakításakor, valamint az áltudományok által állított csapdák felismerésekor. 2015-ben pedig, amikor ismét a természettudományok kerültek a PISA-vizsgálatok fókuszába, az derült ki, hogy a részt vevő hatvanegy ország tanulói közül a magyar diákok átlagteljesítménye mutatott a negyedik legnagyobb mértékű átlagos csökkenést a programban való részvétel kezdete óta (PISA, 2016).

Történt mindez annak ellenére, hogy már a 2007-ben publikált „Rocard-jelentés” (Rocard et al., 2007) nyomán a figyelem középpontjába került az Európai

Unióban a kutatásalapú tanulás mint a természettudomány-oktatásban jelentkező bajok egyik lehetséges orvoslási módja. Mivel az akkori várakozások szerint ez segítheti a természettudományos műveltség fejlődését, valamint az érdeklődés felkeltését és fenntartását is, az Európai Unió számos jelentős projektet támogatott (URL1), amelyek e módszerek kutatását és terjesztését szolgálták. Ezek közül többen magyar partnerintézmények is szerepeltek, és a jelen tanulmány szerzője is részt vett két ilyen projektben. Ezek során és nyomán elkezdődött és azóta is folytatódik hazánkban a kutatásalapú módszerek vizsgálata, illetve terjesztése (például Nagy L.-né, 2010; Korom–Németh, 2020).

Mindez és az azóta bekövetkezett országos jelentőségű változások azonban sajnos nem tudták megfordítani azt a trendet, amelyre már 2008-ban az Országos Köznevelési Tanács természettudományos közoktatás kérdéseit vizsgáló *ad hoc* bizottsága is rámutatott, miszerint a természettudományos pályákat választók aránya csökken (Kertész, 2009; Iharosi, 2019). A magyar vegyiparnak és gyógyszeriparnak viszont nyilvánvalóan továbbra is nagy szüksége lenne a jól képzett kémikusokra, kutatókra. Nagyon fontosak tehát az olyan ígéretes oktatási módszerek bizonyítékalapú tantárgy-pedagógiai kutatások során végzett bevélyvizsgálatai, mint a kutatásalapú tanulás különféle válfajai, valamint a kipróbált és hatékonyan bizonyult oktatási segédanyagok közzététele is.

Első alkalommal a TÁMOP-4.1.2.B.2-13/1-2013-0007 számú, „Országos koordinációval a pedagógusképzés megújításáért” című projekt (URL2) keretében végeztünk egy rövid tantárgy-pedagógiai kutatást, amelybe 660 9. osztályos tanulót vontunk be. A kísérleti csoport az irányított/kötött kutatásalapú tanulás típusába sorolható kísérlettervező feladatokat kapott (azaz készen kaptak olyan kérdést, amelynek a megválaszolására nekik kellett megtervezniük a kísérleti eljárást). A kontrollcsoport feladatlapjain pedig a strukturált kutatásalapú tanulás típusába sorolható, receptszerűen leírt kísérletek voltak, amelyeket a tanulóknak csak végre kellett hajtaniuk, és meg kellett magyarázniuk. (Ez utóbbi egyébként a tanulókísérletek hagyományos, és a magyar iskolákban általában alkalmazott módja.) A beavatkozás előtt és után írt tesztek eredményeinek statisztikai elemzése azt mutatta, hogy mindössze két tanulókísérlet megtervezése is szignifikáns növekedést okozott a kísérleti csoport kísérlettervező képességében a kontrollcsoportéhoz viszonyítva (Szalay–Tóth, 2016).

III. AZ MTA–ELTE KUTATÁSALAPÚ KÉMIATANÍTÁS KUTATÓCSOPORT „MEGVALÓSÍTHATÓ KUTATÁSALAPÚ KÉMIATANÍTÁS” PROJEKTJE

A következőkben a Magyar Tudományos Akadémia Tantárgy-pedagógiai Kutatási Programja (URL3) keretében alapított MTA–ELTE Kutatásalapú Kémiatanítás Kutatócsoport (URL4) „Megvalósítható kutatásalapú kémiatanítás” projekt-

je (URL5) során kaptunk lehetőséget egy négy tanévre tervezett longitudinális vizsgálat megvalósítására. A projektbe 2016 szeptemberében bevont 920 tanulót tizennyolc iskolában minden évben a kutatócsoportunk huszonhárom–huszonöt kémia tanár tagja tanította. Az erre a célra készített 24 db feladatlapunk kitöltetése által a projekt kezdetekor 7. osztályos diákok négy évig tartó kötelező kémiaoktatását kívántuk befolyásolni. (Ehhez természetesen a tanulóknak mind a négy éven keresztül ugyanabban az oktatási intézményben kellett maradniuk. Így csak a legalább hatosztályos gimnáziumok diákjai kerülhettek a mintába, ami ebből következően sajnos nem reprezentatív.) A diákokat a projekt kezdetén véletlenszerűen három csoportba osztottuk. Az 1. csoport (kontrollcsoport) tanulói csak receptszerű leírás alapján végeztek csoportos tanulókísérleteket. A 2. csoport ugyanúgy végezte ugyanazokat a kísérleteket, de az 1. tanévben ezen kívül papíron megoldandó kísérlettervező feladatokat is kaptak. A 3. csoport diákjainak pedig ugyanazon kísérletek végrehajtása előtt meg kellett tervezniük azok egy vagy több lépését. Mind a négy tanévre hat-hat feladatlapot és tanári útmutatót fejlesztettünk, három változatban a három fenti csoport számára.

A módszerek hatékonyságát a minden tanév végén íratott tesztekkel mértük (a T1-tesztet írták az 1. tanév végén, a T2-tesztet a 2. tanév végén stb.). Ezek eredményeit vetettük össze a projektbe belépő 7. osztályos diákok által 2016 szeptemberében írt T0-teszten szerzett pontszámokkal. Minden teszt szerkezete azonos volt: a Bloom-taxonómia szerinti alacsonyabb rendű műveleteket (ismeret, megértés, alkalmazás) igénylő, diszciplináris (tárgyi) tudást mérő feladatokat tartalmazó alteszten, és a magasabb rendű műveleteket mérő, kísérlettervező feladatokat tartalmazó alteszten ugyanannyi pontot lehetett szerezni. Ezen kívül háttéradatokat is gyűjtöttünk a diákokról: a tantárgyi érdemjegyeket, a tanuló nemét, az édesanyja legmagasabb fokú iskolai végzettségét (amivel az adott diák szocioökonómiai státuszát jellemeztük), és az iskolája „rangját” (a részt vevő oktatási intézményeket a legjobbiskola.hu oldalon közölt helyezéseik szerint három kategóriába sorolva). A tesztek eredményeit kovariancia-analízissel (URL6) értékeltük, amely során a tanuló T0-teszten nyújtott teljesítménye volt a kovariáns. A tesztek tartalmaztak még a fentiekén kívül arra vonatkozó attitűdkérdéseket is, hogy mennyire szereti a diák a tantárgyat, milyen mértékben tartja fontosnak a természettudományokban a kísérletek szerepét, és hogy vajon a receptszerűen leírt vagy a megtervezendő kísérleteket kedveli-e jobban.

A kutatás 1. tanévi tesztjének eredményeit elemezve az derült ki, hogy a kísérlettervező feladatok tekintetében nem volt szignifikáns különbség a kísérleti csoportok és a kontrollcsoport eredményei között, illetve a tanulók vizsgált attitűdjeit sem sikerült pozitív irányba befolyásolni (Szalay et al., 2020). Egy fejlődépszichológussal történt konzultáció alapján úgy véltük, hogy a kísérleti csoportok számára föltehetőleg főként azért nem jelentett az év közben megtervezett hat kísérlet jelentős segítséget az év végi teszt megírásakor, mert többségük valószínű-

leg még nem érte el a Piaget-féle formális gondolati műveleti szakaszt. Ezért nem sikerülhetett a konkrét kísérletekből önállóan általánosítaniuk arra vonatkozóan, hogy hogyan kell szabályosan megtervezni egy kísérletet. Másrészt, esetükben a kísérletek teljesen önálló, támogatás nélküli megtervezésekor fölléphetett a kognitív túlterhelés jelensége (Sweller, 1988). John Hattie egy 2015-ben készült videóinterjú (URL7) során pedig azt nyilatkozta, hogy a kutatásalapú tanuláshoz azért viszonylag alacsony a hatékonysága, mert azelőtt alkalmazzák, mielőtt a tanulók elég tárgyi tudással rendelkeznek az értelmes kutatásalapú tanulás megvalósításához.

Ezért nyilvánvalóvá vált, hogy az eredményesség növelése érdekében meg kellett változtatni a kutatási modellünket. A módosított kutatási modell szerint a 2. tanévtől a 2. csoport tanulói már nem kaptak kísérlettervező feladatokat, de a receptszerűen leírt kísérletek végrehajtása után a feladatlapok segítségével elmagyaráztuk nekik, hogy miért úgy kellett a vizsgálatot elvégezni, ahogy az a receptben le volt írva. A 3. csoport diákjai pedig a kísérletek megtervezése előtt kaptak hasonló iránymutatást a természettudományos vizsgálatok korrekt kivitelezésének adott esetekre vonatkozó elveiről. A kísérlettervezés következő elemeit tanítottuk a diákoknak: a változók azonosítását és kontrollját (beleértve az „egyszerre csak egy tényezőt változtatunk” elvet), az eszközök és anyagok kiválasztását, valamint a kísérlet lépései helyes sorrendjének meghatározását. Mivel a 2. tanév végén végzett mérés adatainak elemzése alapján már a 2. és a 3. kísérleti csoport is jobban teljesített a kísérlettervező feladatokból álló alteszten a kontrollcsoportnál, ezt a modellt tartottuk meg végig a kutatás során (Szalay et al., 2021).

Sajnos a Covid19-járvány miatt a 4. tanévre tervezett feladatlapok egy részének elvégzése, valamint az utolsó (T4) teszt megíratása a 2020/2021. tanévre maradt, amikor a diákoknak már nem voltak kötelező kémiaóráik. Így az eredeti mintaszám kb. a felére (461 főre) csökkent. A 2. és a 3. táblázat csak a 11. osztályra megmaradt diákoknak a projekt során íratott tesztek kísérlettervező feladatain nyújtott teljesítményét foglalja össze. Azon paraméterek hatását, amelyekről feltételeztük, hogy befolyásolták a tanulók teljesítményét, a 2. táblázatban a parciális eta négyzet (partial eta squared, PES) nevű mutatóval jellemeztük. Az egyes csoportok által elért, a statisztikai számítások által becsült átlagokat pedig a 3. táblázatban a teljes elérhető pontszám százalékában adtuk meg.

A 2. és a 3. táblázat adatainak összevetéséből azonnal szembetűnik, hogy a kutatócsoportunk által végzett fejlesztésnek az utolsó két teszten már nem volt kimutatható szignifikáns hatása a háromféle típusú feladatlapot megoldó csoportok teljesítményére. Ennek oka egyrészt lehet az, hogy a természetes érési folyamat során, a tanulók absztrakciós képességének fejlődésével a receptszerű kísérletek elvégzése esetén is megtörténhet a kísérletek tervezésével kapcsolatos szabályszerűségek felismerése. Másrészt nyilvánvaló, hogy a mért teljesítményt a tanulók tudásán kívül a tesztek kitöltésére való hajlandósága is befolyásolja. A ta-

nárok véleménye szerint a 9. osztály végére már sok esetben eldől, milyen irányban fog továbbtanulni a diák. Ha ehhez nincs szükség kémiára, akkor a tantárgyi motiváció erősen csökken. Ezekben az esetekben pedig a diákok számára „tét nélküli” teszten elért pontszámot főként a kitöltési hajlandóság határozta meg, és nem feltétlenül a diák tudása, illetve képességei. Sajnos az attitűdök tekintetében sem sikerült elérni hosszú távon áttörő pozitív változást.

2. táblázat. A feltételezett paraméterek hatása a tanulók kísérlettervező feladatokon nyújtott teljesítményére (N = 461)

Paraméter	T0	T1	T2	T3	T4
Fejlesztés (1. csoport, 2. csoport, 3. csoport)	0,043*	0,061*	0,045*	0,011	0,008
Iskola erőssége (erősebb/közepes/gyengébb)	0,036*	0,023	0,072*	0,215*	0,103*
Anya végzettsége (diplomás/nem diplomás)	0,055*	0,001	0,003	0,000	0,001
Nem (fiú/lány)	0,000	0,000	0,010	0,032*	0,008
Előteszt (T0 kísérlettervező feladatai, pontok)	–	0,000	0,083*	0,052*	0,068*

*p < 0,01

3. táblázat. A fejlesztés típusa alapján képzett csoportok becsült átlagai a kísérlettervező feladatokon az elérhető pontszám százalékában (N = 461)

Becsült átlagok	T0	T1	T2	T3	T4
1. csoport	19,5	34,6	21,3	27,9	41,5
2. csoport	27,2	41,3	34,1	33,8	36,1
3. csoport	20,1	27,2	33,4	32,6	36,5
Szignifikáns különbség a csoportok között	1.–2., 2.–3.	2.–3.	1.–2., 1.–3.	–	–

A számított adatokból kitűnik az is, hogy a projekt 2. és 3. évében az iskola már mindkét alteszten sokkal nagyobb mértékben befolyásolta a diákok teljesítményét, mint a mi beavatkozásunk. Ennek magyarázata az lehet, hogy a projektben részt vevő „magasabb rangú”, azaz „erősebb” kategóriába eső hat- vagy nyolc- (esetleg tizenkét) osztályos gimnáziumok népszerűbbek a többi ilyen intézménynél, és ezért sokkal több jelentkező közül válogathatják ki a diákjait, akiknek így az átlagteljesítménye magasabb és fejleszthetősége is jobb a többi iskola tanulóinál. A diplomás anyák (és a család) pedig a korai fejlesztő hatáson túl a motiváció terén is befolyásolhatják gyermekeik teljesítményét. Az anya iskolai végzettségének hatása az 1. tanév végén már nem volt szignifikáns,

ellentétben az iskola rangjának a hatásával, amely a 9. és a 11. osztályban is minden más vizsgált hatásnál nagyobbak mutatkoztak. Ivan Snook és munkatársai (2009) figyelmeztetnek arra, hogy milyen nehéz definiálni a diákok teljesítményét befolyásoló paramétereket. A magyar iskolarendszer szelektivitását és annak káros hatásait pedig sajnos a PISA-mérések is rendszeresen igazolják (PISA, 2007; PISA, 2016).

IV. AZ MTA–ELTE KUTATÁSALAPÚ KÉMIA TANÍTÁS KUTATÓCSOPORT „KUTATÁSALAPÚ KÉMIA TANÍTÁS ÉS RENDSZERSZEMLELÉTEŰ GONDOLKODÁS” PROJEKTJE

Az előzőekben leírtak szerint a kutatócsoportunk eddigi tapasztalatai tehát óvatosságra intenek abban a tekintetben, hogy milyen fokú önállóság és mekkora lelkesedés várható el az ilyen korú tanulóktól a kutatásalapú módszer kémia tanítás során történő alkalmazásakor. Ezért úgy gondoltuk, hogy a jövőbeni munkánk során a diákok kognitív terhelésének további csökkentésére van szükség. Emiatt az MTA Közoktatás-fejlesztési Kutatási Programja (URL8) keretében 2021 őszén indított újabb, négy tanévig tartó, „Kutatásalapú kémia tanítás és rendszer szemléletű gondolkodás” (URL9) című projektünkben a kísérlettervezés folyamatának tanulását egy szakirodalmi forrásban (Cothron et al., 2000) talált séma használatával könnyítjük meg a tanulók számára. Az előző projekt 2. évétől alkalmazott kutatási modellt tehát a jelen projektben csak annyiban módosítottuk, hogy a 2. számú kísérleti csoport a receptszerű kísérletek elvégzése után azonosítja a független és a függő változókat, valamint a függő változó értékeinek vizsgálati módját és azokat a paramétereket, amelyeket állandó értéken kell tartani. A 3. számú kísérleti csoportok esetében pedig a kísérletek megtervezését segítjük a fentiekre vonatkozó kérdésekkel, mielőtt a diákoknak az elvégzendő kísérletek lépéseit le kellene írniuk. Továbbá, a tanulók az előző projekthez képest egyszerűbben megfogalmazott és rövidebb idő alatt megoldható feladatokat kapnak. Mindhárom csoport összes feladatlapjához elkészítjük a távolléti oktatáshoz használható „digitális” verziókat is.

Másrészt a motiváció növelése érdekében (Parchmann et al., 2006) ebben a projektben kipróbáljuk a kutatásalapú tanulás rendszerben történő gondolkodást (Orgill et al., 2019) elősegítő módszerrel való kombinálását. Ennek során a diákoknak meg kell érteniük, hogy egy adott kémiai folyamat lefolyását milyen más folyamatok szabályozzák, és azt is, hogy önmaguk milyen más folyamatokat befolyásolnak. Így a tanulók láthatják, hogy milyen hatással van mindez az ő életükre, környezetükre, illetve ezek fenntarthatóságára. Ezért a feladatlapjaink mindegyike tartalmazni fog olyan gondolkodtató feladatokat, amelyek rámutatnak a vonatkozó tananyag más tudásterületekkel kapcsolatos, ilyen jellegű összefüggéseire is (URL9).

A jelen projekt 0. tesztjét összesen 931 hetedik osztályos tanuló írta meg, akiket huszonöt iskolában harmincegy kémiatanár tanít. A fejlesztésüket most is tanévente hat feladatlappal kívánjuk végezni. A diákok teljesítményét és attitűdjük változását pedig továbbra is a projekt elején és a minden egyes tanév végén íratott tesztek eredményeinek statisztikai módszerekkel végzett elemzésével vizsgáljuk. Azt reméljük, hogy a bevezetett változások nyomán egyértelműbb és tartósabb pozitív hatást tudunk elérni, mint ami az előző empirikus kutatás során kimutatható volt.

A tanulmány elkészítését a Magyar Tudományos Akadémia Közoktatás-fejlesztési Kutatási Programja támogatta.

IRODALOM

- Bryson, B. (2004): *A Short History of Nearly Everything*. London: Black Swan, 17–24., magyarul: Bryson, B. (2006, 2020): *Majdnem minden rövid története*. Budapest: Akkord Kiadó
- Cothron, J. H. – Giese, R. N. – Rezba, R. J. (2000): *Students and Research: Practical Strategies for Science Classrooms and Competitions*. 3rd ed. Dubuque, IA: Kendall/Hunt Publishing Company
- Iharosi T. (2019): Agrár- és természettudományi képzések. In: *Felsőoktatási Elemzési Jelentések*, Oktatási Hivatal Felsőoktatási Elemzések Főosztálya, https://www.felvi.hu/pub_bin/dload/felsooktatasisimuhely/Elemzesi_Jelentesek/FEJ_2019_2.pdf
- Kertész J. (2009): Összefoglaló az Országos Köznevelési Tanács természettudományos közoktatás helyzetét vizsgáló *ad hoc* bizottságának munkájáról. *Magyar Tudomány*, 170, 6, 744–747. <http://www.matud.iif.hu/2009/09jun/17.htm>
- Korom E. – Németh V. (2020): *Gondolkodtató természettudomány-tanítás – KÉMIA. Módszertani kézikönyv*. Szeged: Mozaik Kiadó
- Nagy L.-né (2010): A kutatásalapú tanulás/tanítás ('inquiry-based learning/teaching', IBL) és a természettudományok tanítása. *Iskolakultúra*, 12, 31–51. <http://www.iskolakultura.hu/index.php/iskolakultura/article/view/21100>
- NRC – National Research Council (2012): *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academies Press, DOI: 10.17226/13165, <https://nap.nationalacademies.org/catalog/13165/a-framework-for-k-12-science-education-practices-crosscutting-concepts>
- OECD (2019): PISA 2018 Science Framework. In: *PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*. Paris: OECD Publishing, DOI: 10.1787/f30da688-en, https://www.oecd-ilibrary.org/education/pisa-2018-assessment-and-analytical-framework_f30da688-en
- Orgill, M. – York, S. – MacKellar, J. (2019): Introduction to Systems Thinking for the Chemistry Education Community. *Journal of Chemical Education*, 96, 12, 2720–2729. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.9b00169>
- Parchmann, I. – Gräsel, C. – Baer, A. et al. (2006): "Chemie im Kontext": A Symbiotic Implementation of a Context-Based Teaching and Learning Approach. *International Journal of Science Education*, 28, 1041–1062. <https://tinyurl.hu/AucB>
- PISA (2007): *Science Competences for Tomorrow's World*, Volume 1: Analysis, 63–68. Paris: OECD Publishing, https://www.oecd-ilibrary.org/education/pisa-2006_9789264040014-en

- PISA (2016): *Results*. Volume 1. *Excellence and Equity in Education*, 93–94. Paris: OECD Publishing, <https://www.oecd.org/publications/pisa-2015-results-volume-i-9789264266490-en.htm>
- Rocard, M. et al. (2007): *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. European Economic and Social Committee. European Commission, Directorate-General for Research, Science, Economy and Society, <https://www.eesc.europa.eu/en/documents/rocard-report-science-education-now-new-pedagogy-future-europe>
- Snook, I. – O’Neil, J. – Clark, J. et al. (2009): Invisible Learnings: A Commentary on John Hattie’s Book *Visible Learning: A Synthesis of over 800 Metaanalyses Relating to Achievement*. *New Zealand Journal of Educational Studies*, 44, 1, 93–106. DOI: 10.1007/s11159-011-9198-8, tinyurl.com/4p3na9rf
- Sweller, J. (1988): Cognitive Load during Problem Solving: Effects on Learning. *Cognitive Science*, 12, 257–285. DOI: 10.1207/s15516709cog1202_4, https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1207/s15516709cog1202_4
- Szalay L. – Tóth Z. (2016): An Inquiry-based Approach of Traditional ‘Step-by-Step’ Experiments. *Chemistry Education Research and Practice*, 17, 923–961. DOI: 10.1039/C6RP00044D, <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2016/rp/c6rp00044d#!divAbstract>
- Szalay L. – Tóth Z. – Kiss E. (2020): Introducing Students to Experimental Design Skills. *Chemistry Education Research and Practice*, 21, 331–356. DOI: 10.1039/C9RP00234K, <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2020/rp/c9rp00234k#!divAbstract>
- Szalay L. – Tóth Z. – Borbás R. (2021): Teaching of Experimental Design Skills: Results from a Longitudinal Study. *Chemistry Education Research and Practice*, 22, 1054–1073. DOI: 10.1039/D0RP00338G, <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2021/rp/d0rp00338g>
- Tafoya, E. – Sunal, D. – Knecht, P. (1980): Assessing Inquiry Potential: A Tool for Curriculum Decision Makers. *School Science and Mathematics*, 80, 43–48. DOI: 10.1111/j.1949-8594.1980.tb09559.x, https://www.researchgate.net/publication/228018631_Assessing_Inquiry_Potential_A_Tool_For_Curriculum_Decision_Makers
- Walker, M. (2007): *Teaching Inquiry Based Science*. LaVergne, TN: Lightning Source, https://www.researchgate.net/publication/345766130_Teaching_Inquiry-based_Science
- URL1: European Commission, FP7 (2007–2013), CORDIS, EU research results, ‘inquiry-based’, <https://tinyurl.hu/E9Ny>
- URL2: TÁMOP-4.1.2.B.2-13/1-2013-0007 számú, „Országos koordinációval a pedagógusképzés megújításáért” című projekt keretében az ELTE TTK-n a Természettudományos Oktatásmódszertani Centrum égisze alatt létrehozott honlap: <http://ttomc.elte.hu/>
- URL3: A Magyar Tudományos Akadémia Tantárgy-pedagógiai Kutatási Programja: <https://mta.hu/tantargy-pedagogiai-kutatasi-program/szakmodszertani-palyazat-kiiras-mta-2016-106147>
- URL4: Az MTA–ELTE Kutatásalapú Kémia tanítás Kutatócsoport bemutatása az MTA honlapján: <https://mta.hu/tantargy-pedagogiai-kutatasi-program/mta-elte-kutatasalapu-kemiatanitas-kutatosoport-107088>
- URL5: Az MTA–ELTE Kutatásalapú Kémia tanítás Kutatócsoport „Megvalósítható kutatásalapú kémia tanítás” projektjének honlapja: <http://ttomc.elte.hu/publications/90>
- URL6: IBM, SPSS, ANCOVA, <https://www.spss-tutorials.com/spss-ancova-analysis-of-covariance/>
- URL7: A John Hattie-vel készült videóinterjú a kutatásalapú tanulás alkalmazásáról: <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=YUooOYbgSUG>
- URL8: A Magyar Tudományos Akadémia MTA Közoktatás-fejlesztési Kutatási Programja: <https://mta.hu/kozoktat-as-fejleszt-esi-kutatasi-program>
- URL9: Az MTA–ELTE Kutatásalapú Kémia tanítás Kutatócsoport „Kutatásalapú kémia tanítás és rendszerszemléletű gondolkodás” projektjének honlapja: <https://ttomc.elte.hu/publications/92>

PRIMITÍV AXIÓMÁK (P-PRIMEK) A TANULÓK GONDOLKODÁSÁBAN

P-PRIMS IN STUDENTS' THINKING

Tóth Zoltán¹, Bárány Zsolt Béla²

¹CSc, nyug. egyetemi docens, Debreceni Egyetem TTK Kémiai Intézet, Debrecen
toth.zoltan@science.unideb.hu

²középiskolai tanár, Debreceni Református Kollégium Dóczy Gimnáziuma, Debrecen
baranyz@gmail.com

ÖSSZEFOGLALÁS

A mindennapi tapasztalatokból származó primitív axiómák (p-primek) gyakran okoznak fogalmi megértési problémát a természettudományok tanulása során. Ezzel kapcsolatban végztünk egy keresztmetszeti vizsgálatot középiskolások körében, amelynek során kilenc olyan p-prim-alapú fogalmi megértési problémát tártunk fel, amelyet eddig csak feltételeztünk.

ABSTRACT

The naive axioms (phenomenological primitives, p-prims) based on everyday experiences often cause conceptual comprehension difficulties in science learning. In this regard, some examples from a cross-sectional study among high school (secondary school) students are presented. In the course of our empirical study, we managed to explore nine p-prim-based misunderstandings that have only been hypothesized.

Kulcsszavak: fogalmi megértés, tévképzet, primitív axiómák, keresztmetszeti vizsgálat, középiskolás tanulók

Keywords: conceptual understanding, misconception, phenomenological primitives, cross-sectional study, high school (secondary school) students

BEVEZETÉS

A tanulók természettudományos fogalmak tanulásával és megértésével kapcsolatos problémáinak, valamint fogalmi fejlődésének vizsgálata mintegy fél évszázaddal ezelőtt kezdődött. Magyarországon az 1990-es évektől indultak ilyen jellegű kutatások elsősorban Csapó Benő vezetésével (lásd például Korom, 1997, 1998, 2005). Ezek során kiderült, hogy a tanulóknak számos olyan elképzelésük van a világról, amely nem egyezik meg a tudományos világgéppel. Az ilyen, tudományosan nem helytálló elképzeléseket, fogalmakat nevezzük – nem kis leegyszerűsítés nélkül –

rűsítéssel – tévképzeteknek. Az utóbbi húsz évben – azon túl, hogy tudományos cikkek tízezrei tárgyalják a tanulók természettudományos tévképzeteit – vita bontakozott ki arról, hogy a tanulóknak ez a tudományosan nem helytálló „kiindulási” tudása mennyire koherens (naív elmélet) vagy inkább izolált, intuitív ötleteknek kell-e tekintenünk azokat (lásd például Taber, 2008; Leonard et al., 2014). Számos kutatás (például Fotou–Abrahams, 2016) azt mutatja, hogy új helyzetekben a tanulók gondolkodását könnyebb megérteni izolált tudásdarabok feltételezésével, semmint koherens, naív elméletekkel. Az izolált tudásdarabokból jönnek létre azok a primitív axiómák (phenomenological primitives, p-primek), amelyek újraszerveződése eredményezheti a tanulást, illetve a fogalmi váltást.

PRIMITÍV AXIÓMÁK (P-PRIMEK)

A p-primek (fenomenológiai primitívek) olyan tapasztalatokon nyugvó naív axiómák, melyek igazságtartalmát gondolkodás nélkül elfogadjuk. A fogalmat Andrea diSessa vezette be és alkalmazta a tanulók fizikai fogalmakkal kapcsolatos megértési problémáinak és hibás feladatmegoldásainak értelmezésére (diSessa, 1988, 1993). A p-prim nem egy tanult fogalom, hanem a mindennapi tapasztalatból levont következtetés, amely egy-egy jelenség értelmezéséhez kötődik. Amikor egy (természettudományos) problémát kell megoldanunk, akkor gyakran nyúlunk ezekhez a rövidített gondolkodási sémákhoz – nemritkán sikerrel. A p-primek egyik „haszna”, hogy gyors döntést, válaszadást tesznek lehetővé. Ugyanakkor, mivel gondolkodás nélkül elfogadjuk őket, néhány esetben helytelen döntésre juthatunk, ha nem elemezzük a megoldandó probléma finomszerkezetét. A p-primek fogalmi megértési zavarokban játszott szerepét elsősorban a fizikában tanulmányozták (például diSessa, 1988, 1993; Hammer, 1996; Masson–Legendre, 2008; Fotou–Abrahams, 2016), kevesebb vizsgálat történt kémiában (Talanquer, 2006¹; Taber, 2008; Tóth, 2013) és biológiában (Southerland et al., 2001). Néhány p-primet mutat be az *1. táblázat*.

1. táblázat. Példák a szakirodalomban leírt p-primekre

P-prim	Megnyilvánulása (forrás)
Az üresség feltöltése: az anyagok és tárgyak elfoglalják az üres helyeket („a természet irtózik a vákuumtól”)	„A homok kitölti a kivájt üreget.” (diSessa, 1993, 219.)
Az ellentétek vonzzák/kioltják egymást	„Amikor egy sav és egy bázis keveredik, a kapott oldat semleges lesz.” (Talanquer, 2006, 815.)

¹ Bár Vicente Talanquer nem használja a 'p-prim' kifejezést, az általa bemutatott kategóriák lényegében egy-egy p-primnek felelnek meg, ahogy erre Keith S. Taber (2014, 456.) is rámutatott.

1. táblázat folytatása

P-prim	Megnyilvánulása (forrás)
Aktív/fenntartó ágens: bármilyen változás valamilyen külső beavatkozás eredménye	„A mozgáshoz erő szükséges.” (diSessa, 1993, 217.) „Az aktív ágensek hatása passzív ágensekre kémiai reakciót hoz létre.” (Talanquer, 2006, 815.)
A nagyobb hatás mindig nagyobb változás: a nagyobb/erősebb hatás nagyobb/erősebb változást eredményez	„A nehezebb tárgyak gyorsabban esnek le, mint a könnyebbek.” (Fotou–Abrahams, 2016, 3.)
A közelebbi mindig erősebb: ha közelebb vagyunk egy forráshoz, erősebbnek érezzük a hatását, mintha távolabb lennénk	„Nyáron azért van melegebb, mint télen, mert nyáron a Föld közelebb van a Naphoz, mint télen.” (Hammer, 1996, 102.)
Folytonosság: az anyag egyre kisebb részekre osztható, de a részek tulajdonságai megegyeznek az anyagéval	„A rézatomok vörösek, és melegítés hatására kitépődnek.” (Talanquer, 2006, 813.)
Anyagiság, kézzelfoghatóság: az elvont fogalmaknak és folyamatoknak is anyagi természetű jellemzőik vannak	„A hó úgy viselkedik, mint a folyadékok.” (Talanquer, 2006, 815.)
Lényegiség: az anyag bizonyos tulajdonságai akkor is megmaradnak, ha az anyag megváltozik	„A rozsdá a vas egy fajtája.” (Talanquer, 2006, 815.) „Az ezüst-nitrát nem reagál sósavval, mert az ezüst sem lép reakcióba sósavval.” (Tóth, 2016, 335.)
A szükséglet mint a változás oka: a folyamatok valamilyen cél, valamilyen szükséglet elérése érdekében mennek végbe	„Az atomok vegyüléskor nemegész-szerkezetre törekszenek.” (Talanquer, 2006, 815.) „A hófajd azért változtatja fehérre a színét télen, hogy a vadászok nehezebben vegyék észre.” (Southerland et al., 2001, 338.)
A dolgok olyanok, amilyenek látszanak	„A Nap – láthatóan – kisebb, mint a Föld” (URL1)
A tárgyak mindig lefelé esnek	„A gravitáció mindig lefelé mutat.” (Fotou–Abrahams, 2016, 4.)
Lineáris sorrendiség: bármely rendszer változása lineáris események sorozata	„Az egyensúlyra vezető folyamatokban az átalakulás befejeződése után indul meg a termékek visszaalakulása.” (Talanquer, 2006, 815.)
Reprezentativitás: a dolgok (felszíni) hasonlóságának felismerése	„Mivel a NaCl oldódik vízben, ezért a hozzá hasonló képletű NaBr is oldódik.” (Maeyer–Talanquer, 2010, 974.)
Additivitás: az anyagok tulajdonságai összeadódnak	„Kék és sárga színű anyagok reakciója zöld színű terméket eredményez.” (Talanquer, 2008, 110.)

1. táblázat folytatása

P-prim	Megnyilvánulása (forrás)
A több az mindig jobb: több dolog jobb/ erősebb/nagyobb/hatékonyabb, mint a kevesebb dolog	„A 10 perce forrásban lévő víz melegebb, mint az, amelyik csak éppen forni kezd.” (URL1) „A pirimidin erősebb bázis, mint a piridin, mert több nitrogénatomot tartalmaz.” (Tóth, 2013, 299.) „Az atomméret egy perióduson belül a rendszámmal nő, mert az atomot egyre több elemi részecske építi fel.” (Tóth, 2013, 299.)
A keményebb mindig stabilisabb: a kemény tárgyak időtállóbbak, stabilisabbak, mint a puha tárgyak	„A gyémánt stabilisabb módosulata a szénnek, mint a grafit, mert a gyémánt sokkal keményebb anyag.” (Tóth, 2013, 300.)
A nedves mindig nehezebb: a nedves anyagok, tárgyak nehezebbek, mint a szárazak	„A nedves levegő nehezebb, mint a száraz levegő.” (Tóth, 2013, 301.)
A természetes mindig egészséges: a természetes anyagok, a természetes úton létrehozott dolgok egészségesebbek, mint a mesterségesek („modern” vis vitalis elmélet)	„A paprikából kivont C-vitamin egészségesebb, mint a gyógyszergyárban készített C-vitamin.” (Tóth, 2013, 301.)
Az egyensúly mindig egyenlőség: az egymással egyensúlyban lévő dolgok mennyisége is megegyezik egymással	„Egyensúlyban a termékek koncentrációja megegyezik a kiindulási anyagok koncentrációjával.” (Tóth, 2013, 302.)
A káros mindig csúnya: a káros/egésztelen/gonosz dolgok általában csúnyák, undorítóak	„A méregtelenítő lábfürdőben képződő csúnya anyag a szervezetből kiáramló méreganyag.” (Tóth, 2013, 303.)
Ohm-féle p-prim: a nagyobb erőfeszítés (lendület) nagyobb hatást, a nagyobb ellenállás kisebb hatást eredményez	„A gravitációnak erős hatása van a levegőben lévő tárgyakra, de alig van hatása a földön lévőkre.” (Hammer, 1996, 115.)

SAJÁT VIZSGÁLATOK²

Mivel Magyarországon még nem történtek vizsgálatok a p-primeknek a tanulók gondolkodását befolyásoló hatásával kapcsolatban, ezért célul tűztük ki ennek vizsgálatát néhány természettudományos – többségében kémiai jellegű – probléma megoldásában.

² Az itt bemutatott eredmények Bárány Zsolt Béla: *Csak hiszed! Középszkolás tanulók naiv axiómáinak nyomában* című pedagógus-szakvizsgás dolgozatából (Debreceni Egyetem, 2015., téma-vezető: Tóth Zoltán) származnak.



A 2014/15-ös tanévben lebonyolított írásbeli vizsgálatban egy debreceni szak-középiskola 9–13. évfolyamos tanulói vettek részt összesen 429-en.

A mérőeszköz tizennyolc, többségében nyílt végű feladatot tartalmazott. Minden feladat esetén kértük a válasz(tás) indoklását is. A felmérőlap teljes mintára vonatkozó Cronbach-alfa értéke 0,756-nak adódott. A tanulók válaszaiból kategóriákat képeztünk, és vizsgáltuk azok gyakoriságát, valamint értékeltük szakmai helyességüket is.

Az eredményességet tekintve az egyes évfolyamok átlagai 30–40% között változtak. Az évfolyamok eredménye között egyedül a 9. évfolyam esetén találtunk szignifikáns különbséget a többi évfolyam javára.

A tanulói válaszok tartalmi elemzésének legfontosabb eredményét láthatjuk a 2. táblázatban.

2. táblázat. Az empirikus vizsgálat során előfordult leggyakoribb válaszkategóriák

Válasz (gyakoriság)	Megjegyzés
Miért van nyáron meleg és télen hideg?	
Mert nyáron a Föld közelebb van a Naphoz, mint télen. (34%)	p-prim: a közelebbi mindig erősebb
Nyáron nagyobb a napsugarak beesési szöge, télen pedig kisebb. Nyáron a Nap távolabb van a Földtől, télen pedig közelebb. (31%)	a helyes válasz
Mikor lesz melegebb a víz: ha 5 percig, vagy ha 15 percig forraljuk?	
A forrásban lévő víz hőmérséklete nem változik. (34%)	a helyes válasz
Minél tovább melegítjük, annál melegebb lesz. (33%)	p-prim: a több az mindig jobb
Az ammóniához hasonlóan, a szerves vegyületekben található nitrogénatom is képes a nemkötő elektronpárjával hidrogénion megkötésére, vagyis ezek a szerves vegyületek bázisként viselkednek. Az alábbiakban a piridin és a pirimidin szerkezete látható. Melyik az erősebb bázis: a piridin vagy a pirimidin?	
 piridin	 pirimidin
A pirimidin az erősebb bázis, mert két hidrogénion megkötésére képes. (63%)	p-prim: a több az mindig erősebb (újdonság)
A piridin az erősebb bázis, mert az egy nitrogénatomja erősebben polarizál, mint a pirimidinben található kettő. (1%)	a helyes(hez közeli) válasz

2. táblázat folytatása

Válasz (gyakoriság)	Megjegyzés
A periódusos rendszer második periódusában, a p-mezőben található a ${}_5\text{B}$, a ${}_6\text{C}$, a ${}_7\text{N}$, az ${}_8\text{O}$, a ${}_9\text{F}$ és a ${}_{10}\text{Ne}$. Hogyan változik a felsorolt atomok mérete a rendszám függvényében?	
Az atomok mérete egyre nő, mert egyre több lesz az atomot felépítő elemi részecskék száma, és az elektronok egyre nagyobb elektronfelhőt képeznek. (65%)	p-prim: a több az mindig nagyobb (újtonság)
A rendszám növekedésével csökken az atomok mérete, mert az egyre növekvő magtöltés egyre erősebben vonzza az azonos alhéjon található elektronokat. (7%)	a helyes válasz
Egy garázsban két, egyenként 10 literes benzines kanna van. Az egyik teljesen tele van benzinnel, míg a másikban mindössze 1 liter üzemanyag van. Tűzveszélyességi szempontból melyik kanna a sokkal veszélyesebb?	
A tele kanna a veszélyesebb, mert több benne az anyag, nagyobb tüzet eredményezhet. (44%)	p-prim: a több az mindig hatékonyabb (újtonság)
Az 1 liter benzin a veszélyesebb, mert a kannában nagyobb mennyiségű a benzingőz, illetve az oxigén, így könnyebben gyullad. (41%)	a helyes válasz
Hogyan változik a savi erősség a $\text{HF} - \text{HCl} - \text{HBr} - \text{HI}$ sorban? A választott grafikon betűjelét karikázd be, a választásodat indokold meg!	
A:	B:
<p>A hidrogén-halogenidek sáverősségének változása</p> <p>A hidrogén-halogenidek sáverőssége</p> <p>HF HCl HBr HI</p>	<p>A hidrogén-halogenidek sáverősségének változása</p> <p>A hidrogén-halogenidek sáverőssége</p> <p>HF HCl HBr HI</p>
C:	D:
<p>A hidrogén-halogenidek sáverősségének változása</p> <p>A hidrogén-halogenidek sáverőssége</p> <p>HF HCl HBr HI</p>	<p>A hidrogén-halogenidek sáverősségének változása</p> <p>A hidrogén-halogenidek sáverőssége</p> <p>HF HCl HBr HI</p>
C (50%)	p-prim: reprezentativitás, a jól ismert HCl a legerősebb sav
B (6%)	a helyes válasz

2. táblázat folytatása

Válasz (gyakoriság)	Megjegyzés
Melyik az egészségesebb: a paprikából kivont C-vitamin, vagy a gyógyszergyárban szintetikusán előállított C-vitamin?	
A paprikából kivont vitamin az egészségesebb, mert az természetes eredetű. (46%)	p-prim: a természetes mindig egészséges (újdonság)
A paprikából kivont vitamin az egészségesebb, mert abban egyéb fontos, természetes anyagok is lehetnek (vagy: mert nem szennyezett). (36%)	szövegértési probléma
Egyforma egészséges mind a két forrásból származó vitamin, mert ugyanarról az anyagról van szó. (11%)	a helyes válasz
A szénnek két kristályos módosulata, a gyémánt és a grafit közül melyik a stabilisabb?	
A gyémánt a stabilisabb, mert atomrácsozott szerkezetű, erősebb a kötés az atomok között, erősebb a rácsa. (36%)	tévképzet: a tanult ismeret helytelen alkalmazása
A gyémánt a stabilisabb, mert a legkeményebb anyag a Földön. (19%)	p-prim: a keményebb mindig stabilisabb (újdonság)
A grafit a stabilisabb, mert a gyémánt idővel grafitná alakul. (14%)	a helyes válasz
Melyik a nehezebb: az azonos térfogatú, hőmérsékletű és nyomású száraz vagy nedves levegő?	
A nedves levegő a nehezebb, mert abban több molekula, például még víz is van. (36%)	tévképzet: a gázok szerkezetének helytelen értelmezése
A nedves levegő a nehezebb, mert a víztartalom nehezíti, nagyobb lesz a tömege/sűrűsége. (31%)	p-prim: a nedves mindig nehezebb
A száraz levegő, mert a víz kisebb moláris tömegű, így a száraz levegőnek nagyobb az átlagos moláris tömege, a sűrűsége. (8%)	a helyes válasz
A kémiaszertárban egymás mellett két edényt találunk. A címkék felirata szerint az egyikben higany van, a másikban naftalin. A higanyról közismert, hogy közönséges körülmények között az egyetlen cseppfolyós halmazállapotú fém, régebben a hőmérőkben használták. A naftalin fehér színű szilárd anyag, amit korábban molyirtóként alkalmaztak. Melyik a stabilisabb: a higany vagy a naftalin?	
A naftalin a stabilisabb, mert szilárd. (32%)	p-prim: a szilárd stabilisabb, mint a folyadék (újdonság)
A higany a stabilisabb, mert fém, erős fémrácsa van erős fémek kötésekkel. (17%)	a helyes(hez közeli) válasz

2. táblázat folytatása

Válasz (gyakoriság)	Megjegyzés
Melyik grafikonon írhatja le a leginkább valószínű formában a kiindulási anyagok és termékek koncentrációjának változását az egyensúlyi állapot kialakulása közben?	
A:	B:
<p>A reagensek és a termékek koncentrációjának változása az egyensúly kialakulása során</p>	<p>A reagensek és a termékek koncentrációjának változása az egyensúly kialakulása során</p>
C:	D:
<p>A reagensek és a termékek koncentrációjának változása az egyensúly kialakulása során</p>	<p>A reagensek és a termékek koncentrációjának változása az egyensúly kialakulása során</p>
B (60%) Egyensúlyi állapotban a kiindulási anyagok és termékek koncentrációja megegyezik. (23%)	p-prim: az egyensúly mindig egyenlőség (újdonság)
A (21%)	a helyes válasz
Melyik a nagyobb sűrűségű: a fémnátrium vagy a víz?	
A fémnátrium kisebb sűrűségű, mert úszik a víz tetején. (35%)	a helyes válasz
A fémnátrium nagyobb sűrűségű, mert az egy fém/szilárd. (27%)	p-prim: a szilárd anyagok nehezebbek, mint a folyadékok (újdonság)
A fémnátrium nagyobb sűrűségű, mert a moláris tömege nagyobb, mint a vízé. (10%)	tévképzet: a tanult ismeretek helytelen alkalmazása

2. táblázat folytatása

Válasz (gyakoriság)	Megjegyzés
A benzin cseppfolyós szénhidrogének (például C_7H_{16} , C_8H_{18}) elegye. A sűrűsége kisebb, mint a víz. Melyiknek nagyobb a sűrűsége: a benzingőznek vagy a vízgőznek?	
A vízgőz sűrűsége a nagyobb, mert a vízé is nagyobb volt, mint a benziné. (41%)	p-prim: lényegiség (újdonság)
A benzingőz sűrűsége a nagyobb, mert az összetevők moláris tömege (sűrűsége) is nagyobb. (13%)	a helyes válasz
Annak a nagyobb a gőzsűrűsége, amelyik könnyebben párolog. (4%)	p-prim (?)

A válaszok tartalmi elemzése számos esetben mutatta a p-primek megjelenését a tanulók gondolkodásában, néhány esetben tetten érhető volt a tanult ismeretek helytelen alkalmazása is („tévképzet”). Kilenc esetben sikerült empirikus adatokkal alátámasztani olyan, a kémiában eddig csak feltételezett fogalmi megértési problémát, melynek gyökere részben vagy egészben a p-primek gondolkodást befolyásoló hatásában keresendő („újdonság”).

ÖSSZEFOGLALÁS

Eredményeink megerősítik azt a nemzetközi szakirodalomban már széles körben tárgyalt tényt, hogy a tanulók gondolkodását befolyásolják a mindennapi tapasztalatok alapján kialakult p-primek. Ez alól a magyar szakközépiskolás tanulók sem kivételek. Empirikus vizsgálatunk során sikerült feltárni kilenc, a kémiában eddig még csak feltételezett, p-prim-alapú fogalmi megértési problémát is.

IRODALOM

- diSessa, A. A. (1988): Knowledge in Pieces. In: Forman, G. – Pufall, P. (eds.): *Constructivism in the Computer Age*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Publishers, 49–70.
- diSessa, A. A. (1993): Toward an Epistemology of Physics. *Cognition and Instruction*, 10, 2, 105–225. <https://canvas.northwestern.edu/courses/93054/files/6764748/download?verifier=YeAP-R95V7jHM1gcZI8hgLynRIOF9t22ocupAcXHd>
- Fotou, N. – Abrahams, I. (2016): Students’ Analogical Reasoning in Novel Situations: Theory-like Misconceptions or P-Prims? *Physics Education*, 51, 7, 1–6. DOI: 10.1088/0031-9120/51/4/044003, https://www.researchgate.net/publication/303869786_Students'_analogical_reasoning_in_novel_situations_Theory-like_misconceptions_or_p-prims
- Hammer, D. (1996): Misconceptions or P-Prims: How May Alternative Perspectives of Cognitive Structure Influence Instructional Perceptions and Intentions? *The Journal of the Learning*

- Sciences*, 5, 2, 97–127. <http://ccl.northwestern.edu/constructionism/2012LS452/assignments/5/MisconceptionsOrP-Prims.pdf>
- Korom E. (1997): Naív elméletek és tévképzetek a természettudományos fogalmak tanulásában. *Magyar Pedagógia*, 97, 1, 19–41. <http://www.magyarpedagogia.hu/document/196.pdf>
- Korom E. (1998): Az iskolai és a hétköznapi tudás ellentmondásai: a természettudományos tévképzetek. In: Csapó B. (szerk.): *Iskolai tudás*. Budapest: Osiris Kiadó, 139–167.
- Korom E. (2005): *Fogalmi fejlődés és fogalmi váltás*. Budapest: Műszaki Könyvkiadó
- Leonard, M. J. – Kalinowski, S. T. – Andrews, T. C. (2014): Misconceptions Yesterday, Today, and Tomorrow. *CBE – Life Sciences Education*, 13, 179–186. DOI: 10.1187/cbe.13-12-0244, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4041497/>
- Maeyer, J. – Talanquer, V. (2010): The Role of Intuitive Heuristics in Students' Thinking: Ranking Chemical Substances. *Science Education*, 94, 963–984. https://www.researchgate.net/publication/227664710_The_role_of_intuitive_heuristics_in_students'_thinking_Ranking_chemical_substances
- Masson, S. – Legendre, M-F. (2008): Effects of Using Historical Microworlds on Conceptual Change: A P-Prim Analysis. *International Journal of Environmental and Science Education*, 3, 3, 115–130. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ894855.pdf>
- Southerland, S. A. – Abrams, E. – Cummins, C. L. et al. (2001): Understanding Students' Explanations of Biological Phenomena: Conceptual Frameworks or P-Prims? *Science Education*, 85, 328–348. http://jittl.science.iupui.edu/JiTT_RESOURCES/p_prims_Biology.pdf
- Taber, K. S. (2008): Conceptual Resources for Learning Science: Issues of Transience and Grain-size in Cognition and Cognitive Structure. *Journal of Learning Science*, 30, 1027–1053. DOI: 10.1080/09500690701485082, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00513348/document>
- Taber, K. S. (2014): The Significance of Implicit Knowledge for Learning and Teaching Chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 15, 447–461. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2014/rp/c4rp00124a>
- Talanquer, V. (2006): Commonsense Chemistry: A Model for Understanding Students' Alternative Conceptions. *Journal of Chemical Education*, 83, 5, 812–816. https://www.researchgate.net/publication/231267449_Commonsense_Chemistry_A_Model_for_Understanding_Students'_Alternative_Conceptions
- Talanquer, V. (2008): Students' Predictions about the Sensory Properties of Chemical Compounds: Additive Versus Emergent Frameworks. *Science Education*, 92, 1, 96–114. <https://tinyurl.com/v5vzskh>
- Tóth Z. (2013): Janus-arcú axiómáink: A p-primek. *Középiszkolai Kémiai Lapok*, 40, 4, 297–304. https://www.kokel.mke.org.hu/images/docs/2013_4/KK1304_valoban.pdf
- Tóth Z. (2016): A tanulók kémiai gondolkodásának néhány jellemzője. *Magyar Kémikusok Lapja*, 71, 11, 334–338. http://epa.oszk.hu/03000/03005/00010/pdf/EPA03005_MKL_2016_11_334-338.pdf
- URL1: Werby, O.: *What Is a P-Prim?* <https://interfaces.com/blog/2010/10/what-is-a-p-prim/>

Tanulmányok

BELÜLRŐL KIFELE KONSZTRUÁLT VILÁG^{1,2,3}

CONSTRUCTING THE WORLD FROM INSIDE OUT

Buzsáki György

az MTA külső tagja, egyetemi tanár
New York University Neuroscience Institute, New York, USA
Gyorgy.Buzsaki@nyulangone.org

ÖSSZEFOGLALÁS

Napjaink idegtudományát áthatja az empirikus filozófia, amely azt feltételezi, hogy az agy célja az érzékelés, a világ reprezentálása, illetve az igazság megismerése. E megközelítés kikerülhetetlen következményeként kénytelenek vagyunk azt feltételezni, hogy egy döntéshozó homunkulusz csücsül beékelődve az agyunk érzékelő és cselekvést irányító részei között. Ezzel szemben, a véleményem szerint, az agy alapvető funkciója a cselekvések kiváltása, illetve ezen akciók következményeinek előrejelzése – ezáltal támogatva az agy gazdájának túlélését és boldogulását. Csak a tettek révén bizonyosodhat meg az agy a szenzoros bemenetek relevanciájáról, csak így tulajdoníthat nekik jelentést, és értelmezheti őket. Ebben, a „belülről kifelé” értelmezési keretben az agy előre konfigurált és önszerveződő dinamikával rendelkezik, ami meghatározza, hogy hogyan cselekszik, és hogyan látja a világot. Az agy nem egalitárius szerveződésében az előzetesen is létező, de értelmet nem hordozó agyi mintázatok az akción alapuló tapasztalás révén telnek meg jelentéssel.

ABSTRACT

Current neuroscience is largely fueled by an empiricist philosophy that assumes the brain's goal is to perceive, represent the world, and learn the truth. An inevitable consequence of this framework is the assumption of a decision-making homunculus wedged between our perception and actions. In contrast, I advocate that the brain's fundamental function is to induce actions and predict the consequences of those actions to support the survival and prosperity of the brain's host. Only actions can provide a second opinion about the relevance of the sensory inputs and

¹ A cikk eredeti, angol nyelvű változata a *Scientific American* folyóiratban jelent meg: Constructing the World from Inside Out. *Scientific American*, 326, 6, 36–43. June 2022. DOI: 10.1038/scientificamerican0622-36

² Fordította: Molnár Csaba

³ Illusztrációk: Islenia Milien

provide meaning for and interpretation of those inputs. In this 'inside-out' framework, the brain comes with a preconfigured and self-organized dynamic that constrains how it acts and views the world. In the brain's nonegalitarian organization, preexisting nonsense brain patterns become meaningful through action-based experience.

Kulcsszavak: empirizmus, tanulás, önszerveződés, percepció-akció, döntéshozatal

Keywords: empiricism, learning, self-organization, perception-action, decision making

Buzsáki György

Az idegi hálózatok kutatója. Az emlékek kialakulásának mechanizmusait vizsgálja, illetve azt kutatja, hogy az agyi ritmusok hogyan bontják szakaszokra az idegi információt, hogy ezzel segítsék a kogníciót. 2011-ben megosztott Agy-díjjal tüntette ki a Lundbeck Alapítvány. Buzsáki legújabb könyve a The Brain from Inside Out (Oxford University Press, 2019).

AZ AGYUNK MINTÁT VESZ A FIZIKAI KÖRNYEZETÜNKBŐL, HOGY CSAK A TÚLÉLÉSHEZ ÉS A BOLDOGULÁSHOZ SZÜKSÉGES INFORMÁCIÓVAL KELLJEN FOGLALKOZNI

Fiatal szemináriumvezetőként a tankönyvekhez hűen tanítottam a neurofiziológiát az orvostanhallgatóknak, és lelkesen magyaráztam nekik, hogy az agy hogyan érzékeli a külvilágot, hogyan irányítja a testet. A szemekből, a fülekből és más érzékszervekből érkező szenzoros információ elektromos impulzusokká alakul, majd a szenzoros kéreg megfelelő részeibe érkezik. Ez az agyterület feldolgozza az érzékszervi bemeneteket, és kialakítja a percepciót. A mozgás kezdeményezésekor a motoros kéregből érkező impulzusok arra utasítják a gerincvelő idegsejtjeit, hogy összehúzódnak és válnak ki az izmokból.

A legtöbb hallgató meg volt elégedve az én tankönyvízü magyarázatommal az agy *input-output* mechanizmusairól. Néhányan (az okosabbak) azonban folyton zavarba ejtő kérdéseket tettek fel. „Hol történik a percepció az agyban?” „Mi indítja el az ujjak mozgását, mielőtt a motoros kéreg idegsejtjei tüzelnének?” Mindig egy egyszerű válasszal intéztem el a kérdéseiket: „Mindez a neokortexben történik.” Ezután rutinosan témát váltottam, vagy bedobtam néhány rejtélyes latin kifejezést, amit a hallgatók nem igazán értettek, de mégis elég tudományosan hangzottak ahhoz, hogy a határozottságot tükröző megjegyzéseim egy időre elcsendesítsék őket.

Ahogy más fiatal kutatók, én is úgy kezdtem az agyat illető vizsgálódásaimat, hogy nem aggódtam különösebben azon, hogy ez a percepció-akció elméleti keret

helyes volt-e, vagy téves. Sok éven keresztül elégedett voltam a kutatásaim haladásával, illetve örültem azoknak a látványos felfedezéseknek, amelyekből a múlt század hatvanas éveire kialakult az idegtudomány területe. Mégsem hagyott nyugodni, hogy képtelen voltam a legokosabb hallgatóim jogos kérdéseire kielégítő választ adni. Azzal kellett megbirkóznom, hogy olyasmit akarok megmagyarázni, amit én sem értek teljesen.

Az évek során rájöttem, hogy nem csak engem frusztrál ez a helyzet. Sok kollégám, akár bevallották, akár nem, ugyanígy érzett. De volt pozitívum is e vívódásban: a frusztrációk lendületet adtak a karrieremnek. Arra készítették hosszú pályafutásom során, hogy olyan látásmódot fejlesszek ki, amelynek segítségével alternatív magyarázatot adhatok az agy és a külvilág interakciójára.

Az előttem és más idegtudósok előtt álló legnagyobb kihívás az volt, hogy rájöjjünk, pontosan mi is a tudat. A gondolkodók Arisztotelész óta úgy vélték, hogy a tudat és a lélek kezdetben érintetlen palatáblához hasonlít, *tabula rasa*, amelyre felrajzoljuk élményeinket. E nézet a keresztény és a perzsa filozófusokra is hatott, ahogy a brit empirizmus és a marxista doktrína is táplálkozott belőle. Az elmúlt évszázadban ez az elképzelés átszűrődött a pszichológiába és a kognitív tudományba is. Ezt nevezhetjük „kívülről befelé” szemléletnek is, amely a tudatot a valós világról való tanulás eszközeként írja le. Az ettől különböző, alternatív nézet – amely meghatározta kutatásaimat – viszont azt feltételezi, hogy az agyi hálózatok elsődleges feladata a saját belső dinamikájuk fenntartása, melynek során folytonosan nehezen értelmezhető idegi aktivitásmintázatok tömkelegét generálják. Amikor ez a látszólag véletlenszerű aktivitás előnyös az élőlény túlélése szempontjából, akkor az aktivitás mögött rejlő idegi mintázat értelmet nyer. Amikor egy csecsemő azt gügyögi, hogy „ku-ku”, akkor a szülője boldogan adja oda neki a kutyusát. Így a „ku-ku” hang új értelmet kap: a kutyust. Az idegtudomány legújabb fejlődése megerősítette ennek az elméleti keretnek a helyességét.

AZ AGY „REPREZENTÁLJA” A VILÁGOT?

Az idegtudomány megörökölte az „üres palatábla” szemléletet, noha már évezredek teltek el azóta, hogy a korai gondolkodók megalkották például a „*tabula rasa*” kifejezést a mentális műveletek elnevezésére. Mind a mai napig keressük azokat a mentális mechanizmusokat, amelyek kapcsolatban állhatnak e megálmódott ideákkal. A kívülről befelé megközelítés dominanciáját jól mutatják a legendás tudósduó, David Hubel és Torsten Wiesel kiemelkedő felfedezései, akik bevezették az egysejtes elvezetésen alapuló kísérleteket az agyi látórendszer vizsgálatában, amiért 1981-ben orvosi és fiziológiai Nobel-díjjal tüntették ki őket. Klasszikus kísérleteik során rögzítették az állatok neuronális aktivitását, miközben különböző alakzatok képeit mutatták nekik. Ezek között voltak mozgó vonalak, élek, sötét

és világos területek, illetve más fizikai tulajdonságokkal bíró képek, amelyek különböző neuroncsoportok tüzelését váltották ki. A feltételezésük szerint az idegi számítás (komputáció) egyszerű mintázatokkal kezdődik, amelyek aztán egyre összetettebb alakzatokká állnak össze. Ezek a jellegzetességek aztán összekapcsolódnak valahol az agyban, hogy létrehozzák az adott tárgy reprezentációját. Ebben nincs szükség aktív részvételre, az agy automatikusan végrehajtja a feladatot.

A kívülről befelé értelmezési keret azt feltételezi, hogy az agy elsődleges funkciója a külvilágból érkező jelzések „érzékelése” és megfelelő értelmezése. De ha ez a feltételezés helyes, akkor további műveletekre van szükség ahhoz, hogy az agy reagáljon e jelzésekre. Az érzékszervi bemenetek és a kimenetek közé ékelődve ott kell lennie egy hipotetikus központi processzornak, amely veszi a környezet érzékszervi reprezentációját, és döntéseket hoz arról, hogy mit kezdjen velük a megfelelő akció kialakítása érdekében.

Tehát mi is pontosan ez a központi processzor ebben a kívülről befelé paradigmában? Nos, ennek az alig értett és meglehetősen spekulatív valaminek számos nevet adtak – szabad akarat, homunkulusz, döntéshozó, végrehajtó funkció, beavatkozó ágens vagy egyszerűen csak „fekete doboz”. Mindez kizárólag a kísérletező filozófiai preferenciáitól függött, illetve attól, hogy a kérdéses mentális műveletet az emberi agyra akarta-e alkalmazni, esetleg más állatok agyára vagy számítógépes modellekre. De ettől még e koncepciók mind ugyanarra a dologra utalnak.

A kívülről befelé modell implicit gyakorlati következménye, hogy a jelenkori idegtudomány előtt álló következő feladat az kell legyen, hogy megtaláljuk, vajon e feltételezett központi processzor hol lakozik az agyban, majd szisztematikusan feltárjuk a döntéshozatal idegi mechanizmusait. És valóban, a döntéshozatali mechanizmusok fiziológiája a jelenkori idegtudomány egyik legnépszerűbb témájává vált. Sokan a felsőbbrendű agyterületeket, például a prefrontális kérget tartják az agy azon régióinak, ahol „minden szál összefut”, és ahol „minden kimenet létrejön”. Csakhogy, ha alaposabban megnézzük, kiderül, hogy a kívülről befelé szemléletmód nem tartható.

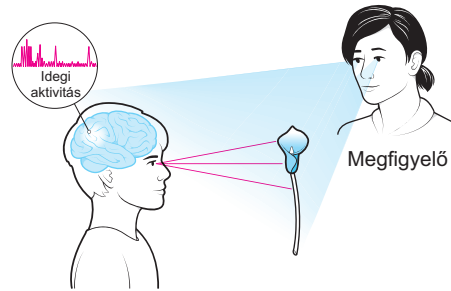
Ez a megközelítés ugyanis képtelen megmagyarázni például azt, hogy a retinát elérő fotonok hogyan hozzák létre végső soron a nyári napsütés érzékletét. A kívülről befelé értelmezési keret tehát megköveteli az emberi szemlélő mesterséges beillesztését, aki megfigyeli ezt az eseményt (lásd a keretes írást az 1444. oldalon). A folyamat közepén helyet foglaló megfigyelő léte azért szükséges, mert még ha az idegsejtek meg is változtatják tüzelési mintázatukat, amikor az érzékszervek receptorait stimulus éri – legyen az például fény vagy hang –, ezek a változások önmagukban nem „reprezentálnak” semmit, amit aztán az agy magáévá tehet. A látókéreg azon neuronjainak, amelyek például egy rózsza képére reagálnak, fogalmuk sincs semmiről. Ezek az idegsejtek nem „látják” a virágot. Mindössze elektromos oszcillációkat hoznak létre az agy más területeiről, többek között a retinából induló, sokszorosán összetett ingerületvezetési utakon érkező bemenetek hatására.

KÍVÜLRŐL BEFELÉ VAGY BELÜLRŐL KIFELE

Az az elképzelés, miszerint az agy eredetileg „tisztá lappal” kezdi az életet, amit aztán a tapasztalatok töltenek meg írással, már ősidők óta létezik, és módosított formában mindmáig érzeteti hatását. De néhány idegtudós megkérdőjelezte ezt az elméletet, mert a működéséhez nehezen igazolható feltételezésekre van szükség arról, ahogy érzékeljük és feldolgozzuk a külvilág eseményeit. Legfőképpen pedig be kell hoznunk az elméletbe egy hipotetikus „értelmezőt”, hogy megmagyarázzuk a folyamatokat.

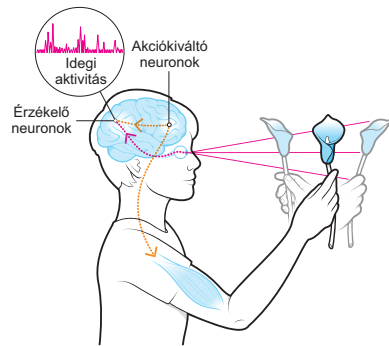
Kívülről befelé megközelítés

Az inger – például egy virág képe – eléri a szemet, az agy pedig idegsejtek kisütésével válaszol erre. De ez az elmélet csak egy „megfigyelő” feltételezésével válik hihetővé, aki kapcsolatot létesít a virág és az általa kiváltott idegi reakciók között. De a megfigyelővel ellentétben a kéreg idegsejtjei nem „látják” a virágot.



Belülről kifelé megközelítés

Az alternatív, belülről kifelé értelmezési keret elveti a megfigyelőt. Ehelyett azt feltételezi, hogy a tanulást elősegítő akciók (például a virág mozgatása) révén értjük meg a külvilágot. E feladat végrehajtása érdekében az akciót kiváltó neuronok által küldött neuronális minták kombinálódnak az érzékszervi bemenetekkel, és így értjük meg a tárgy méretét, alakját és más tulajdonságait. Ebből értelmezhető kép jön létre, ami már lehetővé teszi az idegsejteknek, hogy „lássák” a virágot.



Más szavakkal, a szenzoros kérgi neuronok, sőt még a hipotetikus központi processzor sem képes „látni” a külvilág történéseit. Nincs az agyban olyan értelmező ágens, amely jelentést társítana a megváltozott idegi aktivitási mintázatokhoz. Nem létezik mesebeli, mindentudó homunkulusz, aki az agy összes idegsejtjének aktivitását figyeli. A tüzelő neuronoknak fogalmuk sincs arról az eseményről, ami változást idézett elő az aktivitási mintázatukban. Az idegi aktivitás fluktuációi csak a kutató számára nyernek értelmet, ha abban a kivételes helyzetben van, hogy egyszerre figyelheti meg az agyban lejátszódó eseményeket és a külvilág történéseit, majd összehasonlíthatja a két megfigyelést.

AMIT TESZÜNK, AZ A PERCEPCIÓ

Mínt hogy az idegsejtek közvetlenül nem értesülnek a külvilágról, szükségük van egy módszerre, amelynek segítségével összevethetik vagy validálhatják a tüzelési mintázatukat valamilyen referenciával. Itt a validálás az agyi ingerületvezetési körök azon képességét jelenti, hogy értelmet tudnak társítani az érzékszervi bemenetek hatására megváltozó tüzelési mintázatoknak. E feladatot úgy hajtják végre, hogy az aktivitást valami máshoz hasonlítják. A „tá-tá-ti” Morse-kód csak akkor nyer értelmet, ha korábban a G betűhöz kapcsolták. Az agyban csak akkor juthatunk hozzá az előfeltevést megerősítő vagy cáfoló független véleményhez, ha akciót kezdeményezünk.

Akkor tanuljuk meg, hogy a vízbe merülő, és emiatt töröttnek látszó bot valójában ép, ha megmozdítjuk. Ehhez hasonlóan, a két fa és két hegycsúcs közötti távolság először azonosnak tűnhet számunkra, de ahogy arrébb megyünk, és így megváltoztatjuk a nézőpontunkat, felfedezzük a közöttük lévő különbséget.

A kívülről befelé megközelítés a percepció-döntés-akció eseményláncolatot követi. Ebben a modellben a specializálódott érzékelő agyterületek neuronjait a külvilágból érkező ingerek „irányítják”, és így nem képesek az aktivitásukat valami máshoz igazítani. De az agy nem sorosan dolgozza fel a bemeneteket, nem egymás után halad mindig végig ugyanazokon a lépéseken. Ehelyett a személy minden cselekvése közben az agy motoros területei tájékoztatják a többi kérgi régiót a kiváltott akcióról, ezt az üzenetet „következményes kisülésnek” (corollary discharge) nevezzük.

Az akciót kezdeményező idegi körök két feladatot is ellátanak. Az egyik feladatuk, hogy parancsot küldjenek például a szemmozgató izmoknak és más érzékszervek izmainak (többek között az ujjaknak, a nyelvnek). Ezek a körök optimális pozícióba irányítják az érzékszerveket, hogy alaposan kivizsgálják a bemenet forrását, ezáltal segítik az agyat abban, hogy meghatározza az érzékszervekből bejövő, kezdetben zavaros inger jellegét és irányát.

Ugyanezen akciókiváltó idegi körök második feladata az, hogy értesítéseket (következményes kisüléseket) küldjenek a szenzoros és magasabb rendű agyterületeknek. Ezek hasonlóan működnek, mint a tértivevények. Azok az idegsejtek, amelyek kiváltják a szemmozgásokat, egyúttal arról is értesítik a látókéreg régióit, hogy mi történik, és tisztázzák a látvány bizonyos elemeit (például, hogy a virágot a szél vagy a megfigyelő ember mozgatja).

A következményes kisülések jelentik tehát azokat a megerősítő érzékelési köröket, amelyek kellenek a validációhoz – vagyis annak megerősítéséhez, hogy „a saját akcióm okozza a változást”. Hasonló következményes üzenetek érkeznek a többi agyterületre is, amikor az illető megvizsgálja a virágot, a virág kapcsolatát saját magával és a külvilág más elemeivel. E kutakodás nélkül a virágról érkező ingerek – vagyis a tapasztalatlan agyhoz kapcsolódó retinába beeső fotonok – önmagukban soha nem lennének képesek létrehozni a virág méretéről vagy alakjáról alkotott értelmes képet. Tehát a percepciót úgy definiálhatjuk, hogy ez az, amit *teszünk* – nem pedig az, amit passzívan befogadunk az érzékszerveinken keresztül.

Demonstrálhatjuk is a következményes kisülés mechanizmusának egyszerűsített változatát. Takarjuk le kezünkkel az egyik szemünket, majd oldalról óvatosan nyomjuk el a másik szemünket az ujjbegyünkkel befelé, nagyjából háromszor másodpercenként, miközben ezt a szöveget olvassuk. Azonnal látni fogjuk, hogy az oldal látszólag ide-oda mozog. Ezzel szemben, ha olvasunk, vagy körbetekintünk a szobában (vagyis nem az ujjunkkal, hanem aktívan mozgatjuk a szemünket), akkor a környezet állónak tűnik. Ezen állandóság érzete azért alakul ki, mert a szemmozgató neuronok következményes jelzést küldenek a látókéregnek, amelyek arról tájékoztatják, hogy vajon az egész világ mozog-e, vagy csak a szemgolyó, és ez lehetővé teszi a környezet képének stabilizálását.

TANULÁS ÖSSZEHASONLÍTÁS ÚTJÁN

A kívülről befelé és a belülről kifelé megközelítések közötti kontraszt még élesebbé válik, amikor ezeket az elméleti kereteket a tanulási mechanizmusok magyarázatául használjuk. A tisztalapmodell kimondatlan feltételezése szerint a tapasztalatok bővülésével az agy összetettsége növekszik. Ahogy tanulunk, az agyi körök közötti interakcióknak egyre inkább bonyolultabbakká kell válniuk. A belülről kifelé megközelítés szerint azonban nem a tapasztalat az agyi komplexitás fő forrása

Ehelyett az agy úgy szerveződik, hogy előzetesen kialakított tüzelési mintázatok hatalmas repertoárját tartalmazza, amelyeket idegi trajektóriáknak neveznek. Ez az önszerveződőagy-modell olyan szótárhoz hasonlítható, amelyet először értelmetlen szavak töltenek meg. Az új tapasztalat nem változtatja meg e hálózata-

tok működését, például teljes aktivitásszintjüket. A tanulás inkább az előzetesen is létező idegi trajektóriák és a külvilág eseményeinek összehasonlításával vagy egyeztetésével történik.

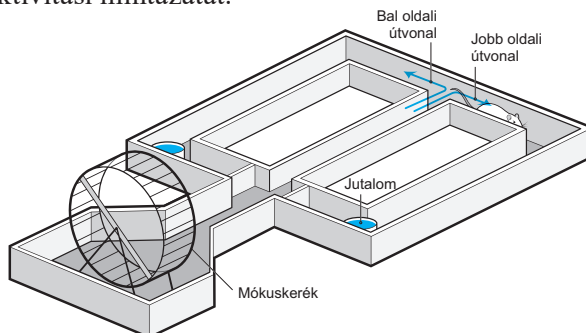
Ahhoz, hogy megértsük ezt az összehasonlító folyamatot, meg kell vizsgálnunk azokat az előnyöket és kényszereket, amelyeket az agyi dinamika a tapasztalásra kifejt. A tisztalapmodell alapvető változatában az idegi hálózatok nagyrészt hasonló, véletlenszerűen kapcsolódó idegsejtekből állnak. A feltételezés szerint ezek az agyi hálózatok rendkívül plasztikusak, és bármely tetszőleges bemenet megváltoztathatja az idegi körök aktivitását. De azonnal kitűnik e megközelítés gyengesége, ha megvizsgálunk egy példát a mesterséges intelligencia (MI) területéről. A klasszikus MI-kutatás – különösen annak konnekciónizmusnak hívott ága, amely a mesterséges neuronhálókat alapját képezi – a kívülről befelé-megközelítéshez, vagyis a tabula rasa-modellhez kapcsolódik. Ezt a domináns nézetet talán legerősebben Alan Turing, a tudatmodellezés nagy úttörője szorgalmazta a 20. században: „A gyermeki agy valószínűleg olyan, mint egy üres füzet, amelyet az írószertöltésben lehet kapni” – írta.

AZ ELKÉPZELT ELŐTTÜNK ÁLLÓ ÚT

Kísérlettel demonstrálható, hogy különböző idegsejtcsoportok tüzelnek – minden csoport eltérő sorrendben –, amikor a patkány arról sző terveket, hogy a bal vagy jobb oldali útvonalat kövesse, hogy eljusson a jutalomig.

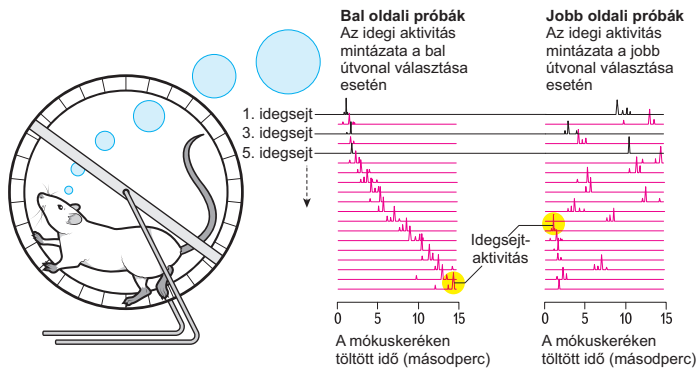
Kísérleti elrendezés

Egy mókuskerek található a labirintus bejáratánál, és a jutalmat a jobb vagy bal útvonal helyes választásával lehet elérni. A patkány szabadon választhat a két útvonal közül, miután 15 másodpercig tekerte a mókuskereket. Mind a labirintusban való bolyongás, mind a mókuskerekre idején rögzítjük az idegsejtjei aktivitási mintázatát.



Eredmények

A patkány idegi aktivitása, miközben a mókuskereket tekerte, megjósolja azt, hogy később melyik útvonalat fogja választani, mintha a patkány elképzelné az előtte álló utat. A „bal oldali próbák” ábrán megjelenített idegi aktivitás különbözik a „jobb oldali próbáktól”. Amikor a bal oldali aktivitás volt jellemző a mókuskereket tekerő patkányra, akkor a bal oldali útvonalat választotta másodpercekkel később.



Azok a mesterséges neuronháló, amelyeket arra építenek, hogy bemeneteket „írjanak” az idegi körökre, gyakran kudarcot vallanak, mert minden egyes új bemenet óhatatlanul is megváltoztatja a kör kapcsolatait és dinamikáját. Erre mondják, hogy a kör plaszticitást mutat. De ez valójában egy csapda. Az MI-rendszer, miközben a tanulás során folyamatosan módosítja a hálózatában meglévő kapcsolatokat, egy megjósolhatatlan pillanatban törölheti a teljes memóriáját. Ezt a hibát „katasztrofális interferenciának” nevezik, és az igazi agyra egyáltalán nem jellemző.

A belülről kifelé megközelítés ezzel szemben azt valószínűsíti, hogy az önszerveződő agyi hálózatoknak ellen kell állniuk az efféle zavarásoknak, mégis szükséges, hogy szükség szerint plasztikusak legyenek. Az agy ezt az egyensúlyt a különböző neuroncsoportok közötti kapcsolatok erősségének jelentős különbségei révén tartja fenn. Az idegsejtek közötti kapcsolatok erőssége folytonos spektrumot követ. A legtöbb idegsejt csak gyengén kapcsolódik másokhoz, míg kisebb hányaduk erős kapcsolatokat tart fenn. Az idegsejtek erősen kapcsolódó kisebbsége mindig riadókészültségben van. Gyorsan képesek tüzelni, azonnal megosztják az információt a csoporton belül, és makacsul ellenállnak a körkörös kapcsolataikat megváltoztatni igyekvő hatásoknak. Az idegsejtek ezen elit alhálózatait, minthogy rengeteg kapcsolattal és magas kapcsolati sebességgel bírnak,

időnként „a gazdagok klubjának” nevezik, és ezek folyamatosan jól informáltak az agy idegi történéseit illetően.

E gazdagklub keményen dolgozik: az összes idegsejt nagyjából húsz százaléka a tagja, mégis ők felelősek az idegi aktivitás majdnem feléért. A gazdagklubbal ellentétben, az agy idegsejtjeinek többsége (vagyis a neuronális „szegényklub”) általában lassan tüzel, és csak gyengén kapcsolódik más idegsejtekhez. Viszont ők erősen plasztikusak, és képesek arra, hogy fizikailag átalakítsák az idegsejtek közötti kapcsolatokat, vagyis a szinapszisokat.

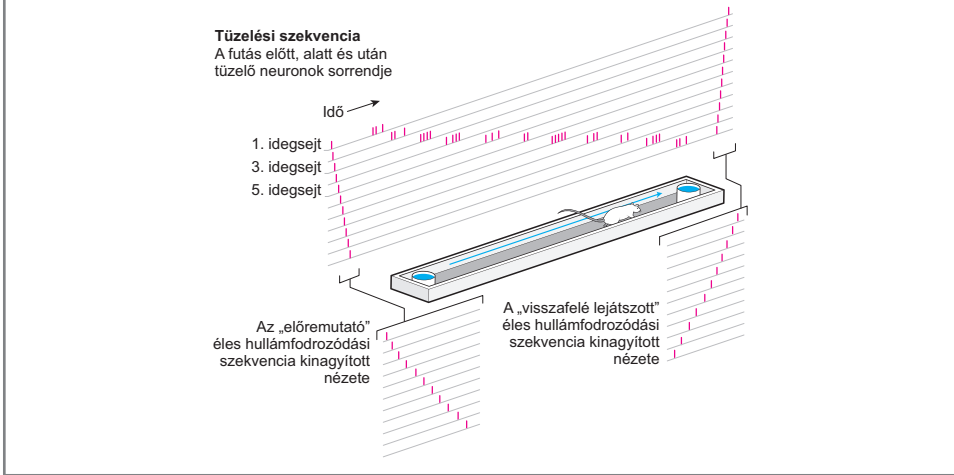
Mind a gazdag-, mind a szegényklubok fontosak az agyi dinamika fenntartása szempontjából. A mindig tettre kész gazdagklub tagjai hasonlóan tüzelnek a legkülönfélébb tapasztalatok hatására is. A legtöbb helyzetben gyors és kielégítő megoldást kínálnak. Nem azért vagyunk képesek egész sikeres találgatásba bocsátkozni az ismeretlenről is, mert tapasztalatokkal rendelkezünk róla, hanem mert az agyunk mindig készenlétben tart feltételezéseket az új, ismeretlen események esetére. Semmi sem tökéletesen újdonság az agy számára, mert az ismeretlen jelenségeket mindig a jól ismertekhez hasonlítja. Generalizál. Még a tapasztalatlan agy is a neuronális trajektóriák hatalmas és azonnal bevethető tárházával van felvértezve, amely lehetőséget kínál arra, hogy a világ eseményeit e már létező agyi mintázatokhoz hasonlítsuk anélkül, hogy ehhez alapvetően át kellene alakítanunk az idegsejtkapcsolatokat. Az önmagát folyamatosan átalakító agy képtelen lenne gyorsan alkalmazkodni a külvilág gyorsan változó eseményeihez.

De a lassú tüzelésű, plasztikus neuronok szerepe is kritikus fontosságú. Ezek az idegsejtek akkor lépnek színre, amikor az élőlény valamilyen jelentős ingerre érzékel, és el kell raktároznia jövőbeli referenciaként. Ezután már mobilizálhatja a hatalmas referenciagyűjteményét, hogy ennek segítségével ismerje fel a történések közötti apró különbségeket. Ehhez bizonyos idegsejtkapcsolatok erősségét meg kell változtatni. A gyerekek azután tanulják meg a kutya szó jelentését, hogy különféle kutyákat láttak. Amikor a gyermek legközelebb egy birkát lát, esetleg azt is kutyának nevezi. Csak akkor fog különbséget tenni a birkák és a kutyák között, amikor ennek a megkülönböztetésnek jelentősége van (például meg kell értenie a házi kedvencek és a haszonállatok közötti különbséget).

PRÓBA ÉS VISSZAJÁTSZÁS

Idegsejtek egy csoportja azelőtt, aközben és azután tüzel, hogy a patkány végigszalad egy megemelt pályán. Azok az idegsejtek, amelyek a futás kezdetén és végén tüzelnek gyorsan, ugyanazok, amelyek a futás közben aktívak, és az aktivitásmintázatuk a patkány trajektóriája próbáját vagy visszajátszását (ez esetben a próba fordítottját) adja. E korai és késői aktivitást „éles hul-

lámfodrozódásnak” (sharp wave ripples) nevezzük, és ez teszi lehetővé azt a mentális folyamatot, amely kiválasztja és megjegyzi az optimális útvonalat.



A KOGNÍCIÓ MINT INTERNALIZÁLT AKCIÓN

Kísérletezőként én nem azzal indultam neki a kutatásnak, hogy felállítok egy, a kívülről befelé megközelítéssel ellentétes elméletet. Csak évtizedekkel azután, hogy elkezdtem az agyi önszerveződő körök, illetve a hippocampusz idegsejtcsoportjai ritmikus aktivitásának tanulmányozását, ismertem fel, hogy az agy jobban el van foglalva önmagával, mint azzal, ami a külvilágban történik. Ez a felismerés aztán teljesen új pályára állította a kutatócsoportom munkáját. A kísérleteink, más kutatócsoportok eredményeivel együtt, feltárták, hogy az idegsejtek aktivitásuk nagy részét arra fordítják, hogy fenntartsák az agy folytonosan változó belső állapotát, szemben azzal, hogy az érzékszervekből érkező stimulusok irányítják őket.

A természetes szelekció révén az élőlények adaptálódnak azokhoz az ökológiai niche-ekhez, amelyekben élnek, és megtanulják a saját akcióik várható kimeneteleit. Ahogy nő az agy összetettsége, egyre bonyolultabb kapcsolatok és idegi számítási folyamatok jelennek meg a szenzoros bemenetek és a motoros kimenetek között. Ez a befektetés lehetővé teszi az eltervezett akciók hatásainak előrejelzését az egyre összetettebb és változékonyabb környezetben, akár messze előre tekintve a jövőbe is. Az egyre kifinomultabb agyak emellett úgy szerveződnek, hogy képesek legyenek számításokat végezni akkor is, amikor a szenzoros bemenet időlegesen eltűnik, vagy az állat cselekvése leáll. Ha behunyjuk a szemünket, akkor is tudjuk, hogy hol vagyunk, mivel a „látás” folyamatának jelentős része az agy aktivitásában magában gyökerezik. Az agyi aktivitás e kötetlen üzemmódja hozzáférést biztosít az elképzelt vagy behelyettesített élmények internalizált, virtuális világához, és számos kognitív folyamat kapujának tekinthető.

Hadd említsek egy példát az agyműködés e kötetlen módjára a halántéklebennyel kapcsolatos kutatásainkból. A temporális lebenyben foglal helyet a hippocampusz, a hozzá közeli entorinális kéreg, illetve a hozzájuk kapcsolódó struktúrák, amelyek a tájékozódás legkülönbözőbb aspektusaiban játszanak szerepet (például az iránykövetésben, a sebesség, a megtett út, a környezeti határok és sok más érzékelésében).

A kutatásunk a hippocampális rendszer funkcióról alkotott vezető elméletekre épül, többek között a University College London Nobel-díjas kutatója, John O'Keefe lenyűgöző felfedezéseire. O'Keefe úgy találta, hogy a hippocampusz idegsejtjeinek tájékozódás közbeni tüzelése egybevág az állat térbeli elhelyezkedésével. Emiatt ezeket a neuronokat helysejteknek nevezzük.

Amikor egy patkány a labirintusban bolyong, a helysejtek meghatározott csoportjai aktiválódnak kötött sorrendben, attól függően, hogy az út mely részén jár éppen. Ebből a megfigyelésből előzetesen azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a környezetből érkező, folyamatosan változó érzékszervi bemenetek kontrollálják az idegsejtek tüzelését, a kívülről befelé modellnek megfelelően.

Más, részben embereken végzett kísérletek azt mutatták, hogy ugyanezeket az idegi hálózatokat használjuk a személyes emléknymainkat kezelő, illetve az elképzelt és jövőbeli cselekvések tervezésével foglalkozó belső világunk fenntartására is. Ha a kogníciót a belülről kifelé nézőpontból közelítjük meg, nyilvánvalóvá válik, hogy a fizikai környezetben történő tájékozódás, illetve a képzeletbeli tájon való bolyongás ugyancsak azonos idegi mechanizmusok révén valósul meg.

Tizenöt évvel ezelőtt a kutatócsoportom elkezdte a térbeli tájékozódás és a memória mechanizmusait vizsgálni a hippocampuszban, hogy ütköztessük egymással a kívülről befelé és a belülről kifelé elméleti kereteket. 2008-ban Eva Pastalkova posztdoktori kutató és én arra tanítottunk patkányokat, hogy felváltva válasszák a labirintus bal és jobb oldali ágát, hogy vizet találjanak. A patkánynak minden próba előtt tizenöt másodpercig forgatnia kellett egy mókuskereket, amely hozzájárult ahhoz, hogy kizárólag a labirintus útvonalairól őrzött memória, és nem pedig környezeti vagy testi jelek alapján válasszon a labirintus egyik vagy másik ága közül. Úgy okoskodtunk, hogy ha a hippocampális neuronok helyszíneket „reprezentálnak” a labirintus folyosóiban és a mókuskerékben, ahogy azt O'Keefe térbeli tájékozódási elmélete prediktálja, akkor néhány idegsejt folyamatosan tüzelni fog, amikor a patkány a labirintus, illetve a mókuskerék meghatározott pontján tartózkodik éppen. Ezzel szemben, ha az idegsejtek tüzelését a belső agyi mechanizmusok váltják ki, amelyek egyszerre játszhatnak szerepet a navigációban és a memóriában is, akkor az idegsejtek tüzelésének időtartama várhatóan hasonló lesz minden helyszínen, így a kerék belsejében is.

E kísérletek eredményei megcáfolták a kívülről befelé magyarázatokat. A több száz nyomon követett idegsejt egyike sem tüzel folyamatosan, miközben a patkány a kereket tekerte. Ezzel szemben egy csomó idegsejt tüzel röviden egymás után, folyamatos szekvenciát alkotva.

E neuronokat nyilvánvalóan nem nevezhetjük helysejteknek, hiszen az állat nem változtatott helyet, miközben az egy helyben forgó mókuskereket tekerte. Emellett, az egyedi idegsejtek aktivitásmintázata ebben az idegi trajektóriában nem különíthető el azon neuronokétól, amelyek akkor aktiválódtak, amikor a patkány a labirintus ágaiban haladt.

Amikor az egyedi próbákat aszerint csoportosítottuk, hogy az állat mely oldali ágot fogja a következő alkalommal választani, a neuronális trajektóriák mind különbözőnek mutatkoztak. Ezek az eltérő trajektóriák kizárták annak lehetőségét, hogy az idegsejtek aktivitási szekvenciája a lépések számolása, az idegi erőfeszítés becslése vagy a testre ható más, nem észlelt stimulusok révén áll elő. Emellett az egyedi neuronális trajektóriák lehetővé tették, hogy előre jelezzük az állat oldalválasztását, attól a pillanattól kezdve, hogy belépett a kerékbe, majd tekerte azt, hiszen ez idő alatt a patkánynak észben kellett tartania, hogy előzetesen mely labirintuságot látogatta meg. Az állatnak mindig felváltva kellett választani a bal vagy jobb oldali labirintuságot ahhoz, hogy megkapja a jutalmat (lásd a keretes írást az 1447. oldalon).

Ezek a kísérletek arra vezettek bennünket, hogy a belső mentális utazásainkat ugyanazok a neuronális algoritmusok irányítják, mint amelyeket arra használunk, hogy eltaláljunk a közértbe. A külvilágtól független tájékozódás során a személyes emlékezetünkben őrzött eseményeken, az úgynevezett epizodikus memóriánkon haladunk keresztül.

A valóságban azonban az epizodikus memórianyomok többek múltbéli események emlékezeténél. Ezek azt is lehetővé teszik számunkra, hogy a jövőbe tekintsünk, és tervezzünk. E memória afféle keresőmotorként működik, amelynek segítségével mind a múltból, mind a jövőből mintát tudunk venni. Ez a felismerés a nómenklátúra kibővítését is szükségessé teheti. E kísérletek ugyanis megmutatták, hogy a helysejtek aktivitásának változásait előzetesen konfigurált belső szekvenciák irányítják, és e szekvenciák közül minden labirintusfolyosó esetén egyedileg választ az állat. Ugyanazok a mechanizmusok így különféle funkciót láthatnak el – így e sejteket a körülményektől függően nevezhetjük helysejteknek, memóriasejteknek vagy akár tervezősejteknek is.

A kötetlen idegsejtműveletek fontosságát támasztja alá az az „offline” agyi aktivitás is, amikor az állat csak céltalanul bóklászik, látszólag nem csinál semmit, a jutalmat fogyasztja éppen, vagy alszik. Amikor a patkány a saját ketrecében pihen a labirintus felfedezése után, a hippocampusza rövid, önszerveződő neuronális trajektóriákat hoz létre. Ezek az éles hullámfodrozódások százezred másodperces időablakokban jönnek létre, és ugyanazokat a neuronokat aktiválják újra, amelyek a labirintusbéli haladás során több másodpercen keresztül aktívak voltak, ezzel mintegy megismétlik, összefoglalják azokat a neuronális szekvenciákat, amelyek a labirintusban való bolyongás közben jelentek meg. Az éleshullámfodrozódás-szekvenciák közreműködnek a hosszú távú memórianyomok kialakításában, és essen-

ciálisak a normális agyműködéshez. És valóban, ha ezek az éles hullámfodrozódások megváltoznak kísérleti beavatkozás vagy betegségek következtében, az súlyos emlékezetkiesést okoz (lásd a keretes írást az 1449. oldalon).

Az elmúlt évtizedben állatokon és embereken végzett okos kísérletek segítségével kimutatták, hogy ezek az időben összesűrített fodrozódó események olyan belső próba-szerencse folyamatot alkotnak, amely a tudat alatt valós vagy fikatív alternatív forgatókönyveket hoz létre. Ez segíti az optimális stratégiáról szóló döntés meghozatalát, új következtetések levonását és a jövőbeli akciók tervezését. Mindezt úgy, hogy tényleges kísérletek által nem szükséges azonnal tesztelni őket. Ilyen értelemben a gondolataink és a terveink valójában elhalasztott cselekedetek, a kötetlen agyi aktivitás pedig igazából az agy aktív és esszenciális működése. Ezzel szemben a kívülről befelé elmélet nem tesz kísérletet arra, hogy feladatot tulajdonítson a nyugalomban vagy alvás közben megfigyelhető kötetlen agyműködésnek.

A BELÜLRŐL KIFELÉ-MEGKÖZELÍTÉS JELENTŐSÉGE

A belülről kifelé-megközelítésnek az elméleti következményei mellett számos praktikus alkalmazása is lehetséges. Segíthet az agyi betegségek jobb diagnosztikus eszközeinek kutatásában. A jelenlegi terminológia gyakran nem képes pontosan leírni a mentális vagy neurológiai betegségek háttérében húzódó biológiai mechanizmusokat. A pszichiáterek tudatában vannak e problémának, de a megoldását eddig hátráltatta, hogy nem ismertük eléggé a patológiás mechanizmusokat, illetve ezek kapcsolatát a tünetekkel és a gyógyszerekre adott reakciókkal.

A belülről kifelé elméletet az MI-kutatás legelfogadottabb konnekcionista modelljei alternatívájának kell tekinteni. Ezek helyett olyan MI-modelleket építhetnénk, amelyek fenntartják a saját önszerveződő aktivitásukat, majd az „egyeztetés” révén tanulnak, ahelyett hogy folyamatosan módosítanák kapcsolati struktúrájukat. Az ily módon felépített gépek leválaszthatnák működésüket a szenzorok biztosította bemenetekről, és a komputáció új formáit hozhatnák létre, amelyek hasonlíthatnának az ember kognitív folyamataihoz.

A valós agyban azok az idegi folyamatok, amelyek az érzékszervi bemenetek-től elkülönítetten zajlanak, együttesen működnek a külvilággal folytatott interakciót elősegítő mechanizmusokkal. Minden agy, legyen az egyszerű vagy összetett, ugyanazokat az alapelveket használja. A külvilágból származó tapasztalatok által folyamatosan kalibrált kötetlen idegi aktivitás a kogníció lényege. Bárcsak tudatában lettem volna ennek, amikor az okos orvostanhallgatóim feltették nekem jogos kérdéseiket, amelyeket túl gyorsan söpörtem félre.

A COVID19-KRÍZIS GAZDASÁGI HATÁSAI ÉS VILÁGGAZDASÁGI ÖSSZEFÜGGÉSEI – HOSSZABB TÁVÚ KILÁTÁSOK¹

ECONOMIC IMPACTS AND GLOBAL ECONOMIC CONTEXT OF THE COVID-19 CRISIS—LONGER-TERM PERSPECTIVES

Halmi Péter

az MTA rendes tagja, egyetemi tanár
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest
Nemzeti Közsolgálati Egyetem, Budapest

ÖSSZEFOGLALÁS

A Covid19-krízis szignifikáns gazdasági hatásokkal jár. A rövid táv fő jellemzői: rapid krízis, ismétlődő sokkok. Ám a járvány újabb hullámai után sem jelenthető ki, hogy azon már sikerült túllépni. Változatlanul fennáll új, a korábbiaknál veszélyesebb mutációk kialakulásának a veszélye. Aggasztó információk érkeznek a poszt-Covid-tünetekről, egyéni és társadalmi szinten egyaránt. A hosszú távú következmények között pedig meghatározó kérdés: milyen lesz a poszt-Covid-gazdaság? Milyen szabályszerűségek fogják azt jellemezni? Kialakul-e új „normalitás” a gazdaságban? E tanulmány – a jelenlegi, szükségképpen korlátozott tudást alapul véve – elsősorban ezekre a kérdésekre keres választ, főleg az Európai Unió és tagállamai gazdaságában, illetve egyes témakörök esetében szélesebb világgazdasági dimenzióban. További lényeges – e tanulmány keretein már nagyrészt túlmutató – kérdés: e változások milyen társadalmi hatásokkal járhatnak?

ABSTRACT

The COVID-19 crisis has significant economic impacts. The main characteristics of the short term impacts are rapid crisis and repeated shocks. However, even after the new waves of the pandemic, it cannot be said we have overcome it. There is always a risk of new variants developing that are more dangerous than the previous ones. We are receiving alarming information about post-COVID symptoms, both at individual and social level. As to the long-term consequences, the key question is: what will the post-COVID economy look like? What are the regularities that will characterise it? Will a new ‘normality’ emerge in the economy? Based on the necessarily limited knowledge available, this paper seeks to answer these questions, primarily in the context of the EU and the Member States’ economies, and for some issues in a global context. Another important question – largely beyond the scope of this paper – is: what are the possible social implications of these changes?

¹ A tanulmány alapját a Magyar Tudomány Ünnepe rendezvénysorozat keretében a Magyar Tudományos Akadémián 2021. november 8-án tartott előadás képezi.

Kulcsszavak: kínálati sokk, szűk keresztmetszetek, kínálati hiányok, globális értékláncok, potenciális növekedés, teljes tényezőtermelékenység (TFP), hiszterézis, strukturális reformok

Keywords: supply shock, bottlenecks, supply shortages, global supply chains, potential growth, total-factor productivity (TFP), hysteresis, structural reforms

Az egészségre leselkedő globális kihívások különösen nagy jelentőségűek. A népesség megfelelő egészségügyi állapota alapvető fontosságú a gazdaság prosperitása tekintetében is. Általános vélekedés szerint, a népesség idősödésével a fertőző betegségek helyét az egészséget fenyegető tényezők között az öregségből, az egészségtelen életmódból adódó tényezők veszik át. Nem vitatva az előbbieket, hangsúlyozandó: a globális érintkezések kibővülése szükségképpen súlyos, akár világméretű új pandémiás kockázatokkal is jár. A *koronavírus-járvány* a globalizációval és annak következményeivel összefüggő világméretű közegészségügyi kockázatok, korábban nem ismert betegségek gyors terjedésének veszélyeit jelezheti.

A Covid19 rossz álom, ám a gyors ébredés egyelőre késik. Közel három év után sem vagyunk túl a járványon. Döntő jelentőségűek a közegészségügyi összefüggések. De a hatások a globális gazdaság és társadalom egészére kiterjednek.

Rendkívül lényegesek a Covid19-krízis gazdasági hatásai is. A rövid táv fő jellemzői: rapid krízis, ismétlődő sokkok. A járvány ötödik hulláma után sem jelenthető ki, hogy azon már sikerült túllépni. Változatlanul fennáll új, akár a korábbiaknál is veszélyesebb mutációk kialakulásának a veszélye. Aggasztó információk érkeznek a poszt-Covid-tünetekről, egyéni és társadalmi szinten egyaránt. A hosszú távú következmények között pedig témánk tekintetében a meghatározó kérdés: milyen lesz a poszt-Covid-gazdaság? Milyen szabályszerűségek fogják azt jellemezni? Kialakul-e új „normalitás” a gazdaságban? E tanulmány – a jelenlegi, szükségképpen korlátozott tudást alapul véve – a Covid19-krízis sajátosságait áttekintve ezekre a kérdésekre keres választ, elsősorban az Európai Unió és tagállamai gazdaságában, illetve egyes témakörök esetében szélesebb világgazdasági dimenzióban. Előbbiektől sem függetlenül lényeges: e változások milyen társadalmi hatásokkal járhatnak? E szélesebb társadalmi összefüggések a közgazdaság-tudományi elemzés során felvillanhatnak. Mélyebb tárgyalásuk, természetesen, szükségképpen meghaladja e tanulmány lehetőségeit.

1. COVID19-KRÍZIS EGYES SAJÁTÓSÁGAI

A Covid19-járvány a világgazdaságban brutális erejű *külső sokk* volt. A globális és az európai gazdaság mély recessziójához vezetett. A világjárvány tovagyűrűző gazdasági hatásokkal járt. A globális sokk a fejlett gazdaságok mellett a feltörekvőkre is súlyos hatást gyakorolt (*1. táblázat*).

1. táblázat. A GDP alakulása (az évi változás %-ban)

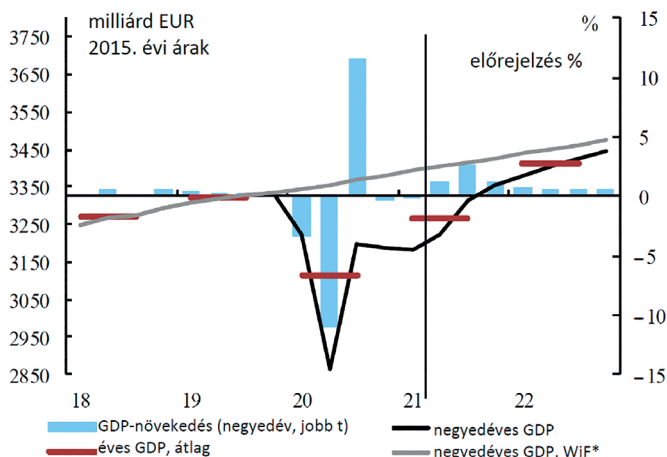
	2019	2020	2021	2022
Fejlett gazdaságok	2,8	-3,1	5,3	4,3
Egyesült Államok	2,3	-3,4	6,0	5,2
Euróövezet	1,5	-6,3	5,0	4,3
Németország	1,1	-4,6	3,1	4,6
Franciaország	1,8	-8,0	6,3	3,9
Olaszország	0,3	-8,9	5,8	4,2
Spanyolország	2,1	-10,8	5,7	6,4
Japán	0,0	-10,8	2,4	3,2
Egyesült Királyság	1,4	-9,8	6,8	5,0
Feltörekvő piacgazdaságok és fejlődők	3,7	-2,1	6,4	5,1
Kína	6,0	2,3	8,0	5,6
India	4,0	-7,3	9,5	8,5
Világ összesen	2,8	-3,1	5,9	4,9

Az adatok forrása: IMF (2021)

Az Európai Unióban különösen erőteljes gazdasági hatást gyakorolt a Covid19-krízis. 2020 első negyedében a GDP már csökkent, majd a következő negyedében (a „teljes lezárás” időszakában) drasztikus mértékben zuhant tovább. 2020 harmadik negyedében átmenetileg gyors felpattanás következett, majd az azt követő két negyedében – a járvány újabb hullámai során – ismét csökkent a GDP az EU-ban.

A Covid-krízis a pénzügyi válságtól eltérően rögtön sokkot okozott a reálszférában is: csökkent a termelés és a jövedelem. E sokkok definitív módon globális kiterjedésűek. A sokkok hatásainak szétválasztása igen nehezen megvalósítható közgazdaságtudományi feladat. A fő hatások megjelenésének sorrendje szerint az alábbi csoportosítás adható (Halmai, 2021):

- *Megnövekedett bizonytalanság.* A járvány és az ismeretlen tényezők nagy száma jelentős bizonytalanságot okoz a vállalatok és a fogyasztók körében (Baker et al., 2020). Mindezeknek hatásuk van a kiadásokra és a megtakarításokra vonatkozó döntésekre (például óvatossági megtakarításokra), valamint a munkaerő-felvételre és a beruházásokra.
- *Munkakínálat csökkenése.* A szigorú távolságtartási intézkedések szükségképpen az elérhető munkamennyiség csökkenését eredményezik. A munkakínálat alakulását érinti továbbá az emberek egészségi állapota, illetve az új feltételek között a családtagokról történő gondoskodás szükséglete.



1. ábra. Reál GDP-növekedési pálya, EU (EC, 2021b)

Megjegyzés: Az Európai Bizottság 2020. évi téli előrejelzése (EC, 2020a) 2021 negyedévi átlagos projekciója került kivetítésre 2022. és 2023. évekre.

- Ágazati összeomlások, kínálati sokkok. A távolságtartás, a kényszerű korlátozó intézkedések különösen erőteljesen érintettek egyes ágazatokat (például turizmus, légi közlekedés), egyes régiókat, illetve országokat. Egyes ágazatokban (például a gépkocsigyártásban) nagy problémákat, s jelentős leállási veszteségeket okoztak a globális kínálati láncok zavarai, szakadásai.
- Szélesebb gazdasági összeomlások. A korlátozó intézkedések szigorúságuktól és tartamuktól függően egyes súlyosabb esetekben ránehezedtek az érintett gazdaság egészére.
- Jövedelemvesztés, kényszerszermegtakarítások, kereslethiány. Számos foglalkoztatott és háztartás szenvedett el jelentős jövedelemcsökkenést. A magas óvatossági megtakarítások is keresleti hatást okoznak.
- Likviditási sokkok, pénzügyi következmények. A vírus terjedésére adott azonnali válasz a gazdasági szereplők részéről a pénzügyi és ingatlanvagyon hirtelen újraárazása és a likvid tartalékok igénybevétele volt. A növekvő piaci és ágazati nehézségek ránehezedtek a vállalatok pénzügyi helyzetére és profitkilátásaira. (Például likviditási sokkok a készpénzáramlás hatására.) Mindez a részvényárak erőteljes csökkenéséhez és a biztonságos államkötvények hozamának eséséhez vezetett. Komoly zavarokat okozhatnak a pénzügyi rendszerben a vállalatok likviditási és szolvenciaproblémái. Egyes ilyen hatások heterogén (országspecifikus) jellegűek. Gyakran a közpénzügyek helyzetétől, illetve az államnak az egyébként egészséges, ám a sokkok miatt nehéz helyzetbe került vállalatok kimentésére való képességétől függenek. Az egyes tagállamok bankárgazatának helyzete, illetve specifikus

gazdasági struktúrája (például a turizmus ágazat nagysága) hozzáadódhatnak a strukturális divergencia kockázatahoz. Mindez gyengítheti és széttördelheti (fragmentálhatja) az EU egységes piacát.

A járvány hatásainak korlátozása céljából *gazdaságpolitikai intézkedések* széles körét alkalmazták. A fő célok a következők:

- *Az egészségügyi problémák közvetlen kezelése.* Ennek érdekében szigorú, esetenként drasztikus intézkedéseket (lezárások, távolságtartás stb.) vezettek be.
- *A bevételek, a jövedelmek, a szökkenő likviditás gazdasági hatásainak mérséklése.* A központi bankok, a kormányok és az EU egyaránt támogatást nyújtottak. Példa nélküli intézkedések mixét hirdették meg és alkalmazzák. A tagállamok által bejelentett fiskális politikai intézkedések a költségvetési kiadásokra közvetlenül hatást gyakorló diszkrecionális politikákat, illetve likviditásorientált intézkedéseket tartalmaztak. Előbbiek célzott adócsökkentést, rövidített munkarendszereket és részleges vagy teljes állami bankhitel-garanciát egyaránt magukban foglalhattak. Mindezek az intézkedések a foglalkoztatási veszteségek hatásainak mérséklésére, a beruházások tömeges leállításának elkerülésére, a tovagyrűző csődök és károk megelőzésére irányultak.
- *Köztámogatás a kilábaláshoz és a helyreálláshoz.* A válasz képessége az egyes országok kezdeti feltételeitől, pénzügyi erejétől és a szakpolitikai mozgástértől függ. A Covid19 súlyos hatással volt néhány, a válaszadáshoz fiskális térrel nem rendelkező országra. A nemzeti válaszok különbségei aszimmetrikus eltéréseket okozhatnak. A tagállamok közötti erős kölcsönös függés miatt azok tovagyrűzhetnek. Gyengíthetik az EU általános helyreállását, és gazdasági divergenciát eredményezhetnek a jövőben. Alapvető igény az EU-szintű intervenció megfelelő foka.

Aláhúzást igényel: a Covid19 globális sokkot okozott, amely a külső környezetet a különböző régiók közötti következményekkel párhuzamosan érinti. Éppen úgy, mint a globális pénzügyi krízis, e sokk a legkülönbözőbb országokat és régiókat is eléri. Mindennek következményei vannak és lesznek az EU gazdaságát érő sokkok szigorúságára. (Például a külföldi, esetleg hiányzó *inputok*, vagy az EU-export iránti kisebb kereslet révén.) Minthogy a külső környezetnek kitettség országonként változó, további országspecifikus sajátosságok jelenhetnek meg.

A Covid19 gazdasági hatása rendkívül komplex és széles határok között változó. A gazdasági hatások eltérő módon hatnak a keresletre és kínálatra a különböző idődimenziókban. A hatások tartama a járvány időtartamától, illetve további tényezőktől függ: a kereskedelempolitikák, a globalizációs attitűdök, a fogyasztói magatartások, a munkamódszerek és a termelési láncok hogyan állandósulnak.

A recesszió időszakában felgyült adósság tartós hatást gyakorol a vállalatokra, a beruházók kockázatérzékeltetésére és a bankágazatra (a nem teljesítő hitelek arányának alakulására). A korábban fennálló gazdasági feltételek és a járvány hatása meghosszabbíthatnak néhány hatást.

2. A COVID-KRÍZIS FŐ HATÁSAI AZ EURÓPAI UNIÓBAN

A lehetséges hatások rendkívül összetettek, és egymással is összefüggenek. Az alábbi tényezők kiemelt figyelmet igényelnek.

Visszaesés és az azt követő helyreállítás. A járvány következtében kialakuló visszaesés rendkívül nagy és hirtelen változást jelentett. Egyedülálló eseménynek nevezhető, mert a gazdasági teljesítmények szándékos csökkentése közegészségügyi kötelezettségekből származott, nem a ciklikus feleslegek felgyüléséből. Nem a nem megfelelő pénzügyi eszközök értékeléséből; a pénzügyi ágazat gyengeségéből; az államadóságok nagyságából vagy adósságfenntarthatósági megfontolásokból; illetőleg az építési ágazat túlzott kiterjedéséből következik. Ez a helyzet a központi bankoknak és a fiskális hatóságoknak olyan lehetőségeket nyújt, amelyek tipikus recessziók esetében nem állnak az előbbiekre rendelkezésére. Ugyanakkor, mindez egyúttal kihívásokat jelent a leghatékonyabb politikai eszközök megválasztásakor. Például milyen intézkedések lehetnek hatékonyak az aggregált kereslet támogatása tekintetében, a kínálati korlátozások és a távoltartási intézkedések helyzetében.

A helyreállítás nem függ olyan kiigazító fázistól, amelynek révén először az előző ciklust vagy a strukturális többleteket korrigálni kellene. Remény volt arra, hogy a helyreállítás hamarabb megkezdődhet, mint a szokásos recesszió időszakában. A kilábalás elsősorban a járvány feletti kontroll megszerzésétől és az ennek érdekében bevezetett távoltartási intézkedések hosszától függ. A távoltartási intézkedések („hibernáció”) megszüntetése után a „felmelegítés” – a „helyreállási optimizmus” (rebound optimism) bizonyos szintjével együtt – kevésbé bonyolultnak tűnt.

A nagyon gyors, „V-alakú” helyreállítás eleve különleges lehetőségnek látszott. A korábbi („normális”) recessziók esetében is az euróövezetben bizonyos időt vett igénybe a visszatérés a GDP recessziót megelőző szintjéhez, különösen a nagy pénzügyi és gazdasági krízis után.

A GDP-helyreállítás sebessége kezdetben elsősorban a távoltartás időtartamától és a továbbra is érvényben maradó távoltartási intézkedések összetételétől függött. A távoltartási intézkedések időtartamát elsősorban a vírus jellemzői, egészségügyi szempontok határozzák meg. A járvány kezdetén az előbbiekről különösen kevés információ állt rendelkezésre. Ugyanakkor, az újabb vírusmutációk elterjedése esetén is korlátozottak az információk. Minél tovább tart a lezárás,

annál több vállalat kerülhet szembe likviditási, sőt szolvenciaproblémákkal, s akár csődbe is juthat. Egyidejűleg egyre több munkavállaló veszítheti el állását, s egyre több kárt elszenvedett eszköz nehezedhet a banki mérlegekre.² Minél hosszabb ideig vannak zárva az üzletek, s nem vásárolnak a fogyasztók, annál több fogyasztás vész el tartósan. Minél hosszabb ideig kell a fiskális hatóságoknak életben tartaniuk a vállalatokat, annál inkább lényegessé válhatnak az adósságfenntarthatóság kérdései.

Hatások és scenáriók. A járvány hatásait modellező eredmények alapvetően a járvánnyal kapcsolatos feltételezésektől, a járvány időtartamától és mélységétől függenek. Bizonyos feltételezések alkalmazásával a modellek értékes információkat nyújthatnak a gazdasági folyamatokról, a sokkok és a fejlődés közötti kapcsolatokról a magánfogyasztásban és a beruházásban (Pollit, 2020). Olyan scenáriók munkálhatók ki, amelyek illusztrálják, hogyan érintheti az EU-gazdaságot a járvány és a helyreállítás a mélypontról, mi történik, ha a vírust megállították (Pfeiffer et al., 2020).

A különböző scenáriók a járvány különféle lefutási változatait tartalmazhatják. A lehetséges hatások nagymértékben a lezárások hosszától, a távoltartási intézkedésektől, a politikai válaszok hatékonyságától függenek. Lényeges az előbbieket övező bizonytalanságok figyelembevétele.

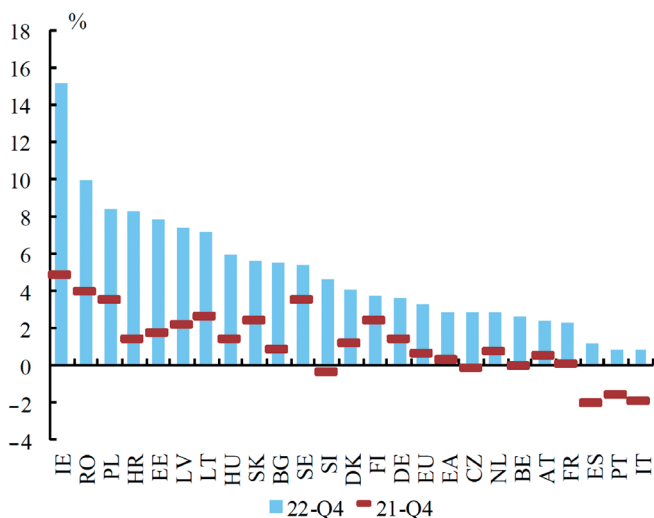
A Covid19 rendkívül súlyos, előre fel nem mérhető hatásokkal járt. Az Európai Bizottság számításai szerint, ha diszkrecionális politikai intézkedések nem történtek volna, azaz csak az automatikus stabilizátorok gyakoroltak volna hatást, az EU-ban a GDP 2020-ban – járvány nélküli helyzettel összehasonlítva – mintegy 13%-kal csökkent volna, s 2021-ben mintegy 10%-os helyreállítás lett volna lehetséges (EC, 2020a). E csökkenés mintegy felét a keresleti sokk, egyötödét a kínálati és a likviditási sokk, illetve a fennmaradó részt a bizonytalansági sokk magyarázza. Ugyanakkor a tervezett diszkrecionális politikai intézkedések hatásait is tartalmazó alapvonal scenárióban a pandémia következtében a GDP 8%-kal – azaz az előbb jelzettnél jóval mérsékeltebben – csökkent volna 2020-ban, s a helyreállítás 6% lett volna 2021-ben. A kedvezőbb kimenet az utóbbiakban elsősorban a diszkrecionális kiadásoknak, illetve a vállalkozások számára nyújtott állami garanciáknak volt köszönhető (EC, 2020a).

A mozgást gátló intézkedések alkalmazása kínálati és keresleti sokkok hullámát okozta, amelyek megérintették az európai gazdaságot. A helyhez kötés 2020. március és május között a mobilitás 45%-os csökkenését okozta a járvány előtti szinthez képest (EC, 2020b). Az indikátorok jelzései szerint az euróövezeti gazdaság a krízis mélypontján, 2020 áprilisában, 25–30%-kal kapacitása alatt működött. Az elveszett kibocsátás a szolgáltatások, különösen az utazás és a turizmus területén várhatóan nem pótolható (Schuler, 2020).

² A megnövekedett adósság is lassíthatja a kilábalást (Becker et al., 2020).

A Covid19-járvány gazdasági következményei s a bevezetett távoltartási intézkedések példa nélküliek voltak. Utóbbiak a járvány mélypontján az utazások korlátozásán túl a társadalmi és a gazdasági élet csaknem teljes lezárásához vezettek.

Aszimmetrikus helyreállítás, tagállamok közötti divergenciával. Miközben számos EU-tagállam került recesszióba a közös sokk miatt, a recesszióra gyakorolt hatás heterogén. Az egyes tagállamok valószínűleg aszimmetrikus módon emelkednek ki belőle, a helyreállási pálya széles diszperziója útján (lásd 2. ábra). Előbbi tükrözi a távolságtartási intézkedések bevezetésének és megszüntetésének különböző időzítéseit, a gazdaság struktúráját, különösen a turizmus és a szabadidős tevékenységek fontosságát, valamint a politikai válasz nagyságát és hatékonyságát. A beruházások válság által indukált visszaesése is lényegesen eltért az egyes tagállamok között. Szignifikáns különbségek állnak és maradnak fenn egyes tagállamok között, a korábban is létező sebezhetőségeket tükrözve.



2. ábra. A GDP-szintek összehasonlítása 2019-Q4-gyel (EC, 2021b)

Megjegyzés: Előrejelzések alapján számítva.

Túl a recesszión? A Covid-járvány rövid távon továbbra is hatást gyakorolhat az EU-gazdaság útjára. Továbbra is alapvető jelentőségű kérdések: az eddig alkalmazott oltások meddig akadályozhatják meg a fertőzést, illetve a vírusmutációk hogyan korlátozhatják a vakcinák hatékonyságát. Szükséges lesz-e a már beoltottak újabb további oltása, illetve az előzetesen feltételezettnél szigorúbb, tartósabb korlátozások alkalmazása. A járvány továbbra is globális fenyegetést képez, mindaddig, amíg a lakosság túlnyomó része nem válik a vírussal szemben tartósan védetté.

A 2020 ősztől ismét érvényesülő szigorú korlátozások ismételten az EU-gazdaság recesszióba kerüléséhez vezettek. A gazdasági tevékenységek mérséklődése azonban jóval mérsékeltebb volt, mint 2020 első felében. 2020 harmadik negyedéve és 2021 első negyedéve között az EU GDP-je kumulált módon értelmezve 0,9%-kal mérséklődött. Ugyanakkor 2020 első két negyedévében ugyanez az arány 14,2% volt. Az Oxford szigorúsági index (*Oxford University's COVID-19 Government Response Stringency index*) és a reál GDP változása az első hullámban nagyon erős volt (Halmai, 2021). E tényezők kimutathatóan kevésbé intenzív hatást fejtettek ki a járvány második és harmadik hulláma során. A háztartások és a vállalatok láthatóan sokkal jobban alkalmazkodtak a korlátozásokhoz és azok következményeihez. (Utóbbiak között a távolságtartáshoz, beleértve az otthonról végzett munkát és az online elfoglaltságot.) A folyamatosan erős gazdaságpolitikai támogatás a globális kibocsátás és kereskedelem visszaépítése révén 2020 második felétől szintén a növekedést támogatta.

2021-ben az Európai Bizottság gazdasági érzékelő indikátora (Economic Sentiment Indicator) – először a Covid19 kitörése óta – jelentős mértékben saját, hosszú távú átlaga és a járvány előtti szint felett volt (3. ábra). A növekedés széles alapú volt az áttekintett üzleti ágazatok és a fogyasztók között.



3. ábra. Gazdasági véleményindex az Európai Unióban

(Saját szerkesztés, felhasznált adatok:

Trading Economics: European Union Economic Sentiment Indicator, URL1)

Növekedési kilátások. A gazdasági fejlődés közvetlen meghatározó tényezői a kilátás kezdetén a pandémiás helyzetet túl: a külső (világgazdasági) környezet, a megfelelő gazdaságpolitikai támogatás folytatása, a háztartások és a vállalkozások válasza, a krízis által okozott hosszú távú károk mértéke.

Lehetnek különbségek az egyes tagállamok megközelítéseiben a korlátozások megszüntetése tekintetében. Egyesek nagyobb hangsúlyt adtak az általános

inflációs célnak, mint mások. Az EU tagállamok kormányainak fő célja a járvány mélypontján az egészségügyi rendszerre irányuló nyomás csökkentése volt. A leginkább veszélyeztetett csoportok növekvő átoltottsága eredményeképpen a távoltartási intézkedések mérsékelhetőek voltak. A leginkább korlátozott ágazatok „fokozatos kiolvadása” figyelhető meg. Ugyanakkor alapvető közegészségügyi probléma és kockázat a vírusmutációk visszatérése, illetve rapid terjedése Európában. Lényeges a védelem megújításának igénye: egyrészt annak időben korlátozott volta, másrészt a vírusmutációk miatt.

Gazdaságpolitikai stimulusok. A Covid19-járvány politikai választ váltott ki az EU-ban. E válasz mértékében és léptékében egyaránt példa nélküli. Nagyon alkalmazkodó monetáris politikát, kiterjedt kormányzati támogatásokat tartalmazott munkahelymegőrző rendszerek, garanciavállalások, visszafizetési moratóriumok, adócsökkentések, támogatások és transzferek különféle változatai formájában; továbbá jogi és szabályozási kiigazítások révén a foglalkoztatottak védelmére (például elbocsátási tilalom) és a vállalkozások védelmére (inszolvencia események felfüggesztése). Előbbiek többségét ideiglenesnek tervezték. A visszatérés a „normalitáshoz” megköveteli a gazdaságtól, hogy leszokjanak a gazdaságpolitikai támogatásoktól, mielőtt nem kívánatos mellékhatások keletkeznenek. (Például piaci torzulások és a nem hatékony vállalatok kilépése előtti akadályok.) A támogatás addig lehet fenntartható, amíg a kilábalás megkapaszkodik. A hirtelen változás („sziklaszirt hatás”) a politikai eszközökben elkerülendő.

A súlypont fokozatosan eltolódott a vészhelyzeti támogatásból a kilábalás fenntartása irányába. A cél közvetlenül a koronavírus járvány társadalmi hatásainak enyhítése. Valójában középtávon a cél a potenciális növekedés emelése. Annak révén az európai gazdaságok és társadalmak fenntarthatóbbak, reziliensebbek lehetnek, jobban felkészülhetnek a zöld és digitális átalakulás lehetőségeire.

Külső és belső feltételek változóiban. Az EU nyitott gazdaságai növekedési lehetőségeinek külső feltételei 2021-től az előzőknél kedvezőbbnek tűntek. Jelentős revíziók váltak szükségessé a globális növekedési kilátások, különösen a feltörekvő Ázsia, illetve az Egyesült Államok tekintetében. Pótlólagos fiskális ösztönzést indítottak az Egyesült Államokban. Ám egyidejűleg új gazdasági kihívások léptek fel, amelyeket a tanulmány befejező fejezete tekint át. Továbbá, 2022 februárjától az Ukrajna elleni agresszió rendkívüli mértékű újabb, geopolitikai sokkot jelent a gazdaság számára is.³

Lényeges a háztartási megtakarítások és a fogyasztási szokások változása a járvány visszaszorulása során. Ha a korlátozásokat enyhítik, és mérséklődik a bizonytalanság, a megtakarítások növekedésének okai megszűnnek. A háztartási (kényszerű, illetve óvatossági) megtakarítások kivételesen magas szintje átfor-

³ E szinte beláthatatlan veszélyek áttekintésére e tanulmány keretei között nem lehetett mód.

dulásának időpontja és mértéke lényeges kérdések a belső kereslet, különösen a magánfogyasztás helyreállása tekintetében. Ám a 2021-től ismét emelkedő magánfogyasztás sem tette lehetővé az összes elmaradás pótlását.

A tartós járvány lehetséges hatásai. Minél hosszabb ideig tart a járvány, annál nehezebben kerülhetők el a következő éveket is terhelő károk. A járvány okozta krízis miatt bekövetkező állandó kibocsátási és munkapiaci veszteségek teljes terjedelmét bonyolult előre jelezni. (Lásd részletesen Bodnár et al., 2020.) Múltbeli járványok nem nyújtanak megfelelő segítséget az elemzéshez. Azok nagyrészt lokalizált események voltak. Nem hasonlíthatók össze a nagy globális járvánnyal (Barro et al., 2020; Donadelli et al., 2021). Továbbá a kormányzati támogatási intézkedések szignifikáns mértékben enyhítették a járvány negatív hatásait a vállalatok és a munkavállalók tekintetében. A krízis nyomai csak akkor válhatnak látthatóvá, ha a gazdaság ismét megnyílik, s a politikai támogatás teljesen megszűnik.

A kilábalás előrehaladásával eltolódás várható a politikában a vállalatok és az álláshelyek védelmétől az erőforrások hatékonyabb felhasználása irányában. Minél sikeresebb az EU-gazdaság reallokációja és modernizációja (például az NGEU/RRF⁴ révén), annál inkább leküzdhetők lehetnek a járványból származó hosszú távú károk a járványra adott válaszokból is következő módon (például a digitalizáció és az automatizáció révén).

3. COVID- ÉS POSZT-COVID-IDŐSZAK: FŐ GAZDASÁGI KIHÍVÁSOK

Az alábbiakban a teljesség igénye nélkül a leginkább alapvetőnek tűnő gazdasági kihívások kerülnek körvonalazásra.

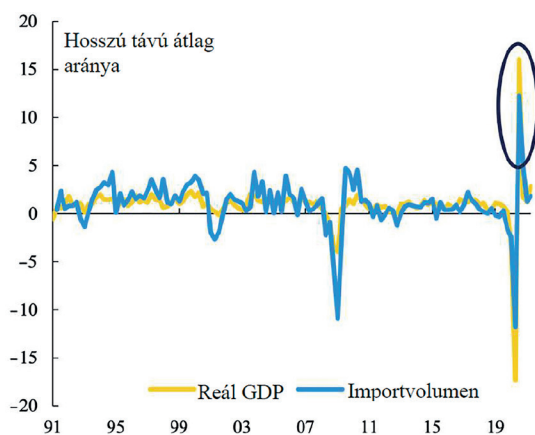
3.1. Kínálati lánc: tartós zavarok

A globalizáció folyamatának lényeges mozzanata az elmúlt évtizedekben a multinacionális nagyvállalatok keretében a széles körű kiszervezés (outsourcing). Annak keretében költségelnyök érdekében távoli beszállítókat is magukban foglaló globális értékláncok épültek ki. A Covid19-válság időszakában a lezárások és az egyéb korlátozó intézkedések hatására különösen egyes távoli beszállítói kapacitások sérülékenysége súlyos és elhúzódó kínálati oldali problémákhoz vezetett (Javorcik, 2020; Meier–Pinto, 2020; OECD, 2020; Kataryniuk et al., 2021). Egyes intermedierek (alkatrészek, részegységek, anyagok) kínálatának visszaesése, egyidejűleg a logisztikai problémákkal (fuvarkapacitások hiánya, emelkedő szállítási költségek) súlyos zavarokat eredményezett a kínálati láncokban. Például

⁴ Next Generation EU Recovery and Resilience Facility: Helyreállási és Rezilienciaépítési Eszköz, az NGEU-program központi, döntő súlyú eleme.

a mikrochipek hiánya több ágazatban (például a gépkocsigyártásban) kényszerű korlátozásokhoz, egyes időszakokban a gyártás leállításához vezetett. A csökkenő termelés, a leállások, a növekvő árak miatt korábban nem tapasztalt sorban állás alakult ki. Alapvető kérdés: átmeneti vagy tartós irányról van-e szó? A kilábalás kezdetén úgy tűnt, csak átmeneti problémákról van szó. 2021 elejétől azonban úgy tűnik: elhúzódó kínálati oldali problémák állnak és maradnak fenn.

A szállítás, a félvezetők és a nyersanyagok előállítása területén kialakult szűk keresztmetszetek a globális helyreállítás kivételesen, szinte példa nélküli gyors ütemét tükrözik. Ez különösen a fejlett gazdaságokra érvényes: a gazdasági növekedés üteme körükben összességében 2020 harmadik negyedévében 9,3% volt. (A korábbi, historikus átlag tizenhatszorosa; lásd 4. ábra.)



4. ábra. A GDP és az importvolumen negyedéves növekedési üteme a fejlett gazdaságokban (Axioglu–Wozniak, 2022 alapján)

Ezt az erős helyreállást tükrözve a globális termékkereslet 2020 nyaratól kiemelkedő ütemben emelkedett. (Azt kiegészítette a fogyasztói preferenciák erős, a kontakt intenzív szolgáltatások célzott korlátozására is reagáló jelentős eltolódása.⁵) Előbbieknek megfelelően a fejlett piacgazdaságok importja 2020 harmadik negyedévében igen gyors ütemben (a historikus átlag tizenháromszorosán) nőtt, előmozdítva a kilábalást. Nem meglepő módon a kereslet e gyors növekedése révén a különböző piacokon és ágazatokban hamar elérte a kínálati kapacitások korlátait. (A szállítástól a ritkafémekig terjedően.) E problémák – a háborús sokkal is összefüggésében – tovább halmozódhatnak, gyakran erősítve a kapacitások összeroppanását az egyedi piacokon.

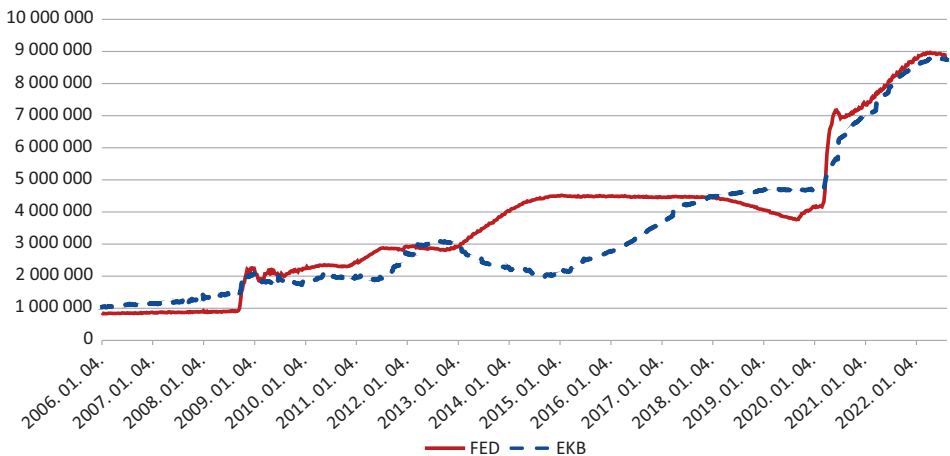
⁵ Beleértve például a helyhez kötöttség és a távmunka által motivált otthoni elektronikai és háztartási berendezéseket, bútorokat, illetve szélesebb értelemben az otthoni körülményeket javító termékeket.

A jelenlegi kínálati hiányoknak nemcsak egyszeri, hanem hullámzó, folyamatos hatásuk van a teljes gazdaságban. Lényegesek az egyes országok között tova-
gyűrűző hatások. Az alapanyag- és alkatrészhiány az EU-ban 2021 elejétől egyre
súlyosabbá vált munkahiánnyal párosul. A termelési inputok hiánya együttesen
lényeges negatív mértékben befolyásolhatja a kibocsátást és a gazdaság kilábalá-
sát, és egyidejűleg inflációs nyomást gyakorolhat.

Ugyanakkor felmerül a globális értékláncok újrastrukturálásának lehetősége.
(Automatizált munkahelyek esetén még akár egyes fázisok hazatelepítése sem le-
hetetlen.) Előbbiekre tekintettel pedig felmerülhet akár a deglobalizáció lehetősé-
ge is. A korábbinál rövidebb, kevésbé sebezhető értékláncok kiépítése (nevezzük
„backsourcing”-nak), az újrastrukturálás azonban aligha tekinthető deglobalizá-
ciónak. A globális gazdaság dinamizmusának fő tényezője a jelenlegi időszakban
a digitális szolgáltatások területe, ahol az előbb jelzett korlátok definitív módon
hiányoznak. A globalizáció fő hajtóereje az emberek, a gazdaságok és a kultúrák
közötti érintkezések növekedése. A globalizáció legújabb szakaszában a digitális
szolgáltatások, az információk és a tudás áramlása kerülnek középpontba. A glo-
balizáció folyamata tehát változó formákban tovább halad előre.

3.2. Újjáéledő infláció

A 2008–2009. évi nagy pénzügyi és gazdasági válság kezelésének alapvető esz-
köze a monetáris lazítás, a pénzkínálat növelése volt. Mindezt jól tükrözi a FED
(*Federal Reserve System*) és az EKB (Európai Központi Bank) mérlegfőössze-
gének, illetve az Egyesült Államok és az euróövezet pénzkínálatának alakulása
(lásd 5. ábra). A monetáris aggregátumok növekedési üteme az érintett térségek-

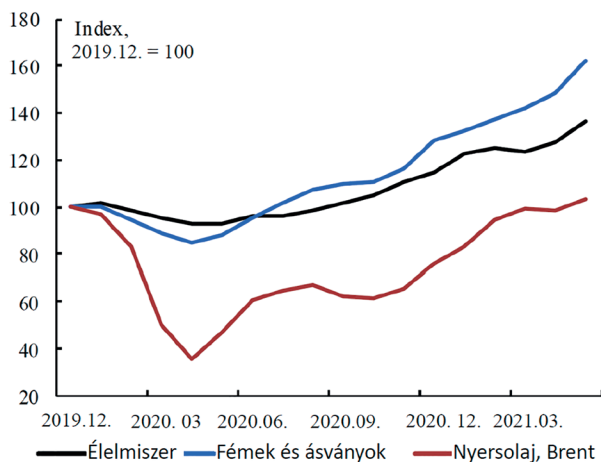


5. ábra. A FED és az EKB mérlegfőösszegének alakulása (millió USD és millió EUR értékben)
(Federal Reserve Economic Data, URL2, URL3)

ben lényegesen meghaladta a GDP növekedésének dinamikáját. Az elmúlt évtizedben a nulla közeli kamatlábak és a negatív reálkamatok voltak jellemzők az Egyesült Államokban és az euróövezetben.

A megnőtt pénzmennyiség a sztenderd elméleti várakozásokkal szemben egészen a legutóbbi időig nem okozott magas inflációt. Sőt egyes depressziós időszakokban éppen a – területi tekintetben is differenciált – defláció okozott problémát. Ugyanakkor az eszközárak (részvények, ingatlanok stb.) a 2008–2009. évi krízist követő kilábalás során ismét erőteljesen nőttek. Az ismét rekordnagyságú eszközárak kialakulása egyidejűleg a piaci buborékok lehetőségét is jelezte.

A Covid-krízis során – mint az előző alpontonál láthattuk – a kínálati lánc zavarai az intermedierek árainak emelkedéséhez vezettek. Egyidejűleg az újraindítás, illetve a gazdaságpolitikai impulzusok hatására ismét, mégpedig úgyszólván extrém mértékben megnőtt a világpiaci kereslet. A korlátozott kínálat és a növekvő kereslet szükségképpen növekvő árakhoz, gyorsuló, már régen nem tapasztalt inflációhoz vezetett. A rendkívüli mértékben növekvő szállítási költségek, illetve a hosszú idő után ismét visszatérő nyersanyagpiaci (kőolaj, földgáz, fém, élelmiszer stb.) áremelkedések tovább növelték az inflációs nyomást. (Utóbbiról lásd a 6. ábrát.)



6. ábra. Nyersanyagárak alakulása (EC, 2021a)

Az előző évtizedet végig a nyomott nyersanyagárak jellemezték. A hosszú idő után ismét visszatérő nyersanyagpiaci (kőolaj, földgáz, fém, élelmiszer stb.) áremelkedések akár új nyersanyagár szuperciklus kezdetét jelezhetik. (Például a földgáz ára a nemzetközi piacokon rövid idő alatt több mint a hatszorosára nőtt.)

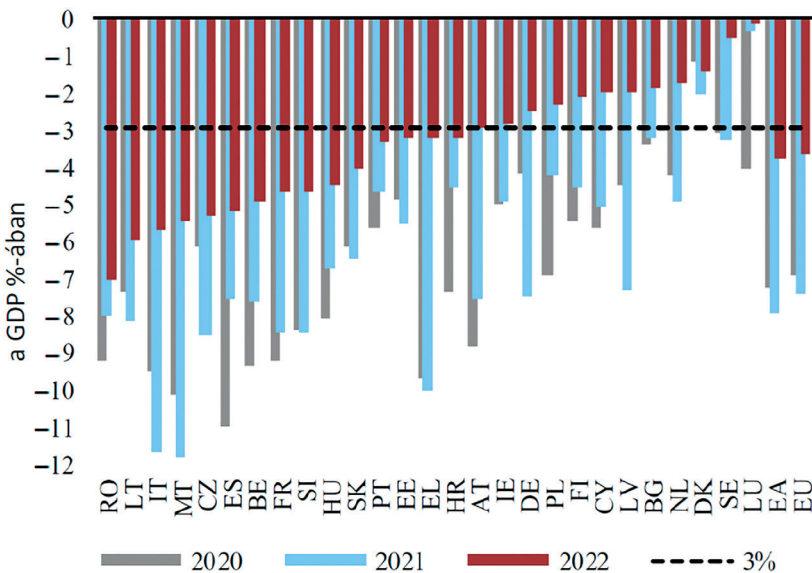
Mindezek nyomán felerősödtek az inflációs várakozások. E várakozások könnyen önbeteljesítő próféciaik lehetnek. Ezért azok hűtése fontos gazdaságpolitikai

cél. Ám az összkéréslet szűkítése, amely az infláció miatt szükségesnek tűnhet, egyidejűleg megakaszthatná a kilábalás folyamatát. Egyre több tényező szerint nem átmeneti, hanem tartós inflációról van szó. Abban alapvető szerepet tölt be a kínálati oldal, a kínálati oldal bemutatott zavarai is összefüggő költségnyomás.⁶

Mindezek miatt a monetáris politikákban küszöbön áll a fordulat a több mint évtizednyi támogató időszak után. A pénzmennyiség szűkítése, a kamatemelés elkerülhetetlen az EU-tagállamokban is. Ugyanakkor egyre inkább kirajzolódik a stagfláció veszélye. Az előbbieken jelzett kínálati oldali szűk keresztmetszetek is stagflációs hatást fejthetnek ki.

3.3. Közpénzügyek: romló mérlegek

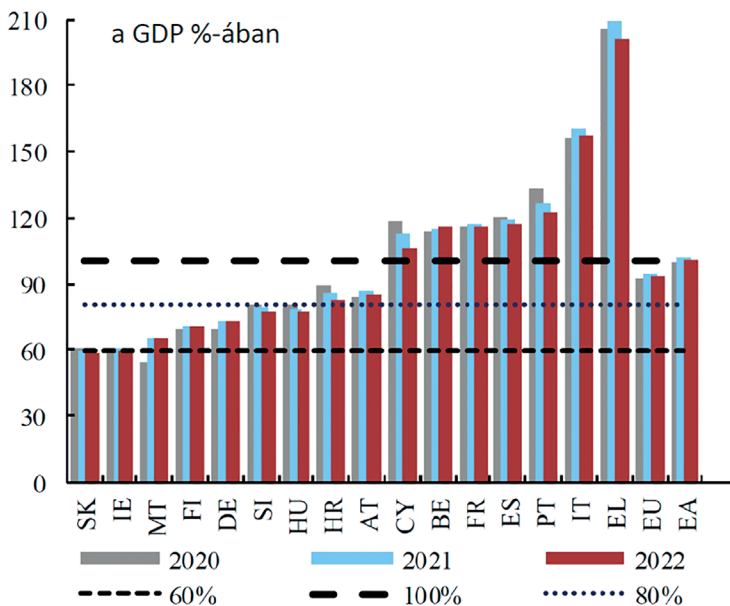
A Covid19-krízis kezelésében alapvető szerepet töltöttek be a fiskális impulzusok: automatikus stabilizátorok (például a munkanélküliségi támogatások) és diszkrecionális (egyedi, célzott) eszközök. Az EU-ban 2019-ben az átlagos költségvetési hiány a GDP 0,5%-a volt. A kríziskezelés, az alkalmazott fiskális impulzusok következtében a hiány a 2020–2021. években erőteljesen megnőtt. (2020-ban a GDP 7%-a volt; lásd a 7. ábrát. A közvetlenül a veszélyhelyzethez kapcsolódó deficit a jelzett években a GDP mintegy 4%-át tette ki.)



7. ábra. Költségvetési egyenleg az EU-tagállamokban (EC, 2021b)

⁶ További, e helyen nem tárgyalható összefüggés a zöld átállással összefüggő költségnyomás, az ún. greenfláció esete.

2020 márciusában a Stabilitási és növekedési paktum előírásait felfüggesztették. Az egyes tagállamok pozíciói az államháztartási egyenlegek és a felhalmozott államadósság tekintetében is erőteljesen differenciáltak (lásd 8. ábra). Ugyanakkor az államadósságok példátlanul magas átlagos szintre emelkedtek. (Például a leginkább érintett mediterrán tagállamokban a GDP 129%-át meghaladó szintre, szemben a maastrichti, legfeljebb 60%-os aránnyal.)



8. ábra. Államadósság az EU-tagállamokban (EC, 2021b)

Napirendre került – a rugalmasabb működés érdekében – a Stabilitási és növekedési paktum módosítása. Ám a tartósan magas államadósság ránehezedik a jövőbeli növekedésre. A fiskális konszolidáció megvalósítása azonban a poszt-Covid időszakban kivételesen nehéz feladatnak tűnik.

3.4. Társadalmi hatások

E tanulmány nem vállalkozhat a Covid19-krízis különösen bonyolult társadalmi összefüggéseinek bemutatására. Ugyanakkor a közvetlen gazdasági hatások elemzése alapján is megállapítható: a válság hatásai az egyenlőtlenségek növekedéséhez vezethetnek, és negatív hatást gyakorolhatnak a társadalmi kohézióra. Mivel a krízis különösen kemény volt a munkaintenzív ágazatokban, annak munkapiaci hatása különösen erős lehet más (pénzügyi) krízisekkel összehasonlítva. A foglalkoztatási veszteségek tartósabbá válása függhet a korlátozásokkal sújtott

tevékenységek újranyitására sebességétől, és a dolgozók, ágazatok és vállalatok között szükséges reallokációjától. A járvány hatására a munkakinálat tartósan csökkenhet, aminek a képességek avulása, a dolgozók elbátortalanodása (egyetlen szóval: *hiszterézis*) a következménye. Hasonló hatású továbbá a korábnál korlátozottabb globális migrációs folyamat a fejlett országok tekintetében. Ugyanakkor a krízis még bonyolultabbá teheti a fiatalok munkapiacra történő belépését. Az automatizálás, különösen az iparban, és a távmunka szélesebb alkalmazása állandóan csökkentheti bizonyos alacsonyán fizetett foglalkozások iránti keresletet, súlyosbítva a jövedelemegyenlőtlenségeket (Chernoff–Warman, 2021; Bergeaud–Ray, 2021; Autor–Reynolds, 2020; Barrero et al., 2021). Az automatizálás, a robotika kihívásai megszűnő munkahelyeket is eredményeznek. E folyamatok során az alacsonyabb képzettségűek nagyobb arányban veszítették el munkahelyüket. Mindez tovább erősíti a legutóbbi évtizedekben egyébként is előrehaladott folyamatot: az alsó középosztály erózióját. Figyelmet érdemel a szélesebb társadalom-lélektani próbatétel. „Lezárási fáradtságnak” is nevezik a korlátozások alatt és után kialakult, s nehezen múló depressziószerű állapotot.

Külön áttekintést igényelnek a lehetséges hosszú távú hatások.

4. HOSSZÚ TÁVÚ GAZDASÁGI HATÁSOK

E hatások bemutatásához elkerülhetetlen a növekedési potenciál, illetve a szűkebb témánál maradván az EU növekedési potenciálra hatást gyakorló tényezők áttekintése.

4.1. Növekedési potenciál

A Covid19-krízis közvetlenül a potenciális kibocsátás *szintjére* gyakorol hatást. (Részletesen lásd Halmi, 2021.) Alapvető kérdés: lesznek-e tartós hatásai az európai növekedési potenciálra? E kérdésre választ keresve mindenekelőtt a fő növekedési tényezőkre gyakorolt hatások rövid áttekintése szükséges.

A krízis mérsékelheti a tőkeakkumulációt. A csökkenő kereslet és az emelkedő bizonytalanság révén a járvány okozta krízis csökkentette a beruházási szándékot. Előbbi tartós hatást gyakorolhat a potenciális kibocsátásra. Reális kockázat: a vállalati szorongás (distress) magas szintje a beruházások további szűküléséhez vezet. E tekintetben fontos a krízis következményeinek elhárítása a vállalatok szolvenciája és a csődök vonatkozásában. A politikai intézkedések eddig megvédték a vállalatokat a Covid19-ozta fizetési képzetlenségtől. (Például: vállalati likviditási támogatások különböző formái, kormányzati hitelgaranciák, adósságvisszafizetési moratóriumok, bérfizetés támogatása, inszolvenca eljárások ideiglenes megváltoztatása.) Ám a vállalati csődök nagysága – a vészhelyzeti politikai intézkedések utáni időszakra – nehezen látható előre.

Munkapiaci hatások, növekvő egyenlőtlenség. A járvány hatására – mint fentebb már szerepelt – a munkakínálat tartósan csökkenhet, amelynek a képességek avulása, a dolgozók elbátortalanodása (munkapiaci hiszterézis) lehet a következménye.

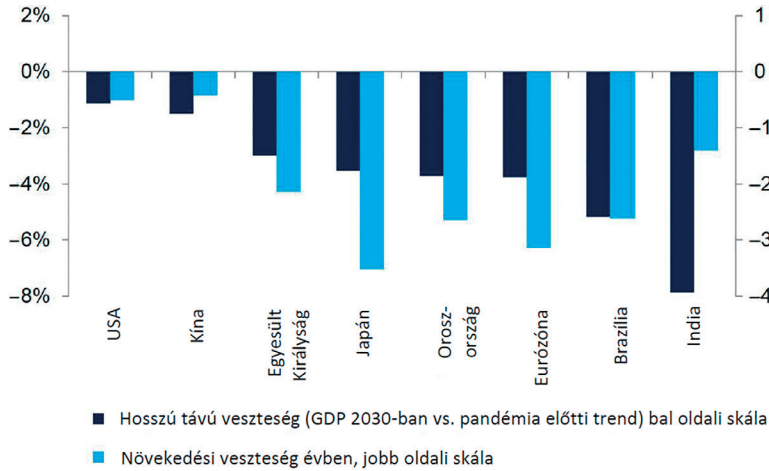
A Covid19-válság számos úton befolyásolhatja a *teljes tényezőtermelékenységet* (TFP, *total-factor productivity*). Erőforrásokat tarthat a nem produktív szektorokban. Például, ha a támogatási intézkedések nem életképes vállalkozásokat tartanak életben, s a termelékeny erőforrások reallokációja a gyorsan növekvő ágazatokban időt vesz igénybe. Az innováció a K+F-re fordított alacsonyabb kiadásokkal összefüggésben mérséklődhet. A magánszektorban a megnövekedett bizonytalanság visszafoghatja az innovációt. A globális értékláncok tartós zavara akadályozhatja az innovációt és a tudás országok közötti tovagyűrűzését. Hosszabb távon az elhúzódó iskolabezárásoknak negatív hatása lehet a jövő emberi tőkéjére. Ugyanakkor a krízis meggyorsította a digitális technológiák szélesebb körű alkalmazását, ami előmozdíthatja a gazdaság strukturális átalakulását, s pozitívan járulhat hozzá a teljes tényezőtermelékenység növekedéséhez.

4.2. „ALKOTÓ ROMBOLÁS” VERSUS HISZTERÉZIS

A potenciális növekedés meghatározó strukturális tényezője a *termelékenység, döntően a teljes tényezőtermelékenység növelése* lehet. Alapvető kérdés: milyen tartós hatást gyakorolhat a Covid-sokk a termelékenység növekedésére?

A krízisek tisztító, a szerkezeti átalakulást és erőforrások reallokációját kikényszerítő hatásaik révén új esélyt, új lehetőséget nyújthatnak az innovációk, a *teljes tényezőtermelékenység növekedése számára*. A pályafüggés a szereplőket szuboptimális viselkedésbe zárhatja be. Nagy sokkok lehetnek képesek előbbi megtörésére, az újraoptimalizálás kikényszerítésére. (Ez az átalakulás Joseph Schumpeter kifejezésével: „alkotó rombolás”.) A Covid19-krízis következtében az otthoni munkavégzés térhódítása; új technológiák létrehozása; létező technológiák alkalmazása és diffúziójának gyorsítása; a termelés és a fogyasztás modelljeinek szerkezeti átalakulása egyaránt az újrastrukturálás lényeges elemei lehetnek. Az mRNS-vakcinák további innováció hullámát indíthatják el. Új gyógyszerek felfedezése; a digitális és zöld átmenet felgyorsulása egyaránt a TFP gyorsabb növekedése lehetőségét erősíthetik.

Ugyanakkor lehetséges: az átmeneti sokk permanens hatást gyakorol a dinamikus rendszer hosszú távú egyensúlyára. Ez a munkaerővel összefüggésben már jelzett *hiszterézis* esete. Ha a recesszió a hosszú távú növekedés hajtóerőire gyakorol hatást, tartós hegek maradnak a gazdaságon. A kibocsátás pedig már nem tér vissza a krízis előtti trendhez. (Ilyen lehetséges hatásokra vonatkozó szimuláció fő eredményeit foglalja össze a 9. ábra.)



9. ábra. A 2025. évi GDP-szint hosszú távú vesztesége a pandémia előtti trendhez viszonyítva (Bartholomew–Diggle, 2021 alapján)

Ideiglenes sokkok számos csatornán keresztül gyakorolhatnak tartós hatást:

- hiszterézis a humán tőke területén: állásvesztés, tartós kiszorulás a munkapiacról; az emberi tőke mérsékeltebb akkumulációja (kiesett tanítási órák, értékes, vállalatspecifikus humán tőke károsodása) stb.;
- a fizikai, illetve az immateriális tőke romló akkumulációja;
- a bizalom megrendülése, a piaci szereplők elbizonytalanodása, kisebb kockázatvállalás a háztartási pénzügyekben és a portfólióallokációs döntésekben, a vállalati beruházásokban, tartósan magas megtakarítás és alacsony beruházás a gazdaságban;
- előbbiek miatt az innováció és a reallokáció mérséklődő dinamikája;
- zombifikáció: profit nélküli vállalatok, bankok kialakulása alacsony részvénytőkei értékkel és adósságszolgálati nehézségekkel.

5. NÉHÁNY KÖVETKEZTETÉS

Befejezésül mindezek alapján összefoglalhatók a lehetséges és kívánatos poszt-Covid-stratégiák főbb alapelemei. Kiindulópontként aláhúzást igényelnek a következők. A Covid19 az eredeti várakozásoktól eltérően nem egyszeri sokknak bizonyult. Egyszeri, akár drasztikus sokk esetén is a rendszer gyors alkalmazkodása elvileg lehetséges. E feltételezés táplálta a gazdaságpolitikák kezdeti *helyreállási optimizmusát*. De a permanens sokkok, elhúzódó járvány, majd előbbivel egyidejűleg geopolitikai (háborús) sokk esetén a kilábalás útja nehezebb. A kínálati oldal problémáival összefüggésben is megnövekvő stag-

flációs veszély új kihívást képez az eddig alkalmazott gazdaságpolitikákkal szemben.

Alapvető jelentőségű az *erőforrások reallokációja* a dinamikus ágazatok irányába. A reallokációt előmozdító rugalmas struktúrák támogatása alapvető gazdaságpolitikai prioritás lehet a kilábalási és a poszt-Covid időszakban.

Ugyanakkor a Covid-sokk lényeges hatást gyakorolhat a termelékenység növekedésére. Egyfelől a krízis tisztító, a szerkezeti átalakulást és erőforrások reallokációját kikényszerítő hatása révén új esélyt, új lehetőséget nyújthat az innovációk, *a teljes tényezőtermelékenység növekedése számára*. A válság katalizátorként működhet a hosszabb távú strukturális változások, mindenképp a *zöld és digitális átmenet* folyamatában. Ám, másfelől lehetséges: az átmeneti sokk permanens hatást gyakorol, azaz *hiszterézis* lép fel a növekedési potenciál kulcsfontosságú tényezőinél. A poszt-Covid időszak kulcsfontosságú – s egyúttal további közgazdaságtudományi kutatásokat is igénylő – kérdése: az „alkotó rombolás” vagy a hiszterézis hatása lesz-e meghatározó. E folyamatok alakulására lényeges hatást gyakorolhatnak a piac hatékonyabb működését, a termelékenység növelését célzó európai és tagállami *strukturális reformok*, szakpolitikák.

A közvetlen kríziskezelést meghaladó, tartós kilábalást előmozdító hatékony gazdaságpolitikák kimunkálásának előfeltétele az új gazdaságra, az új „normalitásra” vonatkozó vízió.

Döntő jelentőségű a kínálati oldali politikák területe, a termelékenységet növelő strukturális reformok következetes megvalósítása. Meghatározó a tudástőke akkumulációja, a humántőke fejlesztése. Mindezek megvalósításához az innováció, a digitális és zöld átmenet kerül középpontba. Az egyensúly és növekedés új szintézise proaktív gazdaságpolitika révén mozdítható elő. Ám a gazdaságpolitika hagyományosan meghatározó területein túl központi jelentőségű az intézményi rendszer, továbbá szélesebben a társadalmi értékrend és a kultúra hatékonyság növelését célzó, nem megtakarítható konfliktusokkal járó átalakítása. A megkerülhetetlen gazdasági és társadalmi reformprogramok kidolgozása a poszt-Covid időszak legnagyobb kihívása a demokratikus társadalmak számára.

IRODALOM

- Autor, D. – Reynolds, E. (2020): *The Nature of Work after the COVID Crisis: Too Few Low-wage Jobs*. The Brookings Institution, <https://www.brookings.edu/research/the-nature-of-work-after-the-covid-crisis-too-few-low-wage-jobs/>
- Axioglou, C. – Wozniak, P. (2022): The Impact of Shortages on Manufacturing in the EU: Evidence from the Business and Consumer Surveys. *VoxEU.org*, 18 January 2022. <https://cepr.org/voxeu/columns/impact-shortages-manufacturing-eu-evidence-business-and-consumer-surveys>
- Baker, S. R. – Bloom, N. – Davis, S. J. et al. (2020): *COVID-Induced Economic Uncertainty*. (NBER Working Paper No. 26983) April 2020. <https://www.nber.org/papers/w26983>

- Barrero, J. M. – Bloom, N. – Davis, S. J. (2021): *Why Working from Home Will Stick*. (NBER Working Paper No. 28731) April 2021. <https://www.nber.org/papers/w28731>
- Barro, R. J. – Ursúa, J. F. – Weng, J. (2020): *The Coronavirus and the Great Influenza Pandemic: Lessons from the “Spanish Flu” for the Coronavirus’s Potential Effects on Mortality and Economic Activity*. (NBER Working Paper No. 26866) March 2020. <https://www.nber.org/papers/w26866>
- Bartholomew, L. – Diggle, P. (2021): The Lasting Impact of the Covid Crisis on Economic Potential. *VoxEU*, 21 September, <https://voxeu.org/article/lasting-impact-covid-crisis-economic-potential>
- Becker, B. – Hege, U. – Mella-Barral, P. (2020): Corporate Debt Burdens Threaten Economic Recovery after COVID-19: Planning for Debt Restructuring Should Start Now. *VoxEU*, March 21. <https://cepr.org/voxeu/columns/corporate-debt-burdens-threaten-economic-recovery-after-covid-19-planning-debt>
- Bergeaud, A. – Ray, S. (2021): *The Economic Transformations Linked to Teleworking*. (Banque de France, *Eco Notepad*, Post n° 199) <https://blocnotesdeleco.banque-france.fr/en/blog-entry/economic-transformations-linked-teleworking>
- Bodnár K. – Le Roux, J. – Lopez-Garcia, P. et al. (2020): The Impact of COVID-19 on Potential Output in the Euro Area. (*ECB Economic Bulletin* 7) 42–61. <https://bit.ly/3Rr6oyN>
- Chernoff, A. – Warman, C. (2021): Down and out: Pandemic-induced Automation and Labour Market Disparities of COVID-19. *VoxEU*, February, <https://voxeu.org/article/pandemic-induced-automation-and-labour-market-disparities-covid-19>
- Donadelli, M. – Ferranna, L. – Gufler, I. et al. (2021): Using Past Epidemics to Estimate the Macroeconomic Implications of COVID-19: A Bad Idea! *Structural Change and Economic Dynamics*, 57, June, 214–224. DOI: 10.1016/j.strueco.2021.03.002, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0954349X21000242>
- Dossche, M. – Zlatanos, S. (2020): COVID-19 and the Increase in Household Savings: Precautionary or Forced? (*ECB Economic Bulletin* 6) https://www.ecb.europa.eu/pub/economic-bulletin/focus/2020/html/ecb.ebbox202006_05~d36f12a192.en.html
- EC – European Commission (2020a): *European Economic Forecast Spring 2020*. (*European Economy Institutional Paper* 125) Brussels: DG ECFIN, https://economy-finance.ec.europa.eu/publications/european-economic-forecast-spring-2020_en
- EC – European Commission (2020b): *European Economic Forecast, Summer 2020 (Interim)*. (*European Economy Institutional Paper* 132) Brussels: DG ECFIN, https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/economy-finance/ip132_en.pdf
- EC – European Commission (2021a): *European Economic Forecast Spring 2021*. (*European Economy Institutional Paper* 149) Brussels: DG ECFIN
- EC – European Commission (2021b): *European Economic Forecast Summer 2021*. (*European Economy Institutional Paper* 156) Brussels: DG ECFIN
- EC – European Commission (2021c): *European Economic Forecast Autumn 2021*. (*European Economy Institutional Paper* 160) Brussels: DG ECFIN, https://economy-finance.ec.europa.eu/publications/european-economic-forecast-autumn-2021_en
- EC – European Commission (2022): *European Economic Forecast. Winter 2022 (Interim)*. (*European Economy Institutional Paper* 169) Brussels: DG ECFIN, https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/economy-finance/ip169_en.pdf
- Halmai P. (2021): COVID-crisis and Economic Growth: Tendencies on Potential Growth in the European Union. *Acta Oeconomica*, 71:S1, 165–186. DOI: 10.1556/032.2021.00034, <https://ak-journals.com/view/journals/032/71/S1/article-p165.xml>
- IMF (2021): *World Economic Outlook. Recovery During a Pandemic. Health Concerns, Supply Disruptions, and Price Pressures*. Washington: International Monetary Fund, October, <https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2021/10/12/world-economic-outlook-october-2021>

- Javorcik, B. (2020): Global Supply Chains Will Not Be the Same in the Post-COVID-19 World. In: Baldwin, R. E. – Evenett, S. J. (eds.): *COVID-19 and Trade Policy: Why Turning Inward Won't Work*. CEPR Press, 111–116. <https://users.ox.ac.uk/~econ0247/EBOOKChapter.pdf>
- Kataryniuk, I. – del Río, A. – Sánchez Carretero, C. (2021): Euro Area Manufacturing Bottlenecks. (*Banco de España, Economic Bulletin* 3) Quarterly Report on the Spanish Economy. <https://bit.ly/3qgmOOH>
- Meier, M. – Pinto, E. (2020): Covid-19 Supply Chain Disruptions. *Covid Economics*, 48, 139–170.
- OECD (2020): *COVID-19 and Global Value Chains: Policy Options to Build More Resilient Production Networks*. *OECD Policy Responses to Coronavirus*. 3 June 2020. <https://bit.ly/3qm3qjj>
- Pfeiffer, Ph. – Roeger, W. – in 't Veld, J. (2020): *The COVID19-Pandemic in the EU: Macroeconomic Transmission & Economic Policy Response*. (*European Economy Discussion Paper* 127) Brussels: EC DG ECFIN, https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/economy-finance/dp127_en.pdf
- Pollitt, H. (2020): *Coronavirus: How to Model the Economic Impacts of a Pandemic*. Cambridge Economics Blog, 10 March 2020. <https://www.camecon.com/blog/coronavirus-how-to-model-the-economic-impacts-of-a-pandemic/>
- Schuler, T. (2020): Impact of the COVID-19 Lockdown on Trade in Travel Services. (*ECB Economic Bulletin* 4) June, 46–50. <https://ideas.repec.org/a/ecb/ecbbox/202000041.html>

URL1: <https://tradingeconomics.com/european-union/economic-optimism-index>

URL2: <https://fred.stlouisfed.org/series/ECBASSETSW>

URL3: <https://fred.stlouisfed.org/series/WALCL>

A BOLYGÓ LEGÚJABB HATÁRA

THE NEWEST PLANETARY BOUNDARY

Tóth Gergely

PhD, egyetemi tanár, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kaposvár
toth.gergely@uni-mate.hu

*„...mert kereskedőid a föld fejedelmei voltak,
s a te varázslataid miatt jutott tévútra minden nemzet.”*
Jel 18,23

ÖSSZEFOGLALÁS

Johan Rockström és szerzőtársai 2009-es tanulmánya számszerűsítette a bolygó ökológiai határait, meghatározván a Föld adaptív képességét az egyes területeken, egyben rangsorolva a globális környezeti problémákat. A Római Klub 1972-es jelentése óta ez a legnagyobb hatású tudományos cikk a fenntarthatatlan fejlődés témakörében. A kutatócsoport azóta is folytatja munkáját, s Will Steffen és tizenhét szerzőtársa megjelentette a második jelentést 2015-ben. Meglepő eredményként a klímaváltozás – súlyos volta ellenére – nem végzett dobogós helyen. Három problémát jeleztek fehér foltként a kutatók, ahol is a hatást még nem sikerült számszerűsíteni. Ebben hozott újdonságot a kutatás harmadik jelentése, Linn Perssontól és szerzőtársaitól, mely 2022 elején jelent meg. Az egyik fehér folt, a magyarra új anyagok névvel fordítható problémacsoport számszerűsítése megtörtént, ezzel egyből első helyre tolv fel a globális anyagkörforgás kibillenését. Írásunkban a bolygó ökológiai határaitra vonatkozó friss kutatási eredményeket ismertetjük, és ennek következményeit a globális ökonómiára.

ABSTRACT

Since the trend-setting report of the Club of Rome 1972, the most influential scientific paper in the field of unsustainable development is the 2009 study of Johan Rockström and his team. This aimed at quantifying ecological boundaries of our planet, defining its absorptive capacities in each area. Hereby it ranked global environmental problems in terms of irreversibility. The research team continued its work; Will Steffen and 17 coauthors published the second report in 2015. Surprisingly, despite of its severe state, climate change has not been in the first three upmost problems. The researchers indicated another three areas needing further investigation, where they were not able to identify variable and limits. Here we got the news from Linn Person and team, who published the third report in early 2022. Man-made materials (novel entities) have been quantified by now, putting the unbalance of global material cycle to the very top of the agenda. In this paper we report the new research results on the ecological planetary boundaries, and their consequence on global economics.

Kulcsszavak: fenntartható fejlődés, globálökonómia, éghajlatváltozás, humánökonómia, nettó zéró

Keywords: sustainable development, globeconomics, climate change, humane economics, net zero

BEVEZETÉS

A világvége, illetve a világ megmenthetőségének kérdése alapvetően vallási és nem tudományos kérdés. A tudomány mégis sok részproblémát megoldott, s egyre pontosabb választ ad korunk legsürgetőbb kérdésére: megmenthető-e a bolygónk, és hogyan. Ehhez először viszonylag pontosan kell ismernünk a globális környezeti terhelések természetét s kiterjedtségét, valamint a Föld regeneratív képességét. A fenntarthatatlanság tudományos mutatói közül a legnépszerűbb az ökológiai lábnyom (Wackernagel–Rees, 1996), újabban pedig a karbonlábnyom (Wiedmann–Minx, 2007). Az előbbi azonban csak az évente megújuló biomasszába (ottani szóhasználatban biokapacitásba) számolja át az emberiség adott évi fogyasztását, utóbbi pedig ezen belül is csak egy részproblémára, a globális felmelegedésre koncentrál. Nagy a fejetlenség a tekintetben, hogy melyek a Föld legsúlyosabb környezeti problémái, és ezek mennyire visszafordíthatóak. A kérdés áthatja a politikai döntéshozatalt és a közbeszédet is, ezért különösen fontos a tudomány megalapozott állásfoglalása. Egy régóta várt, frissen publikált kutatás a Föld újabb túréshatárát számszerűsítette. Amit eddig csak sejtettünk, most pontosan meghatározott tényvé vált: az anyaghasználatunk – elsősorban a természetbe kerülő műanyagok, vegyszerek és gyógyszerek – visszafordíthatatlannak látszó változást okoznak az élő rendszerekben. Ez a probléma messze meghaladja a klímaváltozást, sőt az eddig vezető (legsúlyosabb) rossz talajhasználatot és biodiverzitás-csökkenést is. Bár a hulladékprobléma nem új keletű, a mikroműanyagok témaköre pedig kifejezetten divatosnak számít, a bolygó határai (Planetary Boundaries) kutatás 3. szakasza mégis egyfajta paradigmaváltást jelent: globális energi ciklusunknál is nagyobb gondot okoz a felgyorsított és túl nagy volumenű mesterségesanyag-ciklus (amit a kutatók „novel entities” néven neveztek, s amit mi „új anyagok” néven fordítunk).

A „NÉPSZERŰ” KLÍMAVÁLTOZÁS

A klímaváltozáson túl

Legalább öt éve minden egyetemi előadáson megkérdezem a hallgatókat, hogy egy zárt listából melyiket tartják a legnagyobb globális környezeti problémának. Csoportonként van némi eltérés, de a válaszadók 70–90 százaléka szinte mindig a klímaváltozást teszi az első helyre. A sajtóban és immár a politikában is

messze túltreprezentált a „globális felmelegedés” kérdése. A *karbonlábnyom* az ökológiai lábnyom része, mégis szinte több projekt indul a részterületen, mint az egészen. Az EU nagy hagyományú fenntarthatósági politikáit elhomályosítja a *Zöld megállapodás* (Green Deal, Európai Bizottság, 2019), ezen belül a 2050-es karbonsemlegességi cél mellett alig kerül szóba például az ökoszisztémák és a biológiai sokféleség megóvása. Ezt a tendenciát még inkább felerősítette (vagy inkább előrébb hozta) az orosz–ukrán háború okozta energiaválság. A legújabb vállalati fenntarthatósági mozgalom, a *Net Zero* pedig az üvegházhatású gázok összességében nulla kibocsátásától várja a világ fenntarthatóvá tételét (Frankhauser et al., 2022).

Ebben a cikkben arra kaphatunk választ, hányadik legfontosabb problémának tartja a tudományos világ legfrissebb és egyik legmértékadóbb közleménye a klímaproblémát. A gyors válasz: eddig a 4. legsúlyosabb és legkevésbé visszafordítható volt a rangsorban, mostantól már csak az 5. Ezzel nem azt szeretnénk mondani, hogy a klímaváltozás ne lenne igen drámai probléma, hanem hogy sajnos vannak még drámaibbak is.

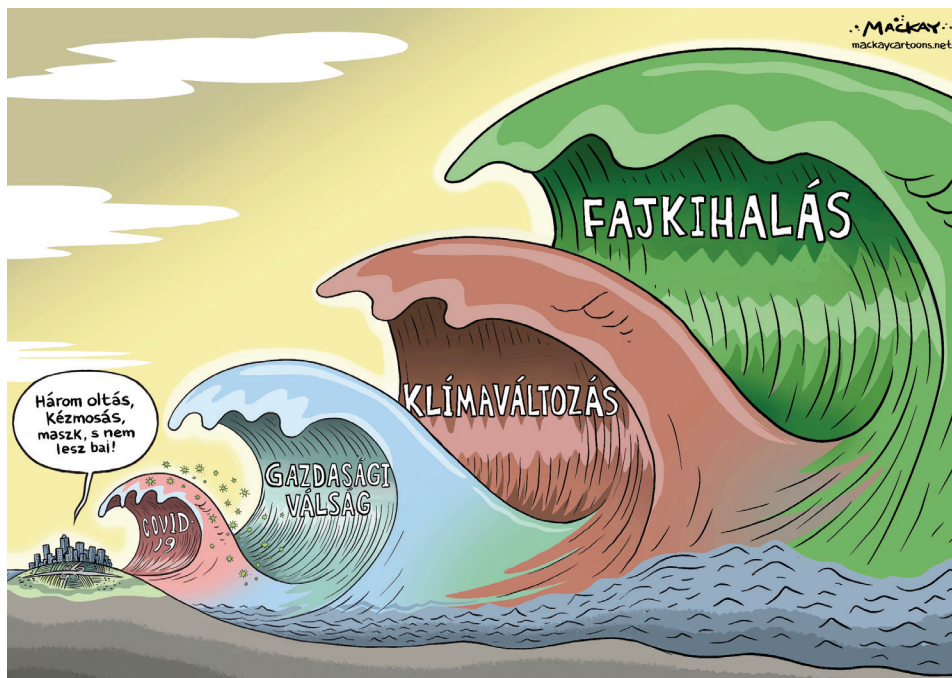
A klímaváltozás visszafordítható!

Álljunk meg egy pillanatra, s rehabilitáljuk röviden a karbonlábnyomot, a *nettó zérót*, a felmelegedést első helyre tévő politikust, vállalatvezért, utca emberét. A globális klímaváltozás valóban súlyos bonyodalom, amely egész régiókat tehet lakhatatlanná, s amely máris sok emberéletet követelt (Sipos, 2019). Az ember okozta hatás talán kicsi, de perdöntő. Aki ennek ellenkezőjét állítja, az tudatosan vagy véletlenül téved, feltűnést keres, esetleg álhírt terjeszt. Az éghajlati gond rangsorban való lecsúszása nem azt jelenti, hogy kevésbé fontos lett, vagy jelentősen javult a helyzet, hanem hogy egy új probléma került számszerűsítésre, amire legalább 2009 óta vár a tudományos közvélemény.

A klímaharc továbbra sincs megnyerve, bár átfogó tervek és gyakorlati intézkedések állnak rendelkezésre, és – ami százszor fontosabb – talán valós szándék is a konkrét lépésekre. Lépésekre, amelyeknek sokkal radikálisabbnak és átfogóbbaknak kell lenniük, mint hogy járjon mindenki elektromos autókkal. Itt csak egy ilyen tervet említünk: a Paul Hawken ökológiai közgazdász koordinálta *Drawdown Projektet* (2017). A száz globális intézkedést tartalmazó, rendkívül magas színvonalú és konkrét számításokat, reális ajánlásokat tartalmazó mű magyarul *Visszafordítható* címmel jelent meg (Hawken, 2019). 2022-ben pedig magyarul is napvilágot látott a folytatás, melynek Paul Hawken a következő címet adta: *Regeneráció – A klímakatasztrófa elkerülése társadalmunk és élővilágunk megújításával egy generáció alatt*. A klímaváltozás elleni harc tehát fontos, és továbbra is hősiesség igényel, de nem a fő ellenség, csak egy nagyobb problémahalmaz egyik, és sajnos nem is legsúlyosabb eleme.

A fenntarthatatlanság egyik leghíresebb karikatúrája

Korunk nagy harcát a fenntarthatóságért vívjuk. Könnyű lenne Karl Marx vagy Greta Thunberg retorikáját követve kijelölni a jókat és rosszakat (világ vezetői és „a nép”, korábbi generáció és fiatalok stb.), de ha reálisak vagyunk, mindkét oldalon mi, ma élő emberek állunk. Mi tüntetünk a klímavédelemért, és élünk húsmentesen, de közben beülünk autóinkba, és hazamegyünk összkomfortos lakásainkba, ahonnan viszont néha kiruccanunk katasztrofális ökolábnymóú plázákba, wellnessközpontokba és éttermekbe, s ha megengedhetjük magunknak, el-elrepülünk egy-egy egzotikus szigetre. Ezért le kell mondanunk arról a populista képről, hogy nincs más feladat, mint várni a környezetbarát gépkocsit, fúziós erőművet, klímavészhelyzetet hirdető politikust választani, s megváltoztatni néhány marginális fogyasztási szokásunkat. A nagy harcot meg kell vívnunk, s ez áldozatokkal jár. Nem valaki ellen, hanem valamiért és valakiért. A fenntartható fejlődésért, a jövő generációkért és más fajokért.



1. ábra. Sajnos vannak a pandémiánál is nagyobb fenyegetések, eddig a fajkihalás tűnt a legsúlyosabbnak (2 hullámos eredeti változat: Editorial Cartoon by Graeme MacKay, *The Hamilton Spectator*, 2020. 03. 11.¹)

¹ Fordítás és utánközlés minden ábránál a szerzők engedélyével.

Graeme MacKay grafikája (1. ábra) jól szemlélteti a problémát. Az eredetileg 2020. március 11-én – két nappal a magyar Covid19-zárlat meghirdetése előtt – a *The Hamilton Spectator*-ban megjelent karikatúra egy parányi országot (eredetileg Kanada) mutat pillanatokkal az előtt, hogy elsodorná a szökőár. A cunami eredeti felirata: *Covid19*. „Jól mossunk kezet, s nem lesz baj!” – mondják az ország vezetői. Ám a szökőár mögött jön egy még nagyobb hullám, amit az első eltakar, ez a *Gazdasági recesszió*.

A karikatúra memmé vált, s több mint kétezer változatban jelent meg azóta, például az *Economist* című lapban. Egy karikatúra ritkán pontos tudományosan is, de ez az: a témát ismerő tudósok és laikusok maguk továbbrajzolták, vagy erre kérték az alkotót. Így a gazdasági recesszió mögé egy még nagyobb hullám került *klímaváltozás* felirattal. Végül egy negyedik, legnagyobb hullám, amire ez volt írva: *A biodiverzitás összeomlása*. Most sajnos egy ötödik, mindent elsöprő hullámot kellene berajzolnunk *új anyagok* felirattal.

A BOLYGÓ HATÁRAI KUTATÁS

Az első két szakasz (2009, 2015)

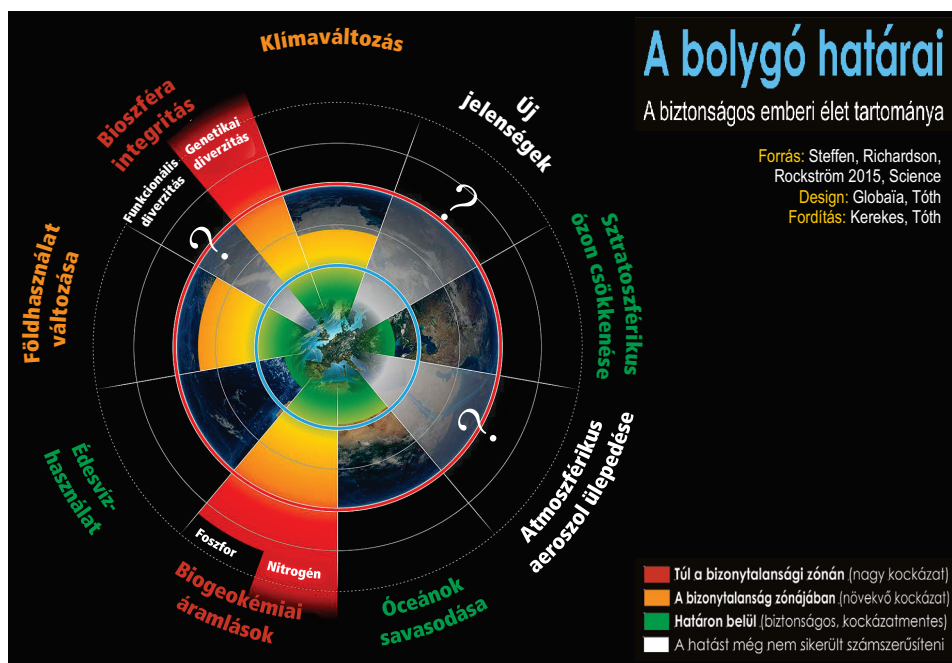
A téma amúgy is részletes és hatalmas apparátust felvonultató irodalmát mintegy megkoronázta Johan Rockström és harmincegy szerzőtársa 2009-ben a *Nature* és az *Ecology & Society* folyóiratokban megjelent két cikke, amelyek címe körülbelül így fordítható: *A bolygó határai – az emberi tevékenység biztonságos keretei*. A hatalmas apparátust és szakértelmet felvonultató jelentés kilenc területen vizsgálja a bolygó fenntartó, regenerálódási képességét. Az összefoglaló cikk szerint már legalább négy területen kimutatható a súlyos létrombolás, ez a biodiverzitás-vesztés (fajkihalás), a nitrogén- és foszforciklus, a földhasználat-változás, valamint a klímaváltozás. (A jelentés csak környezeti dimenziókkal foglalkozik, társadalmiakkal nem.) A *Stockholm Resilience Centre* munkatársainak cikke, melyet a Koppenhágai Klímakonferencia után hoztak nyilvánosságra, Kerekes Sándor (2016, 77.) mértékadó véleménye szerint legalább akkora hatást gyakorolt a szakmai közvéleményre, mint a *Római Klub* 1972-es jelentése (Meadows et al., 1972).

A radarábrát azóta rendkívül gyakran látjuk előadásokon, a három cikk pedig 2500 feletti idézettséget ért el, ami egy nagyobb magyar egyetem összes publikációjának is dicsőségére válna. A kutatócsoport ezért *Will Steffen* vezetésével 2015-ben megismételte a felmérést, és nyilvánosságra hozta a *Science* című lapban (Steffen, 2015).

A három cikk adatai alapján pontosan követhetők a megállapított mérőszámok, globális és helyi határértékek, azok értéke az iparosodás kora óta. Érdekes az első két cikk között eltelt hat év is, például a 2015-ös változatban a globális fel-

melegedés csak a 4. legsúlyosabb problémának látszik. Sok helyen változtatták a mérőszámokat, így a 2009–2015 közötti változás nemcsak a folyamatokat, hanem a tudományos eszköztár finomodását is jelzi.

A tanulmány szerzői a környezeti fenntarthatóság tizenegy területét próbálták meg számszerűsíteni. Ezek (két összevonással): 1. A klímaváltozás, 2. az óceánok savasodása, 3. A felső légkör ózonrétegének vékonyodása, 4. A nitrogén- és foszforciklus, 5. A globális édesvíz-használat, 6. A földhasználat változása, 7. A fajgazdagság csökkenése, 8. Az atmoszféra aeroszoltartalmának változása, végül 9. A vegyi szennyezés (új anyagok). A kutatók három kivételével² vették a bátorságot, hogy megpróbálják meghatározni a kritikus határt (ez az ún. *átbillenési pont*, angolul *tipping point*). Az elemzés magában foglalja a kritikus határtól való távolságunkat is. A 2. ábrán (ún. radarábrán) látható három koncentrikus kör az adott jellemző különböző határait jelöli. A belső kör jelzi a *biztonságos működés* határát. Belülről



2. ábra. A 'Planetary Boundaries' eddig érvényes diagramja szerint a globális felmelegedés csak a negyedik legsúlyosabb probléma (Steffen et al., 2015, *Science*; Design: Globaia)

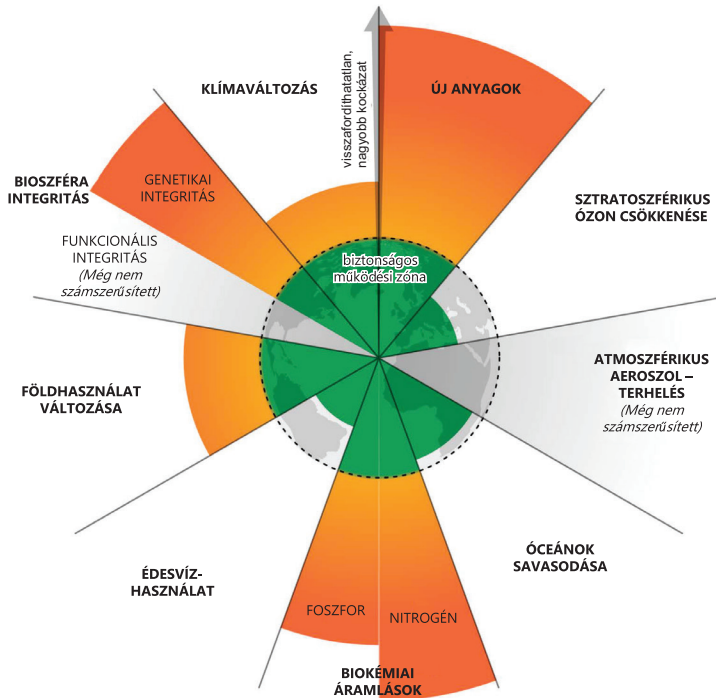
² 2015-ben nem volt kvantifikálható, de az ábrán kérdőjellel már szerepel három terület: 1. az új jelenségek (nagyrészt vegyi anyagok és módosított életformák), 2. az atmoszférikus részecskék ülepedése, valamint 3. a funkcionális biodiverzitás, ami a fajgazdagság elvesztésének részterülete. 2022-re az új anyagok (új jelenségek) bolygóhatárt számszerűsítették.

az első és harmadik körgyűrű közötti tartomány jelzi az átbillenési pontot, ahol már nagyok a bizonytalanságok és a kockázat. A harmadik körgyűrűn kívüli szféra már a változó olyan értékeit tartalmazza, ahol ez a bioszféra egészét, magát az életet veszélyezteti. *Globális, gyors és nagyrészt visszafordíthatatlan változások* ezek. A tanulmány szerint a vizsgált kilenc dimenzióból kettőnél már messze túlléptük azokat a határokat, amelyek a biztonságos létezés kereteit jelentenék.

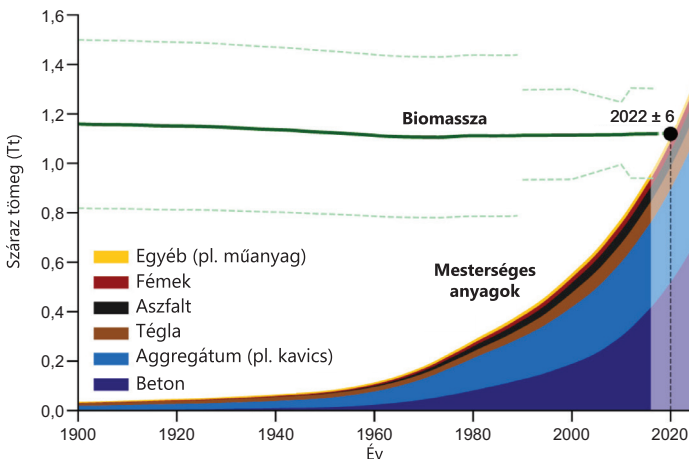
A bolygó határai kutatás 3. szakasza

2022. elején új cikk látott napvilágot, amelyben immár az új (vegyi) anyagok számszerűsítése is megtörtént – sajnos lesújtó eredménnyel (Persson et al., 2022). A tizennégy tudósból álló csoport arra a következtetésre jutott, hogy ezen a területen is messze túlléptük a bolygó adaptív képességét, a környezetszennyező anyagok, elsősorban a műanyagok természetben való felhalmozódása miatt. Napjainkra a Földön a műanyagok tömege kétszeresen meghaladja az összes emlősállat súlyát. Ráadásul a valaha gyártott összes műanyag 80 százaléka a környezetben marad. 1950 óta megötvenszereződött a vegyi anyagok gyártása. Ma 350 000 féle vegyi anyagot állítunk elő mesterségesen. Ezek között vannak műanyagok, növényvédő szerek, ipari vegyszerek, a fogyasztási cikkekben használatos vegyi anyagok, antibiotikumok és gyógyszerek. Ezek mind teljességgel új anyagok, amelyeket az ember csak néhány évtizede állít elő, ezért majdnem teljesen ismeretlen az ökoszisztémára gyakorolt hatásuk. A kikerülő anyagmennyiség messze meghaladja tudósok és kormányok lehetőségeit a helyi és globális kockázatok elemzésére, a problémák megoldására. Ráadásul ezen anyagcsoportban 2050-ig a kibocsátás további megháromszorozódása várható (Persson et al., 2022). A frissített radardiagramot a 3. ábrán láthatjuk.

Korábbi kutatások megerősítik a mesterséges anyagok volumenét. A *Nature* 2020 végén megjelent cikkében Emily Elhacham és négy munkatársa döbbenetes adatokat közölnek. A kutatók 1900-tól napjainkig becsülték meg az emberiség által létrehozott anyagok (fémek, beton, aszfalt, műanyagok) mennyiségét. Ezek a 2020-as évtől már túlsúlyban vannak a Földön a természetes biomasszához képest. Az időszak kezdetén a mesterséges anyagok még eltörpültek a természetes mellett; mindössze annak 3 százalékát tették ki. Az ember által készített anyagok tömege ugyanakkor minden húsz évben átlagosan megduplázódott az utolsó százhusz év folyamán. A 4. ábrán látható a pontos növekedési ütem, ami csak a háborúkban és gazdasági válságokban hagyott alább, de ekkor sem csökkent 1, majd az 1950-es évektől 3 százalék alá. Ma pusztán a műanyagok tömege az összes állaténak kétszerese, az épületek és egyéb infrastruktúra tömege pedig több mint 20%-kal múlja felül a bolygó teljes növényzetének tömegét. És ez még csak a legkedvezőbb számítás, ha a haszonállatokat vagy az emberek által „felhasznált” (megmozgatott) föld mennyiségét az antropogén szférához számítjuk,

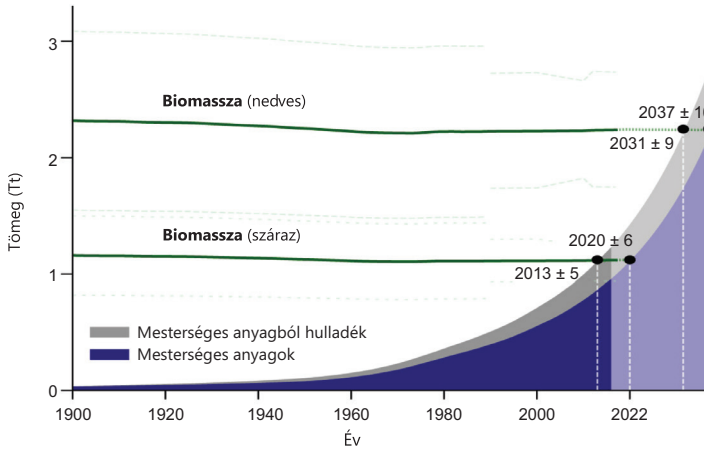


3. ábra. A 'Planetary Boundaries' 2022-ben közreadott diagramja, kiegészítve az új anyagok határaival (Persson et al., 2022. Az ábrát az Azote készítette a Stockholm Resilience Center megbízásából.)



4. ábra. 2020-ban a történelem során először a mesterséges anyagok tömege meghaladta az összes biomasszáét (Elhacham et al., 2020)

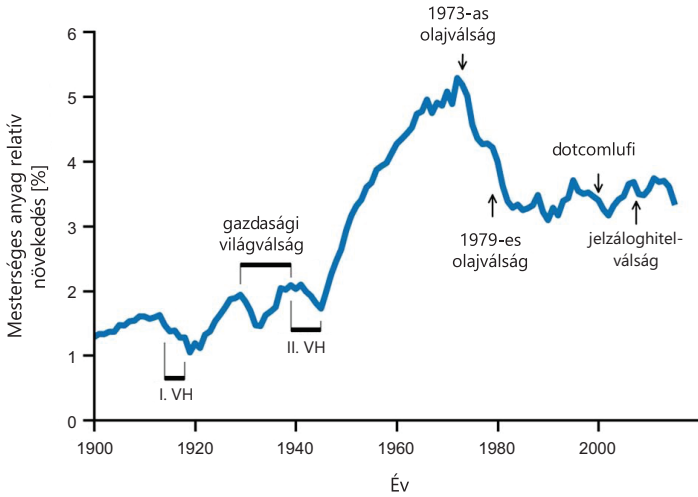
a 2020-as évforduló akár 1975-re is visszacsúszhat. Egy főre vetítve egy hét alatt több mesterséges anyagot hozunk létre, mint saját testsúlyunk. A humánszféra terjeszkedése messze meghaladja a népesedés növekedését, az erdőirtások volumene például jócskán felülmúlja a mezőgazdaság termőterület-bővülését. A globális anyagkörforgás legfontosabb kimutatásait Elhacham és szerzőtársai (2020) alapján a 4–7. ábrákon foglaltuk össze.



5. ábra. Hamarosan több le nem bomló hulladék lesz, mint amennyi mesterséges anyag létezett 1970-ben (Elhacham et al., 2020)

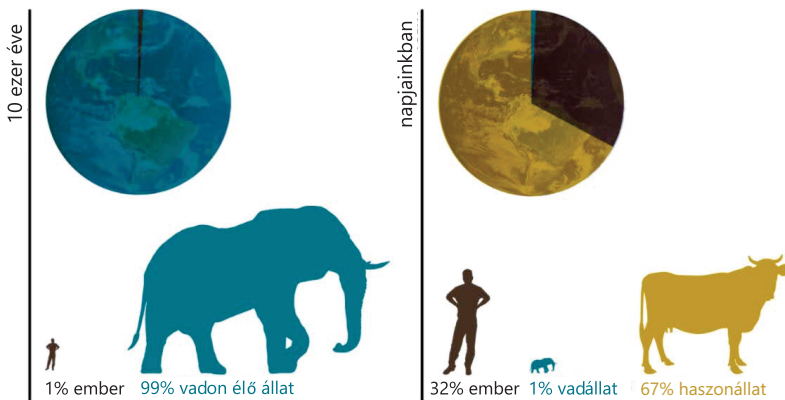


6. ábra. A műanyagok tömege kétszeresen meghaladja az összes állatét, az épületek és egyéb infrastruktúra pedig ötödével nyomban többet az összes fánál és bokornál (Elhacham et al., 2020)



7. ábra. A mesterséges anyagok tömege prosperálás idején gyorsabban, válságokban és háborúkban lassabban, de folyamatosan növekszik (Elhacham et al., 2020)

Vaclav Smil 2011-es cikkében a nem növényi „biomassza” fő összetevőit mutatja be, sokkal hosszabb időtávon. Míg a mai civilizációnk kialakulásának hajnalán (Kr. e. 8000 körül) az összes állat tömegének 99%-át a vadon élő állatok tették ki, a maradék 1%-ot pedig az ember, addig napjainkra ez az arány drasztikusan megváltozott: az emberek össztömege harminckétszer akkora, mint a vadon élő állatoké. Ha tenyészállataink embereket kétszeresen meghaladó tömegét is ide számítjuk, akkor az összes vadon élő állat ma az össztömeg egy századát teszi ki. Smil 2011-es cikkének legfontosabb adatát az 8. ábra ábrázolja.



8. ábra. Az összes ember, a haszonállatok és a vadon élő állatok össztömege régen és ma (Vaclav Smil, 2011, grafika: Population Matters)

A kutatás dokumentumfilmes feldolgozása (Breaking Boundaries)

A cikkünk fő témáját adó kutatás népszerűségét mutatja, hogy az a populáris médiában is jelen van: a Netflix 2021 júniusában mutatta be a *Breaking Boundaries: The Science of Our Planet* (A bolygónk jövőjének tudománya) című dokumentumfilmet, amelyet David Attenborough és Johan Rockström jegyez. Emlékeztetőül: Rockström a 2009-es eredeti *Planetary Boundaries* című cikk vezető kutatója, akit a WOS-t (Web of Science) is működtető Clarivate Analytics 2018 legidézettebb szerzőjeként tart számon. Úgy is tehetünk egy keveset a jövőért, ha megismerjük a valóban fontos fenntarthatósági kutatásokat, s két sorozat megtekintése közé beiktatjuk például *A bolygónk jövőjének tudománya* című (73 perces) dokumentumfilmet.

GLOBÁLÖKONÓMIA

A közgazdaságtant *makro- és mikroökonómiára* szokták felosztani, állítólag John Maynard Keynes nyomán. Az előbbi a nemzetgazdaságok egészével foglalkozik, az utóbbi az egyéni gazdasági szereplőkkel (például: fogyasztók, vállalatok, állami szervek). Itt lenne az ideje, hogy a közgazdasági egyetemeken és üzleti főiskolákon ne makro- és mikroökonómiát, hanem globálökonómiát (angolul: *globeconomics*) tanítsanak. A kifejezés a közgazdaságtan azon új – megalapítás előtt álló – ágát jelöli, amely a teljes világ gazdaság ökológiai határait tanulmányozza, s amely a nemzetgazdaságok kiegyensúlyozott fejlődését célozza, a szélsőséges egyenlőtlenség visszafogására, és a növekvő gazdagság okozta csökkenő határboldogság³ megakadályozására.

A világ önmagunktól való megmentésére irányuló közgazdasági reformba, avagy forradalomba jól illik a planetáris határok legújabb kutatása, csakúgy mint az ENSZ fenntartható fejlődés céljai, az ún. SDG-k (UNDP, 2016), vagy a társadalmainkat és vállalatainkat a nettó zéró felé vezető *tudományalapú célok* (Science Based Targets). Reméljük, hogy bolygónk és rajta az élet mai sokszínűségében még megmenthető, s nem vesznek erőt rajtunk a csüggedés és a háború démonai!

IRODALOM

Elhacham, E. – Ben-Uri, L. – Grozovski, J. et al. (2020): Global Human-made Mass Exceeds All Living Biomass. *Nature*, 588, 442–444. DOI: 10.1038/s41586-020-3010-5, <https://fisherp.mit.edu/wp-content/uploads/2021/01/s41586-020-3010-5.pdf>

³ A közgazdasági elemzésben a marginális elemzés alkalmazása a boldogság anyagi dimenziójára, azaz a pénzmennyiség növekedésével az utolsó bevételnövekmény boldogságnövelő hatása.

- Európai Bizottság (2019): *Az európai zöld megállapodás*. Bizottsági Közlemény. COM(2019)640. Brüsszel: EC, https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_hu#documents
- Fankhauser, S. et al. (2022): The Meaning of Net Zero and How to Get It Right. *Nature Climate Change*, 12, 1, 15–21. DOI: 10.1038/s41558-021-01245-w, <https://www.nature.com/articles/s41558-021-01245-w>
- Hawken, P. (ed.) (2017): *Drawdown: The Most Comprehensive Plan Ever Proposed to Reverse Global Warming*. Penguin. Magyarul: *Visszafordítható. 100 hatékony megoldás a klímaválsághoz*. (ford. Dankó Zs., Jánossy L., Vásony P. et al.) Budapest: HVG Könyvek, 2019
- Hawken, P. (ed.) (2021): *Regeneration: Ending the Climate Crisis in One Generation*. Penguin Books. Magyarul: *Regeneráció – A klímaválsághoz elkerülése társadalmunk és élővilágunk megújításával egy generáció alatt*. (ford. Darnyik J., Weisz B.) Budapest: HVG Könyvek, 2022
- Kerekes S. et al. (2016): *Pénzügyekről másképpen – Fenntarthatóság és közösségi pénzügyek*. Budapest: Wolters Kluwer
- Meadows, De. – Meadows, Do. – Randers, J. et al. (1972): *The Limits to Growth – A report for the Club of Rome’s Project on the Predicament of Mankind*. Universe Books. Magyarul: *A növekedés határai*. Nyomatott anyag. 1973, <https://www.donellameadows.org/wp-content/userfiles/Limits-to-Growth-digital-scan-version.pdf>
- Persson, L. – Carney Almroth, B. M. – Collins, C. D. et al. (2022): Outside the Safe Operating Space of the Planetary Boundary for Novel Entities. *Environmental Science & Technology*, 56, 3, 1510–1521. DOI: 10.1021/acs.est.1c04158, <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.1c04158>
- Rockström, J. et al. (2009a): Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. *Ecology and Society*, 14, 2, 32. <https://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>
- Rockström, J. et al. (2009b): A Safe Operating Space for Humanity. *Nature*, 461, 472–475. DOI: 10.1038/461472a, <https://www.nature.com/articles/461472a>
- Sipos G. (2019): A tengerszint mindenképpen emelkedni fog, csak nem mindegy, mennyire – az IPCC új különjelentéséről. 2019. 10. 04. mta.hu, https://mta.hu/tudomany_hirei/a-tenger-mindegy-emelkedni-fog-csak-nem-mindegy-mennyire-az-ipcc-kulonjelentese-109996
- Smil, V. (2011): *Harvesting the Biosphere: The Human Impact. Population and Development Review*, 37, 4, 613–636. DOI: 10.1111/j.1728-4457.2011.00450.x, https://www.researchgate.net/publication/221818629_Harvesting_the_Biosphere_The_Human_Impact
- Steffen, W. – Richardson, K. – Rockström J. et al. (2015): Planetary Boundaries: Guiding Human Development on a Changing Planet. *Science*, 13 Feb 2015. 347, No. 6223. DOI: 10.1126/science.1259855, <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1259855>
- UNDP (2016): *Sustainable Development Goals*. <http://www.undp.org>
- Wackernagel, M. – Rees, W. (1996): *Our Ecological Footprint – Reducing Human Impact on the Earth*. Gabriola Island, BC.: New Society Publishers. Magyarul: *Ökológiai lábnyomunk*. (Trombitás G.) Föld Napja Alapítvány, 2001
- Wiedmann, T. – Minx, J. (2007): A Definition of ‘Carbon Footprint’. In: Pertsova, C. C.: *Ecological Economics Research Trends*. New York: Nova Science Publishers 1–11. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.467.6821&rep=rep1&type=pdf>

Megemlékezés

KISFALUDY SÁNDOR 250

SÁNDOR KISFALUDY AT 250

Debreczeni Attila

az MTA levelező tagja, Debreceni Egyetem Bölcsészettudományi Kar Magyar Irodalom- és Kultúratudományi Intézet, Debrecen
debreczeni.attila@arts.unideb.hu

Kisfaludy Sándor 250 éve, 1772. szeptember 27-én született Sümegen, és ugyanott halt meg 1844. október 28-án. Halála után három héttel, november 18-án a Magyar Tudományos Akadémián gyászbeszéd hangzott el az elhunyra emlékezve. Toldy Ferenc e szavakkal kezdte beszédét: „Urak! Napok is kiégnek a menny boltozatján: zúgolódhatunk-e a gondviselés ellen, ha földi napjaink enyészet alá vannak vetve? Világtest és ember! melly pont ez amához képest, habár nagy a szellem által, melly felül emeli a roppant, de lelketlen bolygókon. De annál hamarabb elmúló, annál halandóbb, ha így szólnom szabad!

És ime e rövid földi élet is hosszú, egyes esetekben hosszabb mint ohajtható. Boldog az, ki Achill vagy Alexanderként férfiúsága delén költözhetik el: ő nem érzi sem erőinek fogytát, sem leáldozását dicsőségének, s ő az utóvilág képzeletének örök ifjúságában él. Fájdalmas de való: Kisfaludy Sándor rég megszűnt élni, mert rég megszűnt folyton olvastatni mint egykor, minden magyarra hatni mint egykor, vezetője lenni érzéseinek, szelleme nézetinknek, előképe a dolgozóknak; az ő neve helyét a nemzet ajkain más nevek foglalák el: ő élve már a múltnak embere lőn, dicsősége az emlékezeté, s az élő nemzedék régen az atyák árnyai közé sorolta.”



Morelli Gusztáv fametszete
Az Osztrák-Magyar Monarchia írásban
és képen (1887–1901) sorozatból (közkincs)

Különös, meghökkentő hangütés egy gyászbeszédben, Toldy ugyanakkor kétségtelenül hű maradt korábbi véleményéhez a pályakép értékelését tekintve, amelyet régóta képviselt. Kisfaludy, akit 1830-ban az elsők között választottak az Akadémia rendes tagjává, 1835-ben éppen a Toldy körével való szembenállás miatt mondott le a rendes tagságról, s csak a tiszteleti tagságot fogadta el a továbbiakban.

A korszerűtlenné válás kimondása azonban Toldy gyászbeszédében együtt jár Kisfaludy irodalomtörténeti helyének kijelölésével: „Igen, a magyar lyra csak Kisfaludy Sándorral született, megszületett pedig egy szökéssel, rögtön mint Zeusz fejéből Pallas [...] Kisfaludy Sándor azt eszközlötte, mit csak lángelmék bírnak: közte s az ő kora közt egy ivadéknyi köz fekszik, ő azt egy lépéssel maga mögött hagyta, és pedig úgy, hogy magával ragadá az egész nemzetet. Dicsősége tetőzött.”

Kisfaludy első alkotói évtizedét minősíti így Toldy, mikor is a *Himfy*-dalok két kötete és a *Regék* megszülettek, s ezekhez képest állapít meg hanyatlást a pálya további részére nézve. Toldy értékelése máig hatóan kijelöli Kisfaludy jelentőségét a magyar irodalom történetében. Ez az értékítélet határozza meg a róla szóló egyetlen nagymonográfiát (1961) éppúgy, mint a legújabban megjelent (2016) tanulmánykötetet. A szépprózai műveket közreadó kritikai igényű kiadás (1997) szintén erre az évtizedre fókuszál, még ha a verses művek mellé odaemeli Kisfaludy prózáját is. A pálya ezt követő közel négy évtizedes második szakasza szerény figyelmet kapott és kap, jórészt csak három vonatkozásban. Az 1809-es utolsó nemesi felkelésben Kisfaludy a nádor szárnysegédjeként vett részt, s lelkesítő iratot adott közre, a vizsgálatok egyik csomópontja ez. A másikat Kazinczyval való viszonya és a nyelvújítási vitákban vállalt szerepe, a harmadikat pedig az 1810-es években született drámái jelentik. Kisfaludy Sándor kétségtelenül a Himfy költőjeként él az irodalomtörténeti emlékezetben ma is.

Himfy, azaz Kisfaludy Sándor 1807-ben, *A' Kesergő szerelem* és *A' Boldog Szerelem* közös kiadásának előszavában így tekint vissza a Himfy-dalok keletkezésének időszakára, élményvilágára: „Van egy idő az embernek életében, – az életnek nyíló tavaszsa – mellyben a' magából kidagadó fiatal szív, 's a' szárnyra kelő fiatal lélek, a' földön, és a' nyomorúlt Valóságon fellyül emelkedve, érzeménnyeit és gondolattyait a' lehetőségnek, és képzeletnek tündéres országában hordozza: az embernek legboldogabb ideje! [...] Én ama' virág-évemben Katona 's Hadifogoly lévén, éppen azon helyeken, hol hajdan Petrárkának édes kínos énekei minden szívet szerelemmel töltének, hol mintegy szerelmet lehell még most is az egész táj, a' tüzes, jószívű Francziák között, – 's éppen olly körülállásokban, mellyek csak igen bizonytalanul engedék reménylenem, hogy valaha Hazámat, és Kedveseimet megláthassam; – én, ott a' szomorú magányban, leírtam életem' Poézissát, – azt, a' mit szívem érzett, vagy Himfy' helyén érezhetett volna; leírtam, és magyarul írván, Hazámban véltem lelteni magamat. 'S bizonyos vagyok

arról, hogy az én akkori körülállásomban minden érző 's gondolkodó Hazafi írt volna. Így támadtak *Himfy' Szerelmei*, azon könyvecske, mellynek foglalatya minden fiatal emberszívben nagyobb, vagy kissebb mértékben meg vagyon. Utóbb szolgálatomat elhagyván, és Hazámnak, az Anyatermészetnek kebelébe, szabad nemes fészkeembe vissza kerülvén, Barátim reá tudtak venni, hogy, nem a' rideg, czikornyás, mindennapi Világ elejbe készültt, Verseimet közre bocsátani engedgyem.”

A megrajzolt kép kétségkívül stilizált, de igen plasztikus és beszédes. Élet (sőt életkor) és költészet kapcsolata rendkívül szorosra vonva tárul fel e sorokban. Itt természetesen a két versciklusról szól, de teljes joggal vonatkoztathatjuk mindezt a szépprózai művekre is, hiszen keletkezési idejük és genezisük azonos a versekével. Kisfaludy első és legjelentősebb alkotói évtizedében, az 1790-es évek közepétől 1807 körül az események és a művek kiformalódása élet és irodalom sajátos egybeszővődöttségét mutatja.

Ebben az időszakban előbb a királyi testőrség tagjaként Bécsben tartózkodik, majd függelemsértés miatt több társával együtt kizárják a testőrségből, s csapat-szolgálatra rendelik. Milánó ostrománál fogságba esik, és Franciaországba kerül, innen visszatérve németországi csatatereken szolgál. Leszerelése után, 1800-ban megházasodik, s birtokaira költözve gazdálkodó életet folytat. Első írói próbálkozásai a bécsi évekhez kötődnek, többnyire fordítások. Az ezt követő mozgalmas években születik a *Napló és Frantzia fogságom* című, levél formában készült ön-életírás, amely a modern magyar széppróza egyik első jelentős alkotása. Az ezekben az években használt irodalmi jegyzetfüzeteiben tűnnek fel a későbbi dalciklus első darabjai. *A' Kesergő szerelem* 1801-ben jelenik meg, és nagy sikert arat, ez az első teljes egészében szerelmi tárgyú verskötet a korban. Kisfaludy majdani feleségével, Szegedy Rózával folytatott 1798–1799 körüli levelezéséből formálja ki később, feltehetően 1806–1807 fordulóján a *Két Szerető Szívnek Története* című levélregényt. A mű nem jelenik meg nyomtatásban, kiadja viszont a dalciklus második részét *A' Boldog Szerelem* címmel, együtt az első résszel (*Himfy' Szerelmei*, 1807). A ciklus folytatásából nő ki első regéje, a *Csobáncz*, amelyet rövid időn belül két másik követ (*Tátika, Somló*), s amelyek együttesen jelennek meg ugyancsak 1807-ben, *Regék a' Magyar Előidőkből* címmel.

Az irodalomtörténeti jelentőségű dal- és regékötetek elkészülése, megjelenése és sikere tehát egyazon időszakra tehető Kisfaludy szépprózai műveinek születésével, amelyek életében nem is láttak napvilágot, noha megjelentetésüket tervezte. Egyazon ihlet- és élménykör jegyében fogant költészet és széppróza, melyek a modern irodalmi formák kialakításának eltérő útjait képviselik. Mert a hagyományosan Liza-ciklusnak nevezett műcsoport irodalmi kísérlet is egyben, nem pusztán az élmények lenyomata. Sőt, minden élményi-életrajzi vonatkozás mellett is elsősorúan irodalom, egy szemlélet és mentalitás formába öntésének kísérlete. Ezért végső soron nem fontos, hogy Liza az Szegedy Róza vagy netán egy másik

hölgy a sok közül. Ciklusaiban a szerző megalkotott egy nőalakot, mögé Szegedy Róza alakját állította, s utóbb Lizának nevezte el. Ilyen értelemben javítgatta át a *Napló* kéziratát is: a Róza előtti családnevet, ami kivehetően Horváth volt, áthúzta, illetve kikaparta, s beírta a Szegedy nevet. A *Napló* tehát eredetileg nemcsak Szegedy Rózát szólítja meg, hanem Zalabéri Horváth Rózát is, akinek kezét ugyanúgy megkérte, mint Szegedy Rózáét, de a végleges mű már egyetlen nőalakot formál meg (aki persze nem mellékesen a feleség nevét viseli). Fordításainak idilli-irodalmias női szereplői és a *Napló*ban megidézett valós hölgyek egyaránt a szerelem- és boldogságvágy vonatkozásában léteznek csak, nem egyedi arcukat hangsúlyozódik – ugyanúgy, ahogy Szegedy Róza-Liza esetében is láthatjuk. Az élet irodalommal szublimálódik. Ugyanakkor az élet megélését irodalmias vonások alakítják, írott minták által vezérelt és visszaigazolt mentalitás tör utat. Az érzékenység szemléletmódja létrehoz egy sávot élet és irodalom között, amely csak az övé. Ez az öntörvényűen berendezett világ keresi kifejezését a Kisfaludy költészetében és szépprózájában testet öltő ízlésváltozatokban, melyek a kor megújuló irodalmának élvonalát jelentik.

Kisfaludy első alkotói évtizede a költészet és a költői próza területén egyaránt jelentős. A Himfy-ciklusok a modern dalforma kiképzésében játszottak kiemelkedő szerepet. A dalformálás Kisfaludy esetében elsősorban a magyaros énekhagyomány megújításával ment végbe, korabeli átütő sikerének nem kis mértékben ebben rejlik a titka. A *Himfy* úgy lett egy modern irodalmi műforma reprezentánsa, hogy teljesen otthonos maradt a populáris énekköltészet közegében is. A dal műfajának készületei Kisfaludynál már viszonylag korán a ciklusalkotás törekvésével fonódtak egybe. A ciklusképzés során a szerző epikus mozzanatot emel a dalok közötti térbe, megteremtve a dalok *énjének* és megszólítottjának folytonosságát. Az egyes dalok egyedi élethelyzetei, érzései így két (nevüket is csak kívülről és csak később elnyerő) fiktív alak (Himfy és Liza) történetévé válnak. Az elrendezés és a dalok közé iktatott énekek által megképzett epikus szál nagymértékben rokonítható a korabeli levélregények kompozíciós elvével, ugyanis mindkét esetben egy laza történet szervezi eggyé a fragmentált alanyi megszólalásokat. A románokon nevelődött olvasói beidegződések ezt a költői világot könnyen be tudták fogadni, s ez szintén hozzájárult a *Himfy*nek a szorosan vett irodalmi berkeken túli sikeréhez. A dal-ihletet felváltó regék egyik szalon éppen ehhez az epikus vonalhoz kapcsolódnak, másik kapcsolódási pontjuk az idillek világában lelhető fel. A regék valójában történeti kulisszák közé helyezett idillek, a történetek jellegzetesen a szomorú szerelem élményét formázzák meg, a szereplők a természet szülte pásztorfiúk és leányok közeli rokonai.

A költészeti megújulásban tehát Kisfaludy esetében is fontos szerepet játszottak a szépprózai műfajokból eredő indíttatások. Idill, levélregény, valamint prózában fordított dalok, mesék – ezek Kisfaludy költői prózájának fő változatai, melyek a külső inspirációk mellett az életművön belüli összefüggést és hatást

képviselik, de amelyek önmagukban is jelentős értéket jelentenek. A hangját próbálgató Kisfaludy kortársaihoz hasonlóan fordításokon gyakorolta magát, a verseket is leginkább prózában adva vissza. A *Magyar Aglája* darabjai többnyire francia dalok, mesék szabad prózai átköltései, míg a Montesquieu- és Tasso-fordítás (*Vénus' Temploma Gnidóban, Rinaldó, és Armida*) idillszerű, hiszen mindkét esetben egy nagyobb epikus mű önállóan is olvasható, az idill műfaji jegyei szerint értelmezhető részletéről van szó. A fordított darabok kiválasztása lehetett esetleges (bár Tasso és Montesquieu esetében erről sem beszélhetünk), a bennük fellelhető ízlésvilág azonban a kor sajátja volt. Akárcsak a levélregények esetében. Kisfaludy, mint maga említi *Naplójában*, számos népszerű románt olvasott, alapvető élményei közé azonban Kazinczy *Bácsmegyeyje* és Gessner-fordítása, valamint Mikes Kelemen először 1794-ben megjelent leveleskönyve tartozott. A legnagyobb hatást kétségkívül mégis Rousseau Draguignan-ban megismert műve, az *Új Heloise* gyakorolta rá. *Naplója* inkább a levélregény ironikus, sterne-i változatához áll közel, míg a *Két Szerető Szívnek Története* hangsúlyozottan a rousseau-i, érzelmes mintát követi. Mindkét műfaji változat, valamint az idillek és a prózában fordított dalok is közösek a világlátásban, amely döntően a korabeli érzékenység által volt meghatározott. Poétikai jellemzőik és az érzékenység (élet és irodalom határmezsgyéjén elhelyezkedő) világalkotása mélyen összefonódnak.

Toldy Ferenc Kisfaludy Sándor irodalomtörténeti jelentőségét a pálya első évtizedéhez kötötte, s ehhez képest állapított meg hanyatlást. Maga is felteszi azonban a kérdést, igazságos-e minősítése, majd anélkül, hogy valójában visszavonná állítását, retorikai vigaszt nyújtva ad feloldozást. Jó lenne hinni a hír fennmaradását jövendő Toldynak!

„Nem, Tekintetes Társaság, a valóban nagy nem szűnik meg az lenni, az ő csillogát a divat vándor felhői eltakarhatják ugyan előlünk egy ideig, de el nem oltják; a jelennek szeszélyei, makacs ízlés, tűnő irányok háttérbe szoríthatják a múltnak szép műveit, de megjön, megjön a tisztulás ideje, meg a kor, melly elfelejtve, mi a feledékenységnek készült, a színarany-szemet elválasztja a sikertelen porondtól. Nyugodjunk meg, Tekintetes Társaság! közel van az idő, mellyben Kisfaludy Sándor is phoenixként megifjodva föléledend hamvaiból.”

HARMATHY ATTILA 1937–2022

Harmathy Attila, a Magyar Tudományos Akadémia rendes tagja, az Alkotmánybíróság volt tagja, professor emeritus 1937. április 20-án született Budapesten. A Magyar Tudományos Akadémia 1993. május 10-én tartott közgyűlésén levelező, öt évvel később, 1998. május 4-i közgyűlésén rendes tagjának választotta. Levelező tagi székfoglaló előadását 1994. április 22-én *Az állam gazdasági szerepvállalásának jogi tükröződése* címmel, rendes tagi székfoglaló előadását 1999. április 29-én *A magyar polgári jogról 1999-ben* címmel tartotta. Mindkét székfoglaló előadása nyomtatásban is megjelent.

Harmathy Attila 1993 és 1995 között a Magyar Tudományos Akadémia főtitkár-helyettese, 1996 és 1999 között pedig alelnöke volt.

1992-ben a Köztársasági Érdemrend középkeresztjét, 1995-ben a Deák Ferenc-díjat, 1997-ben, a Francia Becsületrend tiszti fokozatát (Ordre national du Mérite, Officier), 1999-ben a Szent-Györgyi-Albert-díjat, 2007-ben – kilenc éven át betöltött alkotmánybírói pozíciója lejártakor – a Magyar Köztársasági Érdemrend középkeresztjét a csillaggal nyerte el.

2012-ben kapta meg a Széchenyi-díjat. 2019-ben pedig a Magyar Tudományos Akadémia legmagasabb tudományos elismerését, az Akadémiai Aranyérmet vette át.

Említést érdemel, hogy a Pécsi Tudományegyetem és alma matere, az Eötvös Loránd Tudományegyetem ugyanabban az évben, 2015-ben díszdoktorává (doctor honoris causa) avatta. Az Eötvös Loránd Tudományegyetem 2007-ben



Fotó: Hanák Gábor (Cassandro)¹

¹ Wikimedia Commons, CC BY 3.0 licenc

az egyetem által adományozható legmagasabb elismeréssel, az Eötvös-gyűrűvel tüntette ki. Az ELTE Állam- és Jogtudományi Kara 2002-ben Lippay-díjjal tüntette ki. Kollégái, pályatársai és tanítványai két emlékkönyvet is – 2003-ban és 2007-ben – kiadtak Harmathy Attila tiszteletére.

Harmathy Attila 1955-ben érettségizett Debrecenben. Még ebben az évben felvették az ELTE, az Eötvös Loránd Tudományegyetem Állam- és Jogtudományi Karára. 1959-ben „summa cum laude” minősítéssel avatták az állam- és jogtudományok doktorává. Egyetemi tanulmányai befejezését követően Strasbourgban a Faculté internationale de droit comparé kurzusain vett részt. Diplomáját Strasbourgban 1967-ben vette át.

1959 és 1960 között a Magyar Külkereskedelmi Bank, 1960 és 1962 között pedig a Malév jogtanácsosa volt.

Harmathy Attila több mint hatvan éven át oktatott az ELTE Állam- és Jogtudományi Karán, előbb a Római Jogi, majd a Polgári Jogi Tanszéken.

Marton Géza Kossuth-díjjal kitüntetett professzor, a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagja felkérésére már hallgató korában római jogi szemináriumokat vezetett. Az általa vezetett római jogi gyakorlatok a kar hallgatói körében általános elismertségnek örvendtek. Utolsó, sajnos már csak online közvetített előadását *Személyes és meghatározó emlékek Marton Gézáról* címmel 2022. június 10-én, a Debreceni Egyetem Állam- és Jogtudományi Kara által szervezett Marton Géza Emlékkonferencián tartotta. E sorok szerzője személyesen is meggyőződhetett arról, hogy Harmathy Attila jól ismerte Marton Géza munkáit, vonatkozik ez különösen Marton felelősségi tanára.

1974-gyel kezdődően tartotta első óráit a Polgári Jogi Tanszéken. Tanársegédi és adjunktusi kinevezése után 1974-ben a Polgári Jogi Tanszéken lett docens. 1982-ben nevezték ki egyetemi tanárnak. 2007-ben, hetvenedik életévének betöltésekor professor emeritus lett.

Harmathy Attila 1990 és 1993 között az Állam- és Jogtudományi Kar dékánja volt. Komoly szakmai kihívást jelentett számára az Állam- és Jogtudományi Kar posztgraduális képzésének megszervezése, mely feladatnak nagy hozzáértéssel és példamutató odaadással tett eleget.

1962-ben lett a Magyar Tudományos Akadémia Állam- és Jogtudományi Intézetének munkatársa. 1972-ben védte meg az állam- és jogtudományok kandidátusi, 1981-ben pedig akadémiai doktori értekezését. Korábban, 1985-től több cikluson át az MTA Állam- és Jogtudományi Bizottságának alelnöke volt. 2015-ben az Állam- és Jogtudományi Bizottság elnökévé választották. Három éven át, 1990 és 1993 között az MTA Tudományetikai Bizottságnak is tagja volt. 1990 és 1993 között ellátta a Tudományos Minősítő Bizottság (TMB) titkári teendőit is. 1994 és 1995 között a Magyar Akkreditációs Bizottság (MAB) tagja volt. 1995 és 1998 között a Magyar Tudományos Akadémia Doktori Tanácsának elnöki tisztét látta el.

Akadémiai tisztségei mellett tagja volt a Nemzetközi Összehasonlító Jogi Akadémiának, mely 1998-ban alelnökévé választotta. Tagja volt továbbá a Nemzetközi Kereskedelmi és Fogyasztói Akadémiának, valamint az 1988-ban alapított Európai Akadémiának (Academia Europaea). 2003-ban az UNIDROIT (*The International Institute for the Unification of Private Law*) igazgatótanácsának tagjává választották.

1975-ben vendégkutató volt a cambridge-i Clare College-ban. Számos vendégprofesszori meghívásnak tett eleget. 1988-ban vendégprofesszor a University of California, Berkeley-n, két alkalommal, 1993-ban és 1996-ban az Université de Provence Aix-Marseille I-n, 2002-ben az Université Paris 2 Panthéon-Assason, a következő évben, 2003-ban a University of Iowán és 2007-ben Louisiana State University-n. Említést érdemel, hogy számos európai és amerikai egyetemen és kutatóintézetben tartott nagy figyelemmel kísért előadást.

Harmathy Attila 1990-ben a polgári jogi kodifikációs bizottság társelnöki teendőit látta el. 1998-ban az új Polgári Törvénykönyv, a 2013. évi V. törvény kidolgozására létrehozott kodifikációs bizottság elnöke lett. Ezt a tisztséget 1999-ig viselte. Lemondása azért vált szükségessé, mert 1998 decemberében az Alkotmánybíróság tagjává választották. A testületnek 2007. április 20-ig, hetvenedik életévének betöltéséig volt tagja.

Harmathy Attila kutatási területe elsősorban a polgári jog és az összehasonlító polgári jog, ezen belül a kötelmi jog (ius obligationum) szerződésekkel kapcsolatos része volt. Az MTA Állam- és Jogtudományi Intézetben írta első szerződési joggal kapcsolatos tanulmányait. Az intézetben született meg 1974-ben megjelent első monográfiája is *Felelősség a közreműködőért* címmel.

Nemzetközileg is figyelemre méltóak és ma is aktuálisak kutatásai a szerződési jog és a szerződések elmélete területén. Elemezte a polgári és a kereskedelmi jog 1990 utáni átalakulását Magyarországon. Alkotmánybíróként foglalkozott a polgári jog és az Alkotmány viszonyával. Munkáit a magyar nyelv mellett angol és német nyelven adta közre. Több publikációja jelent meg francia és orosz nyelven is.

Az életének 86. évében, 2022. augusztus 30-án elhunyt Harmathy Attila gazdag életműve a jogtudomány és a jogászképzés iránti elkötelezettségről tanúskodik. Követendő példa a Magyar Tudományos Akadémián betöltött számos, nagy hozzáértésről és rendkívüli munkáról bizonyosságot tevő munkássága is.

Hamza Gábor

az MTA rendes tagja

Ki a tudós?

MÚZEUMOK, A TUDOMÁNY ÉS NEMZETI IDENTITÁS BÁZISAI

MUSEUMS ARE THE BASES OF SCIENCE AND NATIONAL IDENTITY

Novák László Ferenc

DSc

novaklf47@gmail.com

A tudományos élet szerteágazó, melynek virágoztatása, gyümölcsöztetése szakmailag jól felkészült, hivatásában elkötelezett kutatókra hárul. Az érdemi tudományos munka intézményi háttér nélkül szinte lehetetlen. Különösen nagy jelentőséggel bír maga a Magyar Tudományos Akadémia, az egyetemek kutató közössége, de tulajdonképpen a levéltárak és a múzeumok is rendíthetetlen oszlopát alkotják a nemzeti tudományosságnak. A levéltár a magyar nemzet évezredes történetének dokumentumtárháza. A múzeum a levéltárnál szélesebb körű tevékenységével ugyancsak rendkívül jelentős tudományos intézmény. A humán és természettudományok sokasága ötvöződik működésében, s ebből is következően, a múzeum a szakemberek sokaságával bírhat. Ezért is a múzeum jelentőségét emelem ki, hangsúlyozom.

A múzeum eredeti rendeltetése történeti múltunk írásos és tárgyi emlékeinek kutatása, gyűjtése, feldolgozása. A régész, történész, irodalomtörténész, művészettörténész, etnográfus, és más tudományos szakági muzeológus tevékenységi körébe tartozó munka.

A tudományos munka múzeumi kiadványokban, könyvekben, tanulmányokban jelenik meg a tudományosság számára, de ugyanakkor látványos részét jelentik a komplex, gyűjteményes és tematikus szakkiállítások, s nem utolsósorban a tudományos konferenciák, ahol a szakmuzeológusok – és más tudományos intézmények munkatársai – számot adhatnak végzett munkájukról, közzétehetik kutatási eredményeiket.

Egy szűkebb régió intézményei (falu-, táj-, emlékmúzeumok) valóságos kisebb Nemzeti Múzeumok, amelyek a tudományszakok csokorban tartásával őrzik és mutatják be, hirdetik a kultúra sajátosságait. Gondoljunk csupán azokra a kisebb múzeumokra, melyeknek kutató muzeológusai dokumentálják, őrzik a tárgyi valóságot, a régészettől a történettudományon, néprajzon, alkalmasint geográfián át a képzőművészetig. Nemzeti identitásunkat erősítik Debrecen, Nyíregyháza,

Miskolc, Szeged, Pécs, Szombathely, Zalaegerszeg, Győr, Székesfehérvár, Békéscsaba, Szolnok, Eger, Salgótarján-Balassagyarmat múzeumai mellett többek között a Jászság (jászberényi Jász Múzeum), Nagykunság (a karcagi Györffy István Nagykun Múzeum, túrkevei Finta Múzeum), Kiskunság (kiskunhalasi Thorma János Múzeum, kiskunfélegyházi Kiskun Múzeum) múzeumai, de fontosságát kiemelve a hódmezővásárhelyi Tornyai János Múzeum, a nagycenki Széchenyi Kastélymúzeum, a ceglédi Kossuth Múzeum, a nagykőrösi Arany János Múzeum. Ez utóbbi nemzetünk három kiváló nagysága, Széchenyi István, Kossuth Lajos és a halhatatlan költő, Arany János kultuszát őrzi és ápolja.

A vidéki múzeumi központok szervesen csatlakoznak a fővárosi országos nagymúzeumokhoz, amelyek között kiemelkedő a Magyar Nemzeti Múzeum komplex tudományos gyűjteményeivel, a Néprajzi Múzeum, a nemzetünk gerincét alkotó parasztság kultúrájának tárgyi és írásos emlékeivel, az azonos tevékenységű szentendrei Szabadtéri Néprajzi Múzeum, amely tájegységenként mutatja be hazánk népének történeti valóságát, néprajzi jellegzetességeit, a Magyar Mezőgazdasági Múzeum, amely a magyar agrárium agrártörténeti tárgyi és adatbázisa, a Petőfi Irodalmi Múzeum, az Iparművészeti és a Szépművészeti Múzeum, a Magyar Nemzeti Galéria, a Természettudományi Múzeum.

A múzeumi intézmények – bátran mondhatjuk – kivétel nélkül nemzeti történelmünk, kultúránk, identitásunk adatbázisai, amelyek gondozása, gyarapítása nem nélkülözheti a tudományos alaposságot, s ez a szakmuzeológusokra hárul. Az egyetemi diploma csupán jogosítványt biztosít arra, hogy birtokosa valóban a tudomány kiemelkedő szakemberévé váljon. A múzeumot tudományos intézményként erősíti az is, hogy a szakember a múzeum gazdag gyűjteményei által biztosított lehetőségekkel élve elméleti kutatásokat is végezzen. Mindezek által nem csupán lokális szinten, de az egyetemes tudományosság magaslataiban is maradandó munkája fémjelzi működését.

Végigtekintve a múzeumok másfél évszázados históriáján, a különböző tudományszakok képviselői között számos kiemelkedő egyéniséget találunk. Régészeket, történészeket, irodalom- és művészettörténészeket, etnográfusokat, geográfusokat, akik a nemzeti tudományunk, kultúránk megalapozói, meghatározó egyéniségei voltak, és munkásságuk ma is irányadó.

A múzeum tehát alapvetően tudományos intézmény, amelynek szellemi fundamentumát képezik a különböző tudományszakok művelői, a muzeológusok. Közülük kiemelkednek azok, akik munkásságukkal a tudományok meghatározói lehetnek és lehetnek. Ők tudósok, akik a Magyar Tudományos Akadémia és az egyetemek tudományos fokozatai (DSc, CSc, PhD) birtokában nem csupán diplomát mondhatnak magukénak, de a tudományos minősítés megalapozottságát kutatómunkájuk, szintézisalkotásuk képezi és bizonyítja. Mindezt jól dokumentálja és reprezentálja a Magyar Tudományos Művek Tára.

Könyvszemle

SIPOS JÚLIA GONDOZÁSÁBAN

NAGY PÉTER TIBOR: VALLÁSOSSÁG-TÖRTÉNET, -SZOCIOLÓGIA

Nagy Péter Tibor tizenöt tanulmányban, egy 300 oldalnyi terjedelmű könyvben gyűjtötte össze 1979 óta kitaró szorgalommal végzett, a hazai vallásossággal foglalkozó tanulmányait, melyek a magyar vallásszociológia maradandó értékeinek bizonyulnak, s ettől nem függetlenül, alapvető ismereteket és eligazítást adnak a magyar társadalom 20. századi vallási állapotairól.

A tanulmányokat a szerző hat nagyobb egységbe rendezte, ami megkönnyíti az egyébként nem könnyen olvasható, adatokkal, táblázatokkal meglehetősen zsúfolt tanulmányok követését.

Az első részben Nagy Péter Tibor mintha figyelmeztetné az olvasót, hogy a következő részekben leírtakat ne vegye készpénznek. A legelső tanulmány zavarba ejtő bőségben sorakoztatja fel az érveket, amelyek mindegyike amellett szól, hogy a vallásosság mérhetetlen, nincsenek és elvileg nem is lehetnek megbízható és érvényes adatok, melyek alapján a vallásosságról, a felekezeti hovatartozásról, a szekularizációról bizonyos kijelentéseket tehetnénk. Ugyanakkor, a szerző későbbi tanulmányaiban arról tesz tanúságot, hogy kellő kreativitással és originalitással közel lehet férközni a vallásosság rejtőző dimenzióihoz, meg lehet találni azok szociológiai meghatározóit, érvényes következtetéseket lehet levonni a mégoly bizonytalan státuszú adatok alapján is.

A második nagyobb egység első tanulmánya nagyszerű kísérlet arra, hogy a keresztény-nemzeti kurzus által minden ízében áthatott Horthy-korszak társadalmában meg lehessen találni a manifeszt ideológiai kultiváció tengerében a szekularizált, modernizált szigeteket, amelyek kiterjedését a szerző 10 és 40% közé helyezi el, nyilván nem függetlenül az alkalmazott indikátortól. Ezt a történet-szociológiai irányt érdemes volna folytatni. Az 1945-ben bekövetkezett rendszerváltás vallásosságra és az egyházakra gyakorolt hatásaival foglalkozó tanulmány szintén eredeti módon közelít a témához, gondolok a „keresztény” szó gyakoriságának idő függvényében történő bemutatására, a egyes házasságok statisztikai elemzésére, a normasértésekre vagy a visszaemlékezésekre támaszkodó kutatásra, melynek alapján az iskolai hittanulás gyakoriságára tudott következtetni a szerző. Ebben a részben bukkan fel a kötet nagy

innovációja, a kohorszalapú elemzés, amely a vizsgált vallási folyamatok időben bekövetkezett változásainak vizsgálatára ad lehetőséget.

A harmadik nagyobb egységben a rendszerváltozás utáni folyamatokról esik szó, melyek kutatása során az elemzés nem ütközik a korábbi korszakok esetében óhatatlanul jelentkező adat- és forráshiány által támasztott akadályokba. Egyértelműen kiderül, hogy Budapest és a vidéki Magyarország között szakadék van a vallásosság indikátorainak tükrében. Az is fontos adat, hogy a rendszerváltás egyházi vesztesei a nagy egyházak, a kisebb egyházak viszont megerősödtek, jóllehet, a szekularizáció ingája mind vidéken, mind Budapesten erősen kilengett az elvállaltalanodás irányába, bár mind az egyházas, mind a privát vallásosság enklávéi megmaradtak az egész országban. Izgalmas kérdés, és a választ csak a jövő történései adhatják meg, hogy a 2010 után berendezkedett, leválthatatlannak tűnő kurzus egyházak iránt megnyilvánuló barátságossága, az iskolák egy részének vissza-„egyháziasítása” elég lesz-e ahhoz, hogy a szekularizációs inga visszafele mozduljon el a vallásosság irányába.

A negyedik nagyobb egységben a szerző a vallásosság és a politika viszonyát felsejegeti, megkeresve a pártválasztások esetleges vallási motívumait. Frappáns módszertani innováció a Csurka-index, melynek révén sikerül a keresztény vallásosság és az antiszemitizmus közvetlen válaszadásban szemérmesen tagadott kapcsolatára fényt derítenie.

Az ötödik nagyobb egységben is találunk egy kiváló és termékeny kutatási ötletet, amely az „eredendő bűn” dogmájába vetett hit elfogadónak politikai-ideológiai világképét rekonstruálja, kimutatva az eredendő bűnbe vetett hit együttélését a tudatban az antiszemitizmussal, a konzervativizmussal és antimodernizmussal. Jó hír, hogy a kérdés idején a megkérdezettek többsége (53%) nem hitt az eredendő bűnben, rossz hír, hogy az eredendő bűnben hívők aránya nem sokkal marad az 50% alatt.

Egészében a könyv megkerülhetetlen olvasmány azok számára, akik a magyar társadalomban a huszadik században jelentkező vallási folyamatokkal akarnak foglalkozni. Kritikaként azonban megjegyzendő, hogy a könyvben közölt tanulmányok jelen formájukban csak a legszűkebb szakma számára befogadhatóak. Érdeemes volna a szerzőnek a tanulmányok alapján egy széles körben érthető és befogadható könyvet írnia, melyben markánsabban mutatkoznának meg a szerző gondolatai és az azok alapján kibontakozó üzenetek.¹

(Nagy Péter Tibor: Vallásosság-történet, -szociológia. Iskolakultúra könyvek 53. WJLF, 2021 DOI: 10.14232/iqkonyv.Nagy.2021, http://misc.bibl.u-szeged.hu/58207/1/iskolakultura_konyvek_053.pdf)

Csepeli György
szociológus

¹ A szöveg alapja a Wesley János Főiskola által szervezett 2021. május 29-én tartott vitanapon hangzott el.

Kitekintés

GIMES JÚLIA GONDOZÁSÁBAN

AZ ÉRINTÉS NEM TUDATOSULÓ BOLDOGSÁGA

A társas kapcsolatokban igen fontos érintés olyan központi idegrendszeri feldolgozását fedezték fel patkányokban magyar kutatók, amely nem értesíti a tudatot az állatot ért kellemes ingerekről. Azaz, érintéssel kapcsolatos pozitív érzések úgy is létrejöhetnek, hogy az érintés ténye, helye nem tudatosul.

Már korábban ismert volt, hogy a tapintással szerzett információk az érző receptorokból a talamuszon át az agykéregbe jutnak, és így kerülnek a tudatba. Az ELTE tanszékvezető professzora, Dobolyi Árpád vezetésével végzett kutatások során most azt fedezték fel, hogy az érintéssel kapcsolatos információk feldolgozásában fontos szerepet játszik egy olyan idegpálya, amely a talamuszból közvetlenül a hipotalamusz elülső részén levő preoptikus területre vezet, és nem jut el az agykéregbe. A hipotalamusz a hormonális és vegetatív működések központja, de az agy jutalmazó rendszerének is kulcsfontosságú szereplője. Rágcsálók esetében pedig az ösztönös viselkedés szabályozásának legfontosabb központja.

Ez az első azonosított, érző információt továbbító talamo-hipotalamikus idegpálya, mostanáig az agykutatók nem tudták, hogy ilyenek is léteznek. Egy ilyen pálya azt jelenti, hogy az érintés, simogatás közvetlenül a hipotalamuszon keresztül indíthat el hormonális, vegetatív, és/vagy jutalmazó folyamatokat.

A kutatók nőstény patkányok társas érintkezését vizsgálták. A talamuszban azonosítottak olyan idegsejteket, amelyek az állatok barátságos érintkezésekor aktiválódtak, és ha ezeket a sejteket kívülről ingerelték, az érintkezéssel kapcsolatos interakciók gyakoribbá váltak. Bizonyították azt is, hogy ezek a sejtek a hipotalamusz bizonyos sejtjeivel állnak kapcsolatban. A talamusz azonosított sejtjeinek gátlásakor az állatok „érintéses” társas viselkedésének visszaszorulását tapasztalták.

Dobolyi Árpád és munkatársai megállapították azt is, hogy a most felfedezett idegpálya idegingerület-átvivő anyaga a parathormon-szerű neuropeptid (PTH2). A neuropeptidet a talamusznak csak azokban az idegsejtjeiben tudták kimutatni, amelyek az állatok szociális interakciói során aktiválódtak, és ha a patkányokat egymástól elválasztották, a PTH2 mennyisége csökkent. Ugyanakkor a kutatók azt is bizonyították, hogy ez a neuropeptid serkenti a hipotalamuszban az idegpálya végpontjában lévő sejteket, és ha megakadályozzák, hogy ott receptoraihoz kötődjön, az állatok közötti fizikai kontaktus gyakorlatilag megszűnik.

Kimutatták azt is, hogy ez a talamuszból a hipotalamuszba futó idegpálya a patkány és az ember agyában hasonló anatómiai felépítést mutat, és az idegin-gerület-átvivő anyagként működő parathormon-szerű neuropeptid receptorának eloszlása is hasonló a két faj hipotalamuszában.

A kutatók szerint a Nemzeti Agykutatási Program keretében született felfedezésnek gyakorlati jelentősége is lehet. Elképzelhető, hogy olyan gyógyszerek fejlesztésével, amelyek a PTH2 receptorokon fejtik ki hatásukat, segíteni lehet majd olyan betegségek, rendellenességek esetén – például autizmus –, amelyek a fizikai kontaktus kerülésével járnak, és ezzel rontják az egyén szociális készségeit.

Keller D. – Láng T. – Cservenák M. et al.: A thalamo-preoptic pathway promotes social grooming in rodents. *Current Biology*, September 15, 2022. DOI: 10.1016/j.cub.2022.08.062

BAKTÉRIUMGYILKOS MIKROROBOTOK

A nanovilág amerikai mérnökei (University of California, San Diego) a tüdőben úszkáló, antibiotikumot szállító mikrorobotokat fejlesztettek ki. A parányi berendezés egerek tüdejében kószálva legyilkolta a halálos tüdőgyulladást okozó baktériumokat, és valamennyi kezelt állat meggyógyult. A kontrollcsoport nem kezelt tagjai a fertőzést követő három napon belül elpusztultak.

A mikrorobotok olyan algasejtekből készültek, amelyek felületén antibiotikummal töltött nanorészecskéket helyeztek el. Az algák mozgása biztosítja a mikrorobotok haladását a tüdőben, amelyek ily módon felkutatják a tüdőben lévő baktériumokat. Az antibiotikumokat tartalmazó nanorészecskék biológiailag lebomló polimergömbökből állnak, amelyeket bizonyos fehérvérsejtek sejtmembránjával vontak be. Ezek a sejtmembránok képesek arra, hogy csapdába ejtsék és semlegesítsék a baktériumok és a szervezet immunrendszere által termelt gyulladásos molekulákat. A gyulladásos folyamatok visszaszorítása segíti a kórokozó elleni hatékonyabb küzdelmet.

A kutatók a mikrorobotokat a *Pseudomonas aeruginosa* baktérium által okozott akut és potenciálisan halálos kimenetelű tüdőgyulladás kezelésére használták egerekben. A tüdőgyulladásnak ez a formája emberekben általában kórházi fertőzés következtében alakul ki az intenzív osztályokon történő gépi lélegeztetés során.

A kutatók a mikrorobotokat a légsőbe bevezetett csövön keresztül juttatták az egerek tüdejébe. Minden kezelt állat túlélte a 30. napot, míg a nem kezelt egerek három napon belül elpusztultak. A mikrorobotokkal való kezelés hatékonyabb volt, mint az intravénás antibiotikum kezelés. Ez utóbbinál ugyanis ugyanannak a hatásnak az eléréséhez háromezerszer több antibiotikumra volt szükség, mint a

robotos terápiánál. A parányi robot ugyanis a gyógyszert pontosan oda juttatja, ahová kell, és csak oda. Intravénás adagoláskor a hatóanyagot a vér természetesen mindenhová elviszi, így a beteg területen annak csak egy része hasznosul.

A kutatók szerint az eljárás biztonságos. A kezelés után a szervezet immunsejtjei a maradék nanorészecskékkel együtt hatékonyan emésztik meg az algát, és „semmi mérgező nem marad”.

Az érdekes és ötletes koncepció természetesen további bizonyításokat és kutatásokat igényel. A kutatók például egyelőre nem értik pontosan, hogy a mikro-robotok hogyan lépnek kapcsolatba az immunrendszerrel. A kezelés validálására irányuló vizsgálatok sem történtek még meg, illetve a nagyobb állatokon, majd az embereken történő tesztelés előtt méretnövelésre is szükség lesz.

Zhang, F. – Zhuang, J. – Li, Z. et al.: Nanoparticle-Modified Microrobots for in Vivo Antibiotic Delivery to Treat Acute Bacterial. Pneumonia. *Nature Materials*, 2022. DOI: 10.1038/s41563-022-01360-9

BEDŐLÜNK?

Vajon a választók bedőlnek-e a politikusoktól hallott homályos vagy egyenesen értelmetlen kijelentéseknek, „politikai marhaságoknak” (political bullshit)? Ezt vizsgálták az Amszterdami Egyetem szociálpszichológusai. Politikai marhaságnak az olyan mondatokat tekintették, mint például: „politikailag vezetni az embereket azt jelenti, hogy folyamatosan harcolni kell értük”, vagy „a jobb és erősebb Gonfelért” (fiktív ország).

A filozófusok szerint az ilyen elemeket használó meggyőző kommunikáció nincs tekintettel az igazságra, a tudásra és a bizonyítékokra. A digitális korszak egyebek között információ-túltermelést hozott. Álhírek, ellenőrizhetetlen áltudományos marhaságok árasztják el a nyilvánosságot, és az embereknek ezek közt kellene eligazodniuk.

A *Journal of Social and Political Psychology* című folyóiratban megjelent tanulmány szerint mindez a politikában is működik. Politikusok olyan dolgokat mondanak, amelyek elvontak és semmitmondók, látszólag egyszerre jelentenek mindent és semmit. Például, hogy hisznek az emberekben és a hazában, vagy hogy harcolni fognak egy jobb jövőért.

Hogy valójában mit jelentenek az ilyen jellegű kijelentések, milyen hatásuk lehet, és kik azok, akik ezekre fogékonyak és milyen mértékben – ezeket a kérdéseket taglalják a szerzők.

A „politikai marhaságokra” való érzékenység mérésére három tesztet használtak. Az egyikben tíz mondatot kellett értékelni, aszerint, mennyire találta a résztvevő meggyőzőnek. A második teszt öt szlogenből állt, amelyek egy fiktív

országban tartott választásokról szóltak, a harmadik pedig szintén ehhez a fik-tív országhoz kapcsolódó három részletes politikai programot tartalmazott, ame-lyeknek azonban nem volt semmilyen értelmes jelentésük.

A 2020 elején, összesen 534 résztvevővel, Hollandiában, Szerbiában és az Egyesült Államokban lezajlott vizsgálat eredményei szerint a politikai marha-ságokra érzékenyebb válaszadók nagyobb valószínűséggel szavaznak jobboldali jelöltekre, az Egyesült Államokban például Donald Trumpra.

Gligorić, V. – Feddes, A. – Doosje, B.: Political Bullshit Receptivity and Its Correlates: A Cross-Country Validation of the Concept. *Journal of Social and Political Psychology*, 2022. 10, 2, DOI: 10.5964/jspp.6565, <https://jspp.psychopen.eu/index.php/jspp/article/view/6565/6565.pdf>

NEM CSAK A VÁGY TUD FÚTENI?

Sok, szexuális vonzalmat alig vagy egyáltalán nem érző személy él boldog, hosz-zú távú, romantikus kapcsolatban, de eddig nem nagyon sikerült felderíteni, hogy mitől maradnak fenn, sőt virágoznak ezek a kapcsolatok.

A Michigani Állami Egyetem kutatói szerint az aszexuálisok szexuális vonzal-mának hiánya vagy a szexualitás iránt érzett ellenszenve ellenére is ezeknek a kapcsolatoknak az összetevői lényegében ugyanazok, mint bármely más kap-csolatnak. Vizsgálatukban 485, magát aszexuálisnak valló, jelenleg romantikus kapcsolatban élő ember vett részt. (A résztvevők átlagéletkora 25 év, a kapcsola-tok fennállásának átlagos ideje 4,5 év volt.) Ez az első olyan kutatás, amely asze-xuális emberek körében vizsgálta, hogy vajon mi jelzi előre az elköteleződést és a kapcsolatok hosszú élettartamát.

A kapcsolatok tartósságának becslésére régóta használják az úgynevezett be-fektetési modellt, amely szerint az emberek akkor maradnak benne egy kapcsola-tban, ha boldogok és elégedettek, ha sok időt és energiát fektettek bele, és ha úgy érzik, nincs más lehetőségük. Sok elmélet szerint a szex a romantikus kapcsolatok központi része, ezért az aszexuális kapcsolatok eleve kilátástalanok. A most pub-likált eredmények cáfolják ezt, az aszexuális egyének sem a szerelemből, sem a tartós kapcsolatokból nincsenek kizárva.

Brozowski, A. – Connor-Kuntz, H. – Lewis, S. et al.: A Test of the Investment Model among Asexual Individuals. *Frontiers in Psychology*, 16 September 2022. DOI: 10.3389/fpsyg.2022.912978

OKOSTELEFON ÉS COVID19

Kínai és amerikai szerzők a mobiltelefonok betegségek detektálásában, illetve követésében történő felhasználásáról írtak összefoglaló közleményt, elsősorban a Covid19-világjárvány során szerzett pozitív tapasztalatok alapján.

A Virginiai Egyetem kutatói által kifejlesztett mobilszenzorok mind telefonokba, mind viselhető eszközökbe építve ígéretesnek bizonyultak a világjárvány során. A cikkben összefoglalják azokat a tapasztalatokat, amelyeket a jövőbeli felhasználás és fejlesztések során érdemes figyelembe venni.

A szerzők szerint a módszer bizonyította, hogy nemcsak a fertőzés távoli érzékelésére, hanem a betegség progressziójának követésére, a kitettség nyomon követésére és a világjárványnak a lakosság egészségére gyakorolt hatása széles körű megfigyelésére is alkalmas.

Ugyanakkor felmerülhetnek adatvédelmi és etikai aggályok, melyeket a fertőző betegségek elleni hatékony küzdelem érdekében érdemes volna megnyugtató módon rendezni.

Wang, Z. – Xiong, H. – Tang, M. et al.: Mobile Sensing in the COVID-19 Era: A Review. *Health Data Science*, 2022. Article ID 9830476. DOI: 10.34133/2022/9830476, <https://spj.sciencemag.org/journals/hds/2022/9830476/>

Új angol szótárak

Az Akadémiai Kiadó örömmel adja közre a 21. századi magyar lexikográfia egyik legjelentősebb művét, Magay Tamás és munkatársai ötéves munkája eredményeként létrejött szótárpárosát.

A kötetek egyenként 60 000 szócikket és 625 000 szótári adatot tartalmaznak. Közép- és felsőfokú nyelvvizsgára készülőknek, fordítóknak, nyelvtanároknak, a nyelv magas szintű megismeréséhez ajánljuk. A szótárak nyelvi tanácsokkal járulnak hozzá a magyar anyanyelvűek minél magabiztosabb angol nyelvtudásához.

Online kiadás az Angol szótárcsomag részeként:
www.szotar.net



Nyomtatott kiadás

-15%

kedvezményrel:

www.akademiai.hu



NYOMTATOTT - ONLINE - APPLIKÁCIÓ



Szotar.net
Mindig van egy jó szavunk



AKADÉMIAI KIADÓ

B E T E K I N T É S

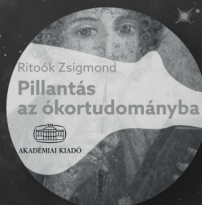
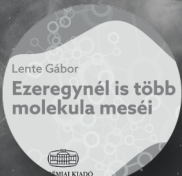
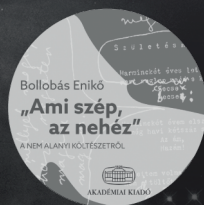
Sorozatszerkesztő: Pomázi Gyöngyi

A sorozat betekintést nyújt különböző tudományágakba, szakterületekbe röviden, tömören, élvezetesen.

Az olvasó megtudja, mivel foglalkozik az adott tudomány vagy terület, és mi a célja, „haszna”.

A szerzők a téma szakértői, akik szeretik a tárgyukat, elkötelezettek, nagy tudással rendelkeznek. A művek célja a megismertetés, a tudás átadása, olykor bizonyos tévképzetek eloszlata megbízható szakemberek kalauzolásában.

A *Betekintés* többféle szakterületet dolgoz fel abban a reményben, hogy a megismerés, a különböző területekbe való bepillantás gazdagítja a gondolkodásunkat.



Féléves előfizetési díj:
6990 Ft

Digitális kiadás: <https://mersz.hu/betekintes/>



MeRSZ.hu



AKADÉMIAI KIADÓ

www.akademiai.hu

A következő szám tartalmából

- Neurológiai kórképek – 2022
- Erőszak és társadalom a középkori Magyarországon
- Doktori iskolák zsákutcában?

2

0

2

2

Útmutató a cikkek megírásához:

www.magartudomany.hu/utmutato

A folyóiratra vonatkozó, szerzőknek szóló közlési elvek a fenti hivatkozásra kattintva találhatóak.



AKADÉMIAI KIADÓ

Tartalom

■ TEMATIKUS ÖSSZEÁLLÍTÁS:

A STEM TANÍTÁSÁNAK ÉS TANULÁSÁNAK AKTUÁLIS KÉRDÉSEI

VENDÉGSZERKESZTŐ: *Gselmann Eszter*

Gselmann Eszter: **Bevezető**

Csapó Benő: **A gondolkodás fejlesztése és a tudás alkalmazása a természettudomány diagnosztikus értékelésének tartalmi kereteiben**

Korom Erzsébet, Csíszár Imre: **A természettudományos gondolkodás és kutatás készségeinek fejlesztése kisiskoláskorban**

B. Németh Mária, Tóth Edit, Csíkós Csaba, Korom Erzsébet: **A természettudomány tanulásának motivációi a 6. és a 8. évfolyamon**

Szalay Luca: **Kutatásalapú kémia tanítás**

Tóth Zoltán, Bárány Zsolt Béla: **Primitív axiómák (p-primek) a tanulók gondolkodásában**

■ TANULMÁNYOK

Buzsáki György: **Belülről kifelé konstruált világ**

Halmi Péter: **A Covid19-krisis gazdasági hatásai és világgazdasági összefüggései – hosszabb távú kilátások**

Tóth Gergely: **A bolygó legújabb határa**

■ MEGEMLÉKEZÉS

Debreczeni Attila: **Kisfaludy Sándor 250**

Hamza Gábor: **Harmathy Attila 1937–2022**

■ KI A TUDÓS?

Novák László Ferenc: **Múzeumok, a tudomány és nemzeti identitás bázisai**

■ KÖNYVSZEMLE

SIPOS JÚLIA GONDOZÁSÁBAN

Nagy Péter Tibor: **Vallásosság-történet, -szociológia – Csepeli György**

■ KITEKINTÉS

GIMES JÚLIA GONDOZÁSÁBAN

Ára: 980 Ft



2

0

2

2