

A TUDOMÁNYBA VETETT BIZALOM ALAKULÁSA: ÉRTÉKEK ÉS DIMENZIÓK

DOI 10.35402/kek.2024.3.21

Absztrakt

A megoldandó tudományos kérdések növekvő száma és bonyolultsága új kihívások elé állítja a társadalom tudományokba vetett bizalmát, ami globálisan csökkenő tendenciát mutat. Ez a bizalomvesztés összefügg azzal, mennyire tartjuk fontosnak a tudomány episztemikus értékeit. A tudományba vetett bizalom csökkenésének hátterében három dimenziót tárgyalok jelen tanulmányomban: politika, média, és oktatás. Vizsgálom, hogy milyen szerepet játszik a politika a tudomány elfogadásában, valamint hogyan befolyásolják a média technológiai változásai és a közösségi média platformok a tudományos tartalmak megítélését. Emellett megvizsgálom, hogy a tudomány kommunikációjának célzott művelése hogyan járulhat hozzá a tudományos műveltség fejlődéséhez. Végül megfontolom a STEM-oktatás és a médiaoktatás összeolvadásának lehetőségét, mint a tudományos műveltség és a hamis hírek felismerésének egyik eszközt.

Kulcsszavak: tudományba vetett bizalom, politika, média, oktatás

Abstract

The growing number and complexity of scientific problems to be solved is challenging society's trust in science, which is on a global downward trend. This loss of trust is linked to the importance we attach to the epistemic values of science. Against this background of declining trust in science, I discuss three dimensions in this paper: politics, media, and education. I examine the role of politics in the acceptance of science, and how technological changes in the media and social media platforms affect the perception of scientific content. I also examine how the targeted practice of science communication can contribute to the development of scientific literacy. Finally, I will consider the possibility of merging STEM education and media education as a means to promote scientific literacy and fake news detection.

Keywords: trust in science, politics, media, education

Bevezetés

A tudósok és a tudomány világnak megkérdőjelezése, a tudomány kritikája és a bizalom hiánya régóta jelen van a társadalomban. Franz Gall már az 1800-as években az emberi koponya méretének nagyságából prediktált adatokat az egyénre, megalkotva ezzel a frenológiát mint új tudományágat. Ezen „tudományág” létezése több racionális alapvetést hagy figyelmen kívül. Szakszavakkal és elméletekkel gazdagon átszótt, mégis összességében áltudomány, ugyanis hiányzik belőle a megismerés alapvetése, a tudományos törvények ok-okozati viszonyának feltárása és hibás korrelációkat mutat be (Simpson, 2005).

A fenti példa is mutatja, hogy milyen könnyű tévútra térni a tudományos és áltudományos tartalmak között. Ez a jelenség a XXI. század során tovább erősödött. A tudomány kilépett az akadémia elzárt közegéből, amit Mode2 tudománynak¹ nevezünk. Ennek során a tudományos eredmények létrehozása egy időben történik a felhasználásával, ami hozzájárul ahhoz, hogy az eddigi tudásátadás folyamata a nyilvánosság felé is új

¹ „A tudás előállításának konfigurációjaként az 1. és a 2. módozat a következőképpen különböztethető meg. Az 1. módozatban a problémák felvetése és megoldása olyan kontextusban történik, amelyet meghatározott tudományos közösségek érdekei irányítanak. Ezzel szemben a 2. módozatban a tudás előállítása az alkalmazás kontextusában történik. Az alkalmazási kontextus nem tekinthető alkalmazott tudománynak, mivel ebben a kontextusban még nincs alkalmazható tudomány. Az 1. módozat diszciplináris, míg a 2. módozat transzdiszciplináris. Az utóbbi számos forrásból meríti az ismereteket, és azokat olyan keretekbe integrálja, amelyek segítenek azonosítani és megfogalmazni a legfontosabb kutatási kérdéseket, amelyekkel foglalkozni kell. Szigorúan véve nem multidiszciplináris és nem is interdiszciplináris, mivel a 2. módozatba kerülő tudáselemek a tudományágakon túli forrásokból merítenek”. Forrás: Gibbons, M. (2013). Mode 1, Mode 2, and Innovation. In: Carayannis, E.G. (eds) Encyclopedia of Creativity, Invention, Innovation and Entrepreneurship. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3858-8_451 Letöltve:2024.04.13.

szabályrendszereket, pozíciókat és kapcsolatokat hozzon létre (Aczél 2022.; Gibbons 2013.). Ezen kívül a média által szolgáltatott, stabilnak hitt kapuőri szerep is átalakult. Infodém környezetünkben egyszerre jellemző a tudománykommunikátorok hiánya a médiában, a tudományos tartalmak politikai propaganda célokra történő felhasználása, valamint az információs verseny és a tudósokra kényszerített publikációs nyomás (Tangcharoensathien et al. 2020; Herman– Chomsky 2010; Gu– Feng 2022). Ebben a felgyorsult életben soha nem volt még ilyen könnyű információhoz jutni és továbbadni azt.

A világban párhuzamosan zajló krízisek és a fent említett tényezők hozzájárulnak a tudomány-szkeptikusok konteóinak és álhíreinek terjedéséhez, mivel olyan lelkiállapotba sodorják a befogadót, ahol az még fogékonyabbá válik az áltudományos tartalmakra. Ez a folyamat módszeresen ássa alá a tudományba vetett bizalmat. Továbbá, erodálja a kutatói szakma presztízsét és csökkenti a tudomány értékét a társadalomban. Ez manipulatív nyelvi eszközökkel történik, amik könnyű, gyors megoldást kínálnak. Így használják ki a nem felkészült végfogyasztókat (Árvay 2003.; Veszelszki 2021.; Jakusné 2005.).

A tudomány és a társadalom között egy olyan érzékeny viszony alakult ki, melyet a racionalitás és a szubjektív állítások folyamatos hatása alakít (Krekó-Fayuna 2022). Az egyén mentális egészsége általánosan befolyásolja, hogy milyen mértékben képes figyelni a körülötte lévő történésekre, és mennyi energiája van egy álhír-gyanús tartalom ellenőrzésére. A szubjektív tényezőkre erősen hatnak a világ gyors és kiszámíthatatlan változásai. A szociodemográfiai tényezők, a társadalmi támogatottság és a környezeti feltételek is befolyásolják a pszichológiai tüneteket különböző populációkban, hangsúlyozva a tágabb kontextuális tényezők figyelembevételének fontosságát (Ko et al., 2021). Emellett a pszichológiai erősségek és a megküzdési mechanizmusok is befolyásolhatják a mentális egészség kimenetelét, különösen a társadalmi-gazdasági kihívásokkal szembesülő veszélyeztetett populációkban (Harrison et al., 2019).

Ebben a szakirodalmi áttekintésben célom, hogy bemutassam a tudományba, illetve a tudósokba vetett bizalmat alakító dimenziókat. Ennek érdekében konceptualizáltam a tudományba vetett bizalmat mint episztemikus és nem episztemikus értéket a társadalomban. Ezen túlmenően ezt az értéket olyan szakirodalmak elemzésével igyekszem

bemutatni, amelyek külön-külön tárgyalták ezeket a lehetőségeket, és amiket én a kutatás során igyekeztem dimenziókba rendezni, hogy komplex képet adjak a témát érintően. A tanulmány végén lehetséges alternatívákat mutatok be arra vonatkozóan, hogy milyen lehetőségek állnak rendelkezésünkre a tudományba vetett bizalom megszilárdítására, hogy az újra visszanyerje korábbi értékét.

Tudományos eredményekbe vetett bizalom

A tudományba és a kutatókba vetett bizalmat érdemes kettéválasztani. Benson munkájában megfogalmazza az interperszonális bizalmat. Ez a kapcsolat evolúciósan a gyorsabb döntések meghozatalát szolgálja, és azt feltételezi, hogy „A személy” pozitív elvárásokkal viszonyul „B személy” eredményeihez, mondandójához. Ez a bizalmi kapcsolat a szerzők, valamint Oosterhof és Todorov munkája alapján alapvető tényezője a társas kapcsolatoknak. Benson meghatározza az interperszonális bizalom mellett az intézményi bizalmat is és kitér arra, hogy az intézményi bizalom hasonló az interperszonális bizalomhoz, mivel itt is pozitív elvárások vannak az intézménnyel való kapcsolat kimenetelével kapcsolatban. Sok tekintetben a két típus hasonlóságokat is mutat, főként a pszichológiai tényezők tekintetében (Kramer és Tyler, 1996). Az intézmények és az egyének közötti különbségek abból adódnak, hogy az intézmények több taggal rendelkeznek, és az emberek gyakran nem kerülnek közvetlen kapcsolatba velük. Míg az interperszonális bizalom egy partnerrel való személyes interakciókból származik, az intézményi bizalom az intézmény politikájának és struktúrájának megfigyeléséből eredhet (Murphy és Reeves, 2019). Ezek a megfigyelések hasonló módon adhatnak információt, mint az interperszonális bizalom esetében: a kiszámíthatóság pozitív elvárásokat tükrözhet az interakciókkal és szervezeti cselekvésekkel kapcsolatban (például, hogy tisztességes folyamatokat követnek-e).

Ezek alapján érdemes arról is értekezni, hogy az a bizonyos információ, amit megkap „A személy” „B személytől vagy intézménytől”, az milyen típusú adatokból áll össze. Az emberek tudományos eredményekre való támaszkodása életük során az adatokba vetett bizalomtól függhet (Hmielowski et al., 2014; Spiegelhalter, 2017). Ha a bizalom a tudásra vonatkozik, azt episztemikus bizalomnak nevezzük (Irzik és Kurtulmus, 2019; McCraw, 2015; Rolin, 2020). Ez azt jelenti, hogy „A személy” elhiszi vagy elfogadja a „B személy vagy intézmény” által

tett tudományos, pontos állításokat (Hendriks és Kienhues, 2019; Miller és Freiman, 2020).

Bár az „igazság utáni korszak” (post truth) agyályokat vet fel a tudományba vetett bizalom csökkenése miatt (Barzilai és Chinn, 2020; Price és Peterson, 2015), nemzetközi szinten a tudomány és a tudósok iránti tisztelet továbbra is magas (Funk et al., 2020; Sturgis et al., 2021), az Egyesült Államokban pedig az elmúlt 60 évben stabil maradt (Krause et al., 2019). A bizalom azonban egyénenként és témák szerint változó (Evans és Hargittai, 2020). Például a vakcinák és a GMO-k nagyobb szkepticizmust váltanak ki (Funk et al., 2020). Egy közelmúltbeli nagyszabású nemzetközi felmérés (több mint 119 000 válaszadó 113 országból) kimutatta, hogy a tudományba vetett bizalom nagyobb volt a COVID-19 világjárvány korai szakaszában, mint két évvel korábban (Wellcome Global Monitor és Gallup, 2020). Néhányan azonban úgy vélik, hogy ez a kapcsolat inkább a szándékok jelentőségét tükrözi, mint a tényleges viselkedést, és nagyobb változékonyságot mutathat különböző populációk és országok között, mint ahogy azt ezek a tanulmányok sugallják (Sulik et al., 2021).

A tudományos világ jellemzése az értékek mentén

A tudományos világ leírására az értékek mentén kétféle megkülönböztetést alkalmazhatunk Aczél (2022) nyomán:

„Az episztemikus érték a tudomány belső elvárásait ragadja meg. Arra vonatkozik, hogy a tudás, amit létrehozunk, legyen pontos, következetes, átfogó, egyszerű és termékeny. ... Ugyanakkor szükségszerűen megjelennek a tudományban a nem episztemikus értékek is, mint amilyen a tudós világnézete, elkötelezettsége, az uralkodó kulturális és morális normák, a gazdasági és politikai rendszerek, pénzügyi érdekeltség. A tudomány ugyanis nem légtüres térben jön létre, hanem az egyén és a közösség metszetében.”

Ahhoz, hogy értékelhessük a tudományba vetett bizalom mértékét az elmúlt évtizedek során, fontos ismertetni az aktorok mozgatórugóit. Először is, fontos megvizsgálni, hogy mi motiválja a kutatókat. A legalapvetőbb érték egy kutató számára a kíváncsiság. Ez irányulhat a mélyebb tudományos megismerésre vagy egy hatékonyabb, gazdaságosabb megoldás megtalálására egyaránt. Előbbi kutatási irányultság az alapkutatás (tudás bővítése) míg utóbbi az alkalmazott kutatás (gyakorlati problémák megoldása). Míg az alapkutatást döntően az

episztemikus értékek vezérlik, addig az alkalmazott kutatás mögött gyakrabban figyelhetünk meg többet az idézett nem episztemikus értékekből.

A laikus gazdasági és politikai szereplők számára ritkán fontosak az episztemikus értékek. Türelmetlenül várják az új eredményeket egy információval telített világban, ahol az ehhez való hozzáférés sosem volt még ilyen könnyű. Ezt csak tovább fokozza, hogy a tudósokat a tudomány gyors fejlődése, valamint az új politikai és gazdasági érdekek megjelenése folyamatos publikációs kényszer alá helyezi. Emiatt gyakran elmarad a tudományos tartalmak laikusok számára történő értelmezése. Ez gyakorlatilag ellehetetleníti a tudomány episztemikus értékeinek átadását.

Ahhoz, hogy képszerűvé tegyem, pontosan milyen tartalommal néz szembe a befogadó, egy korábbi munkámban megalkottam a tudományos ismeretátadás spektrum modelljét (Kobl 2023). A modell lényege egy tengely, melynek egyik végén a tudományos precizitás, a másik végén a szórakoztatás áll. Ez gyakorlatilag egybevág az Aczél által is taglalt episztemikus-nem episztemikus ellentétpárral. Ezen a tengelyen úgy kell elhelyezni a tudományos ismeretátadás fajtáit, hogy figyelembe vesszük azok céljait, illetve szereplőit a folyamat során. A tengely precizitását jelző részéhez tudjuk illeszteni a tudományos kommunikációt, mely az én értelmezésemben tudós-tudós között zajló írott vagy egyéb multimédiás tartalom. Ennek célja a magas minőségű szakmai tudományos ismeret átadása (pl: egy Nature cikk). A tengely közepén a tudomány-kommunikáció áll. Ebben egyszerre jelenik meg a tudományos precizitás és a szórakoztatás, így tud eljutni a tudás a laikus befogadóhoz. A tudomány-kommunikációra jó példa lehet a nagy népszerűségnek örvendő új streaming platformokon megjelenő dokumentumfilmek sokasága. A gyors vágás, igényes grafikai elemek, mindenkit érintő, friss témák és a könnyű hozzáférhetőség mellett a szakmailag lektorált tudományos tartalmak is könnyen elérnek a tömegekhez, főként, ha a streaming szolgáltatók marketing munkáját is figyelembe vesszük. A szakmai precizitással szemben a szórakoztatás áll a tengelyen. Példaként említhetjük a National Geographic Kids magazint vagy egy állatkerti „Tudtad-e, hogy nincs két egyforma mintájú zebra” táblát. Fontos megjegyezni, hogy e fogalmak használatában jelenleg nincs szakmai megegyezés, és gyakran egymás szinonimájaként használják őket. Véleményem szerint azonban az ezen a spektrumon történő felosztás segíthet mind a tudományos értékek, mind

a kommunikációs szándék szerint eligazodni a tudományos ismeretátadás számos módja között. Ez pedig segít abban, hogy az aktorok a céljaiknak megfelelően válasszák ki a megfelelő csatornát üzenetük terjesztéséhez.

Fontos leszögezni, hogy a tudományos ismeretátadás kulcsfontosságú abból a szempontból, hogy a tudományba vetett bizalom újra teljes legyen és kiálljon olyan kríziseket, mint a COVID – 19 világvárvány vagy a klímaváltozás. A tudományos ismeretek a médián keresztül eljutnak a felhasználóhoz, ám az kérdéses, hogy ő hogyan interpretálja a látottakat, hallottakat. Miként dönti el, hogy az adott tudományos tartalomban bízhat-e? Ezen kérdések megválaszolásához fontos ismerni a tudományra és a társadalomra egyaránt ható, bizalmat befolyásoló folyamatokat. Jelen munkában én ezt a médiafogyasztás, politikai-gazdasági és oktatási dimenziók mentén fogom ismertetni.

A tudományba vetett bizalmat alakító dimenziók

Médiafogyasztási dimenzió

A média döntő szerepet játszik a közvélemény és a konkrét tudományos kérdésekkel kapcsolatos attitűdök alakításában azáltal, hogy rávilágít a tudományos problémákra (Ribnikar et al., 2017). Ennek a dimenzióknak az alakulása merőben megváltozott a technológia átalakulásának köszönhetően (Gálík-Bartók 2006). Nagy tömegek először a filléres sajtó révén juthattak olcsón az információhoz, majd a televízió megjelenésével még szélesebb rétegekhez jutottak el a tartalmak. Végül az internet korában pedig teljesen lebomlottak a fizikai korlátok. Ezek a változások tették a médiát a negyedik hatalmi ággá (Balázs, 2018).

Mivel számos eltérő, gyakran felületes információ és aspektus jut el könnyen a befogadóhoz, ez oda vezet, hogy a befogadó azt érzi, hogy sosem lesz képes a teljes képet megérteni és a tudomány aktuális állását követni. Roosenbeeck és munkatársai 5 országot érintő vizsgálata arra is rámutat, hogy bizonyos tényezők jelentősen befolyásolják az emberek érzékenységét a tudományos tartalmakkal kapcsolatban. A COVID-19 vírussal kapcsolatos vizsgálatában azt találták, hogy ha valaki a vírussal kapcsolatos információknak van kitéve a közösségi médiában, annak nagyobb fogékonysága a dezinformációkkal, hiszen ott több álhírral találkozhat. Roosenbeeck és társai a kutatás során

ezt úgy magyarázták, hogy a közösségi médián keresztül félretájékoztató társadalmi konszenzus révén felerősödhet. A tanulmányban kitértek arra is a szerzők, hogy több áltudományos téma igaznak titulálása között összefüggés van. Így a kutatásból kirajzolódik, hogy azok, akik a COVID-19 járvánnyal kapcsolatban létrejövő álhírekre fogékonyak, hasonlóképp fogékonyak két, ehhez kapcsolódó összeesküvés-elméletre is: 1. A vírust egy vuhani laboratóriumban biológiailag módosították, 2. Az 5G tornyok szerepet játszottak a COVID-19 járványban.

Elveszett a klasszikus kapuőr, avagy a közösségi média térnyerése

A klasszikus média, a közösségi oldalak és blogok megjelenése előtt a nyilvánosság felé egy nagyon szigorúan felülről ellenőrzött rendszerként működött, mintegy kapuőri funkciót ellátva (Szente, 2001, Karlsson et al. 2021). Utóbbiak megjelenésével az ellenőrzöttség felbomlott, ez pedig elősegíti a dezinformáció terjedését és a tudományszkeptikusok térnyerését (Höttecke – Allchin, 2020). Ezzel ellentétben azonban több kutatás is rámutat arra, hogy a közösségi média platformokon ma már megtalálhatók a kapuőrök, akik aktívan moderálják a tartalmat, mind egyéni felhasználók (például adminok), mind algoritmusok formájában (Napoli, 2015, West, 2017). Ugyanakkor ez nem tűnik elegendőnek, hiszen egy jól betanított algoritmus sem érhet fel egy tudományos újságíró vagy szerkesztő tapasztalatával és az áltudományos álhírek továbbra is velünk vannak.

A média közösségivé válásával azonban az online platformok egyre inkább létfontosságú eszközzé váltak a tudományos információk nyilvánossággal való megosztásában (Brownson et al., 2018). A tudósok és kiadók által felismert lehetséges előnyök ellenére (például a tudományos eredmények azonnali megosztása) azonban, mivel a tudománymetria a social médiában megosztott tartalmakat nem értékeli, nem ez az első számú platform a kutatási eredmények megosztására. Azonban az, hogy a tudományos információkhoz a közösségi médiában is hozzáférünk, nagy lehetőséget rejt magában, mivel egyre többen használják az internetet arra, hogy a tudományos fejleményekről tájékozódjanak (Brossard, 2013). Ezt támasztja alá az a kutatás, melyet Collins és társai 407 kutató bevonásával készítettek, ahol azt kérdezték, hogy milyen social média platformot használnak leggyakrabban

kutatásuk megosztására az érintettek. Az eredmények azt mutatják, hogy a top 3 leggyakrabban használt ilyen felület (X - régen Twitter, Facebook és a LinkedIn) megelőzi az olyan bevett tudományos felületeket, mint a Research Gate és Mendeley.

Az internetre épült hálózati társadalmunkban a „megosztás gomb” révén különösebb felülvizsgálat nélkül könnyen elérhetünk rengeteg felhasználót a saját ideológiánkba és hitünkbe illő témákkal. Ez a megosztási folyamat nem a tudományos jólérsétséget díjazza, hanem azt, ami inkább hozzájárul a felhasználó társadalmi tőkéhez (Höttecke és Allchin, 2020). Hogy ezt a folyamatot jobban megértsük, az online kommunikáció és a pszichológia tárgykörébe tartozó visszhangkamra elméletet² veszem alapul.

Megszilárdult visszhangkamrák

A közösségi médiában lévő visszhangkamrákról ismert, hogy megerősítik a hasonló gondolkodású egyének hiedelmeit, és korlátozzák a különféle (a visszhangkamrával ellentétes) nézőpontoknak való kitettséget (Cinelli et al., 2021). Amikor az egyének főleg azokkal lépnek kapcsolatba, akiknek hasonló véleménye van, visszhangkamrák alakulhatnak ki, ami a meglévő hiedelmek megerősödéséhez vezet (Baumann et al., 2020). Ez a „megkövültség” azért veszélyes, mert ellentétes nézeteknek való kitettség nélkül nem lehet racionális vita a nyilvános szférában (Habermas, 1987, 1989). Ez a jelenség az eltérő vélemények kizárását, a szélsőséges nézetek felerősödését és a polarizáció fokozódását eredményezheti (Barbera, 2020). Brian Uzzi tanulmánya bemutatja, hogy a Facebook- és a YouTube-felhasználók

² A visszhangkamrák olyan jelenségek, amelyek a felhasználók saját szempontjai alapján történő hírszűrés lehetőségét jelentik. Ez a gyakorlat már közel két évtizede létezik, és az az aggodalom merült fel, hogy ezáltal az online hírfogyasztók becsukják magukat saját világukba. Ebben a „hír- és információs visszhangkamrában”, „szűrőbuborékban” vagy „hírbuborékban” élve könnyen lehet, hogy csak azokkal a hírekkel és információkkal találkoznak, amelyek megerősítik meglévő véleményüket, és elkerülnek az ellentétes nézeteket vagy információkat. Ez a folyamat hozzájárulhat a polarizációhoz és az információs szegénységhez, valamint csökkentheti a felhasználók képességét a társadalmi párbeszédhez és a különböző nézőpontok megértéséhez. Forrás: Gálík Mihály (2019) A hálózati hírmédia sajátosságai, különös tekintettel a visszhangkamra és a szűrőbuborék-jelenségre, In *Medias Res* 2019/2 r 8, 330–342, <https://real.mtak.hu/108287/1/imr-2019-02-08-jav-1.pdf> Letöltve: 2024.04.13.

94, illetve 88%-a polarizációt mutatott, ami azt jelenti, hogy online olvasmányaik és interakcióik legalább 95%-át egy adott narratíva köré koncentrálták, amely egy adott vitatott témához, például az éghajlatváltozáshoz kapcsolódik. A tanulmány azt is megállapította, hogy kezdetben az érvelés mindkét oldaláról érkező tartalomra nyitott csoport túlnyomó többsége végül csak egyfajta információ fogyasztására tér át, ezáltal polarizálódik az egyik narratíva felé (Uzzi, 2017). Ennek eredményeként a közvélemény konfliktusban lévő csoportokra szakadhat. Ezen képződmények megjelenését a közösségi médiahasználattal, a politikai irányultsággal és a hagyományos médiába vetett bizalom csökkenésével hozták összefüggésbe (Chan et al., 2022). A visszhangkamrák hatása kiterjed a tudományba vetett bizalom erodálására is, különösen olyan közegészségügyi vészhelyzetek idején, mint a COVID-19 világvjárvány (Wang et al., 2022).

Az eddig felvázolt érvelés elterjedtsége ellenére vannak olyan kutatások, amik épp az ellenkező álláspontot képviselik. Ezek szerint, ha valaki klasszikus hírportálokon tájékozdik, az sokkal inkább egyetlen narratívával találkozik, mintha ezt a social média egyik felületén tenné, hiszen a kommentek, egyéb hírforrások és megosztások több véleménybe engednek bepillantást. (Chan et al., 2022). Összességében a visszhangkamrák jelenléte az online térben kihívások elé állítja a pontos információk terjesztését és a változatos perspektívákat. Ezen képződmények dinamikájának és következményeinek a megértésével erőfeszítéseket lehet tenni hatásuk ellensúlyozására és egy nyitottabb és tájékozottabb online környezet előmozdítására.

Tudománykommunikáció, az arany középpút

Ahogy már korábban említettem, a tudománykommunikáció egy olyan tudományos ismeretátadási módszer, ami ötvözi a szakmaiságot a szórakoztató elemekkel. Célja, hogy a közvéleményt szervezett folyamatokon keresztül vonja be a tudományos ismeretekbe, például információk terjesztésével, attitűdök megváltoztatásával vagy szórakoztatással (Jünger és Fähnrich, 2019). A tudománykommunikáció segít a természettudományos műveltség növelésében (Wu et al., 2019) és támogatja a tudományos ismeretek, folyamatok, bizonyítékok értelmezését és a tudomány társadalmi elismerését (Ke et al., 2021). Különféle stratégiák – humor, közösségi célok, kulturálisan releváns narratívák

– alkalmazásával növelhető a tudományos műveltség és megértés (Baram-Tsabari & Osborne, 2015, Brown et al., 2005, Yeo et al., 2020, Allen et al., 2015).

A műveltség növelése és a tömegek tájékoztatása a tudományos kutatásokról befolyásolja a közvéleményt, és hatással lehet az új tudományos eredményekre érkező figyelem sebességére, kiterjedtségére és sokszínűségére (Villwock & Johns, 2018). A tudományos problémákról szóló média narratívákból azonban gyakran hiányzik az információ arról, hogy a tudományos közösség milyen aktív intézkedéseket hozott e kérdések kezelésére (Ophir és Jamieson, 2021). A tudományos folyóiratok és a tömegmédia interakciója elengedhetetlen a tudományos viták felépítésében, hangsúlyozva, hogy a média tudománykommunikációban betöltött szerepe nem vizsgálható elszigetelten (Brossard, 2008).

A közösségi média platformjai egyre fontosabb szerepet játszanak a tudományos kérdések tudatosításában és a tudományos témák hozzáférhetőbbé tételében (Mueller-Herbst et al., 2020; Collins et al., 2016, McClain, 2017). Tehát, a tudományos problémák média általi megjelenítését számos tényező befolyásolja, beleértve a tudományos folyóiratok és a tömegmédia interakcióját, a közösségi média hatásait és a tudományos bizonytalanság ábrázolását.

Az olyan platformok, mint az X (régén Twitter), új utakat biztosítottak a tudományos információk terjesztéséhez (Büchi, 2016). Ez abban mutatkozik meg, hogy az X egy olyan platformnak tekinthető, ahol - szemben a hagyományos médiával - láthatóvá válik mind a közvélemény, mind a tudósok tudományról alkotott ismerete. Ugyanakkor Gerhards és Schäfer (2010 143. o) azt hangsúlyozza, hogy az előbb említett párbeszéd és "ismeret bemutatás" nem különbözik annyira az X-en és az offline médiában folyó olvasói-szerzői vitától. A közösségi média használatát értékes eszközként ismerték el a tudósok és a nagyközönség összekapcsolására, valamint a kutatási eredmények terjesztésének javítására. B. Joanne Power esettanulmánya szerint, aki több konferenciát tweetelt saját maga is végig (a Twitter folyó élő szöveges közvetítés a tweetelés), ami párbeszédre készítette az ott jelenlévő, vagy épp távolmaradó kutatókat, akik így mégis kivehették a saját részüket bizonyos módon a tudományos diskurzusból (Power, 2022). Egy másik kutatás arról értekezett, hogy egy orvosi konferencián meghatározott hashtag alapján nyomon követhető volt, hogy az online térben zajló konferencia témájához

illő kommunikáció még az esemény végeztével is tovább folyt (Callister et al 2019.). A közösségi média előnyei ellenére a tudomány terjesztése továbbra is különböző kihívásokkal szembesül. Ilyen például a motiváció. A kutatási eredmények terjesztése gyakran azon múlik, hogy a felhasználók aktívan keresik-e az információkat, ami hátráltathatja a hatékony terjesztést (Allen et al., 2013). Továbbá, míg a közösségi média felerősítheti a tudományos felfedezések hatókörét és hatását, a nem hatékony terjesztési gyakorlatok korlátozhatják a kutatási eredmények terjesztését (Allen et al., 2018).

Összességében a tudomány terjesztésének környezetét jelentősen befolyásolta a közösségi média és az online sajtó megjelenése. A tudósok és kiadók egyre gyakrabban használják ezeket a platformokat a tudományos információk nyilvánossággal történő megosztására, bár továbbra is fennállnak olyan kihívások, mint a kutatók körében tapasztalható alacsony elfogadási arány és a felhasználók aktív bevonásának szükségessége a hatékony terjesztés érdekében.

Politikai – gazdasági dimenzió

Meglátásom szerint a tudomány és a politika alafölrendelt hierarchikus viszonyban áll egymással. Egyrészt a politikusok a változó helyzethez való sikeres adaptációhoz rászorulnak a legfrissebb tudományos eredményekre, új eszközökre és fejlesztésekre. A történelmi időkben számos tudós, filozófus állt az uralkodó szolgálatában. Így a kutatók és a tudományos akadémiák hivatottak arra, hogy különböző témákban a nemzet tanácsadói legyenek. Ezt váltotta fel a modern időkben a szakpolitikus, tanácsadó, „*think tank*” szerepe. Így egy olyan jellegetű kapcsolatról beszélhetünk, melyben a politikai stratégiai döntései és hatalomszerzése a szakpolitikán keresztül függ a tudománytól (Weiland et al, 2013). Ezen felül a kutatók a politikán keresztül tudják megvalósítani munkájukat és elérni, hogy eredményeik valós társadalmi, gazdasági haszonhoz vezessenek. Ezeket túl meg kell említenem, hogy a tudomány finanszírozása még szorosabbá teszi annak viszonyát a politikával. Régen a gazdag mecénások, uralkodók fizették a kutatókat, melynek értelmében részükről a tudományos produktum látnas birtoklása volt. Ha ezt a mai korra átfordítjuk, magán- és állami tudományfinanszírozó szervezetek teszik ugyanezt, pályázatok révén. Ez előtérbe hozza a tudomány nem episztemikus értékeit. A gazdasági, politikai érdekek ilyen módon történő előtérbe

jutása korlátozza a tudomány függetlenségének eszméjét. Az imént említett jelenség óhatatlanul rontja a tudományba vetett bizalmat, hiszen befolyásolni fogja az, hogy a politikus mennyi teret enged a kutatóknak, illetve, hogy a politikus saját és választói hiedelmeivel mennyire csorbítja a tudományos tartalmakat.

Ennek szemléltetésére érdemes megvizsgálni Emily Pechar és munkatársai a genetikailag módosított szervezetekből (GMO) származó élelmiszerek elfogadottságával kapcsolatos munkáját. Az Amerikai Tudományos Fejlődési Szövetség (AAAS) tudósainak 88%-a egyetért abban, hogy a GMO-k fogyasztása biztonságos (Funk & Rainie, 2015). A National Academies of Science, Engineering, and Medicine (2016) vizsgálata sem talált bizonyítékot arra, hogy a GMO-élelmiszerek fogyasztása kevésbé biztonságos lenne, mint a nem GMO-ételek. Ezzel szemben a közvélemény jelentősen eltér ettől: az amerikaiak és az európaiak csaknem kétharmada úgy véli, hogy a GMO-k fogyasztása nem biztonságos (European Commission, 2010b; Funk & Rainie, 2015).

Ez a szakadék a közvélemény és a tudományos vélemény között komoly következményekkel jár a tudományos alapú politikai döntéshozatalra. Gyakran olyan javaslatokat fogadnak el és hajtanak végre, amelyek a közvéleményt tükrözik, de ellentmondanak a tudományos bizonyítékoknak (Bernauer, 2003; Freedman, 2013). Annak ellenére, hogy a tudósok szinte egyhangúan biztonságosnak tartják a GMO-k fogyasztását, az Egyesült Államokban a fogyasztói csoportok nyomása olyan jogszabályokhoz vezetett, amelyek előírják a genetikailag módosított összetevőket tartalmazó élelmiszerek címkézését (Bittman, 2016).

A politikusok igénybe vehetik a posztgazság jelenségét a saját narratívájuk megerősítésére és ellenfeleik lejáratására. Az online platformok és a mesterséges intelligencia (MI) technológia terjedése tovább növeli a posztgazságok politikai felhasználásának lehetőségeit, mivel ezek segítségével könnyen terjeszthetők és erősíthetők a hamis információk (Lewandowsky et al., 2017). A posztgazságok gyakran megjelennek a politikusok kommunikációjában. Ezek célja a népszerűségük növelése és politikai ellenfeleik lejáratása. Ez komoly kihívást jelent a demokratikus társadalmak számára, mivel ezek a gyakorlatok alááshatják az információhoz való jogot és a társadalmi párbeszédet. Az etikus kommunikáció és az információs források hitelességének megőrzése kiemelten fontos a posztgazságok

terjedésének és politikai manipulációnak megállításában. (Fischer, 2022)

A politika jelentős szerepet játszik a tudományokkal szembeni bizalmatlanság kialakításában, különösen a konzervatívok körében. Rutjens et al., 2017 eredményei szerint a konzervatív politikai nézeteket vallók hajlamosabbak bizonyos tudományos kérdésekkel szemben szkeptikus álláspontot képviselni a liberális társaikhoz képest (pl.: éghajlatváltozás, GMO-k, oltások). Továbbá a liberális nézeteket vallók mondják a legnagyobb, a konzervatívok pedig a legkisebb valószínűséggel, hogy megbíznák a tudósokban. Például a liberálisok 87 százaléka, a mérsékelték 74 százaléka és a konzervatívok 56 százaléka mondja azt, hogy megbízik a tudósokban az oltóanyagokkal kapcsolatos információk tekintetében (Hamilton et al., 2015, Rutjens et al., 2017). Ugyan számos tanulmány bemutatta, hogy a konzervatív nézeteket vallók hajlamosabbak nem bízni a tudományban, mint a liberálisok, ez utóbbiak körében is megfigyelhető ez a jelenség különböző témákban, például az oltásokkal kapcsolatban (Hamilton et al., 2015).

Felmerül a kérdés, hogy hazánkban is megfigyelhetőek-e ezek a különbségek. „Az oltások veszélyesek, egészségkárosítóak.” – Ez az állítás egyéb retorikai elemekkel felruházva megjelent a Mi Hazánk Mozgalom narratívájában, amivel aláasta a tudomány episztemikus értékeit. Ahogy Farkas Eszter et al. (2022) tanulmányukban rámutatnak, a Fidesz politikai programjának kulcselemévé vált az oltás propagálása, mindazonáltal a tudományos tartalmak melletti egyértelmű tiszta véleményét nem fejtette ki, nem állt a kutatók mellé. Ezen felül kommunikációjuk implicit tartalmaként megjelent az a narratíva, hogy az oltások működése összefügg a gazdaság működésével és a személyes jóléttel.

A szerzők a tanulmányban arra jutottak, hogy ha valaki konzervatív, nagyobb eséllyel vallhat szkeptikus álláspontokat, például az oltásellenesség témakörében. A felmérés ugyanakkor rávilágított arra is, hogy nincs különbség kormánypárti és az ellenzéki szavazók válaszaiban abban a tekintetben, hogy a tudomány mennyire hatékony a vakcinafejlesztésben. Ez arra enged következtetni a szerzők szerint, hogy a kormány oltásra sarkalló médiakampánya sikerrel járt (Farkas Eszter et al. 2022).

Mindezekkel szemben elmondható az is, hogy a politikai ideológiák hatása a tudományba vetett bizalomra túlmutat az egyszerű bal-jobb felosztáson (Pechar et al., 2018). A kutatók bemutatták, hogy a kormánnyal és a vállalatokkal szembeni attitűd erős

prediktora a tudományba vetett bizalomnak, míg a politikai nézet inkonzisztens mutató ennek vizsgálatára. A tudósokkal kapcsolatos politikai sztereotípiák közvetlenül befolyásolják a tudósokba vetett bizalom szintjét, ami a politika és a tudományos intézményekbe vetett bizalom összetett kölcsönhatására utal (Altenmüller et al., 2022).

Altenmüller és társai kutatása a tudományba vetett politikailag polarizált bizalom sztereotípiákon alapuló magyarázatát vizsgálta. A kutatás célja annak feltárása volt, hogyan befolyásolják az emberek politikai sztereotípiái a tudósokba vetett bizalmukat. A kutatók feltételezték, hogy az emberek politikai sztereotípiákat társítanak a tudósokkal és különböző tudományágakkal. Az egyének politikai irányultsága és a tudósokról alkotott sztereotípiák kölcsönhatása magyarázhatja a politikailag polarizált bizalmat. Például, a konzervatív egyének kevésbé bíznak a liberálisnak tartott tudósokban, míg a liberális egyének jobban bíznak bennük, mint a konzervatív tudósokban. A kutatás során több online vizsgálatot folytattak Németországban és az Egyesült Államokban, valamint egy elméleti vizsgálatot végeztek, nagyszabású Twitter-adatok alapján. Az első vizsgálat célja az okozati összefüggés megállapítása volt. Az amerikai résztvevőket az Amazon MTurk-on toborozták, és két csoportba osztották: „liberális kutatóintézet” és „konzervatív kutatóintézet”. A minta méretének növelésére szekvenciális tesztelést alkalmaztak. A vizsgálatot 184 résztvevővel végezték. A résztvevők elolvasták a liberális vagy konzervatív kutatóintézet leírását, majd kitöltötték kérdőíveket. Az eredmények azt mutatták, hogy a tudósok észlelt politikai irányultsága jelentősen befolyásolta a résztvevők bizalmát. A konzervatív résztvevők minimálisan bíztak a liberálisnak tartott tudósokban, míg a liberális résztvevők kevésbé bíztak a konzervatív tudósokban. Az észlelt tudományos eredmények értékelése is hasonló mintázatot mutatott. Ez alátámasztotta azt a feltételezést, hogy az egyének politikai irányultsága és a tudósokról alkotott sztereotípiák közötti kölcsönhatás befolyásolja a tudósokba vetett bizalmat. Altenmüller és társai kutatása rávilágított arra, hogy a tudósok politikai irányultságáról alkotott sztereotípiák jelentős szerepet játszanak a tudományba vetett politikailag polarizált bizalom kialakulásában. Eredményeik alapján a politikai sztereotípiák befolyásolják, hogy az egyének mennyire bíznak a tudósokban és az általuk közölt tudományos eredményekben.

Összefoglalva, a politika sokrétű szerepet játszik a tudomány iránti bizalmatlanság fokozásában,

mivel a politikai ideológiák, a kormányzathoz és a vállalatokhoz való hozzáállás, valamint a politikai sztereotípiák mind befolyásolják az egyén tudományos információkba és szakértőkbe vetett bizalmát. A tudomány és a politika közötti viszony hatásának megértése a tudományba vetett bizalomra alapvető fontosságú. Véleményem szerint a legszembetűnőbb bizalomromboló tényező, ha a két fél nem ismeri el egymás szerepét és sajátjának tulajdonítja a közös sikereket. Ha ezen a kapcsolaton változtatunk, képesek lehetünk megszilárdítani a tudományba vetett bizalmat a politikai-gazdasági dimenzióon keresztül.

Oktatási dimenzió

Az előzőekben bemutatott dimenziók javarészt a közlés mikéntjére vonatkoznak. Az oktatás dimenzió taglalása során igyekszem a befogadó általi interpretálás szempontjából is rávilágítani a tudományos ismeretátadásra, illetve arra, hogy ez miként járul hozzá a tudományba vetett bizalom kialakulásához.

A hálózattársadalom, a nyilvánosság kiszélesedése és a social média platformokon megjelenő, sokszor kontrollálatlan tartalmak feldolgozása kihívás elé állítja a laikusokat. Problémát jelent az álhírek és a valós tudományos tartalmak közötti navigálás. Az oktatásban az álhírek kiszűrésének rutinképességének kialakításához átfogó megközelítésre van szükség. A médiaműveltségre nevelés kulcsfontosságú abban, hogy az egyének olyan ismeretekkel és készségekkel ruházzák fel az embereket, hogy kritikusan értelmezzék az álhíreket, és képesek legyenek ellenállni a félretájékoztató káros befolyásának (Jones-Jang et al., 2019). Az áltudományok befolyása elleni hatékony küzdelemhez elengedhetetlen a STEM- és a médiaoktatás, a kritikai gondolkodási készségek és a tudományos műveltség kombinációja. A tudományos műveltség jelentős szerepet játszik a tudomány és az áltudomány megkülönböztetésében (Biçer és Yalman, 2021). Ezekből az összefüggésekből három terület rajzolódik ki: a megfelelő oktatás, a megfelelő kritikus gondolkodás és a tudományos műveltség.

A tömeges természettudományos oktatás kezdete csak közel 100 évre nyúlik vissza (Zempléni 2022.) és nehezen birkózik meg a tudomány több ezer éves felhalmozott tudásával. Ez a szerző szerint további problémákat vet fel „az oktatásban átadott tudományképpel” kapcsolatban. Zempléni szerint érdemes azzal foglalkozni, hogy mennyi tudományt

tanítunk, mennyi ismeretet adjunk át a tudományról, illetve, hogy milyen világképre neveljük a társadalom tagjait.

Tudományos tartalmak átadásának mennyisége helyett a készségekre kell hangsúlyt fektetni

Az ismeretátadás mennyiségi kérdése esetében érdemes arra gondolunk, hogy hogyan jutottunk el az internet bevezetésétől odáig, hogy virtuális valóságot tudunk (VR) behozni a nappalinkba egy konzol és egy megfelelő szemüveg segítségével. Ezt a változást Zempléni szerint a *content knowledge*, tehát a tantervek tudományos tartalma nem követi le, még ha a társadalomnak égető szüksége lenne is rá. Ehhez a tankönyvekben megjelenő fáziskésés is hozzájárul. Egyszerűen a tudományos tartalmak frissítéséhez minden évben új tankönyv nyomtatására lenne szükség. Tehát beláthatjuk, hogy ez a tartalomvezérelt struktúra nem teszi lehetővé, hogy a diákokat hatékonyan vértessük fel a megfelelő és időtálló tudással és az abba vetett bizalommal.

A technológia fejlődésével azonban szélesebb eszköztár nyílik ennek a problémának a megoldására. A mesterséges intelligencia nyújtotta eszközöket különféle területeken széles körben használják például az álhírek észlelésére (pl.: politika, sport, üzlet), bemutatva a technológia integrálásának lehetőségét az álhírek azonosítására szolgáló oktatási stratégiákba (Al-Asadi és Tasdemir 2021). Ezen kívül a digitális készségek terén szerzett szakértelem pozitívan befolyásolja az ellenőrzési magatartást és az álhírek azonosítását, hangsúlyozva a digitális írástudás oktatási tantervekbe való beépítésének fontosságát (Barakat et al., 2021). A szakértelem és a digitális készségek pozitívan befolyásolják az álhírek felismerésének képességét, hangsúlyozva a digitális írástudás fejlesztésének szükségességét az oktatási környezetben (Barakat et al., 2021). Barakat és munkatársai a felmérést Libanonban végezték, egy olyan országban, ahol az utóbbi időben megnövekedett az álhírek előfordulása és terjesztése (Tarawnah, 2020). A listába véletlen mintavételezéssel alumni diákokat választottak ki. Az összes 211 kitöltőből a minta valamivel több, mint felét (55%) nők, 45%-át pedig férfiak alkották. Összességében több összefüggés mellett azt találták, hogy a szakértelem növeli mind az ellenőrzési magatartást, mind az álhírek azonosítását (β 5 0,723, $p < 0,001$; β 5 0,490, $p < 0,001$), így a H3b és H3c hipotézisek érvényesek, melyek a következők voltak:

“H3b. A közösségi médiát használó szakértelem növeli (digitális platformok ismerete) az ellenőrzési magatartást. H3c. A közösségi médiát használó szakértelem növeli az álhírek azonosítását.”

Ezen a ponton ki kell emelnem, hogy a médiaórák feladata nem elsősorban a MI applikációk megértése, sokkal inkább a közösségi média működésének és tudatos felhasználásának rendezett keretekben történő átadása lenne, különös tekintettel az álhír detektálásokra ezeken a platformokon, ahol természetesen teret kaphatnak az imént említett applikációk.

A STEM oktatásnak a tudomány természetét kellene oktatni

Ezen túl természetesen nem szabad megfeledkezni a STEM területek oktatásának innovációjáról sem. Höttecke szerzőtársaival így fogalmaz: „*Fontos, hogy az új hangsúly ne a tudományos vizsgáldási készségek fejlesztésére irányuljon (a tudomány professzionális végzéséhez), hanem a tudósok és mások által megfogalmazott tudományos állítások elemzésére és értékeléséhez szükséges megértés kialakítására.*” Ez arra enged következtetni, hogy az oktatásnak a tudomány természetét (*Nature of Science*, NOS) kellene oktatnia (Erduran et al., 2014, Höttecke et al. 2020). Ez alatt értjük azt, hogy hogyan épülnek fel a tudományos elméletek, milyen módszertanok léteznek, vagy épp azt, hogy hogyan kell tudományos szakmai standardok szerint közzétenni egy új tudományos hírt.

Tehát ez azt jelenti, hogy az eddig a tudomány belső folyamatára irányuló tudásátadást ki kellene szélesíteni a fentebb említett politikai, gazdasági, médiabeli, etikai és szociológiai dimenziókkal. Az oktatás ilyen fejlesztése hozzájárulhat a tanulók kritikai gondolkodási készségeinek és tudományos műveltségének javításához, elősegítve a megfelelő „kérdzeni tudást” és a bizonyítékokon alapuló érvelés kultúráját (Twiningsih & Elisanti, 2021). Így elkerülhető, hogy könnyen bedőljenek az álhíreknek és megtudják őrizni a tudományba vetett bizalmat.

Tudományos műveltséggel a tudományba vetett bizalomért

Ezek után vizsgáljuk meg, hogyan mérhető a tudományos műveltség. A tudományos műveltség méréséhez megalkották a *Benchmark of Science Literacy* rendszerét. Ez egy olyan rendszer, ami egészen első osztályos kortól a középiskola végéig megszabja azt,

hogy pontosan milyen utat kell bejárnia tanulóknak a tudományos gondolkodás alapjainak elsajátításához. Itt ne arra gondoljunk, hogy ez a szabályrendszer előírja, hogy mikor és pontosan milyen fizikai tételt tanuljon a diák. Sokkal inkább példákon át szemlélteti ezt a folyamatot, esetleg így: *„Még hasonló eredmények esetén is előfordulhat, hogy a tudósok megvárják, amíg a vizsgálatot többször megismétlik, mielőtt elfogadják az eredményeket helyesnek.”* A fentiekkel összefüggésben más munkák is bemutatták, hogy a tudományos műveltség negatívan korrelál az áltudományok támogatásával, hangsúlyozva a tudományos ismeretek bővítésének fontosságát a hamis hiedelmek elleni küzdelemben (Fasce et al., 2020).

Mindent egybevetve, egy olyan sokoldalú megközelítés, amely magában foglalja a STEM- és a médiaoktatást, a kritikai gondolkodási készségeket és a tudományos műveltséget, elengedhetetlen ahhoz, hogy a fiatalok ne dőljenek be az áltudományoknak. Azáltal, hogy az egyéneket felvértezzük az információk kritikus értékeléséhez szükséges ismeretekkel és készségekkel, tájékozottabb és igényesebb társadalmat építhetünk fel, amely nem veszíti el a bizalmat a tudomány értékei iránt.

Záró következtetések

A tudományos problémák növekvő száma és bonyolultsága új kihívások elé állítja a közvéleményt és bizalmi kérdéseket vet fel bennük a tudomány helytállóságát illetően.

Elég ehhez az Ipsos Bizalmi indexét megvizsgálni, ahol látható, hogy globálisan csökkenő tendenciát mutat a kutatókba vetett bizalom. Ez a magyarországi adatokon azt jelenti, hogy a magyarok 30% nem, vagy inkább nem bízik a tudósokban. Ez az álláspont a COVID-19 járvány közben csökkent, de longitudinálisan nézve 2018-tól csak nőtt.

A *„Miért higgyünk a tudományban?”* című kötetben Naomi Oreskes és Stephen Macedo több alapvető értéket azonosítanak, amelyek miatt a kutatók kiérdemelhetik és megerősíthetik a társadalom bizalmát. Az őszinteség normája szerint a tudósközösségeknek nyílnak, átláthatóknak és tisztességesnek kell lenniük a saját értékeikkel és kutatásaik finanszírozásával kapcsolatban. Az alázat elve azt sugallja, hogy a tudósoknak merészen fel kell ismerniük a saját tudásuk korlátait, és nyíltan vállalniuk kell, ha bizonyos helyzetekben nem rendelkeznek minden szükséges információval. A visszhangkamrák jelenléte a tudományos közösségben megnehezítheti a hibák vagy pontatlanságok kezelését. Ezek

a visszhangkamrák, melyek a meglévő hiedelmek megerősítésére és az eltérő nézetek kizárására épülnek, gátolhatják a nyílt párbeszédet és az ellentétes nézőpontok kritikai vizsgálatát (Cota et al., 2019). A tudósoknak tudatosan figyelniük kell a visszhangkamrák tudományos diskurzusra gyakorolt hatására, és aktívan keresniük kell a különböző nézőpontokat annak érdekében, hogy a kutatási eredményeket átfogóan és kiegyensúlyozottan értékelhessék (Erickson et al., 2023). Ez azonban gyakran ellentmondásban áll a nyilvánosság elvárásaival, mely szerint a kutatóknak tökéletes és mindenben biztos véleményt kell megfogalmazniuk, holott ez nem egyeztethető össze a tudomány folyamatosan öntisztító természetével.

Összefoglalva, a tudományba vetett bizalom szorosan összefügg azzal, hogy mennyire tartjuk fontosnak a tudomány episztemikus értékeit. Tanulmányomban felhívom a figyelmet arra, hogy a tudomány és a kutatókba vetett bizalom évek óta csökken. Ahhoz, hogy ezt a tendenciát visszafordítsuk, a tárgyalt háttérdimenziók (politikai-gazdasági, média és oktatási) megértése és különválasztása mindenképp szükséges. Fontos, hogy dimenziókként értékeljük és elemezzük a felmerülő problémákat. A politika esetében a kutatók és a politikus viszonyát. A média tekintetében fontos, hogy a meggyengült kapuőr szerepet tudományos szakújságírók munkájával erősítsük meg, akik új, populáris platformok használatával tudománykommunikációs tartalmakat juttatnak el a laikus közöshöz. Ennek értelmezésében – és későbbiekben gyártásában is – tudna segíteni a fiatal generáció, ha addigra a tudományos műveltség fejlesztésére vonatkozó tantervek teret nyernének. Ennek egyik legjobb módja, ha az oktatás fókuszában nem csak a tudományos törvények, hanem magának a tudomány működésének ismertetése is helyet kapna. E mellett, a médiaoktatást érdemes lenne összefűzni az egyéb STEM területek tudományos tartalmaival, hogy a fiatalok már idejekorán elkezdhessék megtanulni és értelmezni a tudományos tartalmakat és kiszűrni az áltudományos produktumokat.

A globális környezetünkben uralkodó konfliktusok érzelmileg kiszolgáltatottabbá tehetnek minket és emiatt az információfogyasztásunkat tekintve felületessé válhatunk. Ezért fontos, hogy minél előbb változtassunk a fent említett dimenziók tudományba vetett bizalmat csökkentő hatásán. Így képesek lehetünk visszaállítani a tudományba vetett bizalmat, ami a jövő kihívásaival való megküzdésünknek kulcsa.

Felhasznált irodalom

- Aczél Petra (2022) A tudománykommunikáció apológiája - három nézőpontból in Krekó Péter- Fayuna Nóra (szerk.) *Sarlatánok kora* pp 272-283. Atheneum. ISBN: 9789635431489
- Al-Asadi, M. - Tasdemir, S. (2021). Using artificial intelligence against the phenomenon of fake news: a systematic literature review in Lahby, M., Pathan, AS.K., Maleh, Y., Yafouz, W.M.S. (eds) *Combating Fake News with Computational Intelligence Techniques. Studies in Computational Intelligence*, vol 1001. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-90087-8_2
- Allen, C., Andersen, B., Chambers, D., Groshek, J., & Roberts, M. (2018). Twitter use at the 2016 conference on the science of dissemination and implementation in health: analyzing #discience16. *Implementation Science*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/s13012-018-0723-z>
- Allen, H., Stanton, T., Pietro, F., & Moseley, G. (2013). Social media release increases dissemination of original articles in the clinical pain sciences. *Plos One*, 8(7), e68914. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0068914>
- Allen, J., Muragishi, G., Smith, J., Thoman, D., & Brown, E. (2015). To grab and to hold: cultivating communal goals to overcome cultural and structural barriers in first-generation college students' science interest. *Translational Issues in Psychological Science*, 1(4), 331-341. <https://doi.org/10.1037/tps0000046>
- Altenmüller, M., Wingen, T., & Schulte, A. (2022). Explaining polarized trust in scientists: a political stereotype-approach. *OSF Preprints* <https://doi.org/10.31219/osf.io/tdukb>
- Anatolij Gruzd, Deena Abul-Fottouh, Melodie YunJu Song, Alyssa Saiphoo (2023) From Facebook to YouTube: potential exposure of COVID-19 vaccine videos on social media, *Social Media + Society*, 9, 1, (205630512211504), <https://doi.org/10.1177/20563051221150403>
- Aruta, J. J. B. R., Callueng, C., Antazo, B., & Ballada, C. J. A. (2021). The mediating role of psychological distress on the link between socio-ecological factors and quality of life of filipino adults during covid-19 crisis. *Journal of Community Psychology*, 50(2), 712-726. <https://doi.org/10.1002/jcop.22668>
- Árva Anett 2003. A manipuláció és a meggyőzés pragmatikája a magyar reklámszövegekben. *Általános Nyelvészeti Tanulmányok* 20: 11-35.7.
- Balázs, G. (2018). A hagyományos média vége, és ennek következményei. *ME. DOK Média-Történet-Kommunikáció*, 13(3), 5-14.
- Barakat, K., Dabbous, A., & Tarhini, A. (2021). An empirical approach to understanding users' fake news identification on social media. *Online Information Review*, 45(6), 1080-1096. <https://doi.org/10.1108/oir-08-2020-0333>
- Barbera P. (2020). Social media, echo chambers and political polarisation. In Persily N., Tucker J. (szerk.), *Social media and democracy: The state of the field* (34-55. o.). Cambridge, Egyesült Királyság: Cambridge University Press.
- Baram-Tsabari, A. and Osborne, J. (2015). Bridging science education and science communication research. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(2), 135-144. <https://doi.org/10.1002/tea.21202>
- Bauer, M. W., Allum, N., & Miller, S. (2007). What can we learn from 25 years of pus survey research? liberating and expanding the agenda. *Public Understanding of Science*, 16(1), 79-95. <https://doi.org/10.1177/0963662506071287>
- Baumann, F., Lorenz-Spreen, P., Sokolov, I., & Starnini, M. (2020). Modeling echo chambers and polarization dynamics in social networks. *Physical Review Letters*, 124(4). <https://doi.org/10.1103/physrevlett.124.048301>
- Benson-Greenwald, TM, Trujillo, A., White, AD és Diekman, AB (2023). Science for others or for me? The supposed motives of science shape public trust in science. *Bulletin of Personality and Social Psychology*, 49 (3), 344-360. <https://doi.org/10.1177/01461672211064456>
- Bernauer T. (2003). *Genes, trade, and regulation*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Biçer, A. and Yalman, F. (2021). Öğrencilerinin bilim sözde-bilim ayrımına ilişkin görüşlerinin geliştirilmesi. *Turkish Journal of Education*, 10(3), 211-236. <https://doi.org/10.19128/turje.907117>

- Bittman M. (2016, September 2). G.M.O. labeling law could stir a revolution. The New York Times. Retrieved from <http://www.nytimes.com/2016/09/02/opinion/gmo-labeling-law-could-stir-a-revolution.html>
- Brossard, D. (2008). Media, scientific journals and science communication: examining the construction of scientific controversies. *Public Understanding of Science*, 18(3), 258-274. <https://doi.org/10.1177/0963662507084398>
- Brossard, D. (2013). New media landscapes and the science information consumer. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(supplement_3), 14096-14101. <https://doi.org/10.1073/pnas.1212744110>
- Brown, B., Reveles, J., & Kelly, G. (2005). Scientific literacy and discursive identity: a theoretical framework for understanding science learning. *Science Education*, 89(5), 779-802. <https://doi.org/10.1002/sce.20069>
- Brownson, R., Eyler, A., Harris, J., Moore, J., & Tabak, R. (2018). Getting the word out: new approaches for disseminating public health science. *Journal of Public Health Management and Practice*, 24(2), 102-111. <https://doi.org/10.1097/phh.0000000000000673>
- Büchi, M. (2016). Microblogging as an extension of science reporting. *Public Understanding of Science*, 26(8), 953-968. <https://doi.org/10.1177/0963662516657794>
- Burns, T., O'Connor, D., & Stöcklmayer, S. (2003). Science communication: a contemporary definition. *Public Understanding of Science*, 12(2), 183-202. <https://doi.org/10.1177/09636625030122004>
- Callister MN, Robbins MS, Callister NR, Vargas BB. Tweeting the Headache Meetings: Cross-Sectional Analysis of Twitter Activity Surrounding American Headache Society Conferences. *Headache*. 2019 Apr;59(4):518-531. doi: 10.1111/head.13500. Epub 2019 Mar 20. PMID: 30891749.
- Chan, C., Zhao, M., & Lee, P. (2022). Determinants of escape from echo chambers: the predictive power of political orientation, social media use, and demographics. *Global Media and China*, 8(2), 155-173. <https://doi.org/10.1177/20594364221140820>
- Cinelli, M., Morales, G., Galeazzi, A., Quattrociocchi, W., & Starnini, M. (2021). The echo chamber effect on social media. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(9). <https://doi.org/10.1073/pnas.2023301118>
- Collins, K., Shiffman, D., & Rock, J. (2016). How are scientists using social media in the workplace?. *Plos One*, 11(10), e0162680. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162680>
- Cota, W., Ferreira, SC, Pastor-Satorras, R. et al. Quantifying echo chamber effects in information spreading over political communication networks. *EPJ Data Sci*, 8, 35 (2019). <https://doi.org/10.1140/epjds/s13688-019-0213-9>
- Dyer, K. and Hall, R. (2018). Effect of critical thinking education on epistemically unwarranted beliefs in college students. *Research in Higher Education*, 60(3), 293-314. <https://doi.org/10.1007/s11162-018-9513-3>
- European Commission. (2017). GMO legislation. Retrieved from https://ec.europa.eu/food/plant/gmo/legislation_en
- Erduran S. Dagher Z. R, (2016) Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education: Why Does it Matter? March 2016 *Science & Education* 25(1) DOI:10.1007/s11191-015-9800-8
- Wioleta Kucharska, G. Scott Erickson, (2023) Tacit knowledge acquisition & sharing, and its influence on innovations: A Polish/US cross-country study, *International Journal of Information Management*, Volume 71, 2023, 102647, ISSN 0268-4012, <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2023.102647>.
- Farkas E., Böcskei, B., Szabó, A., (2022) Egy az ország, ha vakcina, kettő, ha tudomány: Tudomány- és vakcinaszkepticizmus az ideológiák és a pártos polarizáció tükrében Magyarországon. *Socio.Hu Társadalomtudományi Szemle*, 12(2), 24-40. <https://doi.org/10.18030/socio.hu.2022.2.24>
- Falk, J., Storksdieck, M., & Dierking, L. (2007). Investigating public science interest and understanding: evidence for the importance of free-choice learning. *Public Understanding of Science*, 16(4), 455-469. <https://doi.org/10.1177/0963662506064240>

- Fasce, A., Adrián-Ventura, J., & Avendaño, D. (2020). Do as the romans do: on the authoritarian roots of pseudoscience. *Public Understanding of Science*, 29(6), 597-613. <https://doi.org/10.1177/0963662520935078>
- Fischer, F. (2022). Post-truth populism and scientific expertise: climate and covid policies from trump to biden. *International Review of Public Policy*, 4(1), 115-122. <https://doi.org/10.4000/irpp.2390>
- Funk C., Rainie L. (2015). Public and scientists' views on science and society. Washington, DC: Pew Research Center. Retrieved from <http://www.pewinternet.org/2015/01/29/public-and-scientists-views-on-science-and-society/>
- Freedman D. H. (2013, September). The truth about genetically modified food. Retrieved from <http://www.scientificamerican.com/article/the-truth-about-genetically-modified-food/>
- Gálik Mihály, Bartók István (2006). *Vállalkozás a magyar médiában* Budapesti Corvinus Egyetem Gazdálkodástudományi Kar DOI: 10.14267/VEZTUD.2006.01.03
- Gauchat, G. (2012). Politicization of science in the public sphere. *American Sociological Review*, 77(2), 167-187. <https://doi.org/10.1177/0003122412438225>
- Geiß, S., Magin, M., Jürgens, P., & Stark, B. (2021). Loopholes in the echo chambers: how the echo chamber metaphor oversimplifies the effects of information gateways on opinion expression. *Digital Journalism*, 9(5), 660-686. <https://doi.org/10.1080/21670811.2021.1873811>
- Gerhards J, Schäfer MS (2010) Is the internet a better public sphere? Comparing old and new media in the USA and Germany. *New Media & Society* 12: 143–160.
- Gibbons, M. (2013). 1. mode, 2. mode and innovation. In: Carayannis, EG (eds) *Encyclopedia of Creativity, Invention, Innovation and Entrepreneurship*. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3858-8_451
- Gu, C., Feng, Y. (2022) The impact of public engagement with science on scientific information literacy during the COVID-19 pandemic. *Sci & Educ* 31 , 619–633 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00261-8>
- Guenther, L. and Ruhrmann, G. (2016). Scientific evidence and mass media: investigating the journalistic intention to represent scientific uncertainty. *Public Understanding of Science*, 25(8), 927-943. <https://doi.org/10.1177/0963662515625479>
- Habermas J. (1987). *A kommunikativ cselekvés elmélete: Életvilág és rendszer: A funkcionista értelem kritikája*. Boston, MA: Beacon.
- Habermas J. (1989). *A nyilvános szféra szerkezeti átalakulása: Vizsgálat a polgári társadalom egy kategóriájában*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Hamilton, L., Hartter, J., & Saito, K. (2015). Trust in scientists on climate change and vaccines. *Sage Open*, 5(3), 215824401560275. <https://doi.org/10.1177/2158244015602752>
- Hamilton, Lawrence C., Conservative and Liberal Views of Science, Does Trust Depend on Topic? (2015). *Carsey School of Public Policy a Scholars' Repository*, 252. <https://scholars.unh.edu/carsey/252>
- Höttecke D , Allchin D. (2020) Rethinking science education in the age of social media . *Science&Education*. 2020 ; 104 : 641-666 . <https://doi.org/10.1002/sce.21575>
- Höttecke D , Allchin D. (2020) Reconceptualizing Nature-of-Science Education in the Age of Social Media. *Science&Education*. v104 n4 p641-666 Jul 2020 DOI:10.1002/sce.21575
- Hmielowski, JD, Feldman, L., Myers, TA, Leiserowitz, A. és Maibach, E. (2013). An attack on science? Media use, trust in scientists and perceptions of global warming. *Public Understanding of Science*, 23(7), 866–883. doi:10.1177/0963662513480091
- Ipsos Global Trustworthiness Index, 2022, <https://www.ipsos.com/en/global-trustworthiness-index-2022>
- Jakusné Harnos Éva (2005). A kereskedelmi és a politikai propaganda nyelvi eszközei. *Magyar Nyelvőr* 129: 419–436.
- Jones-Jang, S., Mortensen, T., & Liu, J. (2019). Does media literacy help identification of fake news? information literacy helps, but other literacies don't. *American Behavioral Scientist*, 65(2), 371-388. <https://doi.org/10.1177/0002764219869406>
- Jünger, J. and Fähnrich, B. (2019). Does really no one care? analyzing the public engagement of communication scientists on twitter. *New Media & Society*, 22(3), 387-408. <https://doi.org/10.1177/1461444819863413>

- Karlsson, M., Couvering, E. V., & Lindell, J. (2022). Publishing, sharing, and spreading online news: a case study of gatekeeping logics in the platform era. *Nordicom Review*, 43(2), 190-213. <https://doi.org/10.2478/nor-2022-0012>
- Ke, L., Sadler, T., Zangori, L., & Friedrichsen, P. (2021). Developing and using multiple models to promote scientific literacy in the context of socio-scientific issues. *Science & Education*, 30(3), 589-607. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00206-1>
- Kobl Gabriella Adrienn (2023) Netflix és az HBO dokumentumfilmjei átformálják-e a fiatalok szerint laposföldhívőket?: a Netflix és az HBO dokumentumfilmjei, mint új tudománykommunikációs eszközök hatásának vizsgálata fiatalok körében. In: *Tanulmányok a társadalomról VI. : A Szegedi Tudományegyetem JGYPK Alkalmazott Társadalomtudományok Tanszék, ETSZK Szociális Munka és Szociálpolitika Tanszék, BTK Szociológia Tanszék és ÁJTK Politológiai Tanszék tudományos diákköri munkái*, (6). pp. 119-142. (2023)
- Küçükaydın, M., Esen, S., & Geçer, S. (2023). Did we trust in science during the covid-19 pandemic? modeling the relationship between trust, awareness, and conspiracy theories. *Applied Cognitive Psychology*, 37(6), 1266-1276. <https://doi.org/10.1002/acp.4120>
- Lalot, F., Heering, M., Rullo, M., Travaglino, G., & Abrams, D. (2020). The dangers of distrustful complacency: low concern and low political trust combine to undermine compliance with governmental restrictions in the emerging covid-19 pandemic. *Group Processes & Intergroup Relations*, 25(1), 106-121. <https://doi.org/10.1177/1368430220967986>
- Levitskaya, Anastasia (2015). There are no sources in the current. The potential of an alliance of media literacy education and media criticism in russia. *European Journal of Contemporary Education*, 14(4). <https://doi.org/10.13187/ejced.2015.14.22>
- Lewandowsky, S., Ecker, U. K. H., & Cook, J. (2017). Beyond misinformation: understanding and coping with the “post-truth” era. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 6(4), 353-369. <https://doi.org/10.1016/j.jarmac.2017.07.008>
- McClain, C. (2017). Practices and promises of facebook for science outreach: becoming a “nerd of trust”. *Plos Biology*, 15(6), e2002020. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.2002020>
- Mueller-Herbst, J., Xenos, M., Scheufele, D., & Brossard, D. (2020). Saw it on facebook: the role of social media in facilitating science issue awareness. *Social Media + Society*, 6(2), 205630512093041. <https://doi.org/10.1177/2056305120930412>
- Mullen, Andrew - Klaehn Jeffery (2010) The Herman–Chomsky Propaganda Model: A Critical Approach to Analysing Mass Media Behaviour, *Sociological Compass*, 4(4), 2010 215-229. <https://doi.org/10.1111/j.1751-9020.2010.00275.x>
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2016). *Genetically engineered crops: Experiences and prospects*. Washington, DC: National Academies Press.
- Napoli, PM (2015). Social media and the public interest: managing news platforms in the realm of individual and algorithmic gatekeepers. *Telecommunications Policy*, 39(9), 751-760. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2014.12.003>
- Ophir, Y. and Jamieson, K. (2021). The effects of media narratives about failures and discoveries in science on beliefs about and support for science. *Public Understanding of Science*, 30(8), 1008-1023. <https://doi.org/10.1177/09636625211012630>
- Pechar, E., Bernauer, T., & Mayer, F. (2018). Beyond political ideology: the impact of attitudes towards government and corporations on trust in science. *Science Communication*, 40(3), 291-313. <https://doi.org/10.1177/1075547018763970>
- Péter, Szente. (2001.)”*Médiapolitikai Vázlat.*” Médiakutató:1-20 <https://www.proquest.com/scholarly-journals/médiapolitikai-vázlat/docview/2074353348/se-2>.
- Peters, H. and Dunwoody, S. (2016). Scientific uncertainty in media content: introduction to this special issue. *Public Understanding of Science*, 25(8), 893-908. <https://doi.org/10.1177/0963662516670765>
- Potnis, D. and Tahamtan, I. (2021). Hashtags for gatekeeping of information on social media. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 72(10), 1234-1246. <https://doi.org/10.1002/asi.24467>

- Power, B. (2022). How to use twitter at a scientific conference. *Mosphere*, 7(3). <https://doi.org/10.1128/msphere.00121-22>
- Priniski, J. and Holyoak, K. (2022). A darkening spring: how preexisting distrust shaped covid-19 skepticism. *Plos One*, 17(1), e0263191. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263191>
- Ribnikar, D., Goldvaser, H., Ocaña, A., Templeton, A., Seruga, B., & Amir, E. (2017). Reporting of randomized trials in common cancers in the lay media. *Oncology*, 94(2), 65-71. <https://doi.org/10.1159/000484630>
- Rutjens, B., Sutton, R., & Lee, R. (2017). Not all skepticism is equal: exploring the ideological antecedents of science acceptance and rejection. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 44(3), 384-405. <https://doi.org/10.1177/0146167217741314>
- Simpson, D. (2005). Frenology and the nervous sciences: The hospitality of fj gall and jg spurzheim. *ANZ Journal of Surgery*, 75: 475-482. <https://doi.org/10.1111/j.1445-2197.2005.03426.x>
- Tangcharoensathien V, Calleja N, Nguyen T, Purnat T, D'Agostino M, Garcia-Saiso S, Landry M, Rashidian A, Hamilton C, AbdAllah A, Ghiga I, Hill A, Hougendobler D, van Andel J, Nunn M, Brooks I, Sacco P, De Domenico M, Mai P, Gruzd A, Alaphilippe A, Briand S. (2020) Framework for Managing the COVID-19 Infodemic: Methods and Results of an Online, Crowdsourced WHO Technical Consultation *J Med Internet Res*;22(6):e19659 URL: <https://www.jmir.org/2020/6/e19659> DOI: 10.2196/19659”
- Twiningsih, A. and Elisanti, E. (2021). Development of steam media to improve critical thinking skills and science literacy. *International Journal of Emerging Issues in Early Childhood Education*, 3(1), 25-34. <https://doi.org/10.31098/ijeiece.v3i1.520>
- Uzzi B. (2017). *Why echo chambers are getting louder and more polarising?* Evanston, IL: Kellogg School of Management. Letöltve: <https://journal.thriveglobal.com/why-echo-chambers-are-becoming-louder-and-more-polarizing-44aba2a231e7>
- Veszelszki Ágnes (2021). Fertőző összeesküvés-elméletek. A koronavírus körüli konteóok mint mémek. *Magyar Nyelvőr* 145. 16-31.
- Villwock, J. and Johns, M. (2018). Professional and patient engagement, visual abstracts, and applications to otolaryngology—social media’s siren call. *Jama Otolaryngology–head & Neck Surgery*, 144(10), 865. <https://doi.org/10.1001/jamaoto.2018.1667>
- Wang, D., Zhou, Y., & Ma, F. (2022). Opinion leaders and structural hole spanners influencing echo chambers in discussions about covid-19 vaccines on social media in china: network analysis. *Journal of Medical Internet Research*, 24(11), e40701. <https://doi.org/10.2196/40701>
- Weiland, S., Weiss, V., & Turnpenny, J. (2013). Science in policy making. *Nature and Culture*, 8(1), 1-7. <https://doi.org/10.3167/nc.2013.080101>
- West, SM (2017). Rage against the machine: network gatekeeping and collective action on social media platforms. *Media and Communication*, 5(3), 28-36. <https://doi.org/10.17645/mac.v5i3.989>
- Wu, L., Truong, N., Lu, H., Tseng, Y., & Chang, C. (2019). Science-education: trends reveal in 20 years of science communication research. *Journal of Baltic Science Education*, 18(5), 793-805. <https://doi.org/10.33225/jbse/19.18.793>
- Yeo, S., Su, L., Cacciatore, M., McKasy, M., & Qian, S. (2020). Predicting intentions to engage with scientific messages on twitter: the roles of mirth and need for humor. *Science Communication*, 42(4), 481-507. <https://doi.org/10.1177/1075547020942512>
- Youjung Jun, Rachel Meng, and Gita Venkataramani Johar (2017) *Perceived social presence reduces fact-checking*, Princeton Egyetem, <https://doi.org/10.1073/pnas>.