



Címlap: Vadmacska az *Együtt a lopakodás nagymestere védelmében* című cikkünkhöz

1571 Első kézből



- **ŐSI ŪRÜLÉKBEN REJLŐ SIKERTÖRTÉNET**
Sz. M.
- **MINIATŰR MADÁRDŰRÖK**
Molnár Csaba
- **ZIVATARDÖMPING**

1574 Az év emlőse, a vadmacska
**EGYÜTT A LOPAKODÁS
NAGYMESTERE VÉDELMEBEN**

Major Borbála, Novák Adrián

1577 Az Év Természetfotója 2024



KIMAGASLÓ NÍVÓJÚ FELVÉTELEK

Tószegi Zsuzsanna

1580 Nyelvi kalandozások Európában
ÉLETRE KELT A HOLT KELTA NYELV

Balázs Géza

1581 Egy elfeledett hazai zeneszerző



KI VOLT JÁRAI JANETSCHÉK ISTVÁN?

Mitropulos Anna Diána

1584 Talajvíz vizsgálata beépített területen
MI FOLYIK A FELSZÍN ALATT?

Wagner Flóra

1587 **FELELŐS PÉNZÜGYI DÖNTÉSEK
AZ ÜNNEPEK ALATT IS**
MNB

1588 Interjú Magyarai Enikő Katalinnal
MIT GONDOL A KLÍMAVÁLTOZÁSRÓL?

Turcsán Zsolt, Török Zsolt Győző

1590 Élet és tudomány képekben
ÉT-GALÉRIA
Pásztor Balázs

1592 LogIQs

1593 Lélektani lelemények
SZÓRAKOZTATÓ ÁRAMÚTÉS

Mannhardt András

1594 Agyi aktualitások



**KULTÚRA ÉS NYELV AZ
ÁLLATVILÁGBAN**



Reichardt Richárd

1596 ÉT-Etológia
DENEVÉREK CSODÁLATOS B-TERVE
Bilkó Ágnes

1597 **KERESZTREJTVENY**
Schmidt János

1598 **ÉT-IRÁNYTŰ**



Bánsághy Nóra

Kedves Olvasónk!

A klímaváltozásról, erről a mindenkit érintő, globális kérdésről a közvéleményt erőteljesen befolyásoló, olykor homlokegyenest ellenkező nézetek keringenek a hazai és külföldi sajtóban és médiában. Nem könnyű a vélemények megítélése, mert még a tudósok is különbözőképpen vélekednek az ezzel kapcsolatos kérdésekről. Az ELTE Földtudományi Doktori Iskolájában ebben az elmúlt félévben elindítottam a Tudománykommunikáció a földrajz- és földtudományban című doktori kurzust, melynek egyik célja, hogy a jövő tudósainak figyelmét ráirányítsa az ismeretterjesztés társadalmi jelentőségére. A résztvevők, az ELTE Természettudományi Karának doktoranduszai a földtudományok sokszínűségét képviselik, akik egyhangúlag és lelkesen támogatták

az ötletet, hogy a közös projekt keretében a klímaváltozás kérdését járjuk körbe. Az Élet és Tudomány oldalain a hagyományos sajtó tudománykommunikációs lehetőségeit próbáljuk ki e fontos témában úgy, hogy körinterjút készítettünk azokkal, akiknek a véleménye iránymutató lehet: hazai földtudósokat és földrajzosokat kérdeztünk. Bár a tanórákon részletesen megbeszéltük, és a hallgatók gyakorlati tanácsokat is kaptak, „élesben” a feladat végrehajtása egyáltalán nem volt könnyű... Ezúton is köszönjük interjúalanyainknak és kollégáinknak, hogy segítettek munkánkat! Ugyanazokat a kérdéseket tettük fel, azonban minden szakember másképpen, egyéni módon válaszolt rájuk. Sorozatunkban a válaszok szerkesztett változatai olvashatók.

TÖRÖK ZSOLT GYŐZŐ
egyetemi docens, témavezető
ELTE Földtudományi Doktori Iskola

MIT GONDOL A KLÍMAVÁLTOZÁSRÓL?

a hét kutatója

Magyari Enikő Katalin az Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar Környezet- és Tájföldrajzi Tanszékének tanszékvezető egyetemi tanára, az MTA doktora. Biológus-ökológusként végzett a Debreceni Egyetemen. Az MTA-MTM-ELTE Paleontológiai Kutatócsoportjának tudományos tanácsadója. Kutatási területe a pollenanalízis és öskörnyezettan, különösen a jégkorszaki klímaváltozásokkal kapcsolatos kérdések.



(VÁNYI ÁKOS FELVÉTELE)

– *Hogyan kell a klímaváltozás fogalmát érteniünk vagy elképzelniünk?*

– Azt gondolom, hogy a klímaváltozás a Földnek egy természetes velejárója. Egy olyan *folymat*, amely a Föld történetében mindig is bekövetkezett különböző időléptékekben. Ha a bolygó hosszú távú történetét nézzük, akkor a klímaváltozás kapcsolódik a földi pálya-elemek változásához. A Föld forgása a Nap körül egyrészt nem ugyanazon az ellipszis alakú pályán történik. A gravitációs hatás miatt ez az ellipszispálya változó, ami kihat a Földre beeső nap-sugárzásra. Másrészt vannak a bolygónk forgástengelyéből adódó változások, amelyek ciklikusak. Ha megnézzük a Föld múltját, a kőzetlemezeken vándorlását, akkor azok alapvetően meghatározzák azt, hogy az óceánok hőelosztó szerepe hogyan alakul, illetve hogy hol helyezkednek el a földrészek. Tehát mindig történt ilyen változás, nem beszélve arról, hogy az üvegházhatást okozó gázoknak a koncentrációja is jelentősen változott a földtörténet során.

Felvetődik a kérdés, hogy mikor beszélünk már klímaváltozásról? Ezt sokkal nehezebb megfogni, de a meteorológusoknak vannak erre statisztikai módszereik. Általában az éghajlat jellemzőit több év átlagának a vizsgálatából határozzák meg. Ezek akár harmincéves átlagok is lehetnek, és ahogyan egy ilyen ciklusban haladunk előre, már nagyon eltérnek a klímáparaméterek. Tisztán látszik, hogy egy eltolódás figyelhető

meg a mai Balkánt jellemző éghajlati paraméterek felé, mind a téli és mind a nyári középhőmérsékletek tekintetében. Tehát kijelenthetjük, hogy a változások miatt, amelyek felerősödtek az 1980-as évek óta, a Kárpát-medence térségében már egy *másik klímátípusba* sorolhatjuk hazánkat. Tehát itt már klímaváltozásról beszélhetünk...

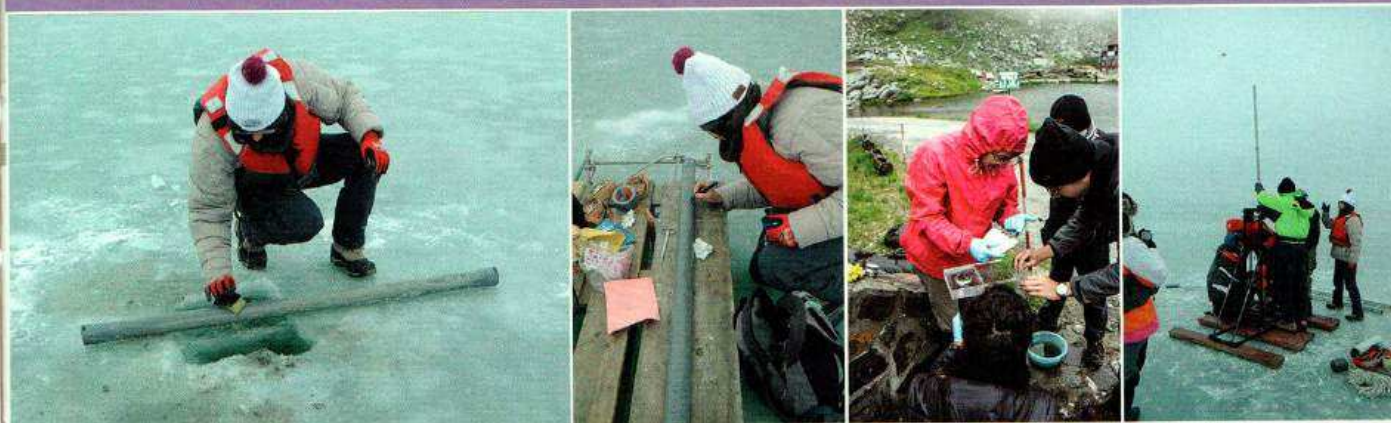
– *Mi változik, hogyan változik, és miként befolyásolják ezek a folyamatok a mi életünket?*

– Nagyon fontos, hogy tisztában legyünk azzal: ha klímaváltozás történik a Földön, akkor az a különböző földrajzi szélességekre nem azonos módon hat. Meg kell különböztetnünk, ha a földi hőelosztási rendszerben történik változás. Ez azt jelenti, hogy a Napból beérkező sugárzás mennyisége nem változik, ugyanakkor ebben az esetben megváltozik az a visszacsatoló mechanizmus, amelyet üvegházhatásnak nevezünk. Azaz az ebből visszatartott hőösszeg a földi légkörben növekszik. Ez a növekedés változásokat okozhat a földi hőelosztási rendszerekben. Itt, az egyetemen a hallgatókkal azt vizsgáljuk, hogy ez a jelenség hol okoz hőtöbbletet a Földön. Talán kevésbé ismert, hogy bolygónkon vannak olyan területek, ahol hőelvonás keletkezik, mint például az észak-atlanti térség középső területén.

Hogy megértsük azt, hogy miként befolyásolják ezek a jelenségek a mi életünket, ahhoz meg kell érteniünk, hogy a mi térségünkben hogyan manifesztálódik

a klímaváltozás. Az arktikus és tajgate-
rűleteken egy dinamikus átalakulás fog
végbe menni, hiszen ezek a térségek ke-
vésbé lakottak. A megnövekedett számú
és nagyságú tajgatüzek következtében
egy idő után már nem azok a fafajok
fognak dominálni, amelyek most, ha-
nem a lombhullató fajok gyakorisága
fog megnőni. Az ember szempontjából
ezek a területek élhetőbbé, mezőgazda-
ságilag művelhetőbbé fognak válni...
A Kárpát-medence mezőgazdaságában
a szélsőségekhez való alkalmazkodást kell
valamilyen módon elsajátítanunk, mert
nagy lehulló csapadékmennyiséget vált
egy nagyon száraz időszak, amit meg
kell próbálnunk kiegyenlíteni, ahogy azt
a mediterrán gazdálkodásban próbálják.
Ezek nagy változások, de az előrejelzé-
sek eddig jól leképezték azt, hogy milyen
módosulásokkal állunk szemben. Tehát
van lehetőségünk alkalmazkodnunk a
jelenleg zajló folyamatokhoz.

A kutatási területemen egy hosszabb,
a negyedidőszak és az utolsó 30 000 év
perspektívájából nézem a klímaválto-
zást. Amit a modellek nem tudnak jól
előre jelezni, az az, hogy milyenek
az óceáni visszacsatolási események.
Mikor következik be olyan esemény,
amely rövid időszakra ellentétes elő-
jelű változást hoz? Például a kora-
holocénban, a 11700–8200 évvel ez-
előtti időszakban az északi féltekét
nagy kiterjedésű szárazföldi jégta-
karó fedte, ami egy viszonylag gyors
olvadás következtében nemcsak



Pillanatfelvételek – Magyar Enikő terepi munkában

felszínalakító hatást fejtett ki azzal, hogy új folyómedrek jöttek létre, hanem nagy mennyiségű édesvizet is jutattott az óceánokba. Emiatt hirtelen lelassult az óceáni „szállítószalag”, aminek következtében Európa hőmérséklete nyáron több Celsius-fokkal lehűlt, és elmaradt a csapadék is. Ezek a *negatív visszacsatolási* események eltarthatnak 150–200 évig. Ez jelenleg is zajlik, gondoljunk a grönlandi jégtáblák olvadására, és a folyamatos vizsgálatok ellenére sem lehet megmondani, hogy *mikor következik be újra* egy ilyen jellegű esemény. Ezt jelentős problémának látom. Ugyanakkor a Földünket eddig a jégkorszakok ciklikus visszatérése jellemezte körülbelül 100 000 évente, amelyből az üvegházhatású gázok mennyisége miatt *kilendülhetünk*. Ezt szokták a klímaszeptikusok felhasználni mint pozitív érvet, hogy nem baj a felmelegedés, mert megakadályozza a következő visszahűlés bekövetkezését...

A klímaszeptikusok állításai nagyon sok esetben nem támaszthatók alá tudományos eredményekkel. Ez alól kivétel, amikor azt állítják, hogy a múltban is volt klímaváltozás, akkor ez most miért probléma? Ezt a tényt arra használják, hogy *elbagatellizálják* azokat a változásokat, amelyek napjainkban történnek és ez nem jó. Ha az ember nem használta volna fel ilyen mértékben a fosszilis energiahordozókat, akkor nem egy melegedő fázisban lenne a Föld. Szintén rossznak tartom, hogy igyekeznek az ember szerepét ezekben az eseményekben lekicsinyíteni. Ezzel nagyon rossz cél szolgálnak, mert azt hitetik el, hogy *semmi felelősségünk* nincs azokra az eseményekre, amelyek most történnek. Legyünk tudatában annak, hogy

igenis, felelősek vagyunk a napjainkban zajló éghajlatváltozásért. Fontosnak tartom, hogy fellépjünk az ilyen hangokkal szemben, mert végső soron az emberek tudományba vetett hitét rombolják. Meglepő módon még a Magyar Tudományos Akadémián is jelen van a klímaszepticizmus, főleg geofizikusok körében... Nagyon sok fórumon hangoztatják egyesek azt a véleményüket, hogy az embernek semmi köze a klímaváltozáshoz. Ez konfliktushelyzetet szül a magyar tudományos életben belül, hiszen ezek a vélemények akár a politikai szereplőket is befolyásolhatják. Igyekszünk fellépni ezekkel a hangokkal szemben is.

– Saját kutatásai során – vagy szűkebb földtudományi szakterületén – melyek azok a kérdések, amelyek az éghajlatváltozással kapcsolatosan manapság fokozottan előtérbe kerültek? Van-e olyan, a klímaváltozással kapcsolatos kérdés vagy témakör, amelynek jobb és teljesebb megértéséhez Ön és kutatótársai hozzájárultak?

– A mi kutatócsoportunk itt, a Kárpát-medencében vizsgálja a *rövid távú klímaváltozások* hatásait. Azt tapasztaljuk, hogy a térségünkben a legnagyobb problémát nem a nyári középhőmérsékletek változása okozza ezekben az időszakokban, hanem a csapadékmennyiség és az éves eloszlásának a változása, ami azt mutatja, hogy hazánk térsége a nyári aszályos időszakokra reagál. Tehát a klímaváltozás következtében, illetve amiatt, hogy távolabb vagyunk az óceántól, a csapadék mennyiségének *szélsőséges éves eloszlása* és a nyár végi *nagyon aszályos időszakok* felerősödése lesz majd megfigyelhető. Ennek kimutatásához a kutatócsoportunk hozzájárult.

– Mit tesznek, mit tehetnek a földtudós szakemberek azért, hogy a hazai nagyközönség a klímaváltozással

kapcsolatos kutatások tudományos eredményeiről tudomást szerezzzen, és ezek ismeretében hozzon felelős döntéseket a mindennapokban?

– Ez egy nagyon-nagyon fontos kérdés. Elsősorban a *természettudományos oktatással* tehetünk a legtöbbet. Úgy látom, hogy a mai fiataloknak ez a téma bonyolult, hiszen a földi rendszerek megértéséhez matematikai, kémiai és földtudományi ismeretek szükségesek. Ezért ezt a témát a középiskolákban szisztematikusan kell felépíteni, úgy, hogy érdekes és élvezetes legyen, hiszen ezt a fiataloknak meg kell tanulniuk. A cél az, hogy rendszerszemléletben tudjanak majd gondolkodni. Ehhez egyébként a komplex környezettudomány tantárgy igazán alkalmas. A gondot abban látom, hogy ez a tantárgy a súlyát veszíti, hiszen a diákok az egyetemi felvételi tárgyakra fókuszálnak.

Elovasásra javasolom a Greta Thunberg által szerkesztett „*Klímakönyv*”-et. A könyvhöz klímatudósokat kért fel, hogy közérthetően fogalmazzák meg a tudásukat. Ez a könyv idén megjelent magyar nyelven is. Emellett podcastok és videók tömkelege található a témában az interneten, de sajnos a többségük angol nyelven elérhető – bár azt gondolom, hogy a fiatalok már elég jól beszélnek angolul ahhoz, hogy megértsék ezeket a tartalmakat. Az is fontos, hogy a fiatalok tudatosítsák magukban, hogy ők hogyan tudnak hozzájárulni a klímaváltozás mérsékléséhez, hisz van döntési és választási szabadságuk. Fontos hangsúlyozni, hogy az *iparnak* jóval nagyobb szerepe van a mérséklésben, mint az *egyéneknek*. Ehhez pedig elengedhetetlen lenne a *törvényi szabályozások* bevezetése.

TURCSÁN ZSOLT doktorandusz
TÖRÖK ZSOLT GYÖZÖ
ELTE Földtudományi Doktori Iskola

MIT GONDOL A KLÍMAVÁLTOZÁSRÓL?

a hét kutatója

Sztanó Orsolya az Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar Általános és Alkalmazott Földtani Tanszékének egyetemi docense. Geológusként az ELTE-n végzett, doktori fokozatát az Utrechti Egyetemen szerezte. Fő kutatási területe az üledéktan és a medencefejlődés, különös tekintettel a miocén kori üledékes rendszerekre. Aktívan részt vesz az egyetemi oktatásban, számos hallgató témavezetője és jelentős szerepet vállal a képzések szervezésében és fejlesztésében is.



– *Hogyan kell a klímaváltozás fogalmát érteniünk vagy elképzelniünk?*

– Talán kezdjük azzal, hogy amióta a Földnek története van, a klímaváltozás folyamatosan zajlik. Tehát önmagában az, hogy klímaváltozás van, az *nem* meglepő. A földtörténeti események igen nagy része pontosan ezekről szól, az élővilág változásai ezt tükrözik le. Szerintem itt az igazi kérdés – ami talán a laikusoknak is szemet szúr – a változásoknak az *üteme*. Vagyis hogy talán évszázadokig úgy tekintettünk rá, hogy „télén hideg van, nyáron meleg van” a saját környezetünkben, és akkor ez így a megszokott. Nyilván az összes népi előrejelzés is erre alapul, hogy hogyan voltak az „elvárások”, hogy melyik hónapban, melyik névnap kapcsán hogyan kellene az időjárásnak történnie. Ehhez képest azt tapasztaljuk – és amivel már minden újság is tele van –, hogy ténylegesen az utóbbi években megnöttek az *időjárási szélsőségek*. Hol túl hideg van, hol túl meleg van, hol túl sok a csapadék, hol meg extrém szárazság

van – és ezek nagyon rövid időn belül is változnak. Ezt szerintem mindenki érzi a bőrén.

– *Mi változik, hogyan változik és miként befolyásolják ezek a folyamatok a mi életünket?*

– Azt nem lehet letagadni, visszanezve az elmúlt évtizedekre, akár mondjuk a saját gyerekkoromra vagy akár a mostani egyetemisták gyerekkorára, hogy akkor még előfordult egy-egy tél, amikor hóembert lehetett építeni. Ilyen hány éve nem volt? Tény és való, hogy egyre melegebb van télen és egyre melegebb van nyáron is. Tehát azt, hogy a *felmelegedés* működik, azt szerintem nehéz lenne tagadni. Amikor vitatkoznak róla, az leginkább az okokról szól, hogy mi lehet ennek az oka? Mennyi ebben a humán faktor, és mennyi, mondjuk, a csillagászati vagy mennyi a Földnek mint rendszernek a működéséből eredő faktor? Ezeken lehet vitatkozni, illetve ezekre is lehet pro és kontra érveket hosszan sorolni, amelyekből nyilván mindenki vérmérséklete szerint válogat.

– *Saját kutatásai során – vagy szűkebb földtudományi szakterületén – melyek azok a kérdések, amelyek az éghajlatváltozással kapcsolatosan manapság fokozottan előtérbe kerültek? Van-e olyan, a klímaváltozással kapcsolatos kérdés vagy témakör, amelynek jobb és teljesebb megértéséhez Ön és kutatótársai hozzájárultak?*

– Akár hármat is tudok említeni: egyik csak úgy lazán, a másik kettő talán szűkebben kapcsolódik a témához. Az időben visszamenve a régebbivel kezdeném. Dél-Afrikában volt szerencsém geologizálni néhány évvel ezelőtt egy folyóvízi rétegsorban, a *Karoo-medencében*. Ez a folyóvízi rétegsor jócskán harántolja a perm-triász határt. Ki van jelölve benne a kihalás: szépen lehet látni, hogy az addig gazdag szárazföldi gerinces fauna hogyan tűnik el, hogyan változik az ősnövényzet. Azaz rengeteg palaeontológiai bizonyíték van ott „felsorolva”. Amit mi nézegettünk, azok az üledékes rétegsorok, azon belül pedig, hogy milyen

folyóvízi üledékek vannak. És azt lehetett látni – bár mi nagyon kicsi szeletben foglalkoztunk ezzel, másoknak sokkal hosszabb rétegsorai vannak erről –, hogy a folyóvízi összletek nagy része az ősi kontinens, a Gondwana belső területein található, s egykori meanderező folyók vagy nedves, ártéri üledékek, amelyek most is zöldek és szürkék. A rétegsorban meanderező folyók és a nedves, árteret terepjelző ártéri üledékek váltakoznak. Ahogyan elérkezünk a „nagy kihalási eseményhez”, nemcsak az ősmaradvány-együttesek változnak meg, hanem a folyók „stílusa” is. Egy alapvetően melegebb, szárazabb klíma köszöntött be. Ezzel a szárazabbá válással megváltozik a folyók fajtája is, és egy nagyon-nagyon időszakos, fonatos folyóhálózat lesz jellemző. Mi ezt az időszakos, fonatos folyóhálózatot és az ehhez társuló száraz, vörösgyagyas, rengeteg száradási repedést is tartalmazó ártéri összletet és a medencei összletet vizsgáltuk.

Egyébként egy érdekessége ennek a kutatásnak, hogy ebben a már triász szárazulati időszakos folyóvízi összletben találtunk olyan életnyomokat, amelyek méter hosszú és 30–40 centiméter átmérőjű járatok, méghozzá gerincesek járatai. Így azt lehet gondolni, hogy a perm-triász határ egyik túlélő faja ezekben töltötte a száraz évszakot, várva a nedves hónapokat, hogy aztán továbbcaplasson ott, az egykori folyók partján...

A másik példát az ellenkező végletből említem: volt szerencsénk a pleisztocénben keletkezett üledékek geometriáját vizsgálni. A Tisza folyó alatt ultranagy felbontású, szeizmikus szelvényeket mértek a geofizikus kollégák. Cserkész Nagy Agnes megvizsgálta ezeknek a folyóvízi összleteknek a geometriáját, illetve sikeresen lemélyített egy fúrát, amelyből aztán kronosztratigráfiai módszerekkel korhatározást is lehetett végezni. Úgyhogy már tudjuk, hogy ez a bizonyos összlet körülbelül 50–45 ezer éves. Tehát a legutolsó nagy eljegesedés



Sztanó Orsolya és Tari Gábor, az ÖMV AG főgeológusa
terepi magyarázat közben a soproni Piusz-pusztai
kavicsbányában (BÉKÉSI ESZTER FELVÉTELE)

előtti meleg időszakban folyt a mai Tisza alatt egy hasonló méretű, nagy, meanderező folyó. Ennek az a pikanteriája, hogy máshonnan azt is lehet tudni, hogy az Ős-Tisza pedig ezzel párhuzamosan az Alföld egy másik pontján folyt. Tehát azt sikerült kimutatni, hogy a két, körülbelül a mai Tiszának megfelelő méretű folyó megosztott a vízgyűjtőn. Az, hogy a medrük kellően nagy, azt mutatja, hogy az idő tájt csapadékosabb klímának kellett lennie.

A harmadik kutatásom pedig a pannóniai rétegsorokat vizsgálja. Ott azt látjuk, hogy nagyságrendileg talán százezer éves vízszintváltozási ciklusoknak a nyomát lehet követni a rétegsorokban. Ezek sok mindentől függhettek, de leginkább klíma-vezéreltek lehettek.

– Mit tesznek, mit tehetnek a földtudós szakemberek azért, hogy a hazai nagyközönség a klímaváltozással kapcsolatos kutatások tudományos eredményeiről tudomást szerezzen, és ezek ismeretében hozzon felelős döntéseket a mindennapokban?

– Nyilvánvaló, hogy ehhez az kellene, hogy sokkal többet tegyünk a tudománynépszerűsítés frontján – viszont az is kell, hogy ehhez legyenek befogadók. Igazából én ezt egy kicsit olyan problémának látom, hogy aki amúgy is olvassa, mondjuk, az Élet és Tudományt, az valószínűleg képben van. Tehát ha még három ismeretterjesztő cikket írunk a lapban, akkor azok lesznek okosabbak, akik amúgy is képzetek vagy érdeklődők ebben a témában... Valahogy azokat a fórumokat kellene megtalálni, amelyek révén a téma sokkal nagyobb közönséghez jut el. A tudománykommunikációnak kell ezeket a fórumokat megtalálnia valamilyen módon. És innentől kezdve szerintem nincsen olyan kolléga, aki ne tudna erről olyan formában beszélni, hogy az ne lenne figyelemfelkeltő.

Továbbá – ami szerintem még erősebben hathatna –, hogyha valamilyen módon ezek a dolgok megjelennének, mondjuk a középiskolák tananyagában. Ez lehetne a földrajzórák keretében, hisz leginkább itt találkozunk ilyesmivel a diákok. De jó lenne, hogyha adott esetben kicsi „tananyagocskákat” vagy népszerűsítő anyagokat gyártanánk, amelyek aztán eljutnak középiskolás tanárokhöz. Akkor ők ezt megsokszorozva tudnák továbbadni, talán a környezettudatosság felé terelve a fiatalokat. Akkor már felnőtt generáció, amely például szelektíven gyűjti a szemetet, és próbál ennél több dolgot is tenni, hogy kisebb legyen az ökológiai lábnyoma. Tehát valahogy ennek a kettőnek kéne összetalálkoznia, mert egy dolog, hogy klímaváltozás van, hogy melegebb van. De tudatosítani kellene, hogy ezt mi is tettük. És nekünk is kéne tenni valamit azért, hogy visszafogjuk a hatást. Ez csak úgy működik, ha mindenki a saját háza táján teszi meg azt a sok kicsi lépést, amelyet meg tud tenni. Mindezt a nevelésnél kellene, hogy kezdjük!

HORVÁTH KRISZTIÁN
doktorandusz

TÖRÖK ZSOLT GYÖZÖ
ELTE Földtudományi Doktori Iskola

MIT GONDOL A KLÍMAVÁLTOZÁSRÓL?

a hét kutatója

Ősi Attila az Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar Őslénytani Tanszékének tanszékvezető egyetemi tanára, az MTA doktora. A világhírű bako-nyi dinoszauruszok felfedezője, a Magyar Dinoszaurusz-kutató Expedíció vezetője. Kutatási területe a mezozoikumi ősgyíkok, a mai krokodilok és madarak őseinek funkcionális morfológiai vizsgálata és az európai késő-kréta kor élővilágának földrajzi elterjedése.



(PRONÓVA EDINA FELVÉTELE)

– Hogyan kell a klímaváltozás fogalmát érteniünk vagy elképzelniünk?

– Klímaváltozás mindig is volt, van és lesz. Az ember belejátszik valamilyen szinten, és ezen megy a vita, hogy milyen szinten. De klímaváltozás az ember nélkül is volt az évmilliók során, és az ember nélkül is lesz, főleg mostanában, hogy a jégkorszakot éljük – csak éppen egy melegebb periódusát.

– Mi változik, hogyan változik és miként befolyásolják ezek a folyamatok a mi életünket?

– A földtörténeti múltban létezett klimatikus viszonyokat a kutatók közül a geológusok, paleontológusok elég jól tudják rekonstruálni. Nemcsak a kőzetrekord, hanem az ősmaradványok, és az ezekből mérhető izotóparányok és egyéb paraméterek segítségével ma már tudjuk, hogy a Föld klímája hogyan alakult az elmúlt évmilliárdok során. Mikor volt drasztikus változás, mikor voltak jégkorszakok, mikor volt teljesen kiegyenlített meglegházhatalás. Ezeknek látjuk a nyomait a tengerekben és a szárazföldön, látjuk, mi történt a kihalási események során, amikor ilyen-olyan háttérrokkokból kifolyólag a földi légkör nagyban megváltozott, ami hatással volt a klímára, a tengeráramlásokra és persze az élővilágra is. Így például a nagy kihalási események között több olyat találunk, ahol vulkáni tevékenység áll a háttérben. Ennek a következménye az, hogy az üvegházhatású gázok felszaporodnak, a légkör összetétele jelentősen

megváltozik. Ez pedig előidézi az óceán savasodását, az óceáni áramlások leállását, és kihalási eseményekhez, ökoszisztémák összeomlásához, krízisekhez vezet. Tudjuk, hogy ilyen volt a triász végén, a jura időszak elején és még a kréta időszak végén is – bár az utóbbi esetében nem feltétlenül a kihalási esemény legfontosabb okának mondják az indiai szubkontinens tapp bazaltjainak létrejöttét, de az is belejátszott.

A szűkebb értelemben vett dinoszauruszok – tehát nem a madarak – a kréta időszak végén tűnnek el, nagyjából 66,4–66,5 millió évvel ezelőtt. Jelen állás szerint ennek a kihalási eseménynek a hátterében egy aszteroida becsapódása állt a mai közép-amerikai Yucatán-félsziget területére. Egy körülbelül 10 kilométer átmérőjű égitest volt, amely előidézte a globális, pillanatszerűen lezajló katasztrófát a geoszférában, a hidroszférában és az atmoszférában is. Ez oda vezetett, hogy a globális ökoszisztémák összeomlottak, így aztán nemcsak a dínók, hanem sok más élőlénycsoport is eltűnt... Az persze egy nagyon jó kérdés, hogy számos állatcsoport, például a madarak, a krokodilok a teknősök és még sokan mások túléltek. Nemcsak a gerincesekben kell gondolkozni, vagy csak az állatokban e kréta végi kihalás kapcsán, hanem a növények esetében is, mivel bizonyos csoportokat nem, vagy csak minimálisan rázott meg ez az esemény. Jó kérdés, hogy mi az oka? Mindenesetre, a szűkebb értelemben

vett dinoszauruszok nyomtalanul eltűnnek a kréta időszak végén. Azt azért hozzátenném, hogy egyesek szerint ez csak pont volt az i-n, hisz a dínóknak úgymond a diverzifikációja már komolyan csökkent a kréta időszak vége felé, amire aztán csak egy lapáttal tett rá ez a kihalási esemény.

– Saját kutatásai során – vagy szűkebb földtudományi szakterületén – melyek azok a kérdések, amelyek az éghajlatváltozással kapcsolatosan manapság fokozottan előtérbe kerültek? Van-e olyan, a klímaváltozással összefüggő kérdés vagy témakör, amelynek jobb és teljesebb megértéséhez Ön és kutatótársai hozzájárultak?

– Alapvetően én a mezozoikumi őshüllőkkel foglalkozom, és a mezozoikumban a klíma viszonylag kiegyenlített volt, bár ez ma már ilyen egyszerűen nem írható le. Főleg a kréta időszak elején tűnik úgy, hogy voltak talán hidegebb periódusok. Mondok egy érdekes példát: a világ talán egyik leghíresebb dinoszaurusz-lelőhelye Kínában található, az ország északkeleti részén, Liaoning tartományban. Innen kerültek elő többek között azok a tollas dinoszauruszok, amelyek a madár-dínó átmenetet és a madarak eredetét egy új megvilágításba helyezték. Végérvényesen megerősítették azt a korábbi koncepciót, hogy a madarak bizony tollas elődeiktől, a raptorszerű dinoszauruszoktól származnak. Liaoning rengeteg ilyen tollas dinoszaurusznak, madárnak

és sok-sok gerinces állatnak a lelőhelye a kréta időszak első feléből. Az érdekes azonban az, hogy krokodil leleteket innen nem ismerünk. Korábban jó néhány kutató, többek között Eric Buffetaut kollégám révén fölvetődött, hogy ennek talán klimatikus okok lehetnek a hátterében, és talán összekapcsolódhat azzal, hogy ezek az állatok ott szó szerint, ha nem is bundát, de tolat növesztve tudták megélni azokat a klimatikus viszonyokat, amelyekre jellemző lehetett a valamelyest alacsonyabb hőmérséklet, hűvösebb klíma. Ez lehet a hátterében annak, hogy a krokodiloknak ez az éghajlat már hideg volt, így nem éltek ezen a vidéken krokodilok, vagy legfőljebb a nagyon déli részeken. Liaoning egy olyan terület, amely viszonylag közel van Oroszország délkeleti részéhez, Vlagyivosztkhoz. Mai viszonyokat tekintve ez egy mérsékelt övi terület, nagyjából hasonló szélességi körökön, mint ahol mi vagyunk, vagy talán egy picit délebbre.

A dinó kutatásnak ennél az aspektusánál a klimatikus viszonyok kérdése egy kardinális dolog, és úgy tűnik, hogy talán a kora-krétában lehettek ilyen hidegebb területek, de amennyire tudom, a jura és a triász jóval kiegyenlítettebb meglegházhatású időszak volt. A kréta végén megint nagyon meleg volt, a világtengerek, óceánok szintje nagyon megemelkedett. Az egész fanerozoikum során, vagyis az 538 millió éve kezdődött és napjainkig tartó hatalmas földtörténeti szakasz ideje alatt a késő-kréta első felében legmagasabb a világtengerek, óceánok szintje. Még valami, amit megemlítenék a klimatikus dolgok kapcsán és talán összefügg egy kicsit az előbb említett kora-kréta eseményekkel (ezt persze nem lehet bizonyítani), az a növényzet megváltozása. A Föld növényzetében drasztikus változás történik a krétában: feltűnnek a virágos növények, amelyek már a kora-kréta elején megjelennek, de igazán dominánssá a kora-kréta középevége felé válnak. Ez aztán oda vezet, hogy a mezozoikumra jellemző cikászok és egyéb nyitvatermő növények háttérbe szorúlnak, a kréta végére már gyakorlatilag a zárvatermők a meghatározók szinte mindenfelé a Földünkön. Hogy ennek lehet-e bármilyen klimatikus folyamata a hátterében, az egy nehéz, egyelőre megválaszolatlan kérdés...



3D-térképezéssel egybekötött ásatás lharkúton 2014-ben
(ÖSI ATTILA FELVÉTELE)

– Mit tehet Ön, illetve mit tehetnek a földtudományi szakemberek azért, hogy a hazai nagyközönség a klímaváltozással kapcsolatos tudományos eredményekről tudomást szerezzen, és ezek ismeretében hozzon felelős döntéseket a mindennapos cselekedeteiben?

– Azt gondolom, hogy minél több olyan lehetőséget kell megragadnunk, kihasználnunk, persze ha időnk, energiánk engedi, ahol a földtörténeti múltban lezajlott eseményeket, így a klímaváltozással kapcsolatos eseményeket és ezeknek a következményeit érthetően elmondjuk a laikusok számára. Ennek egy nagyon egyszerű képlete van: *beszélni kell róla*, az emberekhez el kell juttatni. De valami olyan módon, amelyet egyrészt megértenek, másrészt valahogy fel tudják fogni a léptékét. Mert az emberek többsége alapvetően nem millió években, még csak nem is évezredekben vagy évszázadokban, hanem a saját életében, abban a néhány évtizedben gondolkozik. Azt gondolja, hogy „ugyan már, mit érdekel engem, hogy ötven év múlva milyen magas lesz a tengerszint, ide biztos nem fog elérni, én ezzel nem foglalkozom.” Lehet, hogy ő nem foglalkozik vele, de két nemzedékkel később, az unokái már esetleg attól szenvednek, hogy az a város, ahol a nagyapjuk élt és felnőtt, éppen víz alatt van... Ezt csak akkor lehet az emberekkel megértetni, ha ezt elmondjuk.

Azonban ahogy ez manapság egyre inkább kitűnik, nem feltétlenül abban van a probléma, hogy a nagyközönséget vagy az átlagembert nem tudnánk meggyőzni. Az átlagember meggyőzhető, hiszen nincs róla igazából fogalma.

Oda lehet mellé tenni a tudományos eredményeket, és el fogja hinni. Én a szüleimnek mikor ezeket elmondom és beszélek erről, akkor ők nem mondják azt, hogy „ugyan már, hát ez hülyeség”, hiszen nem foglalkoznak ilyenekkel, elhiszik – hiszen miért ne hinnék el? A probléma a világ vezetőivel van, akik annak ellenére, hogy valószínűleg tudják ezeket a dolgokat, ilyen-olyan gazdasági, politikai vagy akár milyen érdekből nem feltétlenül hajlandók ezt tudomásul venni és nem foglalkozni vele. De ennek meglesz a börtje. Egyébként csak úgy zárójelben jegyzem meg, hogy van egy szuper könyv ezzel kapcsolatosan, amelyet *Gelencsér András*, a veszprémi Pannon Egyetem volt rektora, az MTA Földtudományi Osztály akadémikusa írt, *Abrándok búvóhelyében* címmel. Egy picike kis könyv, tele rengeteg adattal. Fantasztikus könyv, amelybe a szerző beleírta az elejét, hogy „a nyugalom megzavarására alkalmas mondatok” lesznek benne, aki nem bírja, az inkább ne olvassa. Ez olyan viccesnek tűnt, de amikor a végére értem a könyvnek, engem is sokkoltak a felhozott adatok. Csak egy apró részletet hadd mondjak belőle: amit mindenki mond, hogy *fenntartható fejlődés*, illetve megújuló energia, ezek *rossz kifejezések*. Ugyanis a fejlődés nem fenntartható, és az energia meg nem újul meg. A könyvben le van írva, hogy miért nem, és hogy mi a lényege ennek az egésznek, illetve az is, hogy az ember szó szerint rohan a vesztébe.

ROMÁN ZSÓFIA doktorandusz
TÖRÖK ZSOLT GYÖZÖ
ELTE Földtudományi Doktori Iskola

MIT GONDOL A KLÍMAVÁLTOZÁSRÓL?

a hét kutatója

Nagy Balázs geográfus az Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar Természetföldrajzi Tanszék egyetemi docense, a Földgömb magazin főszerkesztője. Szakterülete a földfelszín formakincsének átalakulása a klímaváltozások hatására. E kérdéskört szélsőséges környezeti viszonyok között vizsgálta: a Kárpátokban több mint száz alkalommal járt, de három hosszú expedícióval az Antarktiszon is kutatott.



(KEREPECZKI ANNA FELVÉTELE)

– *A mindenkit érintő globális kérdésről, a klímaváltozásról a tudósok is különbözőképpen vélekednek, ráadásul a közvéleményt erőteljesen befolyásoló, homlokegyenest ellenkező nézetek keringenek a hazai és külföldi sajtóban és médiában. Hogyan kell a klímaváltozás fogalmát érteniünk vagy elképzelniünk?*

– Földrajzsként, földtudósként úgy látom, hogy klímaváltozás mindig is volt a Föld történetében. Bolygónk alapvető működése, hogy változik a klíma, ennek pedig vannak hosszú és rövid távú ciklusai. Természettudósként a mi feladatunk, hogy ezt az egészet vizsgáljuk. Ha önmagában nézzük a klímaváltozás kérdését, akkor ez egy olyan dolog, amihez alkalmazkodniunk kell, s nem egy tragikusan felfogandó és kezelendő dolog. Ha azt az oldalát nézzük, hogy az emberre hogyan hat, az embernek milyen a szerepe mindebben, akkor alapvető különbség van a régi, természetes klímaváltozásokhoz képest. Olyan ciklikusságot láttunk a múltban, amely ciklikusság most megzavarodott, és nem feltétlen ugyanazokkal a természetes háttérű folyamatokkal zajlik. Földrajzsként alapvetően nem a klímaváltozás okaival foglalkozunk, hanem a következményeivel. Nem gondolom, hogy homlokegyenest ellentmondó tudományos vélemények lennének ennek kapcsán. A modellek különböznek és pontosodnak. Látjuk ennek a fejlődését, látjuk

azt is, hogy nyilván vannak az interpretációkban viták, attól függően, hogy valaki adattermelő, adatelemző vagy éppen kinek dolgozik. De őriült nagy különbségek nincsenek ebben.

– *Mi változik, hogyan változik – és miként befolyásolják ezek a folyamatok a mi életünket?*

– A klímaváltozás kapcsán abból indulunk ki, hogy van egy természetes földi működés, amelynek része a klímaváltozások sorozata: lehűlések, felmelegedések. Ezeknek a különböző hosszúságú ciklusaival foglalkozunk. Számomra az a legérdekesebb, hogy benne élünk egy felmelegedő ciklusban. De ha visszagondolunk a „kís jégkorszakra”, a XIX. század közepén az élt nagyon sok értelmiségi gondolatában, hogy milyen katasztrofális állapotba jutott a Föld, mi történt, hogy ennyire erős a lehűlés... És ez pontosan ellenkező állapot, mint a jelenlegi! Abban az időben volt egy klímápanik, amely éppen az ellentétes okok miatt következett be, és nem tudhatták, hogy néhány évtized múlva, egy évszázad múlva mi lesz. Manapság sokak szerint hasonló pánikhelyzetbe jutott az emberek egy része. Érdemes rávilágítani, hogy az elmúlt évszázadokban milyen változások zajlottak, erre hogyan próbáltak reagálni az emberek, a tudomány mikor mit tett hozzá. Messze nem új kérdésekről van szó, de amikor valami élesen felmerül, erre reagálni kell.

Nagyon sok tekintetben azt látjuk, hogy a folyamatokat globálisan kell tekinteni. De ha a mostani 10–20 éves korosztály mindent csak így nézne, az nagyon negatív irányba vinné el a gondolkodásukat. A megoldás az lehet, hogy inkább lokálisan, regionálisan kell megnézni, hogy mit tehetünk. A globális kép nem túl szép – de lokálisan, regionálisan nézve, rögtön a kezünkbe kerülhet több megoldás. Egy kutató alapvetően így nézi a változásokat. A sokféle Föld-képhez ezekből összejöhettek a mozaikdarabok, amelyek a teljes képet kiadják. Ha csak a globálisat látjuk, az nagyon-nagyon kevés, de a médiába nagyon sokszor csak ez a kép jut el... Mindig érdemes, és régebben is érdemes lett volna, e mögé nézni. Hiszen vannak helyek, ahol egészen extrém változások zajlanak, de vannak stabil területek is a világon! Fontos, hogy megvizsgáljuk, az adott helyeken éppen mi zajlik – így adhatunk mindenről megfelelő információkat a döntéshozók kezébe.

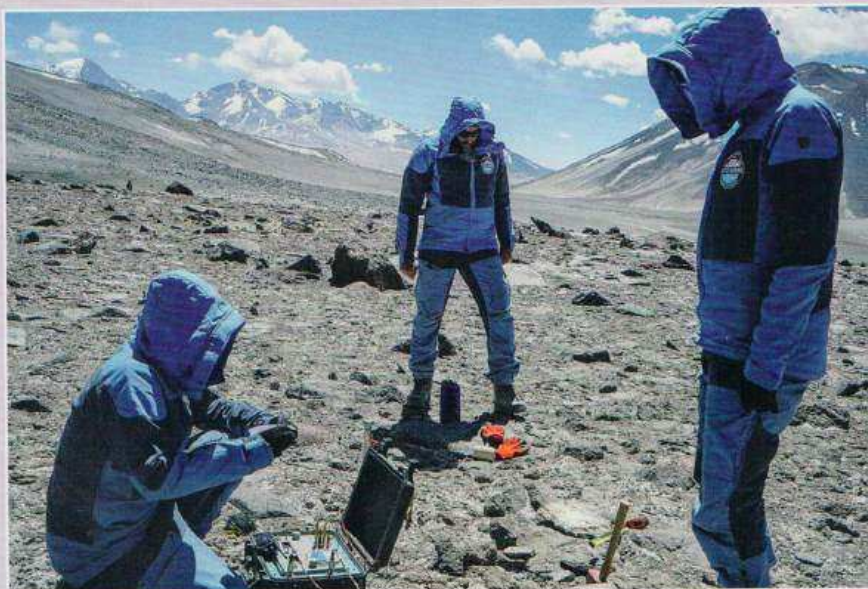
– *Saját kutatásai során – vagy szűkebb földtudományi szakterületén – melyek azok a kérdések, amelyek az éghajlatváltozással kapcsolatosan manapság fokozottan előtérbe kerültek? Van-e olyan, a klímaváltozással kapcsolatos kérdés vagy témakör, amelynek jobb és teljesebb megértéséhez Ön és kutatótársai hozzájárultak?*

– Minden országban a helyi viszonyoknak megfelelően más-más jelenik meg a klímaváltozás okozta krízisekből. Egy száraz területen fekvő országnak a víz jelent problémát, máshol a vihartevékenység erősödése vagy a gleccserek olvadása. Nálunk mi a legfőbb kérdés e tekintetben? Egy medencehelyzetű országban azt mondhatjuk, hogy a szélsőségek általánosan fokozódnak, így például kontinentálisabbá válik a klímánk. Hazánkban is a vízre van hatással ez a folyamat, nem feltétlen az ivóvízre, de mondjuk az aszályokra és az áradásokra, azok gyakoriságára, méretére, ennek kapcsán pedig a mezőgazdaságra, tovább gondolva az erdőgazdálkodásra van hatással. A mi itthoni tevékenységünk főleg ezeknek és a vízmennyiséggel kapcsolatos kérdéseknek a tisztázására irányul. Mi volt korábban, mi van most, és mi várható. Ez a csapásirány, ami számunkra a klímaváltozás kapcsán fontos témakörként felmerül, itt tudunk hozzátenni a tudomány oldalán az alkalmazkodás jobbításához.

Hazánkon és a Kárpátokon kívül, teljesen más területeken is dolgozom vízzel foglalkozva, akár sarkvidéken, akár a dél-amerikai hegyvidéki területeken, ahol nagyon gyors a környezetváltozás. Itt önmagában fel kell tárnunk, hogy mi történik. Száraz magashegységekben a helyi döntéshozók számára olyan adatbázisokat és olyan modelleket készítenek, amelyek azt jelzik előre, hogy az elkövetkezendő évtizedekben mennyi vizük lesz. A hidrológiai rendszer változását tárjuk fel a klímaváltozás kapcsán, olyan adathiányos területeken, amelyek azért számítottak fehér foltnak, mert senki nem végzett hőmérséklet- és nedvességméréseket. Miért mi magyarok? Mert eddig még senki nem csinálta ezt ott meg! Így a helyiakkal közösen ezeket a kérdéseket elemezzük, főleg monitoring-munkával, hosszú távú mérésekkel, annak érdekében, hogy meg tudjuk mondani, mire kell felkészülniük.

– Mit tesznek, mit tehetnek a földtudós szakemberek azért, hogy a hazai nagyközönség a klímaváltozással kapcsolatos kutatások tudományos eredményeiről tudomást szerezzen, és ezek ismeretében hozzon felelős döntéseket a mindennapokban?

– Van erre elég sok fórum. Ha azt nézzük, hogy a nagyközönségnek akarunk valamit elmondani, meg kell nézni,



Klimakutatók akcióban. Munkaterületük a Föld legmagasabb vulkánja, a 6893 méter magas Ojos del Salado. (FOTÓ: PERMACHILE)

hogy a médiában milyen megszólalási lehetőségeink vannak. Melyek azok a portálok, podcastek, rádió- vagy tévé-műsorok, amelyek ennek teret adnak. Elmegyünk ezekbe, és beszélünk erről a kérdéstről. Megnézzük, hogy a még élő nyomtatott sajtóban hol lehet ugyanezt megtenni. Részemről a Földgömb magazinban evidencia, hogy erről minden számban írunk. Impulzusszerű, hogy vannak olyan események, alkalmak, tudományos fesztiválok, amikor a klímaváltozás előkerül. Például a számunkra fontos Felfedezők Napján, ahova több ezer ember ellátogat, mindig megjelenik ez a kérdés. Ahogy a kutatóknál, expedícióknál is jelen van, úgy erről beszámolunk – nemcsak mi, hanem mások is. Akár a közösségi médiában, akár az írott, nyomtatott vagy éppen a médiának minden szegletében jelen lehet lenni. A média mellett újra és újra felível az élőbeszéd szerepe, vagy a jelenléti, akár az élménybeszámolókhöz kapcsolódó előadások fontossága. Egy klubban, iskolában, művelődési házban kifejezetten nagy szerep juthat az ismeretterjesztésnek, ha azt olyan végzi, aki ezen a területen dolgozik. Amikor erről a témáról beszélek, akkor látom, hogy az első kézből jövő információ mindig nagyon hatékonyan eljut a hallgatókhoz. Azt is látom, hogy nagyon élesen jelen vannak az alternatív valóságok is. En elmondom adatszerűen, hogy mi a helyzet, de egészen megdöbbentő módon előkerül az is, hogy van egy másik valóság is...

Nekünk kutatóknak irtózatosan nehéz kezelni, hogy míg mi adatok, tények alapján dolgozunk, a klímaváltozás kérdésével kapcsolatban is lehet hitvitát kezdeményezni. Ebbe mi nyilvánvalóan nem szállunk bele, de vannak, akik így kezelik: „én mégsem abban hiszek, hanem másban hiszek”. Akiket nem feltétlenül érdekel az ismeretterjesztés, vagy nem jut rá idejük az alap kutatásuk mellett, azok nem biztos, hogy szembesülnek azzal, hogy amit elmondunk, az meghallgattatik. És közben előjön egy ezzel egyenrangú gondolatkör, amelyben sokan úgy hisznek, hogy a tudományt meghallgatják, csak éppen nem azt hiszik el. Az élőbeszéd kommunikáció mögött ott kell lennie az embernek. Filmeket kell csinálni, szerepelnie kell a közösségi médiában. A tudós nem mondhat csak száraz adatokat: „el kell adni magát”. Mindezt úgy, hogy mi vagyunk azok a kutatók, akik megmutatjuk, hogy ez milyen izgalmas! Ne a tudománytól teljesen távol álló, nem bizonyított és mért dolgok legyenek izgalmasak – vagy azok, akik megkérdőjelezik azt, amit mi mérünk. Az egész kérdéskört menedzselni kell, mert nagyon félre tud csúszni az egész. Meg lehet lovagolni sok oldalról a klímaváltozás kérdését, és ennek következményei nagyon sokunkat érinthetnek.

ESZÉNYI-KISS VERONIKA FLÓRA
doktorandusz
TÖRÖK ZSOLT GYÖZÖ
ELTE Földtudományi Doktori Iskola