

KLÍMAVÁLTOZÁS: TUDOMÁNYOS VITÁK ÉS A TÁRSADALOMFÖLDRAJZ FELADATAI (1. RÉSZ)

JANKÓ FERENC¹ – MÓRICZ NORBERT² – PAPPNÉ VANCÓS JUDIT³

CLIMATE CHANGE: CONTROVERSIES IN SCIENCE
AND THE OBJECTIVES OF HUMAN GEOGRAPHY (PART ONE)

Abstract

The aim of the study is to demonstrate and to understand the scientific basis of the climate change controversy, to review the theories of uncertainty, which extremely challenge the scientific consensus and evidence in climate change science: the debate of the medieval warm period and the „hockey stick curve”, the solar activity and the role of the ocean cycles, which might be a significant topic in the future debates. Finally we assess the potential role of human-environmental geography in the issue of climate change, to be discussed in a forthcoming paper.

Keywords: climate change, scientific controversy, medieval warm period, solar activity, ocean cycles, human-environmental geography

Bevezetés

Az éghajlatváltozás, a globális felmelegedés mára alapvető tudományos és közéleti témává vált. A természettudománynak szinte nincs is olyan ága, amely ne foglalkozna az éghajlat múltjával, jelenével, jövőjével, a változások okaival és következményeivel, az élővilágra, a természetre gyakorolt hatásaival. Sőt, az éghajlatkutatásokat (is) összefogó környezettudomány mellett további új részdiszciplínák (earth system science, climate change science, sustainability science) is intézményesülni látszanak (DEMERRITT, D. 2009a). Az éghajlatváltozás azonban korántsem pusztán természettudományos probléma, hanem a műszaki, illetve a társadalomtudományok figyelmét is felkeltette, amit az is jelez, hogy a tizenöt, elnevezésében a „climate” szót tartalmazó nemzetközi tudományos folyóirat közül az 1990 után indultak sorában már szinte kizárólag olyanokat találhatunk, amelyek alapvetően társadalomtudományi vagy interdiszciplináris profilúak (HULME, M. 2010).

Utóbbi szemszögekből az éghajlatváltozás már nem pusztán kézzelfogható természeti folyamat, hanem szerteágazó társadalmi és politikai kérdéskör. Ahhoz, hogy ezt kibontsuk, a szociálkonstruktivista tudományfilozófia alapjait kell befogadnunk. Ez a közelítés azt vallja, hogy szakítanunk kell a pozitívista filozófiára épülő ismeretelmélettel, és hogy a körülöttünk lévő világ számtalan jelenségének, folyamatának az objektivitása megkérdőjelezhető; a valóság rendre szubjektumunkon keresztül képeződik le. E megközelítés alapján eljuthatunk a tudomány demisztifikációjáig, társadalmi szerepének átgondolásáig, a tudás, a tudományos igazságok, tételek működési rendszereiben a hatalmi szempontok felismeréséig (DEMERRITT, D. 2001).

¹ Egyetemi adjunktus, NYME KTK Nemzetközi és Regionális Gazdaságtani Intézet 9400 Sopron, Erzsébet u. 9. (frk@ktk.nyme.hu)

² Doktorjelölt, NYME EMK Környezet- és Földtudományi Intézet 9400 Sopron, Cházár A. tér 1. (calvus17@gmail.com)

³ Doktorjelölt és megbízott előadó, NYME KTK Nemzetközi és Regionális Gazdaságtani Intézet 9400 Sopron, Erzsébet u. 9. (vancsojudit@chello.hu)

Fontos vizsgálunk, hogy az éghajlatváltozás milyen hatással lesz a földi társadalmakra. Azonban azt is érdemes tudnunk, hogy mi jellemzi e természeti jelenség társadalmi konstrukcióját, azaz miképpen alakítja jelenbeli gondolkodásunkat, cselekvéseinket: milyen értelmezéseket kap, milyen magyarázatok, narratívák születtek, s a kommunikáció során milyen diskurzusok formálódnak a problémáról? Ezek mindennapi életünkben, cselekvéseinkben, és szűkebben az éghajlatváltozás politikájában is összetett módon jelentkeznek, és befolyásolják a társadalomnak a problémára adott válaszát (PETTINGER, M. E. 2007; HULME, M. 2009).

Szakirodalmi áttekintésünk célja, hogy megpróbáljuk megválaszolni, vagy továbbgondolni ezeket a kérdéseket. Mielőtt azonban ennek nekikezdenénk, tisztázni kell a *diskurzus* fogalmát. A diskurzus egyik első tudományfilozófiai értelmezője, MICHEL FOUCAULT munkáinak magyar nyelvű kiadásaiban (2000, 2001) helyenként beszédmód, beszédrend alakban szerepel. Itt DRYZEK, J. (1997) rövid meghatározását adjuk közre: a *diskurzus a világ megragadásának közösségi módja, amely a nyelvbe ágyazódva lehetővé teszi az információk értelmezését és koherens magyarázatokba rendszerezését*. A diskurzusok feltételezéseken, ítéleteken, állításokon alapulnak, amelyek az elemzéseknek, vitáknak, egyetértéseknek és véleménykülönbségeknek az alapvető kifejezéseit szolgáltatják (vö. pl. GLÓZER R. 2007a, 2007b).

Elemzésünket jelen írásunkban két témakör vázolásával készítjük elő. Először összefoglaljuk azokat az elméleteket, amelyek leginkább kikezdehetik a 2000-es évek elejére az antropogén éghajlatváltozásról kialakult tudományos egyetértést, s annak nagyfokú bizonyosságát (ORESKE, N. 2004; SOLOMON, S. D. et al. 2007, ALLISON, I. et al. 2009). Így a korábban a Földrajzi Közlemények hasábjain publikált összefoglalások sorát (LÓCZY D. 2002; KERÉNYI A. 2008) is folytatjuk egyben. A klímaváltozás tudományos és társadalmi vitája igazán mélyen csak ezen áttekintés ismeretében elemezhető. Majd ezek után a társadalomföldrajz tudományos feladatait tekintjük át az éghajlatváltozás mint társadalmi problematika feltárása vonatkozásában.

Az éghajlatváltozás kutatásának mérföldkövei

A légkör üvegházhatása hosszú idő óta ismert, fizikai hátterét először 1824-ben JEAN FOURIER francia fizikus ismerte fel. JOHN TYNDALL több gáznak, így a vízgőznek és a szén-dioxidnak az üvegházhatására mutatott rá. A Nobel-díjas svéd vegyész, S. A. ARRHENIUS 1896-ban publikálta az elméletét, amely szerint a fosszilis energiahordozók eltüzelésével növeljük e gázok, mindenekelőtt a CO₂ légköri koncentrációját, s meg is becsülte az európai átlaghőmérséklet várható alakulását. Ezután többen próbálták elméleti számítások és kísérletek révén tesztelni ARRHENIUS elméletét, különösen miután az USA-ban felfigyeltek az 1930-as évek melegező éghajlatára. Köztük volt egy amatőr meteorológus, G. S. CALLENDAR, aki a kezdeti mérések idősorait vizsgálva az üvegházhatáshoz és a szén-dioxid szint változásához kötötte a folyamatot. CALLENDAR azonban csak két emberöltővel később vált – ARRHENIUS mellett – az éghajlatváltozás kutatástörténetének ikonkerü alakjává. (LÓCZY D. 2002; STORCH, H. VON – STEHR, N. 2006; NEU, U. 2007; WEART, S. R. 2008; HAMBLYN, R. 2009).

A 20. század első felének kutatásait még elsősorban a jégkorszakok okainak feltárása motiválta. A légköri szén-dioxid koncentráció folyamatos, precíz mérése az 50-es évek végén indult meg, amelyből néhány év alatt kirajzolódott a szén-dioxid növekedését szemléltető ún. „Keeling-görbe” (KEELING, R. F. et al. 2009; vö. HASZPRA L. 2007). Ez hívta fel először igazán a kutatók figyelmét az antropogén éghajlatváltozás lehetőségére.

Mivel az üvegházhatás fizikáját jól ismerték, így a kérdés sokak számára egyszerűen csak az volt, hogy milyen mértékű melegedés várható és mikor (KELLER, C. F. 2009; SÖRLIN, S. 2009). Eme kérdésfeltevés nyomán születtek meg az első éghajlatmodellek, s indultak meg a szencikus tanulmányozására nagy hangsúlyt fektető oceanográfiai kutatások. E területek hamar elsőbbségre tettek szert az éghajlatkutatásban, és sokáig háttérbe szorítottak más irányokat, például a klímátörténetet. Ez utóbbi gyökerei szintén a 19. századig nyúlnak vissza, kibontakozása annak a felismerésnek köszönhető, hogy az éghajlat az emberi történelem során sem volt változatlan, s akár befolyással is lehetett rá. Fejlődési mérőföldkönek LAMB, H. és LE ROY LADURIE, E. munkái számítanak az 1960-as évek közepéről (RÁCZ L. 2001; DEMERITT, D. 2001; BRÁZDIL, R. et al. 2005).

Az 1970-es években tovább szélesedtek a kutatások, a légkör és az óceánok számos elemét vizsgálták. 1977-ben elindult a Climatic Change folyóirat, amely hírt adott például a naptevékenység és az éghajlat valószínűsíthető kapcsolatáról (EDDY, J. A. 1977). Még 1968-ban egy expedíció DANSGAARD, W. vezetésével a grönlandi jégmezőbe mélyített fúrást, majd 1979-ben OESCHGER, H. és kutatócsoportja az Antarktisz jégtakaróját fúrta meg; az innen származó jégminták elemzése hozott újabb bizonyítékokat arra, hogy milyen jelentős változások mentek végbe a Föld klímájában és a légkör összetételében az utóbbi néhány százezer évben (PROBÁLD F. 1981; CZELNAI R. 1999; LÓCZY D. 2002; NEU, U. 2007; WEART, S. R. 2008). A vizsgálatokat újabb és újabb paleoklimatológiai módszerek, például szén- és oxigénizotópos eljárások, dendrokronológia stb. (lásd PROBÁLD F. 1981; LÓCZY D. 2002; KERÉNYI A. 2008; vagy részletesebben BRÁZDIL, R. et al. 2005) tették még pontosabbá. Az 1980-as évtized végén megszülettek az első regionális klímamodellek is, amelyek az évek múltán egyre részletesebbé, bonyolultabbá váltak, és az ezredfordulóra már nemzetközi projektek is indultak ezek továbbfejlesztésére (BARTHOLY J. et al. 2007; RUMMUKAINEN, M. 2010).

A kutatások összefogására 1980-ban az ENSZ kötelékeibe tartozó World Meteorological Organization (WMO) és az International Council for Science (ICSU) létrehozta a World Climate Research Programme-ot. A villachi konferencia felhívása nyomán 1986-ban létrejött az Advisory Group on Greenhouse Gases (AGGG), majd annak utódjaként 1988-ban az Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) alakult meg, amelynek alapítója ugyancsak a WMO, illetve az ENSZ környezetvédelmi szervezete (UNEP) volt. Az IPCC első két jelentését 1990-ben és 1995-ben készítette el (AGRAWALA, S. 1998; NEU, U. 2007; WEART, S. R. 2008).

Az IPCC harmadik jelentésének idejére (2001) meglehetősen széles tudományos egyetértés formálódott az éghajlatváltozással, a szén-dioxiddal, illetve az emberi tevékenységgel kapcsolatosan, amit ORESKES, N. (2004) a Science hasábjain megjelent cikke is igazolt. 928 referált szakfolyóiratban 1993 és 2003 között megjelent tanulmány kivonatát vizsgálta (az ISI adatbázisból), és nem talált egyetlen olyan cikket sem, amely elvetette volna az antropogén éghajlatváltozás elméletét. A bizonytalanságok még inkább eloszolni látszóttak az IPCC 2007-es jelentése nyomán, amely már igen egyértelműen, határozottan fogalmazott az antropogén éghajlatváltozás tekintetében: „Nagyon valószínű, hogy a globális átlaghőmérsékletben a 20. század közepe óta megfigyelt növekedés nagy része az antropogén üvegházhatású gázok koncentrációnövekedésének tudható be”. (Összefoglaló a politikai döntéshozók számára – a továbbiakban: IPCC 2007b –, p. 10.)⁴ Nagyjából ugyanez a mondat a 2001-es jelentésben még csak „valószínű” jelzővel szerepelt.

⁴ A fordítást a döntéshozói összefoglaló magyar változata alapján közzöltük, a hivatkozás az eredeti tanulmányra történt. A magyar változat elérhető a http://www.met.hu/pages/ipcc/ipcc_eghajlatvaltozas_2007.pdf címen.

A társadalomtudományokban, illetve a társadalomföldrajzban is aktuális kérdéssé vált a környezeti probléma és az éghajlatváltozás. Például az International Journal of Psychology már 1991-ben tematikus számot szentelt a globális környezeti problémáknak, a Public Understanding of Science pedig egy 2000-es számában foglalkozott a klímaváltozás egyes szociológiai problémáival. A társadalom-földrajzi lapok közül a Political Geography 2007 augusztusi számának tanulmányai taglalták az éghajlatváltozással összefüggő, főként fejlődő világbeli politikai és fegyveres konfliktusokat, míg a Journal of Historical Geography az egyik 2009-es számát szánta az éghajlatváltozás történeti földrajzi narratíváinak tárgyalására. Ide kívánczok, hogy Magyarországon az Agro-21 Füzetek 2007-re Klíma-21 Füzetekké alakultak át, s váltak az ide vonatkozó hazai kutatások egyik gyűjtőlencséjévé; igaz, már korábbi számaik is döntő mértékben az éghajlatváltozással, az ún. VAHAVA projekt eredményeinek közlésével foglalkoztak.

Az éghajlatváltozás okaival kapcsolatos bizonytalanságok, víták fontosabb elemei

A fentiek ellenére mégis vannak viták és bizonytalanságok az éghajlatváltozás okait, az éghajlati rendszer működését illetően. Az alábbi fejezetben ezeket tekintjük át röviden (vö. PÁLVÖLGYI T. 2000; LÓCZY D. 2002; MIKA J. 2002; KHANDEKAR, M. L. et al. 2005; CZELNAI R. 1999, 2007; KERÉNYI A. 2008; KELLER, C. F. 2009).

Viták a történeti éghajlat-rekonstrukciók körül

A rövid történeti vázlatból kiderült, hogy az éghajlatváltozást a legtöbben az üveg-házhatású gázok, főként a szén-dioxid kibocsátásával, illetve légköri mennyiségének növekedésével magyarázzák. A szén-dioxid szint és a hőmérséklet alakulásának különböző időtávlatokat megjelenítő olvasata van. A különböző kutatási eszközökkel, illetve proxy adatokkal dolgozó paleoklimatológia több százezer évre visszamenőleg elemzi a két tényező közötti kapcsolatot, a társadalomtörténettel összefüggő klímátörténeti munkák néhány ezer évre tekintenek vissza, a műszeres mérések pedig az utóbbi 150 évre koncentrálnak.

A távolabbi múlt szempontjából az antarktisi és a grönlandi mélyfúrásokból származó jégminták alapján rekonstruált hőmérsékleti és szén-dioxid adatoknak van különös jelentősége. Több kutatás közös megállapítása, hogy a hőmérséklet emelkedése 400–5000 évvel megelőzte a szén-dioxid feldúsulását, ugyanígy a hőmérséklet csökkenése legalább néhány száz évvel megelőzte a szén-dioxid szint csökkenésének kezdetét, azaz a szén-dioxid koncentráció emelkedése közben a hőmérséklet több száz éven keresztül tovább csökkent (INDERMUHLE, A. et al. 2000; MUDELSEE, M. 2001; CAILLON, N. et al. 2003). CAILLON, N. et al. (2003) hangsúlyozzák, hogy nem a szén-dioxid az a tényező, amely az éghajlatot vezérli a jégvisszahúzóadások elindulása során. Ez azonban nem zárja ki annak lehetőségét, hogy a szén-dioxid a megindult melegedést a továbbiakban pozitív visszacsatolás útján erősítse (SIEGENTHALER, U. et al. 2005). Az IPCC jelentésének (SOLOMON, S. D. et al. 2007; a továbbiakban IPCC 2007a) véleménye hasonló: a szén-dioxid változás nem elsődleges oka a nagyléptékű éghajlatváltozásoknak, hanem pozitív visszacsatolás útján erősíti a meginduló klímaváltozást.

Az utóbbi ezer év során két olyan éghajlat-történeti esemény zajlott le a Földünkön, amelyek értelmezése a jelenre vonatkozóan is tanulságokat rejt a CO₂ szint és a melegedés közötti kapcsolat tekintetében. Az egyik a H. LAMB által (idézi BRÁZDIL, R. et al.

2005) 950 és 1200 közé tett középkori klímaoptimum (Medieval Warm Period – MWP), valamint az 1550 és 1850 közé datált kis jégkorszak (Little Ice Age – LIA). Ezek pontos időhatárainak kijelölése régóta vita tárgyát képezi a különböző kutatási módszerek, eltérő vizsgálati területről származó adatok és eredmények függvényében. Rögzíteni kell azt is, hogy ezen időszakok nem voltak egyenletesen melegek, illetve hidegek. A középkori meleg időszzakkal kapcsolatban vita tárgyát képezi, hogy vajon ekkor a Föld, illetve az északi félteke hőmérséklete magasabb volt-e, mint a 20. század második felében (SOON, W. – BALIUNAS, S. 2003a; BRÁZDIL, R. et al. 2005). Az IPCC jelentése szerint a MWP-ben a hőmérséklet nem egyirányúan és nem ugyanolyan mértékben változott, mint az a mostani meleg időszzakról elmondható, s a nagyobb térbeli skálájú elemzések az MWP tér- és időbeli heterogenitására utalnak, a hőmérséklet pedig az 1961–1990 közötti referencia-időszzakhoz képest vélhetően mintegy 0,1–0,2 °C-kal alacsonyabban tetőzött 950 és 1100 között. BRÁZDIL, R. et al. (2005) a szakirodalom áttekintése alapján az MWP létét is megkérdőjelezi, igaz, utal olyan írott forrásokra is, amelyek a korszak enyhébb periódusainak létét támasztják alá. (Az írott források alapján azonban kevésse tűnik vitathatónak az MWP vagy akár a római éghajlati optimum léte; RÁCZ L. 2001.)

SOON, W. – BALIUNAS, S. (2003a, 2003b) mintegy 140 tanulmány összehasonlítása alapján arra a következtetésre jutnak, hogy létezett a klimatikus különbség a kis jégkorszaknak általuk 1300-tól 1900-ig meghatározott, illetve a középkori meleg periódusnak 800-tól 1300-ig tartó időszzaka között. Sőt, a tanulmányok következtetéseit összegezve azt is állítják, hogy a 20. századi felmelegedés nem a legmelegebb időszzakot idézte elő a vizsgált 1000 éves idősorban. A globális léptékben vizsgálódó éghajlattörténészek többsége ezt nem így találta, viszont a jóval számosabb regionális vizsgálat eredménye alapján erre következtettek.

A két tanulmány kapcsolatában tehát tudományszociológiai érdekességet fedezhetünk fel, ami már a tudományos párbeszéd később tárgyalandó problémáira utal: BRÁZDIL, R. et al. (2005) ismeri és idézi az említett szintjén SOON és BALIUNAS munkáját, azonban annak következtetéseire nem tesz utalást. Ennek valószínűleg az az oka, hogy SOON és BALIUNAS tanulmánya heves, nagy visszhangot kiváltó, és nyugvópontra nem jutó vitát váltott ki; a tanulmány kritikusai hibásnak tartották az idézett szerzők gondolatmenetét és következtetéseit (KINNE, O. 2003; MANN, M. et al. 2003a, 2003b; SOON, W. et al. 2003).

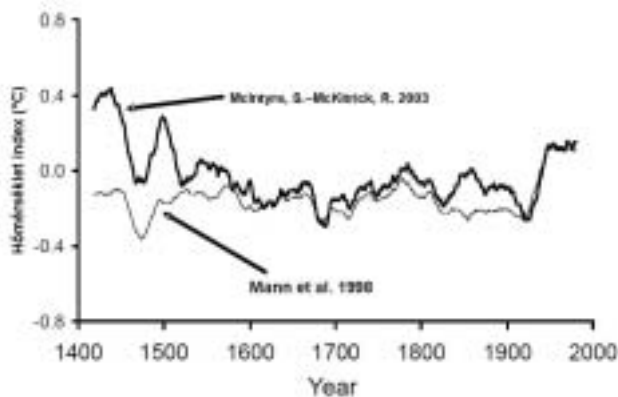
A vitában talán az arany középutat képezi MOBERG, A. et al. (2005) tanulmánya. A szerzők főképpen fák évgyűrűinek elemzése alapján készítették el az elmúlt 2000 év hőmérsékleti rekonstrukcióját az északi félgömbre. Következtetéseik szerint a jelentős természetes ingadozás révén 1000 és 1100 között a maihoz hasonló hőmérsékleti viszonyok uralkodtak, a leghidegebb időszzak pedig 1600 körül mutatkozott.

A vitában az MWP tehát fontos szerepet tölt be. Nem véletlen, hogy a Center for the Study of Carbon Dioxide and the Global Change „klímaszkeptikus” intézet honlapján (<http://www.co2science.org>) szorgalmasan gyűjtik és szemlézik a témában született cikkeket. Eddig több mint 200 felülvizsgált cikket értékelték ki nagyjából 650 szerzőtől 40 különböző országból. E gyűjtés szerint a vizsgálatok többsége kisebb-nagyobb mértékben melegebbnek tartja a középkori klímaoptimumot a jelenlegi meleg időszzaknál, jóllehet akkor a szén-dioxid koncentráció mintegy 25%-kal alacsonyabb volt a jelenleginél. Az átlagos különbség a két időszzak között kerekén 1 °C az MWP javára.

Az MWP-kérdéskörhöz szorosan kapcsolódik az ún. „hokiütő-ábra” vita. M. MANN és kollégái először 1998-ban publikálták az elmúlt ezer évre végzett hőmérsékleti rekonstrukció eredményeit (MANN, M. E. et al. 1998). Ehhez főként fák évgyűrűit használták

fel. Vizsgálataik szerint a középkori meleg időszak nem volt jelentős, ugyanígy a kis jégkorszak időszaka sem tűnt ki éghajlat-rekonstrukciójukból. Az ábra – amely ily módon egy hokiütő formájához hasonlított a rekonstruált adatsor végére illesztett, már műszerekkel mért, s jelentős 20. századi melegedést mutató adatok révén – az IPCC harmadik, 2001-es jelentésének egyik alapjává vált.

MCINTYRE, S.–MCKITRICK, R. (2003) felülvizsgálták MANN, M. E. et al. (1998) eredményét, és úgy találták, hogy az adatsor összeállításába és a számításba hiba csúszott, előbbi illetően például néhány kaliforniai mintavételi hely évgyűrűadatai felülreprezentáltak voltak. Az 1400–1980 közötti időszakra azonos módszert alkalmazva jelentették meg hőmérsékleti rekonstrukciójukat, amely számottevő különbséget mutatott (1. ábra).



1. ábra Az 1400–1980 közötti hőmérsékleti rekonstrukció az északi félgömbön. MANN, M. E. et al. (1998) és MCINTYRE, S.–MCKITRICK, R. (2003) számítása. (MCINTYRE, S.–MCKITRICK, R. [2003] nyomán)

Figure 1 Temperature reconstruction for the northern hemisphere, 1400–1980 as computed by MANN, M. E. et al. (1998) and MCINTYRE, S.–MCKITRICK, R. (2003) (after MCINTYRE, S.–MCKITRICK, R. 2003)

MANN, M. E. et al. (2004) ugyan javította az eredeti tanulmányt, annak következtetéseit viszont továbbra is fenntartotta. Ezután a vita – az amerikai politikai köröket is elérve – tovább gyűrűzött, s máig sem jutott nyugvópontra. MANNÉK módszeréről többek bebizonyították, hogy helytelen volt, és torzításokat okozott az eredményekben, mások viszont a hibák jelentéktelensége és a következtetések helyessége mellett érveltek (STORCH, H. VON et al. 2004; MOBERG, A. et al. 2005; MCINTYRE, S.–MCKITRICK, R. 2005; WEGMAN et al. 2006; NORTH, G. E. et al. 2006; IPCC 2007a; MANN, M. E. et al. 2008 stb.).

A Nap szerepe

Az IPCC negyedik jelentése a harmadikhoz képest kevésbé fontosnak ítélte a Nap klímaváltozásban betöltött szerepét, mivel a legújabb eredmények szerint a Nap nagyléptékű, a Maunder-minimum óta tartó sugárzásintenzitás-növekedése kisebb mértékű volt, mint azt a korábbi kutatások feltételezték (IPCC 2007a). Számos – a jelentésben is hivatkozott – kutatás a Nap szinte elhanyagolható szerepéről számolt be. Példaként említhető LEAN, J.–RIND, D. H. (2008) munkája, melyben a Nap szerepét 10%-ra becsülték az elmúlt 100 év melegedésében, míg az elmúlt 25 évre nézve elhanyagolhatónak vélték. LOCKWOOD, M.–FRÖHLICH, C. (2007) elemzésükben hasonló következtetésre jutottak, szerintük az elmúlt 20 év során a naptevékenység és a globális hőmérséklet trendje ellen-

tétes volt. Ugyanakkor számos tanulmány a Nap és az éghajlatváltozás közötti szoros kapcsolatról számolt be (BOND, G. et al. 2001; SVENSMARK, H. 2007; USOSKIN, I. G. – KOVALTSOV, G. A. 2008). E kutatási eredmények szerint a Nap nemcsak közvetlen sugárzás formájában, hanem közvetett módon is hat a klímára. Utóbbi a kozmikus sugárzás felhő- és csapadéknövelő hatásának elmélete, amit SVENSMARK, H. (2007) laboratóriumi körülmények között bizonyított (részletesebben lásd KISS P. et al. 2009). Az elmélet szerint napfoltminimumok idején a megnövekvő kozmikus sugárzás elősegíti az alacsony szintű felhők képződését, melyek lehűlést idéznek elő. A kapcsolat jó korrelációt mutat a hőmérsékleti rekonstrukciókkal is, mint ahogy azt már EDDY, J. A. (1977) is hangsúlyozta, vagyis a Spröder-minimum (1400–1510) és a Maunder-minimum (1645–1715) a kis jégkorszakkal, a középkori maximum (1120–1280) pedig a MWP időszakkal.

EICHLER, A. et al. (2009) egy altaji gleccser izotópos vizsgálata alapján jutott arra a következtetésre, hogy a Nap volt a legfontosabb irányítója a hőmérsékletnek, amely 10–30 éves késéssel követte a Nap változásait. Vizsgálatai szerint az utolsó 100 évben a Nap megközelítőleg 50%-ban magyarázza meg a hőmérséklet emelkedését, továbbá 1850 előtt a szén-dioxid koncentráció csak nagyon gyengén korrelált a hőmérséklet változásával. SHAVIV, N. J. (2005) a kozmikus sugárzás elmúlt századbeli változásait és az antropogén hatásokat is figyelembe véve úgy találta, hogy az előbbi mintegy 0,37 °C-os emelkedést okozhatott, tehát a megfigyelt felmelegedéshez nagyjából 50%-ban járulhatott hozzá. SCAFETTA, N. – WEST, B. J. (2006) az északi félgömb hőmérséklet-változását a Nap sugárzásintenzitásának változásaival vetette össze és hasonló eredményre jutva megállapította, hogy az elmúlt 100 évben a Nap 50%-ban tehető felelőssé a melegeedésért. NEFF, U. et al. (2001) egy ománi cseppkő oxigénizotópos vizsgálatával jutott hasonló eredményre. Szerintük a Nap által közvetetten módosított ¹⁴C-izotóp arányának változása megfeleltethető a kozmikus sugárzás trendjének, az ¹⁸O-izotóp változása pedig valamilyen klimatikus változónak, kézenfekvően a hőmérsékletnek. A tanulmány a két izotóp aránya közötti erős korrelációs kapcsolatot mutatta ki.

Az óceánok szerepe

Az óceánok szerepe a földi éghajlat alakításában – például a nagy óceáni szállítószalag révén (lásd részletesebben CZELNAI R. [1999] vagy KERÉNYI A. [2008]) – egy másik fontos és talányos pont, ezért egyre több tanulmány foglalkozik a kérdéssel. Az óceánokkal kapcsolatos bizonytalanságok a fentiekkel ellentétben még kevésbé kerültek a viták keresztjébe, viszont a jövőben egyre nagyobb figyelmet kaphatnak (CZELNAI R. 1999; LÓCZY D. 2002; IPCC 2007a). Egyelőre csak az interneten nyomozható az a tudományos vita, amely MISKOLCZI F. (2007) írása kapcsán bontakozott ki idehaza és külföldön egyaránt, amelynek egyik – sokak által cáfolt – következtetése, hogy az üvegházhatás mértéke az óceánoknak a légkör vízgőztartalmát szabályozó hatása folytán csaknem állandó.

Az alábbiakban csak az óceáni oszcillációk szerepét tárgyaljuk röviden.

Az óceáni változások sokféle időskálán mozognak, a szezonális ciklusoktól egészen az évtizedes vagy évszázados folyamatokig. Előbbiek az éghajlat-ingadozásokért, utóbbiak viszont már az éghajlat közép- és hosszú távú változásaiért is felelősek lehetnek: ilyenek az El Nino Déli Oszcilláció (El Nino Southern Oscillation – ENSO), a vele összefüggésben lévő Csendes-óceáni Évtizedes Oszcilláció (Pacific Decadal Oscillation – PDO), illetve ugyanígy az Észak-Atlanti Oszcilláció (North Atlantic Oscillation – NAO) és az Atlanti Több Évtizedes Oszcilláció (Atlantic Multidecadal Oscillation – AMO). E jelenségek változásokat kelthetnek az óceáni áramlásokban a szélviszonyok vagy az óceán-

felszíni sótartalom módosítása révén, ily módon a globális és a regionális klímára is hatással lehetnek (KNIGHT, J. R. et al. 2005; SUTTON, R. T.–HODSON, D. L. R. 2005; IPCC 2007a; TSONIS, A. A. et al. 2007; COMPO, G. P.–SARDESHMUKH, P. D. 2008; KEENLYSIDE, N. S. et al. 2008; LEVITUS, S. et al. 2009).

Az IPCC 2007-es jelentése legrészletesebben az ENSO–PDO-jelenséget tárgyalta, ahol kitüntetett szerepet kaptak az ENSO-jelenség által közvetlenül befolyásolt regionális anomáliák; példaként az 1976–1977-es váltást, azaz a ma is tartó felmelegedési trend kezdetét említik, amely után a gyakoribbá váló El Nino-jelenség az amerikai kontinens nyugati és keleti részén eltérő időjárási helyzeteket eredményezett. Az IPCC szerint az elmúlt harminc év gyakoribb El Nino-eseményei valószínűleg hozzájárulhattak a tengerfelszín hőmérsékletének a Csendes-óceán keleti részén tapasztalt emelkedéséhez, nyitva hagyta viszont azt a fontos kérdést, hogy az ENSO–PDO milyen konkrét szerepet játszik a globális éghajlatváltozásban – itt további kutatásokat tart szükségesnek (vö. CZELNAI R. 1999).

A jelentés óta publikált tanulmányok eredményei nem egybehangzók. A globális hőmérséklet és az ENSO-jelenség között lineáris kapcsolatot feltételező tanulmány (LEAN, J.–RIND, D. H. 2008) szerint az ENSO hozzájárulása a felmelegedéshez az elmúlt 100 évben mindössze 4% körüli volt. TSONIS, A. A. et al. (2007) viszont az ENSO nagyobb globális hatását feltételezi. A tanulmány szerint a gyakoribbá váló ENSO-jelenség az, amely az éghajlatrendszert egy melegedő fázisba helyezheti, ezzel magyarázzák az 1970-es évek közepén kezdődő felmelegedési folyamatot is.

Az IPCC (2007a) jelentés részletesen foglalkozik a NAO–AMO-jelenség regionális hatásaival is. Az AMO lényegében az Atlanti-óceán vízhőmérsékletének több évtizedes periódusú oszcillációját jelenti, amely jelentős mértékben befolyásolhatja a mérsékelt öv éghajlat-ingadozásait. Az IPCC szerint az AMO kapcsolatba hozható az 1920 és 1940 közötti jelentős melegedéssel, majd a rákövetkező időszak lehűlésével, és végül az utóbbi három évtizedben a közepes szélességeken tapasztalt erős melegedéssel, amikor az AMO hatása tulajdonképpen az antropogén kényszerekre erősített rá (IPCC 2007a).

Az AMO-jelenségnek az IPCC (2007a) jelentésével egybehangzóan számos hatást tulajdonítanak. Így említhető például az Észak-Amerikában és Európában fellépő aszályosabb és csapadékosabb periódusok váltakozása. SUTTON, R. T.–HODSON, D. L. R. (2005) szerint az AMO a 20. század folyamán jelentős hatást gyakorolt a két kontinens nyári éghajlatviszonyainak alakulására. Bizonyítékot találtak arra nézve is, hogy az AMO az extrém időjárási események gyakoriságát is befolyásolta, mások az atlanti hurrikán-tevékenységgel való kapcsolatára mutattak rá (GOLDENBERG, S. B. et al. 2001; ZHANG, R.–DELWORTH, T. L. 2006). LEVITUS, S. et al. (2009) az AMO és a Barents-tenger hőmérséklete között tárt fel szoros kapcsolatot az 1900 és 2006 közötti időszakra, ami a tanulmány írói szerint jelentős mértékben összefüggésben lehet az arktiszi jégmező kiterjedésének váltoásaival. Az AMO hatásának mértéke, iránya azonban kérdéses, ebben az IPCC 2007-es jelentése még nem foglal állást. Egyes kutatások az AMO jövőbeni trendjeit modellezve azt vetítik előre, hogy a jelenség meghatározó lehet a globális éghajlatra, mégpedig oly módon, hogy részben kioltja az antropogén eredetű hőmérséklet-emelkedést (KNIGHT, J. R. et al. 2005; KEENLYSIDE, N. S. et al. 2008).

COMPO, G. P.–SARDESHMUKH, P. D. (2008) kutatása az egész óceáni rendszer hatását modellezte. Eredményeik szerint a szárazföldeken fellépett melegedés nem közvetlenül az üvegházhatásnak, hanem nagyrészt a világóceán melegedésének köszönhető. Éghajlatmodelljükben az előírt óceáni hőmérsékletekkel, de az üvegházhatás-változás, azaz a szén-dioxid kibocsátás növekedésének feltételezett hatása nélkül végrehajtott szimuláció jól követte a szárazföldek felett fellépett 20. századi melegedést. S hogy mi miatt me-

gedtek az óceánok? Véleményük szerint ez részben természetes, részben antropogén hatásokra következett be.

A társadalomföldrajz és az éghajlatváltozás

Mi lehet a földrajz, a társadalomföldrajz feladatköre a horizontális és más ágazati tudományok keltette versenyben a környezeti problémák, vagy éppen az éghajlatváltozás vizsgálatának vonatkozásában – teszik fel sokan, s tesszük fel mi is a kérdést. „Déj vu” érzésünk lehet. Egyrészt emlékszünk a földrajztudomány történetére, a HUMBOLDT utáni időszakra, amikor a tudomány differenciálódásával egyszerre úgy tűnt, hogy a földrajz tárgykör nélkül marad. Másrészt a fentiekhez hasonló motívumokat látunk a 20. század tudományos fejlődésében is, amikor a különböző társadalomtudományok is felfedezték és kutatni kezdték a földrajz „monopóliumának” tekintett térbeliséget, s evégből új vizsgálati szempontokat és módszereket alkalmaztak (regionális tudomány).

A 20. század második felében a kutatási szférán belüli „környezeti boom” révén tanúi lehettünk a környezettörténet, a környezetszociológia, a környezetgazdaságtan, a környezetpszichológia stb. kialakulásának (a horizontális tudománykezdeményezéseket fentebb már említettük). Sokak (TURNER, B. L. 2002; DEMERITT, D. 2009a) szerint ebből a fellendülésből a geográfia nem vette ki kellően a részét, s különösen a társadalomföldrajz elmaradása szembetűnő. Erre jó példa a társadalomföldrajzos alapkötetnek számító *Dictionary of Human Geography*, amelynek újabb kiadásai sem került a környezet a figyelem középpontjába, kevés idevágó fogalmat tartalmaz (DEMERITT, D. 2008). A nemzetközi folyamatokkal összhangban a földrajzi terepen és a környezettudományi határterületeken számtalan téma nyílt meg a természet- és társadalomföldrajzosok számára: a környezet-érzékelés behaviorista vizsgálata, a föld- és vízhasználat kérdései, globális környezeti problémák társadalmi vetületei, a kulturális ökológia, vagy a mindezeket átfogó politikai ökológia megközelítése (ZIMMERER, K. S. 2007). Ez a fejlődés azonban több okból nem tekinthető kielégítőnek: az elemzések nagy részében a természet és az ember továbbra is elválaszthatatlan egységként jelenik meg; a legtöbb kutatás empirikus és kvantitatív maradt, s a különböző módszertani irányok között nem érzékelhető közeledés; a kutatások magjaként pedig nem kristályosodtak ki új elméletek a természet-ember kapcsolat magyarázatára (TURNER, B. L. 2002).

A környezeti témák ezredforduló utáni újabb robbanásos elterjedése idején sokan a földrajzot vélték hivatottnak arra, hogy kielégítse az integrált kutatások iránti növekvő igényt (DEMERITT, D. 2009a). Hogy e várakozások nem, vagy csak részben teljesültek, annak okai a földrajztudomány történetében keresendők. Egyfelől a humán-környezeti hagyomány a 20. század második felében folyamatosan háttérbe szorult a térbeli-elterjedéstani irányzattal szemben (TURNER, B. L. 2002). Másfelől a két világháború közötti geográfia környezet-felfogása jóval szűkebb volt, korántsem biztos hát, hogy a földrajz meg tud birkózni a ma már jóval komplexebb problémakörrel, s integrálni tudja annak ismereteit. Harmadrészt a földrajz kettéosztottsága, illetve a természet- és társadalomföldrajzosok közötti gyér kommunikáció sem segíti azt, hogy a geográfia integrált környezettudomány legyen (DEMERITT, D. 2009a). Egyedül a közoktatás lehet az, ahol a földrajz sikerrel töltheti be az integrált környezettudománynak szánt feladatot (DEMERITT, D. 2009b).

Így juthatunk arra a következtetésre, hogy a földrajz helyzetének javításához a megfelelő megoldás a humán-környezeti tradíció felélesztése, illetve a térbeli-elterjedéstannal történő összebékítése, egyesítése, s ami részben ebből következik: a természet- és

a társadalomföldrajz közötti szakadék áthidalása lenne. Legalábbis a közös munkák számát kellene szaporítani, érvelnek többek (TURNER, B. L. 2002; MEZŐSI G. 2005; PROBÁLD F. 2005; DEMERITT, D. 2009a). Bár DEMERITT, D. (2009b) szerint nem is egyetlen hídra lenne szükség, minthogy a természet- és a társadalomföldrajz önmagában is inkább szakterületek szigetvilágára hasonlít. Ehhez oldani kell a kutatások szétaprózottságát, a redukcionizmust, továbbá segíteni a párbeszédet, aminek hiánya az eltérő iskolázottságból, illetve orientáltságból ered. Hiszen a természetföldrajzosok maguk is az egyes földtudományi vagy környezettudományi szakterületekre specializálódtak, vagyis a természetföldrajz szinte csak gyűjtőnévként létezik, s az egyes területek számtalan más, külső, nem földrajzos kutatót is vonzanak, illetve foglalkoztatnak. A társadalomföldrajz ezzel szemben (legalábbis külföldön) jól lehatárolt közösséget jelent kevés „outsiderrel”, és a társadalomelméletekhez való szoros kapcsolódással (DEMERITT, D. 2008, 2009b).

Vannak olyan nézetek is, amelyek szerint a két hagyományos földrajzi tudományterület között egy új szakág létesítésével kell „hidat verni”. Ez nem új gondolat, régebben a regionális földrajzot, tájföldrajzot (Landschaftskunde, Länderkunde) gondolták erre érdemesnek (vö. PROBÁLD F. 2001). A német geográfia egyik legújabb összegzése viszont a társadalomkörnyezeti kutatást (Gesellschafts-Umwelt-Forschung, benne a környezet-, humán- és politikai ökológiával) tekinti célravezetőnek (GEBHARDT, H. et al 2007). Nem nehéz megtalálni a párhuzamot például DEMERITT-tel, aki a közös metszetet környezetföldrajznak, néhol humán-környezeti földrajznak nevezi (DEMERITT, D. 2009b), vagy ZIMMERERREL, aki természeti-társadalomföldrajzról (nature-society geography) beszél. Ezekben az elképzelésekben tehát a TURNER, B. L. (2002) féle humán-környezeti tradíció önálló földrajzi szakággá nemesül.

Mindezekkel összecseng a kutatók véleménye az éghajlatváltozással kapcsolatos társadalomföldrajzi feladatokról. HULME, M. (2008a) szerint az éghajlatváltozás fogalmának új, társadalomtudományi értelmezésében a földrajznak nagy szerepe lehet. Az egyik ide kapcsolódó feladat az éghajlat fogalmának társadalomtudományi, illetve földrajzi értelmezése, tágabban pedig a természettudományi (természettudományi) kutatások társadalomföldrajzi értékelése, továbbgondolása, illetve kritikája lehet (lásd még DEMERITT, D. 2009a). Ez korántsem egyszerű, hiszen nehéz az éghajlatmodellek eredménye alapján valamiféle politikai döntéselőkészítést, társadalmi hatáselemzést végezni, magukban a modellekben pedig az emberi tényező csupán egy-egy faktorra szűkítve jelenik meg: például népesedés, gazdasági növekedés (DEMERITT, D. 2009b; GEBHARDT, H. et al. 2007). A második feladat a globális éghajlatváltozásról, illetve a helyi időjárásról szóló diskurzusok, illetve az ezekhez kapcsolódó kulturális értelmezések közötti viszony magyarázata. A harmadik feladat pedig a tudományos-politikai párbeszédben hegemóniára törekvő IPCC jelentéseinek kritikája, tágabban az éghajlatváltozásról való tudástermelő és tudásközvetítési folyamat vizsgálata lehet (HULME, M. 2008a, 2008b; STORCH, H. VON 2009). Vagyis úgy gondoljuk, hogy a társadalomföldrajznak segítenie kell abban, hogy megértsük az éghajlatváltozás nyomán megváltozó természet-ember kapcsolatot, hogy megfelelő kommunikációt alkalmazzunk, hogy helyes politikai válaszokat adjunk az éghajlatváltozás társadalmi kihívásaira a megelőzés, az adaptáció vonatkozásában globális és lokális szinten egyaránt.

Következtetések

A természettudományos vitát, párbeszédet vizsgálva azt tapasztalhatjuk, hogy noha mára igen erős egyetértés, illetve bizonyosság formálódott az antropogén éghajlatvál-

tozás tekintetében, továbbra is vannak bizonytalan pontok; az éghajlattörténet, a Napnak vagy az óceánoknak az éghajlati rendszerben betöltött szerepe további kutatási lehetőségeket és eredményeket ígér. A tudományos viták korántsem csak a szakfolyóiratok, szakkönyvek hasábjain folynak, hanem tovább gyűrűznek a különböző társadalmi szférákban, az interneten, a médiumokban és a politikai szintereken is. Ennek a kérdéskörnek a megértéséhez a társadalomföldrajz nagyban hozzájárulhat, a Földrajzi Közlemények következő számában megjelenő tanulmányunkban mi is kívánunk majd néhány lépést tenni ez irányban.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetet mondunk lektorainknak, kollégáinknak, barátainknak, kiemelten PROBÁLD FERENCnek, BERTALAN LAURÁNAK és GYŐRI RÓBERTnek, hogy a tanulmány első változatainak építő kritikája révén segítették munkánkat. A tanulmány elkészítéséhez a TÁMOP 4.2.2.-08/1-2008-0020 „Erdő- és mezőgazdálkodás, valamint a megújuló energiaforrás technológiák és a klímaváltozás” projekt is hozzájárult.

IRODALOM

- AGRAWALA, S. 1998: Context and early origins of the Intergovernmental Panel on Climate Change. – *Climatic Change* 39. pp. 605–620.
- ALLISON, I. – BINDOFF, N. L. – BINDSCHADLER, R. A. – COX, P. M. – DE NOBLET, N. – ENGLAND, M. H. – FRANCIS, J. E. – GRUBER, N. – HAYWOOD, A. M. – KAROLY, D. J. – KASER, G. – LE QUÉRÉ, C. – LENTON, T. M. – MANN, M. E. – McNEIL, B. I. – PITMAN, A. J. – RAHMSTORF, S. – RIGNOT, E. – SCHELLHUBER, H. J. – SCHNEIDER, S. H. – SHERWOOD, S. C. – SOMERVILLE, R. C. J. – STEFFEN, K. – STEIG, E. J. – VISBECK, M. – WEAVER, A. J.: The Copenhagen Diagnosis 2009: Updating the world on the latest climate science. – The University of New South Wales Climate Change Research Centre (CCRC), Sydney, 60 p.
- BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. – BARCZA Z. – HASZPRA L. – GELYBÓ GY. – KERN A. – HIDY D. – TORMA CS. – HUNYADY A. – KARDOS P. 2007: A klímaváltozás regionális hatásai: a jelenlegi állapot és a várható tendenciák. – *Földrajzi Közlemények* 131. 4. pp. 419–429.
- BOND, G. – KROMER, B. – BEER, J. – MUSCHELER, R. – EVANS, M. N. – SHOWERS, W. – HOFFMANN, S. – BOND, R. L. – HAJDAS, I. – BONANI, G. 2001: Persistent solar influence on North Atlantic climate during the Holocene. – *Science* 294. pp. 2130–2136.
- BRÁZDIL, R. – PFISTER, C. – WANNER, H. – STORCH, H. VON – LUTERBACHER, J. 2005: Historical climatology in Europe – the state of the art. – *Climatic Change* 70. pp. 363–430.
- CAILLON, N. – SEVERINGHAUS, J. P. – JOUZEL, J. – BARNOLA, J. M. – KANG, J. – LIPENKOV, V. Y. 2003: Timing of atmospheric CO₂ and Antarctic temperature changes across termination III. – *Science* 299. pp. 1728–1731.
- COMPO, G. P. – SARDESHMUKH, P. D. 2008: Oceanic influences on recent continental warming – *Climate Dynamics* doi: 10.1007/s00382-008-0448-9.
- CZELNAI R. 1999: A világóceán. – Vince kiadó, Budapest. 182 p.
- CZELNAI R. 2007: A klímaügy: 2007. – *Magyar Tudomány* 168. 10. pp. 1316–1326.
- DEMERRIT, D. 2001: The construction of global warming and the politics of science. – *Annals of the Association of American Geographers* 91. 2. pp. 307–337.
- DEMERRIT, D. 2008: Dictionaries, disciplines and the future of geography. – *Geoforum* 39. 6. pp. 1811–1813.
- DEMERRIT, D. 2009a: Geography and the promise of integrative environmental research. – *Geoforum* 40. 2. pp. 127–129.
- DEMERRIT, D. 2009b: From externality to inputs and interference: Framing environmental research in geography. – *Transactions of the Institute of British Geographers* 34. 1. pp. 3–11.
- DRYZEK, J. 1997: The politics of the earth: environmental discourses. – Oxford University Press, Oxford.
- EDDY, J. A. 1977: Climate and the changing sun. – *Climatic Change* 1. 2. pp. 173–190.
- EICHLER, A. – OLIVIER, S. – HENDERSON, K. – LAUBE, A. – BEER, J. – PAPINA, T. – GAGGELER, H. W. – SCHWIKOWSKI, M. 2009: Temperature response in the Altai region lags solar forcing. – *Geophysical Research Letters*, 36. L01808 doi:10.1029/2008GL035930

- FOUCAULT, M. 2000: A szavak és a dolgok. A társadalomtudományok archeológiája. – Osiris, Budapest.
- FOUCAULT, M. 2001: A tudás archeológiája. – Osiris, Budapest.
- GEBHARDT, H. – GLASER, R. – RADTKE, U. – REUBER, P. 2007: Das Drei-Säulen-Modell der Geographie. – In: GEBHARDT, H. – GLASER, R. – RADTKE, U. – REUBER, P. (szerk.): Geographie. Physische Geographie und Humangeographie. Elsevier Spectrum Akademischer Verlag, München. pp. 65–75.
- GLÓZER R. 2007a: Diskurzív módszerek. – In: KOVÁCS É. (szerk.): Közösségtanulmány. Módszertani jegyzet. Néprajzi Múzeum–PTE BTK Kommunikáció- és Médiatudományi Tanszék, Budapest. pp. 260–268.
- GLÓZER R. 2007b: Diskurzuselemzés. – In: KOVÁCS É. (szerk.): Közösségtanulmány. Módszertani jegyzet. Néprajzi Múzeum–PTE BTK Kommunikáció- és Médiatudományi Tanszék, Budapest pp. 360–372.
- GOLDENBERG, S. B. – LANDSEA, C. W. – MESTAS-NUNEZ A., M. – GRAY, W. M. 2001: The recent increase in Atlantic hurricane activity: causes and implications. – *Science* 293. pp. 474–479.
- HAMBLYN, R. 2009: The whistleblower and the canary: rhetorical constructions of climate change. – *Journal of Historical Geography* 35. pp. 223–236.
- HASZPRA L. 2007: A légköri szén-dioxid mérések negyed százada Magyarországon (1986–2006) – *Léggör* 52. 1. pp. 4–8.
- HULME, M. 2008a: Geographical work at the boundaries of climate change. – *Transactions of the Institute of British Geographers* 33. 1. pp. 5–11.
- HULME, M. 2008b: The conquering of climate: discourses of fear and their dissolution. – *The Geographical Journal* 174. 1. pp. 5–16.
- HULME, M. 2009: Why we disagree about climate change. Understanding controversy, inaction and opportunity. – Cambridge University Press, New York 392 p.
- HULME, M. 2010: Mapping climate change knowledge: an editorial essay. – *WIREs Climate Change* 1. pp. 1–8.
- INDERMUHLE, A. – MONNIN, E. – STAUFFER, B. – STOCKER, T. F. 2000: Atmospheric CO₂ concentration from 60 to 20 kyr BP from the Taylor Dome ice core, – Antarctica. *Geophysical Research Letters* 27. pp. 735–738.
- KEELING, R. F. – PIPER, S. C. – BOLLENBACHER, A. F. – WALKER, J. S. 2009: Atmospheric CO₂ records from sites in the SIO air sampling network. – In: Trends: A compendium of data on global change. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. doi: 10.3334/CDIAC/atg.035
- KEENLYSIDE, N. S. – LATIF, M. – JUNGCLAUS, J. – KORNBLUEH, L. – ROECKNER, E. 2008: Advancing decadal-scale climate prediction in the North Atlantic sector. – *Nature* 453. pp. 84–88.
- KELLER, C. F. 2009: Global warming: a review of this mostly settled issue. – *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* 23. 5. pp. 643–676.
- KERÉNYI A. 2008: Éghajlatváltozás: múlt, jelen, jövő. – *Földrajzi Közlemények* 132. 4. pp. 419–429.
- KISS P. – CSABAI I. – LICHTENBERGER J. – JÁNOSI I. 2009: Kozmikus sugárzás, időjárás, éghajlat: hol a hiányzó láncszem? – *Fizikai Szemle* 59. 7–8. pp. 238–243.
- KHANDEKAR, M. L. – MURTY, T. S. – CHITTIBABU, P. 2005: The global warming debate: a review of the state of science. – *Pure and Applied Geophysics* 162. pp. 1557–1586.
- KINNE, O. 2003: Climate research: an article unleashed worldwide storms. – *Climate Research* 24. pp. 197–198.
- KNIGHT, J. R. – ALLAN, R. J. – FOLLAND, C. K. – VELLINGA, M., MANN, M. E. 2005: A signature of persistent natural thermohaline circulation cycles in observed climate. – *Geophysical Research Letters* 32. 20. pp. 1–4.
- LEAN, J. L. – RIND, D. H. 2008: How natural and antropogenic influences alter global and regional surface temperatures: 1889 to 2006. – *Geophysical Research Letters* 35. doi:10.1029/2008GL034864.
- LEVITUS, S. – MATISHOV, G. – SEIDOV, D. – SMOLYAR, I. 2009: Barents Sea multidecadal variability. – *Geophysical Research Letters* 36. doi:10.1029/2009GL039847.
- LÓCZY D. 2002: Újabb elképzelések az éghajlatváltozásról: üvegház- és óceáni elméletek. – *Földrajzi Közlemények* 126. pp. 15–30.
- MANN M. E. – BRADLEY, R. – HUGHES, M. 1998: Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries. – *Nature* 392. pp. 779–787.
- MANN, M. E. – AMMANN, C. M. – BRADLEY, R. S. – BRIFFA, K. R. – CROWLEY, T. J. – JONES, P. D. – OPPENHEIMER, M. – OSBORN, T. J. – OVERPECK, J. T. – RUTHERFORD, S. – TRENBERTH, K. E. – WIGLEY, T. M. L. 2003a: On past temperatures and anomalous late-20th century warmth. – *EOS Transactions American Geophysical Union* 84. pp. 256–257.
- MANN, M. E. – AMMANN, C. M. – BRADLEY, R. S. – BRIFFA, K. R. – JONES, P. D. – OSBORN, T. J. – CROWLEY, T. J. – HUGHES, M. – OPPENHEIMER, M. – OVERPECK, J. T. – RUTHERFORD, S. – TRENBERTH, K. E. – WIGLEY, T. M. L. 2003b: Response. – *EOS Transactions American Geophysical Union* 84. 473 p.
- MANN, M. E. – BRADLEY, R. – HUGHES, M. 2004: Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries. *Corrigendum*. – *Nature* 430. p. 105.
- MANN, M. E. – ZHANG, Z. – HUGHES, M. K. – BRADLEY, R. S. – MILLER, S. K. – RUTHERFORD, S. – NI, F. 2008: Proxy-based reconstructions of hemispheric and global surface temperature variations over the past two

- millennia. – Proceedings of the National Academy of Sciences 105. pp. 13 252–13 257. doi: 10.1073 / pnas. 0805721105
- MCINTYRE, S. – MCKITRICK, R. 2003: Corrections to Mann et al 1998. Proxy database and Northern hemispheric average temperature series. – *Energy and Environment* 14. pp. 751–771.
- MCINTYRE, S. – MCKITRICK, R. 2005: Hockey sticks, principal components and spurious significance. – *Geophysical Research Letters* 32. L03710.
- MEZŐSI G. 2005: Gondolatok a környezettudomány és a geográfia kapcsolatáról. – In: CSORBA P. (szerk.): *Debreceni Földrajzi Disputa. Debreceni Egyetem Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debrecen.* pp. 33–42.
- MIKA J. 2002: A globális klímaváltozásról. – *Fizikai Szemle* 52. 9. pp. 258–268.
- MISKOLCZI F. 2007: Greenhouse effect in semi-transparent planetary atmospheres. *Időjárás* 111. 1. pp. 1–40.
- MOBERG, A. – SONECHKIN, D. M. – HOLMGREN, K. – DATSENKO, N. M. – KARLÉN, W. 2005: Highly variable Northern Hemisphere temperatures reconstructed from low- and high-resolution proxy data. – *Nature* 433. pp. 613–617.
- MUDELSEE, M. 2001: The phase relations among atmospheric CO₂ content, temperature and global ice volume over the past 420 ka. – *Quaternary Science Reviews* 20. pp. 583–589.
- NEFF, U. – BURNS, S. J. – MANGINI, A. – MUDELSEE, M. – FLEITMANN, D. – MATTER, A. 2001: Strong coherence between solar variability and the monsoon in Oman between 9 and 6 kyr ago. – *Nature* 411. pp. 290–293.
- NEU, U. 2007: Klimadiskussion – der Treibhauseffekt in Medien und Politik. – In: GEBHARDT, H. – GLASER, R. – RADTKE, U. – REUBER, P. (szerk.): *Geographie. Physische Geographie und Humangeographie.* Elsevier Spectrum Akademischer Verlag, München. pp. 976–983.
- NORTH, G. E. et al. 2006: Surface temperature reconstructions for the last 2000 years. – Committee on surface temperature reconstructions for the last 2000 years. Board on Atmospheric Sciences and Climate, Division on Earth and Life Studies, National Research Council of the National Academies. Washington, D.C. (Letöltve: 2010. január 26. http://books.nap.edu/openbook.php?record_id=11676&page=R1)
- ORESQUES, N. 2004: Beyond the ivory tower: The scientific consensus on climate change. – *Science* 306. 5702. p. 1686.
- PÁLVÖLGYI T. 2000: Az új évezred kihívása: az éghajlatváltozás. – L'Harmattan, Budapest 111 p.
- PETTINGER, M. E. (ed.) 2007: The social construction of climate change. Power, knowledge, norms, discourses. – Ashgate, Aldershot.
- PROBÁLD F. 2001: Tájföldrajz, regionális földrajz: A hídépítés szükségessége – In: Magyar Földrajzi Konferencia I. Tudományos Közleményei. CD-ROM, Szeged. 7 p.
- PROBÁLD F. 2005: Környezettudomány és geográfia. – In: CSORBA P. (szerk.): *Debreceni Földrajzi Disputa. Debreceni Egyetem Tájvédelmi és Környezetföldrajzi Tanszék, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Debrecen.* pp. 19–32.
- RÁCZ L. 2001: Magyarország éghajlattörténete az újkor idején. – JGYF Kiadó, Szeged. 303 p.
- RUMMUKAINEN, M. 2010: State-of-the-art with regional climate models. – *WIREs Climate Change* 1. pp. 82–96.
- SCAFETTA, N. – WEST, B. J. 2006: Phenomenological solar signature in 400 years of reconstructed Northern Hemisphere temperature record. – *Geophysical Research Letters* 33: L17718 10.1029/2006GL027142.
- SHAVIV, N. J. 2005: On climate response to changes in the cosmic ray flux and radiative budget. – *Journal of Geophysical Research*. 110. A08105. doi:10.1029/2004JA010866.
- SIEGENTHALER, U. – STOCKER, T. – MONNIN, E. – LUTHI, D. – SCHWANDER, J. – STAUFFER, B. – RAYNAUD, D. – BARNOLA, J. M. – FISCHER, H. – MASSON-DELMOTTE, V. – JOUZEL, J. 2005: Stable carbon cycle-climate relationship during the late Pleistocene. – *Science* 310. pp. 1313–1317.
- SOLOMON, S. – QIN, D. – MANNING, M. – CHEN, Z. – MARQUIS, M. – AVERYT, K. B. – TIGNOR, M. – MILLER, H. L. (szerk.) 2007: Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel On Climate Change. – Cambridge University Press, Cambridge–New York, 996 p.
- SOON, W. – BALIUNAS, S. 2003a: Proxy climatic and environmental changes of the past 1000 years. – *Climate Research* 23. pp. 89–110.
- SOON, W. – BALIUNAS, S. 2003b: Lessons and limits of climate history: Was the 20th climate unusual? – The George C. Marshall Institute, Washington, D.C.
- SOON, W. – BALIUNAS, S. – LEGATES, D. 2003: Comment on „On past temperatures and anomalous late-20th century warmth.” – *EOS Transactions American Geophysical Union* 84. pp. 473–476.
- SÖRLIN, S. 2009: Narratives and counter-narratives of climate change: North Atlantic glaciology and meteorology, c. 1930–1955. – *Journal of Historical Geography* 35. pp. 237–255.
- STORCH, H. VON 2009: Klimaforschung und Politikberatung – zwischen Bringschuld und Postnormalität. – *Leviathan, Berliner Zeitschrift für Sozialwissenschaften* 37. pp. 305–317.
- STORCH, H. VON – ZORITA, E. – JONES, J. M. – DIMITRIEV, Y. – GONZALEZ-ROUCO, F. – TETT, S. F. B. 2004: Reconstructing past climate from noisy data. – *Science* 306. pp. 679–682.

- STORCH, H. VON–STEHR, N. 2006: Anthropogenic climate change: A reason for concern since the 18th century and earlier. – *Geografiska Annaler* 88. A. (2) pp. 107–113.
- SUTTON, R. T.–HODSON, D. L. R. 2005: Atlantic ocean forcing of North American and European summer climate – *Science* 309. pp. 115–118.
- SVENSMARK, H. 2007: Cosmoclimatology: a new theory emerges. – *Astronomy & Geophysics* 48. 1.18–1.24.
- TSONIS, A. A.–SWANSON, K.–KRAVTSOV, S. 2007: A new dynamical mechanism for major climate shifts. – *Geophysical Research Letters*. 34. L13705 doi:10.1029/2007GL030288.
- TURNER, B. L. 2002: Contested identities: Human-environment geography and disciplinary implications in a restructuring academy. – *Annals of the Association of American Geographers* 92. 1. pp. 52–74.
- USOSKIN, I. G.–KOVALTSOV, G. A. 2008: Cosmic rays and climate of the Earth: Possible connection. – *C. R. Geoscience* 340. pp. 441–450.
- WEART, S. R. 2008: The discovery of global warming. – Second Edition. Harvard University Press (Online: <http://www.aip.org/history/climate/index.html>).
- WEGMAN, E.–SCOTT, D. W.–SAID, Y. 2006: Ad Hoc Committee Report to Chairman of the House Committee on Energy & Commerce and to the Chairman of the House Sub-committee on Oversight & Investigations on the Hockey-stick Global Climate Reconstructions. – US House of Representatives, Washington, DC.
- ZIMMERER, K. S. 2007: Cultural ecology (and political ecology) in the 'environmental borderlands': exploring the expanded connectivities within geography. – *Progress in Human Geography* 31. 2. pp. 227–244.
- ZHANG, R.–DELWORHT, T. L. 2006: Impact of Atlantic multidecadal oscillations on India/Sahel rainfall and Atlantic hurricanes. – *Geophysical Research Letters* 33. L17712. doi:10.1029/2006GL026267.