

Hágen András

Magyarországi Németek Általános Művelődési Központja –
Bereczki Máté Élelmiszeripari és Mezőgazdasági Szakképző Iskola és Sportiskola, Baja
hagen13@freemail.hu

EGY KÖZÖS MAGYAR–SZERB KUTATÁS: A MILANKOVIĆ–BACSÁK-CIKLUS¹

A Joint Hungarian-Serbian Research: The Milanković–Bacsák Cycle

*Zajedničko mađarsko-srpsko istraživanje:
ciklusi po metodi Milankovića i Bačaka*

A 19. század óta számos kutatót megihletett az éghajlatváltozás csillagászati okainak kutatása. A 20. század elején Milutin Milankovićnak sikerült matematikai formába öntenie. A számításokat Bacsák György pontosította. A számítások főképp az utolsó jégkorszak idejére tehetők. Ezeket az eredményeket a matematikai számítások igazolták. Milanković és Bacsák vizsgálatai igazolták, hogy ha a Föld jövőbeni éghajlatát akarjuk kiszámítani, akkor, ha nem is teljesen, de döntő mértékben dinamikailag értenünk kell a múlt éghajlatát. Ezért elengedhetetlenek a paleoklimatológiai vizsgálatok a Milanković–Bacsák-módszer segítségével.

Kulcsszavak: Milanković–Bacsák-ciklus, extraterresztrikus okok, éghajlatváltozás, földtan

BEVEZETÉS

A 20. század első felében – eltekintve az első világhégtől – töretlenül fejlődött a természettudományok ismerete, ugyanakkor a csillagászatra és a földtudományokra is jellemző volt e tendencia.

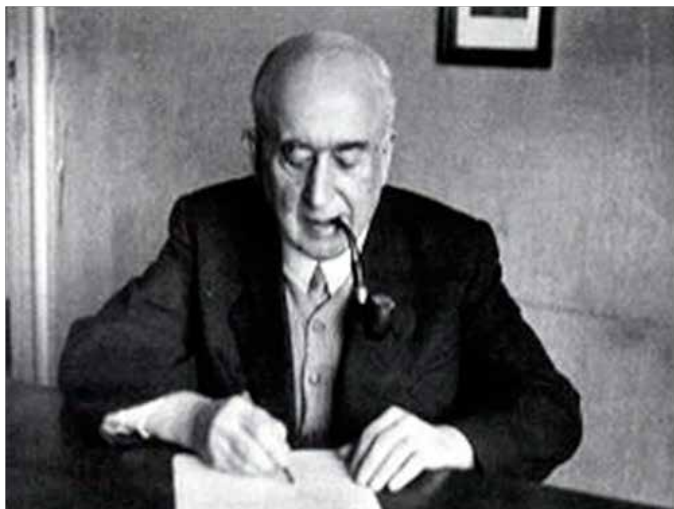
E tudományfejlődés lényegében érintette a tágabb értelemben vett Kárpát-medencét is, ahol egy szerb származású tudós (Milutin Milanković) csillagászati megfigyeléseket végzett, amelyből következtetéseket vont le az éghajlatváltozásra. Ezeket az eredményeket egy magyar tudós (Bacsák György) matematikailag kiegészítette.

¹ Módosított közlés. Első közlés: Hágen A. 2013: Milanković–Bacsák-ciklus és a földtan. *Magyar Tudomány*, 2013/2. 200–205.

E cikk szerzője 2013-ban a *Magyar Tudomány* 2. számában (HÁGEN 2013) kifejtette a Milanković által megfigyelt csillagászati paraméterek hatását a földtörténeti múlt rétegeiben. Jelen cikk elsősorban a közös szerb–magyar kutatósokra helyezi a hangsúlyt, azzal a szándékkal, hogy képes közös tudományos munkára a két szomszédos nép.

MILUTIN MILANKOVIĆ ÉS A MATEMATIKA

Milutin Milanković (1. ábra) 1879-ben egy viszonylag jómódú szerb család gyermekeként született, Eszék közelében, a Duna partján lévő Dálya községben. A viszonylagos jómód miatt egyfajta kötelezettség volt a felsőfokú végzettség megszerzése, valamint a családi vállalkozás továbbvitele. Mezőgazdaságot tanult, de inkább a természettudományok vonzották. A szenvedélyének hódolva 1904-ben Bécsben mérnöki diplomát szerzett.



1. ábra. Milutin Milanković (1879–1958)

Öt év múlva visszatért Belgrádba, s az ottani egyetem matematikaprofesszora lett. Milanković fő perspektívája elsősorban a kutatás volt, ezért folyamatosan kereste a problémákat. 1911-ben egy barátját látta vendégül, és akkor fogalmazódott meg benne az a gondolat, hogy a klímaváltozás és a naprendszer bolygóinak mozgása közötti kapcsolatot matematikai formába önti.

A professzor tanulmányozta a korábban írott munkákat. Folyamatosan konzultált Ludwig Pilgrim német matematikussal, akinek 1904-ben megjelent egy dolgozata, amely számítási paramétereket tartalmazott a Föld tengelyének fer-

deségéről és tengely körüli forgásáról. Pilgrim is próbált összefüggéseket találni az orbitális pályaelemek és a jégkorszakok között.

Milanković egyetemi munkája mellett a gyakorló építészeti tevékenységét is folytatta a Monarchia területén. Itt érte az első világháború kitörése, amikor a Monarchia hatóságai mint szerb állampolgárt letartóztatták és elhurcolták a feleségével egyetemben. Internáltként hamarosan Budapestre került. A Magyar Földrajzi Társaság egykori elnökének (1891–1893, 1900–1914) és a Magyarhoni Földtani Társulat titkárának (1898–1920), id. Lóczy Lajosnak köszönhetően tovább folytathatta a kutatómunkát. Ebből kifolyólag felkereste a Magyar Tudományos Akadémia könyvtárát és a matematikai osztály titkárát, aki segítette abban, hogy zavartalanul folytathassa 1912-ben megkezdett tudományos munkáját. A háború alatt közzétette néhány ötletét a Mars és a Vénusz éghajlatáról.

1915 végére már elkészült egy monográfia kéziratával. Arra számított, hogy a háború hamarosan véget ér, és publikálhatja a munkáját.

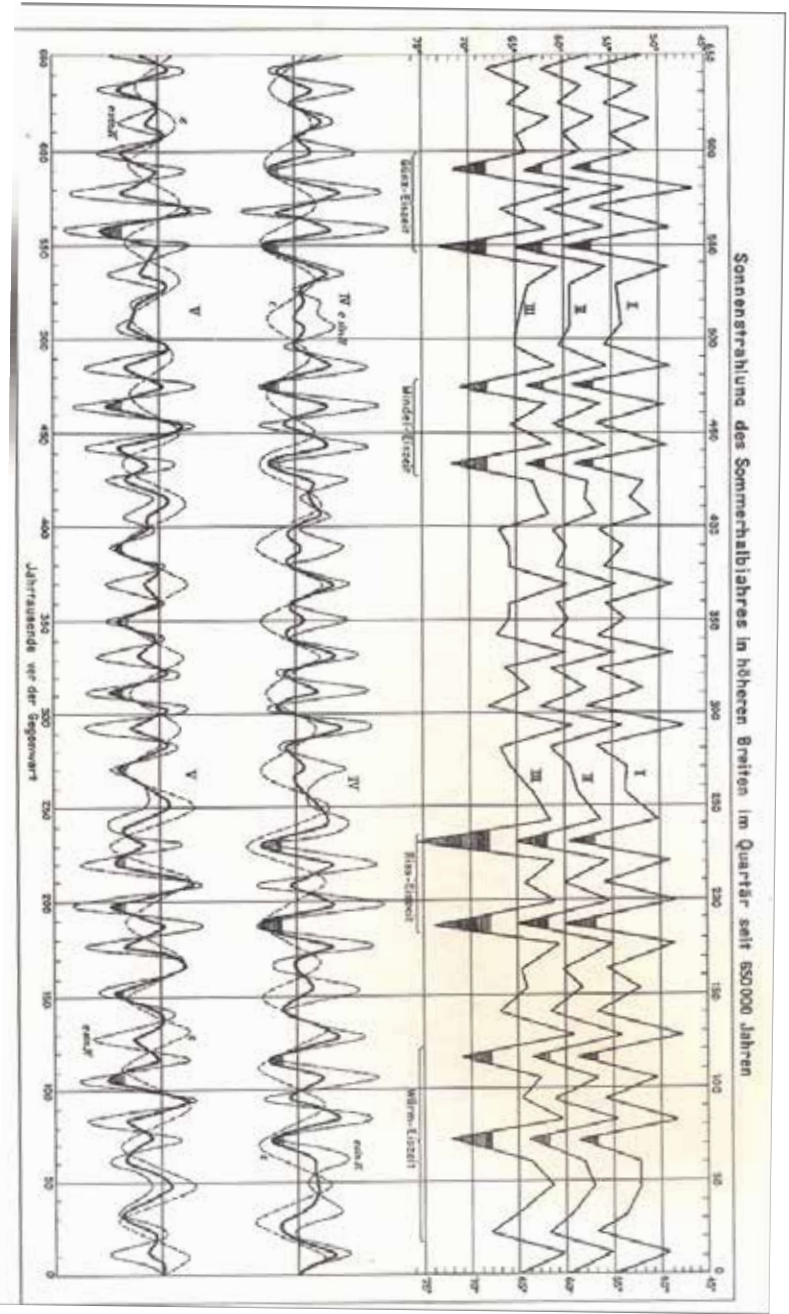
A CIKLUS CSILLAGÁSZATI OKAI

A háború három év múlva véget ért, a szabadon bocsátást követően hazatért Szerbia fővárosába, Belgrádba. A hazatérést követően 1920-ban publikálta elméletét *Mathematische Theorie der durch Sonneneinstrahlung ausgelösten Wärmephänomene* (Matematikai teória a napsugárzás által okozott termikus jelenségekre) címmel. Milanković anyanyelvi szinten írt németül, a kézírata is német nyelvű volt, de a háború után a Szerb Királyságban a közhangulat elutasította a német nyelv használatát, ezért (Szerbia hadban állt az Osztrák–Magyar Monarchiával, valamint Németországgal is) a Párizsban történő publikációt várta el.

Elméletében a következőket feltételezi:

- csillagászati paraméterek változásai okozzák az eljegesedést;
- a paraméterek befolyásolják a napenergia mennyiségét a Földön, különösen nyáron az északi féltekén (az 55–65. északi szélességi fokok között);
- a változásokat ki lehetett számolni, és így ki lehetett számítani a múltra vonatkozó éghajlatot.

Wladimir Köppen és Alfred Wegener (1924) híres német meteorológusok támogatták az új elméletet, és megjegyezték, hogy az Albrecht Penck és Eduard Brückner által posztulált négy eljegesedés nem véletlenül esik egybe a számított görbével (2. ábra).



2. ábra. A nyári direkt napsugárzás változásai az utóbbi 650 000 évben. A diagram vízszintes tengelyén az évek látszódnak. A függőleges tengelyen pedig a jégár előrenyomulása szélességi fokok szerint, az utolsó három vonalon pedig a napsugárzás ingadozásai (Köppen–Wegener 1924)

A jégkorszakok csillagászati eredetét már az 1840-es években felismerték, és olyan híres és elismert tudósok fogalmazták meg alapjait, mint Louis Agassiz gleccserkutató vagy Joseph Adhemar francia matematikus, ugyanakkor a híres magyar államférfi, Kossuth Lajos is próbálta alkalmazni (HÁGEN 2011a, b, 2012). Közel egy évszázaddal később Milutin Milanković geofizikus és építész matematikai formába öntötte ezt a hipotézist. Szerinte a csillagászati ritmusszabályozásnak három összetevője van:

Az első a Föld forgástengelyének hajlásszöge. A forgástengely iránya jelenleg 23,5 fokos szöget zár be a Föld keringési síkjára állított merőlegessel. Ez a szög 41 000 éves periódussal ingadozik 21,5 és 24,5 fokok között. Minél nagyobb a hajlásszög, annál szélsőségesebbek az évszakok mindkét félgömbön: a nyarak melegebbek, a telek pedig hidegebbek.

A második összetevő a Föld pályájának alakja, amely 100 000 éves periódussal változik. Egyszer megnyúlik, és nagy excentricitású ellipszis alakját ölti, majd ismét szinte kör alakúvá válik. Ha nő az excentricitás, akkor nő a különbség a Nap és a Föld legkisebb és legnagyobb távolsága között. Jelenleg a Föld akkor távolodik el legjobban a Naptól, amikor a déli félgömbön tél van, ennek következtében a déli félgömbön a tél valamivel hidegebb, a nyár viszont valamivel melegebb, mint az északi félgömbön.

A harmadik összetevő a precessió, vagyis a földtengely – a Nap és a Hold forgatónyomatékának hatására bekövetkező – elmozdulása. A forgástengely 23 000 év alatt ír le egy teljes kört a csillagokhoz képest. A precessió határozza meg, hogy egy adott félgömbön a nyár a földpálya napközeli vagy naptávoli pontjára esik-e, vagyis, hogy a Föld éghajlatának a tengely ferdesége miatti évszakosságát erősíti-e vagy gyengíti a pálya excentricitásából adódó évszakosság. Ha az évszakosság e két meghatározója (a tengelyferdeség és pályaeccentricitás) az egyik félgömbön szinkronban van egymással, akkor az ellentétes félgömbön aszinkronban kell lennie. Tehát a két pólus térségére vetítve az eljegesedési ciklusok ellentétesek.

Milanković kiszámította, hogy e három tényező együttes hatására a nyári napsugárzás mennyisége az északi sarok közelében akár 20%-kal is változik. Ez pedig elegendő ok lehet az északi félteke szárazföldjének északi részét borító jégmező előrenyomulására, amikor hűvös nyarak és enyhe telek váltogatják egymást. Ugyanakkor meg kell említeni, hogy Milanković nem volt kellően jártas az elméleti csillagászatban és az égimechanikában, ezért a számításokat Vojislav Mišković munkatársa végezte (MAJOR 2006).

BACSÁK GYÖRGY PONTOSÍTÁSA

Milanković munkáiban csak a legutóbbi jégkorszak 9 eljegesedési csúcsára koncentrált, amelyek összes ideje a 600 000 évig tartó időszaknak hatodát sem tette ki, s a köztes interglaciálisokra nem fordított figyelmet. E hiányosságokat az 1870-ben Pozsonyban született Bacsák György pótolta (BACSÁK 1940). Ebben a munkában csillagászati alapon vizsgálja meg az eljegesedések közötti enyhe időt (interglaciális). E számításokat bekalkulálva megismételte Milanković és Mišković számításait az elmúlt 600 000 évre vonatkozólag. A két tudós 1938 és 1955 között élénk levelezést folytatott. A Szerb Tudományos Akadémia Belgrádban Milanković hagyatékai között 29 levelet őriz Bacsák Györgytől. Bacsák családja 16 levelet őriz Milankovićtól (MAJOR 2006).

A Milanković–Bacsák-elmélet a barlangok kialakulásának kronológiai datálását is jelentősen előbbre vitte. Ezért Bacsák Györgynek a Bécsben, 1961-ben megrendezett III. Nemzetközi Szpeleológiai Kongresszuson e témakörben megtartott előadása nagy nemzetközi figyelmet keltett, és újabb megbecsülést szerzett nemcsak az idős tudós, de a magyar barlangtudomány számára is.

Életvitelére jellemző, hogy idejének jó részét a városoktól távol töltötte fonyódi villájában. Mindig korán kelt, későn feküdt, és tisztában volt azzal, hogy az elmélyült szellemi tevékenységnek elengedhetetlen kiegészítője az intenzív fizikai munka és a megfelelő sport. Ezt a frissítő kurzust naponta gyakorolta is. E szellem napjainkban is követendő példa (GÁDOROS 1970).

Bacsák Györgyre nagy tisztelettel emlékezik a Magyarhoni Földtani Társulat és a Magyar Földrajzi Társulat is. E két szervezet emléktáblát helyezett el a tudós fonyódi házában (3. ábra). A Magyar Tudományos Akadémia Földtudományi Osztálya 1997-ben emlékülést tartott tiszteletére.



3. ábra. Emléktábla Bacsák György fonyódi házában

Milanković nagyszerű munkáját Bacsák kiegészítése tette teljessé. A munka nagy része Milutin Milankovićot dicséri, azonban Bacsák György nélkül ezen elmélet teljesen feledésbe merült volna, ezért hivatkoznak Milanković–Bacsák-ciklusként az elmélet lényegére.

ÖSSZEFOGLALÁS

Milankovićot a halál 1958-ban érte utol Belgrádban. Végrendelete szerint koporsóját 1966-ban átszállították Dályába, ahol örök álmát alussza a családi sírban ősei között. Összességében elmondhatjuk, hogy a vérzivataros 20. században Milutin Milankovićnak sikerült matematikai módszerekkel kimutatnia az extrateresztrikus okokat az éghajlatváltozásban.

Sajnálatosan nem fogadta el mindenki a Milanković–Bacsák-elméletet felfedezők életében, csak 1976-tól kezdődően, amikor is az empirikus kutatásokkal (műszeres mérési sorok alapján, illetve paleoklimatológiai analógiák keresésével), valamint tengerfenéki fúrások rétegeinek oxigénizotóparány-vizsgálatával sikerült számításait igazolni (MÉSZÁROS 2011).

Milanković hazájában (Szerbiában) kiemelt szerepet tölt be a tudósok között. A Szerb Köztársaság, hogy tiszteletét kifejezze iránta, bélyeget szentelt neki (4. ábra), és a 2000 dináros pénzjegyen is az ő arcképe látható.



4. ábra. Szerbia és Montenegró-i bélyeg Milutin Milanković tiszteletére
(Forrás: Pošta Srbije i Crne Gore, 2004)

Az Európai Geofizikai Társaság (EGU) 1993-ban létrehozta a Milutin Milanković-díjat azok számára, akik kimagasló eredményt érnek el az éghajlatot befolyásoló hatások felfedezésében. A NASA „óriásai” között Milanković bekerült a Top 15-be. A csillagászok Milanković tiszteletére egy-egy krátert neveztek el a Holdon és a Marson. Az UNESCO 2009-ben Milanković születésének 130. évfordulója alkalmából neki szentelte az évet.

Ha a Föld jövőbeni éghajlatát akarjuk kiszámítani, akkor, ha nem is teljesen, de döntő mértékben dinamikailag értenünk kell a múlt éghajlatát (MAJOR 2006). Természetesen nem a teljes földtörténeti múlt éghajlatát, hanem az utóbbi néhány százezer évre vonatkozót. Azonban minél közelebb érünk napjaink éghajlatához, annál több tényező játszott, akár külön-külön is meghatározó szerepet, pl. a Milanković–Bacsák-ciklus, a Nap aktivitásának ciklusai, a hegységképződés vagy kontinensvándorlás, az óceáni cirkuláció változásai, a bioszféra hatásai, a légkör összetételének különböző eredetű változásai, az emberi tevékenység fokozódó hatása. A sort még folytatni lehetne, de akkor sem érnék a végére.

A tanulmány zárásaként szerepeljen itt Bacsák György (1940) mondata:

„Az elméleti számítások tehát olyan jól vágnak a természet megfigyelés eredményeivel, hogy Milankovitch elméletében kételkedni nem lehet.”

Bacsák állítása részben igaz, hiszen a megfigyelések részben igazolják Milanković elméletét, azonban a kutatók nem ismerik az éghajlatváltozás hatásmechanizmusát. Ugyanakkor nem hagyhatjuk figyelmen kívül, hogy Milutin Milanković száz évvel ezelőtt kezdte el matematikai formába önteni az éghajlatváltozás csillagászati okait.

E ciklus bizonyításával létrejött a közös magyar–szerb kutatás, a Milanković–Bacsák-ciklus.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném kifejezni köszönetemet a szerb Postának, amiért engedélyezte a Milutin Milankovićot ábrázoló bélyegkép használatát, valamint Džuverović Natáliának, a Szerb Posta levelének tökéletes fordításáért.

IRODALOM

- BACSAK György 1940. *Az interglaciális korszakok értelmezése I, II, III.* Időjárás, 8–16, 62–69, 105–108.
- GÁDOROS Miklós 1970. *Dr. Bacsák György.* Karszt- és Barlangkutató Tájékoztató. 1970. 3.
- HÁGEN András 2011a. *Kossuth Lajos és a klimatológia.* Élet és Tudomány. 32, 1001–1004.
- HÁGEN András 2011b. *Kossuth Lajos éghajlati jövőképe.* Légkör, 56, 2, 78–80. <http://www.mettars.hu/wp-content/uploads/2012/02/Legkor1102.pdf>

- HÁGEN András 2012. *Kossuth Lajos és a földtani korok*. Magyar Tudomány, 2012/6. 692–698. <http://www.matud.iif.hu/2012/06/06.htm>
- HÁGEN András 2013. *A Milanković–Bacsák-ciklus és a földtan*. Magyar Tudomány, 2013/2, 200–205. <http://www.matud.iif.hu/2013/02/08.htm>
- KÖPPEN, Wladimir & WEGENER, Alfred 1924. *Die Klimate der geologischen Vorzeit*. Borntraeger, Berlin, 256.
- MAJOR György 2006. *A Milanković–Bacsák-elmélet és az éghajlatváltozások*. Légkör. 51. 20–23. <http://owww.met.hu/legkor/legkor20060k.pdf>
- MÉSZÁROS Ernő 2011. *A természettudományok rövid története*. MTA Történettudományi Intézet. Természettörténelem 3. 215.
- NAGY Imre 2007. *A Kárpát-medence régiói: Vajdaság*. Dialóg Campus Kiadó, Pécs–Budapest, 76–107.

A Joint Hungarian-Serbian Research: The Milanković–Bacsák Cycle

Since the 19th century, many scientists have been inspired to research the astronomical causes of climate change. At the beginning of the 20th century, Milan Milanković succeeded in putting this into a mathematical form. The calculations were verified by György Bacsák. They mostly lead back to the last ice age, and the results were proven by mathematical calculations.

Milanković and Bacsák's investigations show that if we wish to calculate the Earth's future climate, we need to know the climate in the past – if not fully, then quite dynamically. Therefore paleoclimatological research is indispensable, following the Milanković–Bacsák methodology.

Key words: cycle, extraterrestrial causes, climate change, geology

Zajedničko mađarsko-srpsko istraživanje: ciklusi po metodi Milankovića i Bačaka

Od 19. veka mnoge je istraživače inspirisalo istraživanje astronomskih uzroka klimatskih promena. Na početku veka Milutinu Milankoviću je pošlo za rukom da ih pretoči u matematičku formu, dok je Đerđ Bačak precizirao njegove proračune. Kalkulacije se mahom odnose na period zadnjeg ledenog doba. Matematički proračuni su ove proračune verifikovali.

Istraživanja Milankovića i Bačaka su pokazala da ukoliko neko želi da izračuna Zemljinu klimu u budućnosti, trebalo bi, ako ne i u potpunosti, bar u dovoljnoj meri da shvati dinamiku klimatskih karakteristika u prošlosti. Iz tog razloga su geoklimatska istraživanja po metodi Milankovića i Bačaka nezaobilazno bitna.

Ključne reči: ciklusi po metodi Milankovića i Bačaka, ekstraterestrijalni uzroci, klimatske promene, geologija

Beérkezés időpontja: 2016. január 22.

Közlésre elfogadva: 2016. február 3.

