

MAGYAR GEOFIZIKA

HUNGARIAN GEOPHYSICS

A MAGYAR
GEOFIZIKUSOK
EGYESÜLETÉNEK
FOLYÓIRATA



JOURNAL OF THE
ASSOCIATION
OF HUNGARIAN
GEOPHYSICISTS

Szegedre kirándultak Egyesületünk szenior tagjai

A Swarm – A mesterséges hold mágneses méréseiből meghatározott
totális mágneses anomáliák és azok vertikális gradiensének meghatározása
Közép-Európára és a Pannon-medencére

Mágneses mérések a Balatonon:
Észlelt anomáliák és az eredmények értelmezése
Gravitációs, mágneses és légi geofizikai adatbázisok

Agocs-ösztöndíj 2018

Összefoglaló az MTA Geofizikai Tudományos Bizottság soproni üléséről

In Memoriam:
Dr. Horváth Ferenc



MAGYAR GEOFIZIKUSOK
EGYESÜLETE

MAGYAR GEOFIZIKA

HUNGARIAN GEOPHYSICS

59. évfolyam (2018) 3. szám



A MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETÉNEK FOLYÓIRATA
JOURNAL OF THE ASSOCIATION OF HUNGARIAN GEOPHYSICISTS

TARTALOM • CONTENTS

MGE HÍREK • NEWS OF ASSOCIATION OF HUNGARIAN GEOPHYSICISTS

- 107 Szegedre kirándultak Egyesületünk szenior tagjai (Excursion of retired members of the Society in Szeged) – *Rezessy G.*

TANULMÁNYOK • PAPERS

- 109 A Swarm–A mesterséges hold mágneses méréseiből meghatározott totális mágneses anomáliák és azok vertikális gradienseinek meghatározása Közép-Európára és a Pannon-medencére (Determination of total magnetic anomalies and their vertical gradients of Swarm–A satellite over Central Europe and Pannonian Basin) – *Kis K., P. T. Taylor, Toronyi B., Pusztai S., Wittmann G.*
- 117 Mágneses mérések a Balatonon: Észlelt anomáliák és az eredmények értelmezése (Magnetic surveys of Lake Balaton: Observed anomalies and interpretations) – *Visnovitz F., Hegyi B., Balázs A., Raveloson A., Rozman G., Lenkey L., Lenkey-Bóger Á., Király Á., Pethe M., Kudo I., Kovács P., Csontos A., Heilig B., Vadász G., Horváth F.[†]*
- 129 Gravitációs, mágneses és légi geofizikai adatbázisok (Gravity, magnetic and airborne geophysical databases) – *Kiss J.*

HÍREK • NEWS

- 149 Agocs-ösztöndíj, 2018 – *Kis K.*
- 150 Összefoglaló az MTA Geofizikai Tudományos Bizottságának üléséről – *Szabó N. P.*

IN MEMORIAM

- 152 Dr. Horváth Ferenc – *Timár G.*

MAGYAR GEOFIZIKA

HUNGARIAN GEOPHYSICS

59. évfolyam (2018) 3. szám

A MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETÉNEK FOLYÓIRATA
JOURNAL OF THE ASSOCIATION OF HUNGARIAN GEOPHYSICISTS

Főszerkesztő • Editor-in-Chief

DR. BODOKY TAMÁS

E-mail: mageofedit@gmail.com

Szerkesztőbizottság • Editorial Board

DR. BARÁTH ISTVÁN, DR. GALSA ATTILA

DR. PETHŐ GÁBOR, DR. SZABÓ NORBERT PÉTER

Technikai szerkesztő • Technical Editor

HOCK GÁBOR

E-mail: mageoftechn@gmail.com



Lapunk megjelenését a Magyar Olaj- és Gázipari Nyilvánosan Működő Részvénytársaság támogatja

A szerkesztőség a szakcikkeket (tanulmányokat) szaklektorálás után közli. A szaklektorok névsorát az évváró számban tesszük közzé. A lapban megjelenő cikkek adatainak és állításainak helyességért, ill. közölhetőségéért kizárólag a szerzők tartoznak felelősséggel.

Kiadja a Magyar Geofizikusok Egyesülete
A kiadásért felel: Magyar Balázs

Készült: Starkiss Kft., 2040 Budaörs, Kisfaludy utca 40.
Felelős vezető: Kiss Sándor üv. igazgató

Szerkesztőség: 1145 Budapest, Columbus u. 17–23.
Telefon/Fax: (1) 201-9815
Titkársági e-mail: postmaster@mageof.t-online.hu
Honlap: www.mageof.hu

Előfizethető a Magyar Geofizikusok Egyesületénél
(1371 Budapest, Pf. 433, Telefon/Fax: (1) 201-9815)
egyesületi tagoknak tagdíj ellenében
Megjelenik évente négyszer

Borító, tipográfia és nyomdai előkészítés:
EP Systema Bt., Budapest

INDEX: 26 507
HU ISSN 0025-0120

Szegedre kirándultak Egyesületünk szenior tagjai

Programunkban az új szegedi lézerközpont megtekintése, az Egyetem meglátogatása és városnézés szerepelt. 2018. szeptember 12-én kora reggel indultunk vonattal Szegedre, ahol megérkezés után bérelt busszal folytattuk utunkat.

A szegedi ELI (Extreme Light Infrastructure) – ALPS (Attosecond Light Pulse Source) lézerközpontot látogattuk meg, ahol Márton Gergely kommunikációs menedzser fogadott bennünket délelőtti 10 órakor. A már elkészült, lenyűgöző méretű építményről, amelybe folyamatosan telepítik a berendezéseket, a következőket tudhattuk meg.

Az Extreme Light Infrastructure (ELI) egy nagy teljesítményű lézeren alapuló civil kutatói létesítmények hálózata, amely három központból áll majd: Magyarországon, a Cseh Köztársaságban és Romániában jön létre egy-egy intézet európai együttműködés keretében és a nemzetközi tudományos közösség részvételével.

A Szegeden létesülő – 2009-ben elindított és 2017-ben részben üzembe állított – ELI Attoszekundumos Fényimpulzus Forrás elnevezésű kutatóközpont elsődleges célja egy olyan egyedülálló berendezés létrehozása, amely a lehető legnagyobb ismétlési frekvenciával biztosít fényimpulzusokat a terahertztől (10^{12} Hz) a röntgensugárzásig (10^{18} – 10^{19} Hz) terjedő széles frekvenciasávban, akár attoszekundumos időtartományban is. Az intézet nemcsak a fizika, hanem a biológia, a kémia, az orvos- és anyagtudományok területén végzett vizsgálatok céljából is rendelkezésre áll a világ minden részéről érkező kutatói közösségnek, pályázati rendszerben.

Mire jók az ilyen nagyfrekvenciájú felvillanások? Sok olyan fizikai, kémiai, biológiai folyamat van, amelyeknek eddig csak a végállapotát láthattuk: például rákos sejtek kialakulása. Most lehetőség nyílik arra, hogy a másodperc milliomodrésze alatt vagy még gyorsabban lejátszódó folyamatok közbűlső fázisait is lefényképezzük, így a folyamat részleteiben is megismerjük.

A projekt költségvetése – amely az épületeken kívül tartalmazza a kutatási berendezések és eszközök beszerzését is – több mint 70 milliárd forint, ennek 85 százalékát az Európai Unió Európai Regionális Fejlesztési Alap biztosítja.

A Szegedi Tudományegyetem Ásványtani, Geokémiai és Közettani Tanszékén dr. M. Tóth Tivadar tanszékvezető és dr. Szanyi János tudományos főmunkatárs vendégei voltunk. Tájékoztatót kaptunk a geotermika sanyarú (hazai) helyzetéről és szárnyalásáról (Szanyi János izlandi úti beszámolójaként) és betekintést nyertünk a tanszék küzdelmes életébe.

Ebédünket az algyői Halászcserdjában fogyasztottuk el. Az ebéd utáni sétánk során láttuk többek között az Aba-Novák-freskókat a Hősök kapuján, az 1849-es aradi vértanúk emlékoszlopát és a püspöki palotát, a Dóm teret, a Nemzeti Emlécsarnokot, a Fogadalmi templomot, valamint a Móra Múzeum épületét.

A Nemzeti Emlécsarnokban megkoszorúztuk báró Eötvös Loránd emléktábláját. Szabó Zoltán tagtársunk emlékezett meg volt Intézetünk névadójáról, idézeteket



Márton Gergely mutatja be a létesítményt az előtérben elhelyezett makett előtt. A fejük felett lebegő UFO-t TV-képernyőként azonosították



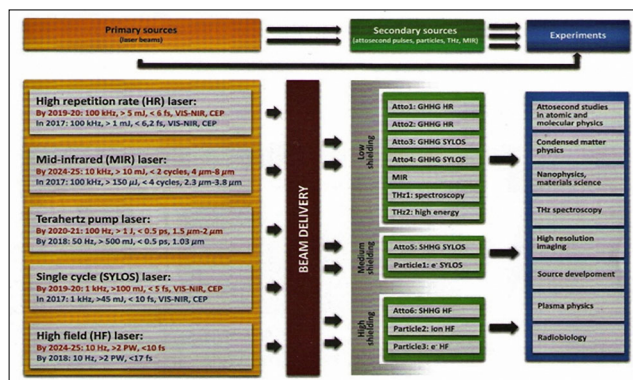
A nagy ablakokon át mi is láthattuk a fogadóhelyiségből, mi zajlik a szigorúan zárt terű laboratóriumokban



M. Tóth Tivadar mutatja be a Koch Sándor ásványgyűjteményt, amely néhány éve a tanszék folyosóin nyert elhelyezést

olvasva az egykori kutatóról, oktatóról, miniszterről, az Akadémia elnökéről. Az idézetek között szerepelt Eötvös írása a tudományos kutató autonómiájáról, válaszul Lukács László pénzügyminiszter 1911. évi felkérésére, melyben arra kéri Eötvöst, hogy a geológusok kérésére csatlakozzon a Maros-völgyi kőso-kutatásokhoz:

„Nagyméltóságodnak aug. 19-ikén kelt megtisztelő iratát netáni tévedéseket akarván elkerülni, válasz nélkül nem hagyhatom.



A berendezések teljes kiépítettségét bemutató ábra. A primer források oszlopában pirossal láthatók a végleges paraméterek, a középső oszlopban a primer forrásokkal meghajtott másodlagos források, a jobboldali oszlopban pedig a tervezett felhasználási területek

Előző iratomban jeleztem, ...miszerint lehetőnek tartom, hogy vizsgálati módszereim a mélységben rejtett tömegek felmérése révén oly felvilágosításokat nyújtanak, melyek gyakorlatilag is értékesíthetők, s kijelenttem, hogy kutatásaimat ebben az irányban is kiterjeszteni szándékozom, de hozzátettem, hogy ... a sokszor túlnyomóan körülményes, exact kutatásnak lassú és azért nehézkesnek látszó útjáról el nem térhetek. Boldog volnék, ha eredményeimnek mások is hasznát vennék, de fenn kell tartanom kutatásom irányítására nézve teljes szabadságomat...

Sajnálatomra nem tehetek azért eleget Nagyméltóságod azon kívánságának, hogy magamat a kolozsvári M. k. Bányaászati Kutató Kirendeltségének mintegy alárendeltessem, oly módon, hogy irányítást attól várva, eredményemmel annak számoljak be.”

(Egy halk sóhaj – Eötvös szelleme hová lettél?)

Az újra együtt töltött nap emlékeivel gazdagodva este nyolc órára érkezünk meg a Budapestre.

Utunkat a Magyar Geofizikusokért Alapítvány támogatta.

Rezessy Géza,
az MGE Szenior Bizottság elnöke



Csoportkép volt Intézetünk névadójának emléktáblája előtt

A Swarm–A mesterséges hold mágneses méréseiből meghatározott totális mágneses anomáliák és azok vertikális gradiensének meghatározása Közép-Európára és a Pannon-medencére

KIS K.^{1,*}, P. T. TAYLOR², TORONYI B.³, PUSZTA S.⁴, WITTMANN G.⁵

¹Eötvös Loránd Tudományegyetem, Geofizikai és Űrtudományi Tanszék,
1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C

²Geodesy and Geophysics Laboratory, NASA/GSFC, Greenbelt, MD 20771, USA

³Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Általános- és Felsőgeodézia Tanszék,
1111 Budapest, Műegyetem rakpart 3.

⁴Fractal Bt., 1155 Budapest, Óda u. 37.

⁵MOL Group, 1117 Budapest, Október huszonharmadika u. 18.

*E-mail: kisk@caesar.elte.hu

A Swarm–A mesterséges hold totális mágneses méréseiből levezetett anomáliák meghatározásának lépéseit ismertetjük. A meghatározás több konverziós és szelekciós eljárás alkalmazását követeli meg. A korrekciók első lépése a CDF formátumú adatok konverziója ASCII formátumú adatokká. Azok az adatok kerültek további feldolgozásra, amelynek a K_p indexe $\leq 1_+$. A mérési adatok és az IGRF tér különbsége szolgáltatja az anomáliákat. Két fajta Swarm–A anomália állt rendelkezésre: 6000 leszálló és 5688 felszálló pálya. A további számításokra a leszálló pályákat használtuk. A számítások következő lépése az anomáliák (2. ábra) és az ezekhez illesztett kétdimenziós lineáris tér (3. ábra) különbségének meghatározása. Az így meghatározott anomáliák kétdimenziós Gauss-féle aluláteresztő szűrővel lettek transzformálva. A feldolgozás utolsó lépése az anomáliákban előforduló direkt komponens eltávolítása. A továbbiakban meghatároztuk az anomáliák és azok vertikális gradiensének kvalitatív értelmezését Közép-Európára és a Pannon-medencére.

Kis, K. I., Taylor, P. T., Toronyi, B., Puszt, S., Wittmann, G.: Determination of total magnetic anomalies and their vertical gradients of Swarm–A satellite over Central Europe and Pannonian Basin

Our paper discusses the determination of total magnetic field anomalies derived from the Swarm–A satellite data; one of two low orbiting satellites of the three Swarm formations. This procedure requires several modifications. The first step is the conversion of the measured CDF data to the ASCII format. This step is followed by the selection of the data with K_p index $\leq 1_+$. The anomalies are determined by the removal of the IGRF from the resulting satellite data. There are two Swarm–A data sets: descending (6000) orbits and ascending (5688) orbits. For our study the descending orbits were used. The next step of calculations is to determine the difference of the two-dimensional linear field (Fig. 3) fitted to the Swarm–A anomalies and the anomalies given in Fig. 2. These anomalies are filtered by Gaussian low-pass filter. The last step of the corrections is the removal of the direct component, zero spatial frequency, from the descending anomalies. The anomalies and their vertical gradients are qualitatively interpreted over Central Europe and the Pannonian Basin.

Beérkezett: 2018. december 21.; elfogadva: 2018. december 29.

Bevezetés

A Swarm–A mesterséges hold méréseiből levezetett totális mágneses anomáliák és azok vertikális gradienseinek meghatározása, valamint ezeknek az anomáliáknak a kvalitatív értelmezése képezi a jelen tanulmány tárgyát.

A Swarm–A, –B és –C mesterséges holdakat Rokot rakétával bocsátották Föld körüli pályára a Plesetskben található űrbázisról, 2013-ban. A Swarm küldetést az ESA (Európai Űrügynökség) koordinálja a Living Planets Program keretében.

A Swarm mesterséges holdakat közel kör alakú pályára állították 2013. november 22-én. Az A és C holdakat közel párhuzamos pályára állították, amelyeknek kezdeti magassága 460 km volt, míg a B hold 530 km-es kezdeti magasságú pályán keringett. Az A és C mesterséges holdak inklinációja $87,4^\circ$, míg a B holdé 88° volt. Az A és C holdak egyenlítői távolsága $1,5^\circ$ volt.

A mesterséges holdak által mért mágneses tér feldolgozásának és értelmezésének több mint 50 éves története van. Az eljárások a Kozmosz, POGO, Magsat, Oersted, CHAMP és a SAC–C mesterséges holdak mérésein alapultak. Taylor et al. (1989), valamint Taylor és Schnetzler (1990) már korai tanulmányukban megfogalmazták a mesterséges holdak alkalmazhatóságát a nyersanyagkutatásban, rámutattak az alkalmazás célszerű mérési magasságára és mérések pontossági követelményeire. Ravat et al. (1993), valamint Taylor és Ravat (1995) a Magsat mérései alapján az európai tektonikai szerkezeteket azonosították. Kimutatták a Tornquist–Teisseyre tektonikai vonalat, a kurszki vasércformációt, a Közép-Svecofennian zónát, a kirunai vasércformációt, a Ladogai-öböl zónáját és a Balti-pajzsot.

Jelen dolgozat szerzői több módszert ismertettek a CHAMP mesterséges hold Pannon-medence területén mért mágneses anomáliák értelmezéséről. Az analitikusan meghatározott gradienseket és az analitikai lefelé folytatást ismerteti Kis et al. (2011) tanulmánya. A CHAMP mesterséges hold által mért mágneses anomáliáknak a Pannon-medence felett történő inverziós eljárásait tárgyalják Kis et al. (2011) és Kis et al. (2012) közleményei. A ható paramétereinek Laplace- és Gauss-féle eloszlását és az inverzió regularizációs eljárásait foglalja össze Kis et al. (2011 és 2012) cikke. A globális mágneses anomáliák litoszférából való származását tárgyalja Abramova et al. (2016) tanulmánya. Megállapításuk a CHAMP mérésein alapultak. Eredményük részben megegyezik a jelen szerzők korábbi következtetésével, amelyek szerint az anomáliák az alsó kéregből származnak. Taylor et al. (2013) tanulmánya foglalja össze a horizontális gradiensek alkalmazását és azok értelmezését. A földmágneses vektor és gradienstenzor alkalmazását tárgyalja Du et al. (2015) tanulmánya.

Adatfeldolgozás

A Swarm mesterséges holdak mágneses mérései az ESA Level 1B adatkönyvtárban érhetők el. A Swarm holdak

mérései az ESA CDF (Constant Definition File) formátumában adóttak.

Az adatkezelés első lépése a CDF formátumú adatok – amelyek a mesterséges hold saját hardverére, valamint a sokirányú méréseire vonatkozó információk nagy mennyiségét tárolják – leválogatása és konverziója ASCII (American Standard Code for Information Interchange) formátummá, mivel a további számítások ezt kívánják meg. A letöltött és konvertált, egy napnyi időtartamú fájlok tartalmazzák a mérési adatok keletkezését és időpontját, a mérési adatok gömbi polárkoordináta-rendszerbeli (hosszúság-, szélesség-, gömbi sugár-) adatait, a mágneses tér adott helyen mért X , Y és Z összetevőit, a totális mágneses tér értékeit és a mérési adatok hibáját. A figyelembe vett adatok 2015. február 28. és július 20. közötti időintervallumba esnek. A későbbiek során az adatok 450 km magasságban kerültek meghatározásra. Mindegyik mesterséges hold rendelkezett a mágneses tér három komponensének mérésére szolgáló flux-gate vektor-magnetométerrel és a totális tér meghatározására alkalmas Overhauser-féle skalár-magnetométerrel. A magnetométerek másodpercenként végeztek méréseket, így az egy nap időtartamú adatsor 4×86.400 mérési adatot tartalmazott. Ha az átlagos 90 perces keringési időt tekintjük, akkor az egy napi időtartamú adatsorok mintegy 16 Föld körüli forgásnak felelnek meg.

Azok az adatok kerültek további feldolgozásra, amelyek a K_p (planetáris indexe) $\leq 1_+$. A K_p indexeket az IAGA International Service of Geomagnetic Indices táblázata tartalmazza.

Az adatkezelés következő lépése az anomáliák meghatározása volt. Az anomáliák viszonyítási szintje az IGRF 12. generációja (Thébault et al. 2015) volt. A földi mágneses tér W potenciálját a

$$W(r, \theta, \lambda, t) = a \sum_{n=1}^N \sum_{m=0}^n \left(\frac{a}{r} \right)^{n+1} \times [g_n^m(t) \cos(m\lambda) + h_n^m(t) \sin(m\lambda)] P_n^m(\cos\theta)$$

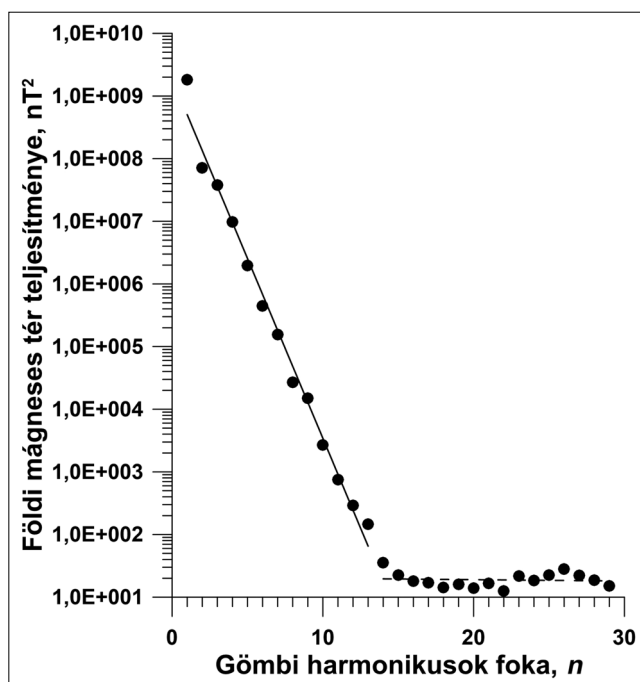
egyenlet adja meg, ahol r a gömbi távolság, θ a pólustávolság, λ a gömbi szélesség, t az idő, a a gömb sugara (6371,2 km), g_n^m és h_n^m a Gauss-féle sorfejtés időtől függő együtthatói, $P_n^m(\cos\theta)$ az n -ed fokú, m -ed rendű gömbfüggvény. A W potenciálból negatív gradien képzéssel kapjuk meg a földi mágneses tér X , Y , Z összetevőit, azaz

$$X = \frac{1}{r} \frac{\partial W}{\partial \theta}, \quad Y = -\frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial W}{\partial \lambda} \quad \text{és} \quad Z = \frac{\partial W}{\partial r}.$$

A T totális teret a következő összefüggés szolgáltatja:

$$T = [X^2 + Y^2 + Z^2]^{1/2}.$$

Macmillan publikált egy FORTRAN programot az IGRF meghatározására, amely az IAGA honlapján található meg. Ez a program jelen számítások céljaira közvetlenül nem használható, ennek továbbfejlesztett változatára van szükség. A továbbfejlesztett program $n = 16$ fokig



1. ábra A földi mágneses tér logaritmus teljesítményspektruma az együtthatók n fokának függvényében. Az illesztett egyenesek illusztrálják a földmagból és a földkéregből származó összetevőket

Figure 1 Logarithmic power spectrum of the geomagnetic field plotted the spherical harmonics degree n . The fitted solid line indicates the contributions from the core and the dashed line the crust

számítja ki az IGRF-t a mesterséges hold pontos pozíciójának és idejének megfelelő helyre. Az 1. ábra illusztrálja

a sorfejtés együtthatóiból meghatározott a Mauersberger (1956)–Lowes (1972)-féle R_n spektrumot:

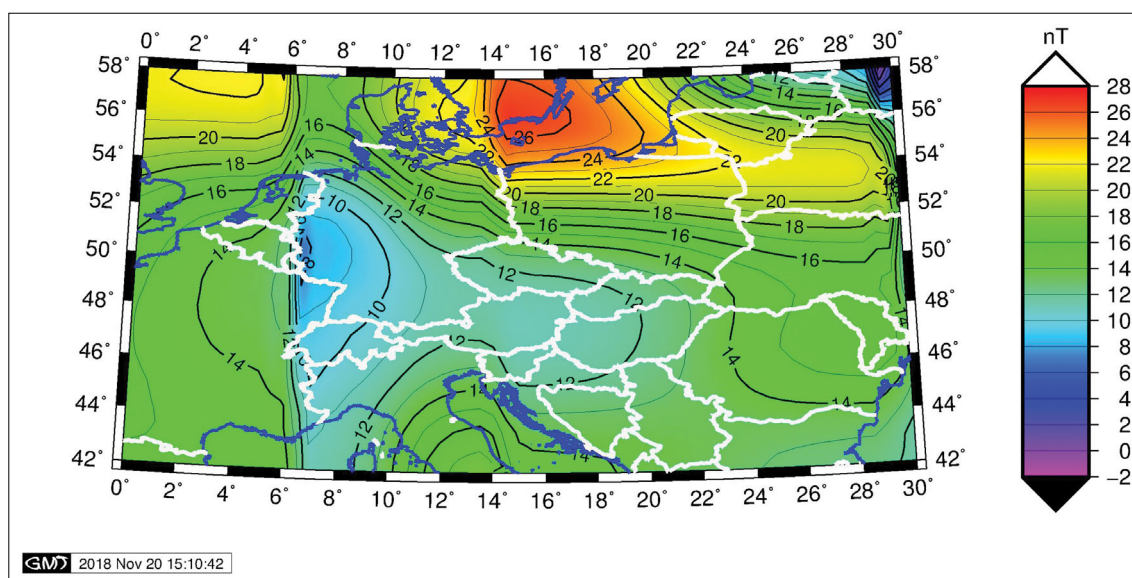
$$R_n = (n+1) \sum_{m=0}^n \left[(g_n^m)^2 + (h_n^m)^2 \right].$$

A logaritmus spektrumhoz illesztett egyenesek világosan mutatják a földmagból és a földkéregből származó járulékokat. A nagyobb meredekséggel jellemzett egyenes tartalmazza a földmagból származó hatást, míg a kisebb meredekséggel adott egyenes szolgáltatja a földkéregből eredő járulékokat. Amennyiben $n = 16$ -ig vesszük figyelembe az együtthatókat, akkor a földmagból származó hatások jelentkeznek a sorfejtéssel meghatározott tér értékeiben. A mérés és az IGRF érték különbsége adja a ΔX , ΔY és a ΔZ , valamint a ΔT nyers anomáliákat, amelyek a földkéregből származnak.

Az eddig említett korrekciók után a meghatározott adatsorok nem mutatnak használható anomáliatérképet (2. ábra). Az adatkezelés során további eljárások voltak szükségesek. A lokális adatsort úgy lehetett tovább javítani, hogy a szélességtől és hosszúságtól függő kétdimenziós lineáris trendet illesztettük a meghatározott anomáliaképhez (3. ábra), amely a következő alakú:

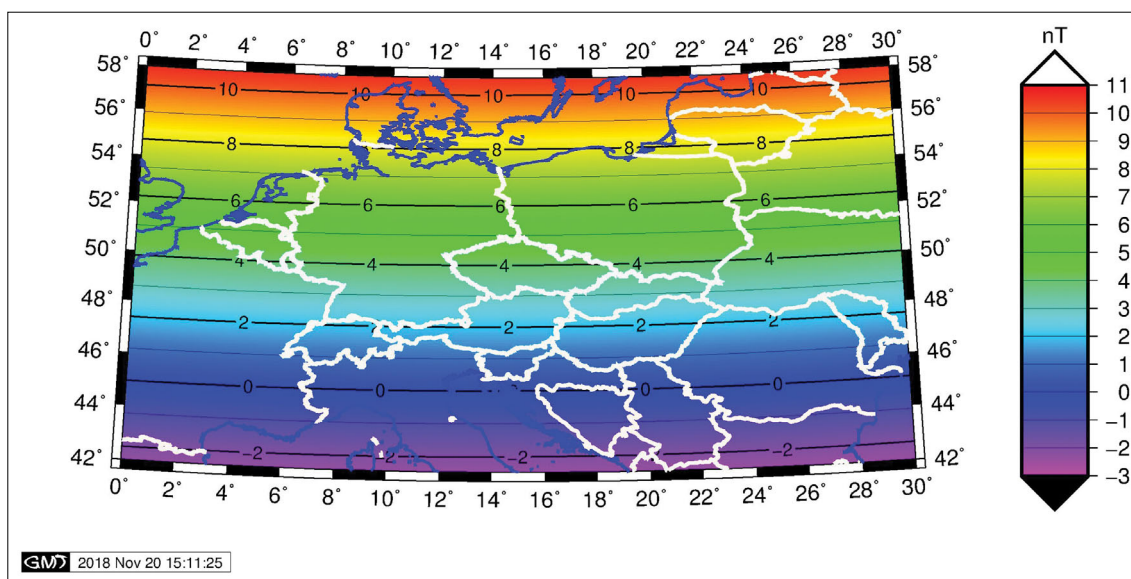
$$T(\Delta\varphi, \Delta\lambda) = s_1 + s_2\Delta\varphi + s_3\Delta\lambda.$$

Közép-Európára meghatározott lineáris trend együtthatói $s_1 = -36,8449$, $s_2 = 0,8203$ és $s_3 = -0,00472$. Így belátható, hogy a lineáris trend elsősorban a $\Delta\varphi$ változótól függ. A meghatározott lineáris trend kifejezi az anomáliákban jelentkező észak–dél irányú tendenciát. Amennyiben ezt a hatást csökkenteni akarjuk, akkor lineáris trend meghatározott értékeit levonjuk az anomáliákból.



2. ábra A Swarm–A mesterséges hold méréseiből 450 km magasságban meghatározott nyers totális mágnesestér-anomáliák a járulékos korrekciók elvégzése előtt Közép-Európa egy részén. Az anomáliák Albers-féle területtartó vetületben, az anomáliák nT egységekben ábrázolva

Figure 2 Swarm–A total magnetic anomaly field at 450 km altitude over a part of Central Europe before long-wavelength fields are removed. The anomalies are plotted in an Albers equal area projection. Color bar gives field in nT



3. ábra A totális mágneses anomáliákhoz (2. ábra) illesztett kétdimenziós lineáris tér Közép-Európa egy részén Albers-féle területtartó vetületben, az anomáliák nT egységben ábrázolva

Figure 3 A two-dimensional linear magnetic field is fitted to the magnetic anomalies (of Fig. 2) over a part of Central Europe. Isolines are plotted in an Albers equal area projection. Color bar gives field in nT

A további átalakítás Gauss-féle aluláteresztő szűrő (Meskó 1984) alkalmazását jelenti. Az aluláteresztő szűrő egyenlete:

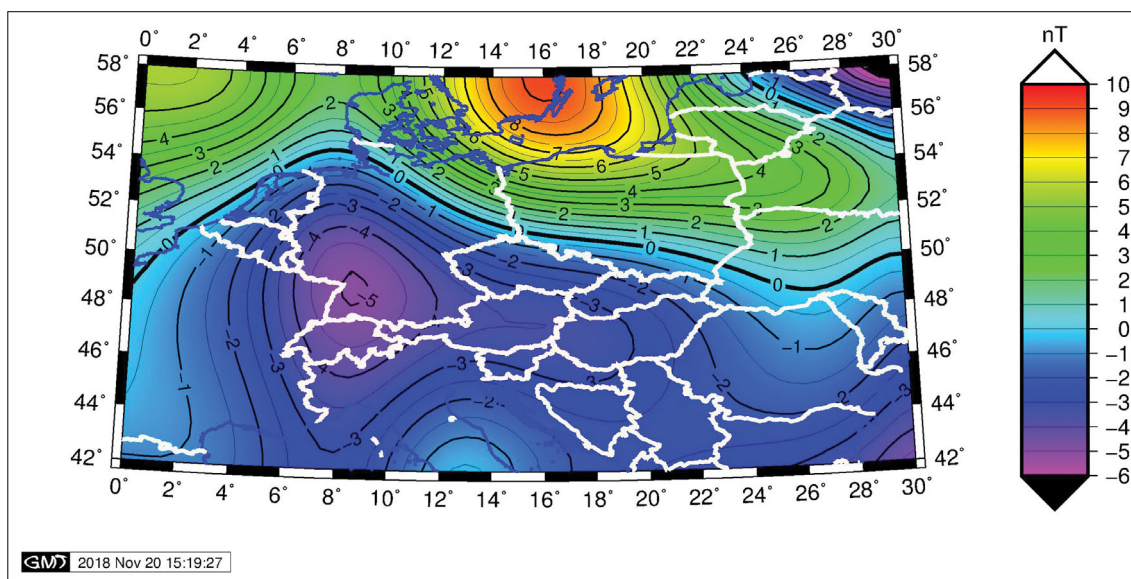
$$s(r') = \pi d^2 \left(\frac{m}{36} \right)^2 \exp \left\{ - \left(\frac{\pi m r'}{36} \right)^2 \right\},$$

ahol m a szűrő paramétere, d a mintavételi távolság, r' a dimenzió nélküli változó (mintavételi távolság egységeiben mérve) a szűrő középponti elemétől mérve.

Az optimális m paraméter megválasztása több numerikus kísérlet után történt meg. Defináljuk az f_c vágási

frekvenciát a -3 dB erősítéssel (Meskó 1984). A mintavételi távolság fokban $0,25^\circ$, így az ennek megfelelő mintavételi távolság $29,76$ km a mesterséges hold magasságában. Így a szűrő az 1820 km-nél hosszabb hullámhosszokat engedi át.

Az adatkezelés utolsó előtti lépése a pályák felszálló és leszálló ágra történő szeparálása volt. A feldolgozás során kiderült, hogy a leszálló pályák adnak alkalmazható eredményt, mert a felszálló ág adatai sokkal zajosabbak. A kiválasztott területre $11\,688$ mérési adat tartozott, amelyből $6\,000$ leszálló pálya adata került kiválasztásra.



4. ábra Közép-Európára meghatározott totális mágneses anomáliák az összes korrekció elvégzése után, 450 km magasságban. Az anomáliák Albers-féle területtartó vetületben, az anomáliák nT egységeken ábrázolva

Figure 4 Total magnetic anomalies at 450 km altitude over Central Europe longer wavelength (IGRF) have been removed. Isolines are plotted in an Albers equal area projection. Color bar gives field in nT

A meghatározott leszálló pályák rendszerint tartalmaznak egyenkomponenst, ezért az anomáliák átlagértékének levonása célszerű. A felsorolt eljárások alkalmazása után jutottunk a 4. ábrán bemutatott, leszálló pályákból meghatározott anomáliatérképig. Ezek az anomáliák már értelmezhető eredményt adtak.

Az anomáliák csak Közép-Európára vonatkoznak. A vizsgált terület olyan gömbi négyszögre esett, amely szélességben a $42^\circ \leq \varphi \leq 58^\circ$ és hosszúságban $0^\circ \leq \lambda \leq 30^\circ$ közötti intervallumban található. A leszálló adatokat használtuk a 4. ábrán bemutatott anomáliák levezetéséhez. A számítások eredményei 450 km magasságra vonatkoznak.

A későbbiek során a totális mágneses anomáliák vertikális gradiensét is kiszámítottuk (5. és 7. ábra). Az értelmezést a későbbi fejezetben tárgyaljuk). A gradiensek numerikus meghatározására szolgáló eljárást Kis és Pusztai (2006) tanulmánya ismerteti. Az ismertetett eljárást korábban sikerrel alkalmaztuk Kis et al. (2011) és Kis et al. (2014) tanulmányaiban. Az anomáliatérképekből meghatározott vertikális gradiensek segítségével kimutatható a földtani szerkezet mélységének változása, a földtani ható mágnesezettségében bekövetkezett változás vagy mindkét hatás együttesen. (Ábrázolási okból a bemutatott vertikális gradiensek nT/10 km egységben lettek ábrázolva, így az egységek nagyságrendje áttekinthetővé válik.)

Az anomáliák kvalitatív értelmezése

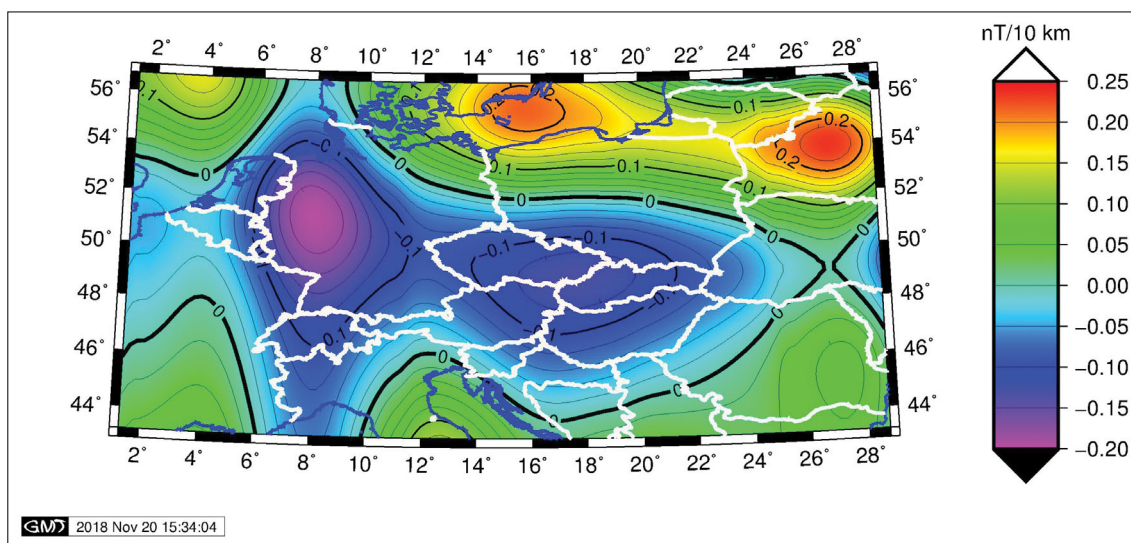
A 4. ábrán bemutatott totális mágneses anomáliák felismerhetően mutatják Közép-Európa földtani viszonyait, amelyek a mesterséges holdak magasságában is jelentkeznek. Az anomáliák elhelyezkedése mutatja a közép-európai Magsat-minimumot (Ravat et al. 1993) Németország területén. Ez minimum a vékony mágneses kéregnek fe-

lertethető meg. A kéregvastagság ezen a területen 8–10 km. A térkép szintén mutat egy minimumzónát a Pannon-medence területén. Ezek a totális mágneses anomáliákban jelentkező minimumzónák egybeesnek a nagyobb hőáramsűrűséggel rendelkező területekkel, ugyanis a mágneses kéreg ezeken a területeken vékonyabb. Amennyiben elfogadjuk Wasilewski et al. (1979) és Wasilewski et al. (1992) megállapításait, akkor a vékony kéreg és a mágneses minimum összefüggése nyilvánvalóvá válik. A 4. ábrán a zero izovonal megfelel a Tornquist–Teisseyre tektonikai vonalnak. Az ábra illusztrálja az paleozoikumi Európai-tábla és a prekambriumi Orosz-tábla érintkezési zónáját. A paleozoikumi Európai-tábla területén a kéreg vastagsága 30–35 km, míg a prekambriumi Orosz-tábla 42–47 km-kéreg vastagsággal rendelkezik. A térkép északi részén a Kiruna mágneses anomália egy része látható. Az 5. ábrán látható vertikális gradiensanomália markánsabban illusztrálja Közép-Európa tektonikai viszonyait, az Európai-tábla és az Orosz-tábla elkülönülését, a Magsat minimumzónát Németország területén, és a Tornquist–Teisseyre-vonalat.

A Pannon-medence földtani kialakulását több tanulmány (Horváth 1993, Chang et al. 2010, Tašárova et al. 2016) is ismerteti. A Pannon-medence ív mögötti medence, amelyet az Alpok, Kárpátok és a Dinaridák hegységei fognak közre. A Pannon-medence kialakulásában az Eurázsiai-lemez és az Adriai-mikrolemez ütközése játszik szerepet.

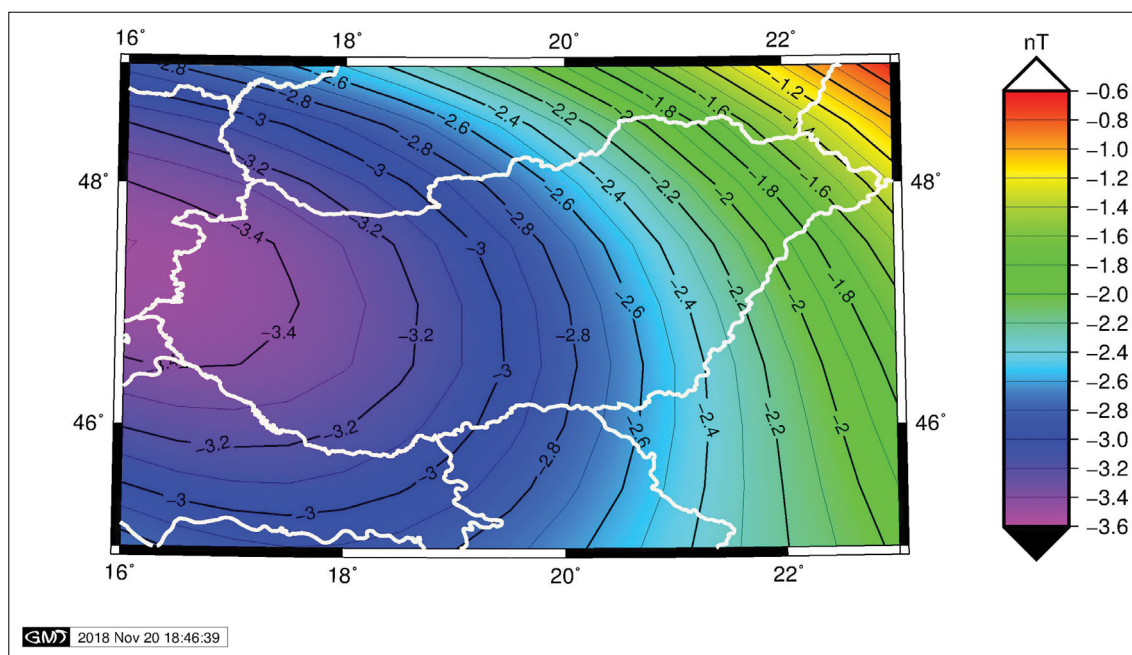
A Pannon-medence kialakulása három – ún. pre-rift, syn-rift és post-rift – fázisra osztható (Horváth, 1993):

- A pre-rift fázisban az alpi orogenezis során kialakult medencealjzat deformálódott és gyűrődött paleozoikumi és mezozoikumi szerkezetekből áll, amelyeket kevés deformált üledékes rétegek fednek le. A Pannon-medence kialakulásában döntő szerepet játszott a triász–



5. ábra A totális mágneses anomáliák vertikális gradiense Közép-Európára 450 km magasságban, a vertikális gradiensek Albers-féle területtartó vetületben, az anomáliák nT/10 km egységekben ábrázolva

Figure 5 Vertical gradients of the total magnetic anomalies in Fig. 4 over Central Europe. Isolines are plotted in an Albers equal area projection. Color bar gives field in nT/10 km



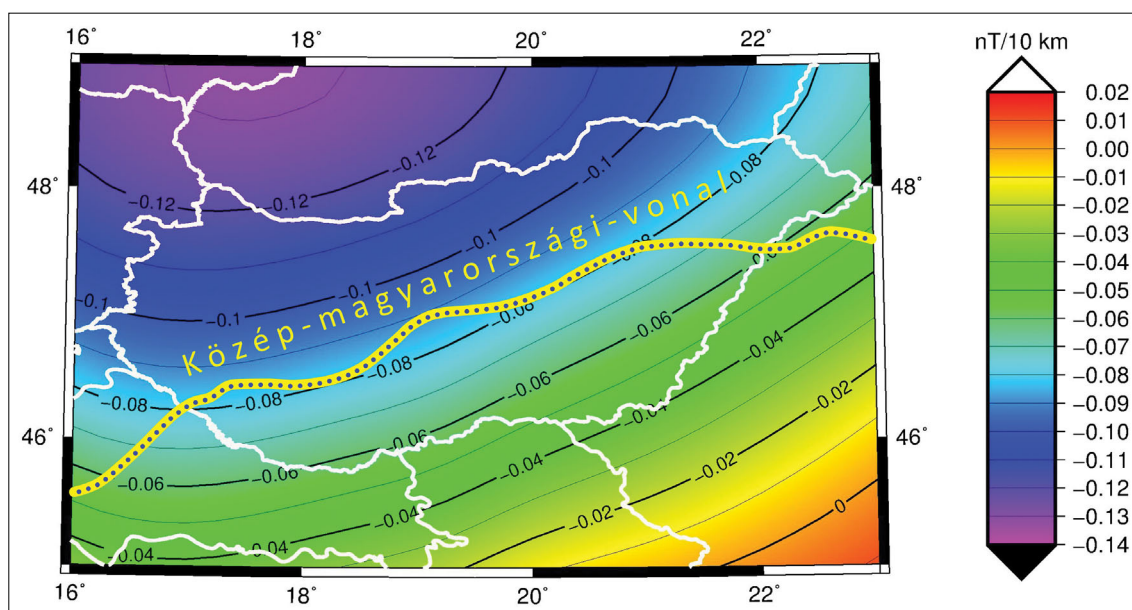
6. ábra Totális mágneses anomáliák 450 km magasságban a Pannon-medence területén. Az anomáliák Albers-féle területtartó vetületben adóttak, az anomáliák nT egységekben ábrázolva

Figure 6 Total magnetic anomalies at 450 km altitude over the Pannonian Basin. Isolines are plotted in an Albers equal area projection. Color bar gives field in nT

kréta Neothetys és a középső jura Alpi-thetys kinyílása és bezáródása. Ezeknek a tektonikai folyamatoknak következménye, hogy az ALCAPA- (Alpok–Kárpátok–Pannon-) egység és a Tisza–Dácia-egység elkülönültek az Európai-lemeztől a késői jura korban. A Tisza-egység eltávolodott az Európai-lemeztől a középső jurában és

érintkezett a Dácia-egységgel a késői jurában – korai krétában. Ez a két tektonikai egység az ALCAPA és Tisza–Dácia a Közép-magyarországi-vonal mentén találkozik (Csontos, Nagymarosy 1998).

– A syn-rift fázisban az Adriai-mikrolemez délnyugat irányú nyomást fejtett ki, és ez a hatás oldaleltolódásos



7. ábra A totális mágneses anomáliák vertikális gradiense 450 km magasságban a Pannon-medence területén, a Közép-magyarországi-vonal kiemelten látható. Az anomáliák Albers-féle területtartó vetületben, anomáliák nT/10 km egységekben ábrázolva

Figure 7 Vertical magnetic field gradients of the total magnetic anomalies (Fig. 4) at 450 km altitude. The Mid-Hungarian line is highlighted. Isolines are plotted in an Albers equal area projection. Color bar gives field in nT/10 km

vetőket okozott a korai miocénben. A medence intenzív extenziója, a kéreg süllyedése és a litoszféra töredezése a korai miocén karakterisztikus eseményei. A litoszféra vékonyodása és a köpeny diapír jellege nagy termális anomáliát eredményezett a korai miocénben. Az ALCAPA-egység az óramutató járásával ellentétes forgást eredményezett, míg a Tisza–Dácia-egység az óramutató járásával azonos irányú forgást mutatott. A kéregnek ez a két egysége a Közép-magyarországi-vonal mentén érintkezett (Márton, Fodor 2003).

- A post-rift fázisban a termális anomália csökkent, a késői miocéntól a pliocénig. Az extenzió lassan kompresszióvá alakult. A medence süllyedése lassan befejeződött, és lassú emelkedés kezdődött. Az emelkedés mértéke nagyobb volt a medence nyugati részén. További üledékes kőzetek keletkezése folytatódott ebben a fázisban. A 6. ábrán a Pannon-medence területére eső totális mágneses anomáliák láthatók. Ez az anomáliatérkép a 4. ábra kinagyított része.

A meghatározott vertikális gradiensek izovonalai tendenciájukban kifejezik az ALPACA- és a Tisza–Dácia-egységek kontaktzónáját, a Közép-magyarországi-vonalat (7. ábra) (Csontos, Nagymarosy 1998, Márton, Fodor 2003).

A Pannon-medence termikus viszonyait Horváth et al. (2015) foglalja össze. Az átlagos geotermikus gradiens a felső 5000 m-ben 40–50 °C/km, a hőáramsűrűség értéke 50–130 mW/m², átlagosan 100 mW/m² értékűnek tekinthető. A Pannon-medencére vonatkozó, mintegy 1900–5000 m mélységben mért hőmérsékletmérések alapján extrapoláltjuk a geotermikus gradiens értékét, akkor a következő következtetésre jutunk. Legyen a magnetit Curie-hőmérséklete (Blakely 1988) 580 °C a permanens mágnesezettség határhőmérséklete, akkor a permanens mágnesezettség jelenléte 11,6–14,6 km mélységig következik be. A Pannon-medencében található nagy mélységű és kiterjedésű mágneses hatók maximális mélysége valószínűleg az alsó kéregben található.

Az üledékes rétegek átlagosan 3 km vastagok a Pannon-medencében, az alsó kéreg vastagsága vékonyabb. A Moho átlagos mélysége a Pannon-medencében 25 km (Chang et al. 2010). Ezzel azonos eredményt kapott Grácer és Wéber (2012) a longitudinális hullámok sebességének vizsgálata alapján. A kéreg szerkezetét a Rayleigh-hullámok tomográfiai vizsgálata alapján Szanyi et al. (2013) határozta meg.

Hibaszámítás

Az elvégzett számítások Gauss-féle hibaterjedési törvény alapján készültek (Clifford 1973), csak az eredmények szóráit ismertetjük.

A Swarm–A mesterséges hold pozícióját megadó GPS-mérések nagy pontosságúak voltak, így ezeknek a méréseknek hibáit elhanyagoltuk. A Swarm–A mesterséges

hold Overhauser-magnetométere szintén nagy pontossággal mérte meg a totális mágneses teret. Ezeknek a méréseknek a szórása 0,4 nT (kicsit túlbecsülve). Az anomáliák meghatározása különbségképzéssel történt, a mért mennyiségekből levontuk a Gauss-féle sorfejtéssel meghatározott IGRF globális mágneses teret. Az IGRF elméleti szórása 1 nT. Így a meghatározott anomália szórása 1,4 nT. (Az anomáliák számítással meghatározott szórása 1,2 nT). A két szórás nagyjából hasonló eredményt adott. A lineáris trend szórása 1,19 nT, így az eredményezett szórás 2,59 nT. A felülvágó szűrés együtthatói egységnyire voltak normálva, az eredményezett szórás 2,59 nT. A gradiensképítés együtthatói szintén egységnyi normával rendelkeztek, így szórásuk 0,087 nT/km.

Következtetések

A Swarm–A mesterséges hold méréseiből levezetett anomáliatérképek jól illusztrálják a vizsgált területek regionális földtani viszonyait. Ez a tény mutatja a mesterséges holdak méréseinek alkalmazhatóságát a földtani kutatásban. Az anomália-adatsorokból meghatározott vertikális gradiensek kiemelik a tektonikai változásokat. Sűrűbb mintavételezés következtében sikerült kimutatni a vertikális gradiensekben a Közép-magyarországi-vonal által okozott tendenciát 450 km magasságban.

A tanulmány szerzői

Kis Károly, Patrick T. Taylor, Toronyi Bence, Pusztai Sándor, Wittmann Géza

Hivatkozások

- Abranova D. Yu., Filipov S. V., Abranova L. M., Varentsov I. M., Lazovskii I. N. (2016): Changes of lithospheric magnetic anomalies with altitude (According to the CHAMP satellite). *Geomagnetism and Aeronomy*, 56(2), 239–248.
- Chang S.-J., van der Lee S., Flanagan M. P., Bedle H., Marone F., Matzel E. M., Pasyanos M. E., Rodgers A. J., Romanowicz B., Schmid C. (2010): Joint inversion for three-dimensional S velocity mantle structure along the Tethyan margin. *Journal of Geophysical Research*, 115, B08309, DOI: 10.1029/2009JB007204.
- Clifford A. A. (1973): *Multivariate Error Analysis*. Applied Science Publishers, Ltd., London.
- Csontos I., Nagymarosy A. (1998): The Mid-Hungarian line: a zone of repeated tectonic inversion. *Tectonophysics*, 257, 51–71.
- Blakely R. J. (1988): Curie-temperature isotherm analysis and tectonic implications of aeromagnetic data from Nevada. *Journal of Geophysical Research*, 93(B10), 11817–11832.
- Du J., Chen C., Lesur V., Wang L. (2015): Non-singular spherical harmonic expressions of geomagnetic vector and gradient tensor fields in the local north-oriented reference frame. *Geoscientific Model Development*, 8, 1979–1990.
- Grácer Z., Wéber Z. (2012): One-dimensional P-wave velocity model for the territory of Hungary from local earthquake data. *Acta Geodetica et Geophysica Hungarica*, 47(3), 344–357, DOI: 10.1556/AGeod.47.2012.3.5.

- Horváth F. (1993): Toward a mechanical model for the formation of the Pannonian Basin. *Tectonophysics*, 226, 333–357.
- Horváth F., Musitz B., Balázs A., Végh A., Uhrin A., Nádor A., Koroknai B., Pap N., Tóth T., Wórum G. (2015): Evolution of the Pannonian Basin and its geothermal resources. *Geothermics*, 53, 328–352. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geothermics.2014.07.009>.
- Kis K. I., Pusztai S. (2006): Application of the magnetic field derivatives for locating Sarmatian graves. *Journal of Applied Geophysics*, 60, 13–26. DOI: 10.1016/j.jappgeo.2005.12.002.
- Kis K. I., Taylor P. T., Wittmann G., Toronyi B., Pusztai S. (2011): Inversion of magnetic measurements of the CHAMP satellite over the Pannonian Basin. *Journal of Applied Geophysics*, 75, 412–418. DOI: 10.1016/j.jappgeo.2011.07.018.
- Kis K. I., Taylor P. T., Wittmann G., Toronyi B., Pusztai S. (2012): Interpretation of the total magnetic field anomalies measured by the CHAMP satellite over a part of Europe and the Pannonian Basin. *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica*, 47, 130–140, DOI: 10.1556/AGeod.47.2012.2.2.
- Kis K., Taylor P. T., Wittmann G. (2014): A földi mágneses tér gradienseinek meghatározása mesterséges holdak méréseiből és a kurszki mágneses anomália inverziója. *Magyar Geofizika*, 55, 150–162.
- Lowes F. J. (1974): Spatial power spectrum of the main geomagnetic field and exploration to the core. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 36, 717–730.
- Márton E., Fodor L. (2003): Tertiary paleomagnetic results and structural analysis from the Transdanubian Range (Hungary): Rotational disintegration of the AlCaPa unit. *Tectonophysics*, 363(3–4), 201–224. DOI: 10.1016/S0040-195(02)006-72-8.
- Mauersberger P. (1956): Das mittel der Energiedichte des geomagnetischen Hauptfeldes an der Erdoberfläche und seine säkulare Änderung. *Gerlands Beiträge zur Geophysik*, 65, 207–215.
- Meskó A. (1984): Digital Filtering: Applications in Geophysical Exploration for Oil. *Akadémiai Kiadó, Budapest*, p. 635.
- Ravat D., Hinze W. J., Taylor P. T. (1993): European tectonic features observed by Magsat. *Tectonophysics*, 220, 157–173.
- Szanyi Gy., Grácz Z., Győri E. (2013): Ambient seismic noise Rayleigh wave tomography for the Pannonian Basin. *Acta Geodaetica et Geophysica*, 48, 209–220. DOI: 10.1007/s40328-013-0019-3.
- Taşárova Z. A., Fulla J., Bielik M., Šroda P. (2016): Lithospheric structure of Central Europe: Puzzle pieces from Pannonian Basin to Trans-European Suture Zone resolved by geophysical-petrological modeling. *Tectonics*, 35, 722–753. DOI: 10.1002/2015TC003935.
- Taylor P. T., Kis K. I., Wittmann G. (2013): Interpretation of CHAMP magnetic anomaly data over the Pannonian Basin region using lower altitude horizontal gradient data. *Acta Geodaetica et Geophysica*, 48, 275–280. DOI: 10.1007/s40328-013-0026-4.
- Taylor P. T., Ravat D. (1995): An interpretation of the Magsat anomalies of central Europe. *Journal of Applied Geophysics*, 34, 83–91.
- Taylor P. T., Schnetzler C. C., Regan R. D. (1989): Satellite magnetic data: How useful in exploration? *Geophysics: The Leading Edge of Exploration*, Nov. 1989, 26–28.
- Taylor P. T., Schnetzler C. C. (1990): Satellite magnetic data: The exploration industry rates their usefulness. *Geophysics: The Leading Edge of Exploration*, Oct. 1990, 42–43.
- Thébault E., Finlay Ch. C., Beggan C. D., Alken P., Aubert J., Barrois O., Bertrand F., Bondar T., Boness A., Brocco L., Canet E., Chambodut A., Chulliat A., Coisson P., Civet F., Du A., Fournier A., Fratter I., Gillet N., Hamilton B., Hamoudi M., Hulot G., Jager T., Korte M., Kuang W., Lalanne X., Langlais B., Léger J.-M., Lesur V., Lowes F. J., Macmillan S., Manda M., Manoj Ch., Maus S., Olsen N., Petrov V., Ridley V., Rother M., Sabaka T. J., Saturnino D., Schachtschneider R., Sirol O., Tangborn A., Thomson A., Toffner-Clausen L., Vigneron P., Wardinski I., Zvereva T. (2015): International Geomagnetic Reference Field: the 12th generation. *Earth Planets and Space*, 67, 79. DOI: 10.1186/s40623-015-0228-9.
- Wasilewski P. J., Thomas H. H., Mayhew M. A. (1979): Moho as a magnetic boundary. *Geophysical Research Letters*, 6(7), 541–544.
- Wasilewski P. J., Mayhew M. A. (1992): The Moho as a magnetic boundary revised. *Geophysical Research Letters*, 19(22), 2259–2262.

Mágneses mérések a Balatonon: Észlelt anomáliák és az eredmények értelmezése

VISNOVITZ F.^{1,*}, HEGYI B.¹, BALÁZS A.², RAVELOSON A.¹, ROZMAN G.³, LENKEY L.¹,
LENKEY-BÖGÉR Á.⁴, KIRÁLY Á.⁵, PETHE M.⁶, KUDÓ I.⁷, KOVÁCS P.⁸, CSONTOS A.⁹,
HEILIG B.⁹, VADÁSZ G.¹⁰, HORVÁTH F.^{1,11,†}

¹Eötvös Loránd Tudományegyetem, Geofizikai és Űrtudományi Tanszék,
1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C

²Laboratory of Experimental Tectonics, Università degli Studi Roma Tre, Roma, Olaszország

³MÁV Központi Felépítményvizsgáló Kft., 1097 Budapest, Péceli u. 2.

⁴MOL Nyrt., 1117 Budapest, Október huszonharmadika út 18.

⁵Center for Earth Evolution and Dynamics, University of Oslo, Oslo, Norvégia

⁶Budavári Ingatlanfejlesztő és Üzemeltető Nonprofit Kft., 1013 Budapest, Ybl Miklós tér 6.

⁷Robert Bosch Kft., 1103 Budapest, Gyömrői út 104.

⁸Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, Földfizikai Főosztály, 1145 Budapest, Tallér u. 1/B

⁹Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, Tihanyi Geofizikai Observatórium,
8237 Tihany, Kossuth Lajos utca 91.

¹⁰MTA–ELTE Statisztikus és Biológiai Fizika Kutatócsoport, Budapest

¹¹Geomega Kft., 1093 Budapest, Zsil utca 1.

*E-mail: visnovitz.ferenc@gmail.com

Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet 2006-ban publikálta Magyarország revideált mágneses ΔZ (vertikális komponens-) anomália-térképét, amely áttekintő képet ad hazánk mágneses hatóiról. Bár vulkanológiai és geodinamikai szempontból is egyaránt érdekes, a Balaton területének mágneses anomáliáit ez a térkép nem mutatja, mivel mérés-technikai okok miatt korábban nem volt mérés a vízen. Balaton-kutatói programja keretében az ELTE Geofizikai és Űrtudományi Tanszéke 2010–2016 között részletes és átfogó mágneses totáltér- (T) méréseket végzett a tó teljes területén. Az új mérések egységes feldolgozásával és transzformációjával sikeresen kiegészítettük az országos térképet és több, korábban ismeretlen mágneses anomáliát azonosítottunk a tómedence területén.

A térség földtani és tektonikai adatai alapján arra jutottunk, hogy a tó nyugati felében a Bakony–Balatonfelvidék Vulkáni Terület (BBFVT) legdélebbi tagjait, míg a tó középső és keleti medencéjében, a Balaton alatt húzódó szerkezeti zónával összefüggésben álló vonalszerű anomáliákat lehetett kimutatni.

Visnovitz, F., Hegyi, B., Balázs, A., Raveloson, A., Rozman, G., Lenkey, L., Lenkey-Bögré, Á., Király, Á., Pethe, M., Kudó, I., Kovács, P., Csontos, A., Heilig, B., Vadász, G., Horváth, F.†: Magnetic surveys of Lake Balaton: Observed anomalies and interpretations

The magnetic vertical component (ΔZ) anomaly map of Hungary was published by the Eötvös Loránd Geophysical Institute (ELGI) in 2006 to give a comprehensive overview on the locations of magnetized bodies in the country. This map, however, does not provide any information on anomalies in the area of Lake Balaton, the largest shallow lake in Central Europe. The reason is that earlier balance based magnetic surveys were not able to provide accurate data on the wavy surface of water. To fill the gap and map unknown anomalies in the lake area an integrated survey on the total magnetic field was carried out by the Department of Geophysics and Space Sciences of Eötvös Loránd University in the period of 2010–2016. The new map complements the national survey and implies small-scale magnetized bodies.

The lake is located in the vicinity of the Bakony–Balaton Highland Volcanic Field (BBHVF). The magnetic anomalies in the western part of the lake are interpreted as subsurface magmatic rocks that are the southernmost members of this volcanic province. Anomalies in the central and eastern parts are aligned along the tectonic structures that were previously mapped by offshore seismic surveys. We suggest that these mostly linear features are the faint expression of tectonic structures in the magnetic field data.

Beérkezett: 2018. november 9.; *elfogadva:* 2018. december 17.

Bevezetés

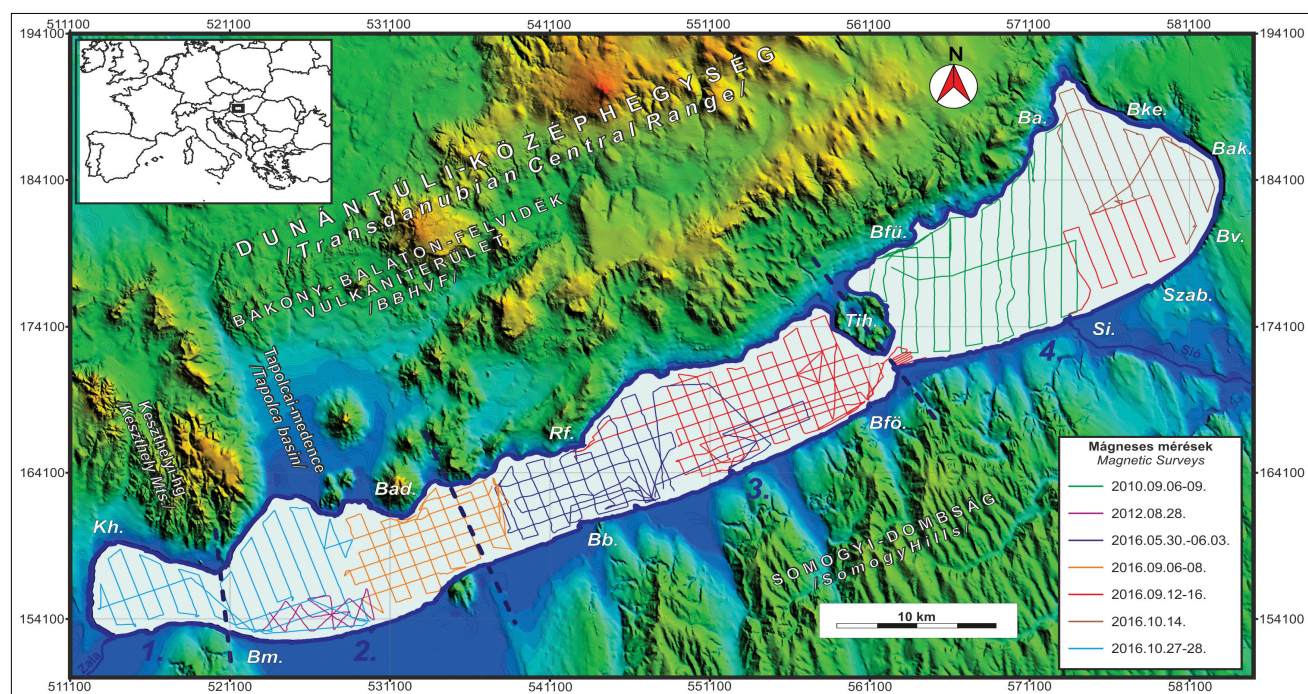
Egy terület geológiai felépítéséről és geodinamikai folyamatairól értékes információt szolgáltat az adott régió mágneses anomália-térképe. A különböző hullámhosszú és amplitúdójú hatók elhelyezkedéséből, alakjából a felszín közeli, vagy épp a mélyben rejlő vulkáni/szubvulkáni testek, magmás-, metamorf blokkok jelenlétére, valamint a terület szerkezeti tagoltságára tudunk következtetni (ld. Bevan 2006, Kiss et al. 2017, Pánisová et al. 2018). A modern hordozható magnetométerek segítségével ma már folyamatosan, $\pm 0,1$ nT pontossággal tudjuk térben és időben mintavételezni a mágneses tér nagyságát, valamint a tér irányfüggő változásait (gradiensét). Emellett a fejlett valós idejű korrekciót alkalmazó RTK GPS használatával a mérési pontok földrajzi koordinátáit és magasságát akár cm pontossággal is meg tudjuk adni. A geológiai célú mágneses mérések korlátait tehát már nem a mérés technika, hanem az antropogén eredetű zajok/zavarok (települések, vezetékek, fémtárgyak) és a terepviszonyok adják.

A Pannon-medence nyugati részén terül el a Balaton, amely mintegy 600 km²-es vízfelületével és 77 km-es hosszával Közép-Európa legnagyobb tava (1. ábra). A tó vízfelületén sokáig nem végeztek mágneses méréseket, mivel a klasszikus terepi variométerek megfelelő tájolását és szintezését a hullámzó tavon nem lehetett elvégezni. A befagyott tavon az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) végzett ugyan a tihanyi partok közelében méré-

seket (Bender et al. 1966), de a teljes tó mágneses anomália-térképét ilyen módon nem lehetett biztonságosan elkészíteni. Megbízható légi és vízi mérésekre a 20. század második felétől nyílt mód, miután a protonprecessziós és optikailag pumpált magnetométerek elterjedtek a geofizikai gyakorlatban (Hrovic, Newitt 2011, Turner et al. 2015).

A Balaton első átfogó mágneses térképezését 1966 és 1967 nyarán végezte el az ELTE Geofizikus Diákköre Salát Péter és Horváth Ferenc vezetésével (Hegymegi et al. 1968). Akkoriban erre azért nyílt lehetőség, mert Szermerédy Pál úttörő módon épített egy saját fejlesztésű protonprecessziós magnetométert, amely folyamatos terepi mérésre tökéletesen alkalmasnak bizonyult. A mérések kivitelezésére a VITUKI Balaton nevű kutatóhajója szolgált (Hegymegi et al. 1968). 2010–2016 között az ELTE Geofizikai és Űrtudományi Tanszéke modern műszerekkel újabb vízi mágneses felmérést valósított meg a földtani eredetű anomáliák vizsgálatára. A mérések célja a tó alatt feltételezett magmás intrúziók és a prekainozoós aljzat szerkezeti felépítésének felderítése volt.

Jelen dolgozatban a Balaton területén végzett vízi mágneses mérések történetét és az azok alapján szerkesztett anomália-térképeket mutatjuk be. Külön kitérünk az anomália-térképek sajátosságaira, és a térképeken látható anomáliák bemutatására, majd az új adatokat az országos adatrendszerbe illesztve kitekintést adunk az anomáliák valószínű eredetére is.



1. ábra

A Balaton és környezetének áttekintő domborzati térképe a 2010–2016-os mágneses mérések nyomvonalával

Kh = Keszthely, Bm = Balatonmárfürdő, Bad = Badacsony, Rf = Révfülpő, Bb = Balatonboglár, Tih = Tihany, Bfö = Balatonföldvár, Bfű = Balatonfűred, Si = Siófok, Ba = Balatonalmádi, Bke = Balatonkenese, Bak = Balatonakaratya, Bv = Balatonvilágos, Szab = Szabadisóstó, 1 = Keszthelyi-öböl (Keszthely bay), 2 = Szigligeti-medence (Szigliget basin), 3 = Szemesi-medence (Szemes basin), 4 = Siófoki-medence (Siófok basin)

Figure 1

Lake Balaton and its surroundings with the trace of the 2010–2016 offshore magnetic surveys

A kutatási terület földtani jellemzése

A Balaton két különböző morfológiai egység, a Dunántúli-középhegység és a Somogyi-dombság közötti, ÉK–DNy-i hosszanti mélyedésben helyezkedik el (1. ábra). Orientációja jól illeszkedik a Pannon-medence nagyszerkezeti elemeihez (Bada et al. 2010), melyek a Közép- és Dél-Dunántúlon mind az aljzatban, mind az aljzatot fedő miocén–kvarter üledékekben jól követhetők és közel ÉK–DNy-i lefutásúak (Dank et al. 1990, Fodor et al. 2005, Horváth et al. 2005). A tavat korábban épp ezért peremi törések által irányított árkos beszakadásnak tartották (Lóczy 1913, Cholnoky 1936). Az új kutatások fényében azonban nyilvánvalóvá vált, hogy a térség neotektonikáját nem a tó tengelyével párhuzamos normálvetők, hanem egy olyan ÉÉK–DDNy-i transzpressziós feszültségtér határozza meg, mely a tó tengelyével közel párhuzamos nyírózónát hozott létre a Balaton alatt (Bada et al. 2010). Az utóbbi oldaleltolódások a tó tengelyében futó Balatonfő-vonal (Dudko 1986) neotektonikus reaktivációjaként foghatók fel, melynek szerkezeti képét tavi vízi szeizmikus mérések alapján tudtuk részletesen vizsgálni (Sacchi et al. 1999, Bada et al. 2010, Visnovitz et al. 2015).

A tó környezetének geológiai felépítése rendkívül változatos (Budai et al. 1999). A Dunántúli-középhegységben felszínre bukkanó medencealjzatot paleozoós fillit és agyagpala, illetve perm homokkövek mellett mezozoós (triász, jura, kréta) karbonátok és agyagmárgák alkotják, melyek felett D felé növekvő vastagságban miocén képződmények és vékony kvarter rétegsor települ. A tótól É-ra található a Kárpát-Pannon térség legjelentősebb monogenetikus vulkáni területe, a Bakony–Balatonfelvidék Vulkáni Terület (BBFVT), ahol 3500 km²-en mintegy 50–200 kitörési központot találunk (Jugovics 1969, Martin et al. 2003). A kapcsolódó robbanásos kitörésekkel járó (freatomagmás) vulkanizmus a mio-pliocén során, kb. 8–2,5 millió év között zajlott, és a Pannon-medence poszt-ektenziós folyamataihoz köthető (Martin, Németh 2004). A vulkanizmus nyomait a területen maar medencék (pl. Tihany, Pula), tufagyűrűk és Stromboli-típusú salakkúpok (pl. Kopácsi-hegy) őrzik (Budai et al. 1999). A legtöbb vulkáni képződményt lávafolyások és piroklasztitok együttesen építik fel, de a vulkáni működéshez felszín alatti, szubvulkáni testek és az utóvulkáni folyamatokhoz köthető gejzíritek is kapcsolódnak. Sacchi et al. (1999), illetve Horváth et al. (2010) tavi szeizmikus szelvényeket tanulmányozva ilyen vulkáni testeket („bazalt intrúziókat” és „gejzírít kúpokat”) véltek felfedezni a Balaton medre alatt is.

A negyedidőszak során az erózió nagymértékben átformálta a térség geomorfológiai képét. Ennek köszönhetően a miopliocén vulkanizmus nyomait a felszínen ma bazaltsapkás tanúhegyek, valamint az üledékekkel kitöltött kráterek (Budai et al. 1999, Martin et al. 2003) formájában találjuk meg. Ilyen tanúhegyek a tó északi partján a Bada-csony, a Szigliget és a Hegyestű, a tó tengelyében Tihany, illetve a déli parton a fonyódi várhegy és a boglári hegy is.

A vulkáni központok aljzatát a paleozoós képződmények és mezozoós karbonátos rétegek alkotják (Budai, Vörös 1992, Haas, Budai 1999).

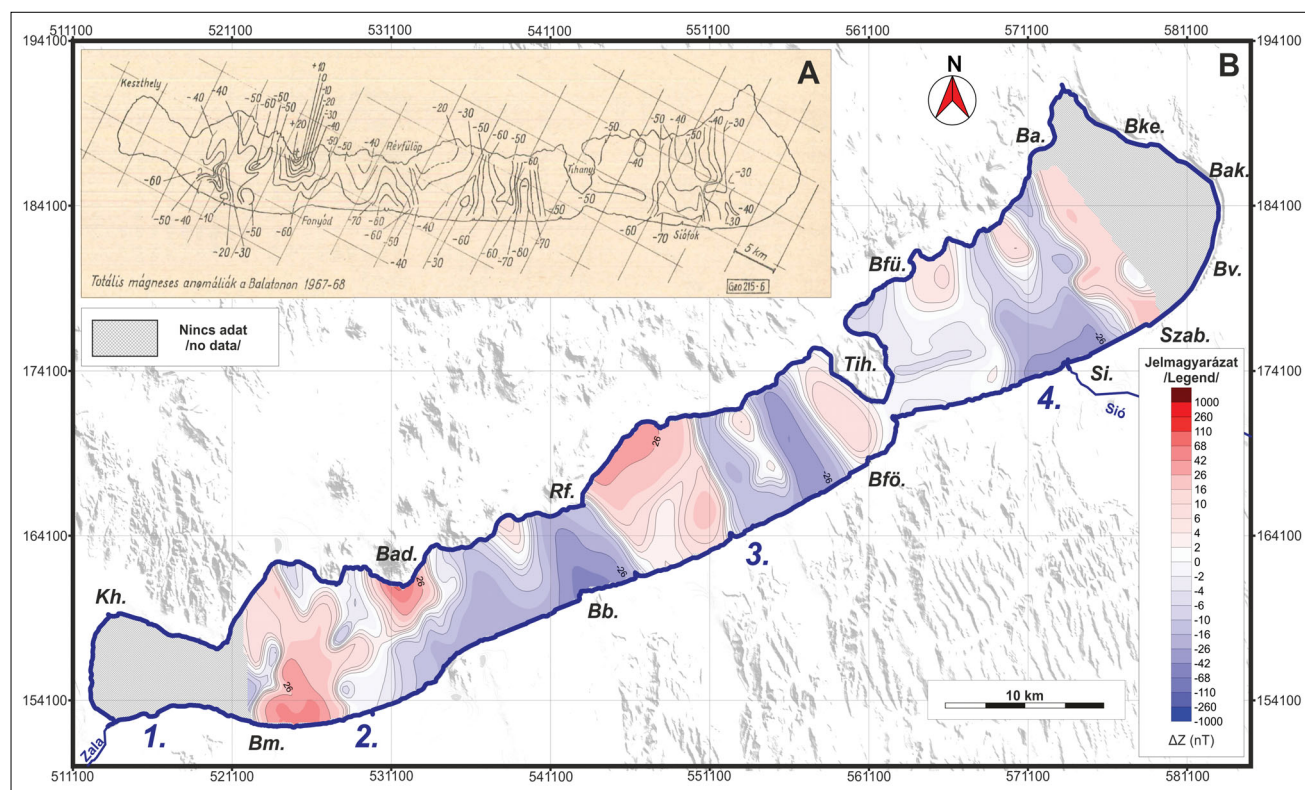
Mágneses mérések a tavon

Az 1966–67-es mérések

A Balaton első mágneses felmérését 1966–67 nyarán végezte el az ELTE Geofizikus Diákköre. A mérések során egy akkor még újdonságnak számító, folyamatos mintavételezésű protonprecessziós magnetométert használtak, melyet Szemerédy Pál irányításával az ELTE Geofizikai Tanszékén fejlesztettek. A műszer a mágneses indukció (totáltér) nagyságának meghatározására volt alkalmas. A tó felmérését egy átlagosan 10 km/h sebességgel haladó nagy testű vashajó (VITUKI, Balaton) végezte, mely mögött a szondát egy 60 m-re kiengedett tutajon helyezték el, 1,5 m magasságban a vízszint felett. A mérés a tó tengelyére merőleges, ÉNy–DK-i irányú szelvények mentén történt, 500 m szelvényközzel és 0,5–1 perces (kb. 80–160 m-enként történő) adatrögzítéssel. A mágneses adatok időfüggő változásait (báziskorrektció) a Tihanyi Geofizikai Observatórium cserhegyi mérőállomásán elhelyezett második protonszonda segítségével korrigálták kvázivalós idejű korrekciót alkalmazva. A bázisállomás által mért térértékeket egy rövidhullámú rádióadóval sugározták a mérőműszerhez, amely a mért értékeket a rádióon kapott adatok felhasználásával korrigálta. A hajó pozícióját parti geodétacsoportok határozták meg háromszögeléssel, melynek pontossága 5–20 m volt. Az adatokon később normáltér-korrektciót végeztek, a kis terület miatt első fokú közelítéssel, amelyhez a szükséges együtthatókat az ELGI Mágneses Osztálytól kapták. Már a feldolgozás során nyilvánvalóvá vált, hogy a mérőhajó nagy vastagsága 60 m-es szondatávolság ellenére is zavarta a méréseket. A hajó hatása irányfüggőnek bizonyult, és a párhuzamos szelvények közötti közepes eltéréssel lett korrigálva. A mérési eredményeket ezt követően egy izovonalas térképen ábrázolták, mely vonatkoztatási szintjének az akkori tihanyi közepes bázisértéket (46 881 nT) választották. A mérések eredménye egy regionális áttekintőtérkép lett (2A ábra), mely az akkori országos mágneses térképekhez képest részletgazdagabb, valamint a korai légi mérésekkel összeegyeztethetőbb képet mutatott (Hegymegi et al. 1968). Az eredményeket érdemi földtani értelmezéshez sosem használták fel, mivel az elkészült térképet a zavaró hatások miatt, a korrekciók ellenére is csak tájékoztató jellegűnek ítélték (Horváth et al. 2010).

Új mágneses mérések a tavon

Az újbóli térképezésre az igényt az 1980-as évektől induló nagy felbontású vízi szeizmikus mérések (Cserny, Corrada 1989, Tóth et al. 2010, Balázs et al. 2013, Visnovitz et al. 2013a,b) teremtték meg azáltal, hogy a szelvényeken



2. ábra Az 1967–68-as balatoni totális mágnesestérképek eredményei. A: Totáltér-anomália-térkép (Hegymegi et al. 1968), B: A totáltér-térkép (A) szintvonalai alapján számított ΔZ anomáliák az átlagértékkel való korrekció után

Kh = Keszthely, Bm = Balatonmárfürdő, Bad = Badacsony, Rf = Révfülp, Bb = Balatonboglár, Tih = Tihany, Bfö = Balatonföldvár, Bfü = Balatonfüred, Si = Siófok, Ba = Balatonalmádi, Bke = Balatonkenese, Bak = Balatonakaratya, Bv = Balatonvilágos, Szab = Szabadi-sóstó, 1 = Keszthelyi-öböl (Keszthely bay), 2 = Szigligeti-medence (Szigliget basin), 3 = Szemesi-medence (Szemes basin), 4 = Siófoki-medence (Siófok basin)

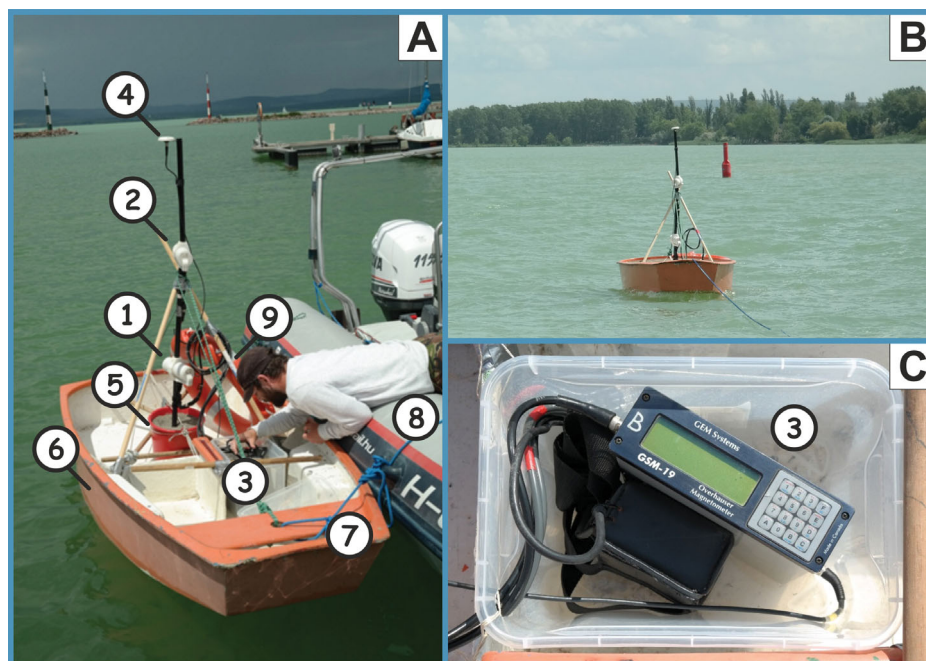
Figure 2 Results of the 1967–68 offshore total field magnetic survey. A: Contour map of anomalies of the total magnetic field (Hegymegi et al. 1968), B: ΔZ anomaly map based on total field map (A) after average removal

feltételezett vulkáni intrúziók (Sacchi et al. 1999, Horváth et al. 2010, Tóth et al. 2010) és a tó alatt futó törésrendszer (Bada et al. 2010) aljzati gyökerének igazolásához független földtani-geofizikai információra volt szükség. A tó ismételt felmérésére és az anomália térkép felülvizsgálatára végül 2010 és 2016 között került sor.

A 2010–2016 közötti vízi mágneses mérések több kampanyban zajlottak. Az első teszt jellegű szelvényezést 2010-ben végeztük a tó keleti oldalán Tihany és Balatonalmádi között, majd a 2012-es nyári terepgyakorlat keretében újabb mérések zajlottak Balatonfenyves és Balatonmárfürdő környékén, a tó nyugati végén. A sikeres teszt-mérések után a tó átfogó felmérése mellett döntöttünk, amely 2016-ban valósult meg. A 2016-os méréseket a korábbi mérések tanulságai alapján úgy terveztük meg, hogy a szelvényezés végén egy, az egész Balaton területére érvényes, egységes és a geológiai hatók kimutatására alkalmas adatrendszer álljon rendelkezésre (1. ábra).

A tavi mérések egy Overhauser típusú magnetométer (GEM System, GSM-19) segítségével történtek, melynek pontossága $\pm 0,2$ nT. A mérőrendszer 2 db szondából, a hozzájuk csatlakozó elektronikai egységből és egy hosszú rúd végén elhelyezett GPS antennából állt (3. ábra, 1–4).

A műszer a mágneses totáltér értékét, a totáltér vertikális gradiensét, az időt, valamint a szélesség- és hosszúság-koordinátákat rögzítette. A mérőeszközt a mérések során egy műanyag vitorlástestbe (mérőhajó, 3. ábra, 6) helyeztük el, melyet minden vastartalmú tárgytól igyekeztünk megtisztítani. A mérőhajót az előre kijelölt útvonalon egy motoros kishajó húzta, melyben a mérést végző személyzet tartózkodott. A vontatási távolságot helyszínen elvégzett teszt-mérések alapján 20–25 m-ben határoztuk meg. Ebben a távolságban a motorcsónak zavaró hatása már nem volt kimutatható. A navigációhoz kézi GPS-be előzetesen betöltött nyomvonalakat használtunk. A mérések a tó hossz tengelyére merőleges (ÉNy–DK) és a hossz tengellyel párhuzamos (ÉÉK–DDNy) szelvények mentén történtek, a tó középső részén, durván $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ -es rácshálóban, a keleti, és nyugati medencékben 1 km szelvényközzel (1. ábra). Azokon a helyeken, ahol az előzetes kiértékelés anomáliákat mutatott, a szelvényhálót besűrítettük. A mérések során a mintavételi idő 1, illetve 2 másodperc volt. A hajó sebessége az időjárás függvényében $5\text{--}15 \text{ km/h}$ között alakult. A szelvény menti mérési pontok átlagos távolsága az előbbieknél megfelelően $2\text{--}10 \text{ m}$.



3. ábra A 2010–2016-os vízi mágneses mérések során használt mérőhajó és a mérési összeállítás. A: A mérőhajó a fedélzetén felállított magnetométerrel; 1 = alsó szonda, 2 = felső szonda, 3 = magnetométer, 4 = GPS, 5 = állványt rögzítő súly (homok műanyag vödörben), 6 = műanyag hajótest, 7 = vontatókötél, 8 = motorcsónak, 9 = iránystabilizáló fék (mentőgyűrű), B: A mérőhajó vontatás közben, C: A mérőműszer és a hozzá tartozó akkumulátor vízhatlan műanyag dobozban

Figure 3 Measurement vessel with the magnetometer during the offshore magnetic surveys of 2010–2016. A: The magnetometer mounted on the plastic boat; 1 = lower probe, 2 = upper probe, 3 = magnetometer, 4 = GPS, 5 = balancing weight (sand in a plastic bucket), 6 = plastic sail hull, 7 = towing rope, 8 = motorboat, 9 = heading stabilizer break (lifebuoy), B: The measuring vessel in acquisition, C: measurement device with the battery in a plastic waterproof box

Az adatok feldolgozása

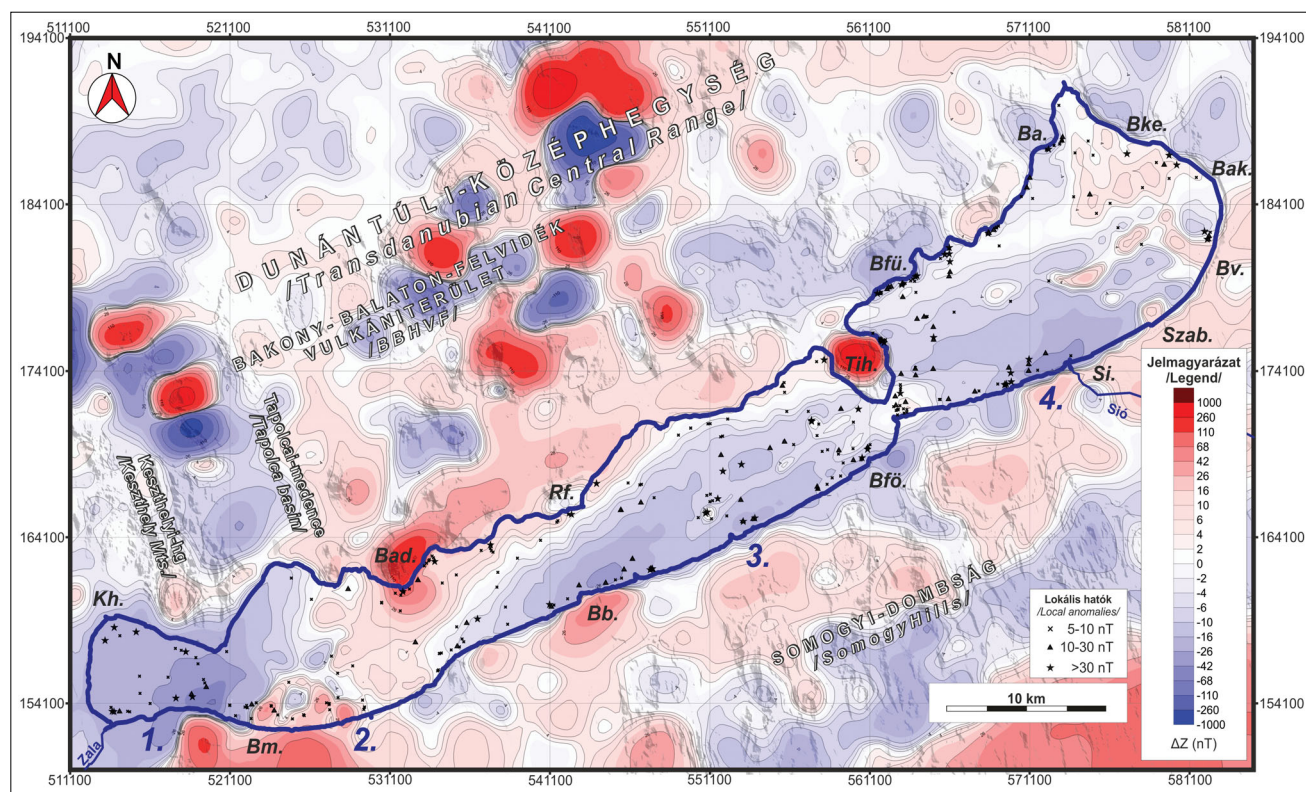
Az adatfeldolgozás során beazonosítottuk és töröltük az adatrendszerből azokat a szakaszokat, melyek időtartama alatt műszerellenőrzés zajlott, vagy a mérőhajó valamelyik kikötőben tartózkodott. Ezt követően eltávolítottuk az adatsorból a rövid hullámhosszú (tipikusan ~5–20 adatpontot érintő) és kiugró amplitúdóval jelentkező változásokat, melyek felszín közeli fémtárgyak hatásai lehetnek. Az így azonosított pontszerű hatók egy része a mérés során is észlelt tereptárgyaknak (stégek, karók, bóják), illetve hajóknak volt megfeleltethető, de számos anomália eredete egyelőre még ismeretlen (4. ábra).

A leválogatott adatrendszeren báziskorrekciót hajtottunk végre a Tihanyi Geofizikai Observatóriumban mért téradatak felhasználásával. 2012-ben a tó nyugati végében tesztméréseket végeztünk egy független bázisműszer segítségével, hogy vizsgáljuk a tihanyi bázisadatok felhasználhatóságát a tó teljes területére nézve. A mérések alapján arra jutottunk, hogy az obszervatórium és a független műszer adatai között mindössze néhány nT különbség jelentkezik, ezért a tihanyi adatok az egész Balaton területén felhasználhatók a geológiai célú mérések báziskorrekciójához.

Az egységes térkép elkészítéséhez, a tó nagy területi kiterjedése miatt szükség volt az adatok normáltér-korrekciójára is. Az ehhez szükséges korrekciós paraméterek a magyarországi szekuláris földmágneses mérőhálózat

(Hungarian Repeat Station network, HRSN) adatai alapján közel két évente kerülnek meghatározásra (Kovács et al. 2012). A feldolgozás során a 2010-es és a 2012-es méréseket a 2013.0 évre, a 2016-os méréseket a 2014.5 évre meghatározott normáltér-paraméterek alapján korrigáltuk (Melléklet, 1. táblázat). A korrigált adatsorból ezt követően kivontuk a tihanyi bázishoz tartozó reziduálanomália-értékét (21,85 nT). Az országos adatokkal való összevethetőség érdekében, a bázis- és normáltérkorrigált adatokat vertikális komponensű anomália- (ΔZ) értékekké transzformáltuk át a Geosoft Oasis Montaj mágneses feldolgozómoduljával. Ehhez azzal a közelítéssel éltünk, hogy a tér különböző pontjaiban a mágneses totáltéranomália- (ΔT) értékét alapvetően az indukált mágnesezettség határozza meg, és az indukáló tér inklinációja (I) körülbelül 63,5°, míg deklinációja közel 3°-nak vehető.

A transzformált ΔZ anomália-térkép a korrekciókból adódóan a tihanyi alapszintre lett meghatározva. Ahhoz, hogy az adatokat az országos adatrendszerrel illeszteni tudjuk, meg kellett határozni a két térkép alapszintkülönbségét is. Utóbbit az ELGI ΔZ anomália-térképének parti mérései és a közeli vízi mérések különbségeként becsültük meg, amiből 35 nT eltérés adódott. Ez az érték jó közelítéssel megegyezett a tó területén mérhető átlagos ΔZ értékkel (~30 nT), így elfogadtuk, és ezzel az értékkel korrigáltuk a teljes adatrendszert (alapszint-korrekció). Az így kapott értékeket variogramillesztést



4. ábra A Balaton és környezetének ΔZ anomália-térképe a 2010–2016 közötti vízi mágneses mérések és az országos anomália-térkép (Kiss, Gulyás 2006) alapján. A fekete markerek a feldolgozás során szűrt lokális hatókat, a kék számok a tó részmedencéit jelölik. Részletes magyarázat az 1. ábránál

Figure 4 ΔZ anomalies of Lake Balaton and its surroundings based on the offshore surveys of 2010–2016 and the anomaly map of Hungary (Kiss, Gulyás 2006). Black markers indicate local anomalies that were filtered out during data processing. Blue numbers show the sub-basins of the lake. For details see Fig. 1.

követően krigeléssel 250×250 m-es rácshálóban interpoláltuk, majd összefésültük az országos felmérés azonos rácstávolság mellett mintavételezett adataival. Az így kapott adatrendszerből szerkesztettük meg a Balaton és környezetének új ΔZ anomália-térképét (4. ábra).

Eredmények

Az 1967–68-as mérések újrafeldolgozásának eredményei

Az 1967–68-as mérések eredményéről publikált térkép (2A ábra) valószínűleg alapszinthibás, mivel a térképen szereplő értékek gyakorlatilag mindenhol negatív totál-tér-anomáliát mutatnak. A feldolgozás során a térkép láthatóan nem lett az országos térképpel egy alapszintre hozva, és az átlagos regionális tér értékével sem korrigálták. A térkép regionális átlagértékkel ($\Delta Z_{\text{atl}} \approx -45,71$ nT) korrigált és $I = 63,5^\circ$ és $D = 3^\circ$ mellett ΔZ értékre transzformált változatát a 2B ábra mutatja, amely már szépen kiemeli a térségre jellemző változásokat. A térkép egyik igen markáns jellegzetessége a tó tengelyére merőleges, egymást váltó pozitív–negatív anomaliasávok, melyek az egykori mérések kivitelezésének és az irányított minta-

vételezésnek az eredményei. Ilyen típusú sávosságot a mágnesezhető anyagoktól nem megfelelően mentesített mérőeszköz esetén tapasztalunk (Bevan 2006), ami alapján nyilvánvaló, hogy az 1967–68-as mérések feldolgozásánál a hajó zavaró hatását nem sikerült érdemben korrigálni. Az eredményekben megjelenő, a mintavételezés irányától függő hatás a korrigált térképen elérheti a 20–40 nT értéket is, amely megfelel a térképen látható anomáliák nagyságrendjének. A térkép érdekessége ugyanakkor, hogy még az előbbi zajszint mellett is felismerhetők kisebb-nagyobb, a sávosságot megtörő anomáliák, melyek felülvizsgálata és validálása a 2010–2016 közötti térképezés feladata volt. Markáns pozitív anomáliák jelentkeznek például Balatonmárfiafürdő (Bm) és Badacsony (Bad) előtt, illetve Balatonfüredtől (Bfü) és Révfülöptől (Rf) keletre. Hasonló mértékű negatív anomáliák Balatonboglár (Bb) és Siófok (Si) előtt látszanak, illetve Balatonföldvártól (Bfö) nyugatra egy negatív anomaliasáv jelenik meg, amely keresztülfut a tavon. Szintén érdekes a Tihanyi-félsziget (Tih) keleti oldalán, a szelvények irányára közel merőleges negatív sáv, valamint a Szemesi-medence középső részénél körvonalazódó, enyhe pozitív anomáliacsúcs is, melyeket a térkép nagy bizonytalansága miatt geológiai interpretációhoz egyértelműen felhasználni nem lehetett.

A Balaton új ΔZ anomália-térképe

Az új adatok alapján készített regionális áttekintőtérkép (4. ábra) első ránézésre is alaposan átformálta a Balaton területének mágneses képét. Ez a térkép már lényegében mentes¹ a vontatóhajó mágneses hatásától, és a sűrűbb mintavételezésnek köszönhetően jól kiemeli a mágneses tér hosszú hullámhosszú változásait, valamint a lokális anomáliákat is. A regionális kép követi a tó déli oldaláról ismert KÉK–NyDNY-i irányítottságú mágneses sávokat; a tó déli felében alapvetően kisebb negatív értékeket tapasztalunk, míg a Tihanyi-félszigettől Ny-ra a medencealjzat emelkedését követve az anomáliaértékek É felé fokozatosan nőnek, belesimulva a Balatonfelvidék enyhén pozitív anomaliasávjába. A tó keleti végében változatos, sávós-foltos mintázat jelentkezik, melynek a parti adatokkal való illeszkedése nem egyértelmű. A tó nyugati végében (Keszthelyi-öböl, 4. ábra, 1) ugyanakkor a mért adatok jól követik a Keszthely és Balatonszentgyörgy környékén tapasztalt negatív ΔZ értékeket.

A regionális trendek jó illeszkedése mellett a térképen számos lokális mágneses hatót sikerült azonosítanunk. Ezek egy része ovális, dipól jellegű pozitív–negatív anomáliapárokként jelentkezik, míg másik részük a tó hossz tengelyével párhuzamos, sávós-vonalas képet mutat.

A tó nyugati részén (4. ábra, 2) elsősorban dipól jellegű, ovális anomáliák körvonalazódnak, melyek közül a legnagyobb kiterjedésű és amplitúdójú anomáliát a badacsonyi kikötő (Bad) előtt találjuk. A vízi anomália kissé elcsúszva, de a Badacsony hegy parton mért pozitív anomáliájával olvad össze és 2–2,5 km-es félértékszélességet (FWHM), illetve 80–85 nT közötti amplitúdót mutat. Ettől Ny-ra, a szigligeti hegy D-i előterében (kb. 2 km-re a parttól) egy másik, nagyobb kiterjedésű anomália (FWHM $\approx$ 1,5–2 km) látszik. Ennek amplitúdója sokkal kisebb, kb. 10 nT. A térképezés további három látványos anomáliapárt mutatott ki a medence D-i részén, Balatonmárfürdő (Bm) előtt, nagyjából ott, ahol az 1967–68-as térkép (2B ábra) egy szabálytalan alakú pozitív anomáliát jelölt. A fenti anomáliák félértékszélessége 0,8–1,4 km között van, amplitúdójuk pedig 30–70 nT.

A tó középső medencéjében (4. ábra, 3) jelentősebb kiterjedésű pozitív anomáliát nem találtunk. A meghatározó anomália egy mágneses minimum, amely az 1967–68-as térképpel összhangban Balatonboglár (Bb) előtt helyezkedik el. Amplitúdója durván –30 nT. A negatív csúcs elsőre ellentmondásosnak tűnhet, mivel közvetlenül mel-

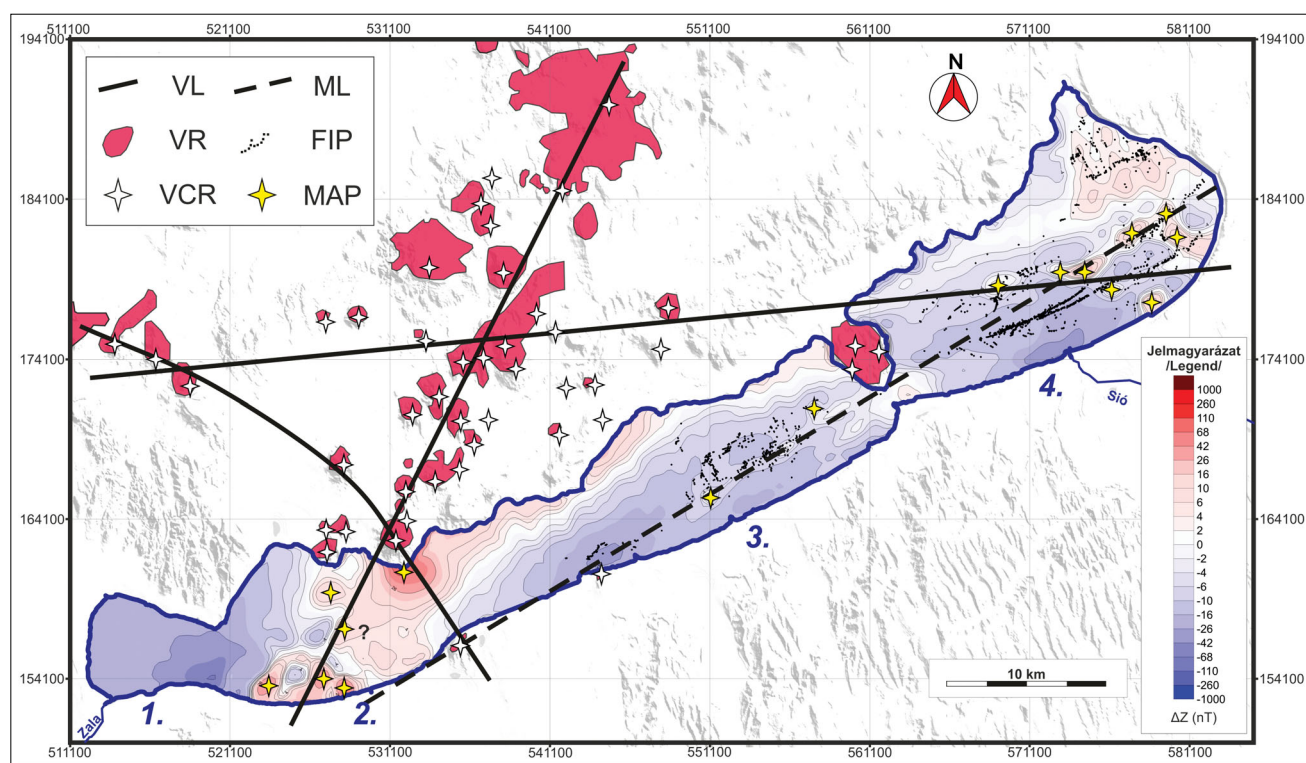
lette a parton pozitív anomáliát találunk. Teljesen hasonló a helyzet Siófoknál (Si), innen kb. 30 km-re KÉK-re, ahol szintén egy nagyobb negatív anomália körvonalazódik. A parti és vízi adatrendszer látszólagos ellentmondását ezen a helyeken az oldja fel, ha az egymás melletti pozitív és negatív csúcsokat egy olyan dipól jellegű anomáliapárként értelmezzük, melynek földmágneses hatója a tó-part közelében helyezkednek el. Ekkor egy normál polaritású anomália alakja pont olyan, hogy az északi negatív része a tóra, a déli pozitív csúcs pedig a szárazföldre esik. A nem tökéletes illeszkedést és a dipól torzulását a parti sávban már feltehetőleg az alacsony térbeli mintavételezés okozza.

A Szemesi-medencében két helyen találtunk lokális pozitív anomáliacsúcsokat. Az egyik a tó középvonalához közel, Tihanytól (Tih) 4–5 km-re nyugatra, míg a másik Boglár (Bb) és Földvár (Bfö) között kb. félúton, a balatonszemesi hajókikötőtől durván 2 km-re ÉÉNy-ra található. Utóbbi helyén az 1967–68-as térkép is egy pozitív anomáliát sejtet. A fenti anomáliamaximumok térben erősen lokalizáltak, kiterjedésük azonban jóval meghaladja az adatrendszerből eltávolított pontszerű hatókét (FWHM $\approx$ 300–600 m). A két lokális csúcsot a Tihanyi-félsziget irányában egy alig észlelhető, gyenge (5–10 nT amplitúdójú) lineáris ható köti össze, amely csak az új, nagy felbontású és sűrített szelvényezésnek köszönhetően vált láthatóvá. Ennek a hatónak a hossz tengelyre merőleges metszetében a látszólagos félértékszélesség nagyjából 0,8–1,2 km.

A Siófoki-medence összetett anomáliaképét éppen az előbbi lineáris ható tükrében érthetjük meg jobban. A Szemesi-medence anomaliasávjában a Tihanyi-félszigettől K-re az 1967–68-as térképen is látható enyhe negatív anomaliasávban (2B ábra) folytatódik, majd a tó keleti részén, ennek a vonalnak a folytatásában és azzal párhuzamos pásztákban több, látszólag lokálisan elkülönülő, jellemzően 10–30 nT amplitúdójú és nagyjából 800–1500 m félérték-szélességű anomáliát lehet felismerni. Az anomáliákból összeálló mintázat, a tó hossz tengelyével közel párhuzamosan, KÉK–NyDNY irányítottságú pozitív–negatív sávokat rajzol ki, amelyek kisebb léptékben ugyan, de a regionális mintázathoz nagyon hasonló képet mutatnak.

A 4. ábrán a geológiai eredetű földmágneses anomáliák mellett az adatrendszerből eltávolított, pontszerű mágneses anomáliák helyét is feltüntettük (fekete szimbólumok). A térkép alapján látszik, hogy a vonalszerű mérések ellenére is rendkívül sok, az iszapban megrekedt fém-tárggyal találkoztunk a mérések során, melyek mágneses hatása akár több, mint 100 nT is lehetett. Az ezekből származó indukált anomália rátevéődik a nagyobb hullámhosszú földmágneses jelre, ami megnehezítette a földmágneses anomáliák maximális amplitúdójának pontos meghatározását. A mágneses térképen még a viszonylag ritka mérőháló ellenére is látszik, hogy a pontszerű hatók elsősorban a partok közelében és a nagyobb kikötők környékén jellemzőek, de találunk jelentősen mágnesezhető tárgyakat a tó középső részein is.

¹ A feldolgozás után végzett horizontálisgradiens-vizsgálatok alapján a mérés irányítottságából adódó hibákat a 2010–2016-os felmérésnél is ki lehetett mutatni. A hiba mértéke a 2010–2016-os méréseknél már jóval alacsonyabb, max. 1–2 nT. Ez a hatás elsősorban a tó keleti szélén okoz érzékelhető torzulást az izovonalakban. Az ismeretlen és nemlineáris hibát a műanyag hajóból el nem távolítható kisebb csavarok, esetleg a mérőműszer és az akkumulátor fémtartalma okozhatta. Ezek eltávolítására nem volt módunk.



5. ábra A balatoni mágneses anomáliák és a BBFVT vulkáni képződményeinek lehetséges kapcsolata. VL: vulkáni centrumokat összekötő tengelyvonalak (Martin et al. 2003 alapján), ML: mágneses hatótengely a 2010–2016-os vízi mérések alapján, VR: vulkáni képződmények felszíni előfordulása (Németh 2012 alapján), FIP: felszín közeli vetőindikációk a balatoni ultranagy felbontású szeizmikán (Visnovitz et al. 2015, Jakab et al. 2017 alapján), VCR: Mio/Pliocén vulkáni centrum maradványok (Martin et al. 2003 alapján), MAP: mágneses anomália maximumok

Figure 5 Link between offshore magnetic anomalies and volcanic features of the BBFVT. VL: volcanic lineaments based on Martin et al. 2003, ML: magnetic lineaments based on the offshore surveys between 2010 and 2016, VR: distribution of volcanic rocks on the surface (after Németh 2012), FIP: indications of shallow faults in offshore ultrahigh resolution seismic images (after Visnovitz et al. 2015 and Jakab et al. 2017), VCR: remnants of Mio/Pliocene volcanic centers (after Martin et al. 2003), MAP: magnetic anomaly peaks

Diszkusszió

Az 1966–67-es és 2010–16-os mérések eredményeinek összehasonlítása

Az 1968-ban készült mágneses anomália-térképet később nem használták fel további földtani kutatásoknál, a mérőhajó vastömegének zavaró hatása miatt. A kezdeti térképet az új adatok fényében vizsgálva azonban láthatjuk, hogy az a főbb anomáliák előrejelzésében jóval sikeresebbnek mutatkozott a vártnál. Bár a mérési adatok hiányában a térképet nem volt módunk az országos adatrendszerrel is illeszthető ΔZ anomáliákra átszámítani, a tihanyi reziduálértékkel és a regionális átlaggal történő korrekció után, ha nem is valós amplitúdókkal, de a fontosabb anomáliák megmutatkoztak (2B ábra). A Badacsony előterében talált anomália mindkét térképen egybeesik, valamint az 1967–68-as térképen a Szigligeti-medence D-i részén látható hatók is jelen vannak. Bár az 1967–68-as térkép felbontása nem elég jó a lokális csúcsok szétválasztására, ennek ellenére az anomália szabálytalan alakja már tulajdonképpen előre jelezte, hogy nem egyetlen ható rejtőzik a területen. Az 1967–68-as térkép az ÉNy–DK sávosság ellenére is előre jelzett nagyobb anomáliaminimumokat Balatonboglár és Siófok előtt. Ezek

az anomáliák az új térképezés alapján valósnak bizonyultak, és a parti pozitív anomáliák negatív párjaként értelmezhetők. Megerősítést nyert továbbá a Szemesi- és Siófoki-medencében is néhány lokális maximum, melyek méretét és amplitúdóját ugyan nem, de helyzetét már a korábbi térkép is igen pontosan megmutatta. Mindezekből azt a következtetést vonhatjuk le, hogy az 1960-as évekbeli mérések és az azokból készült mágneses anomália-térkép a lehetőségekhez képest meglepően jó eredményt produkált.

A Szigligeti-medence anomáliáinak értelmezése

A Szigligeti-medencében észlelt anomáliák eredetének magyarázatára a legkézenfekvőbb megoldás a vulkanológia felhasználásával adódik. Az általunk kimutatott anomáliapárok és anomáliacsúcsok szépen illeszkednek a Bakony–Balaton-felvidék vulkáni képződményeinek sorába (Balázs et al. 2011, Király et al. 2011, 4. ábra). A BBFVT egyébként jelentős mágneses hatással is bíró vulkáni képződményeit a földmágneses és vulkanológiai kutatásokban általában két kitörési centrum/hatótengely mentén szokás felfűzni (5. ábra). Ezek közül az egyik a K–Ny-i, Tihanyt, a Fekete-hegyet, a Halápot és a Keszthelyi-hegység É-i oldalánál található vulkanitokat köti

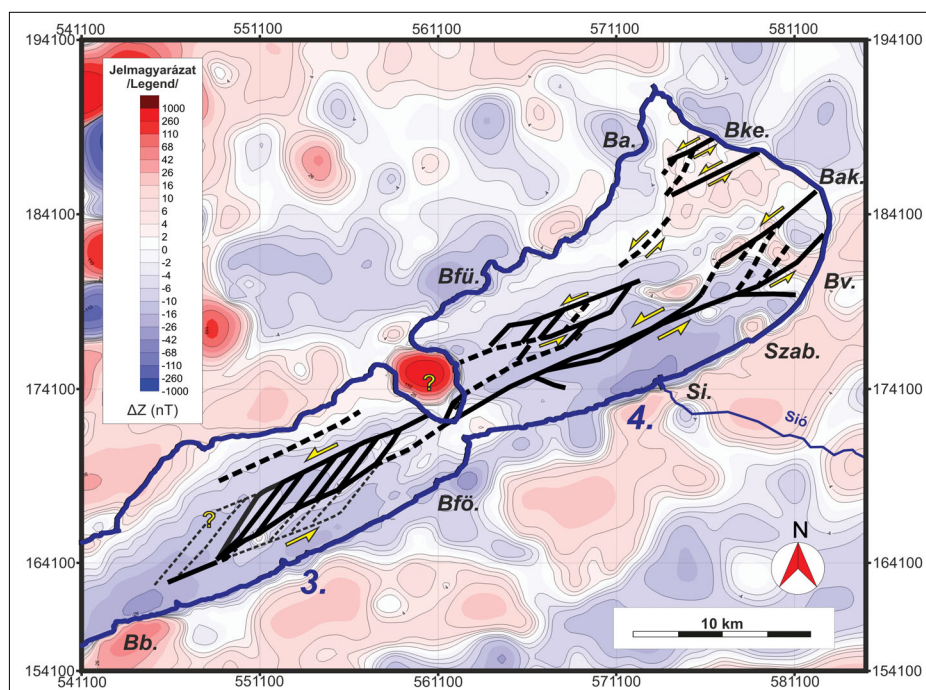
össze, míg a másik durván ÉK–DNy-i csapású, és durván a Kab-hegy, Feketehegy/Bondoró, Badacsony vonalat követi (Posgay 1966, Martin et al. 2003, Martin, Németh 2004, Kiss et al. 2017). A Szigligeti-medencében újonnan kimutatott mágneses anomáliák az utóbbi sorba illeszthetők, és átmenetet képeznek a tó É-i partjánál található tanúhegyek (Badacsony, Szigliget) és a D-i part közelében eltemetett középső miocén lávadóm, a Balatonmárfürdői trachittest (Klébesz et al. 2009) között. Földrajzi elhelyezkedésük alapján tehát a kapcsolódó hatók eltemetett szubvulkáni testek, illetve eddig még nem ismert vulkáni centrumok (ventek) lehetnek, melyek a BBFVT legdélebbi tagjait képviselhetik az ÉK–DNy-i csapású vulkáni sorozatba illeszkedve (5. ábra).

A „tó alatti” vulkanizmus koráról jelenleg meglehetősen kevés információ áll rendelkezésünkre. Az eltemetett vulkánok vagy mélyben megrekedt magmás testek korát a közeli Badacsony, Hármashegy, Fonyód vulkanitjainak kora (3,5 Ma, Martin & Németh 2004) és a tó D-i oldalán eltemetett trachit vulkánhoz tartozó 13 Ma kor (Klébesz et al. 2009) közötti tartományba várjuk. Ebből az időszakból a fiatalabb korokat támasztják alá azok az ultranagy felbontású vízi szeizmikus szelvények, melyeket az ELTE geofizikusai 2011 tavaszán mértek a tavon (Balázs et al. 2013). A szelvényeken az egyik Balatonmárfürdő előterében található anomália felett a kb. 8 millió éves pannóniai üledékek felboltozódása látható erős, akusztikusan árnyékoló reflexiók kíséretében, ami arra utal, hogy a mélyben valamiféle intrúzió van jelen. A rétegek gyűrődése poszt-dátálja a pannóniai üledékek lerakódását, melynek alapján a kérdéses vulkanizmusnak 8 millió évnél fiatalabbnak kell lennie.

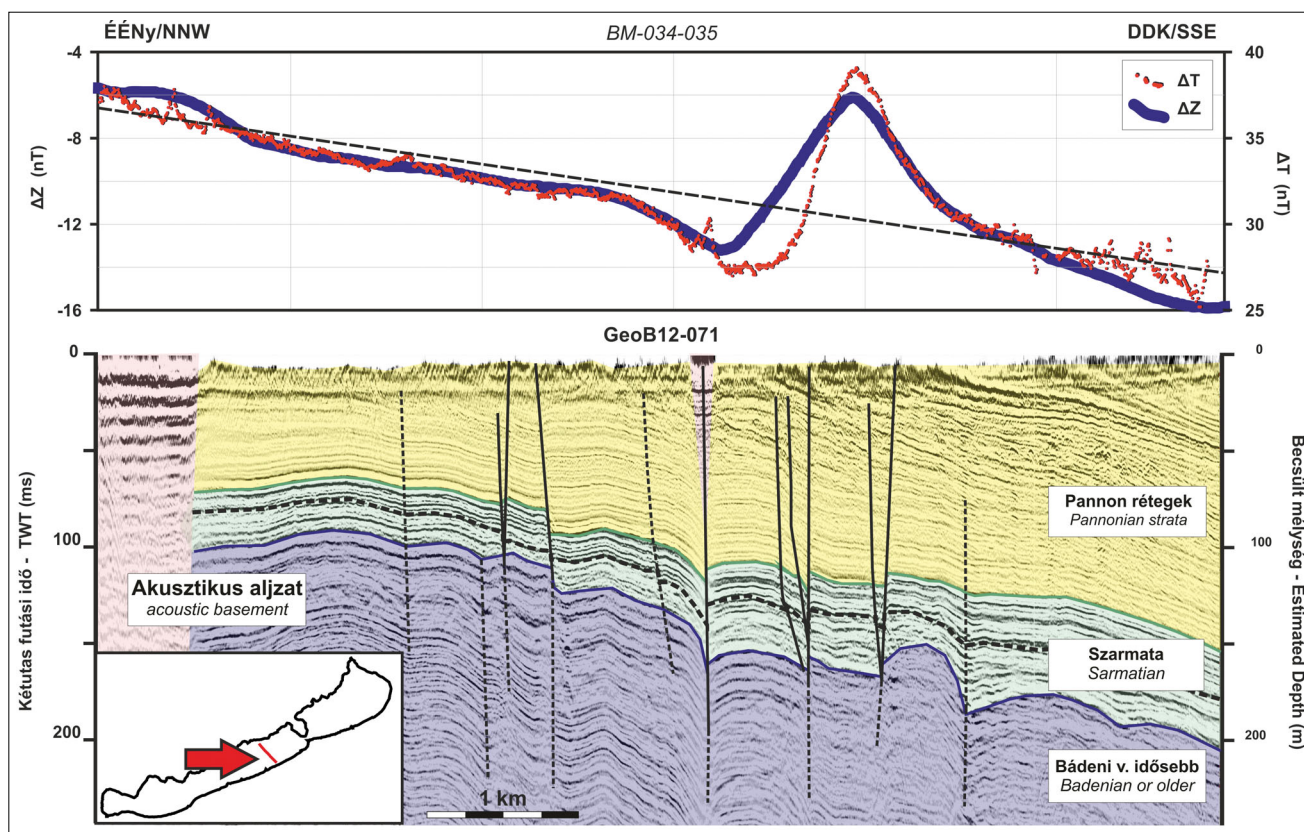
A keleti és középső medencében kimutatott lineáris anomáliák lehetséges eredete

Az 5. ábrán látható, hogy a tó K-i felében talált mágneses maximumok is felfűzhetők a vulkáni centrumokat összekötő tengelyekre. Az utóbbi anomáliák a K–Ny-i tengely folytatásában sorakoznak, de határozottan kisebb ΔZ értékekkel, mint a Ny-i oldalon. A vízi szeizmikus adatokon, a pannóniai rétegek és a pannóniai bázisát adó képződményekben itt is találunk több helyen gyűrődéseket, felboltozódásokat, melyeket Sacchi et al. (1999), majd később Horváth et al. (2010) és Tóth et al. (2010) is vulkáni intrúziókként azonosítottak. A vulkáni testek jelenlétét fúrési adat (Tó-28) is támogatja (Cserny et al. 2004), ugyanakkor a mágneses anomáliák és a szeizmikán látható aljzatmagaslatok helyét összevetve arra jutunk, hogy a térképezett anomáliák nem a magaslatokhoz köthetők, vagyis nem a magaslatok magjában feltételezett „bazaltos intrúziók” keltik azokat.

A tó keleti felében azonosított anomáliák egy másik, a tó tengelyével közel párhuzamos pászta (5. ábra, szaggatott vonal) mentén is felfűzhetők, amely alternatív magyarázatot kínál a hatók eredetére vonatkozóan. Ez az ÉK–DNy-i csapású vonal egybeesik a tó alatt húzódó nyírési zóna lefutásával (6. ábra), melyet korábban a vízi szeizmikus szelvények alapján megismertünk (Visnovitz et al. 2015, Jakab et al. 2017). A meglehetősen jó korreláció a szeizmika segítségével térképezhető vetők és a mágneses anomáliák, valamint a regionális trend és az aljzat D–DK-i irányú mélyülése között (7. ábra) azt az elképzelést támogatja, miszerint a mágneses tér változásait az aljzat települési mélysége és az aljzati tektonika határozhatja meg.



6. ábra A Balaton alatti szerkezetek (Visnovitz et al. 2015) és a mágneses anomália-térkép összevetése
Figure 6 Comparison of the structural model of Visnovitz et al. (2015) with the magnetic anomaly map



7. ábra A Szemesi-medencét keresztelő vízi szeizmikus szelvényen látható vetők (Visnovitz et al. 2015) és a medence déli harmadánál húzódó lineáris anomália korrelációja. A piros pontok az alapszint korrekció nélküli ΔT értékeket, a kék vonal a ΔZ anomáliát, a szaggatott fekete vonal pedig a regionális trendet jelöli. Az utóbbi az aljzat dőlésével mutat korrelációt

Figure 7 Correlation between the elongate magnetic anomaly and fault system imaged by high-resolution seismic data (Visnovitz et al. 2015) in the central sub-basin of Lake Balaton. Red points show ΔT anomalies before baselevel correction, blue line indicates ΔZ values, while the black dashed line shows the regional trend in magnetic data that has a good correlation with the S-SW dipping acoustic basement

A pontos hatógeometria, a mágneses tulajdonságot hordozó kőzettestek összetétele, valamint fizikai paraméterei, melyek a 4. ábrán látható mágneses anomáliákat létrehozzák, egyelőre még nem ismertek. Ennek felderítésére a kőzetanyag mintázását követő hatómodellezésre lenne szükség.

Összefoglalás, konklúziók

A dolgozatban az elmúlt 50 év balatoni vízi mágneses kutatásait és azok eredményeit foglaltuk össze, külön kiemelve a tó, és egyben Magyarország első vízi mágneses térképezésére (1967–1968), és az ELTE Geofizikai és Őr-tudományi Tanszékének 2010–2016 között végzett, új vízi mágneses térképezésének eredményeire is. Az archív térkép és az új mérési adatok feldolgozása után lehetőségünk nyílt a különböző mérési eredmények összehasonlítására, valamint az országos adatok és az új vízi mérések összefűzésével elkészíthettük a Balaton és környékének részletes vertikális anomália-térképét. A térkép alapján a vízi mérések eredményei jól illeszkednek a szárazföldi adatokhoz, és sikeresen térképeztük néhány partról ismert anomália (pl. Badacsony, Tihany, Boglár) folytatását a tómeder területén. A térképezés

kimutatta, hogy a tó alatt az előbbieken túlmenően jelentős kiterjedésű mágneses hatók nem fordulnak elő, ugyanakkor a részletes térképezésnek hála, számos kis-méretű, relatíve kis amplitúdójú anomáliát tudtunk észlelni. Az anomáliák egy része már az 1967–68-as térképen is körvonalazódik, de azok pontos kimutatása és igazolása csak az új, nagyobb pontosságú és sűrűbb szelvényezés révén vált egyértelművé. A térség földtani adottságait és a tavon végzett vízi szeizmikus szelvények értelmezését figyelembe véve a tó alatti anomáliákat az alábbi módon tudjuk értelmezni:

- A tó területén látható regionális trendeket alapvetően az aljzat kőzettani felépítése és enyhe D–DK irányú dőlése határozza meg, melyre 5–80 nT amplitúdójú dipól jellegű, illetve hosszan elnyúló lineáris anomáliák tevődnek rá.
- A tó nyugati felében azonosított ovális anomáliák, melyek félértékszélessége 0,8–2,5 km közötti, feltehetőleg szubvulkáni testekhez kapcsolódnak, melyek helyzetüket tekintve a BBFVT már ismert vulkáni vonulataiba jól illeszkednek. A kapcsolódó gyűrődéses deformáció a tó alatt látható pannóniai rétegeket posztdataálja, tehát a feltételezett szubvulkáni testek kora 8 Ma-nél fiatalabb, ami összhangban van a BBFVT ismert vulkáni képződményeinek radiometrikus korával.

- A tó középső és keleti részén észlelt ovális és lineáris anomáliák a Balaton tengelyében húzódó szerkezeti vonallal jól korrelálhatók, ami alapján arra következtethetünk, hogy ezek az anomáliák a tó alatt lejátszódó tektonikus folyamatokkal állnak kapcsolatban.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás anyagi és szakmai háttérét az NKFI 109255K pályázat, az EGT/156/M4-0002 „Hidromorfológiai mérőgyakorlat kidolgozása építőmérnök és geofizikus hallgatók számára” c. projekt, valamint a Pázmány–Eötvös Természettudományi Információs Alapítvány támogatása biztosította. A mágneses mérésekben az Eötvös Loránd Tudományegyetem számos hallgatója vett részt. Köszönet illeti Szabó Lajos és Károlyi János hajóskapitányokat (Yachtsail Kft.) a közel 1000 km összhosszúságú vízi szelvényezés során nyújtott segítségért, valamint Sziráki Mártát (Balatonlellel Yacht Klub), Homonnay Zsombort (Ábrahámhegy, Jégmadár kikötő) és a balatoni vízi rendőrséget, hogy a felmérés során a mérőhajóink számára kikötési lehetőséget biztosítottak. Végezetül köszönjük Kiss Jánosnak a cikk lektorálása során nyújtott tanácsait és a totáltéranomália-térképek vertikális komponensű anomália-térképekké transzformálásában nyújtott segítségét.

A tanulmány szerzői

Visnovitz Ferenc, Hegyi Betti, Balázs Attila, Raveloson Andrea, Rozman Gábor, Lenkey László, Lenkey-Bögér Ágnes, Király Ágnes, Pethe Mihály, Kudó István, Kovács Péter, Csontos András, Heilig Balázs, Vadász Gergely, Horváth Ferenc[†]

Hivatkozások

- Bada G., Szafián P., Vincze O., Tóth T., Fodor L., Spiess V., Horváth F. (2010): Neotektonikai viszonyok a Balaton keleti medencéjében és tágabb környezetében nagyfelbontású szeizmikus mérések alapján. *Földtani Közöny* 140/4, 367–390.
- Balázs A., Visnovitz F., Spiess V., Fekete N., Tóth Zs., Hámori Z., Kudó I., Horváth F. (2013): Új szeizmikus mérések a Balatonon: beszámoló a 2011–2012. évi szelvényezésekről. *Magyar Geofizika* 54/2, 67–76.
- Balázs A., Király Á., Bögér Á. (2011): Basalt volcanoes under the Lake Balaton. 6th Congress of the Balkan Geophysical Society, Budapest.
- Bevan B. (2006): Understand magnetic maps. *Geosight*, 74 p. <https://doi.org/10.13140/rg.2.2.26829.64487>
- Bender O., Varrók K., Reményi Gy. (1966): A tihanyi obszervatórium környékén végzett földtani, földmágneses és gravitációs vizsgálatok. *Geofizikai Közlemények*, 15/1–4, 83–94.
- Budai T., Vörös A. (1992): Middle-triassic history of the Balaton-highland: extensional tectonics and basin evolution. *Acta Geologica Hungarica*, 35/3, 237–250.
- Budai T., Császár G., Csillag G., Dudko A., Koloszar L., Majoros Gy. (1999): A Balaton-felvidék földtana. *Magyarázó a Balaton-felvidék földtani térképéhez (1:50000)*, Budapest. Magyar Állami Földtani Intézet (MÁFI), 257 p.

- Cholnoky J. (1936): Magyarország földrajza. A Föld és élete, VI. kötet. Franklin és Társa Kiadó, Budapest, 530 p.
- Cserny T., Corrada R. (1989): Complex geological investigation of Lake Balaton (Hungary) and its results. *Acta Geologica Hungarica*, 32/1–2, 117–130.
- Cserny T., Prónay Zs., Neduczka B. (2004): A Balatonon végzett korábbi szeizmikus mérések újraértékelése. *Magyar Állami Földtani Intézet Évi jelentése 2004*, 273–283.
- Dank V., Fülöp J., Ádám O., Barabás A., Bardócz B., Bérczi I., Brezsnaynszky K., Császár G., Haas J., Hámor G., Horváth F., Jámor Á., Kassai M., Nagy E., Pogácsás Gy., Ráner G., Rumler J., Síkhegyi F., Szederkényi T., Völgyi L., Zelenka T. (1990): Magyarország szerkezetföldtani térképe. M = 1:500 000. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- Dudko A. (1986): A Velence–Balatonfő terület variszkuszi szerkezetalakulása. *Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1984-ről*, pp. 23–63.
- Fodor L., Bada G., Csillag G., Horváth E., Ruszkiczai-Rüdiger Zs., Horváth F., Cloetingh S., Palotás K., Síkhegyi F., Timár G. (2005): An outline of neotectonic structures and morphotectonics of the western and central Pannonian basin. *Tectonophysics*, 410, 15–41.
- Haas J., Budai T. (1999): Triassic sequencestratigraphy of the Transdanubian range (Hungary). *Geologica Carpathica*, 50/6, 459–475.
- Hegymegi L., Körmendi A., Szulyovszky I. (1968): Protonprecessziós mágneses mérések a Balatonon. *Magyar Geofizika*, 9/6, 231–236.
- Horváth F., Bada G., Windhoffer G., Csontos L., Dövényi P., Fodor L., Grenczy Gy., Síkhegyi F., Szafián P., Székely B., Timár G., Tóth L., Tóth T. (2005): Atlas of the present-day geodynamics of the Pannonian basin: Euroconform maps with explanatory text – OTKA T034928, final report. Eötvös Loránd University, Department of Geophysics and Space Science, Budapest, 38 p.
- Horváth F., Sacchi M., Dombrádi E. (2010): A Pannon-medence üledékeinek szeizmikus sztratiográfiai és tektonikai vizsgálata a Dél-Dunántúli és a Balaton területén. *Földtani Közöny*, 140/4, 391–418.
- Hrvoic I., Newitt L. R. (2011): Instruments and Methodologies for Measurement of the Earth's Magnetic Field. In: Mandeau M., Korte M. (eds), *Geomagnetic Observations and Models*. IAGA Special Sopron, Book Series 5, Springer, pp. 105–126.
- Jakab B., Visnovitz F., Fodor L., Horváth F. (2017): Mapping of neotectonic structures at the eastern shores of Lake Balaton using ultra-high resolution seismic profiles recorded in 2014 and 2016. *Acta Mineralogica Petrographica, Field guide series* 32, 16.
- Jugovics L. (1969): A Balaton-felvidék és a Tapolcai-medence bazaltvidékének földtani jellegei. A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1968, pp. 223–243.
- Király Á., Balázs A., Bögér Á. (2011): Basalt volcanoes under the Lake Balaton. *Ifjú Szakemberek Ankétja, Absztraktfüzet*, Győr.
- Kiss J., Gulyás Á. (2006): Magyarország mágneses ΔZ -anomália térképe, 1:500 000. Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, Budapest.
- Kiss J., Vértessy L., Gulyás Á. (2017): Földmágneses esettanulmányok a Balaton-felvidékről, a Duna–Tisza közéről és a Tokaji-hegység területéről. *Magyar Geofizika*, 57/4, 126–151.
- Klébesz R., Harangi Sz., Ntaflós T. (2009): A balatonmáriai ultrakáli trachandezit petrogenézise. *Földtani Közöny*, 139/9, 237–250.

- Kovács P., Csontos A., Heilig B., Koppán A. (2012): Hungarian repeat station survey, 2010. *Annals of Geophysics*, 55/6, 1113–1119. DOI: 10.4401/ag-5450.
- Lóczy L. (1913): A Balaton környékének geológiai képződményei és ezeknek vidékek szerinti telepedése. A Balaton tudományos tanulmányozásának eredményei, I. kötet, 1. rész, Budapest 617 p.
- Martin U., Auer A., Németh K., Breitreuz C. (2003): Mio/pliocene phreatomagmatic volcanism in a fluvio-lacustrine basin in Western Hungary. *Geolines, Journal of the Geological Institute, Academy of Sciences of the Czech Republic* 15, 75–81.
- Martin U., Németh K. (2004): Mio/pliocene phreatomagmatic volcanism in the Western Pannonian Basin. *Geologica Hungarica*, 26, 84–90.
- Németh K. (2012): An Overview of the Monogenetic Volcanic Fields of the Western Pannonian Basin: Their Field Characteristics and Outlook for Future Research from a Global Perspective, Updates in Volcanology Francesco Stoppa. *IntechOpen*, DOI: 10.5772/23219.
- Pánisová J., Balázs A., Zalai Zs., Bielík M., Horváth F., Harangi Sz., Schmidt S., Götze H. J. (2018): Intraplate volcanism in the Danube Basin of NW Hungary: 3D geophysical modelling of the Late Miocene Pástor volcano – *International Journal of Earth Sciences (Geol Rundsch)* 107/5, 1713–1730. <https://doi.org/10.1007/s00531-017-1567-5>
- Posgay K. (1966): A magyarországi földmágneses hatók áttekintő térképe, M = 1:500 000. Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet kiadványa, Budapest.
- Sacchi M., Horváth F., Magyar O. (1999): Role of unconformity-bounded units in the stratigraphy of the continental record: a case study from the Late Miocene of the western Pannonian basin, Hungary. In: Durban, B., Jolivet, L., Horváth, F., Séranne, M. (eds): *The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogen*. Geological Society, London, Special Publications 156, 357–390.
- Tóth Zs., Tóth T., Szafián P., Horváth A., Hámori Z., Dombrádi E., Fekete N., Spiess V., Horváth F. (2010): Szeizmikus kutatások a Balatonon. *Földtani Közöny*, 140/4, 355–366.
- Turner G. M., Rasson J., Reeves C. (2015): Observation and Measurement Techniques. In: Schubert G. (ed). *Treatise of Geophysics, Volume 5.: Geomagnetism*, pp. 91–135. Elsevier, ISBN 978-0-444-53803-1.
- Visnovitz F., Balázs A., Horváth F. (2013a): High-resolution seismic surveys in the Lake Balaton to image the stratigraphic architecture of Late Miocene basin fill beneath the lake. *Geophysical Research Abstracts*, 15, EGU2013-969.
- Visnovitz F., Tóth T., Hámori Z., Kudó I., Balázs A., Sacchi M., Surányi G., Horváth F. (2013b): Balatoni egysatornás, nagy felbontású szeizmikus szelvények újrafeldolgozása. *Magyar Geofizika*, 54/2, 77–88.
- Visnovitz F., Horváth F., Fekete N., Spiess V. (2015): Strike-slip tectonics in the Pannonian basin based on seismic surveys at Lake Balaton. *International Journal of Earth Sciences (Geol. Rundsch.)*, 104/8, 2273–2285. DOI: 10.1007/S00531-015-1179.x.

Melléklet

1. táblázat A normáltér-korrekcióhoz alkalmazott paraméterek négy tizedes jegyre kerekítve. A paraméterek meghatározását lásd Kovács et al. 2012. p_i : elsőrendű polinomiális modellegyütthatók a normáltér leírására, q_i : az elsőrendű közelítéshez tartozó szekuláris változást leíró modellegyütthatók. Φ, λ : földrajzi szélesség és hosszúság szögperc egységekben, $\Phi_0 = 45^\circ 30'$, $\lambda_0 = 16^\circ 00'$, t : aktuális időpont tizedes évre kerekítve, t_{epoch} : az epoch időpontja. A táblázatban szereplő paraméterek alapján számított deklináció- és inklinációértéket szögpercben, a térkomponensek nT egységekben értendők. Megjegyezzük, hogy a feldolgozás időpontjában a 2014.5 epoch utáni szekuláris változás polinom együtthatói még nem álltak rendelkezésre. Ezért, a korrekciókhoz a korábbi időszakra vonatkozó együtthatókat alkalmaztuk

Table 1 Parameters for normal field correction rounded to four decimals. For further details of parameter determination see Kovács et al. 2012. p_i : model coefficients calculated in first-order polynomial approximation, q_i : model coefficients for secular variation calculated in first-order polynomial approximation. Φ, λ : geographic latitude and longitude in minute units, $\Phi_0 = 45^\circ 30'$, $\lambda_0 = 16^\circ 00'$, t : actual date in years rounded to one decimal, t_{epoch} : date of the epoch. Using the given parameters in *Table 1* the calculated values for declination and inclination are given in arc minutes while magnetic field components are calculated in nT units. Note that at the time of processing, the polynomial coefficients for the secular change occurred after the 2014.5 epoch were not yet available. Therefore, corrections were applied using coefficients from the previous period.

Epoch 2013.0	p_0	p_1	p_2	q_0	q_1	q_2
Deklináció / Declination (D)	195.5451	0.1198	0.2194	7.0579	0.0035	-0.0043
Horizontális int. / Horizontal int. (H)	22341.9544	-9.0889	-0.2939	14.7360	-0.0370	-0.0073
Vertikális int. / Vertical int. (Z)	42191.4073	9.5599	1.4157	29.6128	0.0028	0.0215
Inklináció / Inclination (I)	3727.0801	0.8791	0.0625	0.0875	0.0012	0.0012
Totál tér / Total Field (F)	47723.3560	4.5583	1.1512	32.8381	-0.0053	0.0138
Epoch 2014.5	p_0	p_1	p_2	q_0	q_1	q_2
Deklináció / Declination (D)	206.1319	0.1251	0.2129	7.0579	0.0035	-0.0043
Horizontális int. / Horizontal int. (H)	22364.0583	-9.1443	-0.3048	14.7360	-0.0370	-0.0073
Vertikális int. / Vertical int. (Z)	42235.8265	9.5640	1.4480	29.6128	0.0028	0.0215
Inklináció / Inclination (I)	3727.2113	0.8810	0.0643	0.0875	0.0012	0.0012
Totál tér / Total Field (F)	47772.6131	4.5504	1.1719	32.8381	-0.0053	0.0138

Az epochra számított mágneses intenzitás / Magnetic intensity in a given point for the epoch:

$$B^{\text{epoch}}(\Phi, \lambda, p) = p_0 + p_1(\Phi - \Phi_0) + p_2(\lambda - \lambda_0)$$

A szekuláris változás mértéke / Secular variation:

$$B^{\text{sec}}(\Phi, \lambda, p) = [q_0 + q_1(\Phi - \Phi_0) + q_2(\lambda - \lambda_0)](t - t_{\text{epoch}})$$

Normáltér-korrekció értéke / Value for normal field correction:

$$B^{\text{norm}} = B^{\text{epoch}} + B^{\text{sec}}$$

Gravitációs, mágneses és légi geofizikai adatbázisok

Kiss J.

Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat (MBFSZ),
1145 Budapest, Columbus u. 17–23., Hungary
@E-mail: kiss.janos@mbfsz.gov.hu

Úgy jártunk, mint az egyszeri ember Kárpátján a XX. században, szülőhelyéről ki se mozdult, mégis három országnak lett állampolgára egy rövid emberöltőn belül – 30 év alatt csak egyik szobából a másikba költöztünk, de már a harmadik munkahelynél tartunk.

Az első váltás volt a „legfájdalmasabb”, mert az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet¹⁾ nevet, azaz Eötvös Loránd nevét elhagyni mindenképpen nagy veszteség (geológus kollégáink, hasonlóan éreznek – teljesen jogosan – a Magyar Állami Földtani Intézettel²⁾ kapcsolatban, amely Európa második földtani intézete volt).

Eötvös Loránd volt az alkalmazott (geo)fizika megteremtője. Egyike azoknak a magyar tudós embereknek, akit a világ minden táján ismernek. Intézetünk Eötvös geofizikai munkásságával egyidőben született meg, így az intézet neve szakmánkkal egyidős volt – patinás, világszerte ismert, bizonyos értelemben úgy is mondhatnánk, hogy geofizikában intézetünk volt a No. 1. Az ELGI története nyomdai kiadásban, két kötetben megjelent (Polcz 2003, Bodoky, Polcz 2016) és a szakkönyvtárakban elérhető.

2012. április 1-től az ELGI és a MÁFI összevonásával Magyar Földtani és Geofizikai Intézet³⁾ lettünk, jogfolytonosan, utódintézményként. Ez közelebb hozta a geológus és geofizikus társadalmat, és biztosította a nem akadémiai földtani kutatás működésének folytonosságát.

2017. július 1-én újabb összevonás történt. A Magyar Bányászati és Földtani Hivatallal⁴⁾ mint szakhatósággal már régóta szoros kapcsolatban voltunk, ők elvesztették a vidéki bányakapitányságokat, „cserébe” megkaptak minket. Így alakult meg a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat (MBFSZ), a régi MBH (MBFH), MÁFI és ELGI utódszervezeteként.

Hogy mindez jó vagy rossz, azt majd az idő fogja eldönteni. Azt azért sikernek kell tekinteni, hogy az intézet és az általa képviselt szakma, túl az akadémiai intézeteken, még mindig jelen van, bár erősen megfogyatkozva.

Ennél a kezdésnél érdemes egyfajta leltárt készíteni! Az első tételnek – megtisztelve azokat, akik valaha dolgoztak ezekben az intézetekben – talán az adatokról és adatbázisokról kell szólnia, esetünkben a geofizikai adatokról.

Kiss, J.: Gravity, magnetic and airborne geophysical databases

The same thing happened to us what had happened to simple Transcarpathians who never left their villages and still they were citizens of three different states in a row. Last decade, we moved only from one room to another on the same level of the same building but we have been employees of three different organisations at the same time. The first change was the most grievous because omitting the name Roland Eötvös Geophysical Institute (ELGI) meant for us a serious loss. I think, geologists felt similarly when losing the one and a half century old name of their Institute, the name of the Geological Institute of Hungary (MÁFI) which was the second one of its kind in Europe.

Roland Eötvös was the founder of the discipline of applied geophysics. He was one of the Hungarian scientists who were known all over the world. Our Institute was established for him, thus applied geophysics and the Institute were of the same age. ELGI was well-known worldwide, it was the first organisation of applied geophysics. Its history has been published in two volumes (Polcz 2003, Bodoky, Polcz 2016) and can be found in specialized libraries.

In 2012, the government created a new organisation called Hungarian Geological and Geophysical Institute (MGFI) by merging ELGI and MÁFI. The new organisation brought geologists and geophysicists closer to each other and confirmed the continuity of governmental research work in earth sciences.

In 2017 there followed a second merger. The governmental office, the Hungarian Office for Mining and Geology (MBFH) and MGFI were merged creating a newer governmental office, the Mining and Geological Survey of Hungary (MBFSZ).

Whether these reorganisations were good or not, time will decide. However, it might be considered as a success in that applied earth sciences are yet present even if in a rather reduced structure.

Just now, at the outset of the newest organisation, it is worth making a sort of inventory! Perhaps the first items – respecting those colleagues' works who have ever worked in these institutes – should deal with data and databases, this case with the geophysical ones.

Beérkezett: 2018. szeptember 27.; *elfogadva:* 2018. november 21.

Bevezetés

A geofizikai adatbázisok, a geofizikai adatok értéket képviselnek. Mai áron megbecsülve a létrehozásukhoz szükséges költségeket (szállás, utazási költségek, műszerárak és munkabérek), pótolhatatlan kincsnek számítanak.

Egy másik oldalról közelítve a kérdést, Magyarország területén az ipar-, a település-, az út- és közműhálózat fejlődése következtében vannak olyan területek, ahol földtani célú geofizikai mérések kivitelezése a jelentős ipari és/vagy civilizációs zaj jelenléte miatt, ma már szinte lehetetlen.

Ahhoz, hogy ezek az adatok rendelkezésre álljanak, a geofizikai méréseket el kellett végezni, az adatokat fel kellett dolgozni és egységesíteni, sokszor utólag digitalizálni, adatbázisba szervezni és természetesen megbízhatóan tárolni és menteni. Mindez azért, hogy szükség esetén újra felhasználhassuk az országos és regionális földtani értelmezésekhez, nagyberuházások mérnökgeológiai problémáinak megoldásához vagy klasszikus esetben azért, hogy megbecsüljük a hazai víz-, ásványvagyon- és energiakészleteket, és természetesen külső megrendelők számára történő adatszolgáltatás céljából is.

Mindehhez infrastruktúra és kezelőszemélyzet, illetve ez utóbbiak munkája szükséges. Az ELGI, illetve az MFGI a törvényi előírásnak megfelelően végezte ezeket a feladatokat, s ennek köszönhetően országos fedettséget biztosító digitális geofizikai adatbázisok állnak rendelkezésre, és az adataink többsége, az új szervezeti formában (MBFSZ) is bármikor elérhető.

Ez nem jelenti azt, hogy minden magyarországi geofizikai mérési adat rendelkezésünkre áll, noha ez volna az ideális. Vannak adatok, amelyek elvesztek, voltak olyan geofizikai cégek, amelyek eltűntek, időnként együtt az adatokkal. Történtek olyan geofizikai mérések, amelyekről nem is tudunk, illetve az érvényes törvényi szabályzás⁵⁾ ellenére sem szolgáltatották be az adatokat, ugyanakkor gyakoriak az ingyenes adatszolgáltatást igénylő megkeresések.

Adatokat csak akkor lehet szolgáltatni, ha azokat valaki lemérte, feldolgozta, megőrizte (akinek működése folyamatos, átlátszó és köztudott), illetve tárolta, azaz fel is töltötte azokat egy adatbázisba, például egy országos geofizikai adatbázisba. Az adatok bevitelét, ellenőrzését, kezelését vállaljuk, de ehhez az kell, hogy azok a törvényi előírásoknak megfelelően eljussanak hozzánk, mert a földtudományi és bányászati adatokkal kapcsolatban az MBFSZ gyakorolja az állami tulajdonjogot. Az adatokhoz (kevés kivétellel) saját felhasználás céljából bárki hozzájuthat csekély adatszolgáltatási díj ellenében, de a továbbforgalmazás tiltott, mert a tulajdonjog az adatszolgáltatási díj megfizetésével nem ruházódik át.

Az amerikai USGS (*United States Geological Survey*) ingyen szolgáltatja az adatokat bárki számára. Ezt úgy teheti meg, hogy az ilyen irányú tevékenységét az USA állami költségvetése finanszírozza. Ennek azért van létjogosultsága, mert rengeteg olyan kutatási feladat van (földtani, nyersanyag, víz, geotermia, környezetvédelem, informati-

ka stb.), amelyeknek már a megtervezéséhez is szükségesek a földtudományi háttér-információk. Ezt pedig adott esetben az amerikai USGS adatbázisai adják.

Magyarországon a geofizikai adatok fenntartása és kezelése csak adatszolgáltatási díj fejében valósulhat meg, mert nincs mögötte teljes állami finanszírozás, márpedig az infrastruktúra, a kezelőszemélyzet megteremtése, alkalmazása és fenntartása pénzbe kerül, s ezt ki kell gazdálkodni. Sokszor halljuk, hogy ilyen körülmények (értsd adatszolgáltatási díjkötelezettség) között nehéz földtani kutatást végezni. Nyugtassunk meg mindenkit rögtön, hogy ilyen körülmények között nagyon nehéz értékmegőrző adatbázisokat fenntartani, üzemeltetni, azaz értéket menteni, de szegényebbek lennénk, ha ezek az adatok nem állnának rendelkezésünkre. Még Európában is kevés országban vannak meg a földtudományi (földtani és geofizikai) adatok ilyen koncentráltan, mint Magyarországon az MBFSZ-ben.

Kutató geológusok, akik az adatainkat használják és geofizikusok, akik az adatok előállítói és kezelői, tudják, hogy mi az értéke ezeknek az adatoknak. Valamennyien dolgoztunk terepen, irtottunk bozótot egy mérési pont vagy vonal leméréséhez, néha eláztunk, összefagytunk, néha a technika hagyott cserben minket, néha az adminisztráció nehezítette meg a munkánkat, vagy a saját gondjaink hátráltattak.

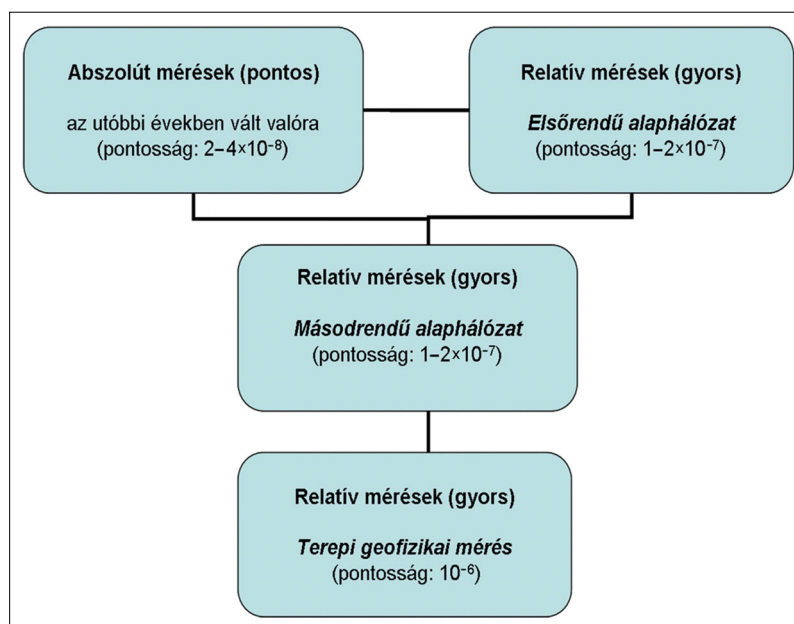
Régen nem volt GPS, nem volt számítógép, nem volt mobiltelefon, sőt a mérések nagy része nem automatikusan történt, hanem szükség volt az elő emberi közreműködésre is. Aki ezt az utat bejárta, az tudja, mekkora értéket képvisel egy-egy geofizikai adatbázis mérési adatokra. Aki pedig földtani kutatást végez, az a meglévő adatokat is tudja értékelni.

Gravitációs adatbázis

Ez az egyik első olyan adatrendszer, amely digitális formában készült el, és lefedi az egész országot. Több mint 388 000 mérési adatról van szó, amelynek a többségét az ELGI (ma MBFSZ), illetve az OKGT (ma MOL) mérései adják. Ebbe a gyűjteménybe nem számoltuk bele az Eötvös-ingával végzett méréseket, noha a gravitációs méréseket báró Eötvös Loránd alapozta meg, és a geofizikai mérések kezdetét is az ingamérésekhez kötjük.

A gravitációs adatbázisban a graviméteres mérési adatokat tároljuk, ami a nehézségi erő vertikális összetevőjét jelenti, ami egységnyi tömegre vonatkoztatva a „g” gyorsulás számszerű értéke. Ezt a gyorsulást viszont a különböző célú gravitációs mérések során 10^{-6} – 10^{-8} m/s² pontossággal mérjük (1. ábra).

A földtani célú gravitációs terepi mérések során nagy területet kell lefedni a mérésekkel viszonylag gyorsan, graviméterek felhasználásával. Ezekkel a mérésekkel a gravitációs tér relatív változásait tudjuk meghatározni, azaz egy adott alapszinthez (alaphálózathoz) viszonyított változásokat mérjük. Szükség van tehát az alapszintekre,



1. ábra | A gyorsulás (m/s^2) meghatározásának pontossága különböző gravitációs mérések esetén
Figure 1 | Accuracy of acceleration determination (in m/s^2) for different gravity measurements

amit eddig az országos első-, illetve másodrendű alaphálózatok rögzített állomásain végzett mérések biztosítottak. Ezeknek az alaphálózati méréseknek nagy pontosságúnak kell lenniük, mert ezekhez kötjük be a relatív méréseket (1. ábra). Ezeket az alaphálózatokat is az egységes adatrendszer elérése céljából magyar, illetve európai alappontokhoz kötöttük be, ilyen volt például az európai potsdami gravitációs alappont⁶⁾ szintje. Napjainkban a technikai fejlődésnek köszönhetően már könnyű hordozható abszolút graviméterek is léteznek, így az alappontok szerepe csökken. Az abszolút mérések (ezeket nulladrendű alaphálózati méréseknek hívjuk) a nevükből adódóan a gyorsulás abszolút értékét mérik, és természetesen itt sem a mérési idő a legfontosabb, hanem a pontosság.

A gravitációs mérésekről 2004-ben készült egy átfogó ismertetés „A gravitációs és mágneses kutatások története Magyarországon” címmel (Szabó 2004) és később a gravitációs mérések geodéziai alkalmazásáról „A gravimetria mai jelentősége és helyzete Magyarországon” címmel (Völgyesi 2012), illetve „Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet története II. kötetben (Bodoky, Polc 2016) is található egy fejezet a „Gravitációs és földmágneses adatbázisok” címmel (Szabó 2016). Végül megemlítendő Kovács et al. (2018) tanulmánya az MBFSZ adatszolgáltatásáról a „Szénhidrogének Magyarországon” c. könyvben (Kovács 2018). Ezekben a cikkekben, tanulmányokban a gravitációs adatok mellett a mágneses és a légi geofizikai adatok is megjelennek, erre a későbbiekben már nem fogunk kitérni.

A gravitációs digitális adatbázis kialakulása 1968-ra tehető, ami nagyszámítógépes háttérrel indult és a technika fejlődésének köszönhetően vált egyre könnyebben kezelhetővé (MINSZK-2, MINSZK-32, R-35, R-61/68, IBM-

4361, IBM-PC, ld. id. Zilahi et al. 2016). Az adatbázis kialakításában és gondozásában sokan vettek részt (Szabó 2016), a legfontosabbak közülük napjainkig talán a következők voltak: *Pintér Anna, Pollhammer Manóné, Trenka Sándorné, id. Zilahi-Sebess László, Szabó Zoltán, Stomfai Róbert, Csapó Géza, Schönviszky László, Zalai Péter, Kovácsvölgyi Sándor, Sárhidai Attila, Illés György, Pém József, Kiss János, Tóth Zoltán, Kis Márta, Merényi László, Koppán András és Sörös László.*

Az adatbázis 382 000 adattal földtani felhasználás céljából az ezredfordulón került a Földfizikai Főosztályról a Térképezési Főosztályhoz (PC-n futó verzió, BASIC adatbázis-kezelővel, Kovácsvölgyi 1994) az akkori állapotot mutatta be Kiss (2002) a Földtani Kutatás oldalain. (Ma már a két főosztály az MBFSZ szervezeti rendszerében a Geofizikai Kutatások Főosztályához tartozik.)

A 2000-es évektől a gyorsan fejlődő számítástechnika több módosítást tett lehetővé:

- a 25 000-es lapokra alapozott adatrendszert 100 000-es lap alapúra alakítottuk át (ez kezdetben a gyors adatkeresés szempontjából volt szükséges),
- duplán szereplő mérési pontok kiszűrése,
- kiugró értékek ellenőrzése, javítása, törlése,
- WGS-84 koordináták hozzárendelése,
- egyedi azonosítók kialakítása,
- kampányazonosítók bevezetése,
- a mérés megrendelőjének hozzárendelése,
- adatbáziskezelő-program fejlesztése.

A gravitációs mérési adatbázis feltöltöttsége 99%, nincsenek „kallódó” adatok. Vannak területek, ahol nagyon gyenge a gravitációs felmértesség, például a Mecsekben, illetve a nagyobb vízfelületek területén (Balaton, Tisza-tó, Fertő-tó). Az 1950-től napjainkig elvégzett mérések pon-

tossága különböző (fejlődött a technika), ezért részletes földtani kutatáskor indokolt lehet egy terület ismételt vagy sűrűbb felmérése. Így például a bátaapáti vagy a BAF felszínközeli földtani kutatások során, a tágabb területet (ahol adathiány volt) egységesen le kellett volna fedni sűrű gravitációs mérésekkel. Ezek az adatok kiegészítő információt szolgáltatott volna a ritkább mélyfúrási adatok, valamint szeizmikus és geoelektromos mérések komplex értelmezéséhez.

Újabb előrelépést jelentene a gravitációs tenzor⁷⁾ mérése, ami elsősorban a légi és űrgravitációs mérésekkel érhető el. Ehhez persze mérni kellene, például a fentebb említett kritikus helyeken vagy az újabb nagyberuházások területén (pl. Paks-II, illetve a tervezett radioaktív hulladék-tárolók környezetében).

A terepi mérések, az adatok gyűjtése (feldolgozása) az 1950-es években kezdődött, így a napjainkig használt alaphálózat is az 1950 évi méréseken alapul (MGH-50 rendszer). Ehhez az alaphálózathoz kötjük/kötöttük be a relatív gravitációs méréseket. Ez az alaphálózat a potsdami alapszintet, Kraszovszkij-féle ellipszoidkoordinátákat, Cassinis-féle normáltér-képletet⁸⁾ és adriai magasságot használt a Bouguer-anomáliaértékek kiszámolásakor.

Az adatbázist 2016-ban egyedi azonosítókkal láttuk el (a különböző forrásból származó adatok miatt voltak átfedések a pontazonosítóban), és a nemzetközi szabványoknak megfelelően az MGH-50 rendszerről áttértünk az MGH-2000 rendszerre, ami már az abszolút mérések alapszintjét, WGS84⁹⁾ ellipszoidkoordinátákat, IGSN71¹⁰⁾ normáltér-képletet és Balti magasságot használ a Bouguer-anomália-értékek kiszámolásakor. Ez az európai szabványoknak és az európai hálózatoknak megfelelő vonatkoztatási rendszert jelenti, így az országos adatrendszer és más országok hasonló módon előállított gravitációs adatainak összedolgozásakor nem jelentkezik alapszintbeli eltérés az országhatárok mentén.

Az adatbázisból a felhasználó által kiválasztott bármely egységes feldolgozási eljárással végezhető műveletek, amihez fontos volt, hogy ne a Bouguer-anomália-értékét tároljuk, hanem olyan adatokat, amelyekre a Bouguer- vagy Faye-anomáliák kiszámítása során szükség van (Kovács-völgyi 1994). A számításokat az adatbáziskezelő-program végzi az adatbázisban tárolt paraméterek alapján.

Adatbázismezők 2016 óta:

Egyedi azonosító – 2016-ban a pontok pontos azonosítása miatt került bevezetésre, felváltva a sokszor átfedő nevű archív azonosítókat;

Év – a gravitációs terepi mérés éve (pl. 62 = 1962);

Műszerkód – a műszerkód megmutatja, hogy milyen/melyik műszerrel történt a mérés;

EOVY – a mérési pont K–Ny-i koordinátája EOY vetületi rendszerben;

EOVX – a mérési pont É–D-i koordinátája EOY vetületi rendszerben;

Magasság – a mérési pont adriai magassága ($Z_{\text{Balti}} = Z_{\text{Adria}} + 67,47 \text{ cm}$);

MGH-50 (gyorsulás) – a mért gyorsulás (nehézségi erő) értéke;

Közelhatás – a mérési pont közvetlen környezetének topohatása (terepi becslés);

Teljes topohatás – a közel- és távolhatás együttese, a teljes topohatás;

Zárási hiba – a mérési hurok bezárásának hibája (a hiba nagyságának kódja);

FI – szélesség, Kraszovszkij-féle ellipszoidkoordináta f-p-m formátum (az MGH-50 rendszerben szükséges);

Kampányazonosító – a mérési kampány azonosítója (terület és év kód);

LAT – szélesség, WGS84 ellipszoidkoordináta (tizedesfok-érték) (az MGH-2000 rendszerben szükséges);

LONG – hosszúság, WGS84 ellipszoidkoordináta (tizedesfok-érték) (az MGH-2000 rendszerben szükséges);

Megrendelő – aki megrendelte a mérést.

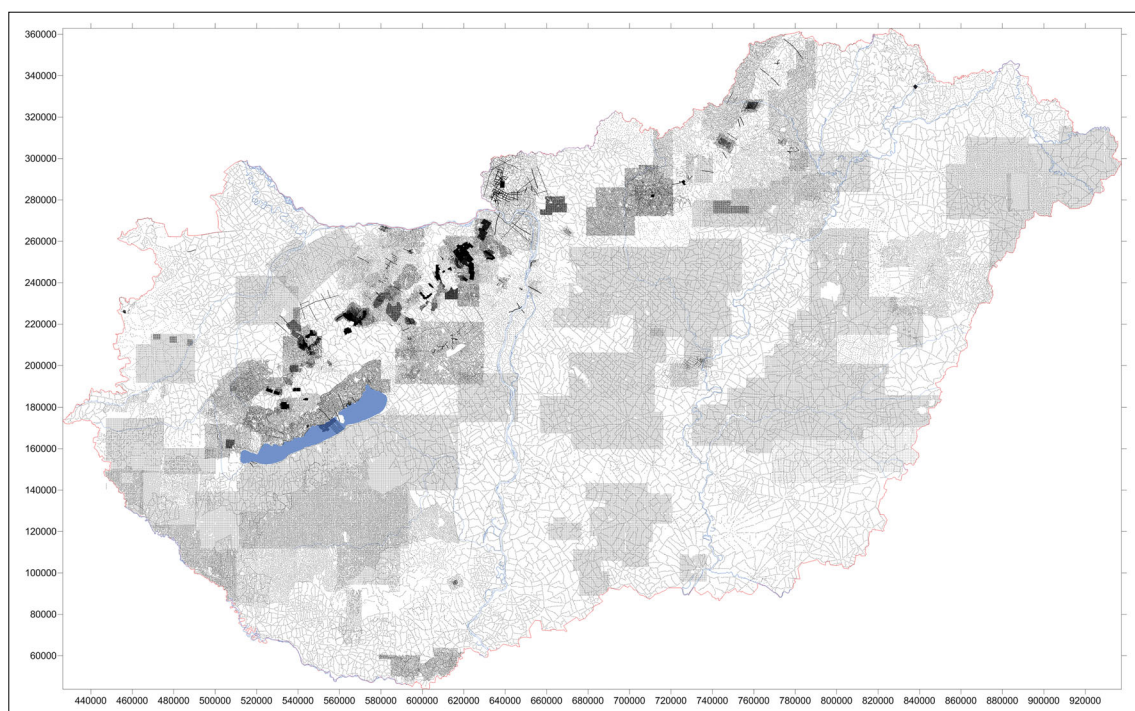
Az adatbázist a Szolgálatban külső ipari megrendelések (pl. Bátaapáti, BAF, MOL, O&G), valamint belső kutatási munkáink során, napi szinten használjuk. Ezt reprezentálják belső jelentéseink (lásd adattár), térképeink (lásd honlap), adatszolgáltatásaink és a gravitációs adatok feldolgozását bemutató cikkeink (Sörös et al. 2002, Kiss, Gulyás 2005, Kiss 2006a, Kiss 2006b, Kiss, Szalma 2007, Zelenka, Kiss 2008, Kiss 2009a, 2009b, 2009c, Kiss, Zelenka 2009, Kiss 2010, Kiss, Madarasi 2012, Zelenka et al. 2012, Kiss 2012, Kiss 2014a, 2014b, Bodoky, Kiss 2014, Kiss et al. 2015a, Kiss et al. 2015b, Kiss, Prácser 2016, Kiss 2016, Kiss et al. 2017, Kovács et al. 2018).

A *Magyar Tudományban* megjelent cikk (Völgyesi 2012), mely szerint „a gravitációs adatok legnagyobb hazai felhasználója a Budapesti Műszaki Egyetem Általános és Felsőgeodéziai Tanszéke” nyilván csak a geodéziai gravimetriára értendő, hiszen szinte minden földtani kutatás első lépése a Bouguer-anomália-térkép vizsgálata.

Az anomália-térkép megjelenítési módjának is van jelentősége, mert nincs egységes szabály (bár van egy tradicionális zöld–sárga–barna színkulcs), és a megjelenítés függ a terület méretétől, illetve a területre eső adatok statisztikai jellemzőitől. A színskála lehet lineáris, hisztogram alapján egyenletesen leosztott és lehet saját magával vagy másik paraméterrel árnyékolva is. A megjelenítésnek mindig igazodnia kell a felhasználás céljához: egy országos térképi megjelenítés alkalmazása szűk kutatási területre használhatatlan anomália-térképet eredményez, mivel a színezés általában a térképi adatok szélsőértéke és hisztogramja alapján történik.

Mágneses adatbázis

A mágneses adatbázis¹¹⁾ kialakulása későbbre tehető, bár az országos fedettséghez szükséges adatok már viszonylag korán előálltak, amelyből elkészült az első országos fedettségű, nyomdai kiadásban megjelenő mágneses ΔZ -anomália-térkép (Haáz, Komáromy 1966). A digitális adatbázis kialakításának adatgyűjtési munkái és az adatok digitalizá-



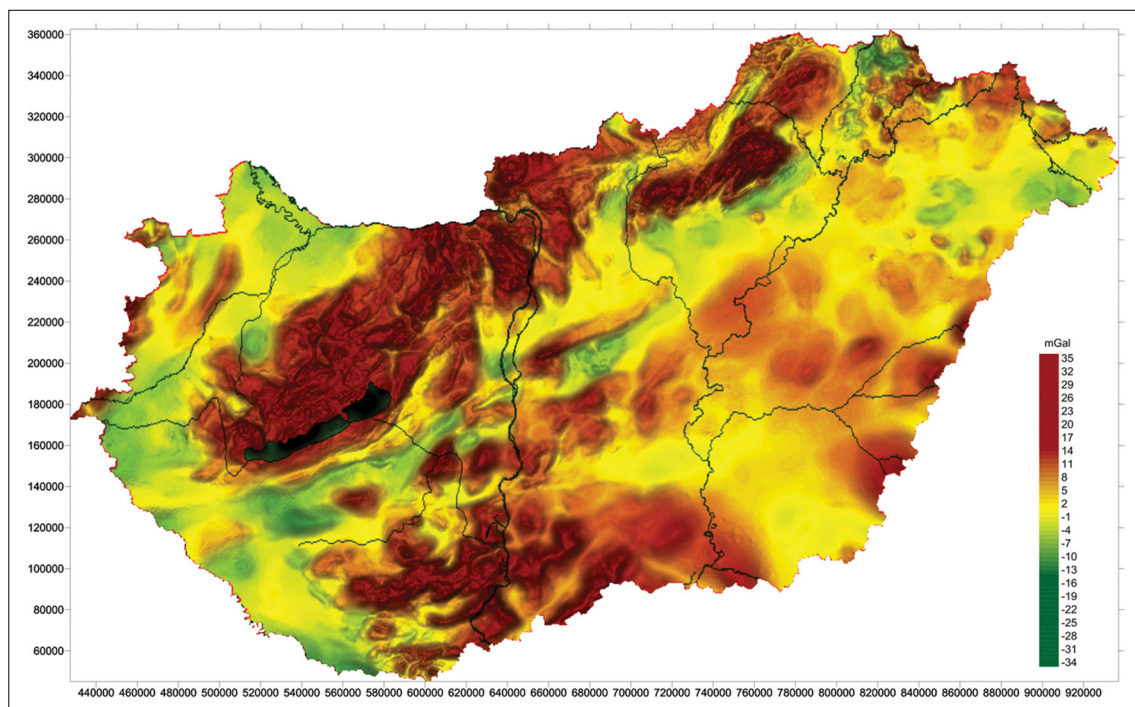
2. ábra Magyarország gravitációs felmértége (különböző sűrűségű, szigorú és kvázi hálózatban mért pontok)

Figure 2

Hungary's field gravity survey points

lása Kovácsvölgyi Sándor, Milánkovics András és Illés György nevéhez köthető. Az ezredfordulón, a kb. 45 000 pontból álló alap-adatrendszer már rendelkezésre állt és Basic nyelvű forrásprogram segítségével adatbázisként működött IBM-PC környezetben. A forrásadatok száma ennél

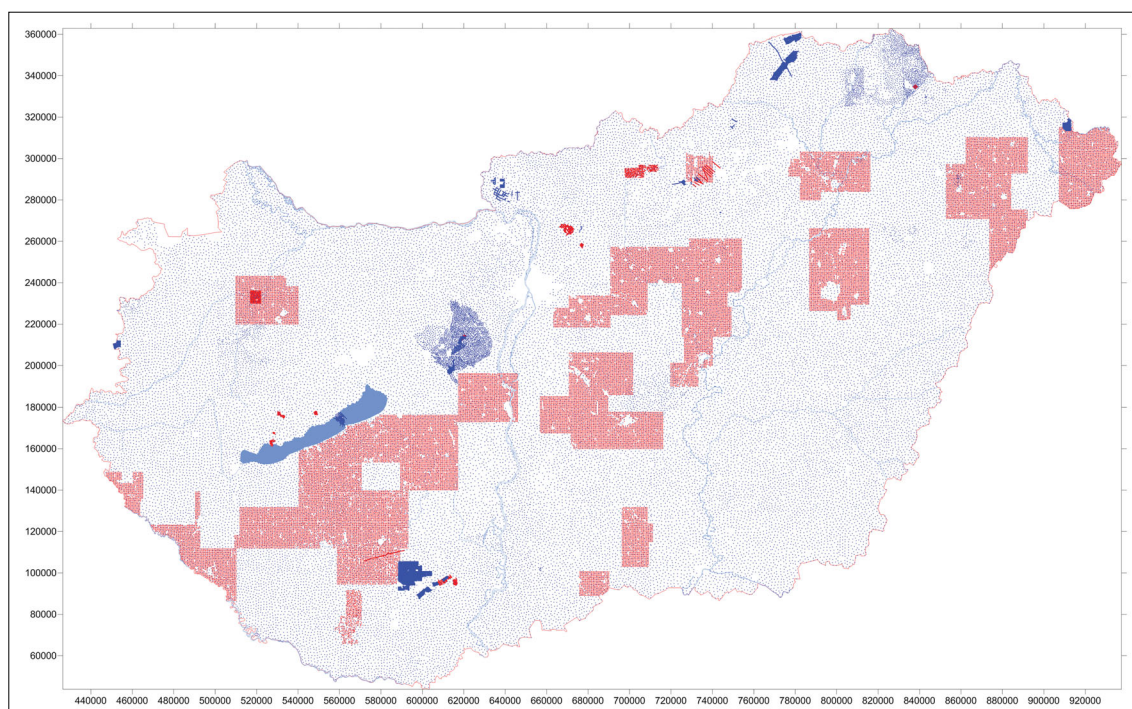
sokkal több volt, de azok mint egyedi mérések egyrészt nem voltak az országos adatrendszerhez illesztve, másrészt nem a vertikális relatív ΔZ -, hanem az anomális T - (vagy relatív ΔT -) mérések eredményét tartalmazták, ezért ezeket külön-külön kellett kezelni.



3. ábra Magyarország árnyékolt Bouguer-anomália-térképe (korrekció sűrűség: 2000 kg/m³)

Figure 3

Shaded Bouguer anomaly map of Hungary (reduction density 2000 kg/m³)

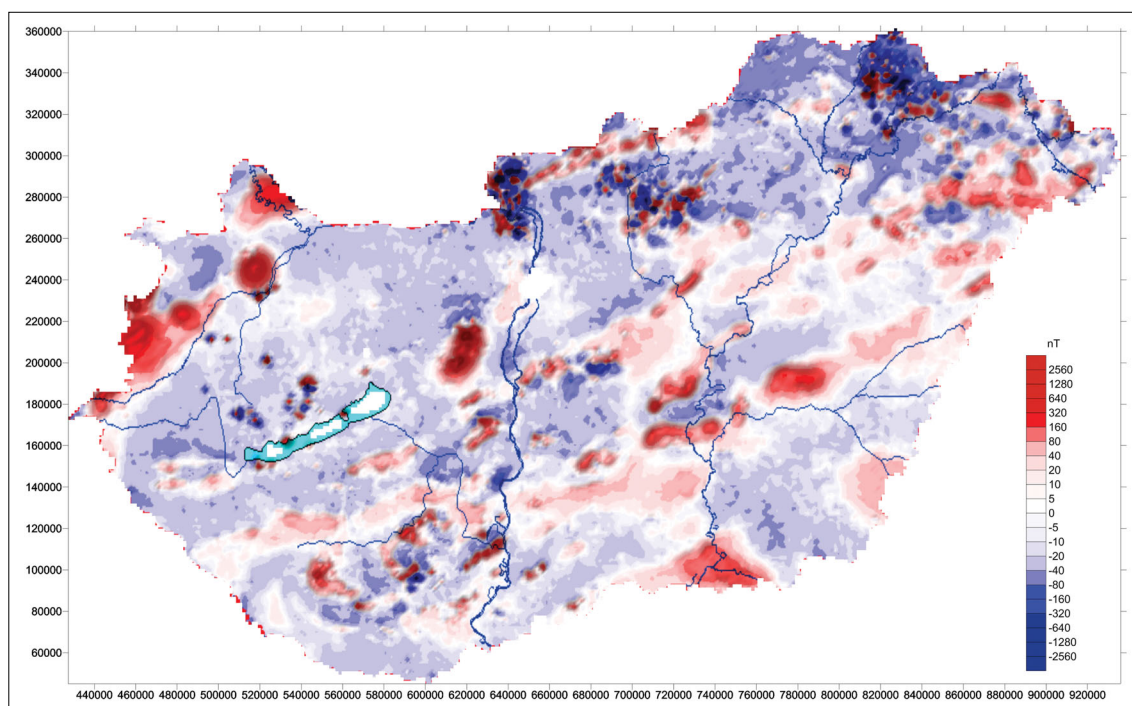


4. ábra Magyarország mágneses felmértése (ΔT mérési pontok – piros, ΔZ mérési pontok – kék színnel)

Figure 4 Hungary's field magnetic survey points (ΔT – red, ΔZ – blue symbols)

Ebben az állapotban kerültek az adatok az ELGI Térképészeti Főosztályának a kezelésébe az ezredfordulón. Azóta a fő tevékenység, a részletező mérések beemelése volt az országos adatrendszerbe, ami alapszint- vagy normáltér-korrekciót jelentett. (Részterületekről olyan mérési adat-

rendszer állt rendelkezésre, amely nem volt automatikusan beépíthető az országos adatrendszerbe, hanem különböző elemzéseket igényelt az adatok illesztése.) Ma az egységesített ΔZ adatbázis több mint 76 000 pontot tartalmaz (tovább nem is bővül), míg az egységesített, ΔT adatbázis több mint



5. ábra Árnyékolt mágneses (ΔZ -) anomália-térkép

Figure 5 Shaded magnetic (ΔZ) anomaly map

22 000 pontot tartalmaz. Ezenfelül számos OKGT és MOL mérési terület részletező ΔT -mérési adata vár beépítésre (egységesítésre). Az összes földi mágneses mérési adat száma meghaladja a 200 000-et, így az egységesítésre váró adatok száma 100 000 körüli.

A mágneses ΔT adatok nem alkotnak összefüggő országos adatrendszerrel (kivéve a ritka alaphálózati szekuláris mérési hálót). ΔT -mérési adatok elsősorban a MOL kutatásainak köszönhetően vannak, szigorú 500×500 m-es hálóban mérve. A mérési adatok egységesítéséhez alapként a 60-as években mért légi mágneses ΔT -térképek vagy a földi ΔZ -mérésekből transzformált ΔT -térkép adatai adnak lehetőséget. Az adatok beépítése az egységes adatbázisba most is folyik az intézet/szolgálat keretein belül.

Földi mágneses mérések napjainkban is történnek, ezek közül a legfontosabbak a balatoni vízi, és a régészeti célból végzett, nagy sűrűségű mágneses felmérések adatai (egyetemi projektekhez, szakdolgozatokhoz és TDK-dolgozatokhoz kapcsolódóan, illetve a régészek megrendelésének teljesítésére). Sajnos ezekről a mérésekről sokszor nincs tudomásunk, és az adatok nem kerülnek be az országos adattárba (noha a földtani célú kutatások esetén adatszolgáltatási kötelezettséget ír elő az állam).

A következőkben a napjainkban is folyó mágneses adat-egységesítési munkát mutatjuk be egy alföldi mintaterület alapján, felhasználva a belső jelentések anyagát.

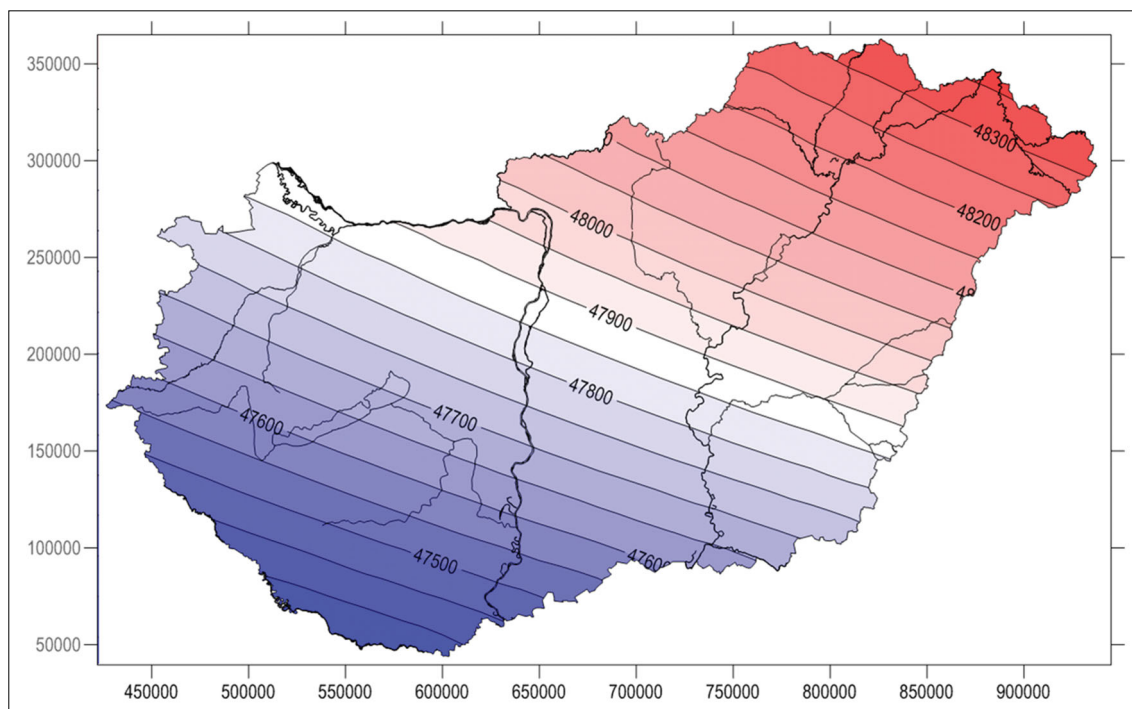
Mágneses mérések egységesítése

Relatív mérések esetén mindig külön gondot jelentett az adatok egységesítése. A modern magnetométerek már az

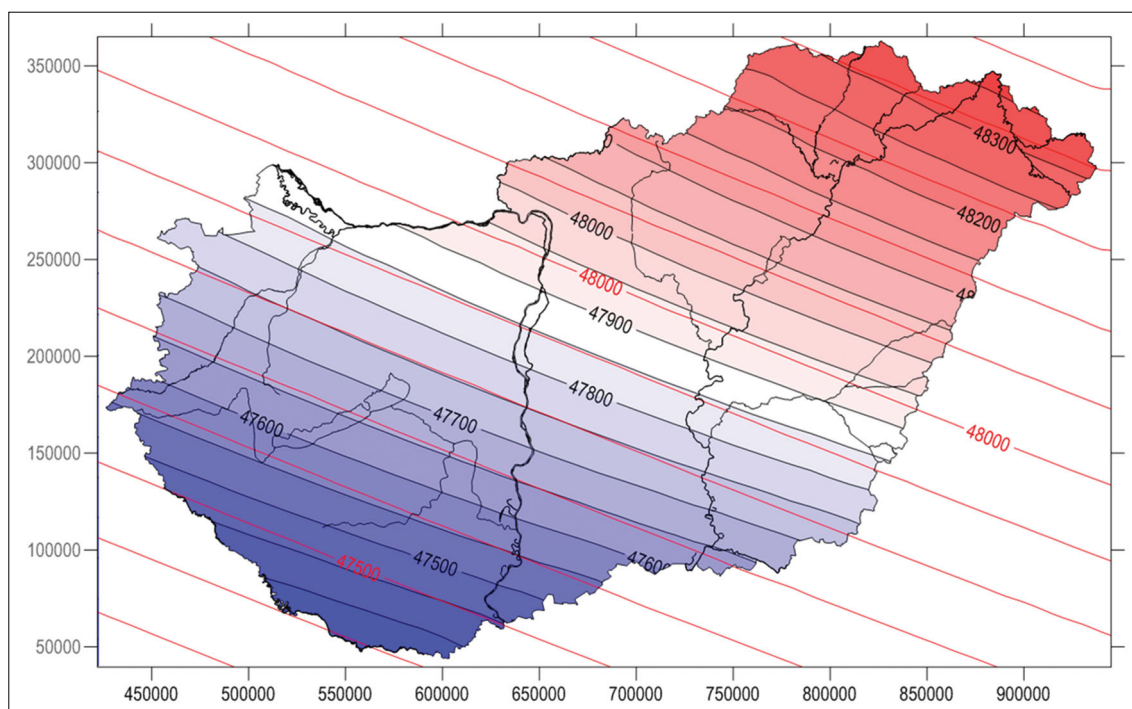
abszolút mágneses teret mérik, de az anomális mágneses tér meghatározása során korrekciókat kell végezni (pl. normáltér-korrekció), amelynek elvileg egységesnek kellene lennie az ország összes adatára vonatkozóan, a normáltér azonban az idővel arányosan változik. Ez a korrekció a gyakorlatban nem mindig valósult meg, így a mérések utólagosan egységesítésre szorulnak. Egy új mérési adatrendszer beemelése az egységes, országos ΔT adatrendszerbe „külön törődést” igényel. Leginkább azért, mert nincsenek információk (metaadatok) arról, hogy a terepi mérések után milyen feldolgozási lépéseket végeztek az adatokon. Amennyiben a mágneses totáltér értéke (T) maradt meg (protonprecessziós magnetométer vagy overhauser magnetométer esetén), akkor a helyzet tiszta. Amennyiben csak a relatív ΔT érték maradt meg, akkor sok esetben fejtörést okoz az adatok egységesítése (mágneses alapszint kiválasztása, normáltér-korrekció léte vagy nemléte) és beépítése az országos adatbázisba.

A részletező mágneses mérési adatok beépítésekor az is komoly akadály, hogy nincs országos fedettségű ΔT -térképünk (a légi ΔT -mérések csak az ország hegyvidéki részein történtek, az országos földi ΔZ adatokból transzformált ΔT adatok pedig, a mágneseszettségi paraméterek – indukált és remanens aránya – bizonytalansága miatt pontatlanok, ami a részletező, sűrű mérések esetén problémát jelent. Az új ismeretlen területek beillesztése a transzformált ΔT -térképbe tehát nem sablontevékenység.

Vannak olyan területek, ahol a protonprecessziós méréseknél a mért paraméteren semmilyen korrekció nem történt, hanem a $\sim 47\,500$ nT körüli mért értékek maradtak fenn a mérés eredményeként. Ez tulajdonképpen az



6. ábra Az 1995 évre meghatározott mágneses normáltér (T_{1995}) Magyarországon (Kovács, Körmendi 1999)
Figure 6 Normal magnetic reference field for 1995 in Hungary (Kovács, Körmendi 1999)



7. ábra Az 1995 évre meghatározott mágneses normáltér (T_{1995}) Magyarországon (piros izovonallal az IGRF alapján becsült, fekete izovonallal pedig a Kovács és Körmendi (1999) képlete alapján számolt érték)

Figure 7 Normal magnetic reference field for 1995 in Hungary comparing with the IGRF (red isolines)

ideális eset, mert az abszolút mérési adat mint forrásadat van a kezünkben, amelyen csak el kell végezni a mérés idejére jellemző normáltér-korrekciót.

Az 1995. évre meghatározott normáltér képletét Kovács és Körmendi (1999) adta meg:

$$T_{1995} = 47134,28 + 5,32541\Delta\varphi + 1,0597\Delta\lambda - 0,00573\Delta\varphi^2 + 0,00105\Delta\varphi\Delta\lambda + 0,00012\Delta\lambda^2,$$

ahol $\Delta\varphi = \varphi - 45^\circ 30'$ és $\Delta\lambda = \lambda - 16^\circ 00'$, percekben számolva!

A fenti képlet segítségével meghatározható a normál mágneses tér értéke (6. ábra), majd ennek az értéknek a levonásával az abszolút mérési eredményekből megkapjuk az anomális mágneses tér értékét.

Határainkon túli kutatási területek esetén még egy lehetőség adódik a korrekcióra, a Nemzetközi Mágneses Referencia Tér (angolul röviden: IGRF), ami az obszervatóriumi mérések adatai alapján a világ bármely részére és bármely időpontra megadja a normáltér közelítő értékét. Ez lehet, hogy kicsit pontatlanabb, például Magyarország területén a kétféle számítás szisztematikus eltérése 50–75 nT körül van (7. ábra), mégis egy lehetőség a normáltér változási trendjének és mértékének megismerésére.

A folyamatos publikációk ellenére, még szakmai berkekben sem tudják, hogy a Szolgálat kisebb-nagyobb rendszerességgel frissíti a normáltér-képleteket, így azok bármely mágneses paraméter meghatározásához használhatók, például T (totáltér), Z (vertikális komponens), H (horizontális komponens), D (deklináció), I (inklináció)

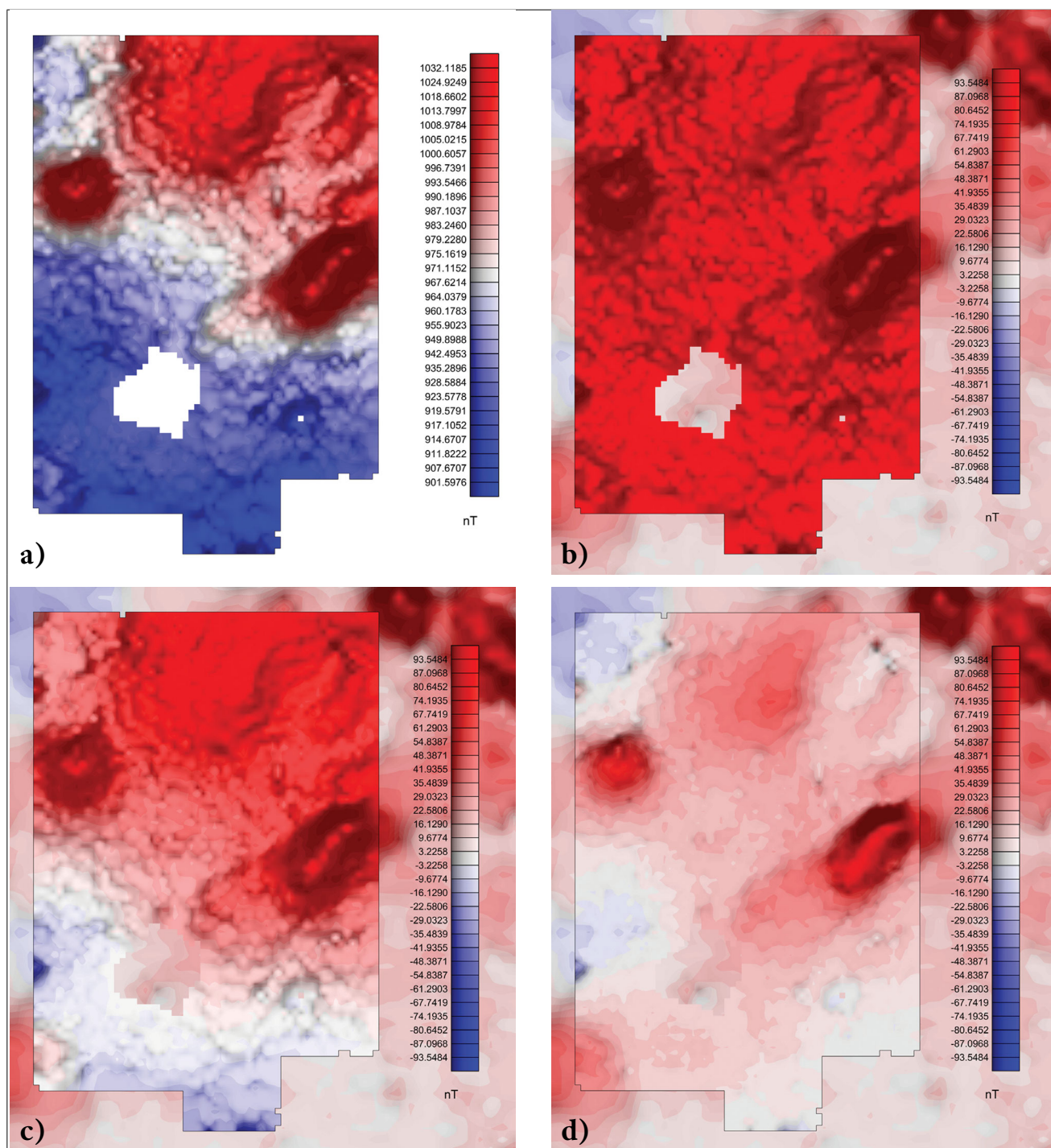
értékekre. Megrendelésre a Szolgálat ma is tetszőleges helyre szolgáltat normáltér-adatokat.

A középértékek az ELGI évi jelentéseiben, a normáltér leíró függvények ismertetése tanulmányok formájában érhető el (Barta 1952, Acél, Stomfai 1968, Kovács, Körmendi 1999, illetve Kovács et al. 2012).

Ha nem történik meg rögtön méréskor a T értékből a ΔT érték meghatározása, akkor utólag a normáltér-korrekció mellett kisebb-nagyobb egyedi korrekciókra is szükség van az egységes országos adatrendszerhez való illesztés érdekében. Persze vannak olyan mérési területek, ahol csak ΔT értékünk van, és nem tudjuk, hogy hogyan állították azt elő, például korrekciót végeztek-e, és milyen: konstans értékűt vagy valamelyik normáltér leíró képletet használták?

A Nádudvar környéki részletes ΔT -mérési adatok (8. ábra) is ehhez a csoporthoz tartoztak, azaz relatív értékkel maradtak ránk (MOL mérési archívum), ismeretlen feldolgozási eljárás eredményeként. Egy szigetszerű mérési terület, amely nem csatlakozik más területek mágneses méréseihez, így az összedolgozással „anno” nem kellett törődni. A terepi mérési adatok feldolgozásakor a normáltér-korrekciót valószínűleg egy bázisállomás értéke alapján, konstans értéként kezelték az egykori adatfeldolgozók, bár jobb lett volna, ha az eredeti, abszolút térértéket őrzik meg, érintetlenül.

A 8. ábra mutatja az egységesítés céljából végzett feldolgozás leegyszerűsített folyamatát. Az archivált adatrendszer értékei 881–1070 nT között változtak (8a. ábra). Ezt a térképet megjelenítve az országos ΔZ -térképből



8. ábra Nádudvari terület, részletező, ΔT -méréseinek alapszint-beállítása a) az archivált ΔT értékek (minimum–maximum értékek szerint hisztogram kiegyenlítéssel színezve); b) az archivált ΔT értékek térképe a ΔZ -ből transzformált országos ΔT -térképen s annak színskálájával; c) az archivált ΔT értékek konstans értékű szintkorrekció után; d) az archivált ΔT értékek a normáltér-korrekció elvégzése után

Figure 8 Base level correction of the detail magnetic survey at Nádudvar a) archive ΔT value of the measurements coloured by histogram equalisation b) archive ΔT value on the country size transformed (from ΔZ to ΔT) magnetic anomaly map with common legend c) archive ΔT value on the country size ΔT magnetic anomaly map after a constant base correction d) archive ΔT value on the country size ΔT magnetic anomaly map after normal field trend correction

transzformált ΔT -térképen (8b. ábra), láthatóvá válik a mágneses korrekció hibája (jelentős szintbeli eltérés). A nádudvari térkép adatai kívül esnek a területre jellemző mágneses értéktartományon, azaz hibás vagy hiányos az anomáliaértékek meghatározása.

Először egy konstans érték levonása után (8c. ábra) a középértéket állítottuk be, majd mivel a konstans (-945 nT) korrekció nem volt elegendő az egységesítéshez (amiből nyilvánvalóvá vált, hogy nem végezték el a normáltér-korrekciót), ezért a regionális trendet, amely a

1. táblázat | Mágneses mérések egységesítése – leltár
Table 1 | Unification of magnetic measurements – inventory

ΔZ adatok	ΔT adatok	Terület	Kampány-azonosító	Mérés éve	Forrásadat	Adatbázisba feltöltés éve	Mérési pontok száma
1		<i>Országos</i>	orsz_fdz	1961	ΔZ	(2000)–2003	45812
2		<i>Bódva</i>	bodv_fdz	1962	ΔZ	2005	2791
3		<i>Komló</i>	mecs_fdz	1955–1963	ΔZ	2006	15702
4		<i>Velence</i>	vel_fdz	1952	ΔZ	2007	4377
5		<i>Tihany</i>	tih_fdz	1952–1963	ΔZ	2008	416
6		<i>Börzsöny</i>	borz_fdz	1969–1972	ΔZ	2009	2453
7		<i>Felsőcsatár</i>	fcsat_fdz	1953–1954	ΔZ	2010	1636
8		<i>Tarpa</i>	tarpa_fdz	1967	ΔZ	2011	1851
9		<i>Seregélyes</i>	sereg_fdz	1949–1950	ΔZ	2012	487
10		<i>Recsk</i>	recsk_fdz	1968	ΔZ	2012	523
11		<i>Darnó-zóna</i>	darno_fdz	1970–1973	ΔZ	2012	657
Összesen						2014	76705
	12	<i>Pásztori</i>	vasz977_fdt	1977	ΔT	2013/2015	2558
	13	<i>Jászberény</i>	jasz81_fdt	1981	ΔT	2014	1185
	14	<i>Jászság</i>	jasz78_fdt	1978	ΔT	2014	1925
	15	<i>Heves</i>	hev79_fdt	1979	ΔT	2014	926
	16	<i>Heves</i>	hev80_fdt	1980	ΔT	2014	1825
	17	<i>Tóalmás</i>	toal81_fdt	1981	ΔT	2014	2220
	18	<i>Mende</i>	mende92_fdt	1992	T	2015	1326
	19	<i>Nádudvar</i>	nad988_fdt	1998	ΔT	2016	4092
	20	<i>Kecskemét</i>	kecs97_fdt	1997	T	2017	1871
	21	<i>Kecskemét</i>	kecs98_fdt	1998	T	2017	2700
	22	<i>Dabas</i>	daba92_fdt	1992	ΔT	2017	2542
Összesen							20628

normáltér-értékek formájában benne van a mérési adatban, szintén el kellett távolítani (8d. ábra). Persze ez így már nem egyszerűen egy klasszikus normáltér-korrektúra, hanem egy alapszint- és trendkorrektúra, amelynek a meghatározásához a normáltérrel is figyelembe vesszük. Az így kapott térkép részleteiben néhol eltér az országos térképtől, ami az 500 m-es sűrű felmérésből adódik (mivel az országos térkép 1500 m ponttávolságú), de a fő tendenciák és anomáliák az országos térképnek megfelelően jelennek meg, és az új adatok beleilleszkednek a környezetbe (8d. ábra).

A feldolgozás alapján a következő állapítható meg. A sűrű, 500 m-es mintavételezésű mágneses ΔT -felmérés adatain csak egy konstans értékű korrektúra történt, de hiányzott a normáltér-korrektúra, ami egy DNY-ÉK-i 120 nT nagyságú, közel lineáris növekedést jelent a területi adatokban. Amíg ezt nem korrigáltuk, addig nem lehetett az adatokat az országos rendszerbe integrálni. Az adatfeldolgozás ilyen jellegű hibájának a feltárása azért fontos, mert a többi mérési területen feltételezhetően ugyanezt a metodikát alkalmazták, így a további területek illesztési hibáinak megfejtése talán könnyebb lesz.

Az adategységesítés/adatbázis-feltöltés eddigi menetét mutatja be az 1. táblázat.

Adatbázismezők

Nagyon hiányosak voltak a megtalált forrásadatok. Ennek ellenére ki kellett dolgozni egy egységes adatbázis-struktúrát, amelybe az összes lehetséges mérési adatot be tudjuk olvasni abban a formában, ahogy módosítás nélkül felleltük, illetve az adatbázis-építés kapcsán végzett korrekciók utáni értéket is, amellyel később országos szinten dolgozni fogunk.

EOVY – a mérési pont K–Ny-i koordinátája EOY vetületi rendszerben;

EOVX – a mérési pont É–D-i koordinátája EOY vetületi rendszerben;

EOVZ – a mérési pont magassága (hiányos, nincs jelentősége a mérésre vonatkozólag);

Pontszám – a mérési pont azonosítója (nem egyedil!);

T – a mágneses abszolút térerő nagysága (eredeti, számolt);

Z – a mágneses abszolút térerő függőleges összetevője;

H – a mágneses abszolút térerő vízszintes (É-i) összetevője;

ΔT_a – a mágneses térerő nagyságának relatív (vagy anomális) értéke, alapadat;
 ΔZ_a – a mágneses térerő függőleges relatív (vagy anomális) értéke, alapadat;
 ΔH_a – a mágneses térerő vízszintes (É-i) relatív (vagy anomális) értéke, alapadat;
 ΔT_c – a mágneses térerő anomális értéke, korrigált adat;
 ΔZ_c – a mágneses térerő függőleges anomális értéke, korrigált adat;
 ΔH_c – a mágneses térerő vízszintes anomális értéke, korrigált adat;
 Kampány – mérési kampányazonosító (terület- és évkód);
 Megrendelő – aki megrendelte a mérést.

A mágneses mérési adatok is szinte napi szinten kerülnek felhasználásra a kutatási projektekben. Az országos térkép új, nyomdai kiadása 2006-ban készült el (Kiss, Gulyás 2006), több cikkben is publikáltuk az adatbázis adatainak felhasználásából született eredményeinket (Kiss 2013, Kiss 2014c, Kiss 2015, Kiss 2016, Kiss, Prácsér 2016, Kiss et al. 2017).

Légi geofizikai adatbázisok

Mielőtt rátérnénk a légi geofizikai adatbázis ismertetésére, érdemes megvizsgálni, hogy miért is alakult ki, részben a földi geofizikai mérésekből a légi mérés. Ehhez forrásul kölcsönvettük néhány gondolatot a kanadai Robin Riddihough-tól (1986), amelyben azt vizsgálta, hogy miért jó a gravitációs és mágneses mérés? Ez a már ismertett adatbázisok felhasználásának a szempontjából is fontos, de átvezet minket a légi geofizikai módszerekhez.

Mi jellemzi a gravitációs és mágneses mérést?

1. Mindkét módszer távérzékelési módszernek számít, mivel távolról (ürből, levegőből vagy a tengerszintről) is képesek a földkéreg különböző fizikai paramétereinek a mérésére (meghatározására).
2. A gravitációs mérések a kérget felépítő kőzetek sűrűségéről adnak információt, a mágneses mérések pedig, azok mágnesezettségéről.
3. A mért paraméterek a kőzetdiagnosztika alapparamétereinek számítanak, ami alapján a különböző kőzetek típusa azonosítható (minél több fizikai tulajdonságot ismerünk, annál könnyebb, pontosabb egy kőzet azonosítása).
4. Mindkét fizikai erőter (nehézségi és a mágneses térerő) távolságfüggő, azaz a kőzet (ható) és a szenzor (vevő) közötti távolságtól függ az anomália nagysága (amplitúdója) és a szélessége (térfrekvenciája).
5. Az anomália mintázata (térképi megjelenítés) és az anomália alakja (szelvény menti metszet) határozza meg azt, hogy milyen értelmezés születik az adatok alapján.

6. A mintázatot elsősorban a trendek, diszkontinuitások, vetők, elmélyülések és szekvenciák kimutatására használjuk.
7. Az anomália alakja a hatók valódi – többek közt – mélységi helyzetét, méretét és fizikai paraméterét adja meg az értelmezés során.

Néhány kiegészítő megjegyzés

8. Mindkét módszer esetében számolni kell a szuperpozíció elvével, azaz a különböző mélységű, távolságú és forrású hatások összeadódnak (integrálódnak), és azok egyszerre jelennek meg anomáliák formájában.
9. A mérési adatok esetében mindig jelen van a mérési zaj és a mérési hiba, ami miatt a kiértékelés során a túlzottan pontos anomália- és görbeillesztés nem feltétlenül jelent pontosabb értelmezést.
10. A kiértékelés során az értelmezett eredménynek egyszerre és a lehető legjobban kell megfelelnie az ismert földtani és geofizikai forrásadatoknak.
11. A légi geofizikai mérések során még két geofizikai módszert alkalmazhatunk, a gamma-spektrometriát és az elektromágneses, azaz induktív csatolású elektromos méréseket. Ezek a mérések szintén képesek távolról (pl. levegőből), a földkéreg gamma-sugárzásának és elektromos vezetőképességének a meghatározására, bővítve a mért fizikai alapparaméterek sorát.

Mivel a légi geofizikával részletesen csak előadásokban és belső jelentésekben foglalkoztunk korábban, és csak régi, digitális korszak előtti publikációk ismertek, ezért érdemes azt is megvizsgálni, mielőtt az adatbázis ismertetésre rátérünk, hogy mi az előnye és hátránya a légi mérésnek.

Előnyök

- Nagy adatfedettség (A geofizikai–földtani információk általános problémája, hogy nem teljesítik a mintavételi szabályokat, és ebből fakadóan a megbízhatóságuk meghatározása nem egyszerű. A kutatások előrehaladásával felmerülő újabb kérdések megválaszolása gyakran újabb, sűrűbb méréseket igényel. Ezek technikai, informatikai költségvonzatai újabb problémákat generálnak.)
- Az adatrendszer konzisztenciája (a kvázi egyidejű, azonos paraméterezésű adatfelvételezés minden szempontból jól kezelhető, egységes adatrendszert eredményez).
- A felvételezés függetlensége a terepi, területhasználati adottságoktól.
- Az alacsony időigény (pl. 25 km² felmérése azonos adatsűrűség mellett levegőben 7 óra alatt elvégezhető, míg felszíni méréssel ugyanez több hónapig, akár évekig is eltarthat).
- Az adatrendszer komplexitása (az elektromos, mágneses, radioaktív paraméterek egyidejű rögzítése nagymértékben megnöveli az egyes földtani feladatok megoldásának lehetőségét).

- Radioaktív sugárzási monitoring lehetősége (egy esetleges későbbi sugárzásanómália ellenőrzése, területi lehatárolása; a módszer sajátosságai – gyorsaság, azonos paraméterezhetőség stb. – alapján jól megoldható).
- Fajlagos gazdaságosság (egy mintavételi pontra eső költség a 3–4 nagyságrenddel alacsonyabb a földi mérések költségéhez képest).

Hátrányok

- Nagyobb lakott területek felett gyakorlatilag nem alkalmazható (repülési korlátozások, mesterséges zavaróhatások, ipari zajok).
- Jelentős előkészületeket igényel.
- Gazdasági előnyök csak egy bizonyos területnagyság felett jelentkeznek.
- Az, hogy a mérések nem közvetlenül a felszínen történnek, egyes esetekben gyengébb felbontást eredményez.

Légi geofizikai mérések Magyarországon

Magyarországon több fázisban voltak légi geofizikai mérések, amelyek mérési adatai nagyrészt analóg térképek formájában maradtak ránk (elsősorban az országot 45%-ban lefedő 60-as évek mérési anyaga), egészen a Tóth Csaba és Csathó Beáta vezetésével felálló „Légi geofizikai és Távérzékelés Projekt” megindulásáig. Ez a projekt és utódja, a „Légi geofizikai és Távérzékelési Laboratórium” létét az ELGI-ben 1987-től kezdődő újkori (1987-ben,

1989-ben és 1990-ben bauxitkutatási és 1991-ben, 1992-ben általános földtani térképezési, majd 2007-ben uránkutatási céllal végzett) légi geofizikai mérések során kialakult szakembergárda együttes munkájának köszönheti, amely különböző specialistákból, főképpen geofizikusokból, geológusokból, geodétákból és matematikusokból állt össze az ELGI-ben. Érdemes felsorolni néhányat azok közülük, akik tettek valamit a magyarországi légi geofizika érdekében (a lista természetesen nem teljes, a mérések szervezése, kivitelezése és a feldolgozás során nagyon sokan működtek közre. Elnézést kérünk mindenkitől, aki hiányzik a listáról).

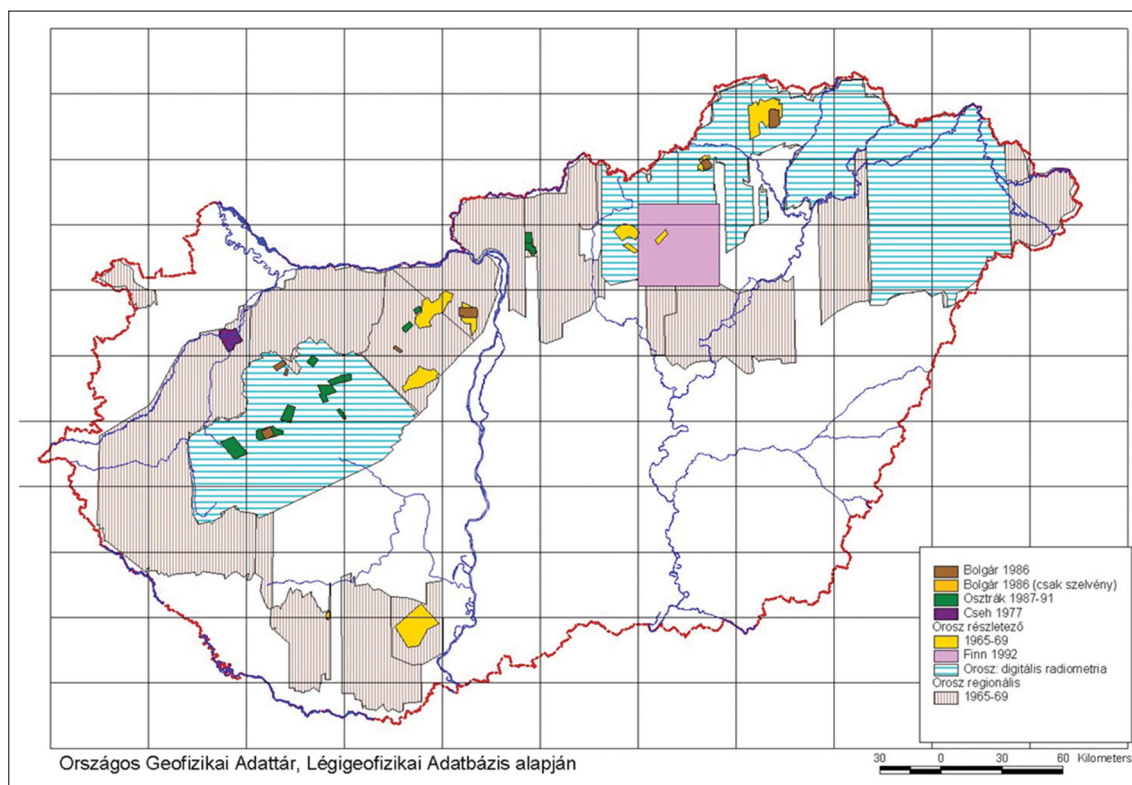
- a ma is aktív kollégák:

Vértesy László (geológus), Kiss János (geofizikus), Gulyás Ágnes (geológus), Sörös László (geofizikus), Paszera György (geofizikus).

- akik már nem dolgoznak velünk:

Schönviszky László (geofizikus), Tóth Csaba (geofizikus), Csathó Beáta (geofizikus), Bodri Gyula (geofizikus), Balog György (geofizikus), Bodrogi Marilla (geofizikus), Prácser Ernő (matematikus), György Tibor (geodéta), Szilasi György (geofizikus), Szörényi Zoltán (geofizikus), Szilágyi Imre (geológus), Tatai József (geofizikus), Sárhidai Attila (geodéta), Angyal László (geofizikus), Körmendy Endre (geodéta), Fűsi Balázs (geofizikus).

Az 1994-ben megindult Légi Geofizikai és Távérzékelési Laboratórium célja a meglévő légi geofizikai és távérzé-



9. ábra | Légi geofizikai mérések Magyarországon 1995-ig

Figure 9 | Airborne geophysical measurements in Hungary until 1995

kelési adatok karbantartása, adatbázisba szervezése, az adatok igény szerinti újraértékelése, értelmezése és az értelmezési feladatokhoz szorosan kapcsolódó módszerfejlesztés volt. A meglévő mérések céljuk, mérési paramétereik, kivitelezésük és minőségük, valamint az adattárolás módjában, a mérési anyagok pedig, a feldolgozottságukban jelentősen különböztek. Így felhasználásuk csak akkor vált lehetővé, amikor számítógépre kerültek, ahonnan azokat bármikor a felhasználó vagy felhasználás igényének megfelelően elő tudtuk venni.

A nagy mennyiségű, országos adatrendszer kezelése és feldolgozása komoly kihívást jelentett az akkor még szerény informatikai eszköztár és szaktudás mellett. Ezek a munkák szerteágazó geofizikai módszertani kutatásokat és fejlesztéseket generáltak. Napjaink térképi, szelvény menti feldolgozásai részben ezeknek a munkáknak köszönhetően állnak ma rendelkezésre.

Mivel a légi geofizikai mérésekről kevés publikáció jelent meg, ezért röviden összeszedtük, mikor milyen mérések voltak, ezt foglalja össze a 9. ábra. (Ezen az ábrán az 1997. évi Telkibánya környéki és 2007-es Véménd környéki területek még nincsenek feltüntetve.)

1. Orosz–magyar kivitelezésű mérések (Géresi 1969)

Hazánkban az első légi geofizikai (repülőgépes) mérésre 1956-ban szovjet kezdeményezés alapján, a Mecseki Ércbányászati Vállalat¹²⁾ közreműködésével mintegy 21 ezer km²-en került sor. A mérési anyag dokumentációja 1956 őszén megsemmisült.

1965 és 1969 között a Mecseki Ércbányászati Vállalat megbízásából az ELGI és az OKGT közreműködésével

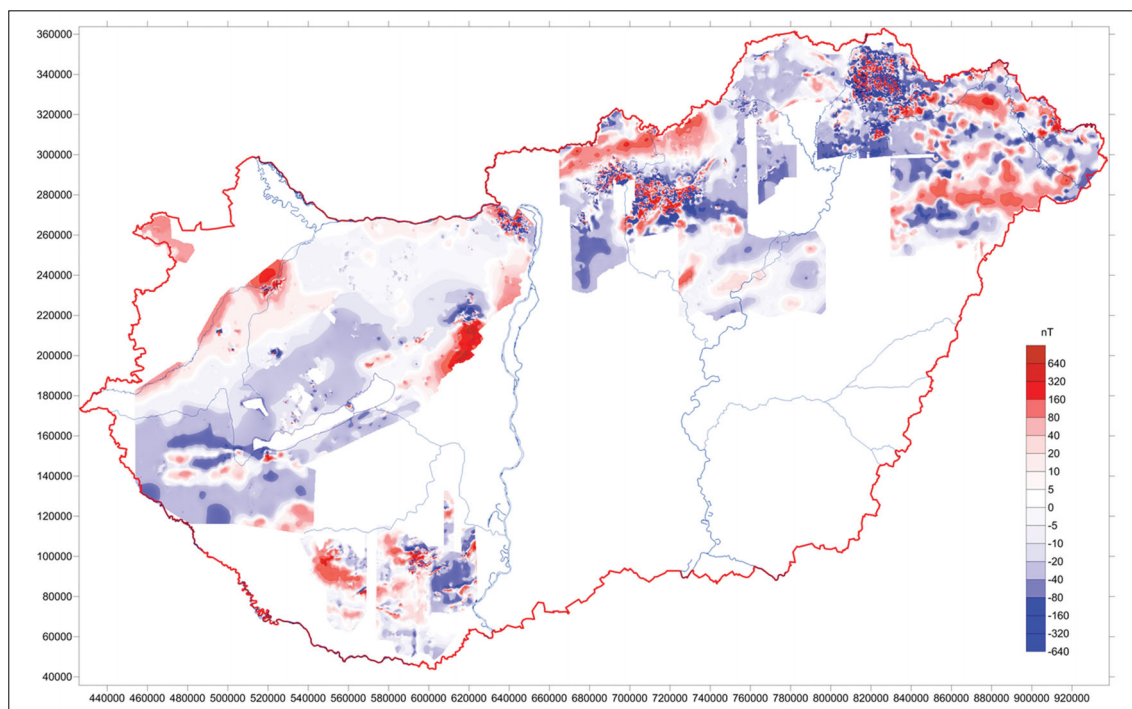
újabb felmérés indult, kezdetben ugyancsak szovjet, majd a MÉV saját kivitelezésében. Az ország mintegy 40 ezer km²-nyi területét lefedő mágneses és radiometrikus felvételezése (9. ábra) hasadóanyag kutatására irányult.

A mérések feldolgozása a MÉV-nél történt. Az értelmezést ugyancsak a MÉV és az ELGI szakemberei végezték, amelynek során nemcsak a hasadóanyag-kutatás szempontjait tartották szem előtt, hanem regionális földtani (elsősorban ércföldtani) következtetések levonására is kísérletet tettek.

A szovjet kivitelezésű mérési anyag az egyik legteljesebb légi geofizikai adatrendszer, amely az ország 45%-át fedi le (9. ábra), ezért újraértékelését célszerű elvégezni. A szovjet mérések digitális adatbázisának elkészítése, a mágneses adatrendszer esetében 80%-ban már készen van (néhány részterület adata hiányzik, pl. a Börzsöny-hegység, valamint néhány részterkép esetében alapszintbeli hibát tapasztaltunk, 10. ábra), a radiometriai adatokból szerkesztett paraméterterképek digitalizálása 35%-ban készült el.

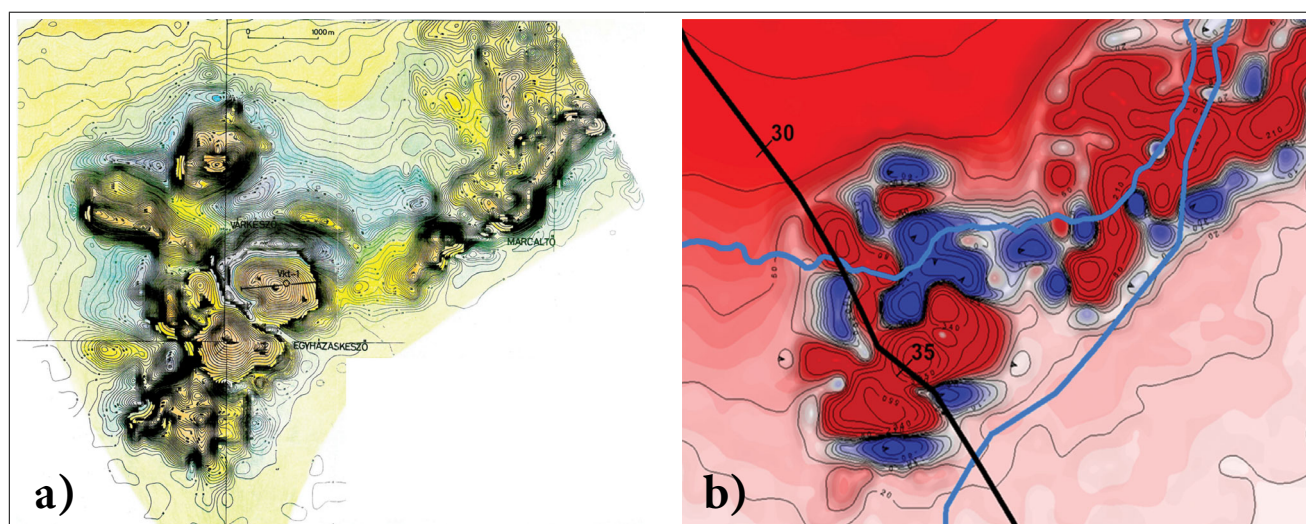
2. Csehszlovák–magyar kivitelezésű mérések (Gnojek 1977, Hamar, Tarcsay 1978)

1977-ben az ELGI megbízásából a csehszlovák Geofizika n.p. Brno légi geofizikai mérőcsoportja a Kemeneshát várkeszői területének mintegy 80 km²-nyi területén (9. ábra) végzett helikopteres légi mágneses és radiometriai mérést. A kutatás célja a pannonvégi vulkáni szerkezetekhez köthető bentonit- és alginitlepek kimutathatóságának vizsgálata volt. A mérési anyag feldolgozása és megjelenítése Brnoban történt. Az eredményterképek alapvető



10. ábra | Magyarország légi mágneses (ΔT -) térképe a 60-as évek légi méréseiből

Figure 10 | Aeromagnetic (ΔT) map of Hungary from the airborne campaign of 60's



11. ábra | Mágneses ΔT -anómia-térkép Kemeneshát: a) légi (1977) és b) földi (1977) mérések
Figure 11 | Magnetic anomaly map of Kemeneshát: a) airborne (1977) and b) field (1977) measurements

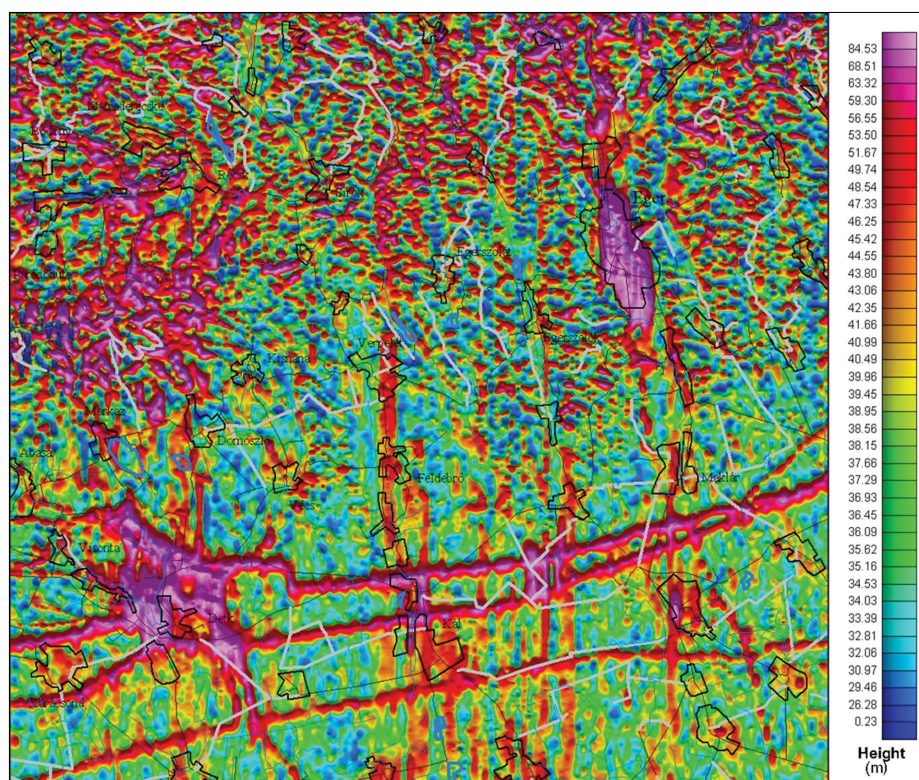
információkat szolgáltatottak a bazaltkráterek elhelyezkedéséről. Ezt jól kiegészítették az ELTE Geofizikai Tanszékén végzett mágneses hatószámítások, amelyek a bazaltösszlet és a kitöltő üledékek vastagságát becsülték.

3. Bolgár–magyar kivitelezésű mérések (Kerbelov 1987)

A szófiai Specializált Légi Geofizikai Vállalat az ELGI megbízásából több társfinanszírozó és felhasználó (MÉV¹³, BKV¹⁴, TPI¹⁵) részvételével hajtott végre légi mágneses

és radiometriai felmérést a Mecsek, a Bakony, a Vértes, a Budai-hegység, a Bükk és a Szendrői-hegység kiválasztott területein (9. ábra). A mérések az akkor folyamatban lévő nyersanyagkutató (bauxit, színesérc, hasadóanyag) programokhoz kapcsolódtak.

A mérési anyag feldolgozása és megjelenítése Bulgáriában történt. A paramétertérképek és szelvények értelmezése a hiányos adatkezelési és archiválási eljárások miatt – az intenzív földi ellenőrző mérések kivitelezése ellenére –



12. ábra | Az egeri mérési terület (K-Mátra és Ny-Bükk) repülésimagasság-térképe
Figure 12 | Flight height map of Eger exploration area

„vizuális” szinten maradt. Az adatbázisok újragenerálása energiárfordítást igényelne, ennek célszerűsége azonban a mérések helyének meghatározási pontatlansága miatt meggondolandó.

4. Osztrák–magyar kivitelezésű mérések (Schönviszky 1987, Balog et al. 1989, Seiberl 1989, Csathó et al. 1991, Bodrogi 1991, Gulyás 1991, Szilágyi 1991, Szilasi 1991)

A 80-as évek végének alumínium-iparpolitikai célkitűzései a felszínközeli bauxittelepek előfordulása szempontjából perspektivikus területek gyors, geofizikai megkutatását igényelték. Mivel a bauxitgeofizikai projektek keretében a felszíni elektromágneses méréseket sikerrel alkalmazták, felvetődött a légi elektromágneses módszer kipróbálásának gondolata is. Így került sor 1987-ben a Bauxitkutató Vállalat és a Magyar Alumíniumipari Tröszt¹⁶⁾ finanszírozásában, az ELGI szervezésében és a Bécsi Műszaki Egyetem kivitelezésében egy helikopteres légi elektromágneses tesztmérésre a Zirc-Gézaháza, Szár és Somlyóvár kutatási területeken. 1989-ben és 1990-ben a légi geofizikai bauxitkutatás többfrekvenciás elektromágneses, mágneses és radiometriai módszerek alkalmazásával vált teljessé. 1989-ben a halimbai és sümegi, 1990-ben pedig a tési, eplényi és herendi kutatási területek felmérésére került sor (9. ábra). A mérések eredményei hatékonyan segítették a perspektivikus, bauxittároló szerkezeteket magába foglaló

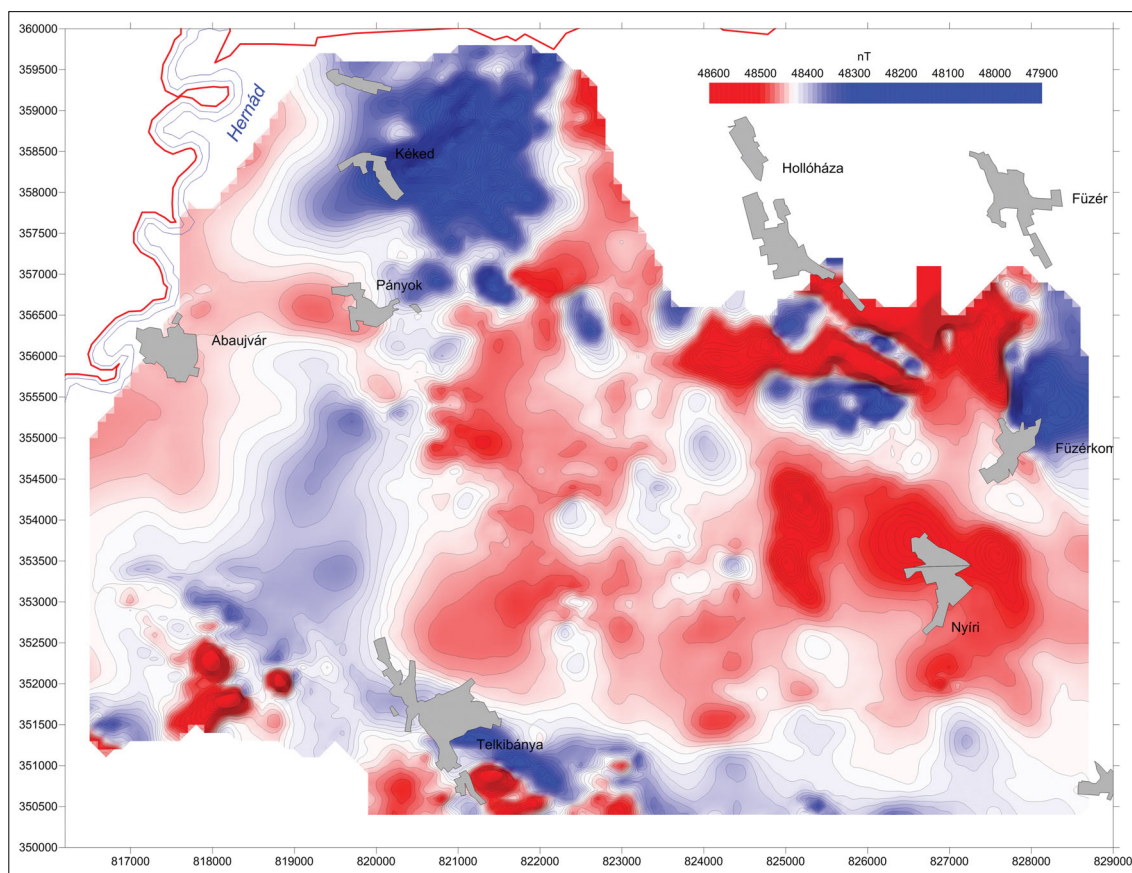
zónák kijelölését, az alkalmatlan feképződményekből felépített és feképződményes területek további kutatásból való kizárását és a kutatófúrások optimális telepítését.

1991-ben egy újabb mérésre került sor, ám ennek célja már nem a bauxitkutatás volt. A projektet a KFH¹⁷⁾ finanszírozta. Célja a légi geofizikai módszer tesztelése volt földtani térképezési (nézsai terület) és környezetföldtani (balatonfűzfői és paksi területek, 14. ábra) alkalmazási területeken.

5. Finn–magyar kivitelezésű mérések (Geological Survey of Finland 1992, Kiss et al. 1994)

1992 októberében a KFH, a MÁFI és az ELGI közös finanszírozásával újabb tesztmérésre került sor az Északi-középhegységben, Eger környékén (14. ábra). A kivitelező a Finn Geológiai Szolgálat légi geofizikai mérőcsoportha volt. A mérésre azért került sor, hogy tisztázódjék egy olyan merev szárnyú, egyfrekvenciás mérőberendezés-típus magyarországi földtani körülmények között való használhatósága, amelyet a hetvenes években, pajzsterületek (idős kristályos alaphegység a felszínen) kutatására fejlesztettek ki.

A mérési adatok elsődleges feldolgozását és értelmezését az ELGI végezte, de az adatok komplex földtani feldolgozása – kivétel talán csak a Bükk-hegység földtani térképezése – kapcsolódó állami kutatási programok hiányában elmaradt.



13. ábra | Nyers mágneses (T) mérési adatokból kirajzolt mágneses anomália-térkép, Telkibánya

Figure 13

Aeromagnetic map of total field (T) raw data at Telkibánya

6. Cseh (ausztrál) kivitelezésű mérések (Picodas Prague, Ltd. 1997, Kiss, Zelenka 2009)

1997-ben a telkibányai ércesedés megkutatása céljából történt légi geofizikai felmérés kb. 60 km²-nyi területen. A gamma-spektrometriai és mágneses mérések a vulkanizmushoz kapcsolódó K-metaszomatikus ércdúsulások nyomait kutatta a Tokaji-hegység É-i peremén (14. ábra), ahová a 60-as évek országos felmérése már az országhatár miatt nem terjedtek ki, de mivel a történelmi bányavidéken nagyüzemi ércbányászat nem volt, így a terület a mai napig perspektivikus. A mérést a cseh Picodas Prague cég végezte, amely az ausztrál World Geosciences konzorcium része volt (1997). A mérést magyar résztvevőkkel egy külföldi vállalkozás rendelte meg, így sem a mérésben, sem az értékelésben nem vettünk részt, a mérési anyaghoz is csak a kutatási jogosultság lejárta után jutottunk hozzá.

A légi geofizikai mérések során az anomális tér kiszámítása többnyire a helyi (megrendelő) szakemberek feladata (ők tudják, hogy milyen a normáltér az adott területen, mit alkalmaznak az adatok egységesítésére). A 13. ábra értékei 48 000 nT körüli totáltér-értékek, így a térkép megjelenítésénél színezéssel próbáltuk az anomália-térkép jelleget elérni. Hiányzik ugyan a normáltér-korrektció, de az anomália-térkép már így is sok mindent elárul. Láthatóvá vált az NyÉNy-KDK irányú zóna, amelyben a telkibányai ércelérek többsége található (K-metaszomatizációért felelős szerkezeti zóna) és kivehető a maximumok alapján egy gyűrűs szerkezet, amely a telkibányai kalderának a kontúrvonalát rajzolja ki.

7. Finn–brit–magyar kivitelezésű mérések (Cuss 2007, Gulyás et al. 2007)

2007-ben a Wildhorse Energy Hungary Kft. megrendelésére történtek kis területű, de sűrű légi geofizikai mérések Véménd–Bátaszék térségében (14. ábra), a Finn (GTK) és a Brit Geológiai Szolgálat (BGS) által létrehozott társulás (Joint Airborne Capability, JAC) bevonásával. A mérések során radiometriai (gamma-spektrometriai) mérések és a mágneses totálintenzitás rögzítése mellett 4 frekvencián elektromágneses mérésekre is sor került. A szerződés értelmében a repülés során folyamatos videódokumentáció (2 kép/sec) készült. A mérés célja uránkutatás volt.

A légi geofizikai mérési kampányok során különböző típusú és formátumú adatok születtek. A kampányok során mások voltak a mért paraméterek, és nem azonos feldolgozási fázisoknak az adatai (forrásadat, előfeldolgozott adat, végleges adatok) lettek elmentve, archiválva, így a területekkel éves bontásban egyedileg kellett foglalkozni. Az adatokat általában fix formátummal, ömlesztett formában nagygépes szalagon kaptuk meg a kivitelező cégtől. A szalagot be kellett olvasni, a megadott formátum alapján ki kellett bontani, aminek eredménye egy szabad formátumú ASCII file, vagy további adatkezelésnek köszönhetően egy légi geofizikai adatbázis (bináris állomány). A nagy mennyiségű adat kezelése és tárolása a 80-as, 90-es években még problémát jelentett, ezért fejlesztettek ki akkor az ELGI szakemberei (Kiss József, Prácser Ernő) egy adatbázist és ehhez egy kezelőrendszert (FORTRAN nyelvű, először nagygépes, majd XENIX, illetve UNIX operációs rendszer alatt futó adatbázis-kezelő).

Azonban később az intézet, illetve ma a szolgálat már szinte kizárólag Windows operációs rendszerű gépeket használ, így az átállás a régi, már elavult gépekről és más operációs rendszerekről elkerülhetetlenné vált.

Az adatok részben az adatbázis-kezelőnek köszönhetően álltak rendelkezésre (1 s mintavételű adatok), illetve a kivitelezőtől kapott mágnesszalagon tárolt forrásadatokból állítottuk helyre az elektromágneses csatornák sűrűbb (0,1 s mintavételű) adatait (3. táblázat). A sűrűbb adatok visszaállítás mellett a korábban alkalmazott Budapest Sztereografikus Koordináta Rendszerről (BSZT) adat-egységesítés céljából áttértünk az Egységes Országos Vétületi Rendszerről (EOV).

A szelvény menti adatok a unixos, bináris adatbázis után most ASCII állományokban vannak tárolva, amelyeket a GeoSoft, Surfer, Grapher és MSOffice programok segítségével kezelünk. A geofizikai adatok egységesítése az ALFA (Általános Földtani Adatbázis) fejlesztés keretében SQL adatbázisokba történik. Az analóg térképi adatokat utólag kellett digitalizálni, aminek eredményei bináris Surfer grid és ArcGIS shape állományok.

A nagy tömegű légi geofizikai vagy távérzékelési műholdak adatainak kezelése és a komplex, más típusú ada-

2. táblázat | Az ország területén végzett légi geofizikai felmérések legfontosabb adatai
Table 2 | Main parameters of different airborne geophysical measurements in Hungary

Kivitelezők	Időszak	Hordozó-eszköz	Felmérés típusa	Adatrögzítés	Adatelérés	Országos fedettség [%]
Orosz	1965–69	repülőgép	MAG, RAD	analóg	digitalizálás	46,8
Csehszlovák	1977	helikopter	MAG, RAD	digitális	nincs	0,1
Bolgár	1986	helikopter	MAG, RAD	digitális	nincs	0,9
Osztrák	1987	helikopter	MAG, EM	digitális	nincs	0,04
Osztrák	1989–91	helikopter	MAG, RAD, EM	digitális	van	0,4
Finn	1992	repülőgép	MAG, RAD, EM	digitális	van	1,7
Cseh (ausztrál)	1997	helikopter	MAG, RAD	digitális	van	0,1
Finn–brit	2007	repülőgép	MAG, RAD, EM	digitális	van	0,1

3. táblázat | Újkori digitális légi geofizikai mérési adatok leltára Magyarországon
Table 3 | Inventory of modern digital airborne measurements of Hungary

Év	Terület	Projekt	Kivitelező	Koordináta-rendszer	Geofizikai módszer	Szelvények száma	Adattípus	Pontszám
1989	Halimba	ELGI, BKV	osztrák	BSZT	MAG, RAD EM	100	szelvény	53772
	Sümeg	ELGI, BKV	osztrák	BSZT	MAG, RAD EM	129	szelvény	50 049
1990	Herend	ELGI, BKV	osztrák	BSZT	MAG, RAD EM	111	szelvény	45 869 402 849
	Eplény	ELGI, BKV	osztrák	BSZT	MAG, RAD EM	152	szelvény	52 521 451 404
	Tés	ELGI, BKV	osztrák	BSZT	MAG, RAD EM	70	szelvény	37 099 336 454
1991	Balaton-almádi	ELGI, BKV	osztrák	BSZT	MAG, RAD EM	13	szelvény	1 360 13 380
	Balaton-fűzfő	ELGI, BKV	osztrák	BSZT	MAG, RAD EM	11	szelvény	2 818 22 821
	Vilonya	ELGI, BKV	osztrák	BSZT	MAG, RAD EM	10	szelvény	1 559 15 456
	Paks	ELGI, BKV	osztrák	BSZT	MAG, RAD EM	11	szelvény	1 519 14 978
	Romhány	ELGI, BKV	osztrák	BSZT	MAG, RAD EM	11	szelvény	2 558 24 952
	Penc	ELGI, BKV	osztrák	BSZT	MAG, RAD EM	88	szelvény	1 072 98 076
1992	Eger	ELGI, MÁFI	finn	KSZT	MAG, RAD EM	165	szelvény	140 895 564 005
1997	Telkibánya	WGC, Picodas	cseh	EOV	MAG, RAD	NA	grid	99 376
2007	Véménd	ELGI, WildHorse	finn–angol	EOV	MAG, RAD, EM	100	szelvény	21 498

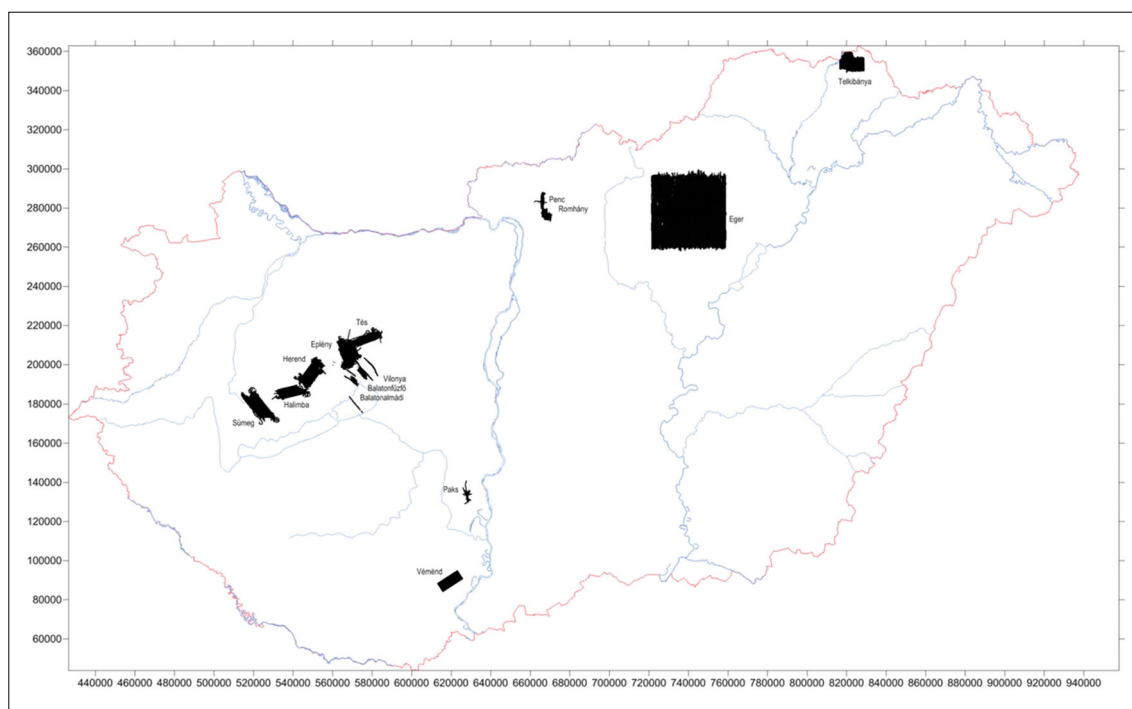
tokkal történő együttes értelmezése szükségessé tette a képfeldolgozás alkalmazását a meglévő feldolgozó geofizikai célszoftverek mellett. A különféle földtani, geofizikai és mélyfúrási anyagok kezeléséhez, a térinformatika alkalmazásához nem voltak elegendőek az akkori PC-re – sok esetben intézeti fejlesztés eredményeként – készült programok.

A légi geofizikai és távérzékelési adatok kezelésekor nagyobb kapacitású számítógépek (SUN munkaállomás) és speciális képfeldolgozó (ILWIS, ERDAS) és térinformatikai (Arc/Info, ArcView) programrendszerek alkalmazása (az ELGI-ben már 1993-tól) és sok esetben egyedi saját programok készítése vagy a világhálón megjelent geofizikai eljárások, adatfeldolgozások adaptálása vált szükségessé (pl. USGS programok). Ennek köszönhetően a digitális korszak kezdetén gyors, korszerű, célorientált feldolgozásokat és megjelenítéseket tudtunk készíteni, mindezt látványosan és könnyen kezelhető térinformati-

kai rendszerbe szervezve. A 80-as évektől az informatika nagyot fejlődött, a korábbi egyetlen Arc/Info jogosultsághoz képest ma szinte mindenki az ArcGIS-t használja, ami jelzi, hogy a 80-as 90-es években jó úton indultunk el. Másrészt olyan programrendszerek jelentek meg, amelyek beépítve (modulonként) tartalmazzák az alapvető geofizikai és képfeldolgozási eljárásokat, valamint a szelvény menti, térképi és térbeli megjelenítéseket (pl. GeoSoft, INTREPID, IGMAS, PF).

Adatbázismezők:

LINE NAME	Repülési vonal neve
FID	Vonal menti pontazonosító
Y	K–Ny-i koordináta
X	É–D-i koordináta
FH	Repülési magasság
M_TFM	Mágneses tér értéke
R_TC	Radiometriai összebeütés szám értéke



14. ábra Az újkori (1989-től digitálisan rendelkezésre álló) légi geofizikai mérések nyomvonaltérképe

Figure 14 Flight line maps of modern (1989–2018) airborne geophysical measurements

R_POT	Radiometriai kálium eloszlás értéke
R_URA	Radiometriai urán eloszlás értéke
R_THO	Radiometriai tórium eloszlás értéke
E_ROxx	elektromágneses mérések látszólagos ellenállás értéke (xx = 900 Hz, 3 kHz, 7 kHz, 12 kHz, 25 kHz és 32 kHz).

Mi hiányzik, merre kellene folytatni?

Légi geofizikai mérési adatokból nem rendelkezünk országos fedettséggel. A 60-as évekbeli mérések fedik le legteljesebben az ország területét, de ez is csak kicsit több mint 45%-os. Ebből az adatrendszerből a mágneses adatok 80%-ban rendelkezésre állnak digitálisan, de a radiometriai adatok esetében csak 35% van meg digitális formában, a többi, szkennelt térképként adatfeldolgozásra (bevitelre) vár.

A frekvenciatartományú elektromágneses csatornák esetében csak kis részterületek adatai állnak rendelkezésre (elsősorban a 80-es évek második felében kezdődő, felszínközeli bauxitcsapdák kutatásának köszönhetően), pedig a felszínközeli ($n \times 100$ m-es) összletek bontása, tagolása szempontjából az elektromágneses (idő- vagy frekvenciatartományú) mérésektől várhatjuk a legtöbb, leg részletesebb információt. Országosan szinte mindenhol hasznos lenne környezetvédelmi kutatások szempontjából, vízkutatói szempontból az Alföld, Kisalföld területén, és országosan az ásványi nyersanyagkutatás szempontjából. Ilyenek például érclelőhelyeink:

- Mátra-hegység – Recsk, Parádszentes, Mátrászentimre, Gyöngyösoroszi,

- Tokaji-hegység – Telkibánya, Rudabányácska, Hármashuta,
- Velencei-hegység – Pátka környéke,
- Darnó-zóna mentén – Uppony, Rudabánya, Torna-szentandrás,
- Börzsöny-hegység – Rózsa- és Ludmilla- és Királyréti tárok környéke,
- Felszíni bauxit-csapdák a Dunántúli-középhegység területén.

Összességében szakmai szempontok alapján szükség lenne egy országos légi felmérésre (a körülöttünk lévő országok többé-kevésbé rendelkeznek már ilyen adatrendszerrel), amelyben az elektromágneses mérések is beletartoznának.

A radiometriai mérések a kis behatoló képesség miatt korlátozottan használhatóak, kevés új információ várható tőlük. Földi mágneses mérésekkel (1500 m-es kvázihálóban) fel van mérve Magyarország, csak egy sokkal jobb felbontású méréstől (sűrűbb felmérés, érzékenyebb mágneses szenzorral) várható új információ.

Az elektromágneses mérések szempontjából Magyarország szűz területnek tekinthető, így a lehetőségek felmérése is nehezen becsülhető meg, de mindenképpen új földtani információk várhatók a mérések eredményeképpen. Itt elsősorban a többcsatornás időtartománybeli mérésektől várhatók a legjobb eredmények. Magyarországon eddig nem történtek légi gravitációs mérések. Az ország földi mérésekkel jól megkutatott, de a földi mérések csak a gravitációs komponens vertikális összetevőjének mérésére terjednek ki. Az Eötvös-ingamérések jóval több in-

formációt szolgáltatnak, de nincs és nem is várható országos fedettség.

Napjainkban azonban a technikai fejlődésnek köszönhetően megjelentek a gravitációs gradiens mérésére alkalmas légi és űrgeofizikai mérőeszközök. Ezek a mérések már a teljes gravitációs vektor (gravitációs tenzor) meghatározására alkalmasak, így további értékes információkat szolgáltathatnak a felszín alatt elhelyezkedő földtani képződményekről. A légi felmérések előnyeit kihasználva (egyenletes fedettség, azonos mérési kondíciók) egy légi gravitációsgradiens-mérésnek szakmai szempontból szintén nagy hasznát vennénk.

A tanulmány szerzője

Kiss János

Jegyzetek

- ¹⁾ ELGI
- ²⁾ MÁFI
- ³⁾ MFGI
- ⁴⁾ MBFH
- ⁵⁾ 1993. évi XLVIII. törvény a bányásztról, 25. § (1)
- ⁶⁾ Potsdam System First Order World Gravity Network: Potsdamban 1898 és 1904 között határozták meg a nehézségi erő $9,81274 \pm 0,0003 \text{ m/s}^2$ abszolút értékét, ezt 1906-ban publikálták, és ettől kezdve ezt tekintették a nemzetközi alaphálózat kiinduló értékének, egészen az IGSN-71 (International Gravity Standardization Net 1971) megjelenéséig.
- ⁷⁾ A módszer a gravitációs gradiens mérésén keresztül határozza meg a Descartes-féle koordináta-rendszer irányainak megfelelő fő gravitációs vektorokat és a gradiens mérésnek köszönhetően a 9 tenzorkomponenst (Pedersen, Rasmussen 1990)
- ⁸⁾ International Formula for Normal Gravity (Cassini 1930)
- ⁹⁾ World Geodetic System 1984: <https://confluence.qps.nl/qinsy/en/world-geodetic-system-1984-wgs84-29855173.html>
- ¹⁰⁾ International Gravity Standardization Net 1971 (Morelli et al. 1972)
- ¹¹⁾ Mágneses adatbázis csak a földi mérések adatait tartalmazza, a légi mágneses adatok külön adatbázist képeznek.
- ¹²⁾ MÉV
- ¹³⁾ Mecseki Ércbányászati Vállalat
- ¹⁴⁾ Bauxitkutató Vállalat
- ¹⁵⁾ Távérzékelési Programiroda
- ¹⁶⁾ MAT
- ¹⁷⁾ Központi Földtani Hivatal

Hivatkozások

- Aczél E., Stomfai R. (1968): Az 1964–65. évi magyarországi földmágneses alaphálózatmérés. *Geofizikai Közlemények*, 17/3.
- Balog Gy., Csathó B., Tatai J., Tóth Cs. (1989): Bauxittelepek kimutatásának lehetősége légi elektromágneses mérések segítségével (Kutatási jelentés). Kézirat, MBFSZ adattár.
- Barta Gy. (1952): Jelentés az országos mágneses mérés feldolgozásának eredményeiről. Kézirat, MBFSZ adattár.
- Bodoky T., Kiss J. (2014): A dabronyi negatív gravitációs anomália vizsgálata: eltemetett meteorkráter? *Magyar Geofizika*, 55/2, 82–87.

- Bodoky T., Polcz I. (2016): Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet története II. 1965–2012. Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, p. 726.
- Bodrogi M. (1991): Jelentés a Geológiai Kutatási Alap keretében végzett 1991. évi paksi légigeofizikai mérésekről. Kézirat, MBFSZ adattár.
- Cassini G. (1930): On the adoption of an international formula for normal gravity. *Bulletin Geodesique*, 26, 40–49.
- Csathó B., Bodrogi M., Gulyás Á., Kiss J. (1991): Jelentés a légi geofizikai módszerfejlesztés 1990. évi munkáiról. Kézirat, MBFSZ adattár.
- Cuss R. J. (2007): Véménd Airborne Geophysical Survey. Technical Report. Kézirat, MBFSZ.
- Geological Survey of Finland (1992): Aerogeophysical Pilot Project in Hungary 1992. Kézirat, MBFSZ.
- Géresi Gy. (1969): Éves összefoglaló témajelentés az 1969. évi komplex légigeofizikai munkákról. Magyar Érckutató Vállalat, Pécs, Kézirat, MBFSZ adattár.
- Gnojek I. (1977): Technikai zárójelentés a Pápa ÉNY térségében, Magyarországon végzett légi geofizikai kutatásról (Geofizika n. p. Bmo, 1977. július). Kézirat. MBFSZ Adattár.
- Gulyás Á. (1991): Jelentés a Herend, Szentgál térségében végzett légi (1990) és felszíni geofizikai mérésekről (déli rész). Kézirat, MBFSZ Adattár.
- Gulyás Á., Kiss J., Füsi B., Paszera Gy., Nagy A., Vértesy L. (2007): Légi geofizikai tesztmérés és adatfeldolgozás a Bátaszék kutatási területen. Kézirat, MBFSZ Adattár.
- Haáz I., Komáromy I. (1966): Magyarország földmágneses térképe, a függőleges télerősség anomáliái. 500 000-es nyomtatott térkép. ELGI-kiadvány.
- Hamar D., Tarcsay Gy. (1978): Kráterek mágneses kimutathatóságának vizsgálata és a légi mágneses mérések feldolgozása (ELTE jelentés). Kézirat. MBFSZ Adattár.
- Kerbelov L. (1987): Műszaki jelentés az 1986. évi magyarországi légi geofizikai kutatásról (Bolgár Népköztársaság Földtani Bizottsága). Kézirat, MBFSZ adattár.
- Kiss J. (2002): Gravitációs és mágneses adatbázisok. In: Sörös L., Kiss J., Fancsik T., Jánváriné Kántor I., Varga G., Madarasi A., Lendvay P., Detzky G.: Az ELGI gondozásában lévő adatbázisok tételes ismertetése. *Földtani Kutatás*, XXXIX/3, 27–29.
- Kiss J. (2006a): Magyarország gravitációs lineamentstérképe – első eredmények. *Magyar Geofizika*, 47/2, 1001–1010.
- Kiss J. (2006b): Magyarország gravitációs Bouguer-anomália térképe. *Geophysical Transactions*, 45/2, 99–104.
- Kiss J. (2009a): Gravitációs és mágneses feldolgozások és modellezések a földtani környezet megismerése céljából. Doktori (PhD) értekezés, NyME Kitaibel Pál Környezettudományi Doktori Iskola, Sopron.
- Kiss J. (2009b): A CEL08 szelvény geofizikai vizsgálata. *Magyar Geofizika*, 50/2, 59–74.
- Kiss J. (2009c): Regionális gravitációs anomáliák, izosztatikus hatások Magyarországon. *Magyar Geofizika*, 50/4, 153–171.
- Kiss J. (2010): Mély medencék izosztatikus hatása. *Magyar Geofizika*, 51/3, 1–13.
- Kiss J. (2012): A Kárpát-Pannon Régió Bouguer-anomália-térképének frekvenciatartománybeli vizsgálata és értelmezése. *Magyar Geofizika*, 53/4, 236–257.
- Kiss J. (2013): Magyarországi geomágneses adatok és feldolgozások: spektrálanalízis és térképi feldolgozások. *Magyar Geofizika*, 54/2, 89–114.
- Kiss J. (2014a): A Kárpát-Pannon régió gravitációs képe – geodinamikai vonatkozások, 113–126 o. In: Fancsik Tamás, Piros

- Olga (eds): Magyar Földtani és Geofizikai Intézet Évi Jelentése, p. 184. (2012–2013), MFGI, HU ISSN-0368-9751.
- Kiss J. (2014b): Magyarország Bouguer-anomália-térképének frekvenciatartománybeli vizsgálata és értelmezése. *Magyar Geofizika*, 55/4, 163–178.
- Kiss J. (2014c): Lemeztektonika, vulkanizmus és a Kárpát-Pannon régió geomágneses anomália-térképe. *Magyar Geofizika*, 55/2, 51–81.
- Kiss J. (2015): A Pannon-medence geomágneses anomáliái és a mélyfúrással feltárt bázisos földtani képződmények kapcsolata. *Magyar Geofizika*, 56/1, 21–42.
- Kiss J. (2016): A gravitációs és mágneses anomáliák átfogó értelmezése a Kárpát-Pannon-régióban. *Földtani Közöny*, 146/3, 275–298.
- Kiss J., Gulyás Á. (2005): Magyarország gravitációs Bouguer-anomália-térképe. M = 1:500 000-es nyomtatott térképe. ELGI-kiadvány.
- Kiss J., Gulyás Á. (2006): Magyarország mágneses DZ anomália-térképe, M = 1:500 000-es nyomtatott térkép. ELGI-kiadvány.
- Kiss J., Gulyás Á., Bodrogi M. (1994): Jelentés az 1992-ben EGER (Kelet-Mátra, Nyugat-Bükk) térségében végzett komplex lélegeofizikai mérésekről. Kézirat, MBFSZ Adattár.
- Kiss J., Gúthy T., Zilahi-Sebess L. (2015b): A Mohorovičić-határfelület magyarországi kutatása – módszerek, mérések, eredmények. *Magyar Geofizika*, 56/3, 152–178.
- Kiss J., Madarasi A. (2012): A PGT-1 szelvény komplex geofizikai vizsgálata (nem szeizmikus szemmel). *Magyar Geofizika*, 53/1, 29–54.
- Kiss J., Prácser E. (2016): Szelvény mentén végzett adatfeldolgozási eljárások – hatókijelölés, frekvenciaszűrés és mélységfókuszálás – alkalmazása a CEL08 vonalon. *Magyar Geofizika*, 57/2, 69–87.
- Kiss J., Szalma E. (2007): Tündérrózsák és a gravitációs tér?! *Magyar Geofizika*, 48/2, 56–69.
- Kiss J., Vértessy L., Fancsik T., Kovács A. Cs, Madarasi A., Gulyás Á. (2017): Tisia, a geofizika adatok tükrében és a litoszférakutató szelvények szeizmikusan nagy sebességű zónáinak értelmezése. *Magyar Geofizika*, 58/4, 209–229.
- Kiss J., Vértessy L., Gulyás Á. (2017): Földmágneses esettanulmányok a Balatonfelvidékről, a Duna–Tisza közéről és a Tokaji-hegység területéről. *Magyar Geofizika*, 57/4, 126–151.
- Kiss J., Vértessy L., Gulyás Á., Madarasi A. (2015a): Tisia – a geofizikai adatok tükrében, pp. 25–28. TISIA Konferencia kiadványa, p. 76, ISBN 978-963-8221-56-8
- Kiss J., Zelenka T. (2009): Geological features, geophysical measurements and interpretation at the Telkibánya research area, in: Geosciences, Telkibánya Geology. Proceedings of the University of Miskolc, Series A, Mining, Vol. 78.
- Kovács P., Csontos A., Heilig B., Koppán A. (2012): Hungarian repeat station survey, 2010. *Annals of Geophysics*, 55/6, DOI: 10.4401/ag-5450.
- Kovács P., Körmendi A. (1999): Gravitációs alaphálózat mérés Magyarországon 1994–95 folyamán, valamint a tér szekuláris változása 1950 és 1995 között. *Geofizikai Közlemények*, 42/3–4.
- Kovács G., Vértessy L., Orosz L., Bauer M., Gulyás Á., Kiss J., Lendvay P., Maigut V., Kovács Zs. (2018): Az MBFSZ adatszolgáltatásai a szénhidrogén-kutatás támogatására, In: Kovács Zs. (ed.), Szénhidrogének Magyarországon – Magyar Energetikai és Közmű-szabályzási Hivatal, p. 317. ISBN 978-615-00-1393-0
- Kovács Zs. (ed.) (2018): Szénhidrogének Magyarországon – Magyar Energetikai és Közmű-szabályzási Hivatal, p. 317. ISBN 978-615-00-1393-0
- Kovácsvölgyi S. (1994): Az ELGI gravimetriai adatbázisa. *Magyar Geofizika*, 35/1, 44–46.
- Morelli C., Gantar C., Honkasalo T., McConnell R. K. Tanner J. G., Szabo B., Uotila U., Whalen C. T. (1972): The International Gravity Standardization Net 1971 (I.G.S.N.71). International Union of Geodesy and Geophysics, International Association of Geodesy, Paris, p. 192.
- Picodas Prague Limited (1997): Airborne Geophysical Northern Tokaj Helicopter Survey, Hungary (Survey details, technical specifications and processing summary) (nincs elérés!)
- Pedersen L. B., Rasmussen T. M. (1990): The gradient tensor of potential field anomalies: some implications on data collection and data processing of maps. *Geophysics*, 55, 1558–1556.
- Polcz I. (2003): Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet története I. 1907–1964. Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet, p. 309.
- Riddihough R., (1986): In: Interpretation of gravity and magnetic anomalies for non-specialists. Canadian Geophysical Union Short Course, organized by A. K. Goodacre. 361 pp.
- Schönviszky L. (1987): Lélegeofizikai és távérzékelési módszerek a szilárdásvány nyersanyag kutatásában. Kézirat, MBFSZ Adattár.
- Seiberl W. (1989): Zárójelentés légigeofizikai mérésekről a Balatontól ÉNy-ra (Sümeg, Tapolca, Monostorapáti). Kézirat, MBFSZ Adattár.
- Sörös L., Kiss J., Fancsik T., Jánváriné Kántor I., Varga G., Madarasi A., Lendvay P., Detzky G. (2002): Az ELGI gondozásában lévő adatbázisok tételes ismertetése. *Földtani Kutatás*, XXXIX/3, 27–29.
- Szabó Z. (2004): A gravitációs és földmágneses kutatások története Magyarországon. *Magyar Geofizika*, 45/különszám, 3–21.
- Szabó Z. (2016): Gravitációs és földmágneses adatbázisok. In: Bodoky T., Polcz I. 2016: Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet története II. 1965–2012. Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, pp. 400–403.
- Szilágyi I. (1991): Jelentés a Tés térségében végzett lélegeofizikai (1990) és felszíni (1991) geofizikai mérésekről. Kézirat, MBFSZ Adattár.
- Szilasi Gy. (1991): Jelentés az Eplény-Gyulafrátót térségében lélegeofizikai (1990) és felszíni (1991) geofizikai mérésekről. Kézirat, MBFSZ Adattár.
- Völgyesi L. (2012): A gravimetria mai jelentősége és helyzete Magyarországon. *Magyar Tudomány*, 2012/06, 706–723.
- Id. Zilahi-Sebess L., Tímár Z., Scholtz P., Bodoky T. (2016): Számítógépközpontok. In: Bodoky T., Polcz I. 2016: Az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet története II. 1965–2012, Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, pp. 642–650.
- Zelenka T., Gyarmati P., Kiss J. (2012): Paleovolcanic reconstruction in the Tokaj Mountains. *Central European Geology*, 55/1, 49–84. DOI: 10.1556/CEuGeol.55.2012.1.4
- Zelenka T., Kiss J. (2008): The structure of the Recsk Paleogene magmatites from the aspects of geophysical and geological data. In: Geosciences, Recsk and Lahóca Geology of the Paleogene Ore Complex. Proceedings of the University of Miskolc, Series A, Mining, Vol. 73.

Agocs-ösztöndíj 2018

A díjat alapító dr. William B. Agocs professzor szándéka szerint az Eötvös Loránd Tudományegyetem geofizika szakán megvédett, kiemelkedő színvonalú MSc-, illetve PhD-dolgozatokat lehet jutalmazni. Az Agocs-díj kurató-

riuma, amely a korábbi díjazottakból áll, titkos szavazással két MSc-dolgozatot talált jutalmazásra érdemesnek 2018-ban. A díjazott dolgozatok:

Bozóki Tamás: „Magnetoszférikus folyamatok monitorozása Schumann-rezonancia mérésével” című MSc-dolgozatáért, témavezetői: *dr. Sátori Gabriella* és *dr. Steinbach Péter*

Timkó Máté: „A Pannon-medence felsőköpeny- és földkéreg-szerkezetének kutatása lokális, regionális és teleszeizmikus földrendések adatainak szeizmikus tomográfiájával” című MSc-dolgozatáért, témavezetői: *dr. Weber Zoltán* és *dr. Galsa Atilla*

Dr. Borhy László egyetemi tanár, az ELTE rektora távollétében az Agocs-díjat 2018-ban *dr. Darázs Lénárd* egyetemi tanár, az ELTE általános rektorhelyettese adta át ünnepélyes

körülmények között a rektori tanácssteremben, 2018. szeptember 14-én.

Kis Károly



Dr. Darázs Lénárd egyetemi tanár, az Eötvös Loránd Tudományegyetem általános rektorhelyettese a két díjazott geofizikussal, *Timkó Máté* (bal oldalon) és *Bozóki Tamás* (jobb oldalon)

Összefoglaló az MTA Geofizikai Tudományos Bizottság soproni üléséről

A Magyar Tudományos Akadémia (MTA) Geofizikai Tudományos Bizottsága (GTB) 2018. november 5-én kihelyezett ülést tartott az MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont (MTA CSFK) Geodéziai és Geofizikai Intézetében (GGI). Az ülésen megjelent 17 bizottsági tagot a GTB elnöke, Bondár István üdvözölte. Az első napirendi pont keretében *Wesztergom Viktor* ismertette a GGI kutatási tevékenységét. Az intézet igazgatója bemutatta az utóbbi időben elnyert hazai és nemzetközi projekteket, beleértve a nemzeti kiválósági programot és a nyertes MTA Lendület pályázatot. Elmondta, hogy az előbbiekre alapozva jelenleg mintegy kilenc kutatócsoport dolgozik az intézetben. Ebből három szeizmológiai kutatásokat végez a földrengés-veszélyeztetettség, szeizmikus tomográfiai és infrahang-megfigyelések területén. Ez utóbbihoz kapcsolódik a piskés-tetői infrahangállomás tevékenysége. Jelenleg a geodéziai kutatások területén az űrgeodézia földtudományi alkalmazásai dominálnak, ezek közül kiemelte a műholdradar-interferometria és recens tektonika területén végzett megfigyeléseket. A légkörfizikai kutatások elsősorban a légköri elektromos kisülések és a Schumann-rezonanciák vizsgálatát célozzák. A geomágnesség területén a mágneses tér szerkezetének leírásával, időbeli változásának nyomon követésével, modellezésével és inverziójával, magnetotellurikus térrel való kapcsolatával, valamint a külső mag megismerésével foglalkoznak. Egy nagyobb tématerületet képez a magnetoszféra és az interplanetáris mágneses tér kapcsolatának vizsgálata, mely új szemléletet, több tudományterületet érintő megközelítést igényel mind a mérések, mind pedig a szimulációk területén. Az európai kezdeményezésű nemzetközi mélyszerkezet-kutató vállalkozáshoz csatlakozva új megfigyelések várhatók az elkövetkezendő három évben. Jelenleg a szeizmológiai állomások DK-Európába való áttelepítését lehetővé tevő előzetes vizsgálatok zajlanak. Beszámolója végén *Wesztergom Viktor* kiemelte, hogy a GGI részéről nagy a fogadókészség a hazai egyetemeken végzett geofizikusok alkalmazására.

A második napirendi pontban *Timár Gábor* tanszékvezető egyetemi docens megtartotta beszámolóját az ELTE Geofizikai és Űrtudományi Tanszék oktatási és kutatási tevékenységéről, különös tekintettel a geofizikus szakemberek utánpótlásának jövőjéről. Felhívta a figyelmet arra, hogy a magyar nyelven folyó mesterképzésbe jelentkezni képes hallgatók száma rohamosan csökken. Ezzel együtt egyre alacsonyabb a jelentkezők tudásszintje, továbbá a szervezeti környezetet adó intézmény drámai pénzügyi helyzete miatt az anyagi támogatás mértéke is csökken. További létszámcsökkenés esetén az állami kép-

zés keretein belül a geofizikus szak megszűnhet. Azok a potenciális hallgatók, akik elkötelezettek a geofizikai ismeretek megszerzése iránt és ezt képesek angol nyelvű oktatás keretében megtenni, egyre inkább a külföldi felsőoktatási intézményeket választják. Úgy gondolja, hogy a korábbi követelmények nehezen tarthatók fenn. Előnynek látja azonban, hogy a hallgatók egyéb kompetenciákat is hoznak magukkal, melyeket figyelembe kell venni a képzés esetleges átalakításánál.

A probléma megoldása a Miskolci Egyetem (ME) Geofizikai Tanszéke vezető oktatói szerint a bolognai rendszer bevezetése óta érik, aktuális és fontos. Úgy látják, hogy nem szűken a magyar nyelvű geofizikus szakról, hanem inkább a magyarok geofizikus képzéséről van szó. A miskolci tanszék a földtudományi mérnöki mesterszakon belül geofizikus-mérnöki szakirányon oktat, az utóbbi években főként angol nyelven, mivel a Karon 2012 óta több, angol nyelven is akkreditált MSc szakon folyik képzés. A geofizikus-mérnöki szakirányon két év óta magyar anyanyelvű jelentkező nem kezdett tanulmányokat. Véleményük szerint ennek ellenére sem szabad csökkenteni a képzés színvonalát. Az olajipar ugyan beszűkült, de a kutatóintézetekben geofizikus diplomával lehet csak elhelyezkedni. Az ELTE a geofizikus szaknak, az ME a geofizikus szakiránynak (és az MSc szakoknak) a hosszú távú megtartását tűzte ki célul. *Bondár István* a kérdés részletesebb megvitatására egy önálló GTB ülést hívott össze 2019 januárjára.

A következő napirendi pontban *Szarka László* Eötvös Loránd halálának 100. évfordulójához kapcsolódó események szervezéséről és a finanszírozás kérdéseiről tájékoztatta a Bizottságot. Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat kezdeményezte az UNESCO Magyar Nemzeti Bizottságánál, hogy 2019-ben Eötvös Loránd halálának centenáriumi évéről az egész világ az UNESCO védnökségével emlékezzon meg. Ezt az UNESCO elfogadta. A programok idén októberben már elkezdődtek, azonban az anyagi támogatás a felelős minisztériumtól a soproni ülés időpontjáig nem érkezett meg. *Szarka László* javasolta, hogy minden résztvevő saját forrásból igyekezzen megrendezni a programjait; emellett ismertette az MTA CSFK által felajánlott programokat. A Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat részéről *Kiss János* informálta a Bizottságot a szervezésről, majd ezt követően egyéb centenáriumi események megrendezéséről és publikálási lehetőségekről tárgyaltak a résztvevők.

Egy új napirendi pont keretében *Szarka László* az akadémiai kutatóintézetek átvilágításáról tartott tájékoztatót. Elmondta, hogy az alkalmazott kutatást alapfeladatának tekintő kutatóintézeti hálózat átszervezését már évek óta

tervezi a kormányzat. Az MTA 2018. július 14-én szembesült azzal, hogy a Palkovics László miniszter által vezetett Innovációs és Technológiai Minisztérium (ITM) áttemeli a pénzeket. A tiltakozás után az MTA augusztus 13-án javasolta, hogy az Osztályok foglalkozzanak a kutatóintézetekkel. Az MTA véleményezte az új kutatás-fejlesztési stratégiát. Az október 8-i kormányhatározat szerint 2018. decemberében várható megegyezés az MTA és az ITM között.

Az *Acta Geodaetica et Geophysica* folyóirat jelenlegi helyzetéről *Wesztergom Viktor* főszerkesztő számolt be. Az elmúlt évtized változásaihoz sikeresen alkalmazkodó folyóiratnál évente mintegy 200 kéziratot kezelnek, ezek közül legtöbb a geomatematika és geodézia témában érkezik. A Springer kiadóval jó kapcsolatot építettek ki, azonban egyre szigorúbb követelményeknek kell megfelelniük. A szerkesztőbizottságban kiterjedt szakterületen és széles nemzetközi kapcsolatokkal rendelkező tagokat kell jövőre delegálni, melyhez minden hazai intézményből új tagokat kérne fel. A folyóirat ügyvivő szerkesztője, *Szűcs Eszter* rövid vetített előadás alapján bemutatta a legfrissebb tudománymetriai és statisztikai adatokat. Ezek közül kiemelkedik az impakt faktor és az elutasítási arány növekedése. Zárszávaiban *Wesztergom Viktor* jövőbeli terveiről

beszélt, elmondta, hogy fontos lenne a magyar szerzők által írt cikkek számának a növelése (a PhD-hallgatók támogatását ígérte), a bírálati fázis lerövidítése, valamint évente-kétévente tematikus kiadványok szerkesztése.

Az aktualitások pont keretében szó volt arról, hogy az MTA X. Földtudományok Osztálya levette a napirendről a földrajzi tudományos bizottság elnöke által korábban megfogalmazott javaslatot, az önálló földrajzos doktori bizottság létrehozásának kérdését, mivel azt minden Bizottság elutasította. Ugyancsak itt, *Timár Gábor* arról számolt be, hogy az Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal az OTKA-pályázatok beadásánál a Földtudományok 1 (GEOINT) szakértői csoporthoz sorolta a geofizikát.

Ezután *Bondár István*, az intézmények képviselői és a GTB tagjai *Ádám Antal* és *Verő József* akadémikusokat köszöntötte születésnapjuk alkalmából. Az ülés bezárása után *Wesztergom Viktor* rövid séta keretében bemutatta a felújított kutatóintézetet.

Az GTB összetételéről az akadémia honlapján tájékozódhatnak az érdeklődők:

https://mta.hu/x-osztaly/tudomanyos-bizottsagok-105563#geofizikai_tudomanyos_bizottsag

Szabó Norbert Péter,
a GTB titkára



A Geofizikai Tudományos Bizottság az MTA CSFK Geodéziai és Geofizikai Intézetének tetején. (Balról: Turai Endre, Drahos Dezső, Szarka László, Kiss János, Pethő Gábor, Győri Erzsébet, Bondár István, Ormos Tamás, Dobróka Mihály, Bodoky Tamás, Timár Gábor)

Dr. Horváth Ferenc

1944 – 2018

Gyászol a család, gyászolnak a barátok, ahogy gyászol a magyar és nemzetközi földtudomány is. Horváth Ferenc, az Eötvös Loránd Tudományegyetem professzora, a Geofizikai, majd Geofizikai és Űrtudományi Tanszék volt vezetője, a Földrajz- és Földtudományi Intézet alapító igazgatója, az MTA doktora, a European Academy of Sciences tagja vagy ahogy mindenki ismerte, „a Horváth Feri”, pár hete nincs közöttünk. Nehezen hisszük el, kapkodjuk a fejünket, hogy lehet ez, amikor még nem sokkal korábban is tervekkel tele, napi tennivalókon felbuzdulva beszélt velünk, dolgozott a cikkein, könyvön, munkákon – és egyszer csak, nincs. Próbáljuk felfogni, hogy nem, soha többé nem viccelődhetünk vele, nem kérdezhettük meg szakmai vagy bármilyen véleményét, amelyre pedig milyen sokat adtunk. Hogy át kell vennünk tőle a stafétát. Nehéz a szakmának, és még sokkal nehezebb a családjának.



Dr. Horváth Ferenc
1944 – 2018

Szakmai pályája a földtudományok, a geofizika szempontjából talán máig legpezsgőbb időszakban, a 60-as években indult. A Geofizikai Év lelkesedése áthatotta a szakmát, ekkor lett lenézett meséből elfogadott nézetté a kontinensvándorlás, a lemeztektonika, ekkor vált az űrkutatás a tudományos élet hajtómotorjává. Feri már az ELTE hallgatójaként lelkesen vetette magát ebbe a pezsgésbe, ezekbe a kutatásokba. A tanszéken működő űrkutató csoportban hazánkban először mérték meg pontok abszolút, a Föld középpontjához mért koordinátáit, majd Feri volt az – még nagyon fiatal kutatóként – aki az e méreésekből előálló elméleti földalak és a Föld dinamikai folyamatai közti kapcsolat lehetőségét felvetve, azok kapcsolatáról írt, hazánkban elsőként. Érdeklődése fokozatosan át is helyeződött a Föld fizikai folyamataira, arra, hogy azok hogyan működtetik a lemeztektonikát, hogy szabják meg bolygónk képét.

A geofizikusok közül talán ő volt a legelkötelezettebb, aki meg akarta érteni a geológusok gondolkodásmódját, kutatási módszereit, kereste a társaságukat, és egész életében egyik kedvenc szófordulata volt a „rigor of physics and vigor of geology” – és nemcsak szófordulatként, de életstílusként is ezt követte. Bár nagyon ügyelt a részletekre, soha nem veszett el bennük; mindig a nagy kép, a „big picture” lebegett a szeme előtt. Az utókor, mindazok, akik már „csak” munkáiból ismerhetik majd, egy következő, logikus és eredeti elmének látják, szinte talán úgy

megijednek tudásától, ahogy mi, vagy akár ő maga is fejet hajtunk nagy elődeink, pl. Lóczy vagy Eötvös előtt. És nem fogják már tudni, amit mi tudunk, hogy Feri legalább ennyire volt vidám, vicces, bulizós kolléga és barát – és családját szerető férj és apa. Nem fogják tudni, hogy elment a geológus kirándulásokra, hogy generációjának későbbi „nagy öregjeivel” együtt írta a geológus nótákat, és leste el azokat a módszereket, amelyeket aztán a fizika szigorával ötvözve olyan komoly eredményekig vitt. Tudását nemcsak a rokon szakmáktól, de a nemzetközi közösségtől is leste: Angliában, az Egyesült Államokban, Hollandiában és Olaszországban is töltött hosszabb-rövidebb kutatási időszakot, kapcsolatrendszere nagyon kiterjedt – nagyon sokan gyászoljuk, gyászolják most világszerte is. Nem véletlenül lett a hazai földtudomány legtöbbet idézett tudósa, egyik legnagyobb alakja.

Ha Feri szakmai örökségét egy dologhoz akarnánk kötni – nem egyszerű ez! – akkor azt mondhatjuk: Pannonmedence, mert a köznyelv Kárpát-medencéjét így nevezi a geodinamika. Régióink kialakulása, története: hogy a szigorú fizikai elvek hogyan és mikor alakították ki azt, ennek milyen geológiai bizonyítékait láthatjuk, hogyan hasznosítható ez nyersanyagkutatásban, geotermikában, földrengés-veszélyeztetettségi számításokban; ez volt az élete, ez volt, amivel legszívesebben foglalkozott. Szakmai szerelme ezen belül is a Balatonhoz kötődik, ahol kis területen, és az általa szorgalmazott vízi mérésekkel jól feltáráhatóan kutathatók mindazoknak a folyamatoknak a nyomai és bizonyítékai, amelyek a pannoni térséget kialakították. És nem mellesleg: ahol milyen finom borok teremnek!

Egyik legértékesebb szakmai tulajdonsága az állandó kételkedés volt, és az, hogy kőkemény őszinteséggel be merte vallani, ha valamit nem tudott. Nem köntörfalazott, megmondta: ezt nem tudjuk még, ezt nem tudom. Ez sem fog feltétlenül kiderülni cikkei, könyvei jövőbeli olvasóinak, de mi tudjuk, és példáját követve próbálhatunk magunk is így tenni. Nagyszerű pályája, az általa számunkra, tudományos utókorra hagyott örökség bizonyítja: érdemes, így érdemes. Amikor Rá emlékezünk – kinek-kinek más hangsúlyokkal – ne rejtjük a gyász, az elmúlás, a szomorúság mögé mindazt a jókedvet, amely rá annyira jellemző volt.

Amikor utoljára ültünk egy jó ebéd és finom bor mellett – jaj, dehogy tudtuk, hogy utoljára! – idézte egyik senior szaktársunkat. „Feri, nektek mennyivel könnyebb volt, ha valamit nem tudtatok, csak megkérdeztétek Fülöptől, Danktól, Egyedtől. Hát mi kihez menjünk?” – „Hát, már ti vagytok azok!” – válaszolta. Nélküle még nehezebb ez, de az ő akarata, hogy továbbvigyük a tudást, a szakmát, a tudomány szeretetét.

Rövid lefolyású, gyilkos kór támadta meg és terítette le bő két hónap alatt. Tudta, hogy baj van, baj lehet, de ahogy tudott, dolgozott tovább, nagy fájdalmai – ma már tudjuk: haláltusája – alatt is küldte az üzenetet: dolgozom rajta, hétvégén meglesz. Sajnos a betegség volt az erősebb.

Feri, búcsúzik Tőled családot, búcsúznak kollégáid. Búcsúzik utolsó munkahelyed, az általad szervezett Geomega Kft. munkaközössége, búcsúzik az Eötvös Loránd Tudományegyetem, annak Geofizikai és Űrtudományi Tanszéke és Földrajz- és Földtudományi Intézete, a Magyar Tudományos Akadémia Geofizikai Tudományos Bizottsága. Búcsúznak tanítványaid, doktoranduszaid, barátaid és ismerőseid, a hazai és nemzetközi földtudományos közösség.

Nyugodj békében, Feri!

Timár Gábor

Rendezvénynaptár

2019. február		
febr. 18–21.	First EAGE Reservoir Characterization and Modelling Workflows for Giant Carbonate Field Developments of the Middle East	Abu Dhabi, Egyesült Arab Emírátsok
febr. 25–27.	EAGE Workshop on Big Data and Machine Learning for E&P Efficiency	Kuala Lumpur, Malajzia
2019. március		
márc. 4–7.	DGG (Deutsche Geophysikalische Gesellschaft) Annual Meeting	Braunschweig, Német Szövetségi Köztársaság
márc 17–21.	SAGEEP 2019 (Symposium on the Application of Geophysics to Engineering and Environmental Problems)	Portland, USA
2019. április		
ápr. 7–12.	EGU General Assembly	Bécs, Ausztria
ápr. 8–11.	20th European Symposium on Improved Oil Recovery (IOR 2019)	Pau, Franciaország
ápr. 23–26.	5th International Workshop on Rock Physics (http://sgpnus.org/5iwrp.html)	Hong Kong
ápr. 26.	Magyar Geofizikusok Egyesületének Közgyűlése	Budapest
2019. május		
máj. 23–25.	Az MFT és az MGE közös vándorgyűlése A Magyar Királyi/Állami Földtani Intézet jubileumának és Eötvös Loránd centenáriumának alkalmából	Balatonfüred
2019. június		
jún. 3–6.	81. EAGE évi kongresszus és műszerkiállítás (www.eage.org)	London, Anglia
jún. 15–19.	SPWLA Annual Symposium 2019	The Woodlands, Texas, USA
2019. szeptember		
szept. 8–12.	Near Surface Geoscience Conference and Exhibition 2019 The world's most significant Near Surface Event	Hága, Hollandia
szept. 15–20.	SEG International Exposition and 89th Annual Meeting (https://seg.org/Events/Upcoming-SEG-Annual-Meetings)	San Antonio, Texas, USA

További részletek, referenciák az MGE (www.mageof.hu) honlapjáról, illetve az EAGE (www.eage.org) és a SEG (www.seg.org) honlapjairól érhetők el.

Szerkesztőség

Termálvízkutató – Sárvár, 1971



A csoportiroda a Nádasy-várban.
A műszerkocsi mellett a csoportvezető:
Bodoky Tamás



Grimm Lajos kitűző
– kitűnően főzött



A lőzsínór beszántása és robbanása (fent)

Berzsényi Károly, a lőmester ellenőrzi
a helyes szántást (balra)

1971-ben az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet lőzsínóros
rengéskeltésű (GEOFLEX) szeizmikus reflexiós méréseket
végzett Sárvár körzetében. Ezeknek a méréseknek az alapján
tűzték ki a Sárvári Termálfürdő mélyfúrásainak helyét



MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE

1145 Budapest, Columbus u. 17–23.; Tel./Fax: (1) 201-9815

E-mail: postmaster@mageof.t-online.hu; Honlap: www.mageof.hu