

# MAGYAR GEOFIZIKA

HUNGARIAN GEOPHYSICS

A MAGYAR  
GEOFIZIKUSOK  
EGYESÜLETÉNEK  
FOLYÓIRATA



JOURNAL OF THE  
ASSOCIATION  
OF HUNGARIAN  
GEOPHYSICISTS

Előszó a 2020. évi nyitószámhoz

Eötvös Loránd halálának 101. évfordulójára

Az MGE 2019. évi mérlege

A potenciáltér-anomáliák paraméterfüggősége és spektrális mélységmetszetek  
Újabb vizsgálatok a feltételezett dabronyi becsapódási szerkezettel kapcsolatban

A szilárdásvány- és a vízkutató mélyfúrás-geofizika fejlődése az utóbbi 50 évben

Az Eötvös kísérlet – történelmi keretben

Magyar Geofizikusok Egyesülete Titkárságának hírei





# MAGYAR GEOFIZIKA

## HUNGARIAN GEOPHYSICS

61. évfolyam (2020) 1. szám



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

### TARTALOM • CONTENTS

#### SZERKESZTŐSÉGI ROVAT • EDITORIAL

- 3 Előszó a 2020. évi nyitószámhoz (Foreword to the 2020 opening issue) – *Bodoky T.*

#### MGE HÍREK • NEWS OF ASSOCIATION OF HUNGARIAN GEOPHYSICISTS (AHG)

- 4 Eötvös Loránd halálának 101. évfordulójára (On the 101st anniversary of the death of Roland Eötvös) – *Mészáros J.*  
5 Az MGE 2019. évi mérlege (Disclosure statement of AHG) – *MGE Titkárság*

#### TANULMÁNY • PAPER

- 8 A potenciáltér-anomáliák paraméterfüggősége és spektrális mélységmetszetek (The parameter dependence of potential field anomalies and the spectral depth sections) – *Kiss J., Vértesy L.*  
19 Újabb vizsgálatok a feltételezett dabronyi becsapódási szerkezettel kapcsolatban (Study of available geophysical data on the area of assumed „Dabrony” impact crater and its neighbourhood) – *Bodoky T., Kiss J.*

#### TUDOMÁNYTÖRTÉNET • SCIENCE HISTORY

- 28 A szilárdásvány- és a vízkutató mélyfúrás-geofizika fejlődése az utóbbi 50 évben (Developments in solid mineral and water exploration deep drilling geophysics over the last 50 years) – *Szongoth G., Buránszki J.*

#### KÖNYVISMERTETÉS • BOOK REVIEW

- 36 Az Eötvös kísérlet – történelmi keretben (The Eötvös experiment – historical retrospection) – *Kovács P.*

#### HÍREK • NEWS

- 38 Magyar Geofizikusok Egyesületének Titkársága hírei (Message from the AHG) – *MGE Titkárság*

# MAGYAR GEOFIZIKA

## HUNGARIAN GEOPHYSICS

61. évfolyam (2020) 1. 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. KISS JÁNOS,

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: Zelei Gábor

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

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

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

Előfizethető a Magyar Geofizikusok Egyesületénél  
(1371 Budapest, Pf. 433, Telefon/Fax: (1) 201-9815)  
egyesületi tagoknak tagdíj ellenében  
Megjelenik évente négyszer  
INDEX: 26 507  
print HU ISSN 0025-0120  
online HU ISSN 2677-1497

## Előszó a 2020. évi nyitószámhoz

Tisztelt Kollégák!

Éppen csak elmúlt 2019, Eötvös Loránd halálának centenáriuma, amelynek az eseményeiről és eredményeiről *Szarka László* számolt be előző számunkban, és máris egy új különleges évet kellett nyitnunk, amelyet Eötvös éve után most a „Koronavírus évének” nevezhetnénk. Idén megtörtént az, ami évtizedek óta még soha sem fordult elő, a Magyar Geofizikusok Egyesületének előre meghirdetett éves közgyűlését nem tudtuk megtartani. Reményeink szerint ez persze csak a közgyűlés egy későbbi időpontra történő halasztását jelenti.

A civil szervezetekre érvényes törvényi rendelkezések szerint azokat a kérdéseket, amelyeket a közgyűlésnek kellett volna megszavaznia, az Elnökség telefonkonferencián – egymást nem látva, csak hallva – tárgyalta meg és e-mail-szavazás útján döntött róla. Ezeket a döntéseket kell majd a később megtartandó közgyűlésnek jóváhagynia.

Szintén ez év őszére kellett elhalasztani a tavaszi időszakban esedékes Ifjú Szakemberek Ankétját. Így – míg a korábbi években ezeknek az eseményeknek a beszámolóit az éves első lapszám jelentős részét foglalták el – idén eb-

ből a számból teljesen hiányozni fognak. Megint csak reményeink szerint, azért valamelyik későbbi számban még benne lesznek.

Végül még egy fontos évfordulóról kell szót ejtenünk. Miután a lapnak a címében is benne van, hogy *magyar*, nem mehetünk el szó nélkül a magyarság egyik legnagyobb tragédiájának, a trianoni békediktátumnak a centenáriuma mellett. Ám lapunk szigorúan szakmai lap, amelyben politikának helye nincsen, és Trianon kérdése még most, száz év után is nagyon átpolitizált, ezért én itt nem kívánok semmit sem szólni, hanem kérem, nézzék meg, hallgassák meg dr. Székely János szombathelyi római katolikus megyéspüspöknek a pünkösdi mise keretében elhangzott trianoni megemlékezését az internet alább megadott helyén. Székely János beszédében minden benne van, amit én (aki nem vagyok katolikus) el szeretnék mondani Önöknek Trianonnal kapcsolatban.

A megemlékezés internetcíme:

<https://www.youtube.com/watch?feature=youtu.be&v=Y5hgwiSzClU&app=desktop>

*Bodoky Tamás,*  
főszerkesztő

## Eötvös Loránd halálának 101. évfordulójára

Jó volt tavaly koszorúzni a Kerepesi temetőben Eötvös Loránd sírjánál halálának centenáriumán. Jó volt érezni azt a tiszteletet, azt az elismerést, amely az egész társadalom képviselőin mutatkozott – a kisiskolástól az akadémikusokig, a geofizikusoktól a turistákig.

A mintegy kétszáz főből senki sem gondolta, hogy az idén teljesen más lesz a megemlékezés...

2020. április 8-án, szerdán az Eötvös 101. évfordulón a koronavírus miatti korlátozások miatt csupán öt fő koszorúzott – ők is maszkban és tartva a kétméteres távolságot egymástól.

No de nézzük az előzményeket! Az Eötvös sírral mint sok évtizede – kivéve a tavalyi 100 éves évfordulót – nem történt semmi... Mint évtizedek óta a Téry Ödön Turista Baráti Társaság (Téry Ödön T.B.T.) sportolói tették rendbe a sírt április elején és ültettek virágokat a kétoldali földnyelvbe a koszorúzást megelőző napon.

Idén április 8-án Eötvös Loránd halálának 101. évfordulóján 14 órakor a járványügyi szabályokat betartva a

Téry Ödön T.B.T. 5 vezetőségi tagja koszorúzott a síremléknél.

A helyszínen az egyesület elnöke emlékezett Eötvös Loránd tudományos és a sport terén végzett munkájára, valamint emberi nagyságára.

A beszéd után az alábbi koszorúkat helyeztük el:

- a Magyar Geofizikusok Egyesülete
- az MSTSz és a Téry Ödön T.B.T.
- a Magyar Olimpiai és Sportmúzeum koszorúit.


Az ünnepség végén mécseseket gyűjtöttünk, és további híres turisták sírjait kerestük fel: dr. Téry Ödönét, dr. Hunfalvy Jánosét, dr. Cholnoky Jenőjét, és dr. Szádeczky-Kardoss Lajosét. Végül a temetői megemlékező sétát a Horváth család sírboltjánál fejeztük be, ahol báró Eötvös Lorándné született Horváth Gizella nyugszik.

*Mészáros János*  
elnök,  
Téry Ödön T.B.T.



Eötvös Loránd sírjának megkoszorúzása halálának 101. évfordulóján

## A Magyar Geofizikusok Egyesülete 2019. évi egyszerűsített pénzügyi beszámolója

|   |   |        |
|---|---|--------|
|  | <b>A kettős könyvvitelt vezető egyéb szervezet egyszerűsített éves beszámolója és közhasznúsági melléklet</b> | PK-542 |
| <b>2019. év</b>   |   |        |


Szervezet / Jogi személy szervezeti egység neve:

**Magyar Geofizikusok Egyesülete**

| <b>Az egyszerűsített éves beszámoló mérlege</b>                    |               |                       |               |
|--|---------------|-----------------------|---------------|
| <i>(Adatok ezer forintban.)</i>                                    |               |                       |               |
|  | Előző év      | Előző év helyesbítése | Tárgyév       |
| <b>ESZKÖZÖK (AKTÍVÁK)</b>  |               |                       |               |
| A. Befektetett eszközök  | 5             |                       | 3             |
| I. Immateriális javak  | 5             |                       | 3             |
| II. Tárgyi eszközök  | 0             |                       | 0             |
| III. Befektetett pénzügyi eszközök                                 | 0             |                       | 0             |
| B. Forgóeszközök   | 76 783        |                       | 83 460        |
| I. Készletek   | 0             |                       | 0             |
| II. Követelések  | 90            |                       | 78            |
| III. Értékpapírok  | 0             |                       | 0             |
| IV. Pénzeszközök   | 76 693        |                       | 83 382        |
| C. Aktív időbeli elhatárolások                                     | 0             |                       | 0             |
| <b>ESZKÖZÖK ÖSSZESEN</b>   | <b>76 788</b> |                       | <b>83 463</b> |
| <b>FORRÁSOK (PASSZÍVÁK)</b>  |               |                       |               |
| D. Saját tőke  | 73 028        |                       | 79 173        |
| I. Induló tőke/jegyzett tőke                                       | 6 473         |                       | 6 473         |
| II. Tőkeváltozás/eredmény  | 65 419        |                       | 66 555        |
| III. Lekötött tartalék   | 0             |                       | 0             |
| IV. Értékelési tartalék  | 0             |                       | 0             |
| V. Tárgyévi eredmény alaptevékenységből (közhasznú tevékenységből) | 1 136         |                       | 6 145         |
| VI. Tárgyévi eredmény vállalkozási tevékenységből                  | 0             |                       | 0             |
| E. Céltartalékok   | 0             |                       | 0             |
| F. Kötelezettségek   | 434           |                       | 889           |
| I. Hátrasorolt kötelezettségek                                     | 0             |                       | 0             |
| II. Hosszú lejáratú kötelezettségek                                | 0             |                       | 0             |
| III. Rövid lejáratú kötelezettségek                                | 434           |                       | 889           |
| G. Passzív időbeli elhatárolások                                   | 3 326         |                       | 3 401         |
| <b>FORRÁSOK ÖSSZESEN</b>   | <b>76 788</b> |                       | <b>83 463</b> |

Kitöltő verzió:2.95.0 Nyomatvány verzió:1.2

Nyomatva: 2020.03.03 14.57.22

|   |   |        |
|---|---|--------|
|  | <b>A kettős könyvvitelt vezető egyéb szervezet egyszerűsített éves beszámolója és közhasznúsági melléklet</b> | PK-542 |
| <b>2019. év</b>   |   |        |

Szervezet / Jogi személy szervezeti egység neve:


**Magyar Geofizikusok Egyesülete**

| <b>Az egyszerűsített éves beszámoló eredménykimutatása</b> |                 |                       |         |                          |                       |         |          |                       |         |
|--|-----------------|-----------------------|---------|--------------------------|-----------------------|---------|----------|-----------------------|---------|
| <i>(Adatok ezer forintban.)</i>                            |                 |                       |         |                          |                       |         |          |                       |         |
|  | Alaptevékenység |                       |         | Vállalkozási tevékenység |                       |         | Összesen |                       |         |
|  | előző év        | előző év helyesbítése | tárgyév | előző év                 | előző év helyesbítése | tárgyév | előző év | előző év helyesbítése | tárgyév |
| 1. Értékesítés nettó árbevétele                            | 1 606           |                       | 7 398   |                          |                       |         | 1 606    |                       | 7 398   |
| 2. Aktivált saját teljesítmények értéke                    | 0               |                       | 0       |                          |                       |         | 0        |                       | 0       |
| 3. Egyéb bevételek   | 8 917           |                       | 11 282  |                          |                       |         | 8 917    |                       | 11 282  |
| ebből:   |                 |                       |         |                          |                       |         |          |                       |         |
| - tagdíj   | 3 995           |                       | 3 798   |                          |                       |         | 3 995    |                       | 3 798   |
| - alapítótól kapott befizetés                              | 0               |                       | 0       |                          |                       |         | 0        |                       | 0       |
| - támogatások  | 4 922           |                       | 7 484   |                          |                       |         | 4 922    |                       | 7 484   |
| ebből: adományok   | 3 192           |                       | 3 818   |                          |                       |         | 3 192    |                       | 3 818   |
| 4. Pénzügyi műveletek bevételei                            | 1 840           |                       | 969     |                          |                       |         | 1 840    |                       | 969     |
| A. Összes bevétel (1+-2+3+4)                               | 12 363          |                       | 19 649  |                          |                       |         | 12 363   |                       | 19 649  |
| ebből: közhasznú tevékenység bevételei                     | 6 527           |                       | 14 815  |                          |                       |         | 6 527    |                       | 14 815  |
| 5. Anyagjellegű ráfordítások                               | 3 934           |                       | 4 916   |                          |                       |         | 3 934    |                       | 4 916   |
| 6. Személyi jellegű ráfordítások                           | 6 948           |                       | 8 115   |                          |                       |         | 6 948    |                       | 8 115   |
| ebből: vezető tisztségviselők juttatásai                   | 0               |                       | 0       |                          |                       |         | 0        |                       | 0       |
| 7. Értékcsökkenési leírás                                  | 6               |                       | 2       |                          |                       |         | 6        |                       | 2       |
| 8. Egyéb ráfordítások                                      | 208             |                       | 360     |                          |                       |         | 208      |                       | 360     |
| 9. Pénzügyi műveletek ráfordításai                         | 131             |                       | 111     |                          |                       |         | 131      |                       | 111     |
| B. Összes ráfordítás (5+6+7+8+9)                           | 11 227          |                       | 13 504  |                          |                       |         | 11 227   |                       | 13 504  |
| ebből: közhasznú tevékenység ráfordításai                  | 4 556           |                       | 11 008  |                          |                       |         | 4 556    |                       | 11 008  |
| C. Adózás előtti eredmény (A-B)                            | 1 136           |                       | 6 145   |                          |                       |         | 1 136    |                       | 6 145   |
| 10. Adófizetési kötelezettség                              | 0               |                       | 0       |                          |                       |         | 0        |                       | 0       |
| D. Tárgyévi eredmény (C-10)                                | 1 136           |                       | 6 145   |                          |                       |         | 1 136    |                       | 6 145   |

Kitöltő verzió:2.95.0 Nyomtatvány verzió:1.2

Nyomtatva: 2020.03.03 14.57.22



|   |   |        |
|---|---|--------|
|  | <b>A kettős könyvvitelt vezető egyéb szervezet egyszerűsített éves beszámolója és közhasznúsági melléklet</b> | PK-542 |
| <b>2019. év</b>   |   |        |

Szervezet / Jogi személy szervezeti egység neve:

**Magyar Geofizikusok Egyesülete****Az egyszerűsített éves beszámoló eredménykimutatása 2.**

(Adatok ezer forintban.)

|   | Alaptevékenység |                       |         | Vállalkozási tevékenység |                       |         | Összesen |                       |         |
|---|-----------------|-----------------------|---------|--------------------------|-----------------------|---------|----------|-----------------------|---------|
|   | előző év        | előző év helyesbítése | tárgyév | előző év                 | előző év helyesbítése | tárgyév | előző év | előző év helyesbítése | tárgyév |
| Tájékoztató adatok  |                 |                       |         |                          |                       |         |          |                       |         |
| A. Központi költségvetési támogatás   | 426             |                       | 319     |                          |                       |         | 426      |                       | 319     |
| ebből:<br>- normatív támogatás  | 0               |                       | 319     |                          |                       |         | 0        |                       | 319     |
| B. Helyi önkormányzati költségvetési támogatás  | 0               |                       | 0       |                          |                       |         | 0        |                       | 0       |
| ebből:<br>- normatív támogatás  | 0               |                       | 0       |                          |                       |         | 0        |                       | 0       |
| C. Az Európai Unió strukturális alapjaiból, illetve a Kohéziós Alapból nyújtott támogatás   | 0               |                       | 0       |                          |                       |         | 0        |                       | 0       |
| D. Az Európai Unió költségvetéséből vagy más államtól, nemzetközi szervezettől származó támogatás   | 620             |                       | 797     |                          |                       |         | 620      |                       | 797     |
| E. A személyi jövedelemadó meghatározott részének az adózó rendelkezése szerinti felhasználásáról szóló 1996. évi CXXVI. törvény alapján átutalt összeg | 271             |                       | 300     |                          |                       |         | 271      |                       | 300     |
| F. Közszolgáltatási bevétel   | 0               |                       | 0       |                          |                       |         | 0        |                       | 0       |
| G. Adományok  | 3 192           |                       | 3 818   |                          |                       |         | 3 192    |                       | 3 818   |

**Könyvvizsgálói záradék**

Az adatok könyvvizsgálattal alá vannak támasztva.

Igen

Nem

Kitöltő verzió:2.95.0 Nyomtatvány verzió:1.2

Nyomtatva: 2020.03.03 14.57.22

# A potenciáltér-anomáliák paraméterfüggősége és spektrális mélységmetszetek

KISS J.<sup>@</sup>, VÉRTESY L.

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

A spektrálanalízis alkalmazása új lehetőségeket teremtett a geofizikai potenciáltér-feldolgozásokban. Ezeknek a lehetőségeknek egy részét hamar felismerték, világszerte kezdték alkalmazni, egy másik részére viszont a gyakorlati alkalmazás tapasztalatai alapján csak most érünk rá. A cikk gravitációs és mágneses adatok spektrálanalízisének alapuló feldolgozási és értelmezési lépéseket mutat be konkrét ÉK-magyarországi adatok alapján.

## Kiss, J., Vértesy, L.: The parameter dependence of potential field anomalies and the spectral depth sections

Using the spectral analysis in geophysical potential field methods has created new opportunities. Some of these were immediately recognized and applied everywhere, while others are only now being felt through practical experience. This article describes processing and interpretation steps of gravity and magnetic data based on spectral analysis on data of NE-Hungary.

*Beérkezett:* 2020. április 25.; *elfogadva:* 2020. június 2.

### Gravitáció

Alapképletek tartalmazzák a gravitációs erőter paramétereit és hatásuk mértékét (Takács 1977). A feldolgozási és értelmezési munkákban egyes tényezőknek speciális gyakorlati szerepük van a gravitációs anomáliák kialakulásában és azok földtani értelmezésében.

A gravitációs térerőt a tömegvonzási és a centrifugális erők vektorösszege határozza meg:

$$G = F_g + C.$$

A tömegvonzási erő képlete:

$$F = \frac{Mm}{r_t^2}. \quad (1)$$

A nehézségi erő képlete:

$$G = mg. \quad (2)$$

A centrifugális erő:

$$C = m\omega^2 r_t.$$

Mivel a  $C$  (centrifugális erő) az  $F_g$ -hez képest nagyon kicsi, így

$$F_g = \frac{Mm}{r_t^2} \gamma \cong mg,$$

és a gyorsulás:

$$g = \frac{M}{r_t^2} \gamma. \quad (3)$$

Egységnyi tömeg esetén:  $F_g = g$ .

A tömeg (anomális):

$$M = V\Delta\sigma, \quad (4)$$

a térfogat:

$$V \approx r_m^3, \quad (5)$$

ahol

$\gamma$  – gravitációs állandó,  
 $M$  – a Föld (vagy a kőzetek lokális) tömege,  
 $m$  – egységnyi (mérő)tömeg,

- $r_i$  – távolság dimenzió,
- $r_m$  – méret dimenzió;
- $\omega$  – forgási szögsebesség.
- $V$  – térfogat,
- $\sigma$  – sűrűség.

A Bouguer-anomália számításakor a Föld globális hatását eltüntetjük a mért gyorsulási adatokból (ún. normáltér- vagy szélességi korrekcióval). A különböző lokális korrekciók után előálló anomális tér már a kéreg inhomogenitásait tükrözi. Ebben az esetben az  $M$  már nem a Föld, hanem az észlelési tartományban a kérget alkotó kőzetek (hatók) tömegét jelenti.

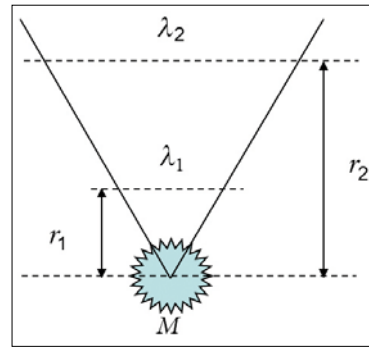
### A gravitációs hatást befolyásoló tényezők

Rögzítsünk néhány földtani szempontból is érdekes törvényszerűséget (továbbiakban „tsz”):

1. tsz. Az alapképletekből kiindulva, a mért nehézségi erő (1), (2) és gyorsulás (3) nagyságát legnagyobb mértékben az  $M$  tömeg (4) befolyásolja, amitől egyenes arányban függ. Arányossági tényezők a sűrűség és a térfogat (4), az a térfogat, amit egy méret (távolság) dimenzióval a köbével írhatunk le (5).
2. tsz. A második tényező az alapképletek alapján az észlelési távolság (1), (3) – ettől fordított arányban függ. Arányossági tényező a mérőponttól való távolság négyzete.

A gravitációs módszer behatolási mélysége<sup>1)</sup> minden mérési ponton ugyanakkorának tekinthető, így a mért Bouguer-anomáliaértékek ugyanakkora térrészre (térfogatra) vonatkoznak. A behatolási mélységen belül aztán vannak különböző lokális hatók, konkrét paraméterekkel – mélységgel, sűrűséggel és térfogattal –, amelyeket viszont nem ismerünk. Ezeket a lokális hatásokat próbáljuk azonosítani feldolgozásainkkal, és lehatárolni a testeket modellezésekkel, ahol már az összes paramétereknek szerepe van.

Megvizsgáltuk a képletek alapján a Bouguer-anomália amplitúdójának függését. Ezek a tényezők minden mérési



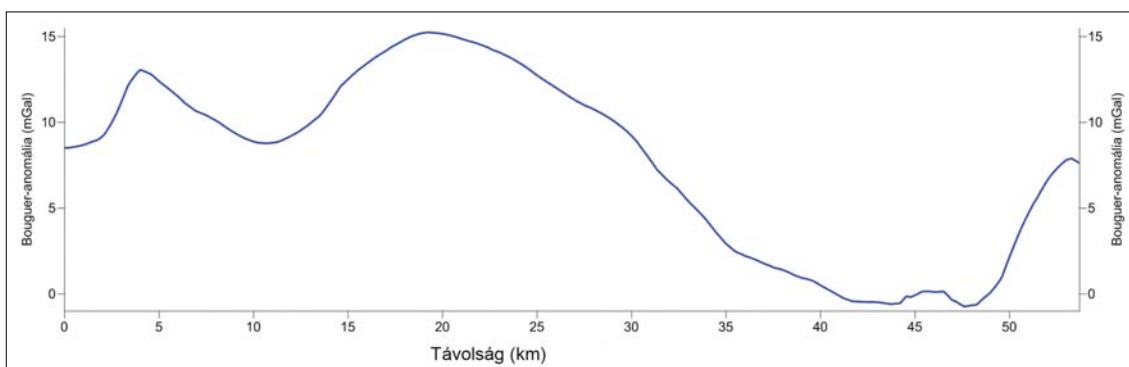
1. ábra | A hatótól való távolság ( $r_1, r_2$ ) hatása az anomáliák hullámhosszára ( $\lambda_1, \lambda_2$ )

Figure 1 | Effect of distance ( $r_1, r_2$ ) on the size of the wavelength ( $\lambda_1, \lambda_2$ ) of anomalies

pontban befolyásolják a mért értéket. A pontszerű mérési adatokból szelvények ( $x, \Delta g$  – kétdimenziós adat) és anomália-térképek ( $x, y, \Delta g$  – háromdimenziós adat) készülnek. Itt megjelenik egy, az alapképletekben közvetlenül nem szereplő paraméter, az anomáliák szélessége (hullámhossza, amely tulajdonképpen a hatás vízszintes érzékelhetőségének mérőszáma), avagy annak reciproka értéke, a térfrekvencia. Pontszerű, lokális gravitációs ható esetében ez a mennyiség csak a test települési mélységétől függ (1. ábra).

3. tsz. Az anomália hullámhossza függ a ható települési mélységétől, minél mélyebben van a test, annál nagyobb lesz az általa okozott anomália hullámhossza. A test mérete is hatással van, de az anomáliagörbe meredekségét (illetsett szinuszgörbe alapján) ebben az esetben is a mélység határozza meg.

A vizsgált közeg különböző méretű és sűrűségű térrészekből épül fel, amelyek szuperponáló gravitációs tere bonyolult erőteret eredményez. A különböző (méretű és sűrűségű) térrészek elkülönítése, amely a hatékony földtani értelmezés alapja, nem triviális feladat. Egy dolog biztos, egy nagyfrekvenciás anomália csak egy adott mélységből jelentkezhet és nem mélyebbről! A kisfrekvenciás anomáliákról ugyanez már nem mondható el, leginkább a szuperpozíció miatt. Egy hullámzó felület



2. ábra | Eredeti Bouguer-anomáliagörbe

Figure 2 | Bouguer anomaly curve

(vagy összeálló lokális pontszerű hatók) kis mélységben okozhat olyan jellegű hatást, mint amelyet egy nagy mélységű, lokális ható idézne elő – fordítva viszont nem, nagy mélységből nem származik nagyfrekvenciás jel. A hatások szétválasztására a spektrálanalízis ad egyfajta megoldást.

A Bouguer-anomália adatrendszerének (2. ábra) hullámhossz/térfrekvencia szerinti bontása megadja azokat a mélységeket, amelyek a térképi/szelvénymenti adatsorban, a jelfrekvencia alapján elvi hatómélységként szerepelhetnek.

A spektrális szűrés során az anomáliákat az adatrendszer spektruma alapján meghatározható, különböző mélységtartományok hatásaira bontjuk (Kiss 2013). A kijelölt spektrális mélységeket a hatók legvalószínűbb helyzetének tekinthetjük, de közvetve meghatározható a hatás minimális és maximális mélysége is.

A spektrális szűrésből kapott, eltérő mélységtartományokra vonatkozó Bouguer-anomáliák eltérő nagyságú amplitúdóval jelentkeznek (3. ábra). A felszínközeli mélységtartományok anomáliái kis amplitúdóval (alig észrevehetően) jelentkeznek, míg a nagyobb mélységek irányában egyre nő az észlelhető amplitúdók nagysága.

A kisfrekvenciás anomália egybeesése az eredeti görbén (2. ábra) és a szűrt görbék közül a 4500 m-es mélység görbében (3. ábra) világosan mutatja, hogy a gravitációs szelvényen (vagy térképen) a meghatározó domináns anomáliák rendszerint nagyobb mélységek hatásával vannak kapcsolatban.

A szűrt anomáliák amplitúdóját a fentebb leírtak alapján, a mélység és a sűrűségkontraszt mellett a vizsgált térrész térfogati paramétere határozza meg. A sűrűség változása, az ismert földtani modellekben korlátozott. Medencéket kitöltő üledékes sorozat esetén csak mintegy 3500 m mélységig számolhatunk a mélység felé csökkenő mértékű sűrűségnövekedéssel. A sűrűség, a kivételes sűrűség-határfelületektől (medencealjzat, Moho-felület) eltekintve nem fog jelentős eltérést mutatni (maximum  $1100 \text{ kg/m}^3$  mértékű változás<sup>2)</sup> várható, a felső kéregben a sűrűség  $1900\text{--}3000 \text{ kg/m}^3$  között változik). Ebből és a korábban felsorolt képletekből következik, hogy az amplitúdó válto-

zását a szűrt térképek esetében leginkább a térképre jellemző mélységtartomány térfogata befolyásolja.

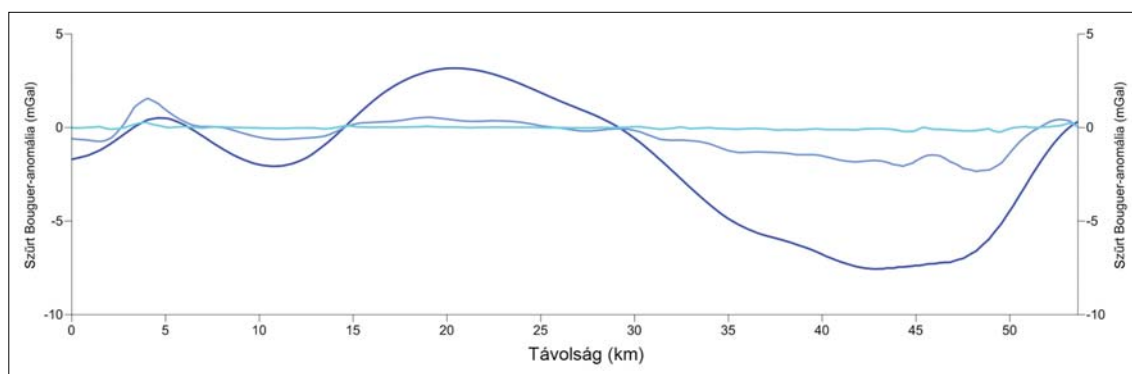
Vagyis a gravitációs Bouguer-anomália-térképeket meghatározó, nagy amplitúdójú, nagy hullámhosszú anomáliák mélybeli, nagy térfogatú objektumok hatásaként értelmezendők. Ezek leválasztása után lehetővé válik kisebb méretű, s így kisebb anomáliát okozó testek elkülönítése is.

4. tsz. A mélységszeletelt (szűrt) gravitációs térképeknél/görbékénél az amplitúdók dinamikája erősen eltérő, ezt elsősorban az érintett közettérfogatok különbözősége okozza. A mélységszeletelés a kis dinamikájú, kisebb mélységben lévő változások láthatóvá tételét, értelmezését segíti a relatív változások kiemelésével.

Az értelmezést egy további feldolgozási lépésként a normálás nagyban segíti. A szűrt anomáliákat az eredeti amplitúdó helyett 0 és 1 értéktartományra normálva jelenítjük meg. A 4. ábra a korábbi 3. ábra adataira elvégzett normálás eredményét mutatja. Az 1300 m mélységre szűrt kék görbe, illetve a 200 m mélységre szűrt világoskék görbén számos olyan anomália is jól látszik, amelynek hatója most már mélységben is elhelyezve értelmezhetővé válik.

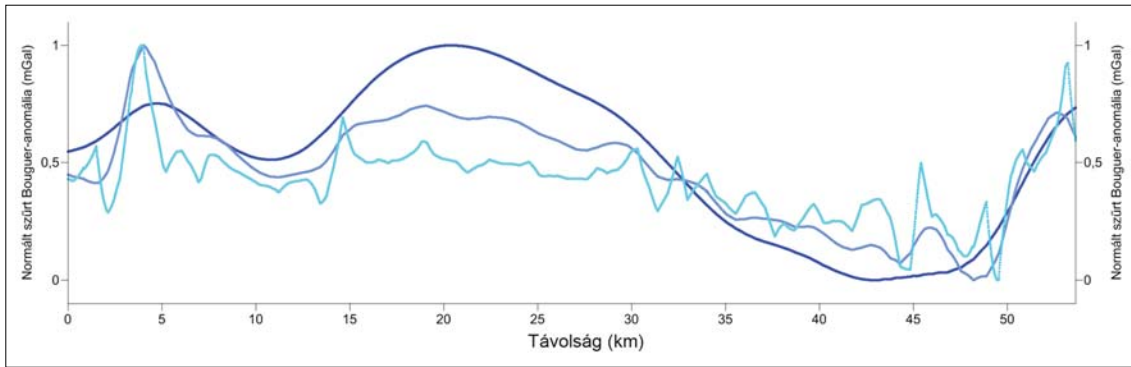
Tulajdonképpen egy szelektív dinamikaerősítést alkalmazunk, hasonlóan ahhoz a térképi megjelenítéshez, amikor minimum–maximum érték között színezzük a térképi adatokat, egy standard színskála segítségével. Ez a „színezés” tulajdonképpen egy rácsadatokon (térképi adatrendszeren) elvégzett normálásnak tekinthető.

A kis hatások kiemelésének az adatsűrűség és minden mérési adatrendszert terhelő zaj szab korlátokat. Az adatok zajszintjének megállapítása, azaz annak eldöntése, hogy a legkisebb mélységet jelző szűrt térkép anomáliája földtanilag értelmezhető változásból vagy zajból származik, az elsősorban az értelmező geofizikus, illetve geológus feladata és felelőssége. Az adatsűrűségen és adatminőségen túlmenően ez már jelentős részben az adott hely és földtani-geofizikai modell függvénye.



3. ábra A spektrális szűrés után előállt három különböző mélység Bouguer-anomáliagörbéi (világoskék: felszínközeli – 200 m, kék: közepes – 1900 m, sötétkék: nagy mélység – >4500 m hatásai)

Figure 3 Anomaly curves of different depths based on spectral filtering (light blue: near surface – 200 m, blue: deeper – 1900 m, dark blue: deepest – >4500 m effects)



4. ábra | Spektrálisan szűrt görbék a normalás után (világoskék: felszínközeli – 200 m, kék: közepes – 1300 m, sötétkék: nagy mélység – >4500 m hatásai)

Figure 4 | Normalized, filtered gravity anomalies (light blue: near surface – 200 m, blue: deeper – 1300 m, dark blue: deepest – >4500 m effects)

A normált módosított görbék a modellezésre már nem lesznek alkalmasak a sztenderd kereskedelmi programokkal, de az automatikus feldolgozási rutin eljárások, amelyek a görbealak vizsgálatán alapulnak, a szűrt, de még nem normált adatokon továbbra is alkalmazhatók (pl. szerkezet- és hatóperem-kijelölések)!

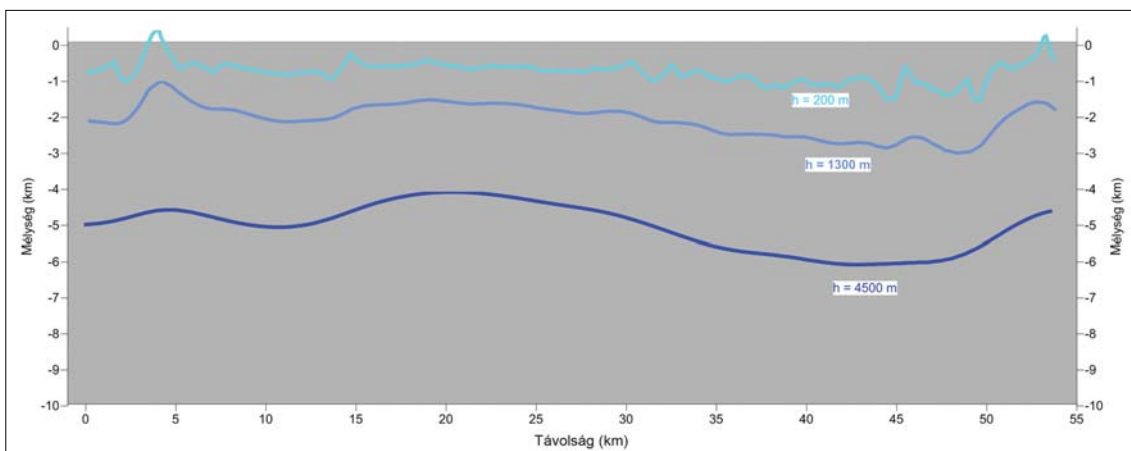
### Spektrális sűrűségi mélységmetszet

A szűrt térképek/szelvények minimum- és maximum-értékeit felhasználva, 0 és 1 értéktartományra normalva, nyomon tudjuk követni a kisebb relatív változásokat is.

A szűrések eredményeképpen egy adott mélységtartományban elhelyezkedő, adott méretű közettömegek hatását, a sűrűség relatív változását kapjuk meg. A minimális hatás 0 körüli normálértéket, a maximális hatás 1 körüli normálértéket jelent – függetlenül a közettömeg valós sűrűség- és térfogatmennyiségétől és függetlenül az anomáliák amplitúdójától. A paraméterváltozásokat plasztikusan, mélységhelyesen látjuk. Noha a normált értékek együttes értelmezése nem egyértelmű, a különböző szintek

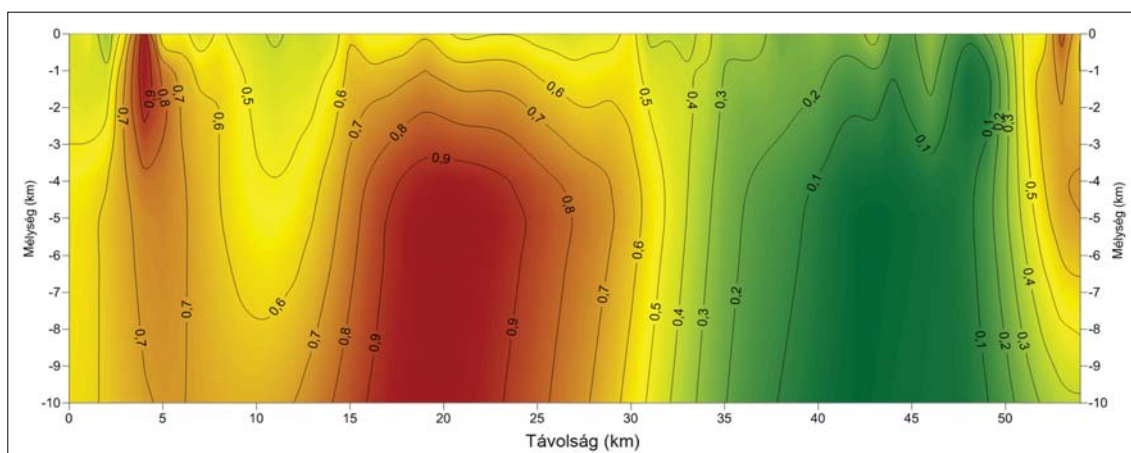
relatív változásai mégis egységes képpé állnak össze. Segítheti a földtani értelmezést, hiszen a gravitációs paraméterek változásai, mint más geofizikai adatrendszer esetében is, a földtani kutatásban közvetlenül vagy közvetve földtani különbözőségekre utalnak.

A szűrt és normált görbék adatait a megfelelő spektrális mélységhez hozzárendelve (5. ábra) és interpolálva meghatározzuk a gravitáció alapján várható  $x-z$  síkú sűrűségmenetet (6. ábra). Feltételezve, hogy az egyes szintek sűrűségváltozásai a másik szint sűrűségváltozásáig folyamatos átmenetet képeznek. A sűrűségmenet a görbék értékei alapján 0 és 1 között fog változni. A kép földtani realitását javítja, ha üledékes környezetben figyelembe vesszük a kompaktióból adódó ismert átlagos tömörödési trendet. A korábbi tömörödésitrendvizsgálatok (pl. Gardner et al. 1984, Sobolev és Babeyko 1994, Christensen és Mooney 1995, Szabó 1993, Szabó és Páncsics 1999 vagy Mészáros és Zilahi-Sebess 2001) alapján meg tudjuk határozni a laza üledékek, de még a kristályos kőzetek átlagos tömörödési trendjét is. Ez a szelvények esetében a sűrűségnek a mélységtől függő változását (7. ábra) adja meg.



5. ábra | A mélységszeletelés után előálló szűrt-normált anomáliagörbék, a rájuk jellemző mélységben elhelyezve

Figure 5 | Filtered and normalized gravity anomaly curves generated after depth slicing, placed at their characteristic depth

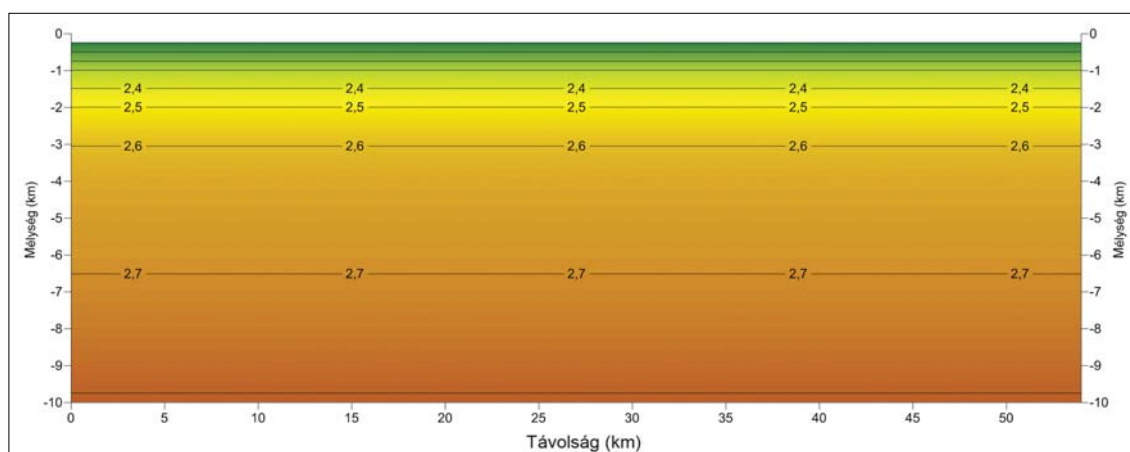


**6. ábra** | A sűrűségmenet az adott mélységek normált anomáliagörbéi alapján

**Figure 6** | Variation of density along the section based on the normalized anomaly curves of the given spectral depths

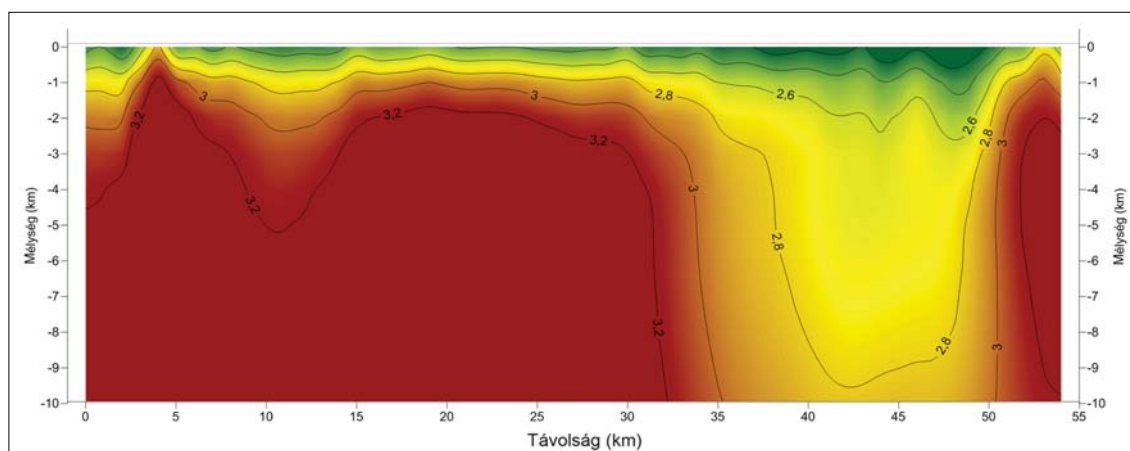
A sűrűségmenet és a sűrűségtrend összege megadja a mélységmetszetet (8. ábra). Egy feldolgozási sor utolsó lépéseként az eljárás a spektrális feldolgozás által meg-

valósítható mélységszeletelést, a normálásból adódó felbontásjavítást egészíti ki egy, az értelmezést segítő vizualizációval.



**7. ábra** | Normál tömörödésből származó sűrűségtrend Mészáros és Zilahi-Sebess (2001) képlete alapján

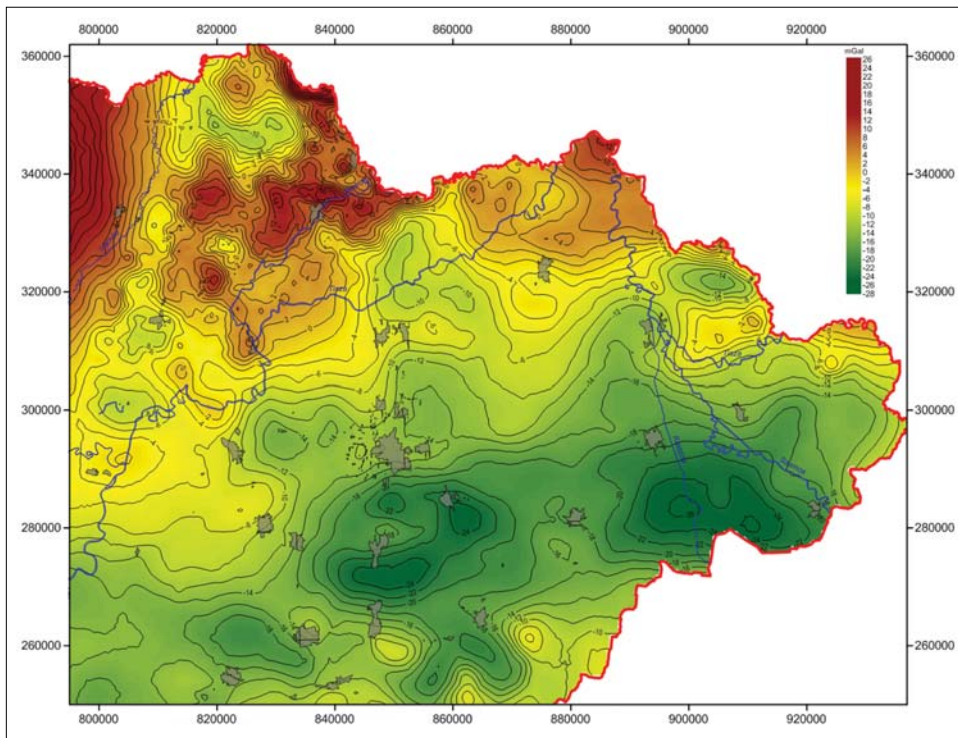
**Figure 7** | Trend for normal compaction based on formula of Mészáros and Zilahi-Sebess (2001)



**8. ábra** | Relatív sűrűségi mélységmetszet (változás + trend)

**Figure 8** | Relative density depth section (variation + trend)





9. ábra | A Nyírség Bouguer-anomália-térképe  
 Figure 9 | Bouguer anomaly of Nyírség area

Nevezzük el a kapott rácsot „spektrális vagy relatív sűrűségi mélységmetszet”-nek! A sűrűségmetszet a szeizmikus reflexiókkal, magnetotellurikus látszólagos ellenállás-szelvényvel, földtani információkkal együtt megjelenítve új eszközként segítheti a szelvények mentén végzett földtani értelmezést.

A gravitációs hatást okozó paraméterek fentiekhez hasonló vizsgálata az alábbi értelmezési következtetéseket engedi meg:

A Bouguer-anomália-térképeken (9. ábra) vannak olyan anomáliák, amelyek a nagy mélységű, nagy térfogatú hatók hatásaként értelmezendők. A 3500 m feletti várható aljzatmélység és az ezzel járó erős közettani kompakció megkérdőjelezi az aljzatomborzat változásaként való értelmezést. Ezek az anomáliák nagy közettömegeket érintő mély fellazulási zónákkal lehetnek összefüggésben. Itt a földtani felépítés, az anomália geometriája (alakja, mérete) határozza meg, hogy a hatást eltérő kéreganyagként, szerkezeti (nyírási zóna) vagy vulkáni tevékenység hatására fellépő, szerkezeti fellazulásként értelmezzük.

Megfelelő adatsűrűség esetén a spektrális szűréseket alkalmazva az aljzat feletti mélységtartomány is kutathatóvá válik a gravitációs módszerrel, ami így a Nyírségi modell kutatásában különösen nagy segítséget adhat.

### Mágnesesség

Az alapképletek tartalmazzák a Föld mágneses erőterének összefüggéseit (Takács 1977, Logacsov és Zaharov 1979),

de érdemes azokat is áttekinteni. A Föld mágneses tere a következő képlettel írható le:

$$F_m = \frac{M}{r_i^3} [1 + 3 \cos^2 \theta]^{1/2}, \quad (6)$$

$$F_m = T,$$

általános formában:

$$T = \frac{M}{r_i^3} c, \quad (7)$$

ahol

- $F_m$  vagy  $T$  – a földi mágneses totáltér,
- $\theta$  – mágneses szélesség,
- $M$  – a Föld (vagy a kőzetek lokális) mágneses momentuma,
- $r_i$  – távolság dimenzió,
- $c$  – változó, többtényezős koefficiens lokális hatók esetén,

$$M = VJ, \quad (8)$$

ahol

$J$  – egységnyi térfogatú kőzet mágneszettsége,

$$J = J_i + J_r,$$

ahol

- $J_i$  – indukált mágneszettség,
- $J_r$  – remanens mágneszettség,

$$J_i = \kappa H,$$

ahol

$\kappa$  – mágneses szuszceptibilitás,  
 $H$  – indukáló földi mágneses tér,  
 $V \approx r_m^3$  – térfogat,  
 $r_m$  – méret dimenzió.

A mágneses totáltér ( $T$ ) képlete (7) kísértetiesen hasonlít a gyorsulás képletére (3). A különbség csak a nevező hatványértékében van: a mágneses tér gyorsabban cseng le, mint a gravitációs tér. Ebben az esetben is igaz az, hogy ha a normáltér-korrekciót elvégezzük, azaz a Föld globális mágneses hatását eltüntetjük, akkor a mágneses momentum ( $M$ ) értéke a kéreg mágneses kőzeteitől fog származni. Az analógia a térfogattal kapcsolatban is fennáll, lásd az (5) és (8) képletet. Azaz, a mágneses anomália függ a mágnesezettségtől ( $J$ ), a térfogattól ( $V$ ) és a távolságtól, azaz ugyanolyan a paraméterfüggőség, mint a gravitáció esetében, csak a térerő gyorsabban cseng le a köbös távolságparaméter miatt. Ha megvizsgáljuk a mágneses és gravitációs potenciálokat, hasonló eltérést látunk.

A mágneses potenciál:

$$P_m = J \int_V \frac{dV}{r^2} \cos \theta, \quad (9)$$

a gravitációs potenciál:

$$P_g = \gamma \sigma \int_V \frac{dV}{r}, \quad (10)$$

a Poisson–Eötvös-összefüggés:

$$P_m = \frac{J}{\gamma \sigma} \frac{\partial P_g}{\partial z}. \quad (11)$$

A mágneses potenciál (9) és a gravitációs potenciál (10) között ugyanaz a különbség jelenik meg, mint az erők képleteiben. Ezt mutatja a (11) Poisson–Eötvös-összefüggés is (Takács 1977, Grinkevics 1979, Znamenszkij 1980).

## A mágneses hatást befolyásoló tényezők

A földtani szempontból érdekes törvényszerűségek mágneses szempontból is kiemelhetők.

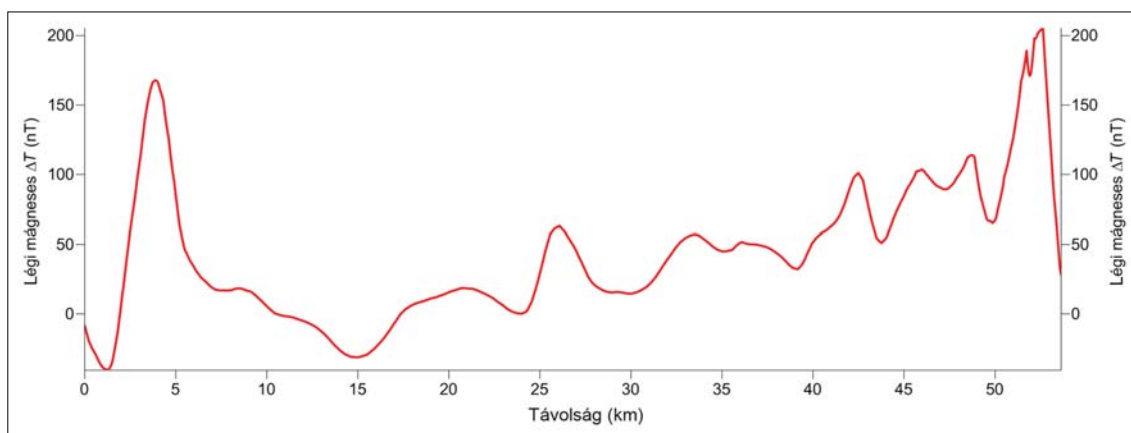
*A képletek szerint, a korábban megállapított 1. törvényszerűség (1. tsz.), a mágnesség esetében is igaz. A 2. tsz. anyagban módosul, hogy az arányossági tényező a mérőponttól mért távolság köbe.*

*A szelvény menti és térképi adatok esetében a 3. tsz. és 4. tsz. szintén igazak lesznek. A gravitációs szűrt és normált adatok alapján elkészített mélységmetaszetre a mágneses tulajdonságok alapján is lehetőség nyílik, ehhez azonban még egy transzformációt el kell végezni, ez pedig, a dipólus jellegből adódó ambivalens anomáliátér egyszerűsítése. Ehhez meg kell határozni a szűrt mágneses anomália-görbe változékonyságát, és ezeket az értékeket kell normálni.*

A vizsgált közeg a mágnesezettség szempontjából is eltérő térrészekből épül fel, ezek szuperponáló mágneses tere bonyolult erőteret eredményez, amelyet a mágneses tér dipólus jellege tovább bonyolít. A különböző méretű és mágnesezettségű térrészek elkülönítése nagymértékben segíti a közeg földtani értelmezését. Ebben az esetben is igaz hogy egy nagyfrekvenciás anomália csak egy adott mélységből jelentkezhet és nem mélyebbről! A kisfrekvenciás anomáliákról ugyanez már nem mondható el a szuperpozíció miatt.

A hatások mélységbeli elkülönítésére mágneses rácsadatokat esetében is a spektrálanalízist alkalmazzuk (Kiss 2013). A hatások elkülönítése után adott szelvény mentén kivágott (10. ábra) különböző mélységtartományokra szűrt (11. ábra) görbékben az is látszik, hogy az amplitúdók itt nem térnek el olyan erősen köszönhetően annak, hogy a mágneses szuszceptibilitás változása a különböző kőzetek között (egységnyi sűrűségváltozással szemben) akár 4-5 nagyságrendű is lehet.

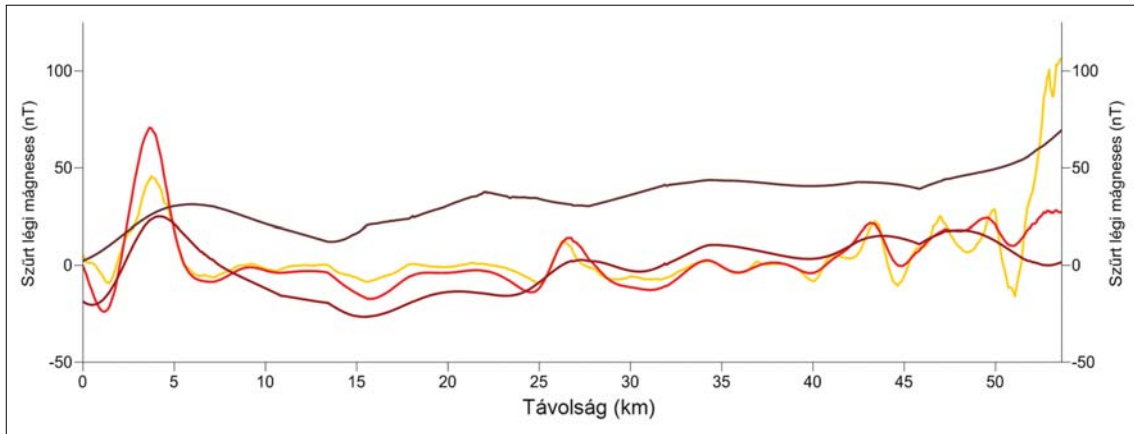
*Az anomália-térképet és az értelmezést jelentősen befolyásolja a természetben előforduló földtani képződmények szuszceptibilitásának lényegesen nagyobb dinamikája a sűrűséghez képest (pl. Kiss et al. 2019).*



10. ábra | A légi mágneses  $\Delta T$ -anomáliagörbe

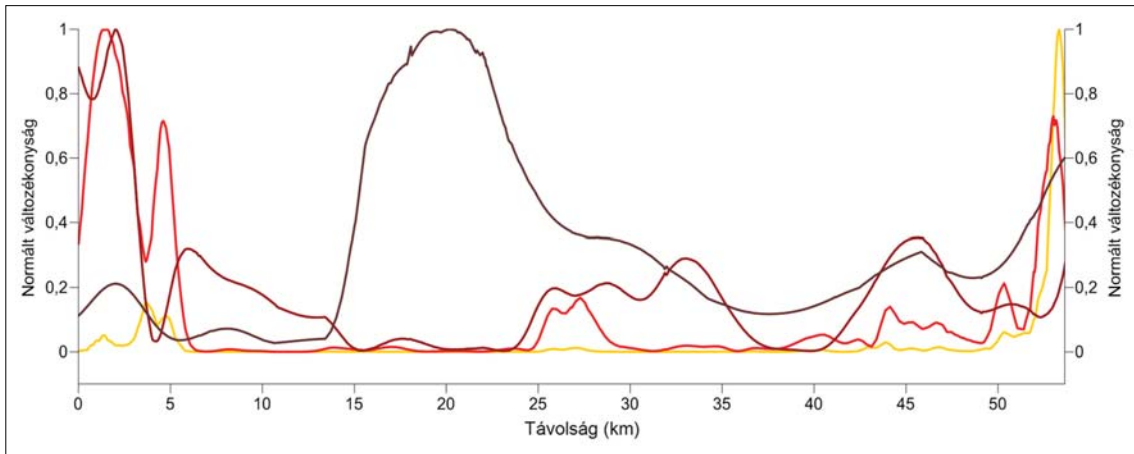
Figure 10 | Airborne magnetic  $\Delta T$  anomaly curve





**11. ábra** | Spektrális szűréssel előállított légi mágneses  $\Delta T$ -anomáliák a 400 m (narancssárga), 1500 m (piros), 4000 m (barna) és 9000 m (sötétbarna) mélységszinteken

**Figure 11** | Anomaly curves of different 430 m (orange), 1360 m (red), 4500 m (brown) and 9000 m (dark brown) spectral depths



**12. ábra** | Normált mágneses változékonysági görbék adott mintavételi ablak mellett a 430 m (sárga), 1360 m (piros), 4500 m (barna) és 9000 m (sötétbarna) mélységszinteken

**Figure 12** | Normalized, filtered magnetic changeability curves of filtered magnetic anomalies, 430 m (yellow), 1360 m (red) 4500 m (brown) and 9000 m (dark brown) spectral depths

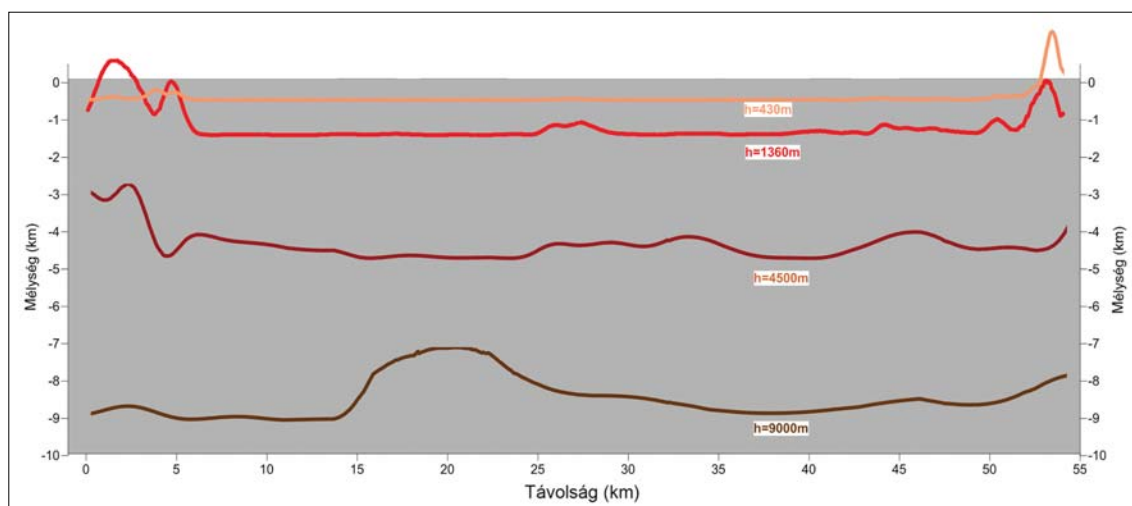
Így a kis térfogatú, felszínközeli mágneses hatók is domináns hatásokat okozhatnak az eredeti és a szűrt anomáliaértékek esetén is. A 400, illetve 1500 m-es mélység hatásai (sárga és piros görbék) határozottan megjelennek az eredeti görbén. A nagyobb mélység hatóit jelző 4000 m-es spektrális mélység görbében (11. ábra, barna görbe) kívül még egy sokkal mélyebb hatás is jelentkezik, ami a mágneses alapgörbén 15 km-től 45 km-ig egy monoton növekedést eredményez. Ez a mélység a 9 km-es mélység, amire éppen a spektrális elemzés mutat rá.

Az anomáliatér legnagyobb változásai jelzik a mágneses hatók legvalószínűbb helyét és a változékonyság paramétert vizsgálva (12. ábra), eltűnik az anomáliák negatív-pozitív dipólusjellege. Ahol nincs ható, ott nincs változékonyság, azaz az érték nulla körüli lesz, mindenhol más-hol a változékonyság nullától különböző. Az eredeti görbén a mágneses ható okozhat maximumot és minimumot is, a test geometriájától és a mágnesezettségétől függően,

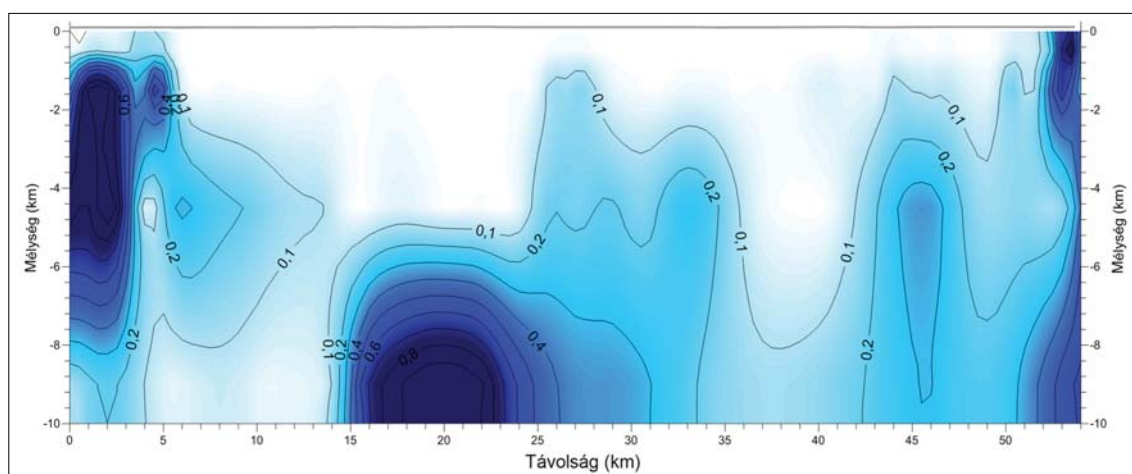
a változékonysági görbe azonban ezeket a jellegzetességeket együttesen figyelembe veszi. A hatók felett és a főleg a határfelületeken lesz a legnagyobb a mágneses görbe gradiense (változékonysága), így kisméretű testek egyetlen maximummal jelentkeznek, de nagyméretű testek esetén a változékonysági görbe kettős maximumot eredményezhet.

### Spektrális mágnesezettségi mélységmetszet

A különböző spektrális mélységekben jelentkező relatív változások felerősítéséhez a változékonysági értékek esetében is szükség van a 0–1 tartományra történő normalizálásra. A kapott szelvény menti vonalkilométer-értéket az adott mélységértékkel kiegészítve kapjuk meg a relatív mágnesezettségi menetek elkészítéséhez szükséges alapadatokat (13. ábra).



**13. ábra** A mélységszeletelés után előálló szűrt-normált mágnesesváltozékonyság-görbék, a rájuk jellemző mélységben  
**Figure 13** Filtered and normalized magnetic changeability curves generated after depth slicing, placed at their characteristic depth



**14. ábra** A relatív mágnesezettségi mélységmetszet a szűrt-normált változékonysági görbék alapján  
**Figure 14** Depth section of magnetization based on the filtered and normalized magnetic changeability curves

A Nyírség légi felméréseinek spektrálisan szűrt mágneses adatai (Kiss et al. 2019) az országos földi mágneses felmérésnél sűrűbben mintavételezettek, viszont területileg csak a Nyírséget és az attól É-ra lévő területeket fedi le. A mérésekben egy nagy, 9 km-es spektrális mélység adatai is benne vannak, aminek anomális hatása megjelenik, a 13. ábra alján barna színnel megadva a területre jellemző regionális mágneses alapszintet.

A 14. ábra a 13. ábra görbéiből készült relatív mágnesezettségi mélységmenetet mutatja. Ez a szelvény már használható földtani értelmezésre, illetve más adatokkal (szeizmikus reflexiók, magnetotellurikus látszólagos fajlagos ellenállás) való összevetésre, együttes ábrázolásra.

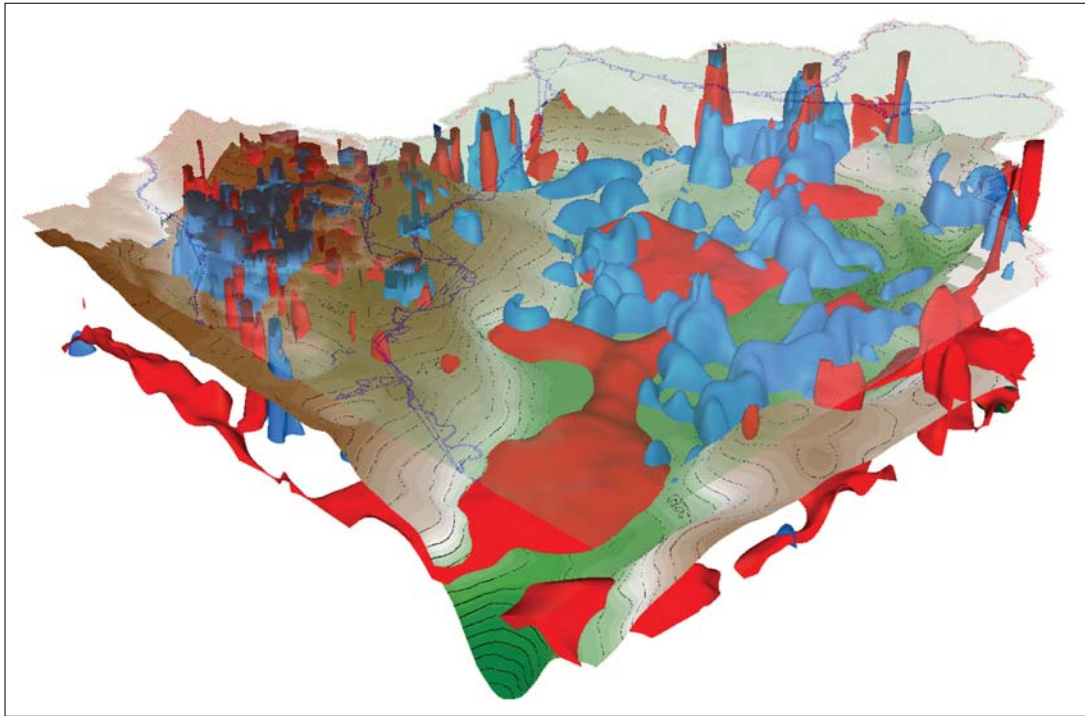
A 14. ábra jelzi a szelvény nyomvonalában a mélybeli mágneses hatók valószínű megjelenési helyét és lehetséges kiterjedését. Ez a mélységmetszet csak az azonos szinteken lévő közzétömegek relatív mágnesezettségi viszonyát tük-

rözi, ezzel azonban nagy segítséget nyújt az eltemetett bázisos vulkanitok, metamorfítok beazonosításában.

### 3D relatív paraméterter

A spektrális sűrűség vagy mágnesezettség mélységmenet/mélységmetszet fogalma a háromdimenziós tértartományba is kiterjeszhető. A kiindulási adatok a spektrálisan szűrt, különböző mélységekhez hozzárendelhető anomália-térképek. Az egyes térképekhez rendelve a spektrális mélységet, olyan adatrendszert kapunk, amely kiindulási állománya lehet a háromdimenziós interpolálásnak, a kapott voxel pedig, sokoldalú térbeli elemzést tesz lehetővé.

A Nyírség területén például a fedőben megjelenő nagy sűrűségű, vagy nagy mágnesezettségű hatók (vulkáni lávaanyag) kimutatását teszi lehetővé (15. ábra).



**15. ábra** A Nyírség területének háromdimenziós tömbje (5-szörös kimagasítás) sűrűség és mágneses határfelületekkel, a Kilényi és Sefara (1991) prekainozoos medencealjzat-felszín (zöld-fehér-barna színekkel) és az áttetsző domborzat a fontosabb folyókkal és országhatárral. A két felület között, a fedőben jelennek meg az anomáls sűrűségű (piros színnel) és mágnesezettségű (kék) felületek, amelyek vulkanitokra utalnak

**Figure 15** Three-dimensional block of Nyírség area with density and magnetization interfaces (vertical exaggeration = 5). Surface of Pre-Cenozoic basement (Kilényi and Sefara 1991, with green-white-brown colours) and the transparent surface relief with main rivers and national boundary, between them the anomalously dens (red) and magnetized (blue) bodies in the sediment (supposedly volcanites)

## Konklúzió

A Nyírség és a hozzá hasonló felépítésű, kevés fúrással feltárt, hagyományos geofizikai módszerekkel nehezen kutatható terület megismerésre ajánlunk potenciáltér-adatok feldolgozásán és értelmezésén alapuló eljárást.

Az ismertetett eljárásban először a spektrálanalízis (Kiss 2013, Kiss et al. 2019) segítségével 3-4 mélység-szinten gravitációs és mágneses hatásokat különítettünk el a területi adatok alapján.

Módszertani alátámasztást adtunk a különböző mélységben és amplitúdóval jelentkező anomáliák értelmezéséhez, miszerint a Bouguer-anomália-térkép legjelentősebb méretű anomáliái szükségszerűen nagy mélységű hatások (regionális szerkezeti zónák, részben medencealjzat domborzat) eredménye. A kisebb méretű gravitációs anomáliák, például miocén medencekitöltésen belüli lávatestek hatása, amely a mélységselektív szűrt mágneses anomáliákkal együtt értelmezve alkalmas a medenceüledékek, valamint a savanyú és bázisos láva testek elkülönített lehatárolására.

Bevezettük a relatív sűrűség, illetve relatív mágneszettségi mélységmetszet, illetve tér fogalmát, amely azonos szinten a relatív változásokat emelik ki. A relatív sűrűség és mágneszettségi tér bemutatott 3D reprezentációja a fenti értelmezési ajánlásokkal remélhetőleg javítja az ér-

telmező munka hatékonyságát, például 3D szeizmikus adatrendszer értelmezése vagy akár a kutatás tervezése során.

## A tanulmány szerzői

Kiss János, Vértesy László

## Jegyzetek

<sup>1)</sup> A behatolási mélység a gravitáció esetében inkább kimutathatósági határ, mivel még a legtávolabbi gravitációs ható hatása is elvileg benne van az erőterben. A kérdés csak az, hogy a mérőműszereink pontosságával és a többi (esetleg nagyobb) hatástól elkülönítve ki tudjuk-e azokat mutatni.

<sup>2)</sup> A maximális sűrűségkontraszt ( $1100 \text{ kg/m}^3$ ) és egy jelentéktelen  $100 \text{ m}$  élhosszúságú kocka térfogati hatását ( $100 \times 100 \times 100 = 1\,000\,000 \text{ m}^3$ ) számszerűen összevetve, az eltérés a tömegváltozást vizsgálva 3 nagyságrendnyi a két paraméter között az  $m = V\Delta\sigma$  mennyiségre nézve! Tehát az összevetés alapján a sűrűségkontraszt hatása a tömegre elenyésző, amennyiben a térfogatot is figyelembe kell vennünk.

## Hivatkozások

Christensen N. I., Mooney W. D. (1995): Seismic velocity and composition of the continental crust: a global view. *J. Geophys. Res.*, 100/B7, 9761–9788.

- Gardner G. H. F., Gardner L. W., Gregory A. R. (1984): Formation velocity and density – The diagnostic basics for stratigraphic traps. *Geophysics*, 39, 770–780.
- Grinkevics G. I. (1979): Mágneses kutatási módszer – Egyetemi tankönyv. Nyedra, Moszkva, 3. kiadás, p. 256. (Гринкевич Г. И., 1979: Магниторазведка, Недра, Москва)
- Kilényi É., Šefara J. (1991): Pre-tertiary basement contour map of Carpathian Basin beneath Austria, Czechoslovakia and Hungary. *Geophysical Transactions*, 36/1–2.
- Kiss J. (2013): Magyarországi geomágneses adatok és feldolgozások: spektrálanálízis és térképi feldolgozások. *Magyar Geofizika*, 54/2, 89–114.
- Kiss J., Vértesy L., Zilahi-Sebess L., Takács E., Gulyás Á. (2019): A Nyírség geofizikai kutatása. *Magyar Geofizika*, 60/3, 103–130.
- Logacsov A. A., Zaharov V. H. (1979): Mágneses kutatómódszer. Nyedra Kiadó, Moszkva (Логачёв А. А., Захаров В. П., 1979: Магниторазведка, Недра, Москва)
- Mészáros F., Zilahi-Sebess L. (2001): Compaction of the sediments with great thickness in the Pannonian Basin. *Geophysical Transactions*, 44/1, 21–48.
- Sobolev S., Babeyko A. Y. (1994): Modelling of mineralogical compositions, density and elastic wave velocities in anhydrous magmatic rocks. *Surveys in Geophysics*, 15, 515–544.
- Szabó Z. (1993): Magyarország üledékhatással javított gravitációs térképe. Kézirat, ELGI adattár, p. 14.
- Szabó Z., Páncsics Z. (1999): Rock densities in the Pannonian Basin – Hungary. *Geophysical Transactions*, 42/1–2, 5–28.
- Takács E. (1977): Geofizika I. Egyetemi jegyzet, Tankönyvkiadó, Budapest, p. 408.
- Znamenszkij V. V. (1980): Terepi geofizika. Egyetemi tankönyv, Nyedra Kiadó, Moszkva, p. 351. (Знаменский В. В., 1980: Полевая Геофизика, Недра, Москва)

# Újabb vizsgálatok a feltételezett dabronyi becsapódási szerkezettel kapcsolatban

BODOKY T.<sup>@</sup>, KISS J.<sup>&</sup>

<sup>@</sup>E-mail: bokra@t-online.hu

<sup>&</sup>E-mail: kiss.janos@mbfsz.gov.hu

Dabrony körzetében korábban feltételeztünk egy jelentősebb eltemetett meteorbecsapódási krátert gravitációs-anomália-képének a bizonyított becsapódási kráterek anomáliaképével mutatott hasonlósága alapján. A feltételezett kráter vizsgálatát a korábbi közlés óta kiterjesztettük a területen elérhető minden geofizikai adatra. Az újabb vizsgálatok részben megerősítették az úgynevezett „dabronyi szerkezet” becsapódási eredetét, másrészt viszont további kérdéseket vetettek fel. Jelen munkánkban ezekről a vizsgálatokról számolunk be.

## Bodoky, T., Kiss, J.: Study of available geophysical data on the area of assumed „Dabrony” impact crater and its neighbourhood

Regarding that gravity anomalies of Dabrony area (NW Hungary) showing considerable similarity to those of proven impact craters, a large buried impact structure ( $d \sim 20\text{--}25$  km) has been assumed here. In the years past all available geophysical data of the area have been studied. On the one hand, the results fit well into the impact hypothesis, on the other hand, they raise further questions. The paper gives an account of the present state of the issue.

*Beérkezett:* 2020. április 4.; *elfogadva:* 2020. június 10.

## Bevezetés

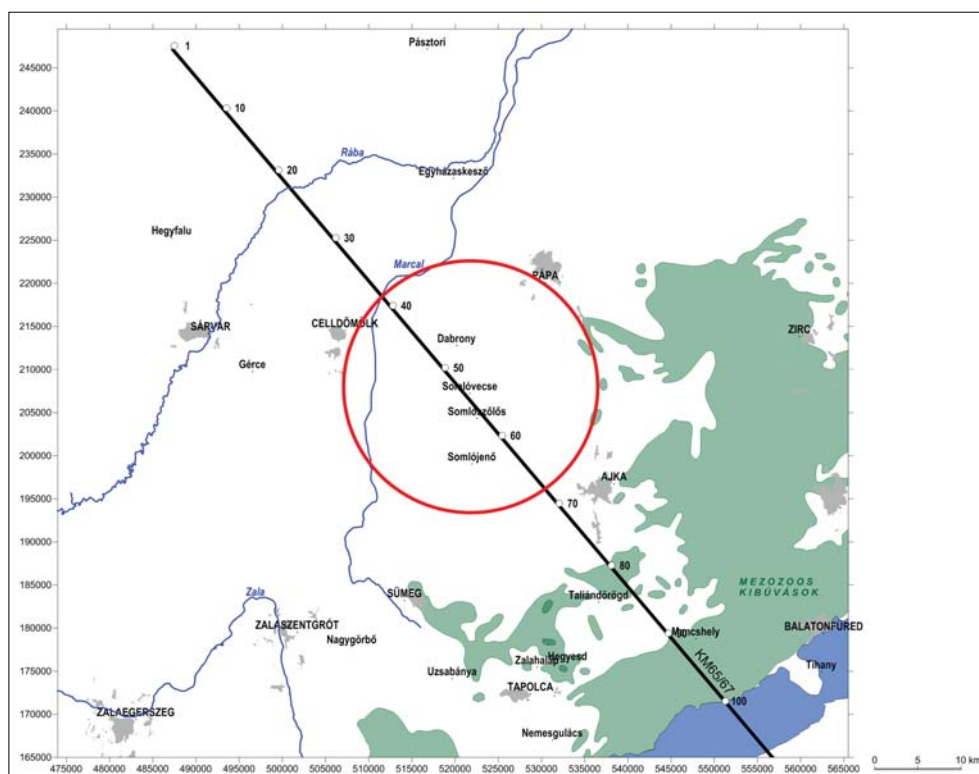
2014-ben a *Magyar Geofizikában* megjelent cikkünkben (Bodoky, Kiss 2014), amely a geofizikai módszerek közül kiemelve a gravitációs kutatást, megvizsgáltuk ÉNy-Magyarország gravitációs-anomália-térképét és megállapítottuk, hogy Pápa és a Somló-hegy között a Bakony eltemetett lábazatán a szakirodalomban közölt és már bizonyított meteorbecsapódási kráterekéhez (Ernstson, Claudin) nagyon hasonló gravitációs anomália jelentkezik. Az anomália környezetében elvégzett gravitációs szűrés, valamint az itt rendelkezésre álló egyéb geofizikai adatok megerősítik, hogy a jelzett területen egy eltemetett, mintegy 20–25 km átmérőjű kerek szerkezet található, amely becsapódási kráterekre jellemző tulajdonságokat mutat. Az 1. ábra mutatja be a terület helyszínrajzát a feltételezett kráter körvonalát piros körrel jelölve. A terület vizsgálatát a már említett cikk megjelenése után is folytattuk, és ennek néhány eredményét mutatjuk be az alábbiakban.

A meteorbecsapódási krátereknek sajátos egyedi morfológiájuk van, ez rendszerint kerek szerkezet, amely nem illeszkedik a terület morfológiai, illetve geológiai viszonyaihoz. A nagy (nagyobb, mint 3–4 km) átmérőjű szer-

kezeteknek, az úgynevezett komplex krátereknek három fő morfológiai eleme a középponti kiemelkedés, az e körül elhelyezkedő gyűrűs depresszió és végül a kiszórt anyag által megemelt peremek (French 1998, Bodoky 2004, Hajnal et al. 2015). Ha egy ilyen szerkezet a felszínen van, akkor különösen az elmúlt évtizedek intenzív kutatásai után könnyű felismerni ezeket és elvégezni azokat a vizsgálatokat, amelyek igazolhatják (illetve cáfolják) a szerkezet becsapódási eredetét. Tekintve azonban, hogy a becsapódások folyamatának idő skálája sokkal lassúbb, mint a Föld felszínét alakító geológiai és tektonikai folyamatoké, a becsapódási kráterek könnyen eltűnhetnek. Az erózió letörölheti, a tektonikai mozgások elpusztíthatják és az üledékképződés letakarhatja ezeket. Az első két esetben minden valószínűség szerint teljesen elvesznek az utólagos kutatások számára, a harmadik esetben viszont csak rejtetteké válnak, vagyis közvetlen észleléssel nem kutathatók.

Az alkalmazott földtani kutatások – nevezetesen a nyersanyagkutatások – számos olyan kutatómódszert fejlesztettek ki, amellyel a felszín alatti, rejtett szerkezetek is kutathatók. Ezek legismertebbjei a klasszikus geofizikai módszerek, a gravitációs, a földmágneses, a geoelektromos és a szeizmikus módszerek. Az ipari kutatások követke-





**1. ábra** A vizsgált terület helyszínrajza a feltételezett kráterszerkezet piros körrel jelzett körvonalával, a fekete vonal a KM65/67 kéregkutató szeizmikus refrakció mérés nyomvonalát jelöli

**Figure 1** Location map of the studied area, (red circle: assumed crater structure, black line: location of KM65/67 deep seismic refraction line)

tében pedig a legtöbb területen éppen ezeknek az adataihoz lehet leginkább hozzájutni.

A becsapódási szerkezeteknek nemcsak morfológiai jellegzetességeik, hanem geofizikai paramétereikben is jól felismerhető ismertető jegyeik vannak. Ezeket elsőként, ismert krátereken végzett geofizikai mérések adatai alapján Pilkington és Grieve gyűjtötte össze (Pilkington, Grieve 1992), de a témával foglalkozó cikkek megtalálhatók a hazai szakirodalomban is (Bodoky 2004, Bodoky et al. 2004, Bodoky et al. 2006, Bodoky et al. 2007).

Geofizikai, elsősorban gravitációs és tellurikus adatok alapján tételeztünk fel korábban a Kisalföld DK-i peremén fekvő Dabrony alatt egy jelentősebb becsapódási szerkezetet (Bodoky, Kiss 2014). A kérdést azóta tovább vizsgáltuk, és ennek a vizsgálatnak az eredményeit, illetve az általuk felvetett újabb kérdéseket ismertetjük a jelen dolgozatunkban.

## A dabronyi szerkezet

### A terület földtani viszonyai

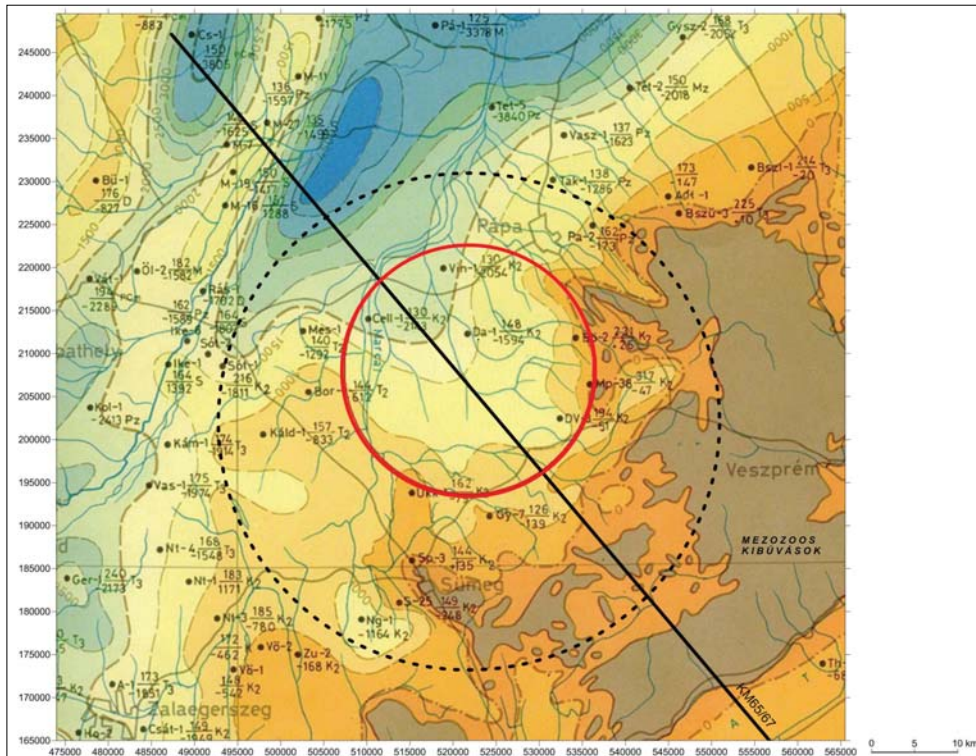
A Pre-Tercier medence aljzata mind földtani, mind geofizikai szempontból fontos szint majdnem az egész Kárpát-medence területén (Szénás 1965). A nyolcvanas évek végén ezt a szintet egy nemzetközi project keretében Kelet-Ausztriában, Szlovákiában és Magyarországon feltérképezték, és az egyesített szinttérképet megjelentették

„Pre-Tertiary Basement Contour Map of the Carpathian Basin beneath Austria, Czechoslovakia and Hungary” címen (Kilényi et al. 1991). A térképezést elsősorban mélyfúrás adatokra alapozták, de összeállításakor az elérhető gravitációs és szeizmikus adatokat is felhasználták.

A szinttérképen a Dunántúli-középhegység ÉK-DNy irányban elnyúló, főleg karbonátos kőzetekből felépülő mezozoos tömbje világosan kirajzolódik (2. ábra). ÉNy-i oldalának meglehetősen sima lefutása van, amely azonban a D-i vége felé hirtelen megtörik, és egy ~20 km átmérőjű, nagyjából kerek formájú „öblöt” alkot. Az „öblöt” központja körülbelül az 47,186° É-i szélesség- és a 17,33° K-i hosszúságvonalak kereszteződésénél van, és az aljzata ~500–1000 m-el mélyebb, mint az azt körülvevő területek. Tekintve azonban, hogy a szinttérkép szintvonalait interpolálták, az átmérő- és mélységadatok meglehetősen bizonytalanok. Ezt az „öblöt” az ábrákon piros körrel jelöltük, hogy az egyes geofizikai térképek könnyebben összevethetőek legyenek.

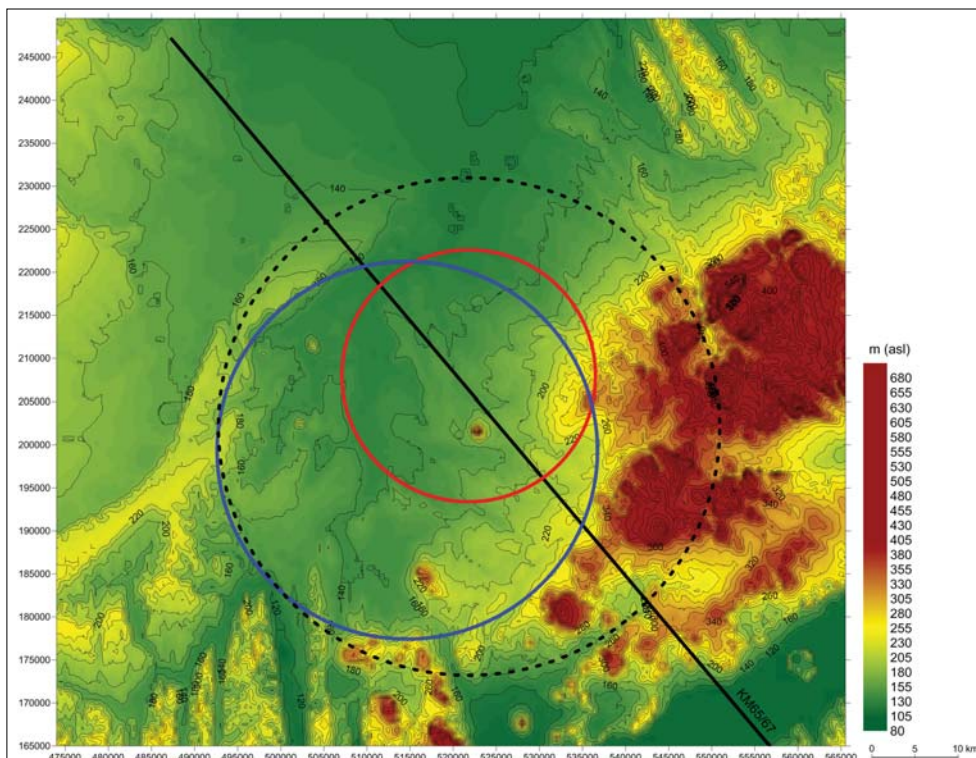
A Pre-Tercier medence aljzattérképén a szintvonalak irányultsága alapján egy második körív is kijelölhető, amelyet fekete szaggatott vonallal jelölünk az ábrákon. Ennek lefutása még sokkal bizonytalanabb, amit az is jelez, hogy a két kör elvárásainkkal szemben nem teljesen koncentrikus (2. ábra). Az ábrákon a koordináták EOVS rendszerben vannak feltüntetve.

A szerkezetet a majdnem a közepében fekvő Dabrony faluról neveztük el.



2. ábra A Pre-Tercier medencealjzatának szintvonalas térképe ÉNy-Magyarországon. A szintvonalak közötti távolság 500 m, a piros kör az „öblöt” jelzi (szaggatott fekete vonallal egy nagyobb ívét is), a fekete folytonos vonal a KM65/67 szeizmikus refrakciós mérés nyomvonalát mutatja. (Az ábrákon a koordináták EOV rendszerben vannak feltüntetve.)

Figure 2 The contour map of the pre-Tertiary basement in NE Hungary. Depth interval between contour lines: 500 m; red circle: location of the “bay”; circle of broken black line: a possible larger arc of the “bay”; black line: location of KM65/67 seismic refraction profile. All coordinates are given in a local system



3. ábra A dabronyi szerkezetnek és környékének topográfiai térképe. A szintvonalak a Balti-tenger szintje feletti magasságot jelzik 20 m szintvonal közzel, a kék vonallal rajzolt kör a magassáértékekben a kör belseje felé jelentkező csökkenés vonalát jelzi

Figure 3 Topographic map of the Dabrony Structure area. Contour lines: altitude above the Baltic sea level, their intervals are 20 m; red circle: location of the “bay”; blue circle: border of a relative depression on the surface



### A terület felszínének morfológiája

A bemutatott szerkezet különlegessége indukálta a további vizsgálatokat. Az első lépések közé tartozott a terület felszínének vizsgálata. Első ránézésre a szokásos topográfiai térképeken vagy a légi, illetve műhold fényképeken semmi sem jelezte az aljzatban kirajzolódó szerkezetet, de a sokkal jobb vertikális felbontással rendelkező digitális topográfiai egy kerek mélyedés észlelhető, igaz, hogy mélysége a környezetéhez képest csekély. A mélyedés peremvonalát kék körrel jelezzük (3. ábra). Így ismét egy némileg bizonytalan körhöz jutottunk, ami csak „nagyjából” illeszkedik az első két körvonalhoz.

A felszíni depresszió átmérője másfélszer nagyobb az aljzatban észlelt „öböl” átmérőjénél, és ugyan a kettő átfe-di egymást, de a felszíni depresszió középpontja DNy-ra mintegy 8 km-re esik az „öböl” középpontjától. Mind a méretkülönbségre, mind az elcsúszásra, mind pedig a csekély mélységre az erózió adhat lehetséges magyarázatot. Az erózió hatásosabb lehetett az üledékes D-i és Ny-i részekben, mint a K-i oldalon a kibúvásban lévő karbonátokon. A lepusztult anyag részben feltöltötte a depressziót, részben É felé elszállításra került.

### A dabronyi szerkezet és környékének geofizikai adatai

#### Gravitációs adatok

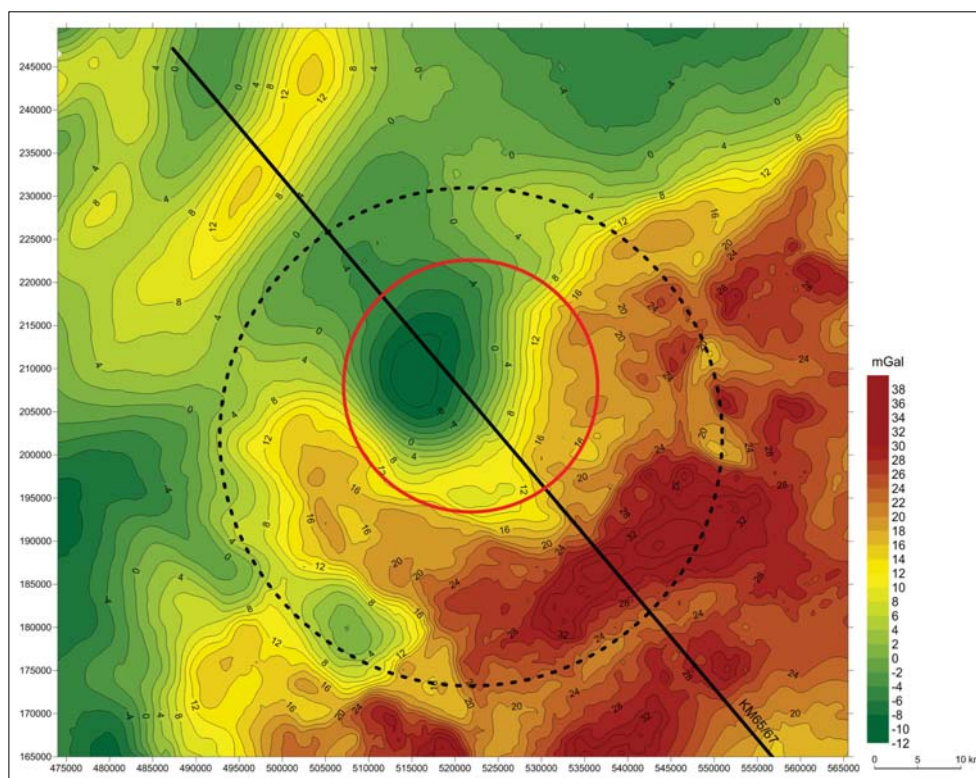
A dabronyi szerkezet területének és szűken vett környezetének gravitációs felmértsége átlagosan 1,65 pont/km<sup>2</sup>, ami egy ekkora terület vizsgálata esetén elfogadhatónak

tekinthető. A mérések a régi rendszerben, utak mentén történtek, így ponteloszlásuk meglehetősen egyenetlen. A mérési adatokból számított Bouguer-anomália-térképet a 4. ábra mutatja be. Látható, hogy az „öböl” jelentős negatív anomáliával jelentkezik. Az anomália negatív csúcsa több mint -8 mGal-lal különbözik a peremi izogammák értékétől. Hogy ez milyen nagy érték, azt az mutatja, hogy közel azonos a 6000 m-es mélységet is meghaladó kisalföldi medence anomáliaértékével.

A gravitációs anomália meglehetősen éles peremekkel jelentkezik, É-D irányban átmérője körülbelül 20 km, erre merőlegesen körülbelül 14 km. Itt kell megjegyeznünk, hogy a Pre-Tercier medencealjzat szinttérképe nem teljesen független a Bouguer-anomália-térképtől, mert szerkesztésénél használták a gravitációs adatokat is.

A vizsgálatok során felmerült a kérdés, hogy a közép-ponti kiemelkedés miért nem jelentkezik a gravitációs-anomália-térképen. Ennek pontos magyarázatát nem tudjuk megadni, de ismert tény, hogy a hasonló méretű (például a németországi Ries, a franciországi Rochechouart vagy a finnországi Lappajärvi) kráterek esetében sem a Bouguer-anomália-térképen, sem annak maradékanomália-térképén nem ismerhető fel a közép-ponti kiemelkedés, ehhez a gravitációs adatok további feldolgozására van szükség (Ernstson, Claudin).

2014-ben bemutattuk a szerkezet gravitációs terének gravitációs maradékanomália-térképéből származtatható horizontálisgradiens-térképet is, amelyet itt is megismételünk (5. ábra). Mind a Bouguer-anomália-térkép, mind a horizontálisgradiens-térkép meggyőző hasonlatosságot

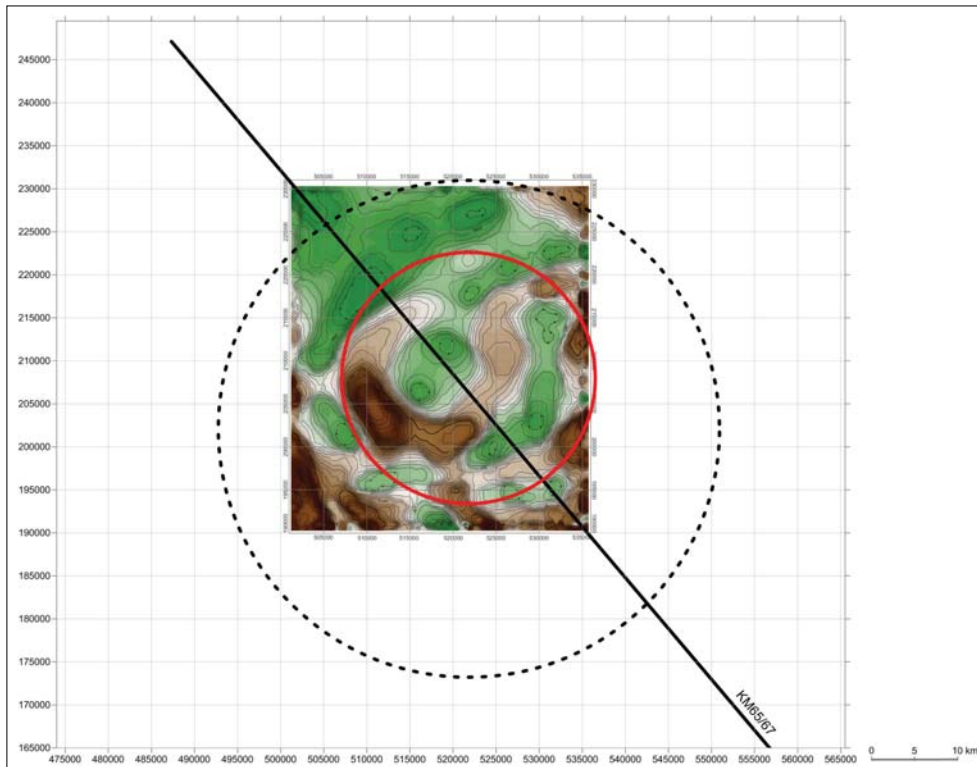


**4. ábra** | A dabronyi szerkezet gravitációs Bouguer-anomáliatérképe. A szintvonalak különbsége: 2 mGal  
**Figure 4** | Gravity Bouguer anomaly map of the Dabronyi Structure area. Contour lines intervals: 2 mGal

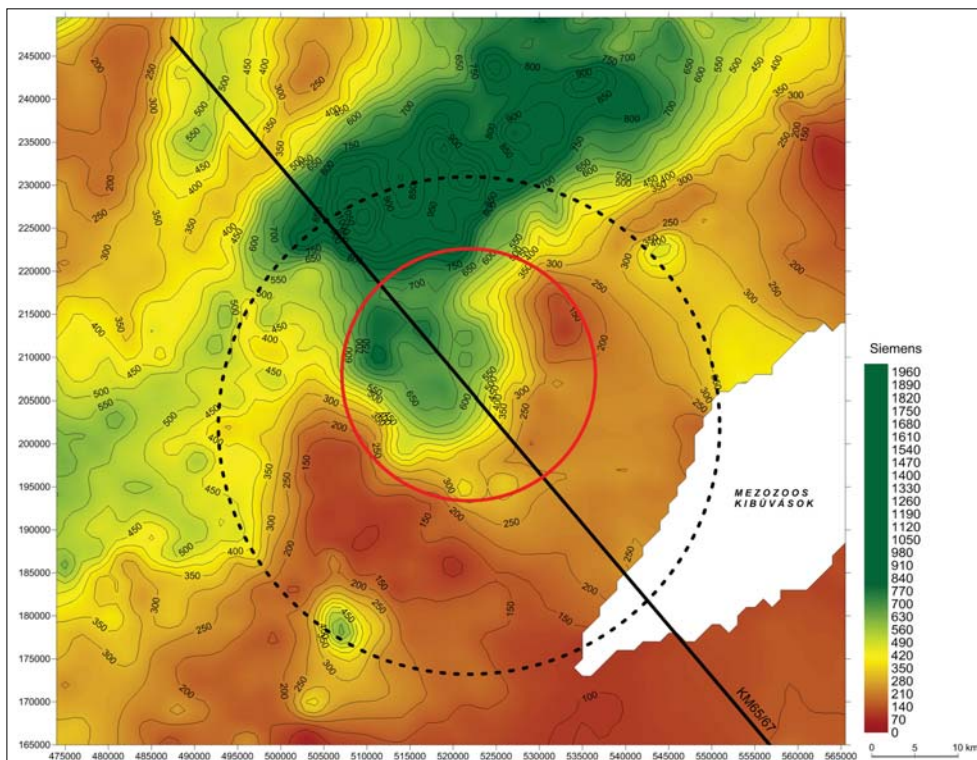


mutat az olyan fent említett és az irodalomból jól ismert kráterek megfelelő paraméter térképeivel, mint például a Ries-kráter (Ernstson, Claudin), annak ellenére, hogy

Ries-kráter a felszínen van, míg a Dabronyi szerkezetet vastag (~1000 m) üledéktakaró borítja (Bodoky, Kiss 2014).



5. ábra | A dabronyi szerkezet gravitációs maradékanómia-térképének horizontálisgradiens-térképe (Bodoky, Kiss 2014)  
 Figure 5 | Map of the horizontal gradient of residual Bouguer anomaly on the Dabrony Structure (Bodoky, Kiss 2014)



6. ábra | A dabronyi szerkezet tellurikusvezetőképesség-térképe. A szintvonalak értékkeze 50 S  
 Figure 6 | Telluric conductivity map of the Dabrony Structure and its surroundings. Contour lines intervals: 50 S

Fontos megjegyezni, hogy míg a szerkezet Bouguer-anomáliaképe egy bizonyos mértékig nyitott a Kisalföld alacsony Bouguer-anomália-értékei felé, addig a horizontális gradiens kép már ebben az irányban is egyértelműen lezárja a szerkezetet.

### Geoelektromos adatok

A Dunántúl tellurikus vezetőképesség-térképe (Nemesi et al. 2000) lefedi a dabronyi területet is. A vezetőképesség-térkép a terület Pre-Tercier aljzat szinttérképéhez és gravitációs Bouguer-térképéhez hasonló „öböl”-szerű vezetőképesség-anomáliát mutat. Az vezetőképesség értéke körülbelül 500 S-el magasabb az „öböl” területén, bár a csúcs értéke nyugatra tolódott a gravitációs anomália csúcsához képest (6. ábra).

### Földmágneses adatok

A Dunántúli-középhegység legfőképpen mezozoos korú karbonátos kőzetekből épül fel, és így földmágneses képe igen nyugodt, mert a karbonátok nem mágnesesek. A Középhegység D-i végénél számos kis területű, de nagy amplitúdójú anomália jelzi a harmadidőszaki bazaltos vulkáni aktivitást. A 7. ábra mutatja be a dabronyi területnek és környékének földmágneses  $\Delta Z$ -anomáliatérképét.

Feltűnő, hogy a késő harmadkori bazalt vulkánok az „öböl” külső köre (2. ábra) mentén helyezkednek el. A vulkáni körnek pontosan a közepében található egy lokális

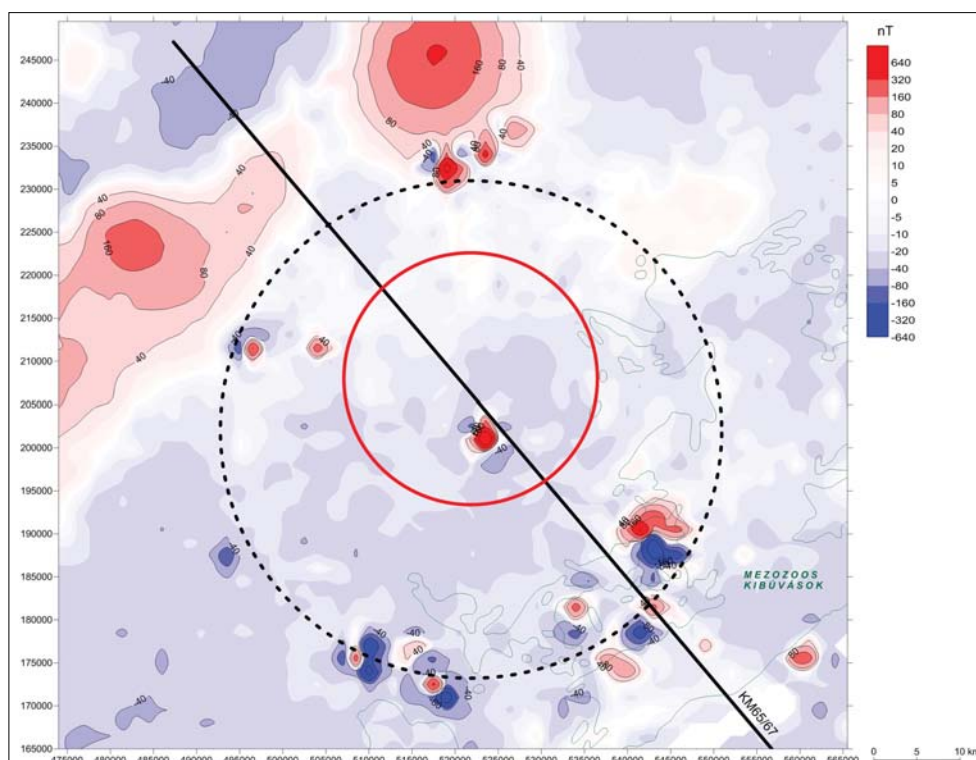
erős anomália, a magányos Somló-hegy (3. ábra) bazalt vulkánjának anomáliája.

### Szeizmikus adatok

ÉNy-Magyarország, vagyis a magyar Kisalföld a szénhidrogén-ipar számára nem bizonyult ígéretesnek, aminek a következtében gyakorlatilag nem állnak rendelkezésre szeizmikus mérési eredmények a dabronyi szerkezetnek és közvetlen szomszédságának területén.

Az egyetlen szeizmikus szelvény, amelyik harántolta a területet, a KM65/67 nevű régi (mint neve is mutatja az 1960-as években lemerít) refrakciós földkéregkutató szelvény, amelynek elsődleges célja a Mohorovičić-féle diszkontinuitás mélységének meghatározása volt. A szelvény a fő tektonikai irányokat közel merőlegesen keresztezi, és nyomvonalát az összes ábrán feltüntettük (1. ábra). A szelvényt még fotoregisztrációs műszerrel mérték, így felvételei csak papírregisztrátumok formájában álltak rendelkezésre. 2011-ben az Eötvös Loránd Geofizikai Intézetben a KM65/67 anyagát újraértékelték a kiértékelés legelső lépésétől, vagyis a refrakciós beérkezések kézi bejelölésétől kiindulva (Szalay et al. 2011). Az újraértékelt beérkezési adatokat számítógépes feldolgozással szeizmikus sebességszelvényre dolgozták fel. A KM65/67 sebességszelvényét erős vertikális nagyításban a 8. ábra mutatja be.

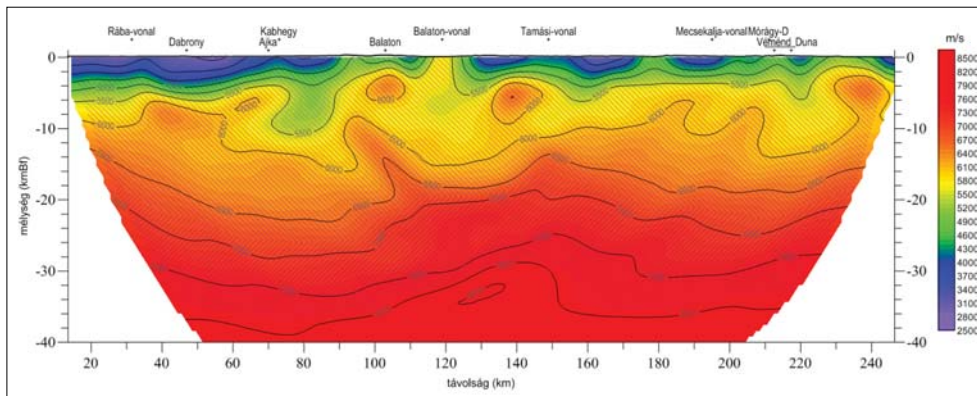
A szeizmikus sebességszelvény felső 10–15 km-ében a szeizmikus P-hullámok terjedési sebessége igen változó.



**7. ábra** A dabronyi szerkezet földmágneses ( $\Delta Z$ ) anomália-térképe. A színtvonalak értékköze  $\pm(40-640)$  nT között a színskála szerint változó, feltűnő, hogy a késő harmadkori bazalt vulkánosság az „öböl” külső íve (2. ábra) mentén helyezkedik el

**Figure 7** Magnetic  $\Delta Z$  anomaly map of the Dabronyi Structure area and its surroundings. Contour line intervals: changing from 40 to 5 nT (nanotesla); it is remarkable that the late Tertiary basaltic volcanoes are located on the outer circle of the “bay” (Fig. 2)





8. ábra A KM65/67 szeizmikus refrakciós vonal sebességszelvénye. A szintvonalak értékköze 500 m/s  
 Figure 8 KM65/67 seismic velocity section. Vertical and horizontal scales show depth and distance along the line in km; velocity contour line interval: 500 m/s

A felszínhez közel több alacsony sebességű zóna is található, de ezek közül a legmélyebb (kb. 5–8 km mély) a dabronyi szerkezet alatt helyezkedik el. A szelvényen ez körülbelül a horizontális skála 40. és 60. pontja közé esik. Sajnos ez a szelvényen – annak jellege miatt – mély szeizmikus mérés volt, még az erős vertikális nagyítás mellett sem elég szembeötlő.

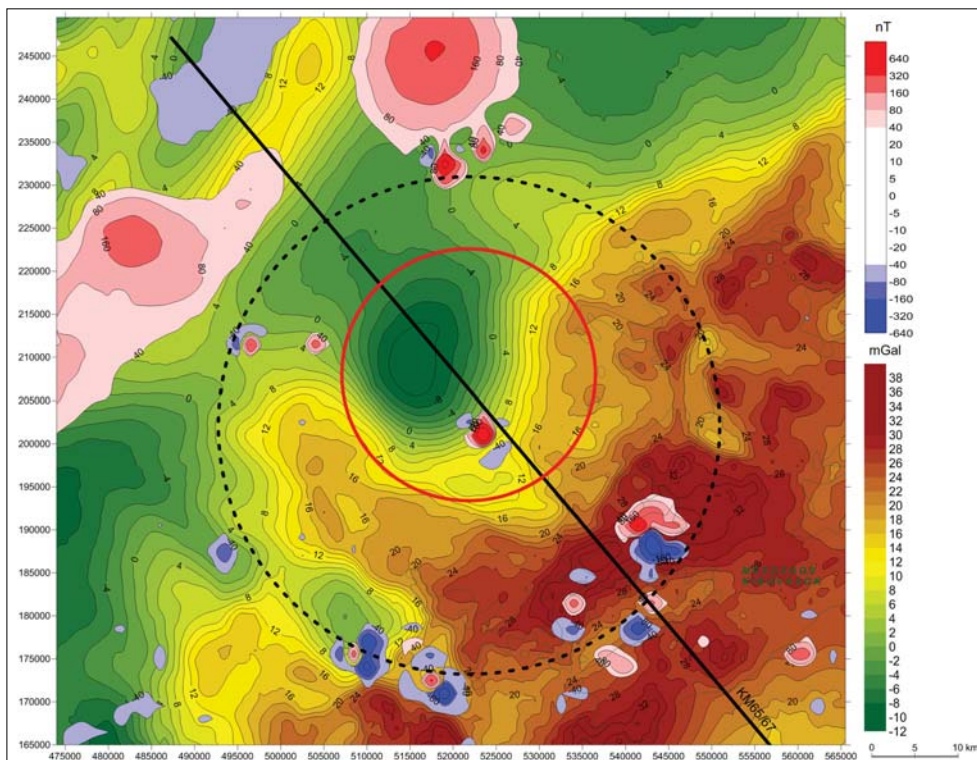
### A dabronyi szerkezeten mért adatok értelmezése

Ha a dabronyi szerkezeten és környékén mért összes geofizikai adatot együtt vizsgáljuk, arra a következtetésre jut-

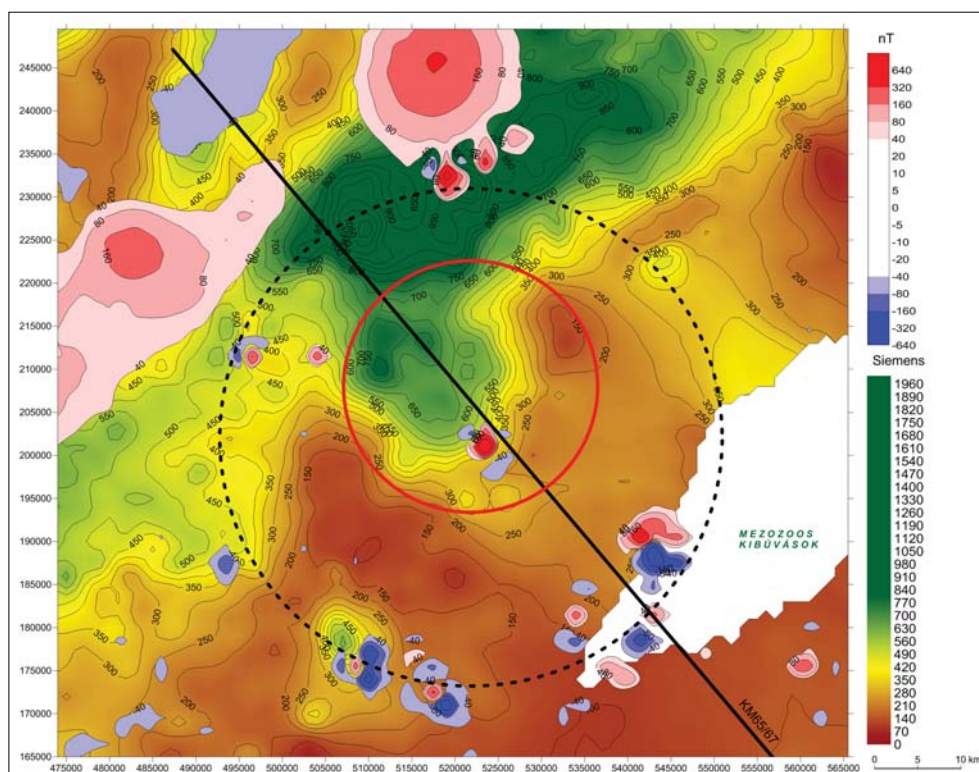
hatunk, hogy a szerkezet valóban lehet egy nagy meteorokráter lepusztult maradványa, vagy megfordítva, nem zárható ki a szerkezet becsapódási eredete.

A szerkezet megközelítően kerek formát, meggyőző gravitációs karaktert és a hozzá tartozó elektromosvezetőképesség-anomáliát mutat. A terület viszonylag mélyre nyúló szeizmikusan alacsony sebességű zónája is jól illeszkedik a becsapódási hipotézisbe, bár a szeizmikus adatokkal kapcsolatban gondot jelent, hogy nem ismerjük ennek a zónának az alakját, vagyis a KM65/67 vonalra merőleges kiterjedését.

A mágneses kép szintén nagyon érdekes a kör alakban rendeződő vulkánjaival, amelyek minden valószínűség szerint kapcsolódnak a szerkezethez. Ha a becsapódási



9. ábra A terület gravitációs Bouguer-anomáliatérképére mint háttérre ráhelyezett mágneses  $\Delta Z$ -anomáliák  
 Figure 9 On the gravity Bouguer anomaly map as on a background the magnetic  $\Delta Z$  anomalies are shown



10. ábra A terület tellurikus vezetőképességi anomália-térképére mint háttérre ráhelyezett mágneses  $\Delta Z$ -anomáliák  
 Figure 10 On the telluric conductivity anomaly map as on a background the magnetic  $\Delta Z$  anomalies are shown

hipotézist elfogadjuk, akkor a becsapódást valahová a mezozoikum és a kainozoikum határára, vagy még későbbre kell helyoznunk, mert a Dunántúli-középhegység már létező kőzeteit érte az esemény. A vulkánok köre pedig a szerkezet körül keletkezett repedezettséghez kapcsolódhat. A repedezettség megkönnyíthette a vulkáni anyagok felszínre jutását. Azonban itt is rögtön felvetődik a kérdés, miért a kráter körül és nem a kráter belsejében törtek fel a vulkánok, amikor egy kráter belsejében az eredeti kőzetek töredezettsége sokkal nagyobb mértékű (erre utalhat a Somló bazaltos tanúhegy a kráterben). Másrészt a központban, a becsapódás okozta átmeneti üregben, újraolvadás, lokális magmabenyomulás miatt csökkent repedezettségű kőzetek kialakulása sem zárható ki, ami részben magyarázatként szolgálhat.

Ha a különböző geofizikai paramétereket ábrázoló térképeket egymásra tesszük (9. és 10. ábra) látható, hogy a gravitációs minimum- és a vezetőképesség maximum-csúcsai a Pre-Tercier aljzat „öblétől” mintegy 5 km-rel NyÉNy-ra, míg a vulkáni gyűrű közepe szintén körülbelül 5 km-rel D-re esik. Azaz, a szerkezet területén több, egymással nyilvánvaló módon összefüggő kerek alakzat található. Ezek közül az „öböl” és a külső gyűrű szinte mindegyik paramétertérképen szakaszosan azonosítható, sajnos azt azonban nem tudjuk egyértelműen megállapítani, hogy ezek pontosan hogyan is függenek össze.<sup>1)</sup>

A piros körrel jelzett belső „öböl” és a szaggatott fekete külső gyűrű között mintha egy – nem teljes ívében megmaradt – torlódási gyűrű rajzolódna ki, a gravitációs és tellurikus maximumanomáliákból.

A különböző fizikai paraméterek körgyűrűi alapján – szerencsés esetben – a becsapódás szögére is lehetett volna következtetni. Itt most nem egyértelmű a kép, ami annak köszönhető, hogy a földtani idő szerint is régi becsapódás egy nagyszerkezet peremén található.

Ami tehát a dabronyi szerkezetet illeti, van egy sor meggyőző adatunk és egy sor jelentős bizonytalanságunk. Azt azonban mindenesetre meg kell jegyeznünk, hogy eddig még nem találtunk más magyarázatot a szerkezet képződésére, és ugyanakkor az ismert adatok egyike sem mond ellent a meteorokráter hipotézisének. Így a dabronyi szerkezetet tekinthetjük becsapódási kráternek, ahol a becsapódás – mint már említettük – valamikor a mezozoikum és a kainozoikum határán vagy még később történt. A becsapódás vagy már szárazföldet ért, vagy a kráter később került szárazföldre, és ott megindult jellegzetes morfológiai elemeinek lepusztulása, maradványait később üledékek takarták le és megvédték a további lepusztulástól.

Ahhoz, hogy ennél többet lehessen mondani a szerkezetéről, további, elsősorban szeizmikus reflexiók kutatásaira lenne szükség.<sup>2)</sup>

## Következtetések

Az eltemetett becsapódási kráterek közvetlenül nem kutathatók, és rejtve vannak a direkt megfigyelések előtt, ezért egy ilyen kráter felfedezése vagy legalábbis felfedezésének gyanúja nagyon sok adat, elsősorban geofizikai

adat ismeretét tételezi fel, és persze ezentúl még egy jó adag szerencsét is. Amikor valahol bizonyos adatok egy becsapódási kráter ismert jellegzetességeit mutatják, akkor ha a téma érdekel bennünket, össze kell gyűjteni és meg kell vizsgálni a területről beszerezhető összes adatot. Azonban – mint ezt a fentiekben láthattuk – sok esetben a bizonytalanságok még így sem küszöbölhetők ki.

Az eltemetett becsapódási krátereknek van még egy jelentős buktatója, ez pedig a nemzetközi elismertetésük. Általában ásvány- és kőzettani vizsgálatok nélkül egy szerkezet becsapódási eredetét nem fogadják el (French 1998), márpedig eltemetett kráterek esetében többnyire igen nehéz, illetve esetenként lehetetlen a becsapódás által érintett kőzetekből mintát szerezni. Így egy eltemetett meteorkráter, még ha a legtökéletesebben igazolják is a közvetett adatok, a nagy nemzetközi katalógusokban csak a „valószínű”, rosszabb esetben a „lehetséges” besorolást nyerheti el.

#### A tanulmány szerzői

Bodoky Tamás, Kiss János

#### Jegyzetek

- <sup>1)</sup> A témához tartozik még egy személyes információ. 2007-ben az MGE és az MFT közös nagykanizsai ankétján adtam elő a becsapódási kráterek képződési folyamatáról, és hazai illusztrációként ennek a dolgozatnak néhány elemét mutattam be. A hozzászólások során felállt egy helyi kolléga és elmesélte, hogy az OKGT az „öböl” területén fúrt. A fúrásnál 1700 m mélységben hirtelen elment az iszap, és végül egy patakot kellett a fúráshoz vezetni, mert olyan nagy volt a folyamatos fúróiszap-vesztés a továbbiakban. Ez az adott mélységben egy igen erősen összetört kőzetre utal, ami megint csak jól illik a kráterhipotézisbe. Sajnos pontosabb adatokat nem sikerült szerezni erről a fúrásról. (Bodoky T.)
- <sup>2)</sup> Lehet, hogy továbblépést hozhatna az is, ha egy geológus megvizsgálná a kráterperem kibúvársra eső részeit a Bakonyban, mert a szakirodalom a szomszédos kőzetek jellegzetes kónuszos repedezettségéről beszél, ezt általában az „impact” eredet bizonyítékeként is elfogadják (French 1998, Ernstson, Claudin). De hozzá kell azért ehhez fűzni, hogy a kónuszos repedezettséget gránitokban írták le, és nem tudjuk, hogy karbonátokban szintén megjelenik-e.

#### Hivatkozások

- Bodoky T. (2004): Becsapódási kráterek a Földön. Magyar Geofizika, 45/1, 51–55.
- Bodoky T., Kummer I., Kloska K., Fancsik T., Hegedűs E. (2004): A magyarmecskai tellurikus vezetőképesség anomália: eltemetett meteor kráter? Magyar Geofizika, 45/3, 96–101.
- Bodoky T., Kis M., Kummer I., Don Gy. (2006): The telluric conductivity anomaly at Magyarmecske: is it a buried impact crater? In: 40th ESLAB Proceedings CD – First International Conference on Impact Cratering in the Solar System, Noordwijk
- Bodoky T., Don Gy., Kis M., Kummer I., Posgay K., Sörös L. (2007): Is the Magyarmecske telluric conductivity anomaly a buried impact structure? Central European Geology, 50/3, 199–223, DOI: 10.1556/CEuGeol.50.2007.3.2.
- Bodoky T., Kiss J., (2014): A dabronyi negatív gravitációs anomália vizsgálata: eltemetett meteor kráter? Magyar Geofizika, 55/2, 82–88.
- Ernstson K., Claudin F.: Ernstson Claudin impact structures – meteor craters / Geophysics of impact structures. <http://www.impact-structures.com/geophysics-of-impact-structures-2/gravity-surveys/>
- French B. M. (1998): Traces of Catastrophe: A Handbook of Shock-Metamorphic Effects in Terrestrial Meteorite Impact Structures – LPI Contribution No. 945, Lunar and Planetary Institute, Houston
- Hajnal Z., Takacs E., Pandit B., Annesley I. R. (2015): Uranium mineralization indicators from seismic and well log data in the Shea Creek area at the southern margin of the Carswell impact structure, Athabasca Basin, Canada. Geophysical Prospecting, 63/4, 861–880.
- Kilényi É., Kröll A., Obernauer D., Šefara J., Steihauser P., Szabó Z., Wessely G. (1991): Pre-Tertiary basement contour map of the Carpathian Basin beneath Austria, Czechoslovakia and Hungary. Geophysical Transactions, 36/1–2, 15–36.
- Nemesi L., Varga G., Madarasi A. (2000): Telluric map of Transdanubia. Geophysical Transactions, 43, 169–204.
- Pilkington M., Grieve R. A. F. (1992): The geophysical signature of terrestrial impact craters. Reviews of Geophysics, 30, 161–168.
- Szalay I., Guthy T., Gömböcz L. (2011): Az 1965–67. évi dunántúli kéregkutató mérések refrakciós tomográfias feldolgozása. Magyar Geofizika, 52/4, 193–209.
- Szénás Gy., (1965): The geological establishment of the geophysical mapping of Hungary. Yearbook of the Roland Eötvös Geophysical Institute of Hungary 1965/2, Műszaki Könyvkiadó, Budapest



# A szilárdásvány- és a vízkutató mélyfúrás-geofizika fejlődése az utóbbi 50 évben

## *Első rész: csörlős berendezések, felszíni műszerek, regisztrálók*

SZONGOTH G.<sup>®</sup>, BURÁNSZKI J.

Geo-Log Környezetvédelmi és Geofizikai Kft., 1145 Budapest, Szugló u. 54.

<sup>®</sup>E-mail: posta@geo-log.hu

### Bevezetés

1971-ben végeztem az Eötvös Loránd Tudományegyetemen, és ennek az évnek az őszétől az Eötvös Loránd Geofizikai Intézetben (ELGI) kezdtem dolgozni, így alkalmam volt nyomon követni az utóbbi majdnem 50 évben a szilárdásvány- és vízkutató mélyfúrás-geofizika (módszer, műszer) fejlődését az analóg kortól a teljes digitális korig. *Buránszki József* kollégám 1982-től dolgozott az ELGI-ben, és kisebb megszakítás után 2004-től a Geo-Log-ban, így ő is aktív résztvevője volt ennek a kornak.

Az ELGI 1970-ben költözött a Columbus utcai székházba, és *dr. Müller Pál* igazgató vezetésével gyors fejlődésnek indult. Különösen a műszerfejlesztés és gyártás, valamint a párhuzamosan folyó módszertani fejlesztések voltak sikeresek. 1971-ben még nem voltak személyi számítógépek, illetve processzorok, ez éppen a digitális világ kezdete volt. Szó sem lehetett nyugati alkatrészek vagy műszerek vásárlásáról, mindent magunknak kellett kifejleszteni. Szerencsére volt az Intézetben néhány igen jó szakember, így a műszerfejlesztésünk a KGST<sup>1</sup>-n belül, de néhány termék-nél még világviszonylatban is, igen sikeres volt. Ezen belül is élenjáró volt a mélyfúrás-geofizika, tucatszám adtuk el a K-300 és K-500-as UAZ-ra épített 300 és 500 méteres csörlős berendezéseket, műszerekkel és szondákkal. Megindult a digitális fejlesztés is, ebben is élenjárók voltunk a környező országokhoz képest, és előbb volt digitális műszerkocsink, mint a hazai olajiparnak.

Sajnos a KGST mindent felvásárló „falánksága” elkényelmesítette a fejlesztést. Hibás döntés volt például olajipari szondák gyártása, mert ott nem lehetett versenyezni az amerikai gyártókkal, viszont elvonta a humán- és pénzügyi erőforrásokat a többi fejlesztés és gyártás elől. Aztán bekövetkezett a rendszerváltás, a piac beszűkült és jöttek a leépítések (1993). Ezzel vége is lett az ELGI műszerfejlesztésének, sőt néhány év múlva magának a gyakorlati karotázstevékenységének is. A műszergyártást a Geoport Kft.

vitte tovább, ők hazai és néhány külföldi piacra (Ausztria, Tunisz) gyártják a mérőberendezéseket (csörlő és digitális mérésadatgyűjtő), valamint az ELGI-ben kifejlesztett szondákat.

A mérési, valamint a módszer- és műszerfejlesztési tevékenységet az 1990-ben alakult Geo-Log Kft. folytatta és működik sikeresen immár több mint 29 éve. Meghatározó céggé vált Közép-Európában, valószínűleg Németországig nincs hasonló „méretű” karotázsvállalkozás. Műszerezettsége és tevékenysége követi a világszínvonalat, a legfejlettebb új műszereket (akusztikus lyuktelevízió, Dipméter, NMR, forgófejes színes videokamera) külföldről szerzi be vagy bérlő, de az alap műszerezettsége saját fejlesztésű. Így az ELGI korábbi tevékenysége nem veszett kárba, legalábbis a szervizmunka területén, de a nagy volumenű műszerfejlesztés és -gyártás – amellyel a világszínvonal közelében voltunk – már a múlté.

A továbbiakban áttekintjük, hogy honnan indult és hová fejlődött az elmúlt 50 év alatt a mélyfúrás-geofizika Magyarországon a földtani alap kutatás, a szilárdásvány- és a vízkutatás területén.

A mérföldkövek:

- A kezdetek (analóg világ) 1975-ig
- Digitális fejlesztések kora 1975–1990
- 100%-os digitális adatrögzítés 1990-től
- Nagy sebességű digitális adatátvitel hagyományos karotázskábelben 2015-től

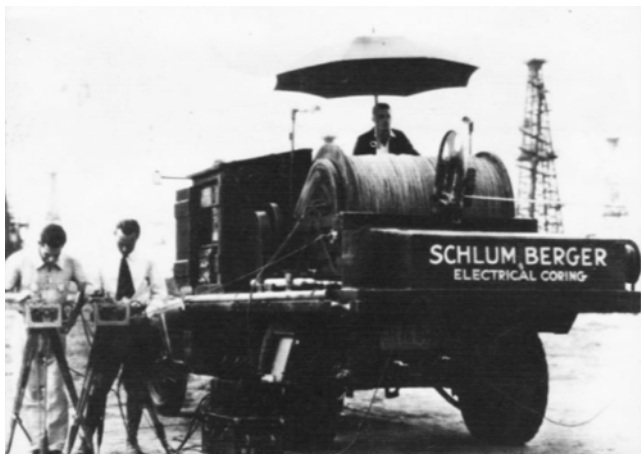
### Csőrlős berendezések

A csörlős berendezések két fő egysége a terepjáró hordozójármű és a mérőkábelt tartalmazó csörlőmű, valamint annak tartozékai: csörlővezérlő, sorrakó, mélységjeladó, kollektor, kábelfej, kábelterhelés-mérő.

### Terepjáró gépkocsik

Nehéz megállni, hogy az elején ne mutassuk be a karotázsbereendezések őst, a Schlumberger testvérek mérőberendezését a 20-as évekből.

<sup>1</sup> KGST – a szocialista országok Kölcsonös Gazdasági Segítség Tanácsa volt.



1. ábra. Az első karotázsberendezés az 1920-as évekből

Ennél már valamivel korszerűbb gépkocsiállományunk volt a 70-es években: a kis berendezések (K-500) UAZ-ok, a közepesek (K-1500) GAZ-66-ok, a nagy berendezések (K-3000) ZIL-131-es szovjet terepjárók voltak. (A berendezések nevében a szám ekkor még a maximális mérési mélységet jelzi.)

Az UAZ-ok csodálatos terepjárók voltak, még a visontai külszíni bányát is bírták, csak az nem volt biztos, hogy a 2×100 km országúti távolság megtételét probléma nélkül teljesítik-e.

A gépkocsiállomány az évek során természetesen jelentősen fejlődött, már lehetett „nyugati” járműveket is vásárolni. Áttértünk a Toyota Hiace 4×4-ekre, ezek jóval korszerűbbek, de kevésbé jó terepjárók, a jó visontai agyag nem nekik való. A 2000-es évektől aztán a Mercedes Sprinter terepjáró (4×4) 3,5 és 4,5 tonnás változatára esett a választásunk. Ezek drága, de megbízható járművek, némelyikkel több mint 800 ezer kilométert tettünk meg kb. 10 év alatt, állandó maximális terheléssel.



2. ábra. A ponyvás ZIL a Szovjetunióban (1975)  
(Az első digitális karotázs műszerkocsi Magyarországon)

A kábeldobon a sorrakás már nem kábelkormánnyal történik, mint a kezdetekben, hanem különböző direkt sorrakók működnek, amelyek működési elvüket tekintve mind a LEBUS cég rendszerének különböző változatai,



3. ábra. Duplatetős UAZ-ok az iráni sivatagban (1990)  
(Uránérckutatás)



4. ábra. Mercedes és Toyota műszerkocsik a Geo-Log telephelyén (2010)



5. ábra. A Tatra a Széchenyi Fürdő kútjánál (1998)



6. ábra. A Geo-Log új K-4000-es műszerkocsija (2019)

azonban közös bennük, hogy szellemes mechanikus szerkezetek. A hagyományos csúszóérintkezős kollektort az utóbbi években felváltotta az ún. higanyos kollektor, amely jóval megbízhatóbb, és kisebb szervizigényű.

A 70-es években még folyt érckutatás (Recsk, Börzsöny), szénkutató pedig még a 80-as években is volt (pl. Eocén program), ezekhez a nagy kapacitású berendezések kellettek. Bár ezek a kutatások megszűntek, azonban a termálkutatás vizsgálatánál 2000–3000 méter kapacitású berendezésre továbbra is szükség van, és az állami feladatokhoz (Paksi helyszíni vizsgálatok, Bodai Agyagkő Formáció kutatása) kapcsolódó mélyföldtani kutatófúrások is nagyberendezést igényelnek.

A nagyberendezések sorában a ZIL-ek után a Tatra 815 következett, amely korszerű járműnek számított, igaz 35 évvel ezelőtt.

Manapság már igen korszerű teherautók léteznek (Mercedes, Volvo, Scania), mi a Renault MDB3, 14 t, 4×4-et választottuk, amely jóval rövidebb és könnyebb a Tátránál, és így könnyebb vele manőverezni a szűk fúrási területeken, és bejutni a budapesti telephelyünkre.



7. ábra. Tatra csörlővezérlő és kábelvezető pult

## Csőrlőművek

A csörlőknél a direkt mechanikus hajtás helyett (ZIL, UAZ) a kis és közepes berendezéseknél áttértünk a gépkocsimotortól független elektromos hajtásra, a Tátránál és Renault-nál pedig a gépkocsi mellék meghajtóműve vezérli a hidraulikus csörlőhajtást. A csörlővezérlés is nagyon leegyszerűsödött, a Renault-nál már „botkormány” lehet irányítani a csörlőt, a sebességtartomány 1-től 100 m/perc-ig terjed mindkét irányban.

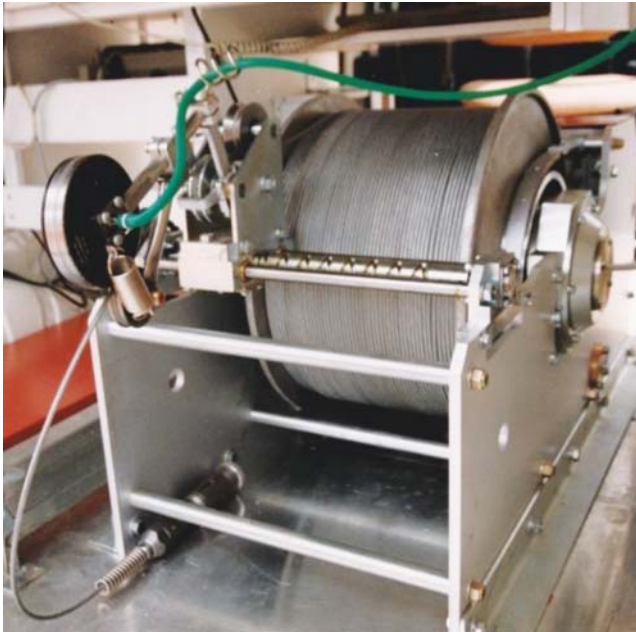
A műszerkabin is megváltozott, már nincs kábelkormány, nincs bonyolult csörlővezérlő pult, a csörlő irányítása botkormánnyal történik, a sebességtartás automatikus, az aktuális mélység, sebesség, továbbá a kábelterhelés több kijelzőn és a mérést irányító laptopon is megjelenik.

A legnagyobb változás a mélységmérés területén történt, a mechanikus mélységzámoló és regisztráló meghajtás helyett 1975-ben bevezettük a digitális mélységjeladót, népszerű nevén „gombafejet”. Ez tette lehetővé, hogy elkezdjünk átérni a digitális adatrögzítésre, a képernyős kijelzésre, a mátrixprinter regisztrálásra és a mérés közbeni számítások végzésére.



8. ábra. Renault műszerkabin





9. ábra. 2000-es csörlő egyszerű kábel megvezetéssel

A 9. ábrán bemutatunk egy 2000 méter kapacitású elektromos meghajtású csörlőt az eredeti gombafej-kialakítással, ahol egy kerék szorítja a kábelt a mérőkerékhez. Manapság egy korszerű mérőfejnél 6–8 vezetőkerék (10. ábra) biztosítja a kábel egyenes futását a mérőkeréken, ami lehetővé teszi a pontos mélységmérést.

A csörlőhöz, illetve a kábelhez nélkülözhetetlen tartozék a kábelfej. Az ELGI a 70-es évek elején tért át a gyorscsatlakozóra, az addigi igen körülményes, hosszú ideig tartó kábelerenkénti csatlakozásról (koszolás), ami ráadásul sok hiba forrása is volt. A gyorscsatlakozó egységes KGST-termék lett, talán a KGST-időszak legnagyobb haszna a karotázseszközök számára, mert ezt a kábelfejet ( $\varnothing$  36 mm átmérő) azóta is sikerrel használjuk, néhány kisebb módosítással a mechanikus megerősítés érdekében.



10. ábra. Korszerű (nagy pontosságú) mérőkerék-kialakítás

## Felszíni műszerek

A mélyfúrás-geofizika specialitása, hogy a detektorokat egy keskeny nyomásálló szondaházban engedjük be a fúrásba, míg a szondák tápellátását és a mért információ tárolását a felszínen levő műszeregyüttes biztosítja. A felszíni műszeregyüttes további feladata a mélységmérés és kijelzés, a mért görbék megjelenítése valamilyen regisztrálón, valamint a mért adatok tárolása.



11. ábra. FOK-GYEM műszer fotoregisztrálóval



12. ábra. Az utolsó analóg (ún. fekete) műszer digitális egységgel kiegészítve

A 70-es években az ELGI–FOK–GYEM koprodukcióban készült felszíni műszerekkel folyták a mérések. Ez a műszeregyüttes rack (fiókos állvány) rendszerű volt, minden rackfiók egy-egy adott típusú szondát kezelte. Külön rackfiók volt a táp, külön rackfiók fogadta és dolgozta fel a jeleket. A fiókok rengeteg kijelzőt, potenciométert és kapcsolót tartalmaztak. A megjelenítés filmre történt, a fotoregisztráló és a csörlő között az összeköttetést kardántengely biztosította. A mélység helyesbítés menete: a kábelre erősített mélységjeleket a terepi segéd munkás leintette, és az észlelő ez alapján a mélység helyesbítő szerkezet, az ún. „ratrapör” segítségével egyenletesen elosztotta – pozitív vagy negatív irányban – a mélységeltérést. Ezek a műszerek nagyon megbízhatóak voltak, több mint egy évtizedig készültek az időközben különböző új rackfiókokkal bővülő rendszerek.

A legkorszerűbb analóg műszer a 70-es évek végén készült el. Ez már emelet beosztású volt (elektromos, nukleáris, akusztikus emelet), papíros regisztrálóval és volt digitalizáló emelet is: display, kazettafon (12. ábra).

### Az első digitális műszerek

A digitális technikára való áttérés a 70-es évek közepén kezdődött. 1975-ben kaptuk azt a feladatot az ELGI-ben, hogy leheljük életet a K-3000-es (3000 méter kapacitás) digitális műszerrel felszerelt műszerkocsiba. Ez volt az első digitális berendezés Magyarországon (beleértve az olajipart is!) sőt az egész szocialista táborban. Ezzel a berendezéssel már minden mérést digitálisan rögzítettünk, még teljes akusztikus hullámképet, IP lecsengő görbét és természetes-gamma-spektrumot is, 1/2"-os NDK mágnesszalagos magnetofonra (sajnos fotó nem maradt fent erről az eszköztől). A berendezést sikerült használható állapotba hozni, évekig ezzel a berendezéssel végeztük a mélyebb fúrások mérését, és ezentúl rengeteg kísérleti mérést is végeztünk (neutronporozitás, akusztikus hullámkép-regisztrálás, spektrálmérés stb.) vele.

A berendezés beceneve „Nagy Digi” volt, ugyanis ebben az időszakban készült a KD-10 („Kis Digi”), majd KD-30-as digitalizáló (500 méterig), amelyek kazettafonra rögzítették a digitalizált analóg görbéket. A KD-30 már képernyővel is rendelkezett (12. ábra).



13. ábra. A KD-20 digitális műszer



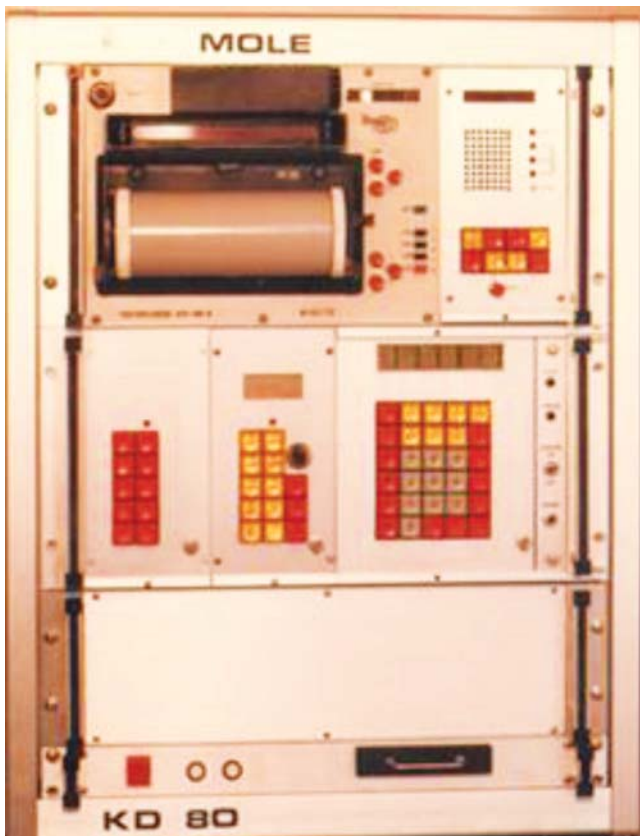
14. ábra. A KD-10 digitalizáló első változata

Az első processzort tartalmazó berendezés (KD-20) megtekinthető az ELGI által létrehozott Eötvös Loránd Enlégységgyűjtemény „Eötvös kora utáni műszerek” részében (14. ábra). Ez a műszer a KGST piacra készült, de a szoftvere – és így a műszer kezelése is – túl bonyolultultra sikerült, ezért nem volt piacképes, pedig 2 db drága Cartridge típusú mágnesszalagos egységet is tartalmazott. (A maradék Cartridge-okkal igen jó üzletet csináltunk, az OKGT-ekkel elcseréltük ezeket 2 db McKick típusú kiseljeztett torony- és fordítókerékre, amelyeket még ma is használunk a mélyebb fúrásoknál.)

### MOLE

A műszerfejlesztésben a nagy áttörés a MOLE berendezés fejlesztése volt. Az addigi digitális műszerépítési tapasztalatok alapján 1981-ben határoztuk el, hogy egy egyszerűen kezelhető, minden típusú mérést (elektromos, nukleáris, technikai, akusztikus, spektrál) kezelő processzorvezérelt műszert építünk. Az akkor hozzáférhető processzorok igen szerény képességűek voltak, ezek közül a Motorola MC-6800 (8 bites) processzort választottuk. A gyenge processzorkapacitás miatt az osztott intelligencia volt a koncepciónk, minden részegység (mélységmérő, központi egység, különböző típusú szondák tápegysége, display, regisztráló, digitális adatrögzítő) külön-külön processzort kapott. Az MC-6800-at később lecseréltük volna a 16 bites 68000-re, de addigra elfogyott ennek a támogatása, így maradt az eredeti processzor. A műszer neve KD-80 volt a KGST besorolásban, de mi





15. ábra. Az első MOLE (1983)

MOLE-ra (Microprocessor Organised Logging Equipment) kereszteltük (a kezdő képernyőn egy vakond – „mole” – ereszkedik le egy kábelén). A műszer első változata 1983-ban készült el, ezt a változatot a 15. ábra mutatja. Ekkor még nem készült el a képernyőmodul és a mágnesszalagos egység, a regisztrálás fotoregisztrálóra történt. 1-2 év alatt továbbfejlesztettük a berendezést, és kialakult a teljes rendszer (16. ábra).

A komplett MOLE az alábbi egységekből állt (fentről lefelé):



16. ábra. MOLE teljes kiépítése

- képernyő, kazettafón
- spektrál felszíni, akusztikus felszíni, kábelrendező fiók, mélységmérő egység
- analóg (elektromos) felszíni, nukleáris/technikai felszíni, EEPROM
- tápemelet, előtte: klaviatúra a programozáshoz; mellette: mátrixprinter, 1/2"-os magnó, programégető. (Az EEPROM elektromosan törölhető átmeneti memória volt a mért szelvények átmeneti tárolására és visszaolvasására a következő méréskor!)



17. ábra. Beépíthető New Mole műszer



18. ábra. Hordozható New Mole műszer

A MOLE-t több magyar cég is használta, és eladtunk belőle az egykori szocialista országokba (Románia, Szovjetunió, Csehszlovákia) néhány darabot. Az évek során számos korszerűsítést végeztünk, különösen a digitális adatrögzítés fejlődött: a kazettafont és az 1/2"-os magneto-font sorra felváltották a következők: 5/4"-os, majd 3/8"-os floppy, CD, DVD és végül a pendrive. A MOLE-t 6 mérőkocsiban 33 évig használtuk (egy berendezésben még van működőképes példány), bejártuk vele Európa keleti felét és Németországtól Ciprusig, és mindenütt magas színvonalú, sikeres munkát végzünk vele.

Több évtized telt el, mire lehetőségünk adódott a MOLE műszer megújítására. Az új műszer (New Mole) 2016-ban készült el, és ma már csak ezt a műszert használjuk.

Ez a műszer már „csak” a szondák tápját látja el, és fogadja a különböző típusú információkat. A mérésvezérlést, az adatok feldolgozását, tárolását és megjelenítését egy nagy kapacitású laptopon működő célszoftver biztosítja. A berendezés digitális szondajeleket is fogad, így kezeli a nagy felbontású színes kamerák információit is.



19. ábra. Egy ősi fotoregisztráló

A műszert kétféle kivitelben készítjük, lapos, beépíthető és hordozható változatban.

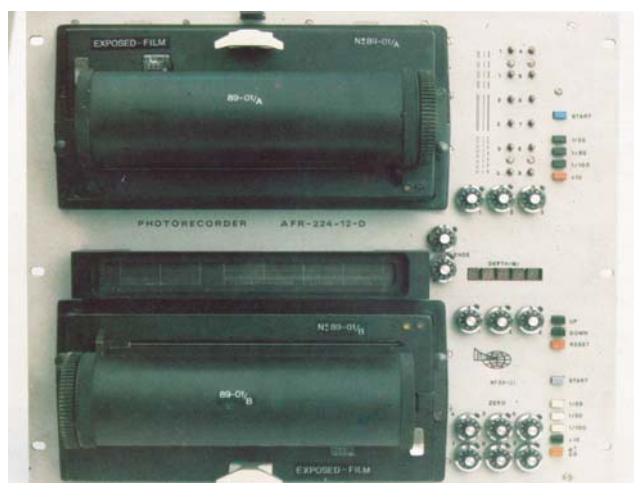
A MOLE mellett más részlegnél más műszerfejlesztés is folyt. Egyik ilyen műszert, a Welldas 2012 műszert a Geoport Kft. ma is gyártja, ilyen műszert használnak ma a magyarországi kisebb karotázscégek.

## Regisztrálók

A mért görbékét eredetileg csak fotoregisztrálókon jelenítettük meg, amelyek csodálatos finommechanikai alkotások voltak, 10–12 galvanométerrel, egy keskenyebb és egy szélesebb rajz mezővel. Lehetett hüvelykes és cm-es, lineáris és logaritmikus raszter mezőt választani és az egész mérés alatt koncentráltan figyelni a galvanométer mozgását, kell-e valamit változtatni a beállításokon. A mérés után jött a film előhívása, fixálása, mosása és szárítása. Egy 1000 m-es recski fúrás 1:200-as léptékű felvétele 5 méter hosszú volt, ismétlésekkel 6 méter, ezt nem volt könnyű úgy szárítani, hogy a film ne ragadjon össze. Nem beszélve arról, hogy mi történt, ha a segédmunkás először a fixírbete a filmet, vagy az fényt kapott hívás közben.

A 20. ábra egy duplakazettás fotoregisztráló előlapját mutatja. Látható, hogy a kezelése nem volt egyszerű (14 helipot, 14 nyomógomb, 12 kapcsoló, mélységkijelző, galvanométer, max. 9 szelvényrögzítési lehetőség). Az észlelőnek az 1–9 görbét a keskeny kijelzőn kellett követnie az egész mérés alatt, ha egy méréstartományt rosszul állított be, kezdhette előlről a mérést. A dupla kazettára azért volt szükség, hogy egyszerre 2 léptékben lehessen felvételt készíteni. Ebből a típusú regisztrálóból (szerencsére) csak egy készült 1989-ben. A szimpla fotoregisztrálókat (14. és 15. ábra) évekig sikeresen alkalmaztuk.

A fotoregisztrálók kiváltására különböző típusú direktírókat szereztünk be, illetve gyártottunk. A 21. ábra egy 4 csatornás direktírót ábrázol, melynek a kezelése sem volt egyszerű, pedig csak max. 4 szelvényt lehetett egyszerre regisztrálni.



20. ábra. Duplakazettás fotoregisztráló





21. ábra. Különböző típusú direktirók

A golyóstollas regisztrálóba beleragadt a golyó, a filctollasba beszáradt a tinta. A regisztrálópapír nedves időben megpuhult, szakította a toll, nem vezették egyenesen a görgők. Max. 2–4 mezőbe lehetett regisztrálni – nem volt öröm dolgozni ezekkel a regisztrálókkal. Az igazi áttörést a mátrixprinter alkalmazása jelentette, persze erre csak akkor kerülhetett sor, amikor már megjelentek a processzoros mérőműszerek. Az Epson FX 850 típusú mátrixprinter



22. ábra. Négycsatornás direktiró

híhetetlen strapabíró, 2 példányát Iránban is megjárta egy-egy UAZ falára szerelve, nem számított a 45 °C-os hőség, a rázkódás, így Irán után még évtizedekig használtuk. Mérés közben indigós papírral dupla, sőt tripla példányt is lehetett nyomtatni, egyet a helyszínen tudtunk hagyni a fúrónak, egyetadtunk a geológusnak és nekünk is maradt egy példány. Jelenleg is ilyen nyomtatók vannak a mérőkocsikban, de már ritkán használjuk, mert digitálisan adjuk át az adatokat a megrendelőnek és küldjük be az irodánkba.

(A következő számban a szondákkal és a módszertannal folytatjuk az ismertetést.)



23. ábra. Klasszikus műszerkabinbelső, falra szerelt Epson FX-850 regisztrálóval és MOLE műszerrel

*Szongoth Gábor, Buránszki József*

## Az Eötvös kísérlet – történelmi keretben

2019-ben emlékeztünk Eötvös Loránd halálának 100. évfordulójára. A Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal és több szakmai szervezet támogatásával számos emlékező eseményen vehettünk részt. Az emlékezéssorozat egyik kitüntetett és maradandó attrakciója Eötvös egy be nem fejezett, de tudományos és tudománytörténeti szempontból jelentős munkájának könyv formában történő megjelentetése a súlyos és tehetetlen tömeg ekvivalenciájának vizsgálatáról *Az Eötvös kísérlet – történelmi keretben\** címmel. A könyv létrejöttét az Eötvös Loránd Geofizikai Alapítvány kezdeményezte. A kötet magyar és angol nyelven egyaránt megjelent, mindkét változat szerkesztője *Kilényi Éva*, kiadója az Unicus Műhely. A könyvek ünnepélyes bemutatására a Magyar Tudományos Akadémián került sor, a 2019. évi World Science Forum keretében, 2019. november 20-án.

Mai kifejezéssel élve joggal nevezhetnénk a kötetet hiánypótlónak. Ennél azonban sokkal többről van szó. A könyv tisztelgés egy életmű előtt, aminek egyik írott lenyomata a könyv alapjául szolgáló kézirat. A kézirat – a tudományos tartalom túl – Eötvös életfilozófiáját, tudományhoz való kapcsolatát, igényességét és gondolkodásmódját őrzi, illetve – nem utolsó sorban – kézírásának esztétikumát is megjeleníti. A kézirat fennmaradásának történetére vonatkozóan a legtalálhatóbb jelzők a kalandos, tanulságos, kortörténeti jelentőségű és sok-sok szerencsével kísért. A könyv bevezetőjét olvasva az Olvasó erről személyesen is meggyőződhet.

A szerencsés fennmaradás nem lehetett csupán a véletlen műve. A kézirat megtalálása egyúttal kötelezvényt is jelentett az utókor számára ahhoz, hogy az anyag a magyar és egyetemes tudomány és kultúra, mindenki számára hozzáférhető részévé váljon. A közzététel felelősségét *Dávid Gábor*, a New York-i Stony Brook University magyar kutatóprofesszora vállalta, akinek figyelmét a kézirat létezésére az ekvivalenciakísérleteket szintén nagy érdeklődéssel követő *Ephraim Fischbach* (Purdue University) és *Samuel Aronson* (Brookhaven National Laboratory) hívták fel.

A kézirat 1909-ből származik. Eötvös ekkor még ereje teljében volt, tele kutatói ambícióval. Felmerül a kérdés, vajon miért nem ő maga jelentette meg a majdnem kész cikket? A választ csak sejtethetjük, de az talán épp az ambíciókkal és a tökéletesre való törekvéssel áll összefüggésben.

Az ekvivalenciaelv tanulmányozásával Eötvös már az 1880-as évek második felében foglalkozott. Felismerte,

hogy a korábban elért pontosságot hagyományos ejtési kísérletekkel vagy matematikai ingák lengésidejének mérésével már nem lehet fokozni. Torziós ingák egyensúlyi helyzetének pontos megfigyelésével viszont nagyon is. Ekkor még csak a hagyományos torziós inga állt rendelkezésre, a kísérlet elvét ehhez kellett kidolgoznia, és a kísérletet hajszálpontosan elvégeznie. Az első eredményeket, amelyek az ekvivalencia kimutatásában két-három nagyságrendet „verték” Bessel ezt megelőző, lengésidőmérésen alapuló mérési eredményeire, 1890-ben publikálta német és magyar nyelven is.

Eötvös eredményeire való hivatkozással, a Göttingeni Királyi Tudományos Társaság Beneke Alapítványa az ekvivalenciaelv további pontosítására írt ki pályázatot 1906-ban. A pályázatra – nem meglepő módon – Eötvös és kollégái, Pekár Dezső és Fekete Jenő nyújtottak be tanulmányt már az időközben kifejlesztett, általuk horizontális variométernek nevezett, nagy pontosságú eszközre alapozva. A pályázatban foglaltakat határidőre, 1909-re kellett teljesíteni, a határidő szorításában pedig (ki nem volt még hasonló helyzetben?) nem feltétlenül a tökéletes, hanem „csak” egy, a határidőre lezárt állapotú dolgozatot sikerült benyújtani. Erre utalhat a dolgozat Hippokratész-től kölcsönzött mottója: „Ars longa, vita brevis”. Szigorú fordításban „A művészet örök, az élet véges”, a dolgozatra vonatkoztatva kissé szabadabban pedig, „A történet végtelen, a számunkra adatott időben ennyire futotta...”.

Tökéletességre törekvő ember számára ez a gondolat feldolgozhatatlan. Félreértés azonban ne essék, a dolgozatban közölt eredmények egyáltalán nem számíthattak lebecsülendőnek, hiszen több mint egy nagyságrenddel pontosabban igazolták az ekvivalencia létezését, mint Eötvös 1890-es mérései, és 3-4 nagyságrenddel pontosabban, mint Bessel megelőző eredményei. Eötvös feltehetően tudatában lehetett azonban annak, hogy ha minden a kezére játszik, akkor a torziós ingával még ennél is nagyratörőbb eredményekre lehet képes. A lehetséges legpontosabb eredmény elérése előtt a kísérletekről készült kéziratát publikálásra még alkalmatlannak találta. A befejezetlenség gondolata különösen feszítővé válhatott 1915 után, amikor Einstein bemutatta általános relativitáselméletét, amelynek legfontosabb posztulátuma épp a súlyos és tehetetlen tömeg, anyagi minőségtől független azonossága. Ez a tény új lendületet adhatott Eötvösnek kísérletei pontosítására, de ennek teljesítésére ideje már véges volt.

Köztudott, hogy Einstein és Eötvös figyelemmel kísérte és tisztelte egymás munkásságát, erről több ízben zajlott levelezésük ad bizonyosságot. Szerencsés, hogy a levelezést a kötetben is olvashatjuk.

\* Kilényi Éva, ed. (2019) *Az Eötvös kísérlet – történelmi keretben*. Unicus Műhely, Budapest. 228 o., ISBN 978-615-5084-70-6. E-pub: <http://real-eod.mtak.hu/id/eprint/8265>

Ha valóban igaz a sejtés, hogy Eötvös nem tartotta érettnak munkáját a megjelentetésre, felmerül a kérdés, joga van-e megtenni ezt helyette az utókornak? A kérdés etikai jellegű, és bizonyára a könyv szerzőiben és szerkesztőjében is felmerült. A válasz azonban mára már többszörösen is eldőlt. Első ízben akkor, amikor a munkatársak, Pekár és Fekete 1922-ben, posztumusz megjelentették az Eötvös, Pekár és Fekete (EPF) által jegyzett cikket, amely kihagyásokkal és némi változtatással ugyan, de nagyrészt Eötvös autográf kéziratán alapult. A most megjelent kötet egyik eredetisége éppen abban rejlik, hogy kritikailag és tipográfiai jól elkülönítetten dolgozza egymás mellé a csak a kéziratban, csak az EPF cikkben, illetve mindkettőben egyaránt megjelenő tartalmakat.

A következő érv a megjelentetés mellett a munka iránti egyértelmű tudományos érdeklődés, amely az idők során többszörösen is tapinthatóvá vált. A munka relativitás-elmélethez való hozzájárulásáról már ejtettünk szót. A 80-as években azonban az 1922-es EPF-cikkben közöltek alapján *Fischbach* révén felvetődött a négy ismert erő (gravitációs, elektromágneses, erős és gyenge nukleáris erők) mellett egy új, anyagi minőségtől függő, közepes hatótávolságú, ún. „ötödik erő” léte is a természetben, és ennek igazolásához Eötvös eredeti kéziratához kellett visszanyúlni. Az új erőt kísérletileg egyelőre ugyan nem sikerült igazolni, a feltételezés azonban továbbra is él, ami Eötvös méréseinek az újkori fizikára vonatkozó erős hatását igazolja. Ugyancsak foglalkoztatja a fizikusokat az ekvivalenciaelv igazolásának további pontosítása is. Noha az Eötvös által elért pontosságot időközben már megdöntötték, beszédes a tény, hogy erre első ízben közel hat évtizedet kellett várni.

*Az Eötvös kísérlet – történelmi keretben* c. könyv megjelenésével a hazai és egyetemes tudomány egy jelentős művel gazdagodott. A kötet azon túl, hogy párhuzamosan mutatja be Eötvös eredeti kéziratát a később megjelent EPF-cikkkel, néhány nagyon izgalmas tudománytörténeti

kuriózumot is tartalmaz. Olvashatjuk Eötvös akadémiai beszámolóját az 1890-ben végzett kísérleteiről, a Beneke Alapítvány értékelését az 1909-ben benyújtott tanulmányról és egy érdekfeszítő, *Ephraim Fischbach* és *Szabó Zoltán* által jegyzett bevezetőt a kísérlet feltételezett körülményeiről, magáról a kéziratról és fennmaradásának kalandos történetéről. Egyetértve *Dávid Gáborral*, az egyik legnagyobb élmény a könyv kézbevételekor azonban a kézirat eredeti formában való böngészhetősége, amely az áthúzások, kiegészítések, széljegyzetek és kézi rajzok sokaságán keresztül a lehető legközelebb enged bennünket Eötvös valódi alkotói munkájához. *Dávid Gábor* bevezetőben írt szavainál pontosabban ezt nem is lehetne megfogalmazni:

„A kézírás többlet nyújt: a jelenlét illúzióját adja, mintha a szerző válla fölött kukucska meglesnénk a szerző kínlását, hogy témáját a legtisztábban, legvilágosabban öntse formába. Bepillantást enged a zseni mögött az emberbe, megmutatja a fogalmazványtól a végső, kikristályosodott formához vezető folyamatot.”

Az eötvösi hagyaték ápolásáért, ezen belül az Eötvös-kísérlet kéziratának megmentéséért és restaurálásáért köszönet illeti az Eötvös Loránd Geofizikai Alapítványt (ELGA, kuratóriumi elnöke *Pályi András*) és személyesen *Szabó Zoltánt*, az Eötvös Loránd Geofizikai Intézet nyugalmazott főosztályvezetőjét. Talán már ismertetőm elején szólnom kellett volna róla, de így a végén semmiképpen nem maradhat említés nélkül az a tény, hogy a kézirat néhány oldala, a kalandos előélet következtében, sajnos elkallódott. Ennek ismeretében különösen értékes és köszönetet érdemlő *Dávid Gábor* sziszifuszi erőfeszítése a kézirat itt-ott hiányos, néhol nehezen olvasható tartalmának tudományos igényességű felfejtésében és a végeredmény közreadásában.

Azért, hogy számunkra már csak az olvasás élvezete maradhasson!

*Kovács Péter*

# A Magyar Geofizikusok Egyesülete Titkárságának hírei



Az Eötvös Loránd-park csobogója (Fotó: hegyvidek.hu)

Tisztelt Tagtársunk!

Szeretnénk megosztani Önnel egy hírt, amely a következő címen az interneten is megtalálható:  
[http://pestbuda.hu/nyomtatasi/20200523\\_atadtak\\_az\\_eotvos\\_lorand\\_parkot\\_a\\_normafanal](http://pestbuda.hu/nyomtatasi/20200523_atadtak_az_eotvos_lorand_parkot_a_normafanal)

Átadták az Eötvös Loránd-parkot a Normafánál. Itt, az egykori Hotel Olimpia helyén több mint négyezer négyzetméteren új parkot alakítottak ki, ahol játszótér, valamint egy vízfelülettel ölelt csobogó is helyet kapott. Virágokat, 700 cserjét és 50 fát ültettek.

Több koncepciót is kidolgozott az önkormányzat arról, mi kerüljön a hotel helyére; sportpálya, parkoló, park, illetve ezek különböző variációi szerepeltek a tervek között.

Pokorni Zoltán polgármester kiemelte, hogy végül közösségi tervezéssel, a közeli KFKI-lakótelepen élők bevonásával döntöttek a végleges változatról.

A lakók kérésére nem épült parkoló vagy sportpálya, ezek helyett játszóteret alakítottak ki – amelyet alapvetően a kisebb gyerekekre méreteztek –, valamint padokat helyeztek ki, és egy kis vízfelületet alakítottak ki csobogóval. Ez a terület elsősorban a környéken élő, nagyrészt idősebb emberek pihenését szolgálja.

Az új park, amelynek nevééről a hegyvidékiek (és az EÖTVÖS100 felhívása nyomán szavazók) szavazatai alapján döntött az önkormányzat, a polgármester szerint átmentet képez a városias pihenőhely és a parkerdő között.

(Forrás: hegyvidek.hu)

## Megjelent a Crowdthermal H2020 projekt magyar nyelvű videója (Crowdthermal – Community-based development schemes for geothermal energy – A geotermikus energia közösségi alapú fejlesztési programja)

<https://www.youtube.com/watch?v=iTG9e7aStgI&t=>

A H2020 projekt célja, hogy az európai közösségek közvetlenül vehessenek részt a geotermikus fejlesztésekben, az alternatív közösségi finanszírozási módszerek és a társadalmi szerepvállalás révén. A projekt első lépésben a geotermikus projektek és technológiák átláthatóságán kíván javítani azzal, hogy közvetlen kapcsolatot teremtsen a geotermikus érdekeltek szereplők és a társadalom között. A Crowdthermal projekt az alternatív finanszírozási és kockázat-

csökkentési lehetőségek részleteit dolgozza ki, amelyek során különböző geotermikus erőforrásokat és különböző társadalmi-földrajzi helyzeteket vesznek figyelembe. A modelleket Izlandon, Magyarországon és Spanyolországban három esettanulmány feldolgozása alapján fejlesztik ki.

A részleteket megtalálják a projekt oldalán:

<https://www.crowdthermalproject.eu/>

Üdvözlettel,  
MGE Titkárság



# A Magyar Geofizikusok Egyesületének rendkívüli közgyűlése

A Magyar Geofizikusok Egyesületének rendkívüli közgyűlése

**2020. szeptember 4-én 15.00 órakor,**

határozatképtelenség esetén 15.30-kor kerül megrendezésre

*a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat Dísztermében:*  
**1143 Budapest, Stefánia út 14.**

## Ifjú Szakemberek Ankétja, 2020

Tisztelt Tagtársunk, Érdeklődők!

Egyesületünk elnöksége az idén kialakult vészhelyzet miatt és annak érdekében, hogy sikeres rendezvényt tudjunk tartani, úgy döntött, hogy az Ifjú Szakemberek Ankétját legközelebb 2021-ben tartja meg.

**Időpont:** 2021. március 26–27.

**Helyszín:** Zalakaros, Freya Hotel

Megértésüket megköszönve

Üdvözlettel,  
*MGE Titkárság*

\*\*\*

## Verő József Széchenyi-díjas geofizikussal beszélget Pluzsik Tamás

Kedves Tagtársunk!

Tisztelettel szeretnénk megosztani Illyés Benjámint levelét Önökkel.

Pluzsik Tamás riportsorozata keretében *Verő József* Széchenyi-díjas geofizikussal készített tartalmas beszélgetést. A linket megnyitva hallhatnak a soproni személyes és szakmai emlékeiről, köztük a nemzetközileg elismert

soproni–miskolci geofizikai oktatás-kutatás megindulásának körülményeiről:

[https://www.youtube.com/watch?v=Dbt\\_hcB7POY](https://www.youtube.com/watch?v=Dbt_hcB7POY)

Jó szerencsét!

*Illyés Benjamin*

# Rendezvénynapló

|                      |   |   |
|----------------------|---|---|
| 2020. június         |   |   |
| jún. 24. – júl. 29.  | SPWLA 61st Annual Symposium – Virtual   | ONLINE                                      |
| 2020. július         |   |   |
| júl. 5–10.           | The 9th International Geosciences Student Conference  | Aachen, Németország                         |
| 2020. augusztus      |   |   |
| aug. 30. – szept. 3. | Near Surface Geoscience Conference & Exhibition   | Belgrád, Szerbia                            |
| aug. 30. – szept. 3. | 26th European Meeting of Environmental and Engineers Geophysics   | Belgrád, Szerbia                            |
| aug. 31. – szept. 1. | SPWLA Spring 2020: Topical Conference   | Houston, Texas, USA,<br>RESCHEDULED         |
| 2020. szeptember     |   |   |
| szept. 4.<br>15:00 h | Magyar Geofizikusok Egyesületének rendkívüli közgyűlése   | MBFSz Székház,<br>Budapest, Stefánia út 14. |
| szept. 7–11.         | 6th International Conference on Geotechnical and Geophysical Site Characterization  | Budapest,<br>Magyarország                   |
| szept. 8–11.         | Second EAGE Workshop on Assessment of Landslide Hazards and Impact on Communities   | Kiev, Ukrajna                               |
| szept. 14–18.        | Engineering and Mining Geophysics, 2020   | Perm, Oroszország                           |
| szept. 28. – okt. 1. | AAPG International Conference & Exhibition  | Madrid, Spanyolország                       |
| 2020. október        |   |   |
| okt. 11–16.          | SEG International Exposition and 90th Annual Meeting  | Houston,<br>Texas USA                       |
| okt. 26–28.          | First EAGE Conference on Sismic Inversion   | Porto, Portugália                           |
| 2020. november       |   |   |
| nov. 10–13.          | XIV. International Scientific Conference „Monitoring of Geological Processes and the Ecological Condition of the Environment” | Kiev, Ukrajna                               |
| nov. 16–18.          | First Geoscience and Engineering in Energy Transmission Conference  | Strasbourg,<br>Franciaország                |
| nov. 16–19.          | Saint Petersburg 2020: Geosciences: Converting Knowledge into Resources   | Szentpétervár,<br>Oroszország               |
| nov. 20–22.          | EAGE/AAPG Shale Gas Symposium   | Mnanama, Bahrain                            |
| 2020. december       |   |   |
| dec. 6–7.            | Third EAGE Workshop on Pore Pressure Prediction<br>Eight EAGE Workshop on Passive Seismic                                     | Amszterdam,<br>Hollandia                    |
| dec. 6–10.           | 23rd World Petroleum Congress – Exploring Innovative Energy Solutions   | Houston,<br>Texas USA                       |
| dec. 7–11.           | AGU Fall Meeting  | San Francisco, California, USA              |
| dec. 8–11.           | 82nd EAGE Annual Conference and Exhibition  | Amszterdam, Hollandia,<br>RESCHEDULED       |

További részletek, referenciák az MGE ([www.mageof.hu](http://www.mageof.hu)), illetve az EAGE ([www.eage.org](http://www.eage.org)), a SEG ([www.seg.org](http://www.seg.org)), a SPWLA ([www.spwla.org](http://www.spwla.org)) és az EGU ([www.egu.eu](http://www.egu.eu)) honlapjairól érhetőek el. Szerkesztőség



# 1972 Megkezdődött a nagy mélységű fúrások rétegvizsgálata



A teljesen magyar és több szabadalommal védett nagy hőállóságú robbantószerek első terepi alkalmazása 1972 augusztusában a Budafa-V jelű fúrásban.

A 7 éve folyó intenzív kutatás-fejlesztést Deres János irányította. Az alkalmazott új robbanóanyagok kifejlesztését és gyártását Bencz Győző vegyészmérnök vezette

Ezt követően egymás után sor került a megfelelő perforátorok hiánya miatt addig kivizsgálásra váró nagy mélységű fúrások megnyitására. Ekkor több fúrás már 2 éve várt a hőálló robbanóanyagokra (Lovászi-II, Bősárkány-I stb.)



A rétegvizsgálatoknál alkalmazott Tátra karotázs-műszerkocsi



MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE

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

E-mail: [postmaster@mageof.t-online.hu](mailto:postmaster@mageof.t-online.hu); Honlap: [www.mageof.hu](http://www.mageof.hu)