

MAGYAR GEOFIZIKA

HUNGARIAN GEOPHYSICS

A MAGYAR
GEOFIZIKUSOK
EGYESÜLETÉNEK
FOLYÓIRATA



JOURNAL OF THE
ASSOCIATION
OF HUNGARIAN
GEOPHYSICISTS

A Szerkesztőség köszönete

A Magyar Geofizikai Egyesület 2025. évi rendes Közgyűlése
Eötvös Loránd síremlékének koszorúzása

MagnetoTellurikus Országos Alapszelvények –
a Dunántúli MTOA-02 szelvény komplex feldolgozása

A dinamikakompresszió alkalmazása a Csőszhalom kutatási terület
földmágneses adatainak feldolgozásában

Jégzajlás – „non capable”?

XVII. Országos Középiskolai
Földtudományi Diákkonferencia

In memoriam:

Dr. Ádám Antal

Dr. Somogyi József



MAGYAR GEOFIZIKA

HUNGARIAN GEOPHYSICS

64. évfolyam (2024) 4. szám



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

TARTALOM • CONTENTS

SZERKESZTŐSÉGI ROVAT • EDITORIAL

- 135 A Szerkesztőség köszönete (Acknowledgments) – *Szerkesztőség*

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

- 136 A Magyar Geofizikusok Egyesületének éves rendes közgyűlésének meghirdetése (Announcement of the Assembly of AHG) – *Szerkesztőség*
- 137 Eötvös Loránd sírjának koszorúzása (Wreath-laying on Roland Eötvös' tomb) – *Timár G.*

TANULMÁNY • PAPER

- 138 MagnetoTellurikus Országos Alapszelvények – a Dunántúli MTOA-02 szelvény komplex feldolgozása (Magnetotelluric National Basic Sections – complex data processing of the Transdanubian MTOA-02 section) – *Kiss J., Szebenyi R., Lukács T.*
- 153 A dinamikakompresszió alkalmazása a Csőszhalom kutatási terület földmágneses adatainak feldolgozásában (Application of dynamic compression in the geomagnetic survey of the Csőszhalom research area data processing) – *Pusztai S., Kis K.*

HOZZÁSZÓLÁS • COMMENT

- 162 Jégzajlás – „non capable”? – *Bodoky T. J.*

HÍREK • NEWS

- 164 XVII. Országos Középiskolai Földtudományi Diákkonferencia

IN MEMORIAM

- 165 Dr. Ádám Antal – *Szarka L.*
- 166 Dr. Somogyi József – *Szerkesztőség*

MAGYAR GEOFIZIKA

HUNGARIAN GEOPHYSICS

64. évfolyam (2024) 4. 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. GALSA ATTILA, DR. KISS JÁNOS, DR. LŐRINCZ KATALIN,

DR. PETHŐ GÁBOR, DR. SZABÓ NORBERT PÉTER

Technikai szerkesztő • Technical Editor

HOCK GÁBOR

E-mail: mageoftechn@gmail.com



Lapunk e számának megjelenését a
Magyar Tudományos Akadémia
támogatja

A szerkesztőség a szakcikkeket (tanulmányokat) szaklektorálás után közli. A szaklektorok névsorát az évfolyam záró számában 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: Dr. Timár Gábor

Szerkesztőség: 1145 Budapest, Columbus u. 17-23.

Telefon: 06-30-811-8819

Titkársági e-mail: postmaster@mageof.t-online.hu

Honlap: www.mageofegy.hu

Megjelenik évente négyszer

INDEX: 26 507

HU ISSN 2677-1497 (online)

A Szerkesztőség köszönete

A Magyar Geofizika Szerkesztősége köszönetét fejezi ki a lap olvasóinak nevében is azoknak, akik a lap szerkesztésében, illetve színvonalának megőrzésében, javításában az elmúlt 2024. évben közreműködtek.

A tanulmányok, cikkek, hírek, beszámolók szerzőinek nevét mindig közöljük írásuk végén, így ezt nem ismételjük meg itt, de a köszönet természetesen nekik is szól.

Név szerint is szeretnénk megemlíteni itt azokat, akiknek a neve máshol nem jelent meg.

Köszönet a szakcikk-ek lektorainak! Ezt a sokszor sok vesződséggel járó munkát az elmúlt évben a következő kollégáink vállalták:

*Bodoky Tamás, Csontos András, Dobróka Mihály,
Gombár László, Heilig Balázs, Kis Márta, Kiss János,
Lemperger István, Less György, Lőrincz Katalin, Takács
Ernő, Török Kálmán, Vass Péter.*

Köszönet a hátapon közölt képek beküldőinek! Köszönjük, hogy kérésünkre vették a fáradságot, hogy sok évtizeddel ezelőtti fényképeket keressenek elő és juttassák el hozzánk, valamint köszönjük az Egyesület rendezvényeiről beküldött fényképeket is. A képeket a következő kollégáinktól kaptunk:

Végül, de nem utolsó sorban köszönjük *Hock Gábor* technikai szerkesztőnek a lap igényes külsejét és a szerkesztés magas minőségét, illetve *Petró Erzsébet*nek a lappal járó adminisztráció gördülékeny intézését!

*A Magyar Geofizika
Szerkesztőbizottsága*



MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE ASSOCIATION OF HUNGARIAN GEOPHYSICISTS

Tisztelt Tagtársunk!

Értesítjük, hogy a Magyar Geofizikusok Egyesületének Elnöksége az Egyesület éves rendes Közgyűlését **2025. április 25-ére 14:30 órára** hívja össze a **Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatóságának konferenciatermében (Budapest, XIV. Stefánia út 14.)**

A Közgyűlés akkor határozatképes, ha azon a tagság 50%-a + 1 fő jelen van.

Határozatképtelenség esetén az Elnökség az ismételt közgyűlésre

2025. április 25-én 15 órára

hívja össze a tagságot. A megismételt közgyűlés az Alapszabály értelmében a jelen lévő tagok számától függetlenül határozatképes. A megismételt közgyűlés napirendje a meghíúsult közgyűlés napirendjével azonos.

Tervezett napirendi pontok:

- Elnöki megnyitó
- Titkári beszámoló és közhasznúsági jelentés az Egyesület 2024. évi tevékenységéről
- Az MGE Felügyelőbizottságának beszámolója
- A Magyar Geofizikusokért Alapítvány Kuratóriumának és Felügyelőbizottságának beszámolója
- Hozzászólások
- Az Egyesület 2025. évi pénzügyi tervének előterjesztése
- Alapszabály-módosítás (az MGE székhelyének megváltoztatása)
- A Magyar Geofizikusokért Alapítvány alapító okiratának módosítása (székhelyének megváltoztatása)
- A Magyar Geofizikusokért Alapítvány megszüntetésének előterjesztése
- A Jelölőbizottság előterjesztése az alelnöki, főszerkesztői és a felügyelőbizottsági posztokra
- Szünet, szavazás
- Geofizikai érdekességek – szakmai előadás
- Kitüntetések, díjak átadása
- A Szavazatszedő Bizottság jelentése a választás eredményéről
- Zárszó

Alapszabályunk értelmében kérjük, hogy amennyiben a napirenddel kapcsolatosan további javaslata, észrevétele van, azt szíveskedjék legkésőbb **március 25-ig írásban** a Magyar Geofizikusok Egyesülete titkárságának címezve megtenni.

Budapest, 2025. március 20.

Szerkesztőség

Telefon, telefax: (+361)-201-9815 E-mail: postmaster@mageof.t-online.hu
H-1145 Budapest, Columbus u. 17–23. <http://www.mageofegy.hu>



MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE

ASSOCIATION OF HUNGARIAN GEOPHYSICISTS

Báró Eötvös Loránd, a budapesti tudományegyetem fizikaprofesszora az 1880-as években kezdte el tanulmányozni annak a lehetőségét, hogy hogyan lehet meghatározni (terepi körülmények között is) a gravitációs tér térbeli gradienseit. Évtizedes fejlesztőmunkával, munkatársaival együtt sikerült létrehoznia a terepálló horizontális variométert, amelyet a világ Eötvös-féle torziós ingaként ismer.



A nemzetközi elismerés eredményeképpen a magyar kormány 1907-ben Eötvös kutatócsoportját költségvetési intézményként ismerte el, amely 1920-tól a „báró Eötvös Loránd Geofizikai Intézet” nevet vette fel.

A Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) munkatársai között régi hagyomány volt, hogy Eötvös halálának évfordulóján (április 8.) megkoszorúzzák sírját a Kerepesi úti Temetőben. Később a Magyar Geofizikusok Egyesülete égisze alatt a koszorúzáson részt vett egy sor hazai földtudományi intézmény és szervezet, valamint azok az iskolák, amelyeket Eötvös Lorándról neveztek el.

A közös hagyományt folytatva, ez évben is megkoszorúzzuk az alkalmazott geofizika tudományát megalapító vi-

lágírú tudósnek, nagy elődünknek, Eötvös Lorándnak a síremlékét. A megemlékezésre ebben az évben április 4-én (pénteken) 11 órakor kerül sor a Fiumei úti Sírkertben (Budapest VIII., Fiumei út 16.). Tisztelettel felkérjük, hogy vegyen(ek) részt a megemlékezésen. Találkozó (szokás szerint) a Sírkert bejáratánál lesz $\frac{3}{4}$ 11-kor. A koszorúzásra idén is meghívtuk azoknak az intézményeknek, szervezeteknek és iskoláknak a képviselőit, amelyek viselik a nagy magyar geofizikus nevét.

Budapest, 2025. március 17.

A Magyar Geofizikusok Egyesületének elnöksége nevében:

Dr. Timár Gábor elnök

MagnetoTellurikus Országos Alapszelvények – a Dunántúli MTOA-02 szelvény komplex feldolgozása

KISS J.[®], SZEKENYI R., LUKÁCS T.

Szabályzott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága (SZTFH), Földtani Igazgatóság,
H-1051 Budapest, Sas utca 20–22.

[®]E-mail: janos.kiss@sztfh.hu

2023-ban kezdtük el a magnetotellurikus alapszelvényekkel kapcsolatos cikksorozatot (Kiss, Szekenyi 2023). Az első szelvényünk a CEL07 litoszférakutató szelvény nyomvonalában mért magnetotellurikus mérési adatokat mutatta be. Mivel ez a szelvény az osztrák országhatártól a horvát országhatárig futott, így MTOA-01 (MagnetoTellurikus Országos Alapszelvény, No1) névre kereszteltük. A névből adódik, hogy a programot folytatni akarjuk nyugatról kelet felé haladva, összedolgozva a korábban különböző célból mért, de eddig külön életet élő magnetotellurikus szondázásokat és szelvényeket. Jelen tanulmány az MTOA-02 szelvény komplex adatait, ezek feldolgozását, az archív KA-3, Som-101, SB-1 MT szelvények összedolgozását mutatja be.

Kiss, J., Szekenyi, R., Lukács, T.: Magnetotelluric National Basic Sections – complex data processing of the Transdanubian MTOA-02 section

In 2023, we started a series of articles in Hungarian Geophysics on magnetotelluric baseline sections (Kiss, Szekenyi 2023). Our first section presented magnetotelluric measurements taken in the track of the CEL07 lithosphere survey profile. Since this section ran from the Austrian border to the Croatian border, it was named MTOA-01 (MagnetoTelluric National Baseline Section No1). The name implies that we want to continue the programme from west to east, combining magnetotelluric soundings and sections previously measured for different purposes but living separate lives so far. This paper presents the processing of the complex data from the MTOA-02 section, based on archival KA-3, Som-101, SB-1 MT sections.

Beérkezett: 2024. november 24.; *elfogadva:* 2025. február 24.

Az MTOA-02 alapszelvény

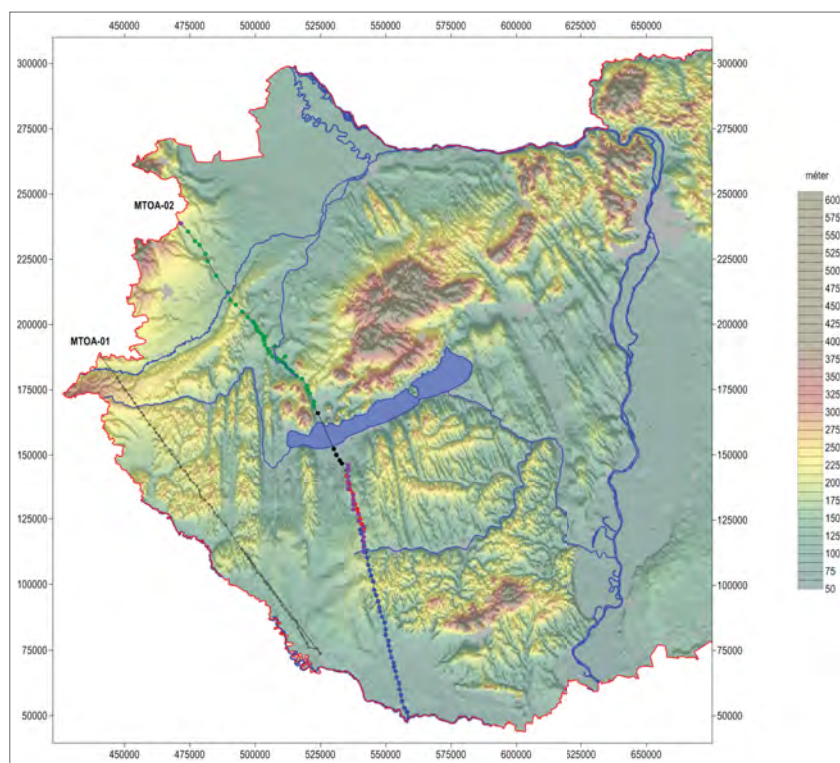
Ez a szelvény a kisalföldi földtani kutatás KA-3 szelvénye (ELGI 1990), a Nagyatád (MOL 1985) hálózatos és Somogyásmon 101-es szelvény (MOL 2021) CH-kutatáshoz kapcsolódó magnetotellurikus – MT, CSAMT¹⁾ – mérései, valamint a Dél-Dunántúl SB-1 szelvény (ELGI, 1992) magnetotellurikus szondázásaiból és néhány új, 2023. évi mérési adataiból áll össze, azaz 5 mérési kampány MT-adatait jeleníti meg egyszerre.

Van egy ~15 km-es hiányzó rész (Szigliget és Fonyód között) a Balaton miatt (1. ábra). A különböző idejű MT szelvények, az összevonás után (a balatoni kisebb irányváltástól eltekintve) egy majdnem egyenes, folyamatos nyomvonalat eredményeznek az országhatárok között, ezért kapta a szelvény az MTOA-02 nevet (1. ábra). Ez a

tevékenység persze az archív magnetotellurikus adatok összegyűjtését, rendezését és egységes kezelését – esetenként adatformátumok transzformációját – is igényli.

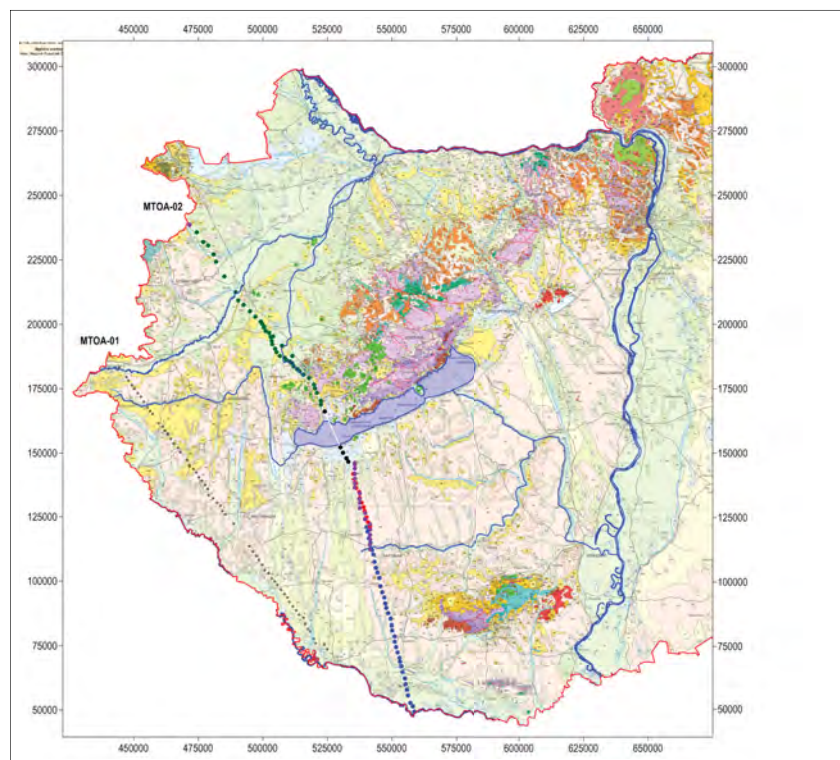
Az egyszerűség kedvéért az enyhén görbülő nyomvonalat kiegyenesítettük és az eredményeket úgy mutatunk be, hogy minden egyes pontot és adatot a kezdőponttól mért távolság alapján jelenítettünk meg úgy, mintha a kezdő- és végpont egy egyenessel lenne összekötve.

2023-ban 4 szondázást végeztünk a Balaton D-i részén a szelvény nyomvonalában, így néhány egyedi tervezett mérési pont híján teljes mérési szelvényünk van. Korábban szakdolgozatban (Szekenyi 2023), publikációban (Szekenyi et al. 2024) és előadásban (Szekenyi, Kiss 2024) megjelent anyag nem tartalmazhatta a 2023. évi mérési pontok adatait és a szelvény mentén végzett erőter-geofizikai feldolgozások eredményeit, amelyeket most beépítettünk.



1. ábra Az MTOA-01 és MTOA-02 szelvények magnetotellurikus szondázási pontjai a domborzati térképen (MT-mérések: KA-3 – ELGI, 1990, Somogysámszon 101 – MOL 2021, Nagyatád – MOL 1985, SB-1 – ELGI, 1992, továbbá kiegészítő mérések SZTFH 2023; a földtani térkép jelmagyarázata: <https://map.hugeo.hu/fdt500/>)

Figure 1 Magnetotelluric sounding points of sections MTOA-01 and MTOA-02 on the topographic map



2. ábra Az MTOA-01 és MTOA-02 szelvények nyomvonalai a felszíni földtani térképen (MT mérések: KA-3 – ELGI, 1990, Somogysámszon 101 – MOL 2021, Nagyatád – MOL 1985, SB-1 – ELGI, 1992, továbbá kiegészítő mérések SZTFH 2023; a földtani térkép jelmagyarázata: <https://map.hugeo.hu/fdt500/>)

Figure 2 Traces of the MTOA sections on the surface geological map

A szelvény kisalföldi és D-dunántúli részei RMTS-2²⁾ (kék és zöld szimbólumok), a somogysámsóni pontok ADU-7³⁾ (piros szimbólumok), a nagyatádi területi mérések PHOENIX⁴⁾ műszerrel (OKGT, lila szimbólumok) lettek lemérve.

A szelvény nyomvonala azért érdekes, mert az MTOA-01 szelvény csak az ÉÉNY elején (Alpokalja) haladt felszínközeli kristályos kőzetek közelében, máshol fiatal, vastag kainozoos medenceüledékeken történt a mérés. Az MTOA-02 szelvény átmegy a Dunántúli-Középhegységen, azon belül a Balatonfelvidéken, így megjelennek a mezozoos (lila), esetleg permi (barna) képződmények és a felszínen jelen vannak a bazaltvulkanizmus tanúhegyei (2. ábra, zöld poligonok). Az egyik végtelen nagy fajlagos ellenállásával, a másik mágnesezettségével fogja módosítani, esetenként torzítani a mérések eredményét.

Az archív szelvényeket külön-külön, belső kutatási jelentésekben vagy szerződéses munkák során már publikáltuk, de a mérések csak így összedolgozva adnak egységes, átfogó képet a Dunántúl geoelektromos paraméterek alapján beazonosítható kéreg felépítéséről, nagyszerkezeti egységekről és az azokat elválasztó tektonikai zónákról.

MT mérési adatok, mélységmetszetek

A mért szondázási görbék (3.–5. ábra) megjelenítése a szondázási pont helyéhez mint fixponthoz viszonyítva történtek. Egységesen megadtunk egy szorzótényezőt, amely megmutatja, hogy egységnyi távolsághoz mekkora fajlagosellenállás-változás (logaritmus értéként) tartozik – azaz mennyire húzzuk szét az ellenállás tengelyt –, majd megadtuk szintén egységesen a szondázás tengelyének fajlagosellenállás-értékét – azaz mennyire (mekkora távolsággal) toljuk el a kirajzolás során, ami természetesen függ a szorzótényező értékétől is. A munka közben az optimális

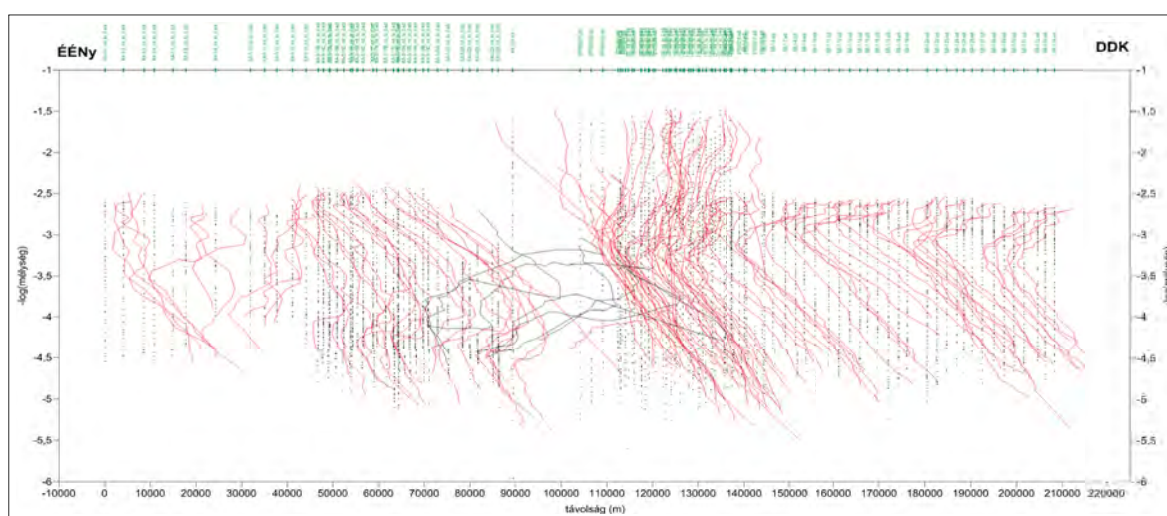
megjelenítéshez folyamatosan ellenőrizni kellett a görbék helyzetét a szondázási pontok függőleges tengelyéhez képest, mivel minden görbét egységes skála és tengelyérték mellett jelenítünk meg!

A 3.–5. ábra görbéi alapján látszik, hogy a szelvény végén (DDK-en), a szondázási pontok (felszínen jelölve) és a görbék helyzete összhangban van (a görbék középvonala és a szondázás neve ugyanoda esik). Ezzel szemben a szelvény elején (ÉÉNy-on) az ellenállásértékek nagysága miatt a görbék kicsit elcsúsznak a mérési ponttól (azaz annak tengelyétől a fentebb leírt egységes megjelenítés miatt). A szelvény közepén a szondázási görbék szétnyílnak, megváltozik a mélységi menetük, aminek földtani okai lehetnek.

A mérési görbék összezsúfolódása részben annak köszönhető, hogy felszínközeli megjelennek a medencealjzat-képződmények, illetve a pannon bazaltok felszíni jelenléte miatt nagyon megnőhet a látszólagos fajlagos ellenállás értéke (pozitív túllövés), majd a mélyebb részekben, szintén a mágneses határfelületek miatt átbillennek az értékek és a görbék (negatív túllövés) – lásd a görbék alja a szelvény 45–90 vkm⁵⁾ szakaszán. A jelenség mindkét irányban, polarizációban (3., 4. ábra) megjelenik – a görbék egy része vízszintesen elfekszik (néhány közülük fekete színnel kiemelve).

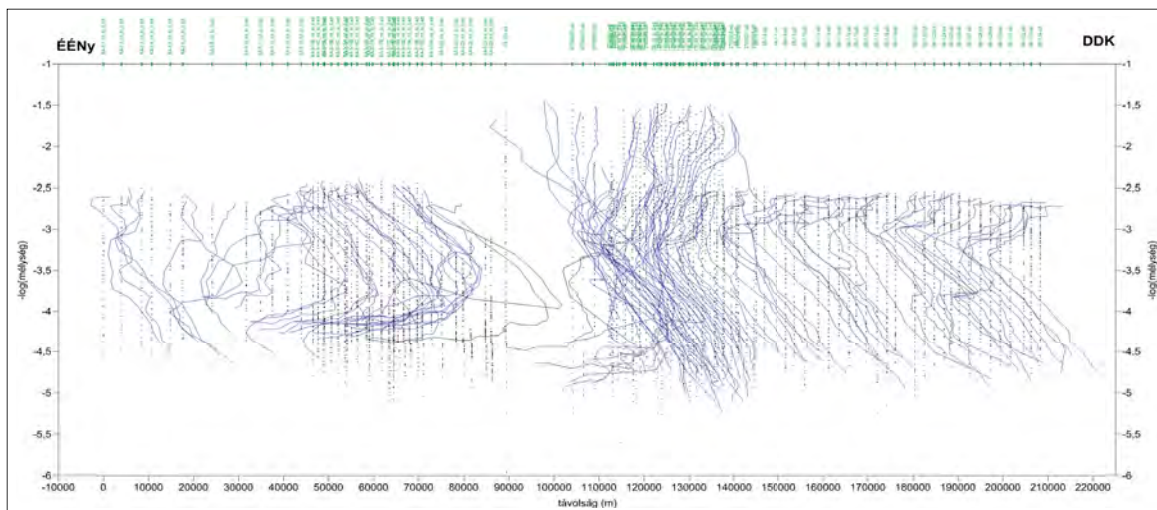
A görbék lefutásának különbsége anizotrópiamaximumok formájában is megjelenik (6. ábra). Az anizotrópiamaximum értéke AniMax > 5 esetében nemcsak egy egyszerű 2D vagy 3D határról van szó, hanem feltételezhető a mágneses képződmény jelenléte, illetve mágneses határfelülethez kapcsolható EM torzulás. (A szelvényen megjelenő függőleges maximumvonulatok esetében nem zárható ki a bazaltvulkanizmus magmacsatornáinak vagy magmakamrájának hatása.)

A 7. és 8. ábra mutatja a tanúhegyek és az MT szondázások helyzetét 75–115 vkm között. A KA-3-20A jelű szondázástól (~Uzsabánya) a bazaltok közvetlen közelében (kontaktzónában) történt a mérés, és a folytatásban – noha



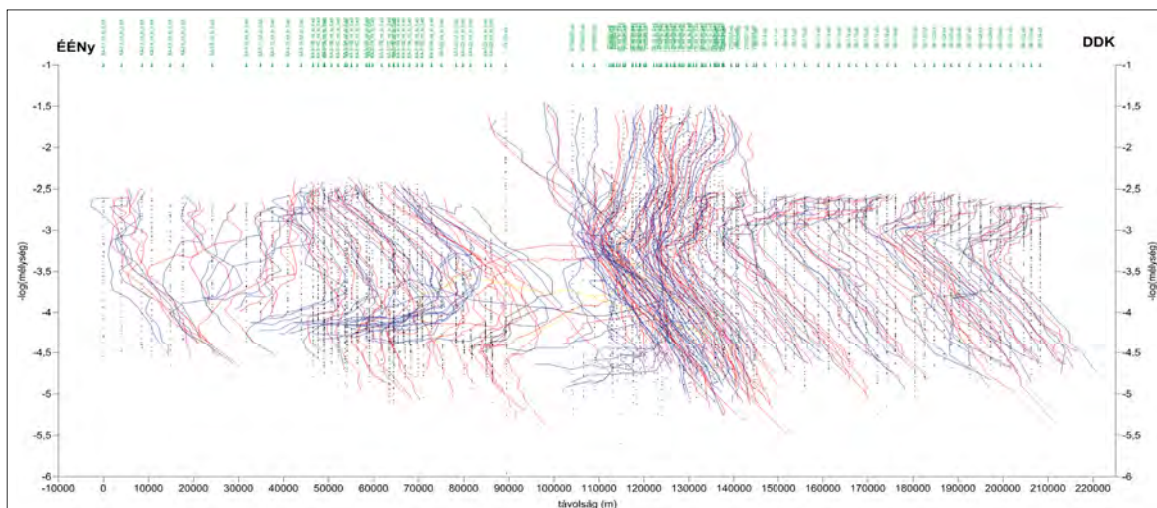
3. ábra A magnetotellurikus impedanciából ($Z_{xy} = E_x/H_y$) számított látszólagos fajlagos ellenállás (ρ_{xy}) szondázási görbéi az MTOA-02 szelvény nyomvonalaiban (nagyon zajos görbék és pontszerű zajok kiszűrve), logaritmus mélységskála mentén

Figure 3 Apparent resistivity (ρ_{xy}) sounding curves calculated from magnetotelluric impedance ($Z_{xy} = E_x/H_y$) along the MTOA-02 section trace (very noisy curves and point noises filtered out), along a logarithmic depth scale



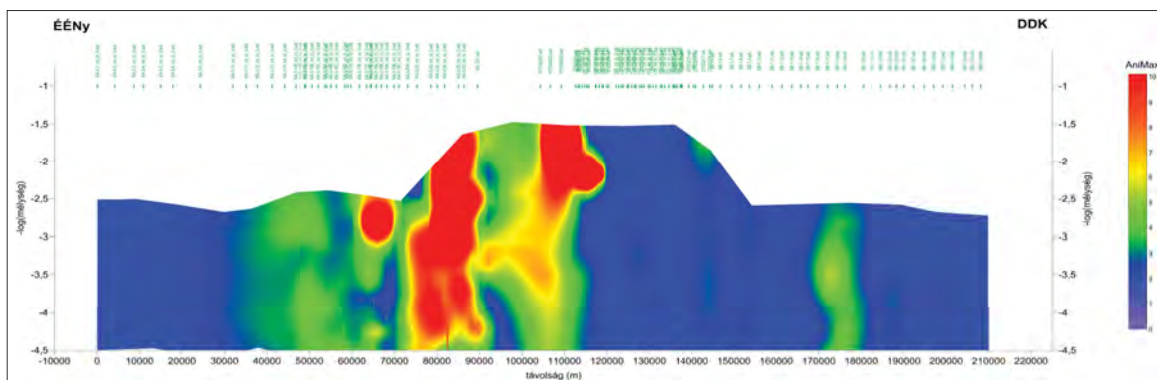
4. ábra A magnetotellurikus impedanciából ($Z_{yx} = E_y/H_x$) számított látszólagos fajlagos ellenállás (ρ_{yx}) szondázási görbéi az MTOA-02 szelvény nyomvonalában (nagyon zajos görbék és pontszerű zajok kiszűrve), logaritmikus mélységskála mentén

Figure 4 Sounding curves of apparent resistivity (ρ_{yx}) calculated from magnetotelluric impedance ($Z_{yx} = E_y/H_x$) along the MTOA-02 section trace (very noisy curves and point noises filtered out), along a logarithmic depth scale



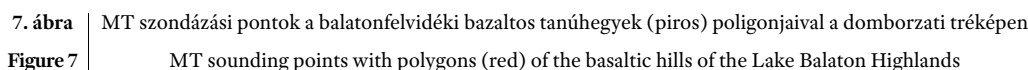
5. ábra A H -polarizációs (piros) és E -polarizációs (kék) látszólagos fajlagos ellenállás szondázási görbéi az MTOA-02 szelvény nyomvonalában (nagyon zajos görbék és pontszerű zajok kiszűrve), logaritmikus mélységskála mentén. [A szelvény közepén, 90 000–140 000 m között, az CSAMT mérések 35–50 m-es mélységből indulnak.]

Figure 5 H -polarisation (red) and E -polarisation (blue) apparent resistivity sounding curves along the MTOA-02 section trace (very noisy curves and point noises filtered out), along a logarithmic depth scale [In the middle of the section, between 90 000–140 000 m, CSAMT measurements start from a depth of 35–50 m]



6. ábra Anizotrópia maximumok (AniMax[®]) a szűretlen görbék alapján az MTOA-02 szelvény nyomvonalában, logaritmikus mélységskála mentén

Figure 6 Anisotropy maxima (AniMax) based on unfiltered curves along the trace of the MTOA-02 section, along a logarithmic depth scale



hatását a kisfrekvenciás (nagy behatolású) EM szondázások oldalról, nagyobb távolságból is megérik!

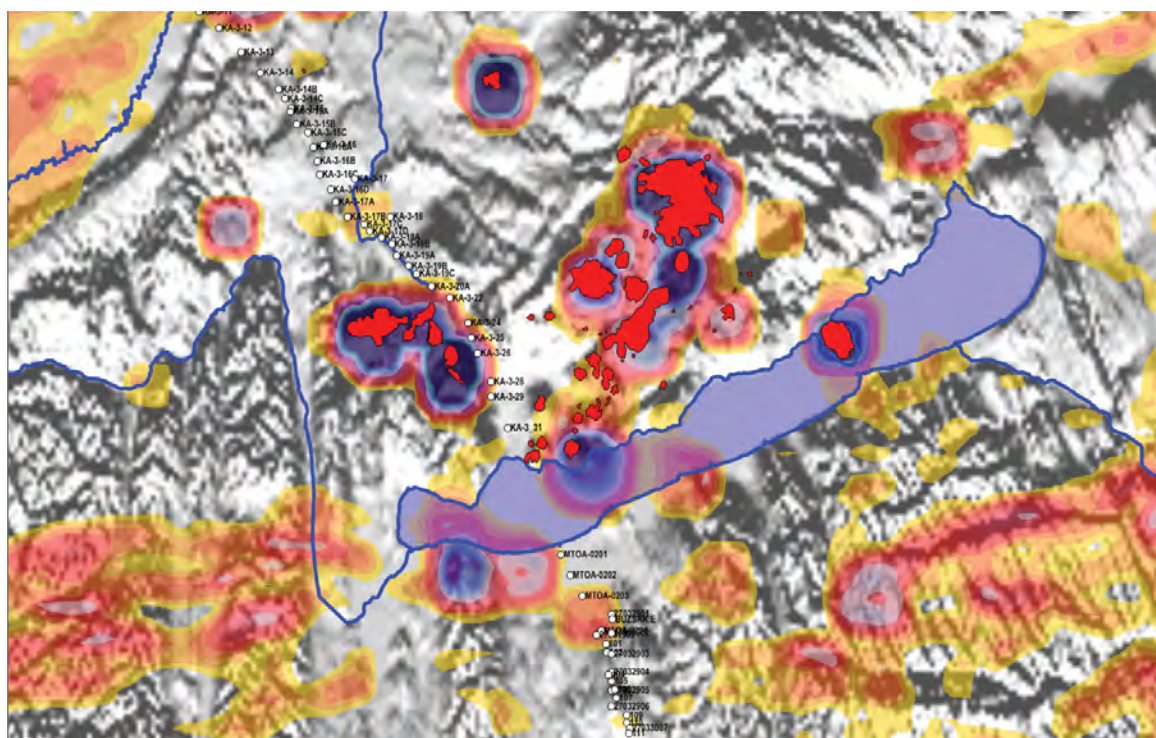
Az 5. ábra alapján látszik, hogy az MT szondázások egyes helyeken elérik 100 km behatolási mélységet, de 40–110 vkm között a görbék 10 km mélységben elfeksznek – egy DK-i dőlésű, jól vezető hatás miatt –, és nem érnek el nagyobb mélységet (10. ábra). A szakirodalomban ez a hatás „Dunántúli Elektromos Vezetőképesség Anomália” (röviden: DVA) néven ismert (Ádám 1992).

Az elfekvésnek az oka az, hogy a középhegységi zónában, a felszínen mezozoos karbonátos képződmények (mészkö, dolomit) vannak, amelyek fajlagos ellenállása néhányszor 1000 Ωm , amit helyenként vulkanitok, pannon bazaltok is tarkítanak. Ezeken a helyeken a nagy ellenállás miatt az első mintavételi frekvencián sokkal nagyobb skin-mélység adódik, mint olyan helyeken, ahol a felszínen fiatalabb, üledékes kőzetek (agyag, homok) vannak, néhányszor 10 Ωm fajlagos ellenállással. A mezozoos medencealjzat fekéjében kisebb fajlagos ellenállású kőzetek (pl. perm homokkő) jönnek, ami csökkenő fajlagos ellenállású görbéket eredményez. Ezt egészítheti ki egy grafitos összetételű kőzet vagy a bázisos magmás kőzetek kontaktzónájában kialakuló extrém, változó előjelű hatások.

A további feldolgozás előtt, a zajos, erősen torzult görbék ki kellett zárni a mérési anyagból (1. táblázat). Az így előálló, (121 – 16 =) 105 pontból álló magnetotellurikus mérési adatrendszerből a fő irányokban kiszámítottuk a látszólagos fajlagos ellenállás ρ_{xy} (9. ábra) és ρ_{yx} (10. ábra) mélységmetriákat. Az MT szondázások helyeit (fekete háromszögek) és neveit is feltüntettük. A H - és E -polarizációs értékekből kiszámítottuk az anizotrópiamaximu-

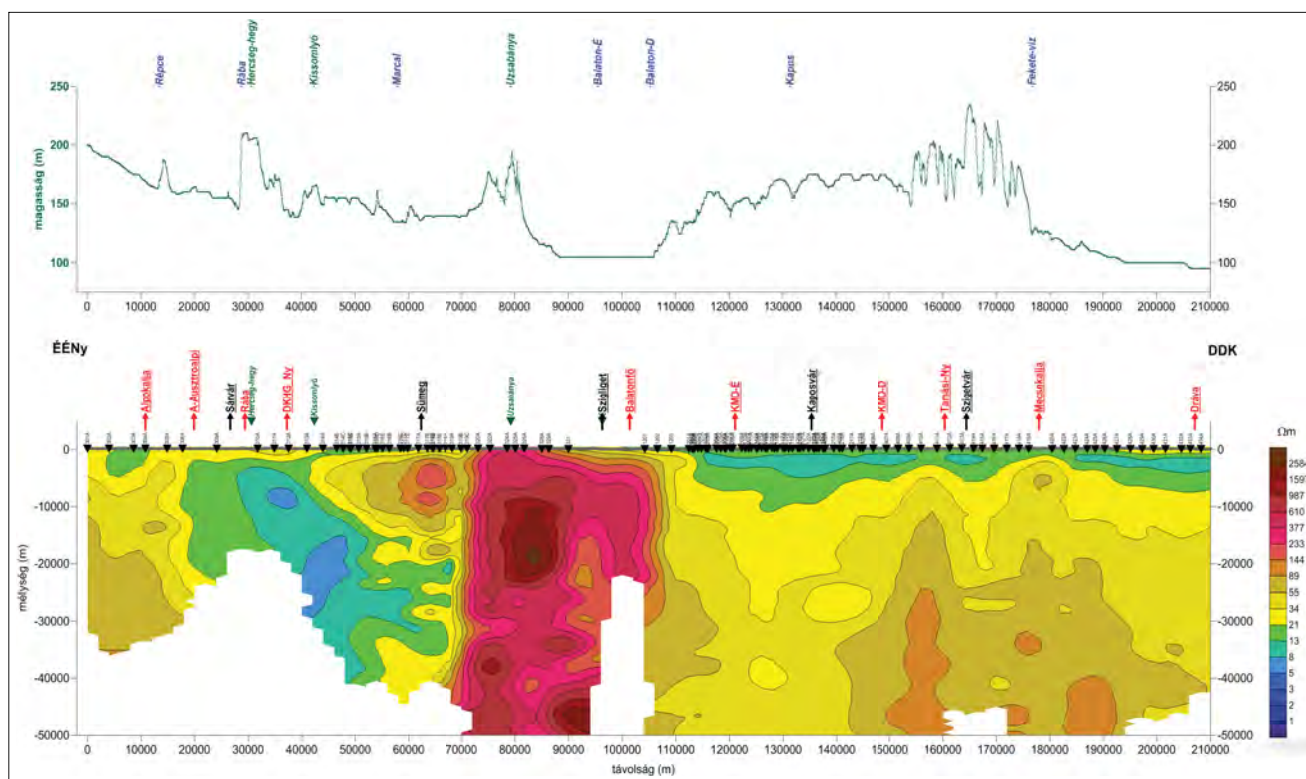
A zajos (a feldolgozásból kizárandó) szondázások
a MTOA-02 szelvényen (16 db)
The noisy soundings (to be excluded from processing)
on the MTOA-02 section (16)

Pontazonosító	Terület	Év
101	Somogy	2021
102	Somogy	2021
103	Somogy	2021
104	Somogy	2021
107	Somogy	2021
108	Somogy	2021
KA-305	Kisalföld	1990
KA-317B	Kisalföld	1990
KA-320	Kisalföld	1990
KA-322	Kisalföld	1990
KA-324	Kisalföld	1990
KA-325	Kisalföld	1990
KA-326	Kisalföld	1990
KA-328	Kisalföld	1990
KA-329	Kisalföld	1990
SB-101	D-Dunántúl	1992



8. ábra MT szondázási pontok a Balaton-felvidéki bazaltos tanúhegyek (piros) poligonjaival, kiegészítve a fekete-fehér árnyékolt domborzattal és a színes mágneses változékonysági térképpel

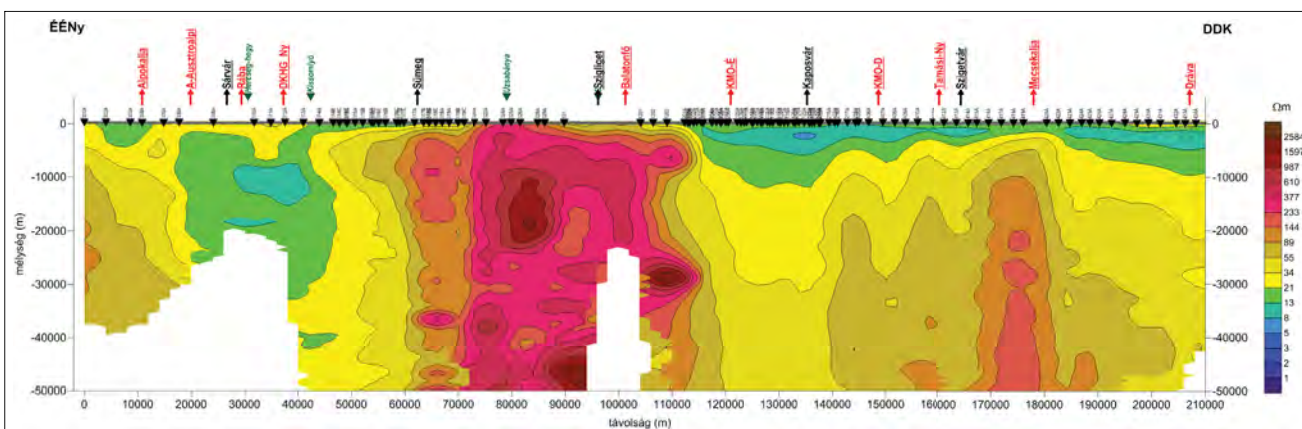
Figure 8 MT sounding points with polygons (red) of the basaltic witness hills of the Lake Balaton uplands, complemented with black and white shaded relief and colour magnetic variability map



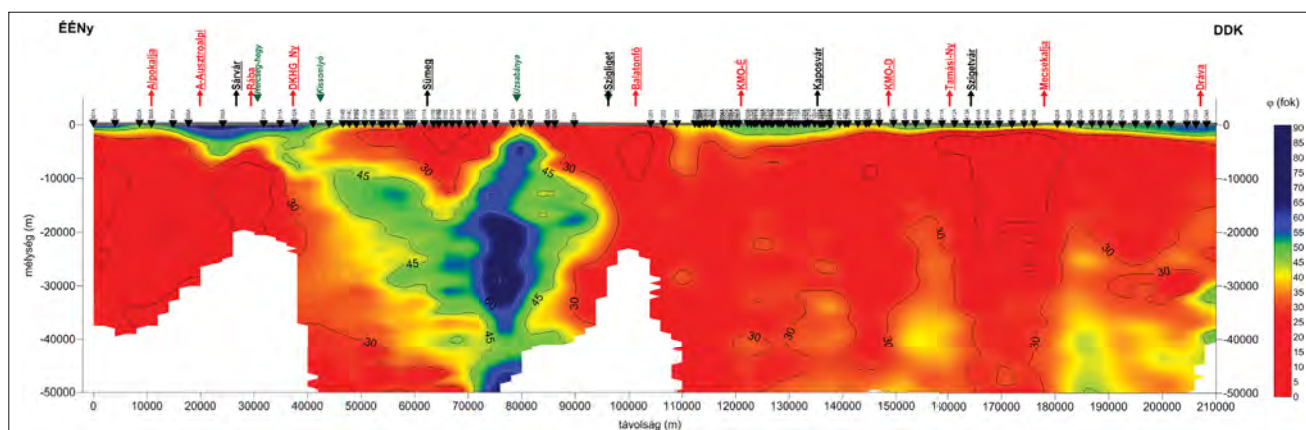
9. ábra Az MTOA-02 látszólagos fajlagos ellenállás ρ_{xy} mélység-szelvénye, (felül a szelvény domborzata, folyók és tanúhegyek neveivel, lent nagy-szerkezeti vonalak nevei és település nevek)

Figure 9 MTOA-02 apparent resistivity ρ_{xy} depth gauge, (top: topography of the section with names of rivers and basalt hills, bottom: names of major structure lines and settlement names)

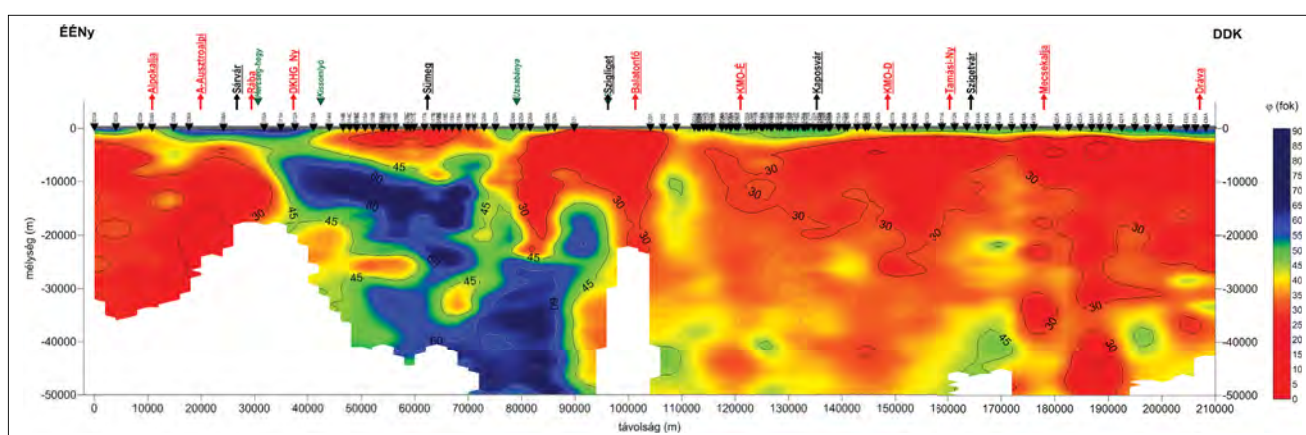
A frobeniusi vagy euklideszi norma alapján meghatározott analitikus látszólagos fajlagos ellenállás (11. ábra) alapján a Rába-vonal mentén jelentkező vezetőképesség-anomália tűnik erősebbnek, tehát a Rába-vonal iránya a valódi E -polarizációs irány és a rá merőleges irány a H -polarizációs irány.



Magyar Geofizika 65/4



12. ábra Az MTOA-02 fázis (φ_{xy}) mélység-szelvénye
Figure 12 MTOA-02 phase (φ_{xy}) depth section



13. ábra Az MTOA-02 fázis (φ_{yx}) mélység-szelvénye
Figure 13 MTOA-02 phase (φ_{yx}) depth section

Az impedanciatenzor fázisparamétere⁷⁾ alapján szintén erre a következtetésre jutunk (12., 13. ábra), és a fázis-átlag rajzolja ki legszelbenn ezt az irányt, a DVA mélységi helyzetét (14. ábra). A fázisparaméter tölcészerű jól vezető alakzatot mutat, tetején dugóval (14. ábra), egy korábbi cikkünkben (Bodoky, Kiss 2020) feltételezett „dabronyi meteoritkráter” körvonalán belüli részen.

Érdekes, hogy amíg a fajlagos ellenállás alapján mindkét nagyszerkezeti zóna megjelenik, addig a fázisparaméter alapján csak a Balatontól É-ra jelentkező vezetőképesség-anomália, a DVA rajzolódik ki, a Közép-Magyarországi Zóna (KMZ) gyakorlatilag láthatatlan. Ennek nyilván geológiai okai vannak.

A főirányokban elvégzett mérésekből kapott látszólagosellenállás-adatok eltérését (10. és 11. ábra), azaz irányfüggőségét az anizotrópiaadatok (15. ábra) jellemzik. Az 1–5 közötti anizotrópiaértékek szerkezeti anizotrópiát jeleznek, az ennél nagyobb érték esetén azonban – a korábbi gyakorlati tapasztalatok alapján – mágneses határfelületet feltételezünk a szelvény nyomvonal mentén.

A magnetotellurikus mérési adatokon túl érdemes vizsgálni a gravitációs és mágneses mérési eredményeket is, a relatív sűrűségi és relatív mágnesezettségi mélységmetseteket.

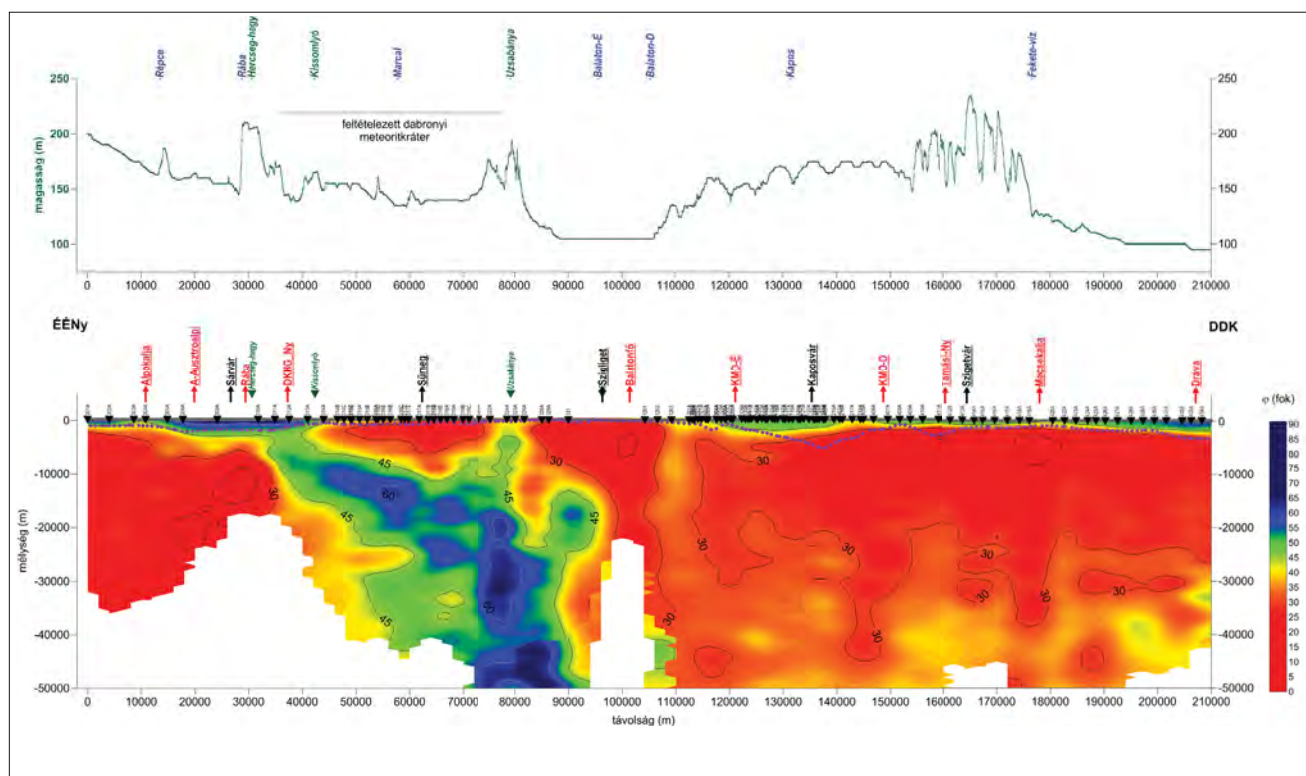
Relatív sűrűségi és mágnesezettségi mélységmetsetek

A 16. ábra felső része mutatja a szelvény nyomvonal mentén mért gravitációs Bouguer-anomália-adatokat (kék görbe) és a mágneses ΔZ mérési adatokból, az indukáló tér értékével transzformált (átszámolt) ΔT adatokat (piros görbe).

A Bouguer-anomália alapján a Kisalföld 5–10 mGal, a Dunántúli-Középhegység 15–20 mGal, a KMZ –10÷–20 mGal, a Dél-Dunántúl pedig a Kisalföldnek megfelelő értékekkel jelentkezik, ami a Dráva-árokknál csökken le –15 mGal-ig.

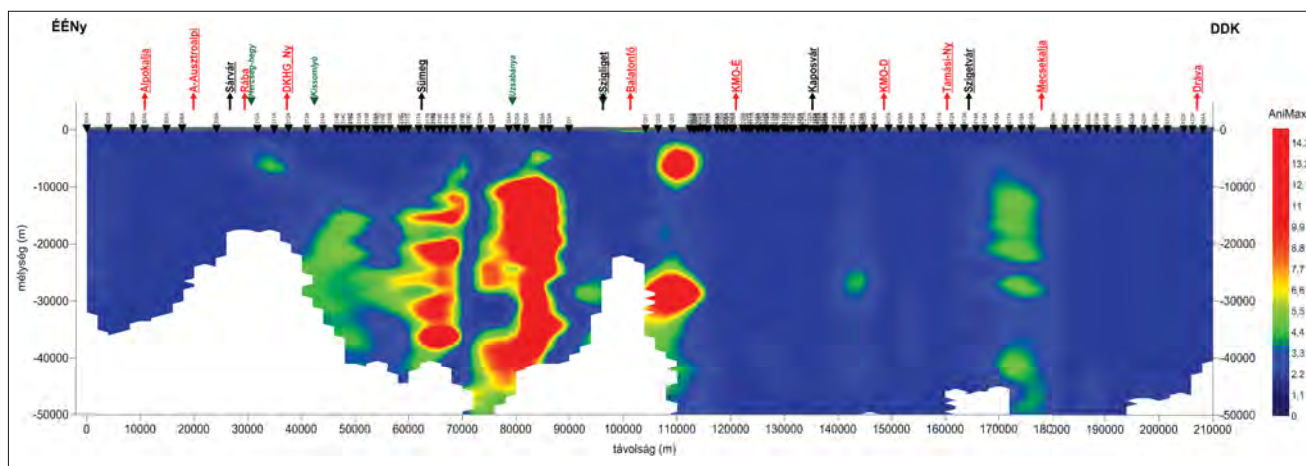
A 16. ábra alján, a spektrális szűrések alapján számított relatív sűrűség-mélységmetset (Kiss és Vértessy 2020) látszik, rajta az Euler- és Werner-féle automatikus hatókijelölésből kapott ponthalmaz, amik a ható geometriájától függően tengelyvonalat, vagy határfelületet rajzolnak ki. A hatókijelölések és a sűrűség-mélységmetset pontosan jelzik a földtani felépítésben bekövetkező kisebb-nagyobb változásokat, a fő szerkezeti elemeket.

Érdekes, hogy a sűrűségeloszlás alapján a DVA kisebb, a KMZ nagyobb relatív sűrűségminimummal jelentkezik. A DVA-t az MT elektromágneses mérési paraméterek alap-



14. ábra Az MTOA-02 domborzata (felül) és az átlagfázis ($\varphi_{\text{átlag}}$) mélységszelvénye (alul), rajta a Haas-féle (2010) medencealjzatszint (lila szimbólumokkal) és a feltételezett meteoritkráter helyzetével

Figure 14 MTOA-02 relief (top) and depth section of the mean phase (φ_{average}) (bottom), showing the Haas (2010) basement level (with purple symbols) and the position of the hypothetical meteorite crater



15. ábra Az MTOA-02 látszólagos fajlagos ellenállás AniMax mélységmetszete (nagyszerkezeti vonalak nevei és település nevei)

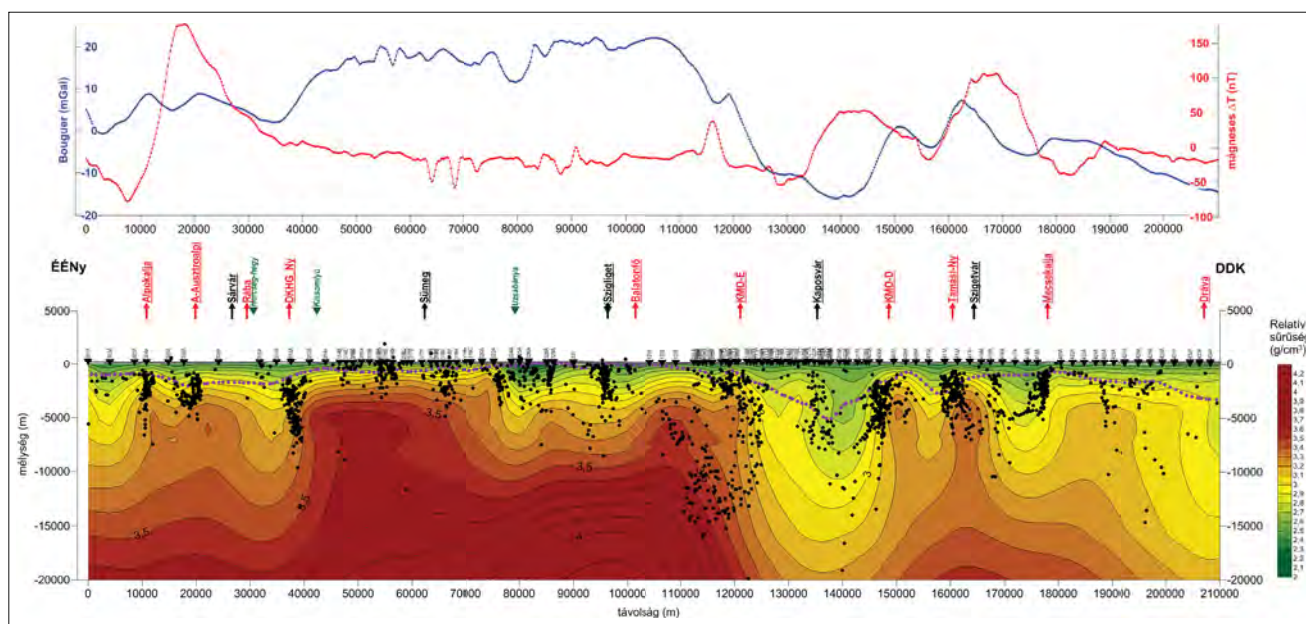
Figure 15 MTOA-02 Anisotropy maxima depth section (with names of major structure lines and names of settlements)

ján (ionos, fémes, vagy grafitos vezetőképesség)⁸⁾, a KMZ-t a gravitációssűrűség-paraméterek (közetmátrix anyaga, pórustérfogat)⁹⁾ alapján tudjuk jól beazonosítani, ami nyilvánvalóan közettani kifejlődéstől függő.

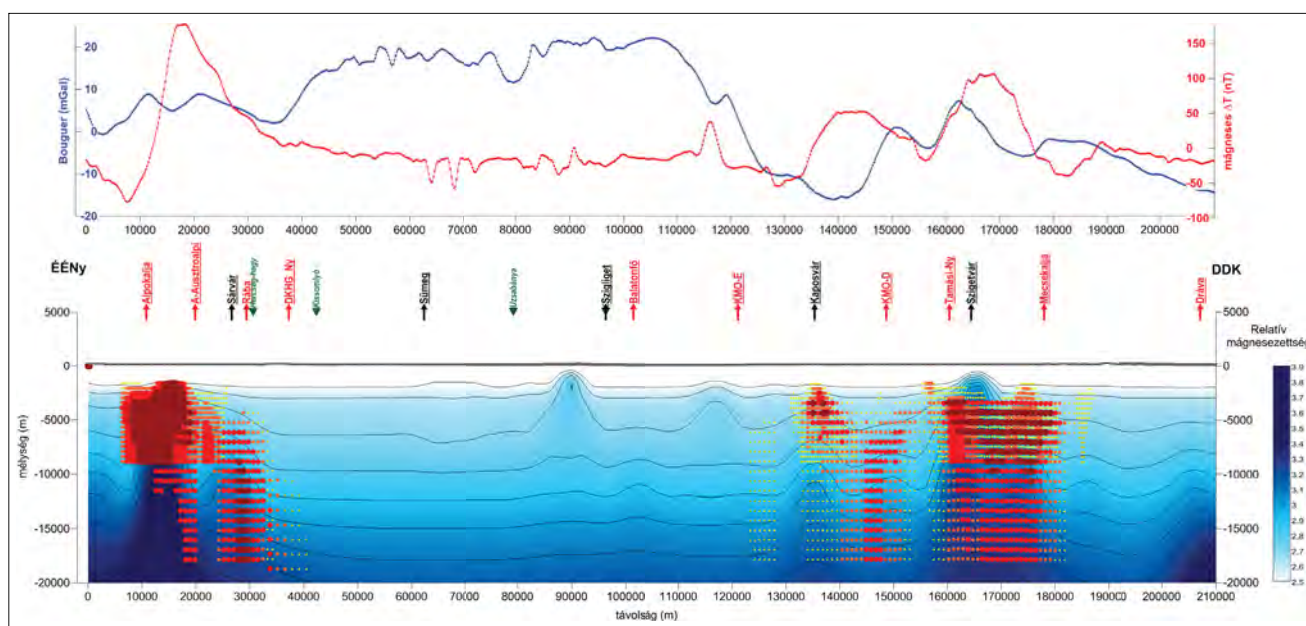
A DVA a felszíntől néhányszor 10 km-es mélységig azonosítható az EM paraméterek alapján (14. ábra), a KMZ viszont csak 10, maximum 20 km-es mélységig (16. ábra), mindkét esetben megfigyelhetők mágneses hatók a mélyben vagy a peremi részekben (17. ábra), ami a nagyszerke-

zeti vonalak és a magmatizmus (vulkanizmus) kapcsolatára hívja fel a figyelmünket.

A 17. ábra mutatja a mágnesezettségi mélységmetszete, amelyet a mágneses adatok spektrális szűrése alapján készítettünk el (Kiss, Vértessy 2020). Az ábrán megjelenítettük a Naudy-féle automatikus hatókijelölés eredményeit (sárga-piros-barna pontthalmaz), amelyek a mágneses testek legvalószínűbb helyzetét mutatják, összhangban a mágneses változékonysági mélységmetszettel. Látható,



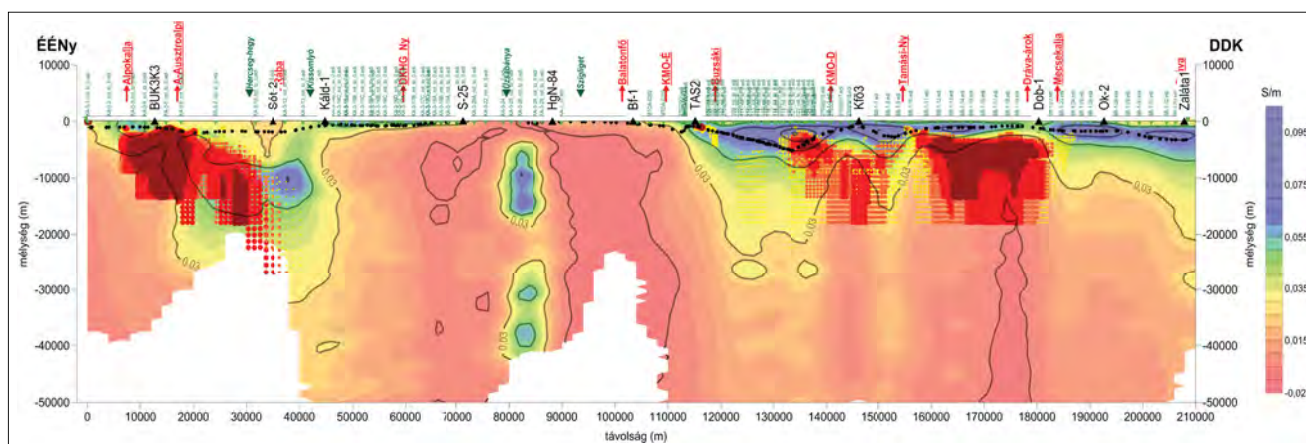
16. ábra Az MTOA-02 sűrűség-mélységmetszete, gravitációs Werner- és Euler-hatókijelöléssel (kétszeres kimagasztás)
Figure 16 MTOA-02 relative density depth section with Werner and Euler solutions (double exaggeration)



17. ábra MTOA-02 mágneses mélységmetszet Naudy-féle (sárga-piros-barna) hatókijelöléssel (kétszeres kimagasztás)
Figure 17 MTOA-02 relative magnetization depth section with magnetic Naudy-depth solutions (yellow-red-brown) (double exaggeration)

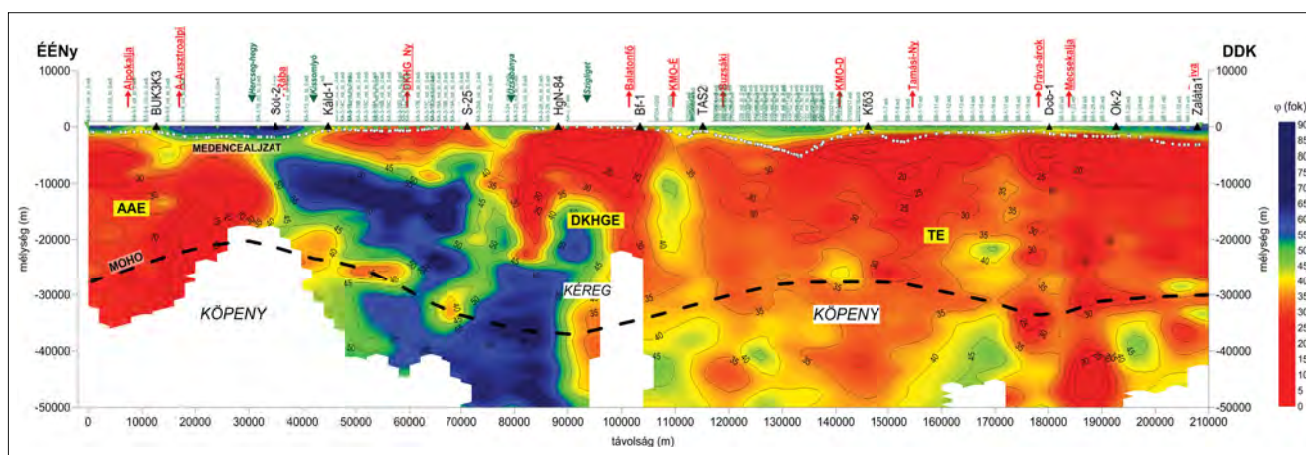
hogyan a DVA ÉÉNy-i peremén és a KMZ DDK-i peremén és a KMZ alatt mágneses hatókat lehet azonosítani. A lokális, felszínről ismert testek azért nem látszanak (kivéve 90 vkm-nél, Szigliget előtt megjelenő kisebb anomália), mert a mérési szelvény elkerülte a tanúhegyeket és a mérési mintavételi távolsága 1500 m körüli volt. A feldolgozási eljárások egy „mozgó ablak” (minimum 5×1500 m) mentén végzik a szűréseket, így a kisméretű testek nem jelennek meg, hatásuk gyorsan lecseng, de az EM mérésekre – azok nagy behatoló képessége miatt – távolról is hatnak.

A 18. ábra mutatja a látszólagos fajlagos ellenállásból kiszámított⁽¹⁰⁾ látszólagos fajlagosvezetőképesség-mélységmetszetet, rajta a mágneses Naudy-féle megoldásokkal. 83 vkm-nél jólvezető anomália látszik a szigetelő környezetben. A közel függőleges zónát É-ről Uzabánya, D-ről Szigliget határolja le. Mindkét helyen a felszíntől ismertek a pannon bazaltok (tanúhegyek), a zóna egy mélybeli magmatsatorna kontaktzónájának hatásaként értelmezhető. Sajnos D-ről, Szigliget felől, hiányzik néhány MT mérési pont, amelyek még jobban be tudnák határolni a



18. ábra | Az MTOA-02 látszólagos fajlagos vezetőképesség (σ_{yx}) mélységmetszete, Naudy-féle hatókijelöléssel és a Haas-féle medencealjzat-mélységi szinttel

Figure 18 | MTOA-02 apparent conductivity depth section, with magnetic Naudy-depth solutions and Haas's basement depth



19. ábra | Az MTOA-02 impedanciafázis (φ_{yx}) mélységmetszete a Moho feltételezhető határvonalával (szaggatott fekete vonal) [AAE – Alpokalja Egy-ség, DKHGE – Dunántúli-Középhegységi Egység, TE – Tisza Egység]

Figure 19 | MTOA-02 impedance phase (φ_{yx}) depth section with assumed Moho boundary (dashed black line) [AAE – Alpokalja Unit, DKHGE – Dunántúli Central Mountain Unit, TE – Tisza Unit]

vélt feláramlási zónát. Ha a vezetőképesség-számítást a ρ_{xy} és ρ_{yx} vektorösszegéből számítjuk, akkor a 83 vkm-nél látszó (18. ábra) vezetőképesség-anomália eltűnik – a mágneses kontaktushatás a művelet miatt nem jelenik meg. Ezt a hatást azonban mindkét fázis (12., 13. ábra) és még az átlagfázis (19. ábra) is mutatja.

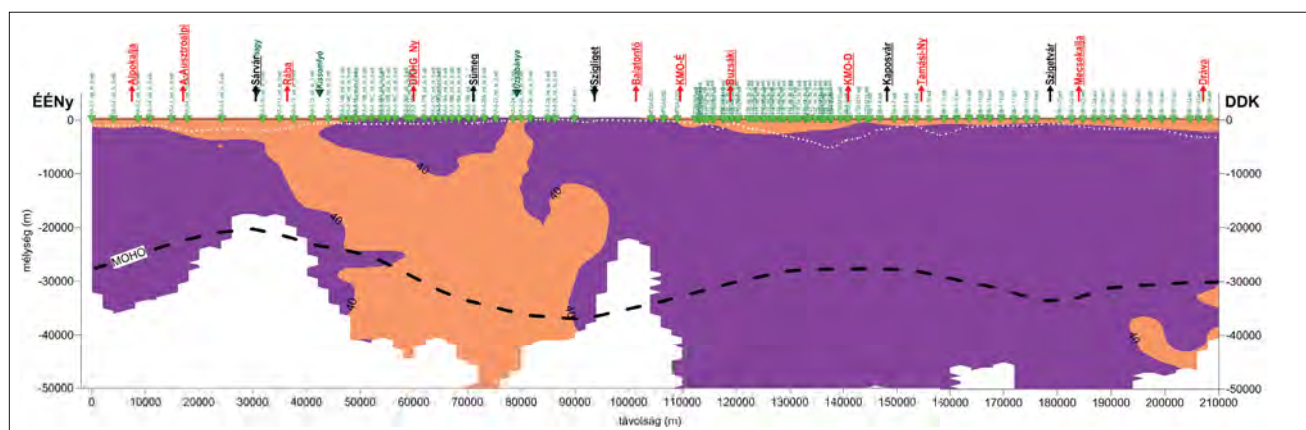
A 18. ábra esetén az alap a színes fajlagosvezetőképesség-mélységmetszet, amelyre rákerültek a Naudy-féle hatókijelölések, majd a vezetőképesség izovonalait mindezek fölött is megjelenítjük. Így a Naudy-megoldások által ki-mutatott mágneses hatókon látszanak a vezetőképesség-eloszlás izovonalai. Látszik, hogy a tömbösen jelentkező mágneses hatók vezetőképesség-minimumot (fajlagos-ellenállás-maximumot) okoznak, de a kontaktuszónákban (a hatók peremén) mindenhol mélyre nyúló vezetőképesség-maximumot (fajlagosellenállás-minimumot) találhatunk.

A magnetotellurikus adatok megfelelő mintavételezés (frekvenciatartomány) és hosszú mérés esetén (statisti-

kailag értelmezhető nagy hullámhosszúságú jelek) kéreg- és litoszféra-kutatásra alkalmasak a kapott behatolási mélységből adódóan. A méréseink alapján azonban sem a Conrad-, sem a Moho-határfelület nem jelentkezik kontrasztosan, ami azt jelenti, hogy az elektromos vezetőképesség szempontjából nincs erős kontraszt a határfelületek két oldala között, hanem – talán – folyamatos az átmenet. Egyedül a φ_{yx} paraméter mutat egy gyengén követhető anomáliavonalat a Moho mélység szintjén (19. ábra).

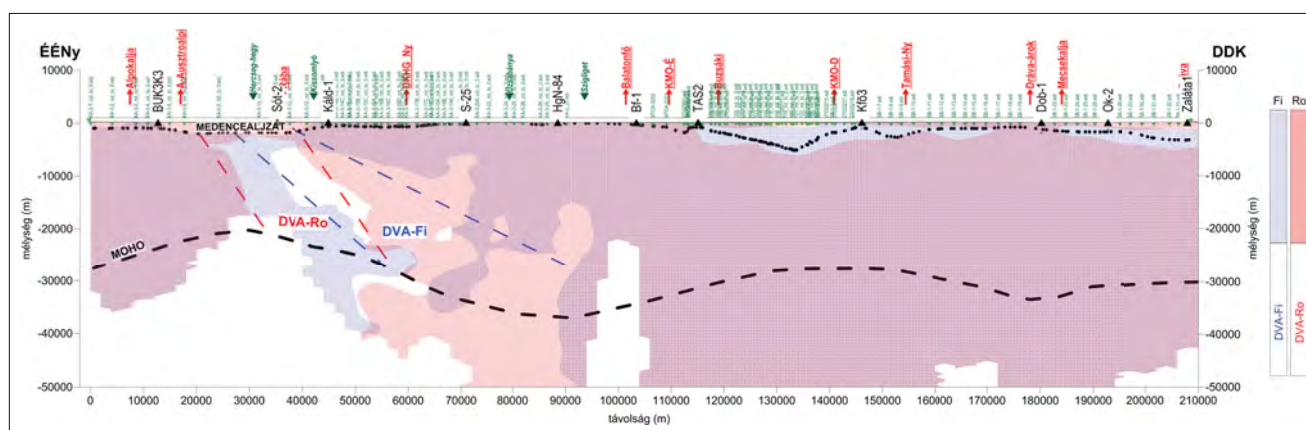
A Moho-szint körüli fázisváltozékonyságot (19. ábra) az adja, hogy vannak feltételezhető mélytörések ($\varphi_{yx} > 45^\circ$) és magmás benyomulások ($\varphi_{yx} < 30^\circ$), amire a fázis robusztusan ugyan, de reagál.

Az impedancia fázisértékét tovább vizsgálva megállapítható, hogy a földtani adatok alapján meghatározott pre-kainozoos medencealjzat szintje és a fázis 40–45° körüli értéke szinte ugyanott jelentkezik. A színezés megválasztásával emelhetjük ki látványosan a medencealjzat és fedőüledék határvonalát a fázisértékek alapján, valamint a



20. ábra Az MTOA-02 impedanciafázis (φ_{yx}) megjelenítése 2 színnel – 40° alatti (lila, azaz a fázis alapján szigetelő medencealjzat) és 40° feletti (narancssárga, azaz a fázis alapján fedőüledék és/vagy fellazult, jól vezető zóna) –, valamint a Moho feltételezhető határvonalával (szaggatott fekete vonal) és a Haas et al. (2010) prekainozoos mélységgel (fehér pontozott vonal)

Figure 20 MTOA-02 impedance phase (φ_{yx}) plotted with 2 colours – below 40° (purple, i.e. insulating basin substrate based on phase) and above 40° (orange, i.e. overlying sediment and/or loosened well-conducting zone based on phase) – and with the presumed Moho boundary (dashed black line) and the depth of Pre-Cenozoic basement (Haas et al. 2010, white dotted line)



21. ábra Az MTOA-02 látszólagos fajlagos ellenállás (ρ_{xy}) és impedanciafázis (φ_{yx}) blokkos megjelenítése a DVA kijelölésére (a sraffozott részek a szigetelő közegnek, az üresen hagyott részek a jól vezető zónák – a mérés behatolási mélységéig)

Figure 21 MTOA-02 apparent resistivity (ρ_{xy}) and impedance phase (φ_{yx}) block display for conductivity anomaly assignment (hatched parts are the insulating medium, blank parts are the well conducting zones – up to the penetration depth of the measurement)

Rába-vonaltól a Középhegység alá bukó jól vezető zóna (DVA) helyzetét (20. ábra).

Az MTOA-02 szelvényen a Dunántúli Vezetőképeség Anomália (Ádám 1992) eltérő helyen jelentkezik a látszólagos fajlagosellenállás- (9. ábra) és az impedanciafázis (20. ábra) paramétere alapján. Ha az anomáliát a közeg vezetőképesége okozza, akkor elvileg ugyanott kellene megjelennie az ellenállás és a fázis paraméter alapján is, de nálunk jelentős elcsúszás van az anomáliák középvonalában, aminek földtani okai lehetnek.

Korábbi tanulmányokban (Kiss, Prácser 2021, Kiss et al. 2023) vizsgáltuk a mágneses paraméterek hatását az MT mérésekre. Ezek azt mutatták, hogy a legkontrasztosabb változás a mágneses, nem mágneses határfelületen jelentkezik.

Homogén féltér esetén a mágneses permeabilitás megnöveli a látszólagos ellenállást, de határfelület megjelené-

sekor, mielőtt a tellurikus áramok behatolnak a mágneses közegbe, feltorlódnak a határfelületen (a megváltozó mágneses erőter miatt a tellurikus áramok iránya megváltozik), ha úgy tetszik, erőt gyűjtenek, hogy leküzdjék (áttörjék) a mágneses erőter okozta közegellenállást (árnyékoló hatást). Ez pedig egy virtuális vezetőképeség anomáliát fog okozni, közvetlenül a határfelület mentén, a nem mágneses oldalon (Kiss et al. 2023). Tehát nem a mágneses test középvonalában jelenik meg a jól vezető zóna, hanem a határfelületen, azaz a kontaktus mentén (miközben a mágneses testen belül a fajlagos vezetőképeség állandósága mellett is növekvő látszólagos fajlagos ellenállást fogunk mérni)!

A látszólagos fajlagos ellenállás értékét a mágneses permeabilitás növeli homogén féltér esetén. Nem homogén féltér esetén a mágneses test kontaktusán, a határfelület mentén jól vezető hatás fog jelentkezni. A mágneses

test kontaktusán anizotrópia jelenik meg a H - és E -polarizáció között (15. ábra). Ezek lehetnek az elsődleges jelei a mágneses test jelenlétének.

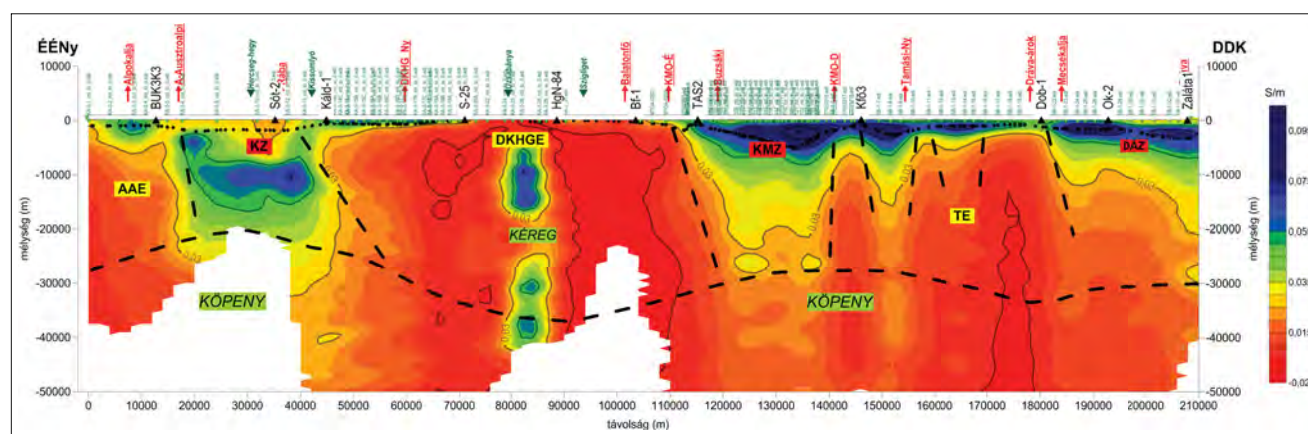
A fázis az impedancia valós és képzetes része közötti fázisszöget mutatja, ami a szakirodalom alapján a közeg vezetőképességétől függ. A magnetotellurikus frekvenciafüggő mintázás fázisa a képződményhatár feletti és alatti (melletti) térrész vezetőképességei közötti viszonyt mutatja meg. Ha jól vezető zónát érez, akkor az értéke 45° feletti értéket mutat. Ha szigetelő közeget érzékel, a fázis 45° alatti értékkel jelentkezik. Mivel a fázis sokkal robusztusabban írja le a közeget, így a kontaktusszerű, hirtelen változásokra érzéketlenebb lesz (integrált hatásokat mutat), viszont a vastagabb, jól vezető zónákat biztosan azonosítja. Az MTOA-szelvényeken is jól azonosítható a prekainozoos medencealjzat szintje a fázis alapján!

A DVA anomáliázóna kétféle megjelenése talán a Balaton-felvidék alatti mágneses anyaggal, pannon bazaltos

magmacsatornákkal, illetve magmakamrákkal lehet összefüggésben (Hercseg-hegy, Kissomlyó, Uzsabánya). A mágneses közeg nem feltétlenül nagy tömegű, így annak hatása a ritka felszíni mágneses mérések alapján talán nem is jelentkezik, de a mágneses erőter körbeveszi a mágneses testet, és hatása módosíthatja a magnetotellurikus mérési paramétereket. A mágnesezettséggel 10–20 km mélységig számolni kell, a Curie-hőmérséklet ($\sim 358\text{--}770\text{--}1130^\circ\text{C}$, a Ni, a Fe és a Co esetén) mélysége alatt azonban ez a hatás elvileg megszűnik (Kiss et al. 2011).

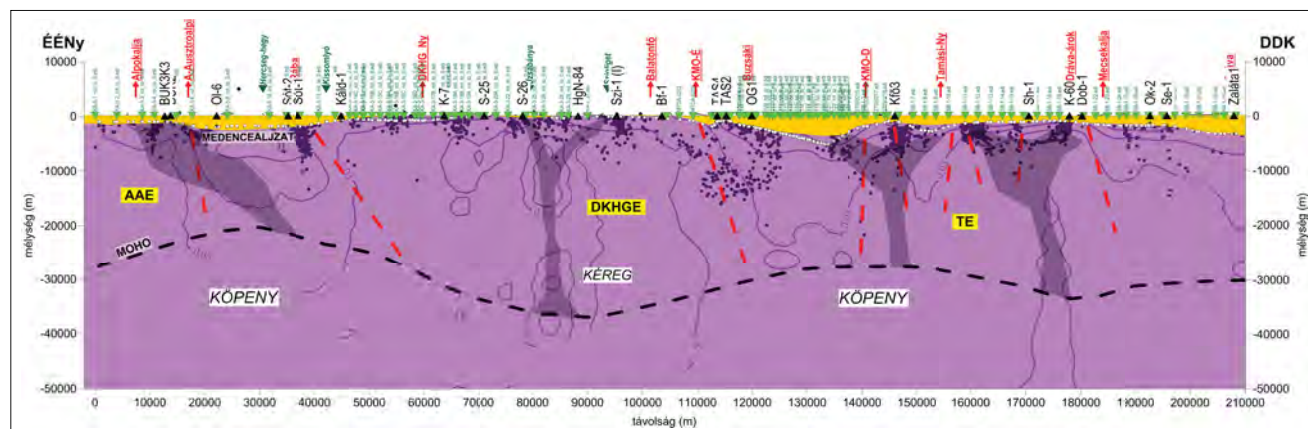
A fázis alapján kirajzolódó mélyzóna területe felett korábban a domborzati, gravitációs, mágneses és tellurikus adatok alapján körgyűrűs szerkezeteket azonosítottunk, aminek lehetséges okaként felmerült a meteoritkráter lehetősége (Bodoky, Kiss 2020). A DVA eredetének pontosítása, igazolása azonban további, területi vizsgálatokat igényel!

A látszólagos fajlagosellenállás-értékek alapján számított fajlagos vezetőképesség mélységmetszete alapján szer-



22. ábra Az MTOA-02 látszólagos fajlagos vezetőképesség (σ_{xy}) mélységmetszete és szerkezet-kijelölés [AAE – Alpokalja Egység, DKHGE – Dunántúli-Középhegységi Egység, TE – Tisza Egység, KZ – Kisalföldi Zóna, KMZ – Közép-Magyarországi Zóna, DAZ – Dráva-árok Zóna]

Figure 22 MTOA-02 Apparent specific conductivity (σ_{xy}) depth section and structure assignment [AAE – Alpokalja Unit, DKHGE – Transdanubian Central Mountain Unit, TE – Tisza Unit, KZ – Little Plain Zone, KMZ – Central Hungarian Zone, DAZ – Danube-Drava Trench Zone]



23. ábra Az MTOA-02 kéregszerkezeti értelmezési vázlata a látszólagos vezetőképesség izovonalakkal, gravitációs hatókijelölésekkel és a lehetséges köpeny-feláramlási helyekkel (vulkanizmussal) [AAE – Alpokalja Egység, DKHGE – Dunántúli-Középhegységi Egység, TE – Tisza Egység]

Figure 23 MTOA-02 crustal structure interpretation sketch with apparent conductivity isolines, gravity solutions and possible mantle upflow locations (volcanism) [AAE – Alpokalja Unit, DKHGE – Transdanubian Central Mountain Unit, TE – Tisza Unit]

kezeti vázlatot készíthetünk a szelvény nyomvonalára mentén, amelyet a földtani ismereteink alapján, a felszínen be is tudunk azonosítani. Mivel látszólagos értékekről van szó, a változások hatása csak a szerkezet mélységi megjelenésétől indul, és nagyobb mélységig érezhető a hatása. Azt is érdemes figyelembe venni, hogy minél nagyobb mélységet vizsgálunk, annál nagyobb térrész integrált hatását kapjuk vissza (22. ábra).

Az MTOA-02 szelvény mentén korábbi publikációinkban (Szebenyi 2023, Szebenyi et al. 2024) már a felszínközeli földtani felépítésre bemutattunk egy lehetséges változatot. Ebben a tanulmányban a kéregszerkezeti elemek (Moho- és Conrad-inhomogenitás, mélytörések, magmacsatornák) vizsgálata volt a cél, amihez a gravitációs, mágneses adatokat is felhasználtuk a magnetotellurikus mérési adatok kiegészítésére. Az így kapott földtani értelmezési vázlatot mutatja a 23. ábra.

Az impedanciafázis paramétere alapján bizonytalanul azonosítani lehetett a Moho-szintet, a látszólagos fajlagos ellenállás (vagy látszólagos fajlagos vezetőképesség) alapján a főbb kéregszerkezeti blokkokat, a mélytöréseket – többek között a Dunántúli Vezetőképesség Anomáliát, a Közép-Magyarországi Zónát és a Dráva-árkot. A mágneses Naudy-féle hatókijelöléssel a tömbös bázisos magmás és metamorf testeket lehetett kimutatni, a magnetotellurikus anizotrópiamaximumok a kisebb magmacsatornák lehetséges helyeit mutatták meg. Ezeket az értelmezési vázlaton összevontan mutatjuk meg. Az impedanciafázis paramétere a prekainozoos medencealjzat felszínének nyomon követéséhez adhat segítséget.

Konklúzió

Ebben a tanulmányban három régi (80-as, 90-es évekbeli), egy viszonylag új (2021. évi) és néhány napjainkban mért új magnetotellurikus mérés kampány anyagát dolgoztuk össze, mivel a szelvények egy nyomvonal mentén, határtól határig mint egy magnetotellurikus alapszelvény (MTOA-02) fűzhetők fel. A magnetotellurikus mérések nagy behatolási mélysége miatt a mérési adatok kéregszintű vizsgálatokra adnak lehetőséget. Néhány érdekes kérdés és ezekhez kapcsolódó megállapítás is felmerül a feldolgozások eredményeképpen.

A látszólagos fajlagos ellenállás és a fázisparaméter a magnetotellurika fő mérési paraméterei, amelyek minden elektromos és mágneses fizikai paraméter hatását tartalmazza, de ezek nem valós, hanem látszólagos fizikai paraméterek. Ha inverzióval a közeg (közet) fajlagos ellenállását határozzuk meg, akkor egy többváltozós fizikai teret egyetlen változóval (a közeg vezetőképességével) közelítjük, miközben a többi változóról (mágneses permeabilitás, polarizálhatóság, dielektromos állandó) nincsenek pontos információink.¹¹⁾ Ebből adódóan a látszólagos fajlagos ellenállás és a fázisparaméterek objektív mérési paramétereknek tekinthetők, míg az inverzió eredménye emiatt már nem teljesen az.¹²⁾

Ez pedig azt jelenti, hogy a gyakorlatban kialakult szokás ellenére (mármint hogy csak a kétdimenziós inverzióból kapott fajlagosellenállás-szelvényt jelenítjük meg), mindkét iránynak megfelelő látszólagos fajlagos ellenállás és fázisparamétert meg kell jeleníteni, dokumentálni és vizsgálni is kell azokat! Ez rögtön megmutatja a közeg jellegét (egy- vagy többdimenziós) és az irányanizotrópia mértékét is. Erre korábbi cikkünkben (Kiss, Szebenyi 2023) is mutattunk példákat.

A földtani értelmezéshez az is fontos, hogy vertikális skála ne a frekvencia legyen (az ilyen szelvényt hívják pszeudoszelvénynek – „pseudosection”), hanem a mélység szerint jelenítsük meg az eredményeket, azaz mélységmetszetet készítsünk. Ebben az esetben a relatív sűrűség, relatív mágnesezettség vagy szeizmikus refrakciós, illetve reflexiós mélységszelvény adatait (amennyiben vannak) összevethetjük a magnetotellurikus mérési adatokkal. Mivel a mélyfúrások mélysége és az ipari szeizmikus mérések behatolási mélysége ritkán haladja meg a néhány kilométert, így a kéregszintű elektromágneses vizsgálatoknál a kiegészítő adatok ismeretére (gravitációs, mágneses, szeizmikus) feltétlen szükség van.

A tanulmány szerzői

Kiss János, Szebenyi Renáta, Lukács Tamás

Jegyzetek

- ¹⁾ CSAMT – „Controlled Source Audio-frequency MagnetoTellurics”, azaz mesterséges forrású MT.
- ²⁾ RMTS2 – az ELGI saját készítésű MT műszere.
- ³⁾ ADU-7 – német „Metronix” műszer.
- ⁴⁾ PHOENIX – kanadai „Phoenix Geophysics” műszer.
- ⁵⁾ vkm – vonal kilométer (nem mélység, hanem távolság mértékegység).
- ⁶⁾ Anizotrópiamaximum, azaz AniMax = $|\rho_{xy}/\rho_{yx}| + |\rho_{yx}/\rho_{xy}|$.
- ⁷⁾ A fázis az impedancia valós és képzetes része közötti fázisszöget mutatja, amely a szakirodalom alapján a közeg vezetőképességétől függ. Homogén féltér esetén, azaz ha nem változik a fajlagos ellenállás (ρ_a = állandó), akkor a fázis értéke 45° lesz. Amennyiben változik a fajlagos ellenállás ($\rho_a \neq$ állandó), akkor a fázis (φ) értéke is változni fog. Ha csökken az elektromos vezetőképesség (vagy nő a fajlagos ellenállás), akkor a fázis értéke kisebb lesz, míg ha nő a vezetőképesség (csökken a fajlagos ellenállás), akkor a fázis értéke nagyobb lesz, amint azt a szakirodalom már a kezdetektől ismerteti (Berdicsevszkij 1968), bár ezt eddig nem használtuk fel.
- ⁸⁾ A fajlagos ellenállást elsődlegesen a fém-, grafit- és elektrolit-tartalom – a szabad elektronok és a mobilis ionok mennyisége – határozza meg.
- ⁹⁾ A sűrűség alapvetően az anyagi összetételtől, a szilárd köztetváz szerkezetétől, tömörségétől, a pórustérfogattól és a pórusteret kitöltő anyagtól függ, amely lehet folyadék és gáz is.
- ¹⁰⁾ A fajlagos vezetőképességet (conductivity [S/m]) a fajlagos ellenállás (resistivity [Ω m]) reciprok értékeként kaphatjuk meg ($\sigma = 1/\rho$). Mivel egymás reciprok értékei, így az egyik a jól vezető közegre, a másik a szigetelő közegre lesz érzékenyebb a megjelenítés során ($S/m = 1/\Omega m$).
- ¹¹⁾ A klasszikus magnetotellurikus feldolgozásokban a mágneses permeabilitást, az elektromos permittivitást, valamint az elekt-

romos polarizálhatóságot állandónak feltételezik, ami a gyakorlatban sokszor nem teljesül.

- ¹²⁾ Az ekvivalens megoldások lehetősége, az inverzió jellege (konvergáló vagy divergáló) is bizonytalanságokat eredményez a földtani modell leképezésekor.

Hivatkozások

- Ádám A. (1992): A dunántúli elektromos vezetőképesség-anómália földtani és módszertani jelentősége, Akadémiai székfoglaló: 1990. szeptember 24. Értekezések, emlékezések. Akadémiai Kiadó, Budapest. ISBN 963-05-6403-3
- Berdicsevszkij M. N. (1968): Geoelektromos kutatás magnetotellurikus szelvényezéssel. Nyedra Kiadó, Moszkva, p. 255.
- Bodoky T., Kiss J. (2020): Újabb vizsgálatok a feltételezett dabronyi becsapódási szerkezettel kapcsolatban. Magyar Geofizika, 61/1, 19–27.
- Kiss J., Szarka L., Prácser E. (2023): Mágneses torzulások a magnetotellurikában. A klasszikus MT feldolgozási eljárások várható torzulásai mágneses közeg megjelenése esetén, 2D direkt modellezés eredményei extrém nagy mágneses permeabilitás esetén. Magyar Geofizika, 64/1, 1–15.
- Kiss J., Szebenyi R. M. (2023): Dunántúli magnetotellurikus MTOA-01 alapszelvény (CEL07 litoszférakutató szeizmikus-tomográfia-szelvény mentén). Magyar Geofizika, 64/2, 78–94.
- Kiss J., Vértesy L. (2020): A potenciáltér-anomáliák paraméterfüggősége és spektrális mélységmetszetek. Magyar Geofizika, 61/1, 8–18.
- Kiss J., Zilahi-Sebess L., Szarka L. (2011): A mágnesség jelensége és a Hopkinson-effektus. Magyar Geofizika, 52/3, 151–169.
- Szebenyi R. (2023): Magnetotellurikus adatok feldolgozása a Dunántúlon, egy mintaszelvény alapján. Diplomamunka, ELTE, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Geofizikai és Őrtudományi Tanszék, Budapest
- Szebenyi R., Kiss J. (2024): Regional-scale magnetotelluric data processing and interpretation in Transdanubia, Hungary. Poster, EGU General Assembly 2024
- Szebenyi R. M., Kiss J., Héja H. G. (2024): Using archived magnetotelluric data for geologic interpretation in the Transdanubian Region. Acta Gedaetica et Geophysica, DOI: 10.1007/s40328-024-0440-3
- Takács E. (1979): Geofizika. Geoelektromos kutatómódszerek I. Tankönyvkiadó, Budapest, p. 208.
- Zsdanov M. (1986): Geoelektromos kutatások. Nyedra Kiadó, Moszkva, p. 316.

A dinamikakompresszió alkalmazása a Csőszhalom kutatási terület földmágneses adatainak feldolgozásában

PUSZTA S.[@], KIS K.

¹Fractal Bt., 1155 Budapest, Óda utca 37.

²ELTE Eötvös Loránd Tudomány Egyetem, Földrajz és Földtudományi Intézet,
Geofizikai és Űrtudományi Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C

[@]E-mail: fractgeo@gmail.com

A dinamikakompressziót két célból alkalmaztuk a földmágneses adatainkon. Ezek egyike a térbeli impulzusszerű jelkomponensek elnyomása. A másik a nagy amplitúdóbeli változatosságot mutató terület strukturális jellegének kiemelése. Cikkünkben áttekintjük a dinamikakompressziót. Megmutatjuk, hogy e műveletet az adatok burkolófüggvényére célszerű alkalmazni. A Hilbert-transzformáció sugallta heurisztikus algoritmust adunk a kétdimenziós burkolófüggvény meghatározásához. Az eljárást sikerrel alkalmaztuk a kelet-magyarországi Polgár város közelében lévő Csőszhalom nevű kutatási terület régészeti célból mért földmágneses adataira. A terület fontosságát az adja, hogy itt egy 6000 évnél nagyobb időszakot átfogó komplex kulturális objektum található. E helyen különböző feldolgozottságú obszidiánt deponáltak. A dinamikakompresszált adatok irányelemzése a Tokaj-hegy csúcsára mutat, amely Közép-Európa csaknem kizárólagos obszidiánlelőhelye. A terület hat és félezer évvel ezelőtti kapcsolatáról ad hírt a 200 méternél nagyobb méretű földmű irányítottsága.

Pusztá, S., Kis, K.: Application of dynamic compression in the geomagnetic survey of the Csőszhalom research area data processing

Dynamic compression has been applied to our geomagnetic data for two purposes. The first is to suppress the signal pulse-like signal components. The second is to highlight the structural nature of the high-amplitude variability region. In our article we review dynamical compression. We show that this operation is appropriate for the envelope function of the data. We give a heuristic algorithm, suggested by Hilbert transform, for the determination of the two-dimensional envelope function. The procedure has been successfully applied to geomagnetic data measured for archaeological purposes in the research area of the Csőszhalom, near the town of Polgár in eastern Hungary. The importance of this area is due to the fact that it is the site of a complex cultural object spanning a period of more than 6000 years. Obsidian of various degrees of processing has been deposited on this site. The directional analysis of the dynamic compressed data points to the top of Mount Tokaj, which is the almost exclusive obsidian site in Central Europe. The presence of an earthwork of more than 200 m in size indicates a connection between the two areas six and a half thousand years ago.

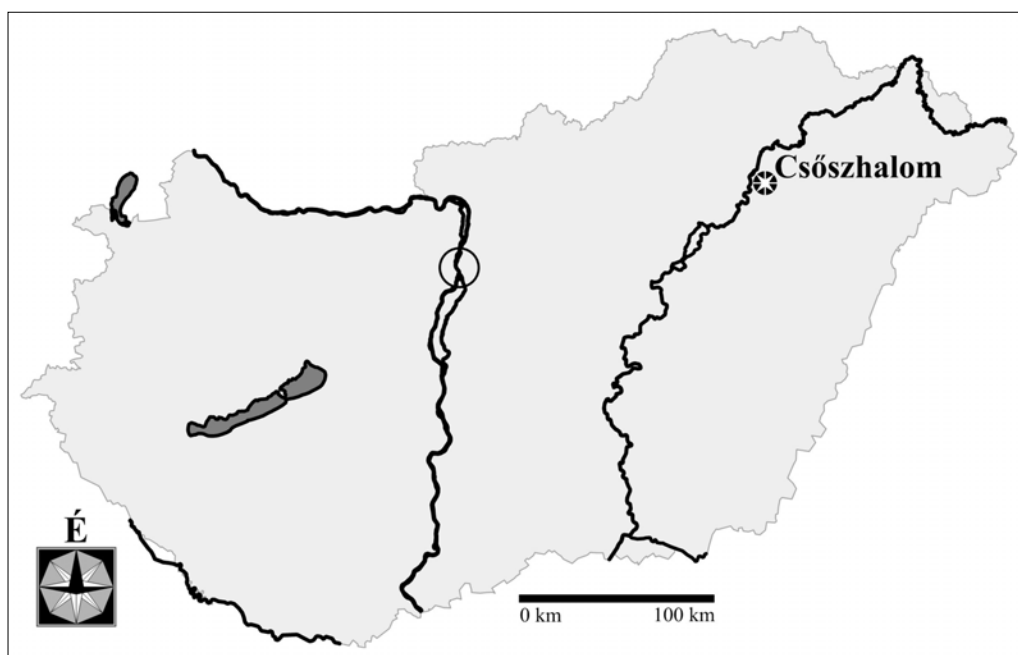
Beérkezett: 2024. november 18.; elfogadva: 2025. február 25.

A Csőszhalom kutatási terület

A Csőszhalom régészeti azonosítójú terület Kelet-Magyarországon Polgár városától 3 kilométerre, keletre helyezkedik el (1. ábra). Jellegzetes része egy 200 méter átmérőjű, 6,5 méter magas, enyhe lefutású halom, melynek tetején állandósított geodéziai pont van. Légi fotón a növényzet színe széles sávban egy kör alakú struktúra létét sugallja (2. ábra).

1957-ben a halmon régészeti vizsgálat történt, viszonylag kis felületen. A régészeti célból mélyített fúrások anyagából tudjuk, hogy a halom mesterséges képződmény. A környező, régészetileg frekvenciált bizonyult területek kutatása az M3-as autópálya tervezett nyomvonalvariáns előkészítő munkáinak egyik eleme volt.

1991-ben végzett itt először mágneses méréseket az ELTE Geofizikai Tanszéke Pusztá Sándor vezetésével. A használt eszközök Geometrics gyártmányú G816 és G826



1. ábra | A Csőszhalom kutatási terület elhelyezkedése
Figure 1 | Location map of the Csőszhalom prospecting area



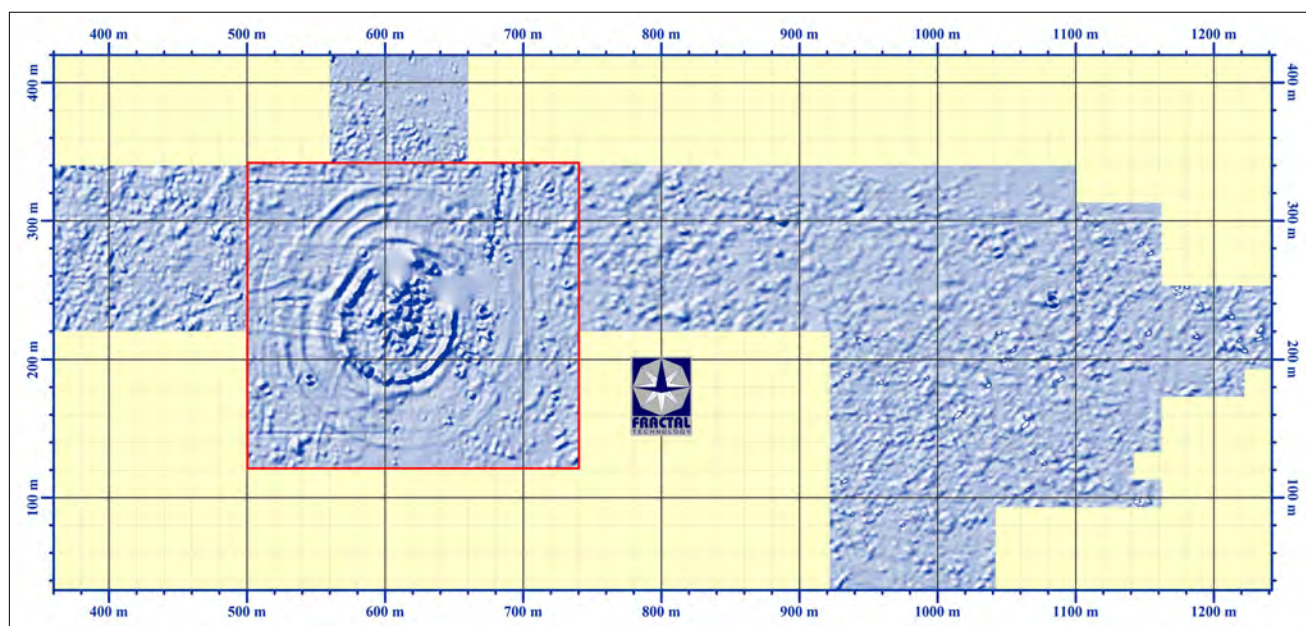
2. ábra | A kutatási terület légi fotója (Raczky et. al. 1994)
Figure 2 | Aerial photo of the area (Raczky et al. 1994)

típusú, 1 nT érzékenységgű, memóriával nem bíró, a mágneses tér abszolút értékét mérő protonprecessziós műszerek voltak. E kutatás során a halom nagyszerkezetéről kaptunk információt.

1993 és 1995 között a Fractal Bt. Pusztai Sándor vezetésével korszerű eszközökkel, Geometrics gyártmányú G856 protonprecessziós műszerekkel kutatta a területet. Ezek érzékenysége 0,1 nT. Memóriába rögzíti az adatokat, valamint PC-kapcsolattal RS-232 adatátvitelre képes. A továbbiakban ez utóbbiak által mért adatokat használtuk. Az adatokat saját fejlesztésű szoftverekkel dolgoztuk fel, melynek lépései: adatelemzés, báziskorrektció, térbeli pozíció hozzárendelése, kétdimenziós Fourier-transzformáció, Hilbert-transzformálás, lokálisfázis-számítás, lokálisamplitúdó-számítás, sávszűrés, pólusra redukálás, lefelé folytatás, optimumszűrés. E műveletek sorába illeszkedik a dinamikakompresszió, melynek kifejtése cikkünk egyik célja.

1997-ben a megkutatott területet bővítettük, így a halom strukturális képe összefüggésbe került tágabb környezetével (3. ábra). E kutatások értéke abban áll, hogy a terület horizontális szerkezetéről ad részletes ismeretet, megalapozza a régészeti vizsgálatok célszerű helyét.

A mágneses méréseket a mágneses északra irányított hálózat 1×1 méteres derékszögű rácpontjaiban végeztük. A geodéziát a dombon lévő háromszögelési pontra és a mágneses északi irányra alapoztuk busszolás teodolit használatával. A hálózatot optikai módszerrel (teodolit) és mérőszalagok alkalmazásával tűztük ki 20×20 méteres közbülső rács alkalmazásával. Térképeinket helyi koordináta-rendszerben (LAM – Lokális ArcheoMágneses koordináta-rendszer) ábrázoltuk. Ez egy méter alapú Descartes-rendszer, x – Kelet, y – Észak irányítottsággal.



3. ábra | A tágabb terület földmágneses anomáliái
Figure 3 | Geomagnetic anomalies of the larger area

Jelen cikkben a több mint 17 hektár mért adataiból készített áttekintő mágneses térképen piros négyzettel jelöltük a cikkünk fókuszában lévő területet, amely a kívülállók számára is a legérdekesebb, több mint 5 hektár kiterjedésű 240×220 méteres rész. Térképünk irányított-sága a négyzetháló x tengelye nyugat–kelet irányított-ságú 140 métertől 380 méterig, míg y tengelye dél–észak irányított-ságú 140 métertől 380 méterig (3. ábra).

1991 és 2000 között intenzív régészeti kutatás történt a területen. A földmágneses kutatási eredmények alapján kiválasztott 20×30 méteres horizontális kiterjedésű, 6 méter mélységet elérő nagy részletességű ásatásából tudjuk, hogy a halom egy „tell” típusú település. A tell egy régészeti szakszó, jelentése domb, törmelékhalom. Az idők során ugyanis mindig ugyanott újjították meg a lakhelyeket, és ezáltal jött létre a domb. Az árkok az anyagkitermelés következményei – és nem mellékesen – védelemül is szolgálhattak. A telep terjeszkedésével az árkokat a lerombolt házak anyagával töltötték fel. A domb régészeti anyaga sok korszakot ölel át. A C14-es vizsgálatokból tudható, hogy a halom legrégebbi része több mint 6000 évvel ezelőtti.

A dinamikakompresszió

E módszer bevetésének aktualitását az adta, hogy az egyik kutatási területünk mágneses képe igen nagy amplitúdóbeli változatosságot mutat, és esélyes volt, hogy a feldolgozás folyamán a nagy intenzitású részek elnyomják a kisebbeket. A dinamikakompressziót esetünkben a földmágneses adatok előfeldolgozásaként használtuk, egyrészt az adatainkat terhelő kis térbeli kiterjedésű, nagy amplitúdójú zajok elnyomása céljából, másrészt a helystruktúrájának érthetőbbé tétele érdekében.

Kutatásaink során általában arra törekszünk, hogy mérési adataink ne torzuljanak, az eredeti mennyiségek legfeljebb a

$$k_i = a \times b_e + b$$

lineáris transzformáció szerint módosuljanak.

Bizonyos esetekben a jelek torzítását nem tudjuk elkerülni, például amikor egy hangerősítő túlvezérlése során a maximális amplitúdó eléri az eszköz fizikai határértékét. Ilyenkor az eszköz által megvalósított

$$k_i = f(b_e),$$

ahol az $f(b_e)$ nemlineáris transzformáló függvénynek a hatását mint fülhasogató felharmonikusok sokaságaként éljük meg.

Más esetekben célunk lehet a nemlinearitás alkalmazása, például eszközök túlvezérlésének, túlterhelésének, károsodásának megakadályozása érdekében. Biológiai rendszerek is előnyösen használják ezt, például a Weber–Fechner-féle pszichofizikai törvény szerint a hangintenzitás mint inger és hangosság mint érzet között logaritmikus összefüggés áll fenn.

Technikai alkalmazásokban limiterként, illetve klipperként említik azt az eszközt, melynek átvitele csak egy küszöbértékig lineáris. Hálózati áramellátásnál a túlfeszültség-védelmet valósítják meg ily módon. Mechanikai példáját a nyomatékkorlátozó autókerek-kulcsként ismerhetjük. Megmért adatainkban lévő impulzusszerű események amplitúdóját korlátozhatjuk így. Térbeli impulzusszerű jelek mágneses térképeinken is előfordulnak, melyek forrása általában kis kiterjedésű, kis mélységű, esetleg felszíni ferromágneses anyag, recens hulladék, melyek léte érdeklődésre nem tart számot. Mivel az impulzus teljesítményspektruma olyan, hogy minden frekvencián a hasz-

nos jelekhez tartozó frekvencia tartományban is ad járulékot, ezáltal hatása nemkívánatos.

Vannak azonban olyan esetek, amikor a mért adatoknak a nagy és a kis amplitúdójú részeit egyaránt láttatni szeretnénk, mégpedig korlátos dinamikai képességű eszközön. Ilyen jellegű problémával szembesül például a hanglemezkészítés vagy fényképek papírra nyomtatása, a telefontechnikában a beszédhang átvitele korlátozott sávzélességű csatornán vagy a HDR (High Dynamic Range) fényképezés. Ezekben az esetekben a megoldást az adatokon végrehajtott dinamika-kompresszió adja. Ez egy olyan nemlineáris függvény alkalmazását jelenti, amely jellegében csak enyhén tér el a lineáristól. Ezt tekinthetjük a feladat determinisztikus megoldásának, míg az analóg technikában gyakrabban alkalmazott AGC-t (Automatic Gain Control) adaptívnek. Ez utóbbinak az erősítése a bemenő jel pillanatnyi intenzitásától függ, nagyobb intenzitáshoz kisebb erősítést társítva és viszont.

Bemutatunk három, jellegében eltérő kompressziós függvényt.

- *Limiter*: a bemenet $be(x)$ és a kimenet $ki(x)$ között a kapcsolat csak egy küszöbértékig lineáris, utána konstans, a deriváltjában szakadás van.
- *Arkusz tangens*: $ki(x) = \text{atan}(be(x))$, nulla közelében a deriváltja = 1, torzítása kicsi, a kimenetet $\pm\pi/2$ értékre

korlátozza. Az előbbinek finomított módja, a deriváltja folytonos.

- *Négyzetgyökös*: $ki(x) = 0,5 \text{ sign}(be(x)) [-1 + \sqrt{1 + 4|be(x)|}]$. Ez utóbbit mutatjuk részletesen is, nulla közelében a deriváltja = 1, torzítása kicsi, a kimenet értékét nem korlátozza, a deriváltja folytonos (4., 5. ábra).

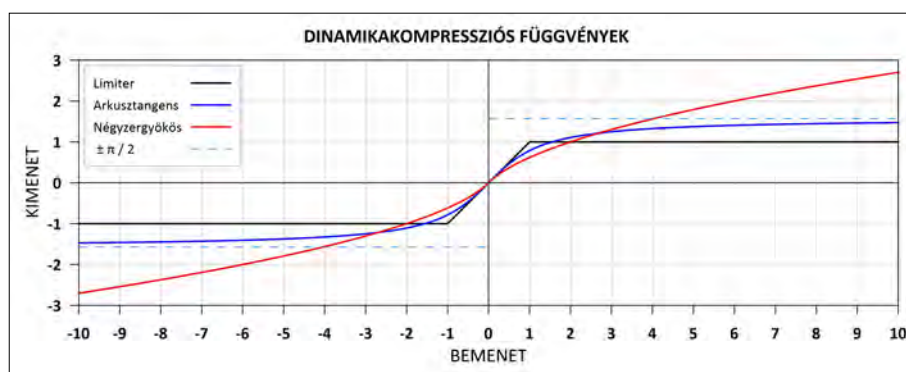
A dinamika-kompresszió alkalmazása során törekszünk rá, hogy a lényegi adataink a transzformáló függvény közel lineáris szakaszára essenek. Ezt a bemenet átskálázásával érjük el, azzal a kikötéssel, hogy ezek az adatok a transzformáció során a ± 1 tartományba kerüljenek. Az alkalmas skálátényező megállapításához a térképi adatok hisztogramja van segítségünkre.

A kompresszió után célszerű az adatrendszert vissza-skálázni, miáltal lényegi adataink közel változatlanok maradnak, szemben a nagyamplitúdójú komponensekkel:

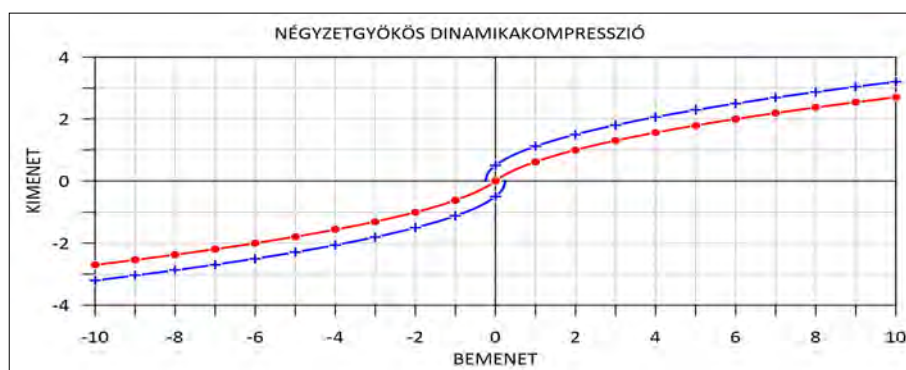
$$ki(x) = A \times f(be(x)/A),$$

ahol az A egy skálázó tényező.

A Csőszhalom kutatási terület totális mágneses adataira két lépésben alkalmaztuk a dinamika-kompressziót. Az elsőben a térbeli impulzusszerű zajok amplitúdójának csökkentésére, a másodikban az adatokban lévő nagy dinamikát kívántuk csökkenteni a térképi jelenségek jobb értelmezhetősége érdekében.



4. ábra Dinamikakompressziós függvények: Limiter (fekete), Arkusztangens (kék), Négyzetgyökös (piros)
Figure 4 Dynamic compression functions: Limiter (black), Arc tangent (blue), Square root (red)



5. ábra Négyzetgyökös dinamikakompressziós függvény
Figure 5 The square root dynamics compression function

Az impulzusszerű zajok csökkentése

A Csőszhalom mágneses adataiból számított hisztogramot tanulmányozva meghatározhatjuk a dinamikakompresszió skálátényezőjét. Példánkban a ± 100 nT értékkészletet lát-nánk szívesen a kompresszió bemeneteként a ± 1 tartományban. Szeretnénk az ettől nagyobb/kisebb értékek gyengítését elérni. Az A skálátényező választásával az alábbiak szerint végezzük a műveletet:

$$\text{Kompresszált}(x, y) = \text{atan}\left(\frac{\text{mágneses tér értéke}(x, y)}{A}\right) \times A.$$

Az A skálátényező nT dimenziójú, miáltal a kompresszálo függvény bemenetére dimenziótlan mennyiségek kerülnek. Az A -val való utólagos szorzás hivatott a kis amplitúdójú adatok eredeti értékének, valamint az adatrendszer nT dimenziójának visszaállítására. Ez a kompressziós lépés előnyösen korlátozta a térképünket sújtó impulzusokat. Hatásosságát a hisztogramon mutatjuk be (6. ábra).

A strukturális jelleg kiemelése

A térképünk gyűrűs szerkezetet mutató belső és külső részei egyaránt lényegi információt hordoznak, eltérő intenzitással. Kisebb felületen végzett régészeti szondázás eredményéből tudjuk, hogy a gyűrűs szerkezet több „koncentrikus” árok hozza létre. Az eltérő intenzitás az eltérő betöltő anyag miatt van. A külső árkok erózió által talajjal töltöttek, míg a belső paticcsal, átégett agyaggal. Ennek nagyobb a szuszceptibilitása, mely magyarázza a belső területre jellemző nagyobb mágneses indukció értéket.

Szeretnénk a külső és belső rész amplitúdó viszonyait közelíteni egymáshoz. Most nem volna célszerű, ha vág-nánk vagy telítésbe vinnénk az amplitúdókat. Itt a négyzetgyökös kompresszálo függvényt alkalmaztuk, előny-ként tekintve a kimenet nem korlátos jellegét.

Vizsgáltuk a kompresszió alkalmazási módját. Numerikus kísérleteink eredményei azt mutatták, hogy ha a műveletet közvetlenül alkalmaznánk adatainkra, az a spektrum jelentős torzulásával, sok felharmonikus keletkezésével járna. Az általunk alkalmasnak talált és követett eljárás az, hogy:

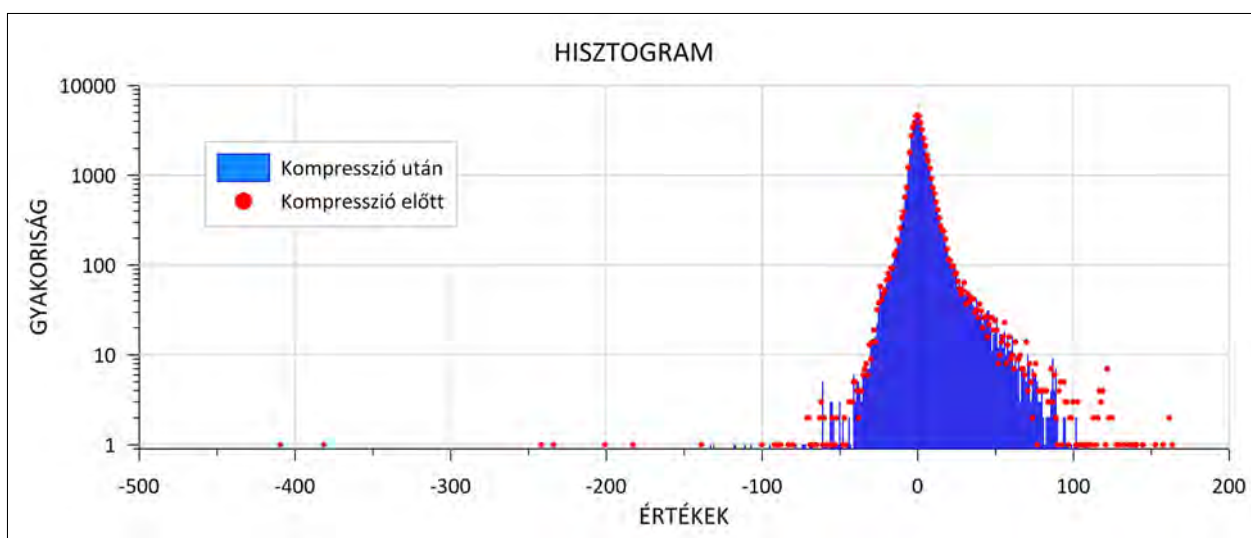
1. adatainkat amplitúdó- és fázistagra bontottuk a Hilbert-transzformáció segítségével;
2. csak az amplitúdó függvényre alkalmaztuk a kompresszálo;
3. adatainkat rekonstruáltuk a fáziskoszínusszal való szorzással.

Tapasztalatunkat egydimenziós példán illusztráljuk. Modellként egy Gauss-függvénnyel szorzott koszinuszt választottunk, melyből adódott, hogy az amplitúdó rész a Gauss-függvény, a fáziskoszínusz pedig maga a koszinusz (7. ábra).

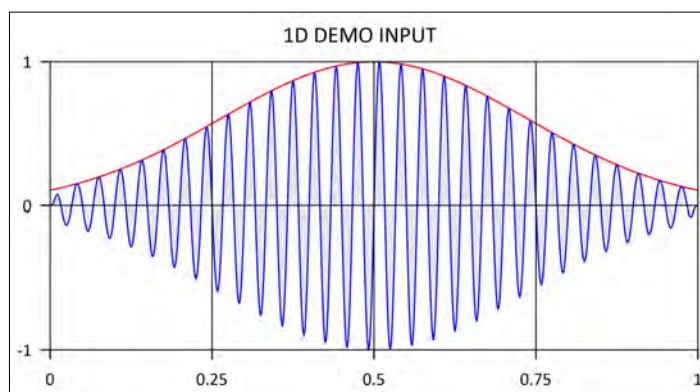
Mutatjuk, hogy milyen hatással van a spektrumra annak, ha a kompressziót

- csak az amplitúdó tagra – (pontosított vonal);
- csak a fáziskoszínusz tagra – (vastag vonal);
- vagy szorzatukra, ami a bemenet – (vékony vonal), alkalmazzuk.

Megállapíthatjuk, hogy jelentős mennyiségű felharmonikust kapnánk abban az esetben, amikor közvetlenül a bemenet adataira alkalmaznánk a dinamikakompressziót (8. ábra).



6. ábra | A totális földmágneses anomáliák nem normalizált hisztogramja: mért (piros), dinamikakompresszió után (kék)
Figure 6 | Not normalized histogram of the measured total magnetic anomalies (red) and total magnetic anomalies after dynamic compression (blue)



7. ábra | Az 1D művelet bemenete

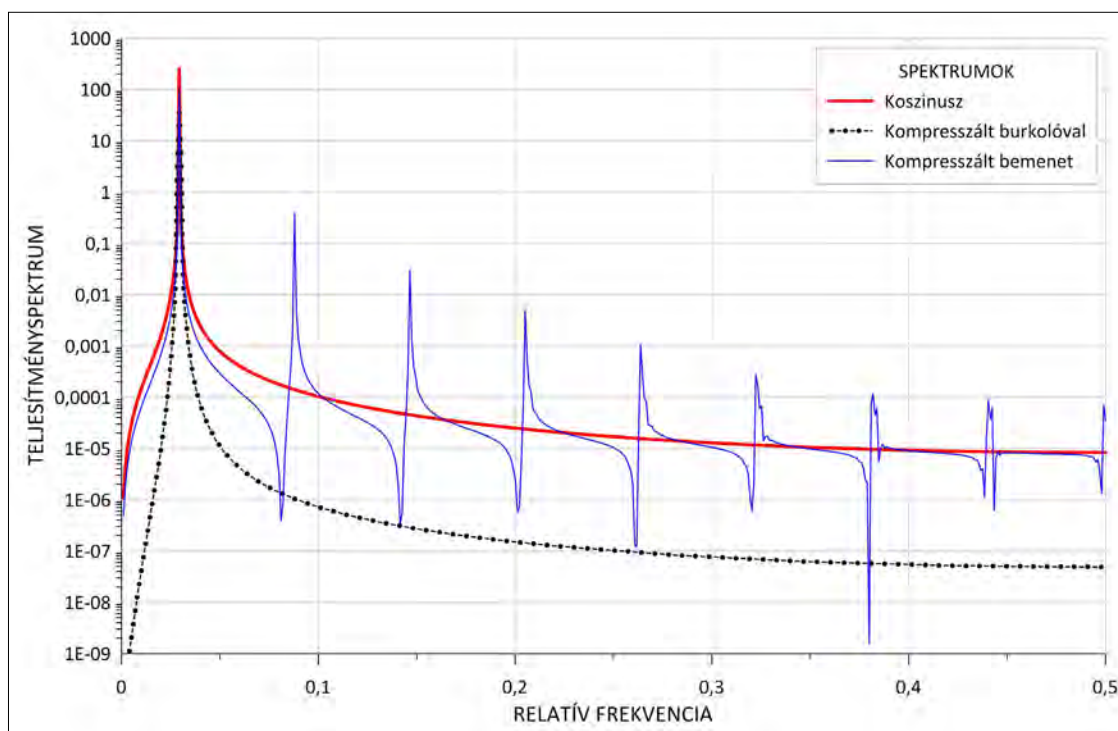
Figure 7 | Input to the 1D operation

A Hilbert-transzformáció

A transzformációt Hardy (1932) vezette be Hilbert tiszteletére nevezte Hilbert-transzformációnak. A szakirodalom részletesen tárgyalja a Hilbert-transzformációt és annak alkalmazását: Gold et al. (1972); Hahn (2000); Meskó (1984); Nabighian (1984); Kis (2009). A mágneses és gravitációs anomáliák értelmezésére használja a Hilbert-transzformációt Mohan et al. (1982); Sundararajan et al. (1983); Sundararajan et al. (1985). Szeizmikus adatfeldolgozásra használta a Hilbert-transzformációt Zsellér (1983). A Hilbert-transzformáció egyes tulajdonságait és mágneses adatok értelmezésére használta Pusztai és Kis (2013). Ez a tanulmány a *Magyar Geofizika* hasábjain jelent

meg, így a Hilbert-transzformáció részletesebb tárgyalása helyett itt csak felidézésként említjük.

A $be(t)$ valós adatsorunkból $H(t)$ -t Hilbert-transzformáltat számítunk. A be bemenetből és a H transzformáltból mintáról mintára képezzük a komplex elemű $A(t)$ analitikus függvényt, melynek valós része a $Re(A(t)) = Be(t)$ bemenő adatsor, képzetes komponense ennek a Hilbert-transzformáltja, $Im(A(t)) = H(t)$. Az analitikus jel abszolút értéke a bemenetnek, és annak Hilbert-transzformáltjának burkolóját szolgáltatja. $|A(t)| = [(Re(t)^2 + Im(t)^2)]^{1/2}$ a pillanatnyi amplitúdó vagy burkoló. Az $A(t) = \{Re(t), Im(t)\}$ komplex adatokat polárkoordinátás módon is kifejezhetjük: $A(t) = \{|A(t)|; \varphi(t)\}$, ahol $\varphi(t) = \text{atan}(Im(t)/Re(t))$ a pillanatnyi fázis.



8. ábra | A kompressziós művelet spektruma

Figure 8 | Spectrum of the compression operation

A definícióból adódóan a bemenetet visszakaphatjuk az analitikus függvényből a $be(t) = |A(t)| \cos(\varphi(t))$ módon. Ez számunkra igen kedvező, mert a bemenő adatainkat amplitúdó- és fázisinformációt hordozó komponensek szorzataként írhatjuk le.

A pillanatnyi fázis koszinusza $\cos(\varphi(t)) = \text{Re}(t)/|A(t)|$ módon is megkapható, ami előnyös, mert az arkusz tangens függvény többértékűsége miatt elkerülhető, hogy a φ főértéke, illetve az $a + k\pi$ -nél felvett értékek közül kelljen választanunk.

Az analitikus jel spektruma előállítható a bemenet spektrumának csak a pozitív frekvenciákhoz tartozó értékeinek megtartásával.

A Hilbert-transzformáció kétváltozós esetben

Mágneses térképeink kezelésénél kétdimenziós Hilbert-transzformációra van szükségünk. Sajnos nincs egyértelmű és egyszerű módszer a kétdimenziós Hilbert-transzformációra. Különböző szerzők jellegében nagyon eltérő megoldásokról számolnak be, melyeket saját feladatukhoz eredménnyel alkalmaztak. Néhány értelmezés ezek közül:

A René Garello által szerkesztett (2008) kiadvány 230. oldal 5.4 fejezetében javasolt az egyváltozós eset követése, a negatív frekvenciához tartozó tagok nullázása, esetünkben nem járható. Az egyváltozós eset analógiára Zhu (1990) javaslata: a $H(\omega_x, \omega_y) = (1/4) [\text{sign}(\omega_x) + \text{sign}(\omega_y) + 2]$ irányfüggő tulajdonsága, hogy az egyik átlós irányban mutatja az általunk várt tulajdonságot, az erre merőleges irányban az adatokat változatlanul hagyja. Így használatáról lemondunk. Hasonlót javasol Reid és Treiter (1973).

Bonyolultabb eljárást mutat be Bülow (1998), Bernstein et al. (1998). A hiperkomplex számoknak a valósra és egymásra is ortogonális 3 képzetes komponense van. Ezekhez rendeli hozzá a „parciális” és a „totális” Hilbert-transzformáltakat a további felhasználás érdekében.

Nabighian (1984) az analitikus jel burkolóját a potenciál irány szerinti deriváltjaiból származtatja. Az anizotrópia szempontjából előnyös, azonban a deriválás nagy frekvenciákat erősítő hatása miatt az előfeldolgozás során kerüljük.

Az általunk korábban kidolgozott heurisztikus algoritmust a kétdimenziós Hilbert-transzformáció meghatározására az alábbiakban mutatjuk be.

Olyan eljárást kerestünk, mely az adatainkat lehetőleg izotróp módon alakítja át. Térképünk sorait külön-külön mint egydimenziós adatsorokat kezelve számítottuk a $H_y(x, y = \text{konstans})$ Hilbert-transzformáltakat és az analitikus $A_y(x, y = \text{konstans})$ jelet. Ugyanígy jártunk el térképünk oszlopaiban lévő adatokkal, melyekből $H_x(x, y)$ és $A_x(x, y)$ adatokat kaptuk. Valószínűtlen, hogy a két irányból számított adatok azonosak lehetnének. Az eltérés a számítás nemkívánatos hatása, csökkentésére a két irány mentén kapott analitikus jel abszolút értékének pontonkénti mértani, illetve számtani közepét számítottuk. A továbbiakban ez utóbbit használtuk:

$$|A(x, y)| = (|A_x(x, y)| + |A_y(x, y)|)/2.$$

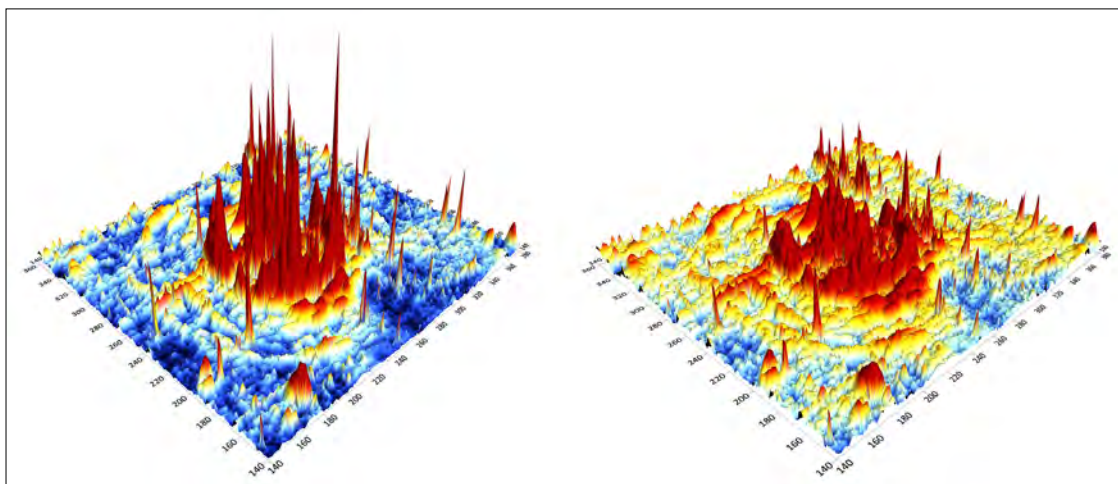
A fázisszög koszinuszát az átlagolt analitikus értékekből és az egyértelmű bemenetből:

$$\cos(\varphi(x, y)) = \text{Re}(x, y)/|A(x, y)| = \text{Be}(x, y)/|A(x, y)|$$

módon állítottuk elő. Ez a mágneses anomáliákat eredeti amplitúdójuktól függetlenül a ± 1 tartományban ábrázolja. Megmutatjuk (9. ábra) a burkoló adatokat a dinamika kompresszió előtt és után.

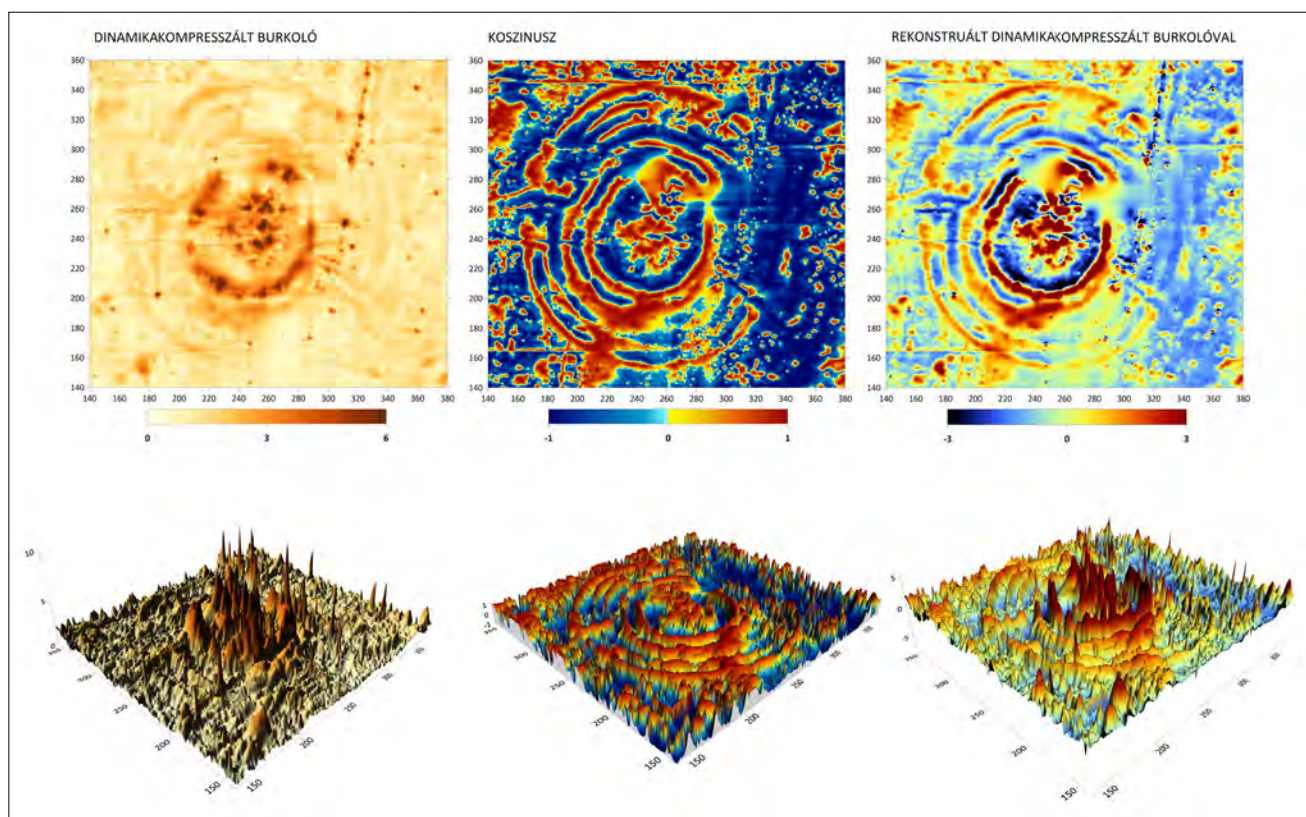
Bemutatjuk továbbá (10. ábra) a dinamikakompresszált burkolót (jelerősséget), a lokális fázis koszinuszának térképét, valamint a rekonstruált dinamikakompresszált adatokat. Ez utóbbiak szolgáltak a további feldolgozáshoz bemenetként.

E művelet előnyösen tette láthatóvá a külső gyűrűket, és csökkentette a belső intenzitását, mindezt drasztikus tor-

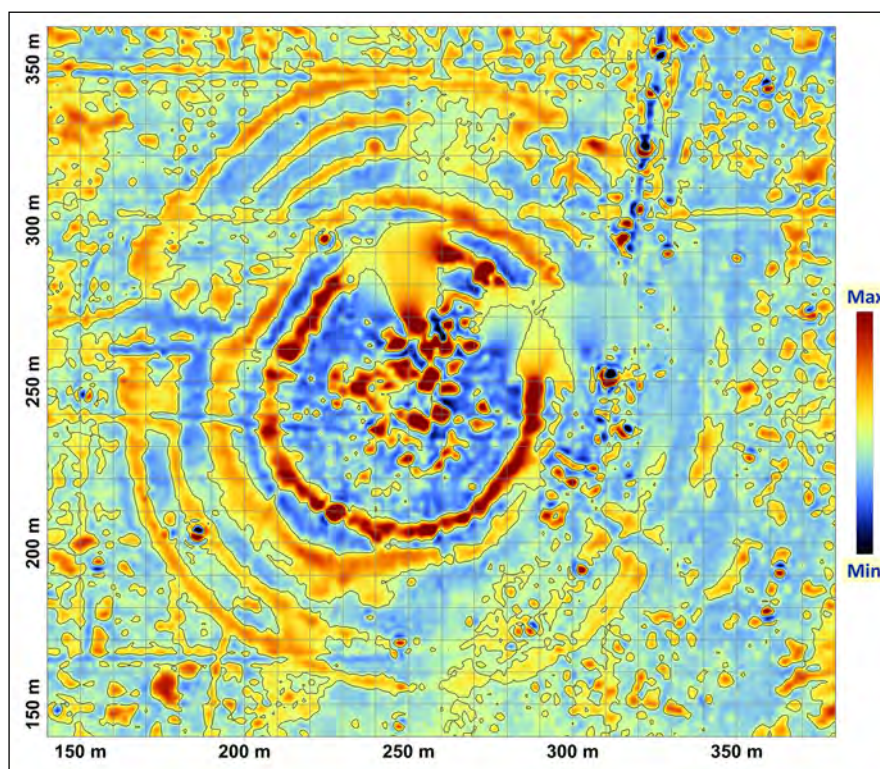


9. ábra | A burkolófüggvény a dinamikakompresszió előtt és utána

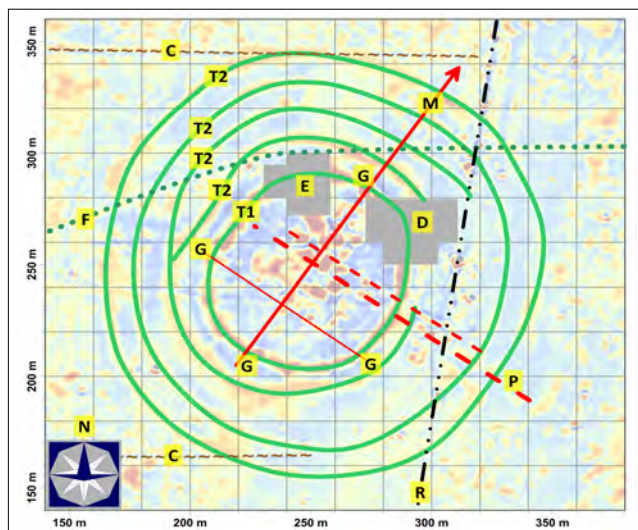
Figure 9 | The envelope function before and after dynamic compression



10. ábra | Dinamikakompresszált burkoló, a lokális fázis koszinusza, a rekonstruált dinamikakompresszált adatok térképi és perspektívus ábrázolással
Figure 10 | Dynamic compressed envelop, the local phase cosine, reconstructed dynamic compressed data with map and perspective representation



11. ábra | A Csőszhalom kutatási terület dinamikakompresszált földmágneses anomáliái. Színskálát a nemlineáris művelet miatt nem kalibrálható. A szintvonalak a 0 értéket mutatják
Figure 11 | Dynamic compressed magnetic anomalies of the Csőszhalom prospecting area. The scale is not calibrated due to the nonlinear operation. The zero contour lines are indicated



12. ábra A kutatási terület strukturális vázlata. *Jelmagyarázat:* T1 – árok paticcsal töltve; T2 – árok talajjal töltve; G – kapu; M – főirány; P – út; N – mágneses Észak; C – jelenkori barázda, művelési határ; R – jelenkori földút; F – jelenkori gyalogút; E – ásátási terület; D – depó terület

Figure 12 The structural outline of Csőszhalom prospecting area. *Legend:* T1 – trench filled with paties; T2 – trench filled with soil; G – gate; M – main direction; P – accommodation road; N – magnetic North; C – recent furrow indicates the cultural boundary; R – recent accommodation road; F – recent lane; E – excavation territory; D – depo territory

zítás nélkül. A további feldolgozási lépésekben ez az adatrendszer szolgált a bemenetként.

Az eredmények értelmezése

A Csőszhalom dinamikakompresszált mágneses képe (11. ábra) előnyösebben értelmezhető, és számos régészeti objektumról ad hírt, melyek mibenlétéről az ásások alapján lehet informálódni. Csak felsorolásként idézzük: ötszörös körárok, a belső paticcsal feltöltött, „kapu”-ként megnevezett anomáliák, bejárati út, belső területen házak, kemencék hatása, kisebb kiterjedésű anomáliák, melyeket középkori sírok hoztak létre, hajdani feldolgozás alatti obszidián-depo, jelenkori felszíni árkok, jelenkori földút és annak árka, valamint fémhulladékai, felszíni eróziós folyamatok hatása. Természetesen az ásátási terület és a kiásott föld deponálási területe is a mérést ellehetlenítette, ezeket mint „sima” részeket láthatjuk a térképen.

A térkép geometriai szerkezetét, az ÉK–DNy és a rá merőleges „kapu” valamint a „bejárati út” irányát és az árkok elnyújtottságát vizsgálva (12. ábra) hasonló irányértéket kaptunk, mint a mágneses térkép kétdimenziós autokorrelációjából. Ezt irányozva a térképen és a terepen teodolittal, a Tokaj-hegy csúcsát mint egyedi tájolási pontot találjuk.

Az obszidián Európa középső részén csaknem kizárólag az Eperjes-Tokaj-hegyvidék területén fordul elő. Az itt bányászott obszidiánt különböző feldolgozásban deponálták Csőszhalom területén.

A két terület hat és félezer évvel ezelőtti kapcsolatáról ad hírt a 200 méternél nagyobb méretű földmű irányított-sága.

A tanulmány szerzői

Pusztai Sándor, Kis Károly

Hivatkozások

- Bernstein S., Bouchot J. L., Reinhardt M., Heise B. (1998): Generalized analytic signals in image processing. Comparison, theory and their applications. In: Bülow proposed a definition of a hypercomplex signal based on the so-called partial and total Hilbert transform.
- Bülow T., Sommer G. (2001): Hypercomplex signals – A novel extension of analytic signal to the multidimensional case. Signal processing, IEEE Transactions on 49/11, 2844–2852.
- Gold B., Oppenheim A. V., Rader C. M. (1972): Theory and interpretation of the discrete Hilbert transform. In: Digital Signal Processing. L. R. Rabiner, C. M. Rader (eds), IEEE Press
- Hardy G. H. (1932): On Hilbert transforms. Quart. J. Math. (Oxford), 3, 102–112.
- Kis K. (2009): Magnetic Methods of Applied Geophysics. Eötvös University Press, Budapest.
- Mesko A. (1984): Digital Filtering: Applications in Geophysical Exploration of Oil. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Hahn S. L. (2000): Hilbert Transforms. The Transforms and Applications Handbook: Second Edition. Chapter 7, A. D. Poularikas (ed.), Boca Raton: CRC Press LLC.
- Garello R. (2008): Two-Dimensional Signal Analysis. Iste Ltd. and John Wiley & Sons, Inc.
- Mohan N. L., Sundararajan N., Seshagiri Rao S. V. (1982): Interpretation of some two-dimensional magnetic bodies using Hilbert transforms. Geophysics, 47/3, 376–387.
- Nabighian M. N. (1984): Toward a three-dimensional automatic interpretation of potential field data via generalized Hilbert transform: Fundamental relations. Geophysics, 49, 780–786.
- Pusztai S., Kis K. (2013): A Hilbert-transzformáció alkalmazása a kiskunhalasi kommunális hulladéktároló különböző méretű és vastartalmú tárgyainak kiterjedés szerinti szeparálásában. Magyar Geofizika, 54/3, 154–160.
- Raczky P., Meier-Arendt W., Kurucz K., Hajdú Zs., Szikora Á. (1994): Polgár-Csőszhalom, egy késő neolitikus lelőhely kutatása a Felső-Tisza-vidéken és annak kulturális összefüggései. Jóna András Múzeum Évkönyve, 237–240.
- Reid P. R., Treiter S. (1973): The stabilization of two dimensional recursive filter via the discrete Hilbert transform. IEEE Trans. Geosci. Electron. Vol. GE-11
- Sundararajan N., Mohan N. L., Seshagiri Rao S. V. (1983): Gravity interpretation of two dimensional fault structures using Hilbert transforms. Journal of Geophysics, 53/1, 34–41.
- Sundararajan N., Mohan N. L., Vijaya Raghava M. S., Seshagiri Rao S. V. (1985): Hilbert transform in the interpretation of magnetic anomalies of various components due to a thin infinite dike. Pure and Applied Geophysics, 123/4, 557–566.
- Zhu Y. M., Peyrin F., Goutter R. (1990): The use of two-dimensional Hilbert transform for Wigner analysis of 2D real signals. Signal Processing, 19, 205–220.
- Zsellér P. (1982): Hilbert-transzformáció felhasználása reflexiós szeizmikus hullámok pillanatnyi frekvenciájának meghatározásához. Magyar Geofizika, 23, 151–158.

Jégzajlás – „non capable”?

Gondolatok Kiss Jánosnak a „2023. augusztusi földrengések Békésben – a földtudományi háttér adatok tükrében” című tanulmánya nyomán

BODOKY T. J.

E-mail: mageofedit@gmail.com

Kiss János 2024. elején összeállított egy kitűnő tanulmányt (Kiss 2024), amelyben a Pannon-medence mélyszerkezetéről rendelkezésünkre álló információkat gyűjtötte össze, és ezekkel való összefüggésükben tárgyalta a 2023 nyarán kipattant békési földrengéseket (Kiss 2024). A tanulmányt olvasva felmerült bennem a kérdés, hogy a vetők, vetőzónák aktivitásának, illetve veszélyességének megítélésére kialakult módszerek, amelyek az Egyesült Államokban, illetve Oroszországban a nagy kontinentális pajzsokon születtek, és elsősorban az ismert mozgások távolságán, az

A Pannon-medence viszont a nagy kontinentális kéreg tömbök között egy köztes terület, ahol feszültségek és eltérő méretű és irányú mozgások jellemzik a földkérget. Erősen feldarabolódott kéregrészek egymás mellé kerülésével kialakult mozaik szerű mély szerkezete van. Ezt valahogy úgy lehet elképzelni, mint a jégzajlásakor a vastag, egybefüggő táblák közötti területet, amelyet a táblák ütközése során letörött jégtörmelék tölt ki. Ha elég hideg van, akkor ez a törmelék fagy össze a táblák közét kitöltő vékonyabb kéreggá. A táblák



1. ábra. Jégzajlás a Tiszán¹

utolsó bizonyított mozgások óta eltelt idő hosszán és a mozgások méretén alapszanak, alkalmazhatók-e a Pannon-medence területén is minden további megfontolás nélkül.

A kontinentális pajzsokon belül stabilitás uralkodik, és feltehető, hogy a mégis fellépő feszültségek kioldódás után feszültségmentes állapothoz vezethetnek, és egy régóta inaktív vetőről már kijelenthető, hogy „non capable”, vagyis hogy nem képes már további veszélyt jelentő aktivitásra.

közi teret kitöltő törmelék, aszerint, hogy egyes darabjai mikor, melyik tábláról, hogyan törtek le, és éppen hogyan kerültek jelenlegi helyükre, egy sokszínű mozaikhoz hasonlít (lásd Kiss 2024, 8. ábra). A mozaikoknak az a jellemzője azonban már nem igaz rá, hogy minden helyre mindig a megfelelő, formája alapján éppen odaillő darab kerül. Így az állandó és egyenetlen sodródás folyamán mindig lesznek olyan, helyükre nem



2. ábra. Jégablák közti köztes területek

illő darabok, amelyek megszorulnak és végül elpattannak.

Egy ilyen, a jégzajlás során az összefüggő táblák közti köztes területek sematikus keresztmetszetét 2. ábra mutatja:

A kéreg mozaikdarabjait tektonikai zónák, vagy ahogy Posgay (Posgay et al. 2011) nevezte, „mozgási övezetek” választják el. Ezek a zónák tanúsítják a fennálló feszültségekkel (Kiss, Zilahi-Sebess 2018) szemben a legkisebb ellenállást, az elmozdulások minden valószínűség szerint ezért inkább ezek mentén fognak megtörténni, semmint a mozaikdarabok további darabolódásával (Szeidovitz, Varga 1997). Emiatt bármelyik két mozaikdarab közti fuga, vagyis tektonikai zóna (vagy mozgási övezet) bármikor újra aktivizálódhat. Az ismeretek jelenlegi szintjén nincsen elég világos képünk a medence mélyszerkezetéről ahhoz, hogy előre jelezni tudjuk a megszorulási pontok és így a várható rengéseket okozó elpattanások helyét.²

A „jégzajlás”-ból több dolog is következik. Az első az a minden bizonnyal közismert tény, miszerint a Pannon-medencében nem várható pusztító erejű, nagy rengés, mert a mozgási övezetek gyenge ellenállása miatt az extrém feszültséggócok kialakulásának esélye meglehetősen kicsi.

A második következmény, hogy a fent említett tanulmányra hivatkozzam, a feszültség jelen van gyakorlatilag a Pannon-medence egész területén (Kiss 2024, Kiss, Zilahi-Sebess 2018), és bármikor elérheti egy adott helyen a kritikus szintet (Kiss 2024). Ehhez tenném hozzá, hogy nemcsak bármikor, de feltehetőleg a mozgási övezetek mentén bárhol is. Porkoláb és szerzőtársai szerint

a Kárpát-medencében a felsőkéreg-feszültségek és a felszín deformáció szoros kapcsolatban állnak (Porkoláb et al. 2024). Emiatt úgy vélem, az utolsó bizonyított elmozdulás kora nem ad garanciát arra, hogy egy adott helyen a mozgások végleg megszűntek, hiszen ehhez a teljes feszültség-térnek, illetve a hozzá kapcsolódó mozgásoknak kellene előbb megszűnnie.³

Bodoky Tamás János

Hivatkozások

- Kiss János, Zilahi-Sebess László (2018): Geodinamika a Kárpát-Pannon régióban. *Magyar Geofizika*, 59/4, 180–196.
- Porkoláb K., Békési E., Broerse T., Kenyeres A., Wéber Z. (2024): Regionális feszültségmező és deformációs sebesség a Pannon-medence térségében: új adatrendszerek és térképek bemutatása. *Földtani Közlöny*, 153(4), 299. <https://doi.org/10.23928/foldt.kozl.2023.153.4.299>
- Kiss János (2024): 2023. augusztusi földrengések Békésben – földtudományi háttér adatok. *Magyar Geofizika*, 65/2, 56–73.
- Posgay Károly et al. (2011): A Tisza és a száva–bükki egység szerkezetének alsó-krétabeli alakulása. *Magyar Geofizika*, 52/3, 1–16.
- Szeidovitz Győző, Varga Péter (1997): Earthquake hazard of the Paks NPP. In: *Seismic Safety of the Paks Nuclear Power Plant*. S. Marosi and A. Meskó (eds), Akadémiai Kiadó, Budapest.

¹ Ruzsa István interneten található eredeti fotójából kiemelve.

² Hivatkozom itt újra Kiss János cikkére: „...a földrengésekkel kapcsolatban több mint egy nagyságrenddel nagyobb mélységekről beszélünk, mint az ipari kutatások során megismert, illetve megismerhető mélységek”.

³ Gyakorlati tanácsként mindebből csak annyi szűrhető le, hogy ha éppen jégen jársz a jégzajlás során, és nem akarsz beszakadni, ne pont egy fugára állj, még akkor sem, ha úgy véled, hogy alattad nem túl mély a víz!

MISKOLCI
EGYETEM

MFK

XVII. ORSZÁGOS KÖZÉPISKOLAI
FÖLDTUDOMÁNYI DIÁKKONFERENCIA

2025. május 29-30.

A Magyarhoni Földtani Társulat Oktatási és Közművelődési Szakosztálya, valamint a Miskolci Egyetem Műszaki Föld- és Környezettudományi Kara közösen konferenciát szervez középiskolások számára

FÖLDTUDOMÁNY, NYERSANYAG ÉS ENERGIA TÉMAKÖRBE

A KONFERENCIÁRA AZ ALÁBBI TÉMATERÜLETEKHEZ
KAPCSOLÓDÓ ELŐADÁSSAL LEHET JELENTKEZNI

1. Csillagászat, planetológia, meteoritok
2. Meteorológia, légköri fizika
3. Felszínalaktan, felszínformáló folyamatok
4. Talaj és víz
5. Ásványok, kőzetek, ásványi nyersanyagok, építőanyagok
6. Kövületek, az élővilág fejlődése
7. Geofizika és geoinformatika
8. Fosszilis és megújuló energiaforrások, környezetbarát felhasználásuk
9. Természeti erőforrások hasznosítása, hulladékok újrahasznosítása
10. Földtani környezetvédelem és természetvédelem

ELŐZETES PROGRAM

2025. május 29. (csütörtök)

10:00 – 11:00	Regisztráció
11:00 – 16:00	Szekcióülések
16:00	Szakmai meglepetés program nem csak egyetemi helyszínen
19:00	Közös vacsora

2025. május 30. (péntek)

9:00 – 13:00	Szekcióülések
13:00	Közös ebéd
14:00	Eredményhirdetés, díjak átadása

A programváltoztatás jogát fenntartjuk!



JELENTKEZÉS: elektronikus Google Sheet jelentkezési lapon, mely a lenti elérhetőségeken keresztül érhető el. A rendezvényről bővebb információ az istvan.szunyog@uni-miskolc.hu email címen kérhető.

JELENTKEZÉSI HATÁRIDŐ: 2025. április 13. (vasárnap)

AZ ELŐADÁS KIVONATÁNAK MEGKÜLDÉSI HATÁRIDEJE: 2025. május 4. (vasárnap)

BŐVEBB INFORMÁCIÓ, JELENTKEZÉSI LAP, LETÖLTHETŐ SABLONOK:

<https://mfk.uni-miskolc.hu/okfdk>



Dr. Ádám Antal, a Magyar Geofizikusok Egyesületének alapító tagja 1929 – 2025

Szomorú szívvel tudatjuk, hogy életének 96. évében, 2025. március 15-én elhunyt prof. Ádám Antal Egyesületünk alapító tagja.

Ádám Antal (Szekszárd, 1929. szeptember 13. – Sopron, 2025. március 15.) geofizikus (bányakutató-mérnök, 1952, Sopron), a Magyar Tudományos Akadémia rendes tagja (1993), Széchenyi-díjas (1996), kétszeres Akadémiai Díjas (1962, 1970), a mai HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet elődjének (a soproni egyetemi geodéziai és geofizikai munkaközösségnek, 1952; a Geodéziai és Geofizikai Kutató Laboratóriumnak, 1955; az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézetnek, 1971) alapító tagja, a soproni kutatóintézet igazgatóhelyettese (1972–1999), majd nyugdíjba vonulásáig (2005) az intézet kutatóprofesszora.

A földáram-kutatás (tellurika) egyik úttörője és sikeres műszerfejlesztője, a Pannon-medence litoszférája elektromos anomáliáinak kutatója volt. Főbb megfigyelései a dunántúli elektromos vezetőképességi anomáliára, a Békési-árok sajátosságaira, a Kárpát-medence geomágneses indukciós vektorainak viselkedésére, szeizmikus szelvények menti tektonikai vonalak elektromos torzító hatásainak vizsgálatára terjedt ki. Magyarországon és Kínában végzett egyidejű mérésekkel Takács Ernővel együtt már 1955-ben kimutatták, hogy a geomágneses pulzációk hatalmas kiterjedésűek. A KGST-országok planetáris geofizikai ismereteit a nyugati világ számára összegző monográfia (Geophysical and Geothermal Studies, 1976) főszerkesztője, vezető szerzője. „Toni Adam” (Ádám Tóni) a nemzetközi magnetotellurikus közösségben egyedülálló, ünnepezt alak volt. Finnországban és Ausztriában bevezette a magnetotellurikus kutatómódszert, Indiában elősegítette az elektromágneses indukciós módszerek alkalmazását.

Alapító tagja a Magyar Geofizikusok Egyesületének (MGE, 1954). Műszaki egyetemi doktori címet Miskolcon szerzett (1962), a Tudományos Minősítő Bizottság (TMB) jóváhagyásával kandidált (1965), majd megvédte akadémiai doktori értekezését (1969). Elnökölte egykoron az

MTA Geofizikai Tudományos Bizottságot (1973–1976), a Nemzetközi Litoszféra Program magyar nemzeti bizottságát, az IAGA elektromágneses indukciós munkacsoportját (1979–1983), társelnöke volt az IAGA (Nemzetközi Geomágneses és Aeronómiai Szövetség) belső mágneses tér divíziójának, elnöke a KGST-országok planetáris geofizikai együttműködési szervezet (KAPG) magnetotellurikus munkacsoportjának, alelnöke az MTA Veszprémi Akadémiai Bizottságnak (1990–2002). Tevékenykedett az Országos Athenaeum Bizottságban, az OTKA szakkollégiumában, a Magyar Akkreditációs Bizottságban, a Magyar Geológiai Szolgálat Tudományos Tanácsában, hazai és nemzetközi folyóiratok szerkesztőbizottságaiban.

Az ELTE címzetes egyetemi tanára (1974); az MGE Eötvös Loránd-éremmel kitüntetett tiszteleti tagja (1980), a Royal Astronomical Society tagja (1985), az Oului Egyetem díszdoktora (1989), az Osztrák Tudományos

Akadémia levelező tagja (1995), a Miskolci Egyetem díszdoktora (2004), az OTKA Ipolyi Arnold Tudományfejlesztési Díj tulajdonosa (2005), a Szent István Akadémia rendes tagja (2006), Sopron Megyei Jogú Város Díszpolgára (2007).

Tagja volt egykor a Hazafias Népfront Országos Tanácsának és a soproni Katolikus Konventnek, majd belépett a Keresztény Értelmiségiek Szövetségébe és a Professzorok Batthyány Körébe. Soproni polgárként tagja a Kitaibel Pál Természettudományi Asztaltársaságnak, a Soproni Városhírázó Egyesületnek, és elnöke, majd haláláig tiszteletbeli elnöke a Soproni Szemle Alapítványnak.

Ádám Antal egyike azoknak a nagy egyéniségeknek, akiknek kvantitatív földtudományi munkássága kialakította a HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet kutatói felfogását.

Sopron, 2025. március 16.

Szarka László

Emlékét szívünkben megőrizzük!

Magyar Geofizikusok Egyesülete

Dr. Somogyi József

1932 – 2025

Tisztelt Tagtársunk!

Kovács István János tagtársunk kérésére osztjuk meg Önökkel az alábbi szomorú hírt:

Szomorú hírral kezdődött a 2025-ös év azok számára, akik ismerték, tisztelték és szerették Somogyi Józsefet, aki 93 éves korában, 2025. január 1-én hunyt el Budapesten. Halála nemcsak családjának veszteség, hanem mind a magyar, mind a nemzetközi földmérő és geodétaközösségnek is, melynek élete végéig megbecsült és tudományos pályája révén kiemelkedő tagja volt.

Abban, hogy az MTA GGKI jelenlegi jogutódja, a HUNREN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet megbecsült intézménye a Magyar Kutatási Hálózatnak, Somogyi József kutatói és igazgatói munkásságának is nagy szerepe van. Olyan szilárd szakmai és közösségi alapokat teremtett a reá bízott kutatói, technikai és adminisztrációs gárdával együttműködve, amely később, a rendszerváltozás utáni bonyolult, változásokkal terhelt, pénzügyi időszakokban is átsegítette az Intézetet a nehézségeken.

Búcsúztatására szűk körben kerül majd sor.

Somogyi József emlékét kegyelettel megőrizzük, nyugodjék békében!

Szerkesztőség

A Magyar Geofizikusok Egyesületének Titkársága új helyre költözik



Új helye az egykori Magyar Állami Földtani Intézet műemlék épületében lesz
1143 Budapest, Stefánia út 14.

(Forrás: Rlevente, Indafotó, CC BY-SA 2.5 hu, Wikipédia)



MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE

1145 Budapest, Columbus u. 17-23.; Tel.: 0 -30-811-8819

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