

MAGYAR GEOFIZIKA

HUNGARIAN GEOPHYSICS

A MAGYAR
GEOFIZIKUSOK
EGYESÜLETÉNEK
FOLYÓIRATA



JOURNAL OF THE
ASSOCIATION
OF HUNGARIAN
GEOPHYSICISTS

Gratulálunk!

Merre tart a magyar geofizika?

Közgyűlési értesítő

Az MGE közhasznú szervezet maradt

Együtműködési Megállapodás a Földtudományi Civil Szervezetek Közösségének létrehozásáról és működtetéséről

A földi mágneses tér gradienseinek meghatározása mesterséges holdak méréseiből és a kurszki mágneses anomália inverziója

Magyarország Bouguer-anomália térképének
frekvenciatartománybeli vizsgálata és értelmezése

Újabb adatok a Nagyalföld délkeleti részének kéregszerkezetéhez

Találkozásom a „geofizikával”

In Memoriam:
Rózsás László



MAGYAR GEOFIZIKA

HUNGARIAN GEOPHYSICS

55. évfolyam (2014) 4. szám



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

TARTALOM • CONTENTS

SZERKESZTŐSÉGI ROVAT • EDITORIAL

139 Gratulálunk! (Congratulations!) – *Baráth I.*

MGE HÍREK • NEWS OF ASSOCIATION OF HUNGARIAN GEOPHYSICISTS

140 Merre tart a magyar geofizika? (How further in Hungarian geophysics?) – *Gombár L., Hegybíró Zsuzsanna, Rezessy G., Törös E.*

143 Közgyűlési értesítő (Announcement) – *MGE Titikársága*

144 Az MGE közhasznú szervezet maradt (Status of the Association of Hungarian Geophysicists did not change) –
MGE Titikársága

146 Együttműködési Megállapodás a Földtudományi Civil Szervezetek Közösségének létrehozásáról és működtetéséről
(Cooperation Agreement on establishing the Community of Civil Organizations for Earth Sciences) – *MGE Titikársága*

TANULMÁNYOK • PAPERS

150 A földi mágneses tér gradienseinek meghatározása mesterséges holdak méréseiből és a kurszki mágneses anomália inverziója
(Determination gradients of the Earth's magnetic field from the measurements of the satellites and inversion of the Kursk magnetic anomaly) – *Kis K., P. T. Taylor, Wittmann G.*

163 Magyarország Bouguer-anomália térképének frekvenciatartománybeli vizsgálata és értelmezése (Investigation of spectral domain, and interpretation of Bouguer anomaly map of Hungary) – *Kiss J.*

179 Újabb adatok a Nagyalföld délkeleti részének kéregszerkezetéhez (New profiles for the deep structure of the south-eastern part of the Pannonian Basin) – *Gúthy T.*

JEGYZET • NOTES

187 Találkozásom a „geofizikával” (How I have met “geophysics”) – *Polcz I.*

IN MEMORIAM

191 Rózsás László – *Polcz I.*

MAGYAR GEOFIZIKA

HUNGARIAN GEOPHYSICS

55. évfolyam (2014) 4. szám

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

Főszerkesztő • Editor-in-Chief

DR. BODOKY TAMÁS

E-mail: bodoky.tamas@mfgi.hu

Szerkesztőbizottság • Editorial Board

DR. BARÁTH ISTVÁN, KAKAS KRISTÓF, DR. LENKEY LÁSZLÓ,

DR. PETHŐ GÁBOR, DR. SZARKA LÁSZLÓ, VERŐ LÁSZLÓ

Technikai szerkesztő • Technical Editor

HOCK GÁBOR

E-mail: hockg@t-online.hu



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

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

Kiadja a Magyar Geofizikusok Egyesülete
A kiadásért felel dr. Fancsik Tamás

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: NestPress Kft., 1116 Budapest, Vegyész u. 17–25.
Felelős vezető: Fekete Iván

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

INDEX: 26 507
HU ISSN 0025-0120

Gratulálunk!

Mártonné Szalay Emőke rangos elismerést kapott az „Environmental, Sedimentary and Structural Evolution of the Western Carpathian” c. konferencián

A pozsonyi Comenius Egyetem Természettudományi Karának dékánja 2014. november 5-ikén *Dimitry Andrusov*-éremmel tüntette ki *Mártonné Szalay Emőkét* az „Environmental, Sedimentary and Structural Evolution of the Western Carpathian” c. tudományos konferencián. Mártonné Szalay Emőke a díjat azokért a tudományos eredményeiért kapta, melyek alapvetően hozzájárulnak a Nyugati-Kárpátok és a környező gyűrt övezet, a Keleti- és Déli-Alpok, a Keleti-Kárpátok és a Dinaridák mozgástörténetének megértéséhez. Ilyen elismerésben mindeddig 13 kutató részesült.



Mártonné Szalay Emőke

A konferencia Szlovákiában, Szomolányban, az egykori Pálffy kastélyban került megrendezésre 2014. november 5–7. között. A kastély jelenleg a Szlovák Tudományos Akadémia Tulajdonában van, és konferenciaközpontként működik. Eredetileg a Pálffy családé volt, a XIX. század végi újjáépítéskor nyerte jelenlegi formáját. A Szlovák

Tudományos Akadémia azóta többször felújította, de a külsejét teljesen, a belsejét jórészt megőrizte. Az eredeti kiszolgáló részekben színvonalas vendégszobákat alakítottak ki.

A díjátadón felolvasták a Szlovák Tudományos Akadémia Geofizikai Intézetének igazgatója által írt gratuláló levelet, melyben köszönetet mondott a díjazottnak az Intézet és több más szlovák kutatóhely munkatársaival folytatott sokéves folyamatos együttműködéséért. A díjátadót követő nemzetközi konferencián közel 60 tudományos előadást tartottak. A Zágrábi Egyetem Természettudományi Karának dékánhelyettese ismertette, hogy a díjazott eredményei hogyan változtatták meg a Dinaridák és Stabil Adria mozgástörténetéről alkotott korábbi képünket. A Lengyel Állami Földtani Intézet főosztályvezetője előadásában többek között arról beszélt, hogy a díjazott számos lengyel partnerrel folytatott együttműködésének a harmadkorra vonatkozó eredményei milyen kérdéseket vetnek fel a külső Nyugati-Kárpátok mezozoos mozgástörténetével kapcsolatosan.



A Dimitry Andrusov-díj emléklapoktette

Az ünnepségen Intézetünk részéről a Földfizikai Főosztály vezetője, dr. Kovács Péter vett részt, aki szívből gratulált Mártonnének a kitüntetéshez.

Baráth István

Merre tart a magyar geofizika?

Beszámoló a 2014-ben végzett felmérésről

1. Bevezetés

A Magyar Geofizikusok Egyesületének elnöksége Szongoth Gábor kezdeményezésére 2013 szeptemberében elhatározta, hogy megvizsgálja a magyar geofizika és a magyar geofizikusok helyzetét. Sz. G. az Egyesület közgyűlésén javasolta a kérdések megvitatását, az Elnökség ehelyett egy kérdőíves helyzetfelmérés indításáról döntött.

A kérdőív tartalmára a Sz. G. által felvetett kérdések alapján több változat készült. A végleges változatban – a Nemzeti Adatvédelmi és Információszabadság Hatóság állásfoglalását és útmutatását követve – két kérdőívet állítottunk össze. A „Személyi kérdőív” kérdései általános személyes adatokra, úm. az iskolai végzettségre, a foglalkozásra és a munkahelyre vonatkoztak. A másodikban – „Kérdőív: javaslatok, vélemények” –, amely személyes adatokat nem tartalmaz, az egyetemi képzésre, a szakmán belüli elhelyezkedés lehetőségére és a geofizikus munkához szükséges tudásra és személyes adottságokra vonatkozó javaslatokat, véleményeket kértünk.

A megkérdezettek köre az MGE tagságán (562 személy) kívül kiterjedt arra a néhány emberre (21 személy), akiknek e-mail címét sikerült megtudnunk. Így összesen 583 kérdőívet küldtünk ki, amelyre 65 válasz (11%) érkezett.

Az MGE elnöksége öttagú munkacsoportot bízott meg a válaszok feldolgozásával. Közülük négyen e beszámoló összeállítói, a csoport ötödik tagja egyesületünk általános titkára, Hegedűsné Petró Erzsébet. A személyes adatokat kizárólag e munkacsoport tagjaiként mi kezelhettük. 2015. december 31-i határidővel a személyes adatokat meg kellett semmisítenünk. A beérkezett javaslatokat és véleményeket összesítettük, csoportosítottuk, a válaszadók személyes adatait töröltük, és az ily módon anonimizált szöveget az MGE elnökségének átadtuk. Az Egyesületet jogszabály kötelezi, hogy a begyűjtött válaszokról megfelelő formában tájékoztatást adjon. Beszámolónkkal ennek a kötelezettségnek kívánunk eleget tenni.

2. Személyi kérdőív

A személyi kérdőívet 58-an töltötték ki (hét válaszadó csak a javaslatait, véleményét küldte vissza), 49 férfi és 9 nő. Életkor szerint: 1951 előtt született 19 fő, 1950–1970 között 20 fő, 1971–1990 között 19 fő. Geofizikusként végzett 55 fő (31 ELTE, 24 ME), hárman egyéb felsőfokú végzettséggel rendelkeznek. A válaszadók 50%-a jelenleg is geofizikusként dolgozik, 20%-a más munkát végez, 30%-a már nem aktív (egy fő álláskereső kivételével nyugdíjas).

A munkahelyüket megjelölő geofizikus feladatkört ellátó válaszadóknak (41 fő) közel fele az állami szférában dolgozik (kutatóintézet, egyetem, állami vállalat), a többiek a vállalkozói szektorokban (olajvállalatok, magánvállalkozások).

Tekintettel arra, hogy a megkérdezettek saját belátásuk szerint döntöttek, óhajtanak-e válaszolni a kérdőívre, a beérkezett válaszok reprezentatív volta nem igazolható.

3. Javaslatok, vélemények

A javaslatokat, véleményeket három kérdéskörben vártuk. A beérkezett válaszokat ebben a csoportosításban, összevontan mutatjuk be. Bár ebben a jelentésben nem áll módunkban az összes beérkezett választ teljes egészében idézni, hangsúlyozni kívánjuk, hogy az Egyesület elnökségi tagjai azokat változatlan tartalommal megismerték.

3.1. Kell-e változtatni a hazai egyetemi képzésen, és ha igen, milyen irányban?

A képzés tartalmát meghatározó tényezőkre vonatkozó kérdésre adott válaszok sokfélék és gyakran ellentmondóak. „Amennyiben az állam hosszú távú energetikai stratégiája szükségessé és indokolttá teszi, úgy a képzést a stratégiai irányoknak megfelelően kell orientálni.” „Mindenképpen érdemes nyugati mintára valamilyen specifikus terület felé orientálódni, mely terület nagy súllyal jelenik meg a képzésben, és hazánkban is van arra valós igény.” „Valószínűleg a tanszékvezető professzor szűkebb érdeklődési köre, tudományos tevékenysége jelenleg is erősen rányomja bélyegét az oktatásra, és ez nemcsak magyar sajátosság. Elképzelhetetlennek tartok egy olyan képzést, amely minden igényt kielégít. Hogyan lehetne összeegyeztetni, mondjuk, egy szeizmikus szelvények földtani értékelésére készülő hallgató igényeit annak a társának az elképzeléseivel, aki a bolygóközi tér elektromágneses jelenségeivel szeretne foglalkozni. De ugyanígy a terepi, esetleg obszervatóriumi adatgyűjtés, netán annak gazdasági kérdései iránt érdeklődők számára a matematikai modellezéssel, az inverzióval való foglalkozás feleslegesnek tűnhet, nem is beszélve arról, mit kezd egy légi geofizika iránt elkötelezett diák a mélyfúrás geofizikával. Nyilván ezek a szembeállítások túlzóak, nem az egyetemi évek alatt dől el, kinek mi lesz a szakterülete, és a geofizikán belül minden részterületről kell bizonyos ismereteket kapni. Azt azonban mindenképpen el kellene kerülni, hogy ... bármilyen külső, csupán

pillanatnyi igényeket figyelembe venni képes szervezet határozza meg az egyetemi képzés szakmai tartalmát.”

A gyakorlati képzés arányának növelésére egyértelmű igény jelentkezik a felmérés alapján. Többen általános formában fogalmazták meg igényüket, mások konkretizálták javaslatukat: „Mivel az olajipar – akár itthon, akár külföldön – lehet a legnagyobb potenciális munkaadó a geofizikusok számára, a szeizmika és a karotázs súlyát kellene növelni az oktatásban. Nagyobb súlyt kellene fektetni a gyakorlati oktatásra.” „Közvetlenebb kapcsolat, több gyakorlati együttműködés ipari, alkalmazott geofizikát művelő piaci szereplőkkel. Szakmai képzés, szélesebb látókör az egyetemi/hallgatói oldalon, olcsó időszakos munkaerőbázis és tehetségek korai kiemelése a befogadó oldalon működtetné – ahogy a műszaki képzésben már bevált.”

A válaszadók többsége szerint a bolognai rendszer nem vált be. „Nem váltotta be a BSc/MSc kétfélecsős oktatási rendszer a hozzá fűzött reményeket, mert nem eléggé gyakorlat- és piacorientált, a régi 5 éves rendszerben az alapozó és szakmai tárgyak egymásra épülése kiforrottabb volt, ...” „...érdemes lenne újragondolni a BSc-MSc rendszer felépülését is, hogy a második 2 évben kevesebb legyen az ismétlés.” „A bolognai rendszer bevezetésével a BSc képzésből (ha a hallgató nem képezi tovább magát) olyan szakemberek kerülnek ki, akik kapnak egy általános tudást, egyre gyakrabban az alapok hiányával. Változtatni mindenképp kell, kérdés, milyen formában lehet.”

A tantárgyakat illetően teljesíthetetlenül széles az igény: „Alaposabb elméleti képzés kellene matematikából, fizikából, szeizmikából, mélyfúrás geofizikából, valamint az általános geofizika területéről...” „Elsősorban több és gyakorlatibb informatikai ismeretet kellene oktatni ahhoz, hogy a nagy tömegű geofizikai adatok feldolgozása és különböző célú átalakítása gyorsabban és célirányosabban elvégezhető legyen.” „További integráció a földtudományos képzésben, a földtanos, talajtanos, esetleg régész, mérnök szakemberekkel...” És nem utolsósorban: „Nagyobb hangsúlyt kellene fektetni a „szimultán” magyar-angol nyelvű geofizikus és geofizikus-mérnök képzésére. Ennek eredménye lehetne, hogy a magyar MSc-s hallgatók külföldön is egy-egy szemesztert elvégezzenek, ami megköveteli az ilyen jellegű képzést folytató hazai egyetemek külföldi társintézményekkel való megfelelő kapcsolatát. Az egyetemi képzésben a fakultatív tárgyak mennyiségét tovább lehetne növelni.”

A társadalmi, gazdasági környezet ma is igényli a felsőfokú természettudományos képzettséggel rendelkező szakembereket. Ma is szükség van fizikusokra, geofizikusokra, csillagászokra. „... amíg Magyarországon Eötvös Loránd nem méltó a Magyar Örökség Díjra, az általa alapított intézet nem viselheti a nevét, és egy közéleti személy nagy nyilvánosság előtt ki meri jelenteni, hogy »... magánvéleményem egyébként az, hogy kikapcsolható a gravitáció«, addig égető szükség van minél nagyobb számban felsőfokú természettudományos képzettségű emberekre, a gravitációval leginkább foglalkozó fizikusokra, geofizikusokra, csillagászokra.”

3.2. Lát-e munkalehetőséget a geofizika ágazatán belül más szakterületen (pl. szilárdásvány-kutatás helyett környezetgeofizika vagy távérzékelés)?

A beérkezett válaszok nagyobb része (55%) válaszolt igenel a kérdésre, a „nem” vagy „csak erősen korlátozott mértékben” jellegű válaszok aránya 45%-ot tett ki. A vélelmezett elhelyezkedési lehetőségek között leggyakrabban a szénhidrogén-kutatás, a geotermika és a környezetgeofizika szerepelt.

Többen látnak társadalmilag szükséges munkát/feladatot, azonban a fizetőképes kereslet hiányát állapítják meg. Lennie feladat a szilárdásvány-kutatás és a környezetgeofizika, a távérzékelés, valamint a víz- és termásvíz-kutatás területén. Olyan vélemény is beérkezett, hogy vannak elhelyezkedési lehetőségek a geofizika más szakterületein, akár a geotechnika területén. Ehhez az szükséges, hogy a geofizikus motivált legyen az adott tudomány, szakterület elsajátításában.

„Szükséges lenne az állam szerepének növelése az említett szakterületeken, különösen a szilárd ásványi nyersanyagok kutatása területén. Ha nincs tervezve és valamilyen szinten előírva a kutatás/potenciál-felmérés, a piac diktálta munkalehetőségek és feladatok is ad hoc jelentkeznek, vagy vannak jelen.”

„Számos helyen költségkímélés és költségcsökkentés címen mellőzik a szakmát. Ennek egyik tényezője, hogy a megrendelő nem tudja, mit is várhat és miért is végeztesse el az adott geofizikai mérést. Ha mégis megtörténik a mérés, az értelmezésről alkotott véleményükben sokszor találkozom azzal a megrendelői kritikával, hogy az értelmező geofizikus meghaladta a kompetenciáját. Ilyenkor a mérései alapján adott esemény kockázatát vetítette előre, ami nem illett a megrendelő preconcepciójába. Magyarán, a preconcepció kiszűrésére van szükség, mert csak az értelmezett mérések után jöhet a koncepció. Ez társadalmi szinten gond eddigi tapasztalataim alapján. Rendelkezésekkel lehet ezeket csakis mederbe terelni.”

„Azt hiszem, hogy a képzés alapvetően jó, a nyelvi képzést kellene erőteljesebben és eredményesebben elősegíteni. Továbbá, a fiatalok számára kommunikálni, hogy a világban helyet találhatnak maguknak, de hazánkban nincs sok lehetőség. Nyilván az egyetem sincs jó helyzetben, mert a szaknépszerűsége csökkent. Pedig a földtani szakmában jó nyelvtudással és közepes felkészültséggel nagyon jó lehetőségek vannak, sajnos alapvetően a határainkon kívül. A hazai lehetőségek nagyon korlátozottak, még az ún. magyar cégek is külföldön próbálnak túlélni.”

3.3. Milyen személyes adottságok, képességek, tudás szükséges a geofizikus pályához?

A beérkezett véleményeket jól összegzi az alábbi idézet: „Fontos különbséget tenni a különböző területeken dolgozó szakemberekkel szemben támasztott elvárások vonatkozásában. Például, teljesen más az elvárás egy piacorientáltan geofizikai tevékenységet szolgáltató geofizikus kft-ben és

egy kutatóintézetben/egyetemen dolgozó szakemberrel szemben. Általában igaz, hogy a pályán maradáshoz szükséges a megfelelő családi háttér vagy függetlenség, ami lehetővé teszi a hosszabb terepi/külföldi távollétet. Ugyancsak fontos a szakmánkban a rugalmasság és sokoldalúság. Fontos, hogy a pályakezdő vagy az ott dolgozó diplomás több területen is elmélyült ismeretekkel rendelkezzen, és azokat gyorsan és jól alkalmazni is képes legyen (pl. a geofizika egy speciálisabb része az alap, amelyhez idegen nyelv, programozás, informatika, geológia, közgazdaságtan területéről akár több is párosulhat). Általában csak azok állják meg a helyüket, akik képesek megújulni, új ismeretekre szert tenni. Ez visszahat az egyetemi oktatásra, ahol az önálló feladatmegoldást preferálni kell a lexikális ismeretek

indokolatlanul erős súlykolásával szemben. A pályára való visszakérés épp a területünk fent említett komplexitása miatt nehéz.”

Végezetül egy jó tanács mindenki számára: „... szeressük, amit csinálunk, és ne csak azért végezzük el a munkát, mert dolgozni kell.”

* * *

A „Merre tart a magyar geofizika” kérdőíves felmérés összesítésével megbízott munkacsoport ezzel a jelentéssel munkáját befejezte.

*Gombár László,
Rezessy Géza,*

*Hegybíró Zsuzsanna,
Törös Endre*



MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE **ASSOCIATION OF HUNGARIAN GEOPHYSICISTS**

Tisztelt Tagtársunk!

Értesítjük, hogy a Magyar Geofizikusok Egyesületének Elnöksége az Egyesület éves rendes Közgyűlését **2015. április 24-én 13³⁰** órakor tartja a **Magyar Földtani és Geofizikai Intézet dísztermében (1143 Budapest, Stefánia út 14.)**

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

Határozatképtelenség esetén az Elnökség az ismételt közgyűlésre

2015. április 24-én 14 órára

hívja össze a tagságot. A megismételt közgyűlés az Alapszabály értelmében a jelenlévő 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 2014. évi tevékenységéről
- Az MGE 2015. évi pénzügyi tervének előterjesztése
- A Felügyelőbizottság beszámolója
- A Magyar Geofizikusokért Alapítvány Kuratóriumának és Felügyelőbizottságának beszámolója
- Az Egyesület Alapszabályának megváltoztatása az új Ptk. szerint
- A Magyar Geofizikusokért Alapítvány Alapszabályának megváltoztatása az új Ptk. szerint
- Hozzászólások
- Jelölőbizottság előterjesztése az elnöki tisztségre
- Szünet, szavazás
- Geofizikai érdekességek – szakmai előadások
- Kitüntetések átadása
- Az Ifjú Szakemberek Ankétja díjainak átadása
- A Szavazatszámoló Bizottság jelentése a választás eredményéről
- Zárszó

Alapszabályunk értelmében kérjük, hogy amennyiben a napirenddel kapcsolatosan további javaslata van, azt szíveskedjék legkésőbb **március 20-ig írásban** a Magyar Geofizikusok Egyesülete Titkárságának címezve megtenni.

Budapest, 2015. február 16.

Dr. Fancsik Tamás elnök sk.

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

Az MGE közhasznú szervezet maradt

ÉRKEZETT

320/ 2014 OKT 2 0.

Fővárosi Törvényszék
1055 Budapest, Markó u. 27.
13.Pk. 60.441/1989/73.

V É G Z É S

Ez a végzés év hó napján
jogerőre emelkedett.
Budapest, Törvényszék év hó nap
A kiadvány hitelesül: sk.
ph. bírósági
titkár

DEK
2014 10 09
Dr. Dóra Runkó

FŐVÁROSI TÖRVÉNYSZÉK
1051 BUDAPEST

A Fővárosi Törvényszék elrendeli a 410. sorszám alatt nyilvántartásba vett **Magyar Geofizikusok Egyesülete** elnevezésű szervezetre vonatkozó alábbi *változás bejegyzését* és a nyilvántartás kiegészítését.

1./ A szervezet alapszabálya módosult.

Az alapszabály módosításának időpontja: 2014. április 25.

2./ A szervezet közhasznúsági fokozata: közhasznú

Az egyesülési jogról, a közhasznú jogállásról, valamint a civil szervezetek működéséről és támogatásáról szóló 2011. évi CLXXV. törvény 32. §-ában foglaltak alapján.

A bíróság a jelen végzés egy példányát megküldi a törvényességi ellenőrzést gyakorló Fővárosi Főügyészségnek.

A végzés ellen a kézbesítéstől számított 15 napon belül fellebbezésnek van helye, melyet a Fővárosi Ítéltáblának címezve, írásban, 3 példányban a Fővárosi Törvényszéknél lehet benyújtani. A bíróság tájékoztatja a fellebbezésre jogosultakat, hogy az ítéltábla előtti eljárásban a fellebbezést előterjesztő fél számára a jogi képviselőt kötelező.

INDOKOLÁS

A szervezet jogi képviselője útján 2014. január 8. napján kérelmet terjesztett elő a szervezet közhasznú jogállásának - 2011. évi CLXXV. törvény [Ectv.] szerinti – nyilvántartásba vétele iránt. Kérelméhez csatolta a törvényi feltételeknek megfelelést igazoló dokumentumokat, a módosított alapszabályt, valamint a 2011. és 2012. évi beszámolókat.

A bíróság hiánypótlásra hívta fel a kérelmezőt, mivel a beadvány nem felelt meg mindenben a kérelem előterjesztésekor hatályos törvényi előírásoknak. A kérelmező határidő hosszabbítást követően a hiánypótlásnak eleget tett, egyúttal becsatolta a szervezetnek az eljárás során elkészült 2013. évi beszámolóját, valamint a szervezet működésének részletes szabályait meghatározó ügyrendet.

A bíróság ezt követően a becsatolt iratok alapján megállapította, hogy a szervezet megfelel az Ectv. VII. fejezetében meghatározott közhasznú jogállás feltételeinek, megfelelő erőforrásokkal rendelkezik az Ectv. 32. § (4) bekezdésének a) pontja alapján, és megfelelő társadalmi támogatottsága kimutatható az Ectv. 32. (5) bekezdés b) pontja alapján. A módosított alapszabály tartalmazza az Ectv. 34. és 37. §-ában előírtakat, a tisztségviselők tekintetében az Ectv. 38. és 39. §-ában meghatározott összeférhetetlenségi ok nem áll fenn, az egyesület a beszámolási kötelezettségének eleget tett.

Ezért a bíróság a civil szervezetek bírósági nyilvántartásáról és az ezzel összefüggő eljárási szabályokról szóló 2011. évi CLXXXI. törvény 2. § b) pontja alapján, valamint az Ectv. 31. §-a alapján a rendelkező részben foglaltak szerint határozott.

Budapest, 2014. szeptember 12.

Dr. Oros Paulina s.k.
bírósági titkár

A kiadmány hitelesítés



Együtműködési Megállapodás a Földtudományi Civil Szervezetek Közösségének létrehozásáról és működtetéséről

Alulírottak megállapítják, miszerint a Magyar Földmérési, Térképészeti és Távérzékelési Társaság, a Magyar Földrajzi Társaság, a Magyarhoni Földtani Társulat, a Magyar Geofizikusok Egyesülete, a Magyar Meteorológiai Társaság, a Magyar Természettudományi Társulat, az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület, valamint a Szilikátipari Tudományos Egyesület, mint a földtudományi civil szervezetek vezető tisztségviselői 2014. év június hó 24. napján jelen megállapodásban rögzítettekkel megegyező tartalommal együtműködési megállapodást kötöttek egymással.

Figyelemmel arra, hogy az eredeti szerződéses jogviszonyban jogalanyváltozás (bővülés) történt, alulírottak az alábbi megállapodást kötik:

Alulírottak, mint a lentebb megnevezett földtudományi civil szervezetek vezetői tisztségviselői egyetértenek a következőkben.

1. Az együtműködés célja

Az alulírott, a földtudományok területén tevékenykedő tudományos és műszaki civil szervezetek, amelyek átérzik a mai társadalmi viszonyok között a kölcsönös célok és érdekek képviselőire az összefogás szükségét, kifejezik azt az elhatározásukat, hogy együtműködésük szorosabbá és szervezettebbé tétele érdekében tudás- és érdekközösséget alkotnak. Az évszázados, de legalábbis sok évtizedes történelmi múlttal és folyamatos tudományos tevékenységgel bíró földtudományi egyesületek és társaságok megfelelő súllyal részt kívánnak venni a civil szférát megillető véleményalkotási, érdekvédelemértékesítési és a döntéshozókat megalapozott tanulmányokkal, szakvéleményekkel kiszolgáló eljárásokban.

2. Az együtműködés alapelvei

- 2.1. A Közösség megnevezése Földtudományi Civil Szervezetek Közössége, rövidítése: FöCiK.
- 2.2. A Közösség tagjai földtudományi vagy ahhoz szorosan kapcsolódó tevékenységi körű bejegyzett civil szervezetek.
- 2.3. A Közösségnek nincs költségvetése, nincs tagsági díja, nem működtet titkárságot, a tagok természetes személy tagjairól nem vezet nyilvántartást, csak azok számáról.
- 2.4. A szükséges koordinációs és adminisztratív feladatokat a tagok látják el, évente váltva egymást. Az első időszakot a Magyarhoni Földtani Társulat vállalja magára, az együtműködési megállapodás aláírásától számítva 365 napon keresztül.
- 2.5. A koordinációs és adminisztratív feladatot ellátó tag vezető tisztségviselője egyben a Közösség elnöke az adott évben.
- 2.6. A Közösség nem rendelkezik banki folyószámlával. A rendezvényekkel, szakvéleményekkel, sajtó kommunikációkkal kapcsolatos és az egyéb költségeket arányossági és kölcsönösségi alapon a tagok fedezik. Az adminisztratív költségeket az elnökséget ellátó tag fedezi.
- 2.7. A Közösség döntéseit 2/3-os többséggel hozza nyilván, a tagok képviselőinek személyes jelenlétében vagy elektronikus vélemény-nyilvánítás és szavazás révén. Minden tag egy szavazattal bír. A döntésekről hiteles jegyzőkönyvet kell felvenni.
- 2.8. A csatlakozás a közösséghez önkéntes, az együtműködési megállapodáshoz csatlakozni kívánókról a tagok döntenek a 2.5. pontban szabályozottak szerint.

- 2.9. A Közösség esetleges későbbi bírósági bejegyeztetéséről a tagok döntenek 2.5. pontban szabályozottak szerint.
- 2.10. A tagok képviselői (vezető tisztségviselői) félévente üléseznek.
3. A Közösség működésének legfontosabb területei
- 3.1. Kölcsönös és folyamatos tájékoztatás rendezvényekről, hírlevelek elektronikus küldése.
- 3.2. Kölcsönös részvétel a tagok közgyűlésein, országos rendezvényeiken való részvétel elősegítése.
- 3.3. Közös tudományos, műszaki és közvélemény tájékoztatási célok kitűzése és megvalósítása.
- 3.4. Szakmai érdekképviseleti feladatok megfogalmazása és hatékony végrehajtása.
- 3.5. A civil szférát és a nemzetgazdaságot érintő fontos kérdésekben tudományos megalapozottságú állásfoglalások megfogalmazása a döntéshozók felé.
- 3.6. Szakmai kiadványok megjelentetésének együttes támogatása.
- 3.7. A magyar földtudományi kutatás és gyakorlati tevékenység teljesítményének és eredményeinek minél több fórumon való megismertetése, a civil szféra és a közvélemény megfelelő eszközökkel való folyamatos tájékoztatása.
- 3.8. A földtudományok oktatásának támogatása.
- 3.9. A földtudományi és bányászati kulturális emlékek megóvása.

4. Éves munkaterv

Az elnök feladata az éves munkaterv összeállítása január 31-ig, az alapítás évében július 31-ig, legalább az alábbi tartalommal.

- 4.1. Tervezett nemzeti programok és stratégiák szakvéleményezése.
- 4.2. Tervezett hazai jogszabályok szakvéleményezése.
- 4.3. A tagok nagyrendezvényeinek egyeztetett ütemterve.
- 4.4. Várható nemzeti projektekhez, nagyberuházásokhoz adandó egyeztetett szakvélemények és sajtóközlemények.
- 4.5. Ad hoc földtudományi eseményekhez (katasztrófákhoz) kapcsolódó gyorsreagáló készség (munkacsoport) működési terve.
- 4.6. Elektronikus PR-tér fejlesztési terve.
5. A Közösség alapító tagjai (Együttműködő Felek) a következők:

Magyar Földmérési, Térképészeti és Távérzékelési Társaság (MFTTT)

Székhely: 1149 Budapest, Bosnyák tér 5.

Elnök: Ádám József

Taglétszám: 519

Magyar Földrajzi Társaság (MFT)

Székhely: 1112 Budapest Budaörsi út 45.

Elnök: Gábris Gyula

Taglétszám: 499 + 2500 pártoló tag

Magyarhoni Földtani Társulat (MhFT)

Székhely: 1015 Budapest Csalogány u. 12.

Elnök: Baksa Csaba

Taglétszám: 1211

Magyar Geofizikusok Egyesülete (MGE)
Székhely: 1145 Budapest Columbus utca 17-23.
Elnök: Fancsik Tamás
Taglétszám: 573

Magyar Hidrológiai Társaság (MHT)
Székhely: 1091 Budapest Üllői út 25.
Elnök: Szlávik Lajos
Taglétszám: 3000

Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat (MKBT)
Székhely: 1025 Budapest, Pusztaszeri út 35.
Elnök: Leél-Őssy Szabolcs
Taglétszám:

Magyar Meteorológiai Társaság (MMT)
Székhely: 1024 Budapest Kitaibel Pál u. 1.
Elnök: Dunkel Zoltán
Taglétszám: 612

Magyar Természettudományi Társulat (MTT)
Székhely: 1088 Budapest, Bródy Sándor u. 16.
Ügyvezető elnök: Tardy János
Taglétszám: 302

Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület (OMBKE)
Székhely: 1051 Budapest Október 6. u. 7.
Elnök: Nagy Lajos
Taglétszám: 2800

Szilikátipari Tudományos Egyesület (SzTE)
Székhely: 1034 Budapest, Bécsi út 122-124.
Elnök: Asztalos István
Taglétszám: 380

6. Az Együttműködési Megállapodás határozatlan ideig érvényes. Bármelyik tag jogosult indoklás és felmondási idő nélkül felmondani az együttműködést. A megállapodást a tagok jogosultak közös megegyezéssel írásban módosítani, illetve megszüntetni.

Alulírott Együttműködő Felek ezt az Együttműködési Megállapodást közös átolvasás és értelmezés után írtuk alá, mint az akaratunknak mindenben megfelelőt.

Készült tíz eredeti példányban.

Budapest, 2014. december 17.

Alapító Tagok:

Ádám József elnök
MFTTT

Gábris Gyula elnök
MFT

Baksa Csaba elnök
MhFT

Fancsik Tamás elnök
MGE

Szlávik Lajos elnök
MHT

Leél-Óssy Szabolcs
MKBT

Dunkel Zoltán elnök
MMT

Tardy János ügyvezető elnök
MTT

Nagy Lajos elnök
OMBKE

Asztalos István elnök
SzTE

A földi mágneses tér gradienseinek meghatározása mesterséges holdak méréseiből és a kurszki mágneses anomália inverziója

KIS K.^{1,@}, P. T. TAYLOR², WITTMANN G.³

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

²Planetary Geodynamics Laboratory, NASA/GSFC, Greenbelt, MD 20771, USA

³MOL Magyar Olaj és Gázipari Nyrt., 1117 Budapest, Október huszonharmadika u. 18.

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

A földi mágneses tér gradienseit számítottuk ki mesterséges hold adataiból az európai régió területére különös tekintettel a kurszki mágneses anomáliára. A számítások a CHAMP mesterséges hold totális mágneses mérésein alapultak. Számításaink annak a kérdésnek a megválaszolására irányulnak, hogy az új ESA/Swarm mesterséges holdak mérései hogyan használhatók fel a földi mágneses anomália-tér gradienseinek és a földkéreg mágnesezettségének meghatározására. A tíz évig működő CHAMP hold adatait használtuk fel a Swarm mérések szimulációjára. Az európai régió keleti irányú gradiensét határoztuk meg, majd ezt követően a kurszki mágneses anomália északi, keleti és vertikális gradienseit számítottuk ki. A kurszki mágneses anomália vertikális gradiensét Hilbert-transzformációval is meghatároztuk. A kurszki mágneses anomália inverzióját simplex és simulated annealing módszerekkel számítottuk ki. Az inverziós számítások modellje horizontális fedő- és alaplappal rendelkező négyszög alakú ható volt. A hatók mélységei a mesterséges hold 324 km-es magasságától lefelé számítva történtek, így a felső lap mélysége 300 és 329 km között, míg alsó lapjának a mélysége 331 és 339 km között változott.

Kis, K., Taylor, P. T., Wittmann, G.: Determination gradients of the Earth's magnetic field from the measurements of the satellites and inversion of the Kursk magnetic anomaly

We computed magnetic field gradients at satellite altitude, over Europe with emphasis on the Kursk Magnetic Anomaly (KMA). They were calculated using the CHAMP satellite total magnetic anomalies. Our computations were done to determine how the magnetic field observations data from the new ESA/Swarm satellites could be utilized in determining the structure of the magnetization of the Earth's crust, especially in the region of the KMA. Ten years of CHAMP data were used to simulate the Swarm data. An initial east magnetic anomaly gradient map of Europe was computed and subsequently the north, east and vertical magnetic gradients for the KMA region were calculated. The vertical gradient of the KMA was also determined using Hilbert transforms. Inversion of the total KMA was derived using simplex and simulated annealing algorithms. The depth of the upper and lower boundaries are calculated downward from the 324 km elevation of the satellite. Our resulting inversion depth model is a horizontal quadrangle with upper 300–329 km and lower 331–339 km boundaries.

Beérkezett: 2014. november 20.; *elfogadva:* 2015. március 11.

Bevezetés

A korábbi tanulmányokban ismertetett, az európai régióra és a kurszki területre vonatkozó totális mágneses anomáliák gradienseinek meghatározása tesztszámításoknak tekinthetők. A kurszki mágneses anomália nagy kiterjedése és jelentős mágnesezettsége miatt mesterséges holdak méréseiből, így a 2013. november 22-én Föld körüli pályára állított Swarm mesterséges holdak mágneses méréseiből is meghatározhatók lesznek. A három Swarm hold geometriájából következően a gradiensek közvetlenül is kiszámít-

hatók. Azonban a földi mágneses tér gradiensei még e holdak működése előtti adatokból – mint például a 2000. július 15. és 2010. szeptember 19. között működött CHAMP mesterséges hold méréseiből – megfelelő eljárással meghatározhatók. A tanulmányba foglalt, a mágneses tér különböző módszerrel meghatározott gradiensei a nagyobb felbontóképességük következtében az anomáliák pontosabb értelmezéséhez járulnak hozzá. A kurszki mágneses anomália inverziója érdekes eredményeket szolgáltat a földtani ható modelljének horizontális és vertikális kiterjedéséről.

Kurszki mágneses anomália

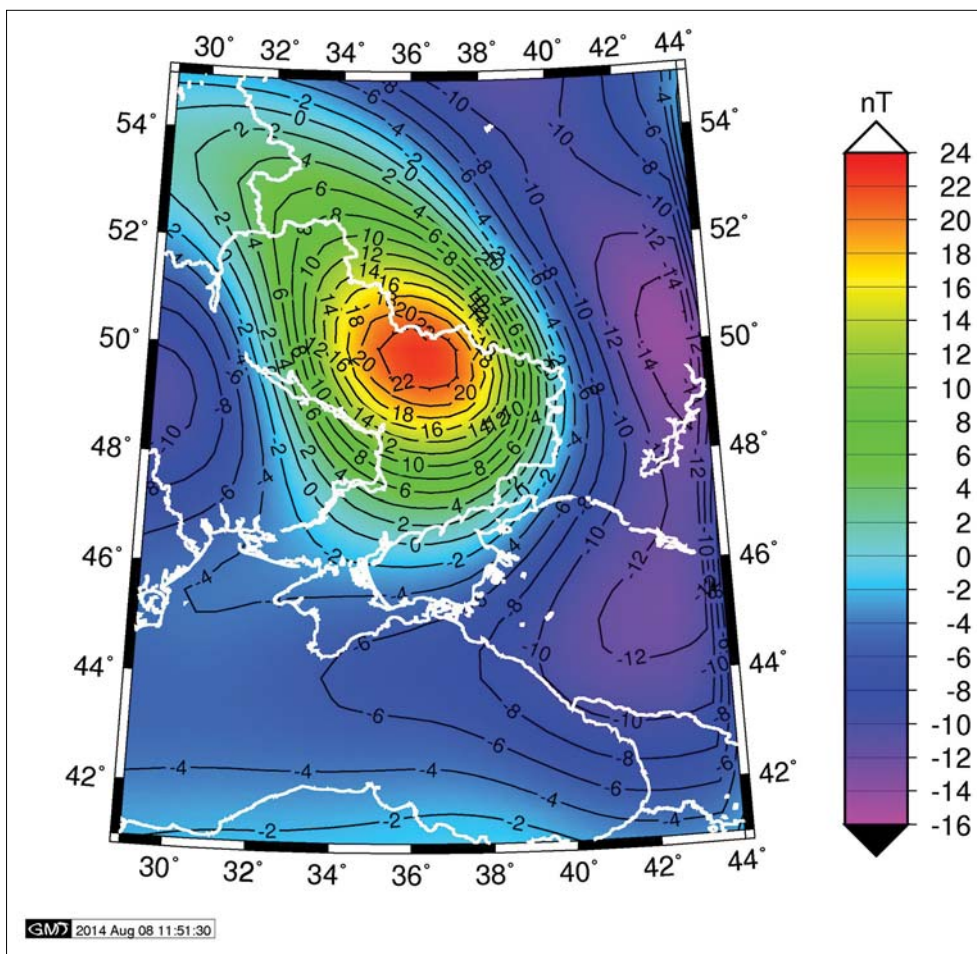
A bányászattal felszínre hozott vasércnek nagy gazdasági jelentőséggel bírnak. Ezért fontos azoknak a geológiai folyamatoknak a megismerése, amelyek a vasérctelepeket alakították ki. A vasérctelepek műrevalóságát az érc minősége és mennyisége szabja meg. Ezek a hatalmas kiterjedésű vasérctelepek Nyugat-Ausztráliában, Dél-Afrikában, Brazíliában, Ukrajnában, Kanadában és az Egyesült Államokban találhatóak (Bekker et al. 2010). Geofizikai eljárásokkal – elsősorban mágneses kutatómódszerekkel – a vasérctelepek jól feltárhatók.

A kurszki mágneses anomália Moszkvától mintegy 400 km-re délre a Rjazany–Szaratov és Pripjaty–Dnyeper–Donyeck aulakogének (Shchipansky, Bogdanova 1996) között helyezkedik el. A mágneses anomália kiterjedése mintegy 190 000 km² kéregbeli mélysége 0,5–3,0 km-ig terjed ki. A kurszki mágneses anomáliát Heiland (1946) szerint I. N. Szmirnov fedezte fel 1874-ben. Az anomália leírását mind a korai szakirodalom (Lasareff 1923, Haalck 1929), mind a mai geofizikai szakirodalom (Lapina 1960, Taylor, Frawley 1987, Rotanova et al. 2005) ismerteti. Az anomália nagy ki-

terjedése és nagy mágnesezettsége következtében az anomália mesterséges holdak méréseivel is kimutatható (Magsat – Taylor, Frawley 1987, CHAMP – Rotanova et al. 2005). Az eredő mágnesezettség Heiland (1946) szerint $0,7 \times 10^3 \text{ Am}^{-1}$ illetve Taylor és Frawley (1987) szerint 3 Am^{-1} . A számítások során az eredő mágnesezettség értékét 3 Am^{-1} mértékűnek tekintettük. A kurszki anomáliát létrehozó ható eredő mágnesezettség vektorának irányát, az inklinációt és deklinációt Bhattacharayya (1980) 47° és 67° értékűnek határozta meg. Az inverziós számítások során ezt az értéket fogadtuk el. A CHAMP méréseiből 324 km magasságban meghatározott totális mágneses anomália az 1. ábrán látható (Kis et al. 2012). Az anomália északnyugat–délkelet irányban elnyúló alakja összetett szerkezetre utal, amelynek jobb felbontása a meghatározott gradiensektől várható.

A kurszki vasérctelep kialakulása

A jelentős kiterjedésű vasérctelepeket szövettani formájuk szerint sávós vasérc formációnak (angolul *banded iron for-*



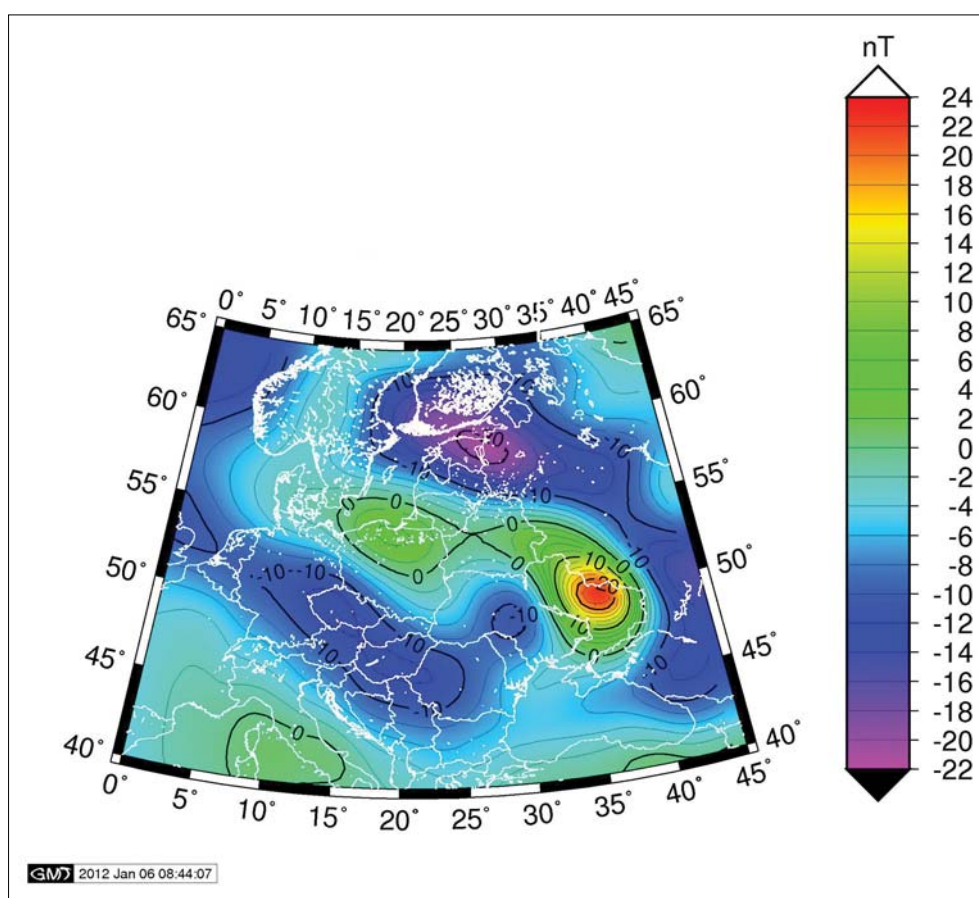
1. ábra A kurszki totális mágneses anomáliák a CHAMP méréseiből levezetve 324 km magasságban, az anomáliák ábrázolása Albers-féle vetületben történt, az izovonalak egysége nT, értékközük 2 nT
Figure 1 Kursk total magnetic anomaly map computed from CHAMP satellite magnetic data at 324 km altitude and plotted in an Albers equal area conic projection. The contour interval is 2 nT, range is given by 20 color levels

mation, rövidítve BIF), illetve szemcsés vas formációnak (angolul *granular iron formation*, rövidítve GIF) nevezik.

Ezeknek a tengeri üledékes eredetű, hatalmas kiterjedésű vasérctelepeknek időbeli kialakulása az archaikumban és a neoproterozoikumban ment végbe. Kialakulásuk maximuma 2,6 milliárd évvel ezelőtt következett be. A BIF-ek az archaikus és a korai paleoproterozoikumban dominánsak, GIF-ek a paleoproterozoikumban sokkal gyakoribbak. A kurszki vasérctelepet létrehozó földtani folyamatok leírása megtalálható Voskresenskaya (1965), Alexandrov (1973), Shchipansky és Bogdanova (1996), Bekker et al. (2010), továbbá Kovács és Pálfy (2014) tanulmányaiban.

Ezek a vasérctelepek jelentős mennyiségű vasat és sávosan kovás anyagot tartalmaznak. A keletkezési folyamat magyarázata során a vas és a kova eredetéről kell számot adni. A vas tenger alatti és légköri eredetű vulkáni tevékenységből, valamint tengerfenéket elérő hőoszlopok anyagából származhat. A vas kiválása a környezet redox viszonyaitól függ, ugyanis a redukált Fe(II)-oldatban marad, míg az oxidált Fe(III) kicsapódik, amennyiben a tengervíz és az atmoszféra oxigén szegény (anoxikus) redukzív körülményekkel rendelkezik. Ezeknek a vasérctelepeknek keletkezését a mintegy 2,4 milliárd évvel ezelőtt be-

következett Nagy Oxigéndúsulási Esemény akadályozta meg. Ekkor az atmoszférában és a hidroszférában az oxigéntartalom került túlsúlyba, és megszűnt a redukzív környezet. Ez valószínűleg a vulkáni tevékenység csökkenése következtében alakult ki. A BIF-ek keletkezésének 1,88 milliárd évvel ezelőtti újabb csúcsa jelentkezik, ekkor ismét erősödött a magmás tevékenység. A BIF-ek és GIF-ek összetételét vizsgálva kiderült, hogy a vas származási helye valószínűleg tengeri eredetű, mivel nem tartalmaz a folyók által szállított szárazföldi eredetű üledéket. Bekker et al. (2010) a Fe(II) oxidációjának három lehetséges változatát foglalja össze. Az első változat szerint az oxigén forrása a tengerek felső rétegeiben élő kékmoszatok fotoszintézise. Itt a tengerek felső rétegeiben egy felső vékony oxidációs zóna van, amely alatt viszont az oxigén hiányos, redukzív vastartalmú vízoszlopban az oxidált Fe(III) kicsapódik. A második változat szerint a vasoxidáló baktériumok a felelősek, amelyek oxigénszegény körülmények között élnek. Ezek a proterobaktériumok víz és szén-dioxid felvételével képesek a Fe(II)-tartalmú oldatot Fe(III)-tartalmúvá oxidálni. A vasoxidáló baktériumok a tengervíz mélyebb rétegeiben élnek anoxikus körülmények között. A harmadik változat alapján az ultraibolya fény oxidálja a Fe(II)-tartalmú oldatot. Ez a hatás hatékonyan működhe-



2. ábra | Totális mágneses anomália térkép a CHAMP méréseiből levette 324 km magasságban Európa egy részére vonatkozóan. Az anomáliák ábrázolása Albers-féle vetületben történt, az izovonalak egysége nT, értékközük 2 nT
Figure 2 | Total magnetic field anomaly map over part of Europe computed from CHAMP satellite magnetic data 324 km elevation, plotted in an Albers equal area conic projection. Contour interval is 2 nT, anomaly range is given by 24 color levels

tett az ózonpajzs kialakulása előtt. Bár Bekker et al. (2010) hangsúlyozza, hogy ennek a hatásmechanizmusnak kisebb a valószínűsége. Az említett vasércformációkban kovás és vastartalmú rétegek váltakozva fordulnak elő. Itt a hőmérsékleti viszonyokban bekövetkező változások lehetnek a létrehozó folyamatok. A vasban gazdag rétegek a nagyobb hőmérsékleti viszonyok között jöhetnek létre, míg a kovában dúsabb rétegek a kisebb hőmérsékletű tengervízben csapódnak ki.

Gradiensek meghatározása a CHAMP mesterséges hold mérési adataiból

Swarm mesterséges holdak méréseiből a mágneses tér gradiensei közvetlenül is meghatározhatók, hiszen itt egyszerre három mesterséges hold működik egymás alatt, illetve mellett. A közvetlen meghatározást megelőzően a CHAMP mesterséges hold mágneses méréseiből is meghatározhatók a mágneses tér gradiensei.

A kurszki mágneses anomália-gradiensekkel történő vizsgálatát jelen szerzők részben már elvégezték (Taylor et al. 2014). Jelen tanulmány azokat módszereket mutatja be, amelyek a korábbi cikkben nem szerepeltek.

Az egyik lehetséges megoldáshoz a CHAMP méréseiből az európai régió egy részére levezetett totális mágneses anomália-térképet használtuk fel kiindulásként, amely gömbi polárkoordináta-rendszerben írja le a mágneses anomáliákat 324 km magasságban (2. ábra) (Kis et al. 2012). A térkép

északi részén jelentkező jelentős negatív anomália a Balti-pajzs helyzetét mutatja. A Dániától a Fekete-tengerig húzódó pozitív anomáliából negatív anomáliába átmenő zóna a Tornquist-vonal indikációja, ez választja el a perkambriumi Európát a paleozoikustól. A mágneses anomália-térkép keleti részén világosan látszik a későbbi vizsgálatok tárgyát képező, kurszki mágneses anomália. Az anomáliatérkép részletesebb földtani értelmezése megtalálható Kis et al. (2012) tanulmányában.

Tekintsük azokat az anomáliaadatokat, amelyeket azonos pólustávolságú, de különböző hosszúságú pontokra vonatkoznak! A két pont Δ gömbi távolságát a gömbháromszögek koszinusztétele határozza meg, amely szerint

$$\cos \Delta = \cos \vartheta \cos \vartheta + \sin \vartheta \sin \vartheta \cos (\lambda_2 - \lambda_1), \quad (1)$$

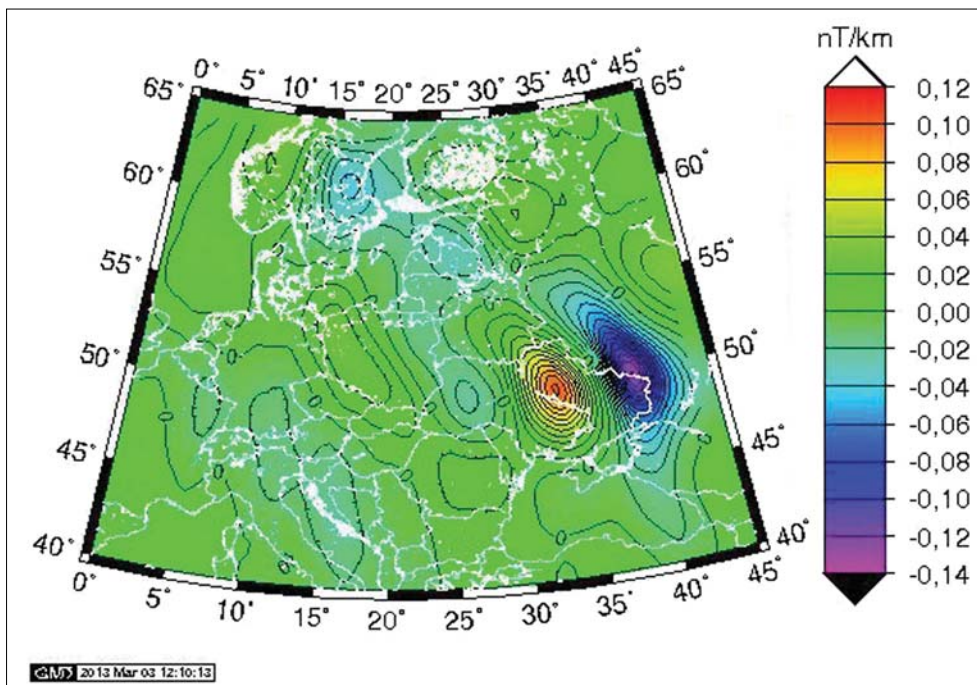
ahol ϑ a pólustávolság λ_1 és λ_2 a két kiválasztott pont hosszúságait jelentik. A két pont d távolságát a

$$d = R \arccos \Delta \quad (2)$$

összefüggés adja, ahol az R sugár = 6371,2 km + 324 km. A keleti irányú gradiens a

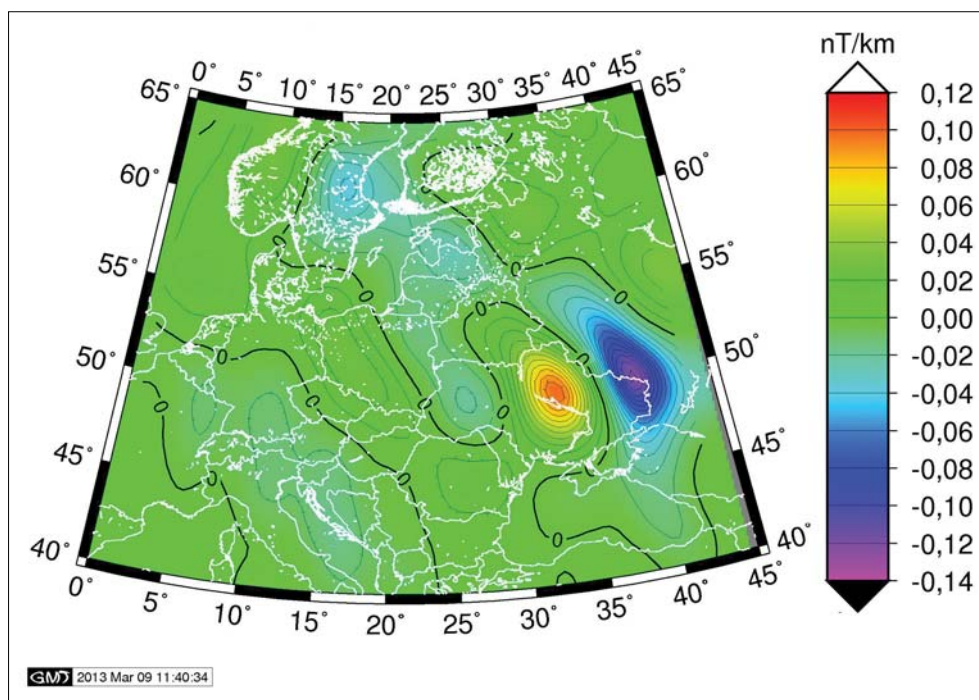
$$[T(R, \vartheta, \lambda_2) - T(R, \vartheta, \lambda_1)]/d \quad (3)$$

összefüggéssel approximálható, ahol T a totális mágneses anomália teret jelenti. Az így meghatározott keleti irányú gradiens térképek a 3., 4. és 5. ábrán láthatók. A 3. ábrán keleti irányú gradiens meghatározásakor a $\lambda_2 - \lambda_1$ hosszúságkülönbség 1° , ekkor a d távolságkülönbség 88,86 km és 49,75 km között változik a meridiánkonvergencia miatt.



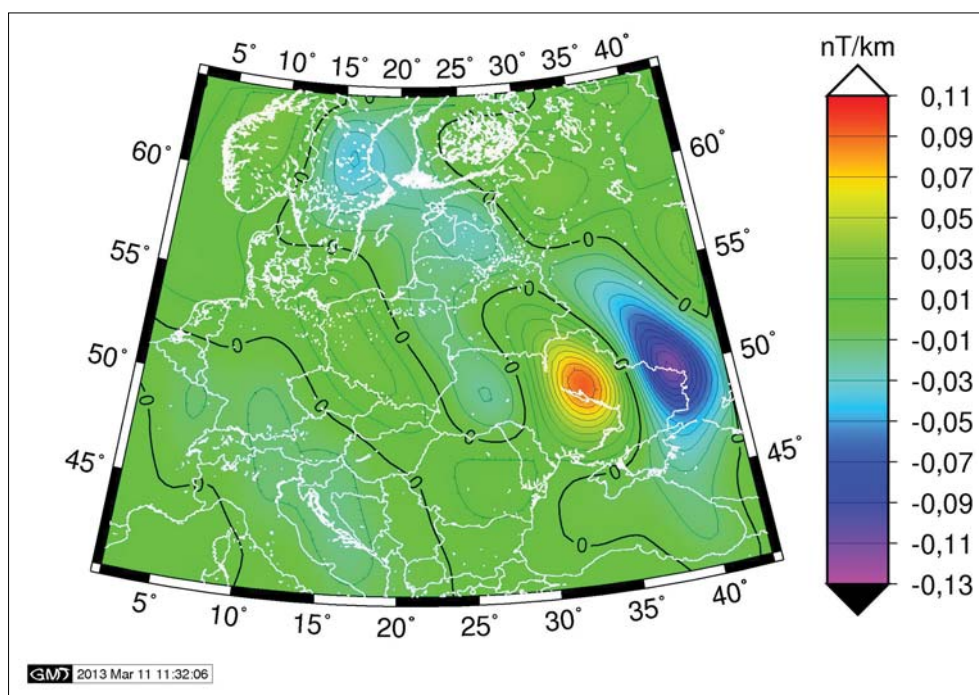
3. ábra Az európai totális mágneses anomáliák (2. ábra) keleti irányú gradiense a CHAMP méréseiből levezetve 324 km magasságban Albers-féle vetületben ábrázolva. Az approximált keleti irányú gradiens meghatározásakor a gömbi távolság 1° . Az izovonalak egysége nT/km, értékükük 0,2 nT/km

Figure 3 East gradient of the European total magnetic anomalies (Fig. 2), on an Albers equal area conic projection, were computed from CHAMP magnetic data at 324 km altitude. The spherical distance is 1° for the approximated east direction gradient, anomaly contours is 0.2 nT/km, anomaly range is given by 13 color levels



4. ábra Az európai totális mágneses anomáliák (2. ábra) keleti irányú gradiense a CHAMP méréseiből levezetve 324 km magasságban Albers-féle vetületben ábrázolva. Az approximált keleti irányú gradiens meghatározásakor a gömbi távolság 2° . Az izovonalak egysége nT/km, értékközük $0,2$ nT/km

Figure 4 East gradient of the European total magnetic anomalies (Fig. 2) computed from the CHAMP magnetic data at an altitude of 324 km (Albers projection). The spherical distance is 2° for the approximated east direction gradient, anomalies contour interval 0.2 nT/km, anomaly range is presented with a range by 13 color levels



5. ábra Az európai totális mágneses anomáliák (2. ábra) keleti irányú gradiense a CHAMP méréseiből levezetve 324 km magasságban Albers-féle vetületben ábrázolva. Az approximált keleti irányú gradiens meghatározásakor a gömbi távolság 4° . Az izovonalak egysége nT/km, értékközük $0,2$ nT/km

Figure 5 East gradient of the European total magnetic anomalies (Fig. 2) computed from the CHAMP magnetic data at an altitude of 324 km (Albers projection). The spherical distance is 4° for the approximated east direction gradient, anomalies contour interval is nT/km, anomaly range is given by 12 color levels

A 4. ábrán a hosszúságkülönbség 2°, ekkor a távolság 177,71 km és 99,51 km között változik, míg az 5. ábrán a hosszúságkülönbség 4°, amikor is a távolság 355,42 km és 199,02 km között változik. Ezek az ábrák világosan mutatják a kurszki mágneses anomália által okozott keleti irányú változást. A keleti irányú gradiensek meghatározásakor lényegében az 1° hosszúságkülönbség is megfelelő eredményt mutat.

A mágneses tér gradienseinek meghatározásának második módszere az x , y és a z tengelyirányú gradiensek átviteli függvényének és súlyfüggvényeinek vizsgálatán alapul (Kis, Pusztai 2006). A gradiensek átviteli függvényei jól ismertek a szakirodalomban (Blakely 1995):

$$S_{dx}(f_x, f_y) = j2\pi f_x, \quad S_{dy}(f_x, f_y) = j2\pi f_y, \quad (4)$$

$$S_{dz}(f_x, f_y) = j2\pi(f_x^2 + f_y^2)^{1/2},$$

ahol S_{dx} , S_{dy} és S_{dz} az x , y és a z tengelyirányú gradiensek átviteli függvényei, f_x és f_y az x és y tengelyirányú térfrekvenciák, j az imaginárius egység. A gradiensek meghatározhatóságának érdekében a Gauss-féle

$$S^w(f_x, f_y) = \exp\{-k^2(f_x^2 + f_y^2)\} \quad (5)$$

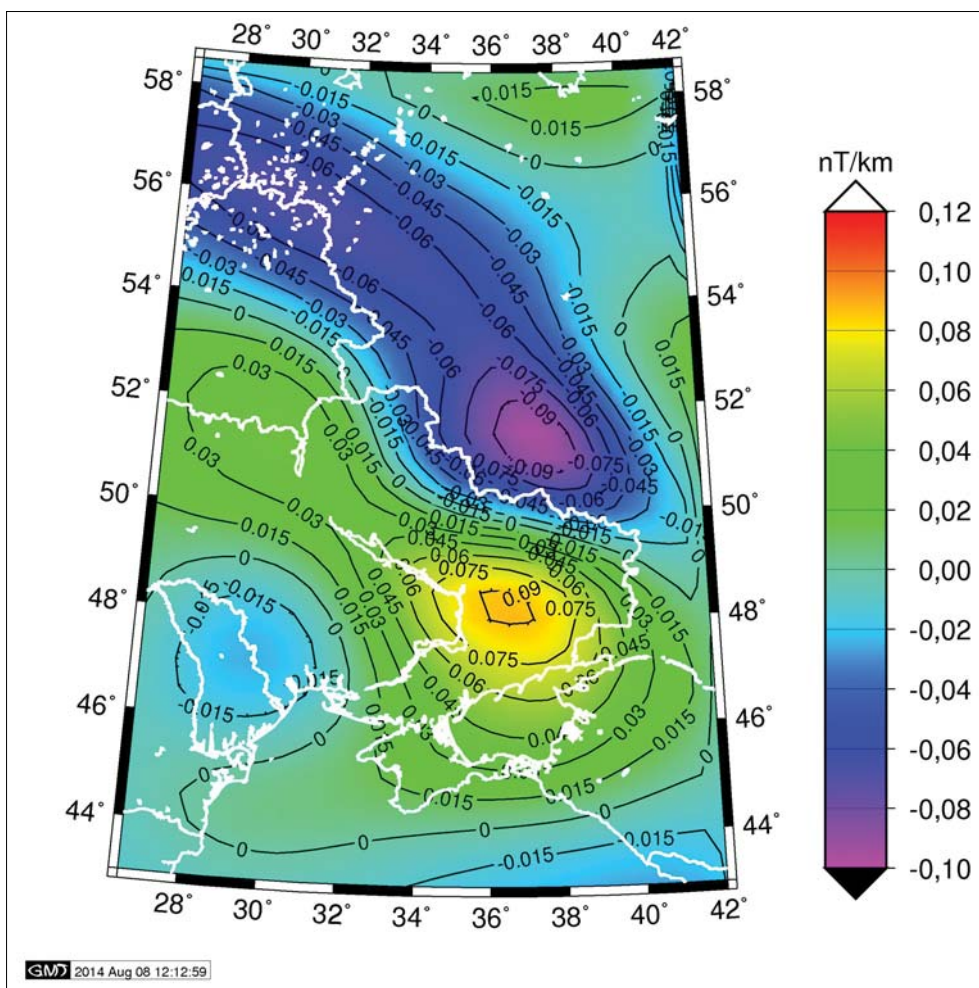
csonkító függvény alkalmazása célszerű, ahol k a csonkító függvény alkalmasan választott paramétere. A csonkított gradiensek meghatározott súlyfüggvényei

$$S_{dx}^w(x, y) = -(2\pi^2/k^4)x \exp\{-\pi^2/k^2(x^2 + y^2)\}, \quad (6)$$

$$S_{dy}^w(x, y) = -(2\pi^2/k^4)y \exp\{-\pi^2/k^2(x^2 + y^2)\}, \quad (7)$$

$$S_{dz}^w(x, y) = (\pi^{5/2}/k^3) \exp\{-\pi^2/k^2(x^2 + y^2)\} \times M\left(-\frac{1}{2}, 1, \frac{\pi^2(x^2 + y^2)}{k^2}\right), \quad (8)$$

ahol M konfluens hipergeometrikus függvény (Slater 1970). A (6)–(8) egyenletek levezetése megtalálható Kis és Pusztai (2006) tanulmányában, illetve Kis (2009, Appendix 14) könyvében. Ha a vázolt módszerrel kívánjuk a gradienseket meghatározni, akkor a CHAMP méréseiből levezetett, gömbi polárkoordináta-rendszerben adott adatokat transzformálni kell Descartes-féle derékszögű xyz koordináta-rend-



6. ábra A kurszki totális mágneses anomáliák (1. ábra) északi irányú gradiense a CHAMP méréseiből levezetve, 324 km magasságban, Albers-féle vetületben ábrázolva. Az izovonalak egysége nT/km, értékközük 0,015 nT/km
Figure 6 North gradient of the Kursk magnetic anomalies (Fig. 1) computed from the CHAMP data on an Albers' projection the contour interval is 0.015 nT/km, anomaly range is given by 11 color levels

szerbe. A transzformáció részletei megtalálhatók Kis et al. (2011) és Kis (2009, Appendix 16) könyvében. A gradiensek Descartes-féle koordináta-rendszerben történő meghatározása után azokat ismét gömbi polárkoordináta-rendszerbe kell transzformálni. Az ezzel a módszerrel meghatározott gradiensek láthatók a 6–8. ábrán Albers-féle vetületben ábrázolva. A matematikai értelmezésük szerint a gradiensek az anomáliák eloszlásában bekövetkező változásokat emelik ki. A változások okai a ható mélységbeli, illetve mágnesezettségbeli eloszlásban bekövetkező változások lehetnek illetve mindkettő együttesen. A hatások szétválasztása a gradienstérképekből egyértelműen nem határozható meg. A 6. ábrán látható északi irányú gradiens északnyugati irányban való elnyúlása (a szimmetriától történő eltérése) a vastelep északnyugat–délkelet irányú orientáltságára utal. A 7. ábrán látható keleti irányú gradiens a kelet–nyugat irányú változásokat emeli ki. Az anomália keleti irányban szintén aszimmetrikus: a gradiens pozitív anomáliája nagyobb kiterjedésű, mint a negatív anomália. A vertikális gradiens északnyugat–délkelet irányú aszimmetriát mutat.

A mágnesezések vertikális gradiense meghatározásának második eszköze a Hilbert-transzformáció. A Hilbert-

transzformációt Hardy (1932) angol matematikus vezette be, az elnevezést D. Hilbert német matematikus tiszteletére alkalmazta. A Hilbert-transzformáció különböző tudományterületeken általánosan használható eljárás, mint például a rádiótechnikában (Öberg 2001, De Freitas 2005) és a potenciálok analízisében (Nabighian 1972, Nabighian, Hansen, 2001, Guspi, Novara 2012, Pusztai, Kis 2013).

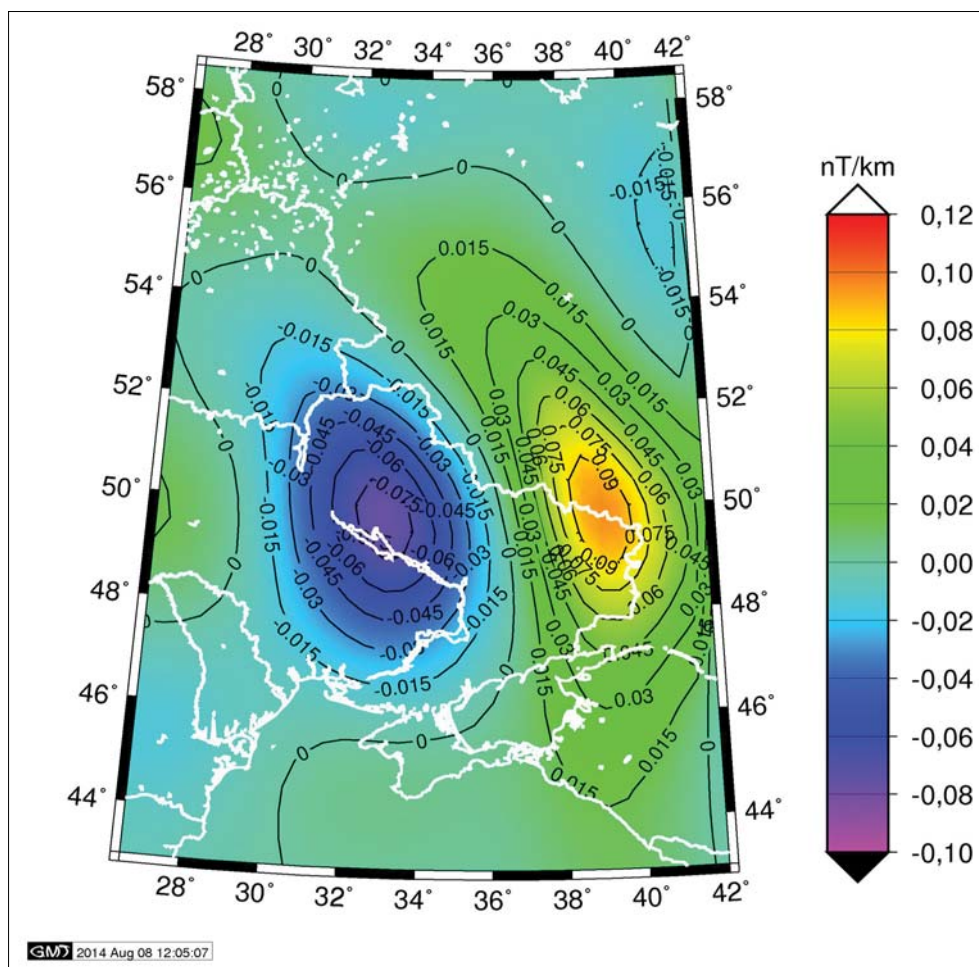
Tekintsük a Nabighian (1984) által megadott egyenletet:

$$F \left\{ \frac{\partial T}{\partial z} \right\} = - \frac{j f_x}{(f_x^2 + f_y^2)^{1/2}} F \left\{ \frac{\partial T}{\partial x} \right\} - \frac{j f_y}{(f_x^2 + f_y^2)^{1/2}} F \left\{ \frac{\partial T}{\partial y} \right\}, \quad (9)$$

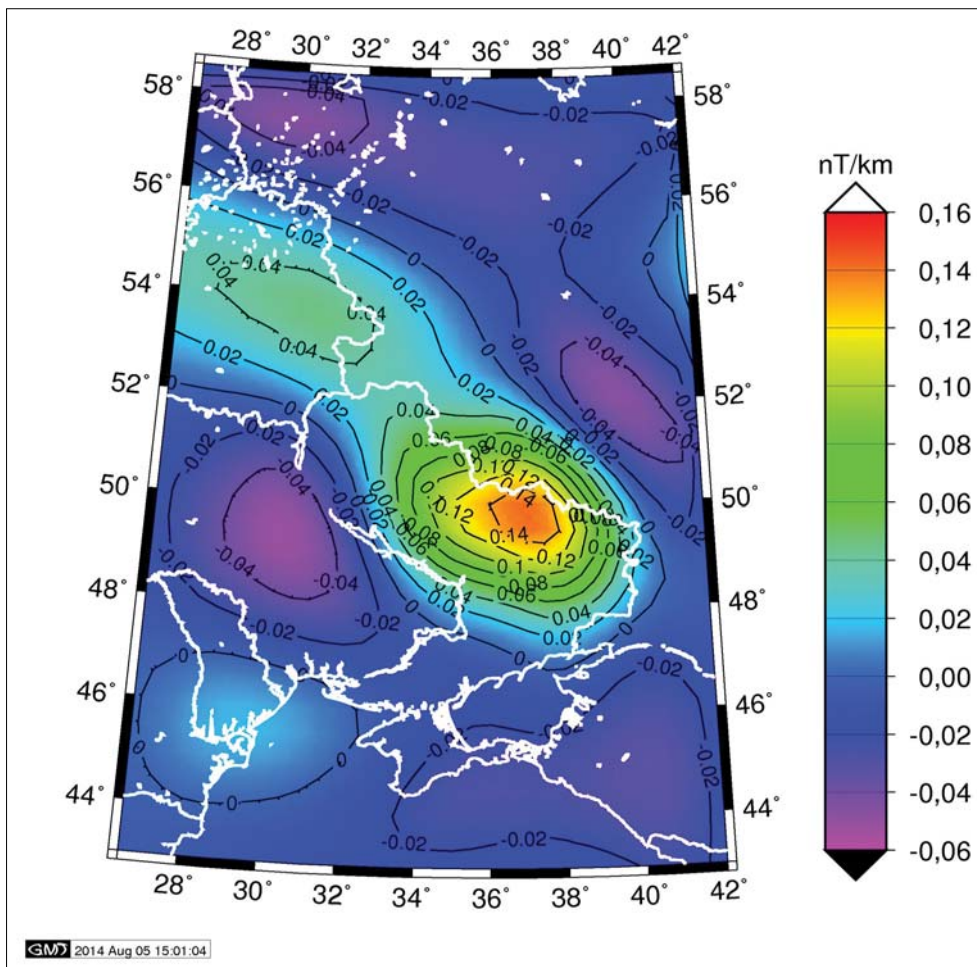
ahol F a Fourier-transzformáltat jelenti, míg a többi jelölés megegyezik a korábbiakkal! Az előző egyenlet tömörebb formában:

$$F \left\{ \frac{\partial T}{\partial z} \right\} = H_1 F \left\{ \frac{\partial T}{\partial x} \right\} + H_2 F \left\{ \frac{\partial T}{\partial y} \right\}, \quad (10)$$

ahol H_1 és H_2 a Hilbert-transzformáció operátorát jelenti, azaz



7. ábra A kurszki totális mágnesezések anomáliák (1. ábra) keleti irányú gradiense a CHAMP méréseiből levezetve, 324 km magasságban, Albers-féle vetületben ábrázolva. Az izovonalak egysége nT/km, értékközük 0,015 nT/km
Figure 7 East gradient of the Kursk magnetic anomalies (Fig. 1) computed from the CHAMP data. Anomalies are plotted in an Albers' projection with a contour interval 0.015 nT/km range is given by of 11 color levels



8. ábra | A kurszki totális mágneses anomáliák (1. ábra) vertikális irányú gradiense a CHAMP méréseiből levezetve, 324 km magasságban, Albers-féle vetületben ábrázolva. Az izovonalak egysége nT/km, értékükük 0,02 nT/km
Figure 8 | Vertical gradient of the Kursk magnetic anomalies (Fig. 1) computed from the CHAMP data with a contour interval 0.02 nT/km (Albers' projection) anomaly range is given by 11 color levels

$$H_1 = \frac{-j f_x}{(f_x^2 + f_y^2)^{1/2}} \quad \text{és} \quad H_2 = \frac{-j f_y}{(f_x^2 + f_y^2)^{1/2}} F \left\{ \frac{\partial T}{\partial y} \right\}. \quad (11)$$

Vegyük a (9) egyenlet inverz Fourier-transzformáltját, és használjuk fel a következő eredményeket:

$$F^{-1} \left\{ \frac{-j f_x}{(f_x^2 + f_y^2)^{1/2}} \right\} = \frac{1}{2\pi} \frac{x}{(x^2 + y^2)^{3/2}}, \quad (12)$$

és

$$F^{-1} \left\{ \frac{-j f_y}{(f_x^2 + f_y^2)^{1/2}} \right\} = \frac{1}{2\pi} \frac{y}{(x^2 + y^2)^{3/2}}. \quad (13)$$

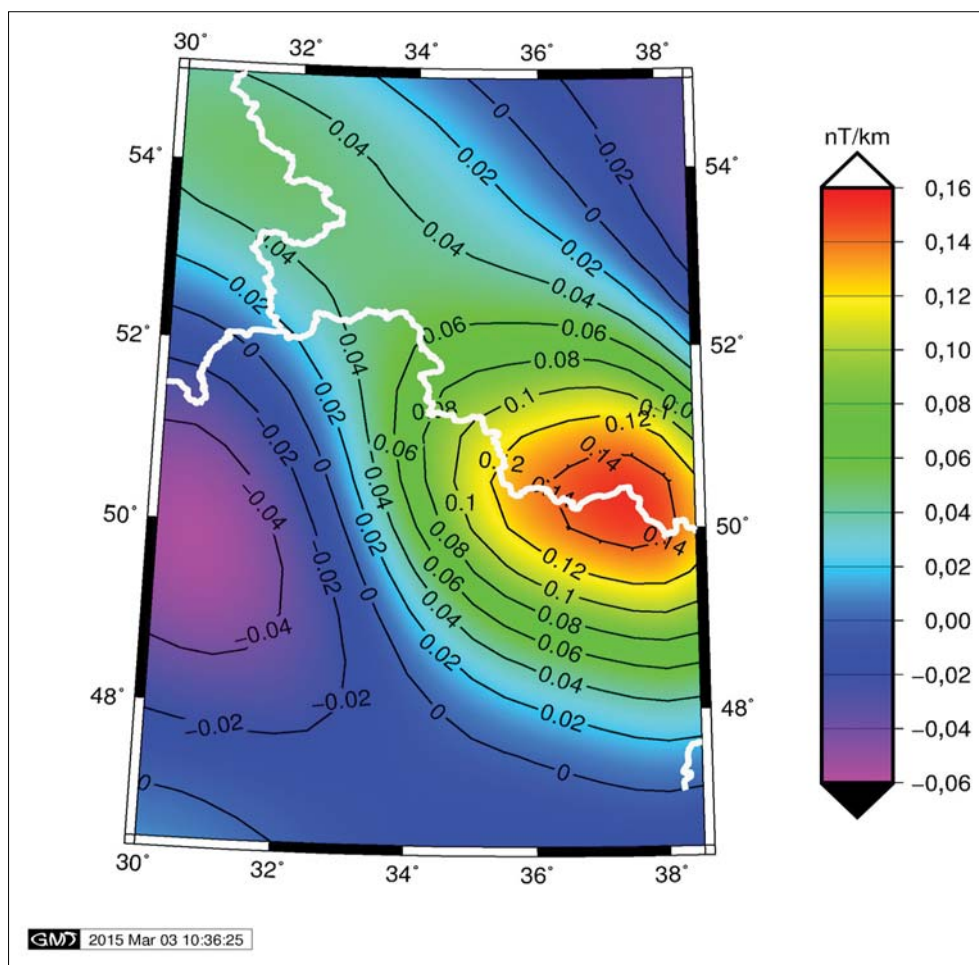
Ezeknek az inverz Fourier-transzformáltaknak meghatározása megtalálható Nabighian (1984, Appendix A), illetve Kis (2009, Appendix 15) könyvében. Ily módon a vertikális gradiens meghatározása konvolúciós feladattá válik. Tekintsük a CHAMP mesterséges hold méréseiből meghatározott kurszki totális mágneses anomália-térképet gömbi polárkoordináta-rendszerben (1. ábra), és határozzuk meg a vertikális gradienst Hilbert-transzformációval (9. ábra)! A ver-

tikális gradiens Hilbert-transzformációval történő meghatározásakor ugyanazokat a transzformációkat kell alkalmazni, mint az előző esetben. A Hilbert-transzformációval meghatározott vertikális gradiens amplitúdója és alakja megegyezik a 8. ábrán bemutatott vertikális gradienssel. A méretbeli eltérés a numerikus módszer következménye.

A kurszki totális mágneses anomália inverziója

A kurszki totális mágneses anomália inverziója a Bayes-féle eljárással készült. A módszer mind a nemzetközi szakirodalomból (Boksz, Tiao 1973, Tarantola 1987, Duijndam 1988a, 1988b, Menke 1989, Gregory 2005), mint pedig a jelen szerzők korábbi tanulmányaiból (Kis et al. 2011, 2012) megismerhető. Ezért itt az inverzióknak csak a legfontosabb lépéseit ismertetjük.

A kurszki anomália inverziójának a nehézséget az okozza, hogy a CHAMP által mért adatokból nyert anomália meghatározása gömbi polárkoordináta-rendszerben történt, amelyet át kellett számítani Descartes-féle koordináta-rendszerbe. A derékszögű koordináta-rendszerben a mélysége-



9. ábra A kurszki totális mágneses anomáliák (1. ábra) vertikális irányú gradiense Hilbert-transzformációval meghatározva, a CHAMP méréseiből levezetve 324 km magasságban, Albers-féle vetületben ábrázolva. Az izovonalak egysége nT/km, értékközük 0,02 nT/km

Figure 9 Vertical gradient of the Kursk magnetic anomalies (Fig. 1) computed by Hilbert transform from the CHAMP data (Albers' projection). Contour interval 0.02 nT/km, anomaly range is given by 11 color levels

ket a mesterséges hold magasságától (324 km) lefelé számítva határoztuk meg.

Az inverzió modellje a Plouff (1976) által levezetett tetszőleges számú csúcsponttal rendelkező sokszög keresztmetszetű, és vízszintes alap- és fedőlappal rendelkező ható, amely esetünkben négyszög keresztmetszetű modellt jelent. Ez a ható a kurszki mágneses anomália idealizált modellje, a hatónak mintegy belefoglaló méretét határozza meg. Az inverzióhoz szükséges a ható erdő mágnesszettségének az értéke, amelyre a Taylor és Frawley (1987) által megadott 3 Am^{-1} nagyságú értéket fogadtuk el. Szükségesek továbbá a ható eredő mágnesszettségének irányát rögzítő értékek, amelyekre Bhattacharayya (1980) 47° -os inklinációt és 67° -os deklinációt határozott meg.

A Bayes-féle módszer alapegyenlete:

$$p(\mathbf{m}|\mathbf{d}) = p(\mathbf{d}|\mathbf{m}) p(\mathbf{m}), \quad (14)$$

ahol $p(\mathbf{m}|\mathbf{d})$ az \mathbf{m} paraméterek vektorának a \mathbf{d} mérési adatok vektorára vonatkozó a posteriori feltételes valószínűségi sűrűségfüggvénye; $p(\mathbf{d}|\mathbf{m})$ a \mathbf{d} adatok vektorának az \mathbf{m} paraméterek vektorára vonatkozó likelihood feltételes valószí-

nűségi sűrűségfüggvénye; és $p(\mathbf{m})$ a paraméterek vektorának valószínűségi sűrűségfüggvénye. A Bayes-féle összefüggésből levezethető a $p^{\text{a posteriori}}$ valószínűségi sűrűségfüggvény, amely a következő alakban írható:

$$\begin{aligned} p^{\text{a posteriori}} &\propto \exp\left\{-\frac{1}{2}(\mathbf{m} - \mathbf{m}^{\text{a priori}})^T \mathbf{C}_m^{-1}(\mathbf{m} - \mathbf{m}^{\text{a priori}})\right\} \\ &\times \exp\left\{-\frac{1}{2}(\mathbf{d}^{\text{mért}}(x, y) - \mathbf{T}^{\text{számított}}(x, y, \mathbf{m}))^T \right. \\ &\times \left. \mathbf{C}_D^{-1}(\mathbf{d}^{\text{mért}}(x, y) - \mathbf{T}^{\text{számított}}(x, y, \mathbf{m}))\right\}, \end{aligned} \quad (15)$$

ahol $\mathbf{m}^{\text{a priori}}$ az értelmező által előzetesen becsült paramétervektort, \mathbf{C}_m az a priori becslés kovarianciamátrixát jelenti, $\mathbf{d}^{\text{mért}}$ az (x, y) koordinátájú helyen mért adatok vektorát jelenti, míg $\mathbf{T}^{\text{számított}}$ az (x, y, \mathbf{m}) koordinátájú helyen a modelltől számított vektort jelenti, \mathbf{C}_D a mért adatok kovarianciamátrixát jelöli, a T felső index a transzponáltat jelenti. A többváltozós Gauss-féle a posteriori valószínűségi sűrűségfüggvény az a priori és a likelihood valószínűségi sűrűségfüggvények szorzataként állítható elő, amennyiben a konstans szorzóktól eltekintünk (ld. (15) egyenlet).

A többváltozós Laplace-féle eloszlás esetében a $p^{\text{a posteriori}}$ valószínűségi sűrűségfüggvény a következő alakot veszi fel:

$$p^{\text{a posteriori}} \propto \exp \left\{ -\frac{|\mathbf{m} - \mathbf{m}^{\text{a priori}}|}{\mathbf{C}_m^{1/2}} \right\} \times \exp \left\{ -\frac{|\mathbf{d}^{\text{mért}}(x, y) - \mathbf{T}^{\text{számított}}(x, y, \mathbf{m})|}{\mathbf{C}_D^{1/2}} \right\} \quad (16)$$

Erről a függvényről az előzőekkel azonos megállapítás tehető.

Az a posteriori valószínűségi sűrűségfüggvény ott veszi fel a maximumát, ahol a kitevőben szereplő mennyiségek minimummal rendelkeznek, tehát többváltozós Gauss-féle eloszlás esetében az \mathbf{m} vektorától függő $E(\mathbf{m})$ függvény a következő alakú:

$$E(\mathbf{m}) = (\mathbf{m} - \mathbf{m}^{\text{a priori}})^T \mathbf{C}_m^{-1} (\mathbf{m} - \mathbf{m}^{\text{a priori}}) + (\mathbf{d}^{\text{mért}}(x, y) - \mathbf{T}^{\text{számított}}(x, y, \mathbf{m}))^T \times \mathbf{C}_D^{-1} (\mathbf{d}^{\text{mért}}(x, y) - \mathbf{T}^{\text{számított}}(x, y, \mathbf{m})) \quad (17)$$

Többváltozós Laplace-eloszlás esetében a minimalizálandó $E(\mathbf{m})$ függvény az alábbi formában írható:

$$E(\mathbf{m}) = \frac{|\mathbf{m} - \mathbf{m}^{\text{a priori}}|}{\mathbf{C}_m^{1/2}} + \frac{|\mathbf{d}^{\text{mért}}(x, y) - \mathbf{T}^{\text{számított}}(x, y, \mathbf{m})|}{\mathbf{C}_D^{1/2}} \quad (18)$$

A minimalizálás során a Tikhonov és Arsenin (1977) által javasolt regularizációt használtuk, ekkor a (17) és (18) egyenleteket egy λ regularizációs paraméterrel kell kiegészíteni, így az egyenletek a következő alakot nyerik:

$$E(\mathbf{m}) = (\mathbf{m} - \mathbf{m}^{\text{a priori}})^T \mathbf{C}_m^{-1} (\mathbf{m} - \mathbf{m}^{\text{a priori}}) + (\mathbf{d}^{\text{mért}}(x, y) - \mathbf{T}^{\text{számított}}(x, y, \mathbf{m}))^T \times \mathbf{C}_D^{-1} (\mathbf{d}^{\text{mért}}(x, y) - \mathbf{T}^{\text{számított}}(x, y, \mathbf{m})) + \lambda(m_{i+1} - m_i)^2 \quad (19)$$

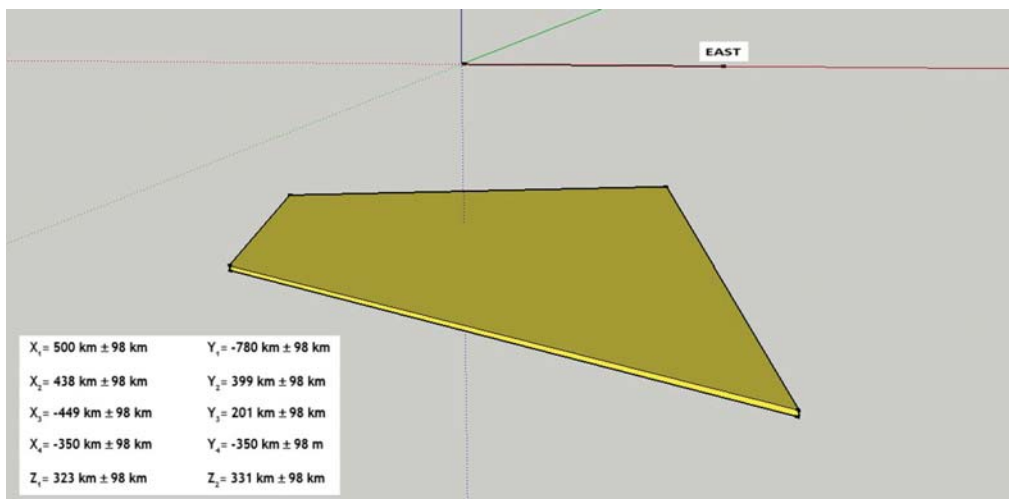
és

$$E(\mathbf{m}) = \frac{|\mathbf{m} - \mathbf{m}^{\text{a priori}}|}{\mathbf{C}_m^{1/2}} + \frac{|\mathbf{d}^{\text{mért}}(x, y) - \mathbf{T}^{\text{számított}}(x, y, \mathbf{m})|}{\mathbf{C}_D^{1/2}} + \lambda |\mathbf{m}_{i+1} - \mathbf{m}_i| \quad (20)$$

A λ regularizációs paraméter értéke a korábbi számítások (Kis et al. 2012) során az 1–10 intervallumba esett, így itt is ezt az értéket használtuk. A regularizációs paraméterekben szereplő i indexek az iteráció i . és $(i + 1)$. lépéseit jelentik.

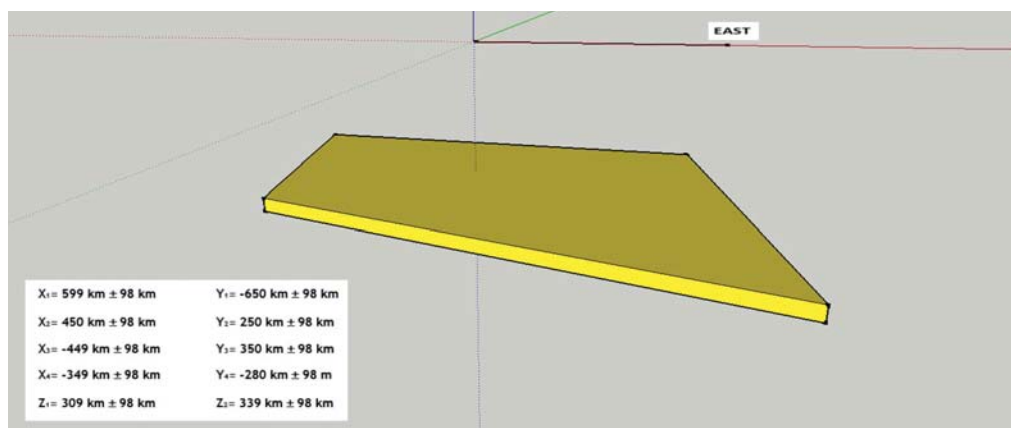
A Plouff-féle direkt feladat megoldása és a (15) egyenlet Descartes-féle koordináta-rendszerben lettek megadva, így a gömbi polárkoordináta-rendszerben leírt kurszki totális mágneses anomáliát transzformálni kell a Descartes-féle koordináta-rendszerbe. A számításokat is itt el kellett végezni, ahogy a minimumfeladat megoldását is Descartes-féle koordináta-rendszerben kapjuk meg. A Descartes-féle koordináta-rendszer kezdőpontja a 324 km magasságban a 48,75° szélességű és a 36,25° hosszúságú pontban helyezkedik el. A (15) egyenletben szereplő a priori értékeket a kurszki transzformált anomália inflexiók pontjaiból határoztuk meg. Az a priori szórások esetében diagonális mátrixot használtunk, a szórásnégyzete 10 nT² volt. Az adatmátrix szintén diagonális volt, a szórásnégyzetek értéke 2 nT² volt.

A minimumfeladat megoldása (azaz az $E(\mathbf{m})$ függvény minimumának meghatározása az \mathbf{m} paramétervektor függvényében) szimplex (Walsh 1975) és a simulated annealing (Kirkpatrick et al. 1983) módszerekkel történt. Az inverzióval meghatározott paraméterek értékeit a vizuális megjelenítés (10–13. ábra) mellett táblázatos formában is megadtuk (1. táblázat). A meghatározott hatóalakok nagyjából meggyeznek Taylor és Frawley (1987) közölt eredményével. A paraméterek hibáit a maximális hibával becsültük, így a hibák a lehető legnagyobb értékűek. Ezek a hibák szintén szerepelnek az említett ábrákon.



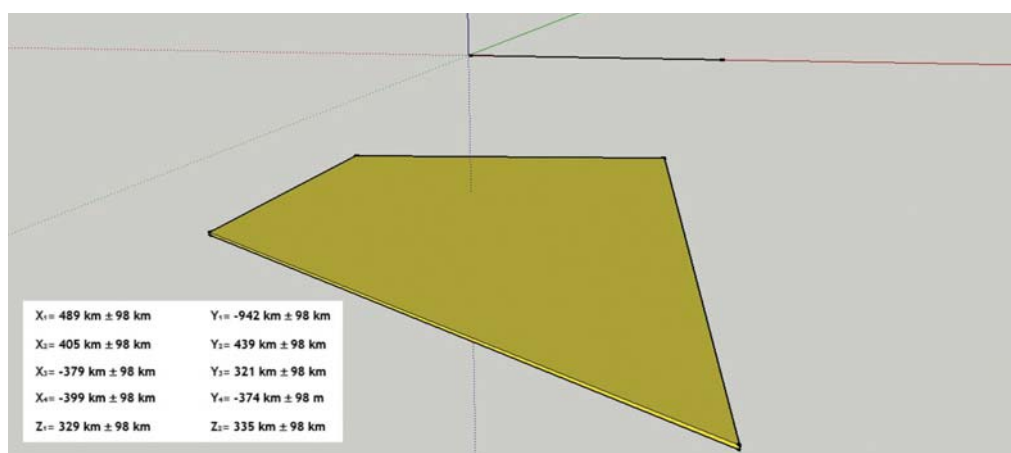
10. ábra Az optimalizálással meghatározott modell elhelyezkedése Descartes-féle koordináta-rendszerben, amikor a paraméterek Gauss-féle eloszlásúak, a szélsőérték-keresés szimplex módszerrel történt. Az ábra táblázatos formában megadja a meghatározott paraméterek értékét és a paraméterek maximális hibáit

Figure 10 Computed model in Cartesian coordinate system, data have Gaussian distribution with the minimum problem being solved using the simplex method. The table in the figure shows the determined parameter values and their maximum error



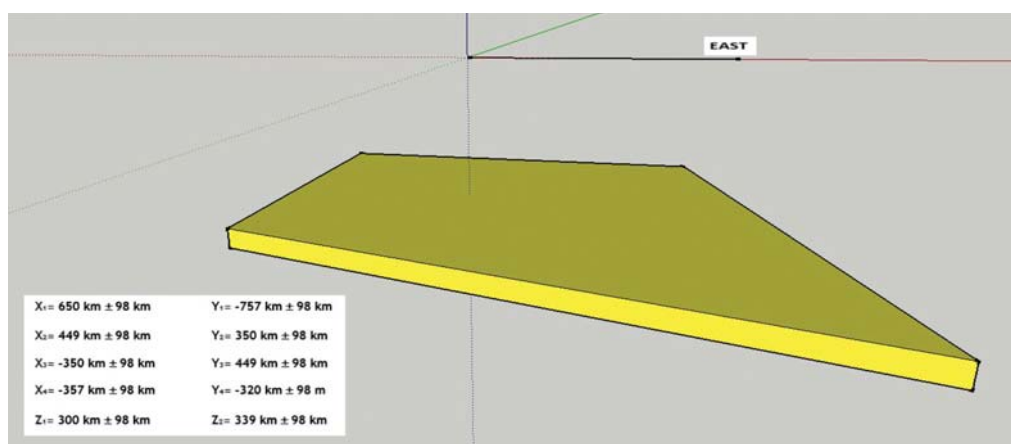
11. ábra Az optimalizálással meghatározott modell elhelyezkedése Descartes-féle koordináta-rendszerben, amikor a paraméterek Gauss-féle eloszlásúak, a szélsőérték-keresés simulated annealing módszerrel történt. Az ábra táblázatos formában megadja a meghatározott paraméterek értékét és a paraméterek maximális hibáit

Figure 11 Computed model in Cartesian coordinates, the data have Gaussian distribution with the minimum problem being solved using the simulated annealing method. The table in the figure shows the calculated parameter values and their maximum error



12. ábra Az optimalizálással meghatározott modell elhelyezkedése Descartes-féle koordináta-rendszerben, amikor a paraméterek Laplace-féle eloszlásúak, a szélsőérték-keresés szimplex módszerrel történt. Az ábra táblázatos formában megadja a meghatározott paraméterek értékét és a paraméterek maximális hibáit

Figure 12 Computed model in Cartesian coordinates, the data have a Laplace distribution with the minimum problem being solved by the simplex method. The results are given in tabular form with the determined parameter values and their maximum error



13. ábra Az optimalizálással meghatározott modell elhelyezkedése Descartes-féle koordináta-rendszerben, amikor a paraméterek Laplace-féle eloszlásúak, a szélsőérték-keresés simulated annealing módszerrel történt. Az ábra táblázatos formában megadja a meghatározott paraméterek értékét és a paraméterek maximális hibáit

Figure 13 Computed model in Cartesian coordinates, the data have Laplace distribution with the minimum problem being solved by simulated annealing method. The table in the figure shows the calculated parameter values and their maximum error

1. táblázat Az inverzióval meghatározott paraméterek értékei Gauss-eloszlás és Laplace-eloszlás esetében Descartes-féle koordináta-rendszerben. Az optimalizálás simplex és simulated annealing módszerrel történt
Table 1 Computed models in Cartesian coordinates, the data have Gaussian and Laplace distributions. The optimum problems are solved by simplex and simulated annealing methods

	Paraméterek	Gauss-eloszlású paraméterek (km)	Laplace-eloszlású paraméterek (km)
Simplex módszer	x_1	500 ± 98	489 ± 98
	x_2	438 ± 98	405 ± 98
	x_3	-449 ± 98	-379 ± 98
	x_4	-350 ± 98	-399 ± 98
	y_1	-780 ± 98	-942 ± 98
	y_2	399 ± 98	439 ± 98
	y_3	201 ± 98	321 ± 98
	y_4	-350 ± 98	-374 ± 98
	z_1	323 ± 98	329 ± 98
	z_2	331 ± 98	335 ± 98
Simulated annealing módszer	x_1	599 ± 98	650 ± 98
	x_2	450 ± 98	449 ± 98
	x_3	-449 ± 98	-350 ± 98
	x_4	-349 ± 98	-357 ± 98
	y_1	-650 ± 98	-757 ± 98
	y_2	250 ± 98	350 ± 98
	y_3	350 ± 98	449 ± 98
	y_4	-280 ± 98	-320 ± 98
	z_1	309 ± 98	300 ± 98
	z_2	339 ± 98	339 ± 98

Konklúziók

A különböző módszerekkel meghatározott gradiensek felbontóképességük következtében az anomáliát létrehozó földtani szerkezetek összetettségére utalnak. Ez a felismerés az oka annak, hogy a gradiensek meghatározására különböző eljárásokat vezettek be. A dolgozatban háromféle eljárást tárgyaltunk, amelyek mindegyike eleget tett a gradiensekre előírt követelményeknek. Mindig az adott körülményeknek megfelelő eljárást kell használni! A globális anomáliatérképek esetében a különbségképzéssel meghatározott keleti irányú gradiensek jó eredményt szolgáltatnak, világosan indikálják a későbbi vizsgálat tárgyát képező kurszki anomália felbontását (3–5. ábra). A lokális anomáliák esetében a másodiknak bemutatott eljárás mutat az értelmező számára jó eredményt (6–9. ábra).

Az inverzióval meghatározott hatók jó egyezést mutatnak az anomáliát létrehozó földtani szerkezet belefoglaló méretével. A szimplex és a simulated annealing eljárások különbözősége következtében a simulated annealing eljárás nagyobb számú iterációs lépést kíván. A Gauss-féle és a Laplace-féle eloszlások közül jelen esetben a Laplace-féle eloszlás mutat nagyobb stabilitást.

A tanulmány szerzői

Kis Károly, Patrick T. Taylor, Wittmann Géza

Hivatkozások

- Alexandrov E. A., 1973: The precambrian banded iron formations of the Soviet Union. *Economic Geology* 68, 1035–1062
- Bekker A., Slack J. F., Planavsky N., Krapez B., Hofmann A., Konhauser K. O., Rouxel O. J., 2010: Iron formation: The sedimentary product of a complex interplay among mantle, tectonic, oceanic, and biospheric processes. *Economic Geology* 105, 467–508
- Bhattacharayya B. K., 1980: A generalized multibody model for inversion of magnetic anomalies. *Geophysics* 45, 255–270
- Blakely R., 1995: *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge University Press
- Box G. E. P., Tiao G. C., 1973: *Bayesian Inference in Statistical Analysis*. Addison-Wesley
- De Freitas J. M., 2005: *Digital Filter Design Solutions*. Artech House, Inc.
- Duijndam A. J. W., 1988a: Bayesian estimation in seismic inversion Part I: Principles. *Geophysical Prospecting* 36, 878–898
- Duijndam A. J. W., 1988b: Bayesian estimation in seismic inversion Part II: Uncertainty Analysis. *Geophysical Prospecting* 36, 899–918

- Gregory P. C., 2005: Bayesian Logical Data Analysis for the Physical Sciences. Cambridge University Press
- Guspi F., Novara I., 2012: Generalized Hilbert transforms of the effect of single magnetic sources. *Geophysics* 77, J7–J14
- Haalck H., 1929: Zur Frage der Erklärung der Kursker magnetischen und gravimetrischen Anomalie. *Gerlands Beiträge zur Geophysik* 22/3–4, 241–255 und 385–399
- Hardy G. H., 1932: On Hilbert transforms. *Quart. J. Math. (Oxford)* 3, 102–112
- Heiland C. A., 1946: *Geophysical Exploration*. Prentice Hall Company
- Kirkpatrick S., Gelatt Jr. C. D., Vecchi N. P., 1983: Optimization by simulated annealing. *Science* 220, 671–680
- Kis K., 2009: *Magnetic Methods of Applied Geophysics*. Eötvös University Press.
- Kis K. I., Pusztai S., 2006: Application of field derivatives for locating Sarmatian graves. *Journal of Applied Geophysics* 60, 13–26
- Kis K. I., Taylor P. T., Wittmann G., Toronyi B., Pusztai S., 2011: Inversion of magnetic measurements of the CHAMP satellite over the Pannonian Basin. *Journal of Applied Geophysics* 75, 412–418
- Kis, K. I., Taylor, P. T., Wittmann G., Toronyi, B., Pusztai, S., 2012: Interpretation of the total magnetic field anomalies measured by the CHAMP satellite over a part of Europe and the Pannonian Basin. *Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica* 47, 130–140
- Kovács Zs., Pálffy J., 2014: A rozsdamentes Föld talányos bányakincse. *Természet Világa* 145, 156–160
- Lapina M. I., 1960: On certain results obtained from the study of vertical gradients of a magnetic field in the area of the Kursk magnetic anomaly. *Bulletin Academy of Sciences, USSR, Geophysics Series*, 390–395
- Lasareff P., 1923: The anomalies of terrestrial magnetism and gravity in the Kursk Government Russia. *Terrestrial Magnetism* 123–124
- Menke W., 1989: *Geophysical Data Analysis: Discrete Inverse Theory*. Academic Press Inc. San Diego, New York, Boston, Sydney, Tokyo, Toronto
- Nabighian M. N. 1972: The analytical signal of two-dimensional magnetic bodies with polygonal cross-section: its properties and use for automated anomaly interpretation. *Geophysics* 37, 507–517
- Nabighian M. N., 1984: Toward a three-dimensional automatic interpretation of potential field data via generalized Hilbert transform: fundamental relations. *Geophysics* 49, 780–786
- Nabighian M. N., Hansen R. O., 2001: Unification of Euler and Werner deconvolution in three dimensions via generalized Hilbert transform. *Geophysics* 66, 1805–1810
- Öberg T., 2001: *Modulation Detection and Coding*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Plouff D., 1976: Gravity and magnetic fields of polygonal prisms and application to magnetic terrain correction. *Geophysics* 41, 727–741
- Pusztai S., Kis K., 2013: A Hilbert-transzformáció alkalmazása a kiskunhalasi kommunális hulladékterületről különböző méretű és vastartalmú tárgyaknak kiterjedés szerinti szeparálásában. *Magyar Geofizika* 54, 154–160
- Rotanova N. M., Kharitonov A. L., Frunze A. Kh., Filippov S. V., Abramova D., 2005: Anomalous magnetic fields measured on the CHAMP satellite for the territory of the Kursk Magnetic anomaly. *Geomagnetism and Aeronomy* 45, 671–678
- Shchipansky A. A., Bogdanova S. V., 1996: The Sarmatian crustal segment: Precambrian correlation between Voronezh Massif and the Ukraine Shield across the Dnieper-Donetsk aulacogen. *Tectonophysics* 286, 109–125
- Slater L. J., 1970: Confluent hypergeometric functions. In: Abramowitz M., Stegun I. A. (szerk.), *Handbook of Mathematical Functions with Formulas, Graphs, and Mathematical Tables*, U. S. Department of Commerce National Bureau of Standards. *Applied Mathematics Series* 55, 503–535.
- Tarantola A., 1987: *Inverse Problem Theory, Methods for Data Fitting and Model Parameter Estimation*. Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo
- Taylor P. T., Frawley J. J., 1987: Magsat anomaly data over the Kursk region, U.S.S.R. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 45, 275–265
- Taylor P. T., Kis K. I., Wittmann G., 2014: Satellite-altitude horizontal magnetic gradient anomalies used to define the Kursk Magnetic Anomaly. *Journal of Applied Geophysics* 109, 133–139
- Tikhonov A. N., Arsenin V. Y., 1977: *Solutions of Ill-Posed Problems*. John Wiley & Sons, New York, Toronto, London, Sydney
- Voskresenskaya M. N., 1965: Relations between Archean and Proterozoic rocks in Kursk magnetic anomaly. *International Geology Review* 11, 454–460
- Walsh G. R., 1975: *Methods of Optimization*. John Wiley and Sons, London, New York, Sydney, Toronto

Magyarország Bouguer-anomáliatérképének frekvenciatartománybeli vizsgálata és értelmezése

KISS J.

Magyar Földtani és Geofizikai Intézet (MFGI), 1143 Budapest, Stefánia út 14.
E-mail: kiss.janos@mfgi.hu

Ez a harmadik cikkünk a kétdimenziós spektrálanalízis témakörében. Most a magyarországi gravitációs Bouguer-anomáliatérképét vizsgáljuk. A *Magyar Geofizika*-ban közölt egyik előző cikkben a Kárpát-Pannon térség területét, azaz az országhatárokon átnyúló Bouguer-anomáliatérképet elemeztük, s ott figyeltünk fel azokra a Pannon-medencében jelentkező széles minimumzónákra, amelyeket mély nyírási zónákként értelmeztünk. Ezek a zónák a Pannon-medence egységesnek tűnő gravitációs (izosztikus eredetű) maximumát darabolják fel.

Az országhatáron belül jóval sűrűbb gravitációs adatrendszer áll rendelkezésünkre, így részben a korábbi feldolgozások ellenőrzéseként, részben új földtani információk szerzésének reményében spektrálanalízist végeztünk a magyarországi 385 000 mérési pontot meghaladó, sűrűbb gravitációs adatrendszeren is.

A Bouguer-anomáliatérkép vizsgálata különböző mélységekhez tartozó anomáliatérképek egyedi elemzésével szerkezetkutatási szempontból lehet érdekes, illetve megmutathatja az eltérő mélységek sűrűségeloszlása alapján a különböző kéreg- vagy medencetípus-területeket.

Kiss, J.: Investigation of spectral domain, and interpretation of Bouguer anomaly map of Hungary

This is our third paper in the theme of spectral analysis. Our subject of investigation in this case is the Hungarian Bouguer anomaly map.

In a previous paper published in *Hungarian Geophysics*, we studied the signatures of Bouguer anomaly map of Carpathian-Pannonian Region, and we determined wide minimum zones across Pannonian Basin interpreted by us as deep shear zones. These minimum zones spaded the spacious gravity maximum of the Pannonian Basin overwriting the effect of isostasy.

The Hungarian gravity dataset including more than 385.000 stations has a better spatial resolution of gravity field than the previous dataset of Carpathian-Pannonian Region. We studied this dataset by spectral analysis, too: 1) to check the previous result, and 2) to get new geological information.

The depth slicing of Bouguer anomaly map and the interpretation of different filtered maps can be useful from point of view of structural geology. Different utility areas (crustal and basement blocks) can be interpreted using the supposed density distribution of the depth-sliced Bouguer anomaly maps.

Beérkezett: 2014. november 12.; *elfogadva:* 2015. március 10.

Bevezetés

A Kárpát-Pannon térség Bouguer-anomáliatérképe magán hordozza a térség földtani fejlődéstörténetét. Időben minél távolabbi folyamatokat akarunk követni a Bouguer-anomáliatérkép alapján, annál szűkösebbek a lehetőségeink. A fiatal földtani, geodinamikai változások (az újkori mozgások) felülírják a régmúlt események nyomait a gravitációs Bouguer-anomáliatérképen is. A régi szerkezetváltozások

nyomai idővel nagyrészt eltűnnek. Vannak azonban olyan lassú geodinamikai folyamatok is, amelyek hatása csak jelentős fáziskéséssel, „lassan” jelentkezik, és csak jóval az azokat kiváltó gyors szerkezeti változások után válnak kimutathatóvá. Ilyen például az izosztikus kiegyenlítődés folyamata, amelynek nyomai – ha kialakulnak – meghatározzák a Bouguer-anomáliatérkép fő jellegzetességeit, a nagy hullámhosszúságú változásokat: a regionális anomáliákat.

Feldolgozásaink során a gravitációs (nehézségi erőter-) mérési adatokból indulunk ki, figyelmen kívül hagyva a különböző földtani koncepciókat. Spektrálanalízissel elkülönítjük a különböző gravitációs hatásokat, majd megpróbáljuk értelmezni a kapott eredményeket, itt már kapcsolódva a földtani ismeretekhez.

A Kárpát-Pannon térségben korábban kimutatott mélyszerkezetek hatása nyilvánvalóan az országos gravitációs adatrendszer alapján is azonosítható, de az ország mérete miatt ezeknek az anomáliáknak a felismerése nehezebb.

A magyarországi Bouguer-anomáliatérkép spektrális vizsgálata

Az országos Bouguer-anomáliatérképen is felismerhető a tölcészerű jellegzetesség, amelyet korábban a Kárpát-Pannon térség anomáliatérképén kimutattunk annak ellenére, hogy a spektrálanalízis alapján első közelítésben nem lehet a Moho mélységű változások jeleit azonosítani. Ennek oka az, hogy a Moho mélységbeli gravitációs hatások nagy hullámhosszúságú anomáliákat okoznak, amelyekből Magyarország mérete miatt, jelstatisztika szempontjából, csak kevés azonosítható. A Moho-felület mélységváltozásai nem jelentősek a Pannon-medencén belül (főképpen a környezetéhez viszonyítva), ami a kimutathatóság szempontjából szintén kedvezőtlen, ráadásul van egy-két (az izosztázia alapján feltételezhető) rendellenesség, amit korábbi cikkekben (pl. Kiss 2009, 2010, 2012) már jeleztünk.

Spektrálanalízis

A spektrálanalízis csak azokat a Bouguer-anomáliaváltozásokat érzékel, amelyek különböző térfrekvenciájú anomáliák formájában megjelennek. Ha ui. nincs laterális sűrűségváltozás, vagy az adott sűrűségkontrasztal rendelkező határfelületnek függőleges irányú a helyzetváltozása, akkor az a szint bármennyire is jellemző a területre, spektrális szempontból láthatatlan (nulla jelfrekvenciájú).

A harmonikus jelanalízis során a hatók statisztikus vizsgálatához az adott mélységből származó sok jel szükséges, ezért a vizsgált terület kiterjedése a kutató mélységnek legalább tízszerese kell, hogy legyen (Tanaka, Ishikawa 2005). Egyes szerzők (Maus et al. 1997) szerint még ennél is nagyobb, ötvenszeres területméret szükséges az adott mélység biztos azonosításához. Ha figyelembe vesszük ezeket a tapasztalatokat, akkor 25 km-es mélység vizsgálatához Tanaka és Ishikawa szerint egy 250×250 km-es terület elegendő, ugyanakkor Maus és társai szerint legalább 1250×1250 km-re van szükség. Az egyik méret alapján lehetséges a Moho mélységű hatások tanulmányozása, a másik szerint azonban az ország területe nem elég nagy az ilyen mélységű hatások megbízható kimutatására.

Van tehát egy a kutatási terület méretéből származó korlát és a mélység kismértékű változásából fakadó bizonytalanság.

A magyarországi 385 000-et meghaladó mérési adatrendszer olyan fedettséget biztosít, amely az adatok 500–1000 m-es szabályos rácsba történő interpolálását teszi lehetővé. A vizsgálatok során az így kapott 500 m rácstávolságú adatrendszert használtuk. Ebben az esetben a Nyquist-frekvencia értéke $f_N = 1 \text{ km}^{-1}$, a Nyquist-hullámszám pedig ebből adódóan a 2π értékének felel meg ($k_N = 6,28$). Az ezen túl jelentkező spektrum már a zajt mutatja. Az országos adatrendszerből kapott spektrum a mintavételi törvény alapján tehát a $k_N = 6,28$ értékig használható mélységmeghatározásra.

Fourier-transzformált

A mágneses anomália-tér Fourier-transzformáltja egy végtelen kiterjedésű egyszerű prizma esetén (Bhattacharyya 1966a, 1966b, Kivior 1996 munkái alapján) a következő:

$$\bar{F}(u, v) = 2\pi I_p D(u, v) B(u, v) H(u, v), \quad (1)$$

ahol

- I_p a mágneszettségi vektor nagysága,
- $D(u, v)$ mágneszettségi irányfaktor,
- $B(u, v)$ geometriai faktor,
- $H(u, v)$ mélységfaktor:

$$H(u, v) = K_m e^{-ts} (1 - e^{-s(b-t)}), \quad (2)$$

- $s = \sqrt{u^2 + v^2}$ kétdimenziós térfrekvencia,
- t a ható felső peremének mélysége,
- b a ható alsó peremének mélysége,
- K_m modellkoefficiens (konstans?).

A gravitációs anomália-tér Fourier-transzformáltja egy végtelen kiterjedésű egyszerű prizma esetén (Eby 1972, Tadjou et al. 2009 alapján) a következő formában adható meg:

$$\bar{F}(u, v) = 2\pi\sigma\gamma D(u, v) B(u, v) H(u, v), \quad (3)$$

ahol

- σ a sűrűségkontraszt,
- γ a gravitációs állandó,
- $D(u, v)$ irányfaktor,
- $B(u, v)$ geometriafaktor,
- $H(u, v)$ mélységfaktor (ld. a (2) képletet).

Felhasználva a (2) és (3) képletet, valamint Blakely (1996) és Phillips (2001) tanulmányait, a potenciáltrekek Fourier-transzformáltja általános alakban a következőképpen adható meg:

$$\bar{F}(u, v) = K_{fp} D(u, v) B(u, v) H(u, v), \quad (4)$$

ahol

- K_{fp} a ható fizikai tulajdonságának faktora (mágneszettség mértéke: $2\pi I_p$, sűrűségkontraszt: $2\pi\sigma\gamma$),
- $D(u, v)$ az erőter-irányfaktor (mágneszettség iránya, tömegvonzás iránya),
- $B(u, v)$ a ható geometriafaktora (a test geometria méreteinek hatása),

$H(u, v)$ a ható mélységfaktora (a test mélységi helyzetének hatása).

Energiaspektrum

Az energiaspektrum értéke (Meskó 1993, Blakely 1996) a mágneses tér esetében következőképpen írható le:

$$E(u, v) = |\overline{F}(u, v)|^2 \tag{5}$$

A (4) képletet polárkoordináta-rendszerben kifejezve és behelyettesítve az (5) képletbe, az energiaspektrumra a következő kifejezéshez jutunk:

$$E(s, \theta) = e^{-2ts} (1 - e^{-s(b-t)})^2 K_{fp}^2 B(r, \theta)^2 D(\theta)^2, \tag{6}$$

ahol

- $\theta = \arctan(u/v)$,
- e^{-2ts} a mélységi függés,
- $1 - e^{-s(b-t)}$ vastagsági függés,
- K_{fp} fizikai tulajdonságfaktor,
- $B(r, \theta)$ horizontális méretfaktor,
- $D(\theta)$ irányfaktor.

Eddig a lépésig a potenciálok energiaspektrumának meghatározása identikusnak tűnik a gravitáció és a mágnesesség esetén. Itt azonban meg kell állnunk, mert felmerül egy olyan kérdés, amelyet el szoktak hanyagolni, illetve amelyre nem szoktak foglalkozni a publikációkban.

Modellkoefficiens problémája

Az Eötvös–Poisson-összefüggés (Langel, Hinze 1998) leírja a gravitációs (Φ_G), és mágneses potenciálok (Φ_M) közötti összefüggést, ld. (7) és (8), amiből világosan látszik, hogy a két potenciál között deriváltnyi különbség van. Ugyanez az eltérés az erőterek esetében is fennáll, ld. (9) és (10), ebből adódóan csak a mágneses potenciál (Φ_M) és a nehézségi térerő (Δg) között van lineáris kapcsolat, ld. a (11) összefüggést, amelyet a mágnesezettségi és sűrűségkontrasztok határoznak meg.

$$\Phi_M = \frac{M}{\gamma\sigma} \frac{\partial \Phi_G}{\partial z_m}, \tag{7}$$

$$\Phi_G = \int \frac{\gamma\sigma}{M} \Phi_M dz, \tag{8}$$

$$\Delta T = \frac{M}{\gamma\sigma} \frac{\partial \Delta g}{\partial z_m}, \tag{9}$$

$$\Delta g = \int \frac{\gamma\sigma}{M} \Delta T dz, \tag{10}$$

$$\Phi_M = \frac{M}{\gamma\sigma} \Delta g, \tag{11}$$

ahol

- Φ_M mágneses potenciál,

- Φ_G gravitációs potenciál,
- M mágnesezettségi kontraszt,
- γ gravitációs állandó,
- σ sűrűségkontraszt,
- z_m mágnesezettségi irány (pólusra redukálás miatt $z_m = z$),
- Δg gravitációs tér.

A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy egy azonos geometriájú és mélységű gravitációs, illetve mágneses ható felett az anomáliatér eltérő (tér)frekvenciával fog megjelenni.

Egy ható mágneses anomália-tere és a fenti összefüggésekkel kiszámolt gravitációs tere között egy deriváltnyi eltérés lesz – ha úgy tetszik – a mágneses tér a gravitációs tér első vertikális deriváltjának felel meg, a gravitációs teret pedig a mágneses tér vertikális integrálásával kaphatjuk meg a fizikai paraméterkontrasztok figyelembevételével. (Egy másik oldalról közelítve meg a dolgot: tudjuk, hogy a gravitációs és a mágneses térerő nagysága a távolsággal fordított arányos, a gravitációs térerő esetében négyzetesen, míg a mágneses térerő esetében köbösen, ami szintén jelzi a deriváltnyi különbséget a két erőter között.)

Ha a spektrálanalízist csak szűrésre (regionális és lokális hatók elkülönítése) használjuk, akkor ez a probléma nem jön elő, viszont ha a mélységmeghatározás során indokolatlanul ugyanazt az eljárást használjuk, az hibás eredményhez vezet.

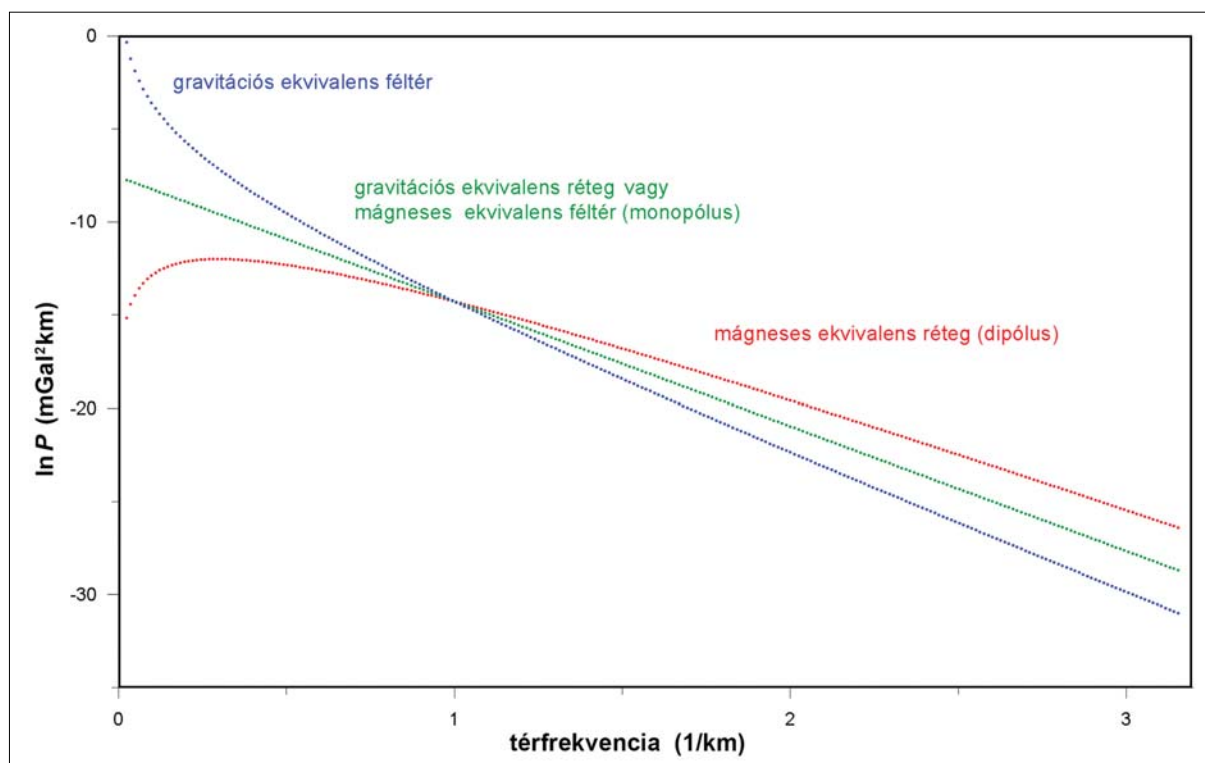
A spektrum (2) képlet szerinti mélységfaktoraiban van egy modellkoefficiens tag (K_m), amelyről eddig nem beszélünk, pedig fontos paraméter a mélységmeghatározások során. Korábban ezt az értéket állandónak vették, s ezért egyszerűsítésre került. A koefficiens értéke azonban a ható és a modell típusától függően eltérő lehet: mágneses vagy gravitációs ható, illetve réteg- vagy féltérmodell esetén. Az ekvivalens hatók mélységének meghatározásakor a modellkoefficiens értéke a térfrekvenciával (s) van kapcsolatban a következőképpen:

- mágneses réteg (dipólus) esetén ($K_m = s$),
- mágneses féltér (monopólus) esetén ($K_m = 1$);
- gravitációs réteg esetén ($K_m = 1$);
- gravitációs féltér esetén ($K_m = 1/s$).

Ezeket a koefficienseket kell behelyettesíteni a modellnek megfelelően a (2) képletbe a pontos mélységmeghatározás érdekében. Így megjelenik a mágneses és gravitációs térerő között meglévő deriváltnyi különbség, amely a spektrum térfrekvencia-tengelye mentén a görbemenetet is meghatározza.

Korábban ezt nem vették figyelembe, azaz feltételezték a $K_m = 1$ esetet (azaz a modell egy mágneses féltér- vagy egy gravitációs réteg volt), és minden más geometria esetén pontatlan mélységmeghatározás lett az eredmény.

Spector és Grant (1970) modellje szerint az anomáliatér nagyszámú oszlopos hasáb (függőleges, egymás mellett elhelyezkedő, a mélység felé végtelen kiterjedésű prizma) összegzéseként (szuperpozíciójaként) fogható fel, egyfajta féltérként, amelynek függőlegesen, a hasábok mentén változik a szuszceptibilitása vagy a sűrűsége. Az anomáliák tel-



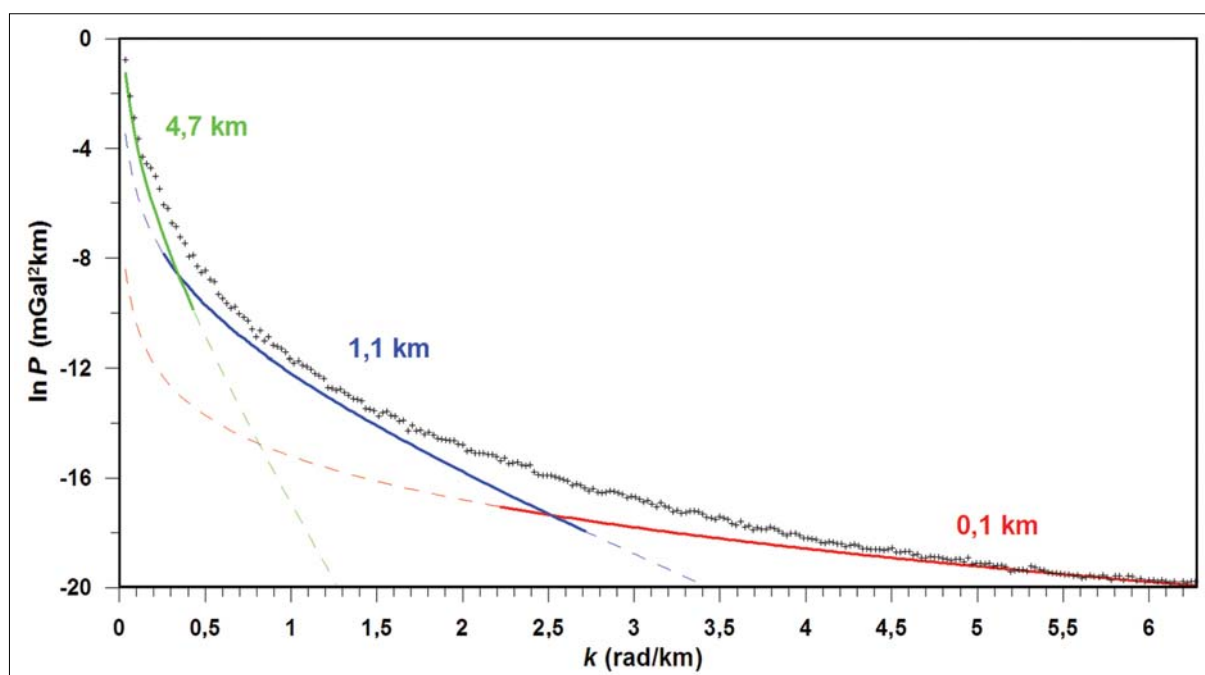
1. ábra | Egyedi ekvivalens modellek típusfüggése a spektrumok alapján
Figure 1 | Spectrum curves of different type equivalent models

jesítményspektrumán^{a)} megjelenő, egyenessel közelíthető szegmensek, az adott mélységtartományban jelentkező hatók domináns mélységét jellemzik.

A spektrumgörbén a hatók geometriájától (ekvivalens réteg vagy ekvivalens féltér) és az adat típusától (gravitációs vagy mágneses) függően Cordell (1985) és Phillips (2001)

szerint nem feltétlenül csak az egyenes szakaszok jöhetnek szóba (1. ábra).

A spektrumok alapján a görbe menetét vizsgálva elvileg (egyszerű modellt feltételezve) megállapítható a modell típusa. Nagy térfrekvencia értékek esetén mindhárom spektrum lineáris képet mutat (1. ábra), ezt ismerte fel és alkal-



2. ábra | Magyarország Bouguer-anomáliatérképének teljesítménysűrűség-spektruma (pontok) és a három különböző mélységű féltérnek a válaszspektruma
Figure 2 | Spectra of three different half-spaces and power density spectrum (dots) of the Hungarian Bouguer anomaly map

mazta a kezdet kezdetén Spector és Grant (1970). A spektrum kis térfrekvenciás részénél (nagy mélységeknél) a spektrumok azonban eltérően viselkednek.

A spektrum általában monotonon változó görbe, amelyen sokféleképpen ki lehet jelölni kisebb-nagyobb egyenes szakaszokat, így célszerű volt más megközelítést alkalmazni. Ebben az esetben a hatókat fiktív helyettesítő modellekkel, ekvivalens rétegekkel vagy féltérrel közelítették (Dampney 1969, Cordell 1985, Phillips 2001). A további feldolgozásainkban mi is az ekvivalens réteg és az ekvivalens féltér közelítést fogjuk megvizsgálni és alkalmazni.

Ebben az esetben az első lépés a kezdőmodell paramétereinek a kiválasztása, ami a spektrum direkt modellezésével, interaktívan történik, s csak ezután, a durva közelítés után alkalmazzuk az inverziót a válaszspektrum pontosítására. A kezdőparaméterek meghatározása természetesen hatással van az inverzió eredményére is. Először az ekvivalens féltér modell alkalmazásával számítottuk ki a válaszspektrumokat (2. ábra).

A 2. ábra alapján látszik, hogy egyetlen féltér hatásával a spektrum nem írható le, mert az illeszkedés csak szakaszosan valósul meg. A 0,1 km-es mélység válaszspektruma a nagy hullámszámok $k > 5$ esetében ad csak illeszkedést, az 1,1 km-es mélység válaszspektruma valahol a 0,5 és 2,0 hullámszámértékek között ad a spektrumhoz hasonló menetet, tehát a spektrum közepén, és nem túl pontosan. A 4,7 km-es mélység válaszspektruma a 0,0–0,2 hullámszám-tartományban ad tökéletes illeszkedést. A féltérek válaszspektrumai vagy túl laposak, vagy túl meredek, vagy csak a spektrumnak egy szűk szakaszára adnak jó megoldást.

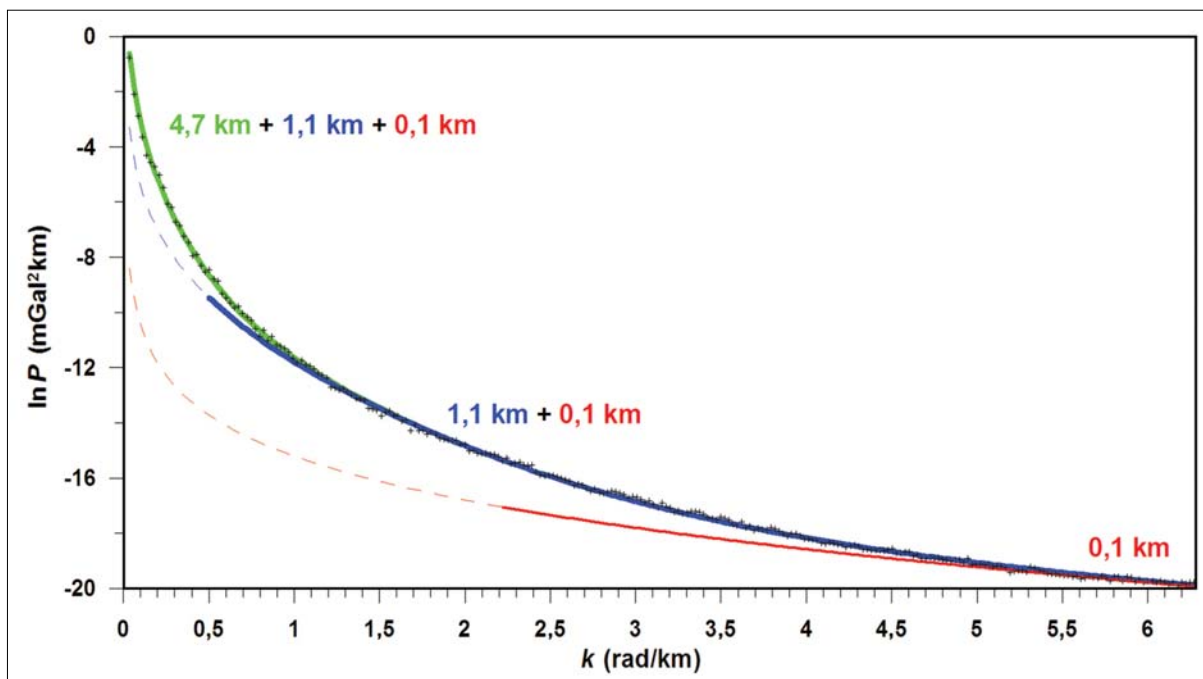
Amennyiben több féltér akarunk felhasználni az illesztéshez, az megkérdőjelezi az ekvivalens féltér modell létjogosultságát, mivel ebben az esetben már sokkal inkább rétegekről van szó, mint félterekről.

A 3. ábra azt mutatja, hogy két vagy három féltér összegzett hatásával le lehet írni a teljes spektrumot. Ha ezt elfogadjuk, akkor a féltér modell alapján, a spektrum lefutását döntően az üledékes medence mélysége határozza meg, mivel a féltér modell esetében meghatározható három spektrális mélység a magyarországi medencék mélységtartományában van (feltételezve, hogy a medencealjzat a legkontrasztosabb határfelület ebben a mélységtartományban).

Az ekvivalens féltér modell azt jelenti, hogy az anomális hatást ekvivalens féltérrel közelítjük, amelyet függőlegesen különböző sűrűségű cellákra osztottunk fel (ez a klasszikus „oszlopos hasáb” modellnek felel meg), és a féltér hullámszó felszínének domináns mélységét határozzuk meg. Szigorúan véve ez a megközelítés geometriailag csak az utolsó, legnagyobb mélységű ható esetén tűnik elfogadhatónak, a többi esetben nem egy féltér, hanem sokkal inkább rétegszerű modellel van dolgunk.

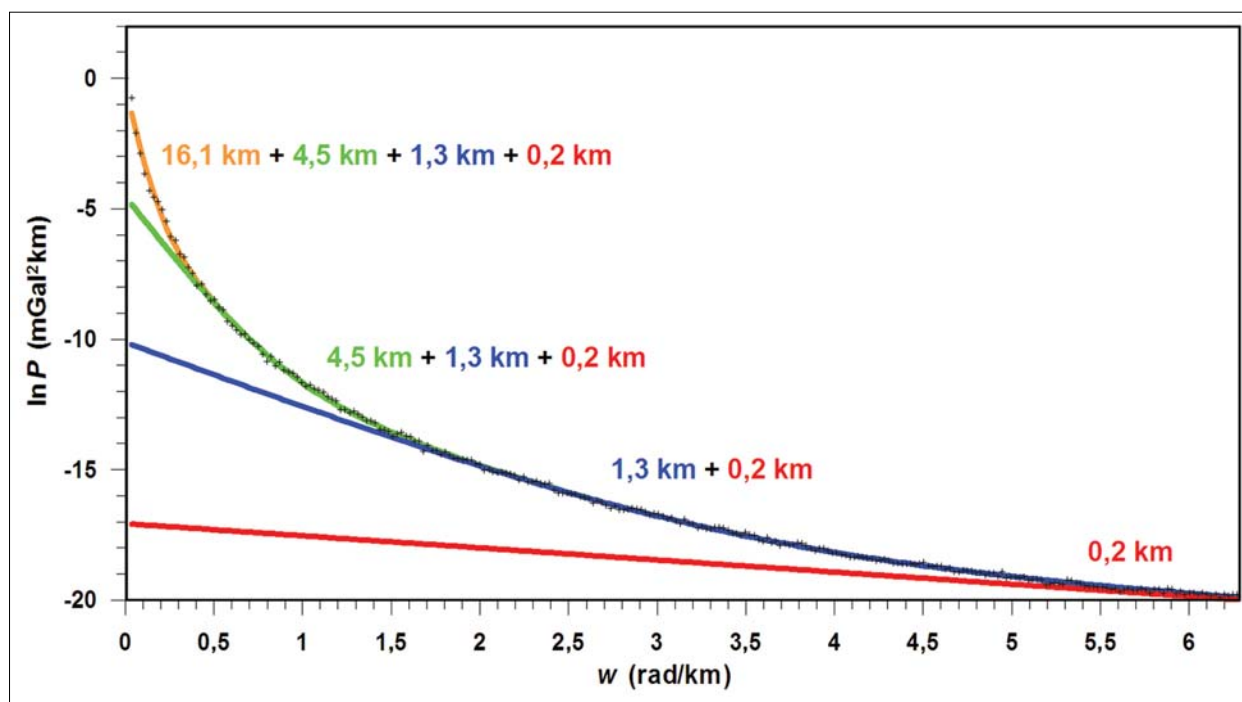
A többszörös féltér modell azért problémás, mert az illesztés után visszamaradó hibát a következő féltér modell segítségével írjuk le, tehát átfedő modelleket alkalmazunk, ami az illeszkedést ugyan megoldotta, de az eljárás fizikai-geometriai szempontból nem korrekt.

A gravitációs féltér modell spektrumgörbéje nem lineáris a teljes tartományban, hanem erős növekedést mutat a kis hullámszámok irányában, ami a több modell alkalmazása esetén hatványozódik (1. ábra). Ez hibás mélységmeghatározást eredményezhet: a valósnál sokkal kisebb mélysége-



3. ábra Magyarország Bouguer-anomáliatérképének teljesítménysűrűség-spektruma (pontok) és spektrális mélységei, több ekvivalens féltér alkalmazásával

Figure 3 Power density spectrum of the Hungarian Bouguer anomaly map and estimation of spectral depths (using equivalent half space models)



4. ábra Magyarország Bouguer-anomáliatérképének teljesítménysűrűség-spektruma (pontok) és spektrális mélységei ekvivalens réteg-modellek alkalmazásával

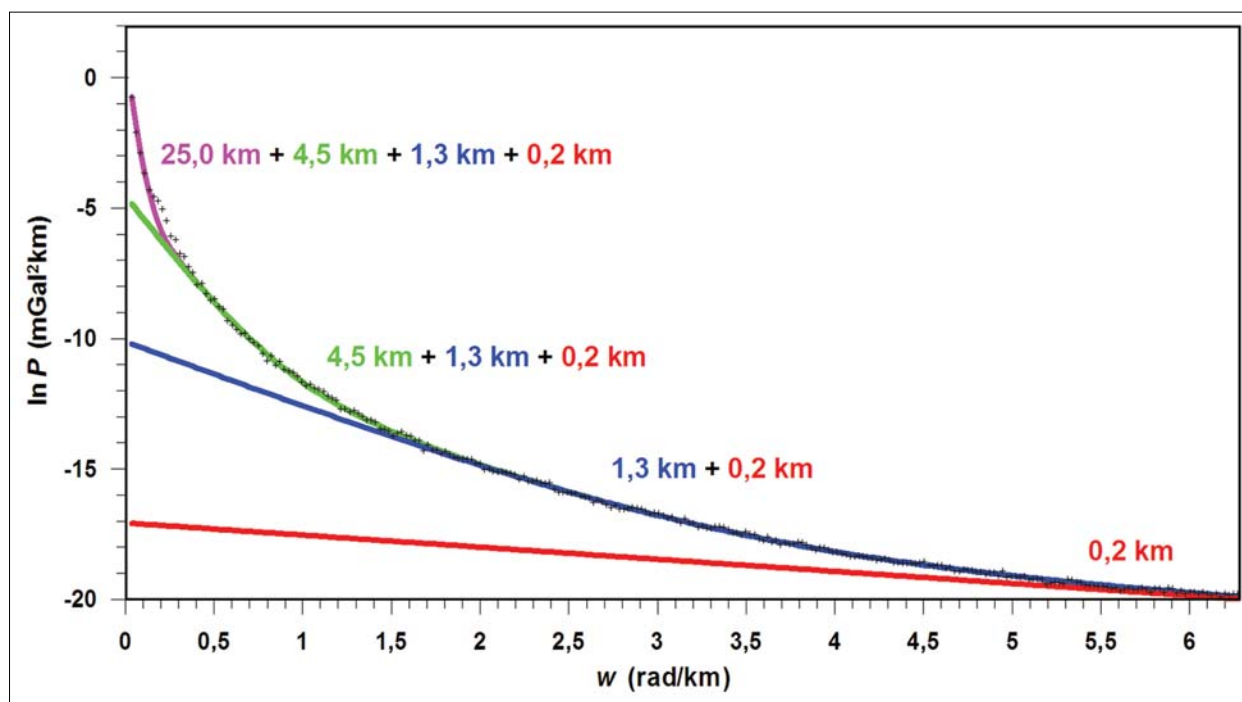
Figure 4 Power density spectrum of the Hungarian Bouguer anomaly map and estimation of spectral depths (using equivalent layer models)

ket állapítunk meg a kis hullámszámok tartományában a második, illetve harmadik féltér esetében.

Ha egyetlen féltér modellel akarunk közelíteni, akkor vagy a görbe elejét, vagy a végét kell figyelmen kívül hagyni, másképpen nem tudunk illeszteni. A spektrum teljes il-

lesztése csak a három féltér együttes hatásaként volt elérhető (3. ábra), de ez nem elfogadható, hiszen a felszíntől lefelé féltérből csak egy lehet.

A felvetődő geometriai probléma (féltér a féltérben) és a lehetséges ekvivalens megoldások miatt tovább vizsgáltuk a



5. ábra Magyarország Bouguer-anomáliatérképének teljesítménysűrűség-spektruma (pontok) és spektrális mélységei rétegmodellek interaktív módosítással

Figure 5 Power density spectrum of the Hungarian Bouguer anomaly map and estimation of spectral depths (using equivalent layer models modified interactively)

spektrumot. Módosítva a kezdőmodell, ekvivalens réteget alkalmazva féltér helyett, egy másik megoldáshoz juthatunk (4. ábra).

Ez a megoldás az egész spektrum mentén jó illeszkedést ad, és geometriailag korrekt. A kis hullámszámok tartományában azonban a mélység meghatározása nagyon érzékeny az illesztés pontosságára. Ennél a megoldásnál a spektrum elejét (a legutolsó rétegnek megfelelő néhány pontot) nem sikerült – tendenciájában – jól illeszteni, azaz ennek a rétegnek a mélysége valószínűleg nagyobb, mivel az első 5 ponton (kis hullámszámoknál) nem tökéletes az illesztés. Itt az illesztett görbe meredeksége kisebb, mint a pontokból kapott meredekség. Ez abból adódik, hogy a 0,2–0,3 hullámszám-értéknél jelentkező kisebb „hullámzás” az automatikus illesztés átlagolva küzdi le. Amennyiben az első 5 pontot pontosabban akarjuk illeszteni, akkor azt interaktívan tudjuk csak elérni, felvállalva, hogy a torzulásszerű „hullámzás” ezeknél a hullámszámértéknél figyelmen kívül hagyjuk. Ebben az esetben a 25 km-es mélység beépítése a modellbe nem okoz különösebb gondot (5. ábra), és az illesztés a kis hullámszámoknál (néhány közbülső pont kivételével) javul.

Nilvánvaló, hogy a spektrum a kis hullámszám-tartományban (nagy mélységeknél) lesz a legérzékenyebb a mélységmeghatározásra: rossz illesztés esetén itt jelentkezik a legnagyobb hiba.

Az ekvivalens réteg modell esetén adott hullámhossz-tartományban jelentkező változásokat közelítjük egy olyan „vékony” réteg hatásával, amely ennek a mélységtartománynak a szintjén helyezkedik el, a sűrűsége változó, és hatása leírja az anomáliatér változását. Ennél a modellenél a réteg mélységét kapjuk megoldásként. A rétegmodellek

spektruma lineáris, így több réteg alkalmazása nem jelent extrém görbeérték növekedést, azaz mélység hibát.

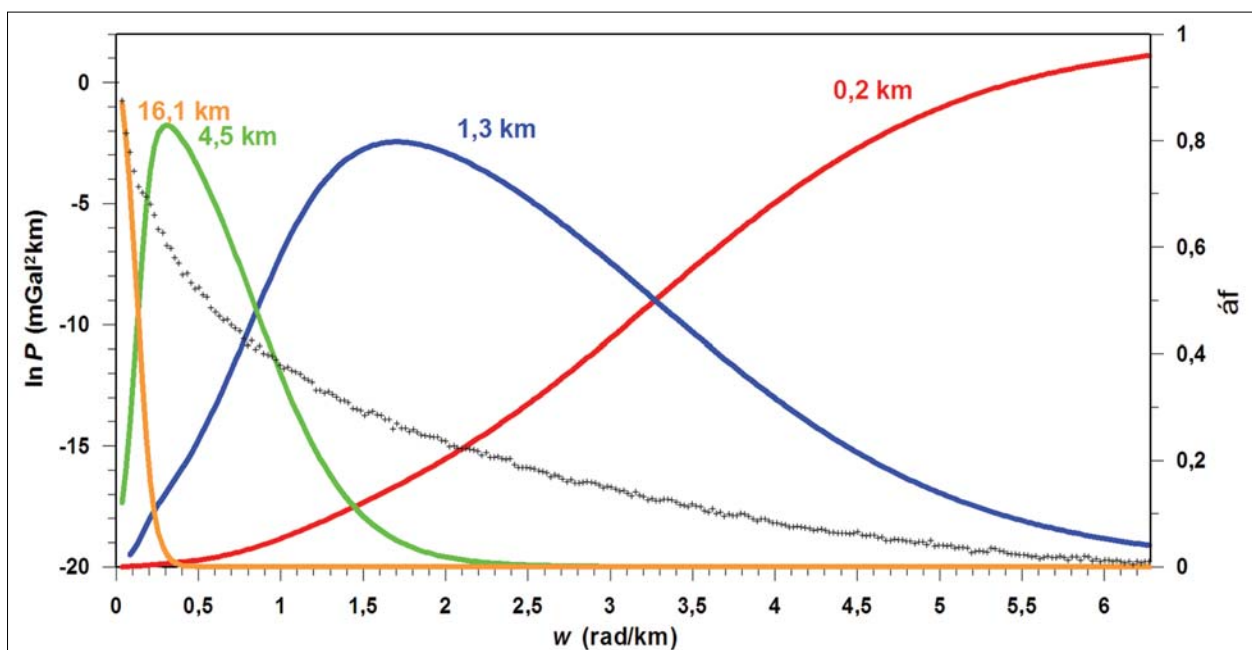
Megítélésünk szerint ez a megközelítés jobb, bár ez sem tökéletes, itt geometriailag a legutolsó réteg esetében tűnik helytelennek a rétegmodell alkalmazása. A legutolsó réteg esetében a féltér modellt kellene használni felette pedig, a rétegmodelleket. Bár ez összességében csak kisebb hibát eredményezhet.

Az átviteli függvény (ld. 6. ábra) alapján az is látszik, hogy a sávszűrők maximumai 0,75 feletti értéket mutatnak minden réteg esetében (ez 75%-os részarány), ami jelzi, hogy az adott rétegek megbízhatóan jelen vannak a spektrum egyes tartományaiban.

Az átviteli függvények (ld. 6. ábra) alapján lehetőség van arra is, hogy a mélységtartományok minimális és maximális értékét megbecsüljük: a „spektrummaximum” mélységmeghatározási eljárás alapján (Spector, Grant 1970, Kiss 2013), felhasználva az átviteli görbék metszéspontjait. Ennek alapján a legnagyobb mélységű átviteli függvény a maximális behatolási mélységtől 6,7 km-ig van dominánsan jelen (narancssárga vonalnak a 0 tengelytől a zöld vonallal való metszéspontjáig). Ebben a tartományban a 16,1 km-es (vagy 25 km-es) mélység az ekvivalens réteg mélysége, azaz annak a modellnek a mélysége, amellyel a hatás legjobban leírható (elvileg a narancssárga vonal legmagasabb értéke).

A spektrum alapján kijelölhető következő mélységtartomány 6,7 km-től (a narancssárga és zöld vonal metszéspontjától) körülbelül 1,7 km-ig (a zöld és kék vonal metszéspontjáig) tart. Ebben a tartományban az ekvivalens réteg mélysége 4,5 km (a zöld vonal maximuma).

A következő átviteli függvény 1,7 km-től (a zöld és kék vonal metszéspontjától) 0,4 km-ig (kék és piros vonal met-



6. ábra | Átviteli függvények a spektrumillesztésnél
Figure 6 | The bandpass filter characteristics with the spectrum

széspontjáig) van jelen uralkodóan, és 1,3 km-re tehető az ekvivalens réteg mélysége. A 0,2 km-es ekvivalens réteg mélysége a 0,4 km-től kezdődik, és a végét a nagy hullámszámok irányából a Nyquist-frekvencia (-hullámszám) határozza meg.

Az átviteli függvényeken keresztül talán érthetővé válik, hogy a Bouguer-anomália alapján a felszíntől számított teljes, 25 km-es mélységtartományban történnek változások a közsűrűség tekintetében, de vannak kiemelt szintek ezek között, amelyeket a spektrális mélységmeghatározás segítségével azonosíthatunk.

Földtani-geofizikai ismereteink alapján a Moho mélysége Magyarországon 20–35 km között van. Az interaktívan javított illesztésből kapott 25 km-es mélység a Moho mélységnek felel meg!

Tisztán az inverzióból kapott legnagyobb mélység, a 16,1 km a feltételezett Conrad-szintnek felelhetne meg, vagy annak a középső kéreg szintnek, amely plasztikusan viselkedik, s ezért a horizontális kéregmozgások egyik lehetséges csúszófelülete lehet (Kiss, Madarasi 2012, Kiss 2013). A magyarországi földrendések döntő többségének hipocentrum-mélysége is ehhez a 15 km körüli mélységhez kapcsolódik (Tóth, Zsíros 2000). Az inverzió bizonytalanságát a

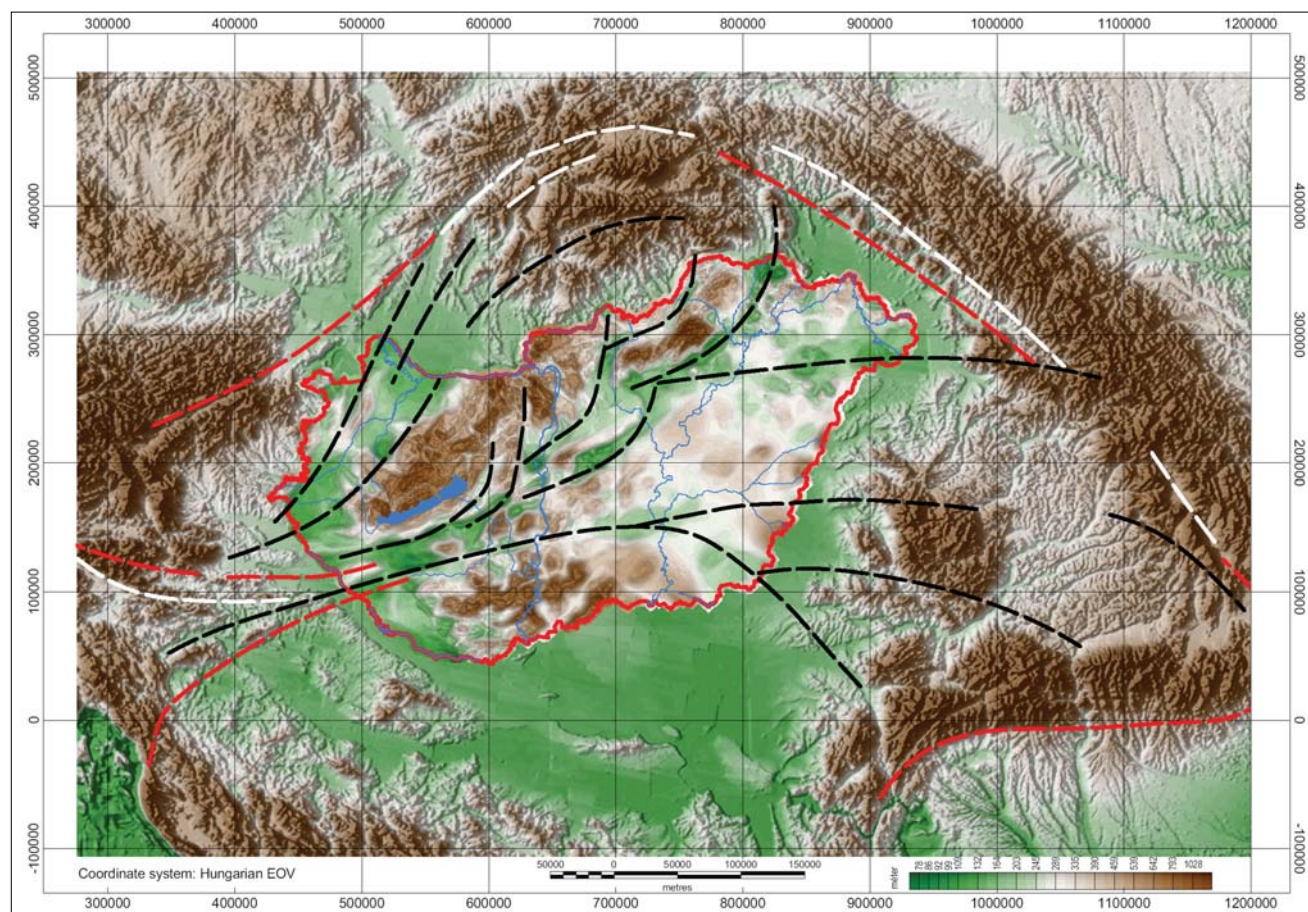
legmélyebb szint esetében nem tudjuk feloldani (talán az ilyen bizonytalanságok miatt hívják spektrális mélységbecslésnek ezt az eljárást).

Az országos adatrendszeren a Moho mélységéből származó hatásokat – annak ellenére, hogy jelen vannak a Pannon-medence gravitációs Bouguer-anomáliatérképén – még spektrálisan is csak bizonytalanul lehet kimutatni (a viszonylag kismértékű mélységváltozások miatt).

A spektrumot vizsgálva felmerülhet a kérdés, hogy a kéreg vagy litoszféra mélységű szerkezetek hatása mennyire út át a medencealjzat-képződményeken, illetve a vastag üledékes összleten. Megtárljuk-e a kéregszerkezeti nyomokat a medencealjzat domborzati hatása, illetve a mélyedéseket kitöltő üledékes formációk hatása mellett?

Persze a válasz nagyon egyszerű, hiszen mind a nyírásos (NyDNy–KÉK), mind a szakításos (NyÉNy–KDK) deformációk nyomai jelen vannak a magyarországi Bouguer-anomáliatérképén (7. ábra). Ha nem így lenne, akkor a közép-európai térképkivágaton sem tudtuk volna kimutatni. De a dolog mégsem ennyire triviális.

Mivel a magyarországi Bouguer-anomália spektrális vizsgálata alapján nem egyértelmű a Moho szintjéről származó közvetlen gravitációs hatás, ezért fel kell tételeznünk, hogy a



7. ábra Magyarország Bouguer-anomáliatérképe (500 × 500 m-es rács) az árnyékolt közép-európai domborzaton. (Jelkulcs: fekete vonal – gravitációs minimumtengely, feltételezhető mélybeli nyírási zóna, piros vonal – földrendések határ- vagy tengelyvonala, fehér vonal – domborzat alapján követhető lineamens)

Figure 7 Bouguer anomaly map of Hungary (500 × 500 m grid) on the Central-European shaded relief map (Key: black line – gravity lineaments, supposed shear zones, red line – axis or boundary line of earthquakes, white line – lineaments based on the topography)

Moho feletti közettömegek szerkezetileg átörökölték a K-i irányú kilökődéssel kapcsolatos mozgásirányokat (haladó mozgás és rotáció), és azok megjelennek az országos Bouguer-anomáliatérképen is. Ezzel a feltételezéssel megmagyarázhatóvá válik, hogy a látszólag eltérő korú és esetleg eltérő típusú szerkezeti vonalak miért jelennek meg együtt, ugyanazon a hosszban nyomon követhető, regionális gravitációs lineamens mentén. Valójában az adott feszültségterének megfelelő mozgások és deformációk nyomait látjuk.

Mélységi szeletelés a gravitáció alapján

A különböző mélységek gravitációs hatásának vizsgálata segít minket annak megértésében, hogy az adott térfrekvenciával jellemezhető anomália milyen mélységű földtani hatásokat tükröz.

A különböző spektrális tartományok térképei eltérő mélységek hatását írják le. A térképek statisztikai vizsgálata (1. táblázat) megmutatja, hogy a gravitációs anomália-tér szempontjából mely mélységtartománybeli hatás domináns, illetve kevésbé domináns.

A gravitációs mérések során a graviméterek mérési pontossága eltérő volt, így első közelítésben a gravitációs mérések pontosságát kell megvizsgálni, azért hogy a szűrési eredményeket értelmezni lehessen. A méréseink nagy része az 50-es években, az országos alaphálózati méréseknek köszönhetően áll rendelkezésre.

Az Askania típusú graviméter (a 40-es évektől alkalmazták őket Magyarországon is) pontossága $\pm 0,1$ mGal volt. A modernebb Heiland, Worden, Sharp és GAG-2 graviméterek (mérési adataik már az MGH-50 adatbázisban is jelen vannak) pontossága már $\pm 0,02$ mGal körüli volt (Facsinay 1952, Csapó 2008). A modernebb graviméterek ennél minimum egy nagyságrenddel jobbak. A graviméterek pontossága a legrosszabb graviméter alapján tehát 0,1 mGal körülinek vehető. Az adatbázis adatai alapján az ismert zárási hibák is 0,1 mGal pontosságot valószínűsítene (terepi mérések során előírás volt a 0,1 mGal-os zárási hiba az ELGI-ben). Mindent összevetve a gravitációs mérések pontossága nem lehet rosszabb, mint 0,1–0,2 mGal. Az előfeldolgozásból (rossz magassági adat, elütés az adatbázisban), származó hiba egyedi pontként jelenik meg, így a környezetének sűrű adatrendszerre és az interpolálás kiejti az

ilyen jellegű hibákat. Ez összességében azt jelenti, hogy még a legkisebb értéktartományú szűrt térkép amplitúdói is (1. táblázat) jóval a hibahatár felett vannak, tehát földtani hatásokat tükröznek.

Az 1. táblázat statisztikai paramétereinek vizsgálata alapján megállapítható, hogy a 25,0 km-es mélységhez tartozó gravitációs anomáliák mutatják a legnagyobb változást a szélsőértékek és a szórás alapján. A közép- és a mediánérték alapján szintén a 25,0 km-es mélység határozza meg a Bouguer-anomáliatérkép alapszintjét, mert ennek a középértéke és/vagy a mediánja tér el leginkább a nullától. Ez azt jelenti, hogy a nemcsak a kéreg inhomogenitásai, hanem a Moho (esetleg Conrad szint) hullámszáma is jelentős mértékben jelen van a Bouguer-anomália értékekben.

Az 1,3 km-es mélység térképén a középérték és a medián jelentős eltérése (két nagyságrendi) szintén az adott mélység jelentős földtani hatásaira hívja fel a figyelmet (laza üledék–medencealjzat, laza üledék–vulkanit).

A frekvenciaszűrt (mélységszeletelt) gravitációs térképek (8–12. ábra) az adott mélységtartománynak megfelelő blokkosítást, illetve lineamensjelölést tesznek lehetővé a földtani képződmények sűrűsége alapján, tehát a térképeket érdemes külön-külön is tanulmányozni.

A felső 0,2 km pozitív és negatív jelentősebb amplitúdójú anomáliái főképp a harmadidőszaki medencealjzat-kibúvá-sokhoz és környezetükhöz kötődnek. Az anomáliák okozója nemcsak a medencealjzat mélységváltozásaihoz, hanem sokszor az azonos szinten jelentkező különböző korú közetek sűrűségkülönbségeihez kötődnek.

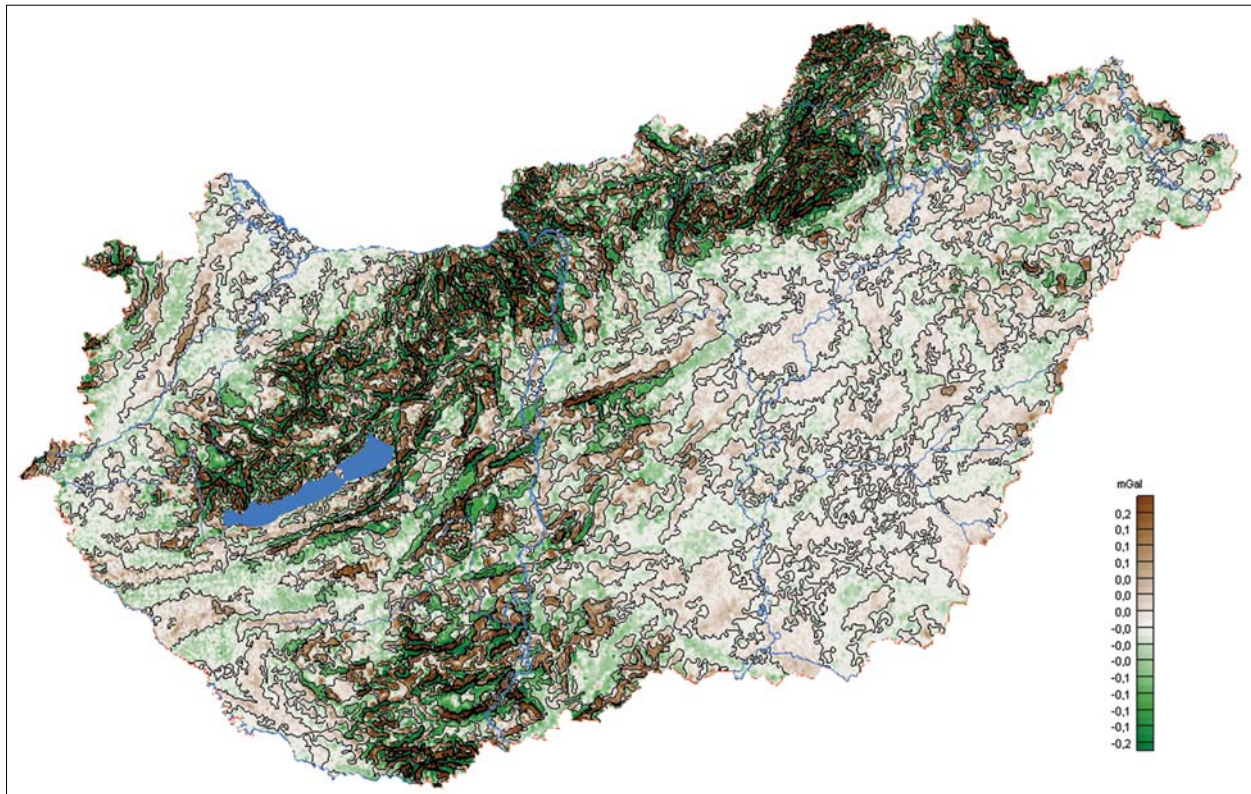
Ezek a ~ 6 mGal-os (viszonylag kis) tartományban jelentkező változások tehát a felszínközeli relatív sűrűséginhomogenitásokat jelzik. Összevetésképpen a medencealjzat lefutásának digitális modelljét (Jordán 2005) mutatjuk be (9. ábra).

Az 1,3 km-es mélység legérdekesebb mintázata az ismert szerkezeti vonalak mentén kialakuló anomáliapárok megjelenése, mint például a Balaton-vonal, Tamási-vonal, Diósjenői-vonal és a Darnó-vonal (jelentős pozitív–negatív anomáliapárokkal, nem egyszer aszimmetrikusan, ami azt jelezheti, hogy nem függőleges a határfelület, hanem pl. feltolódás tapasztalható). Ezek az anomáliák már kapcsolódnak a kéregszerkezetekhez.

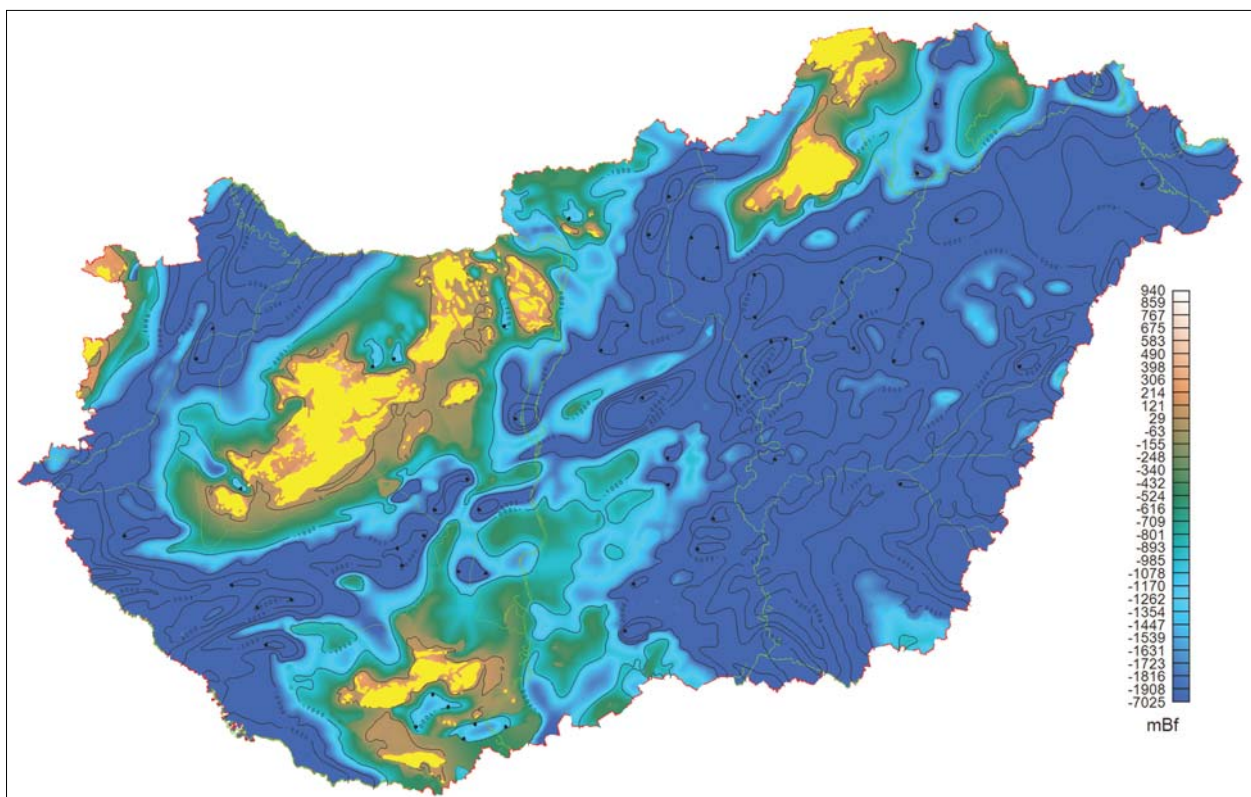
A 9. ábra színezését úgy választottuk meg, hogy az 1,3 km mélységű hatásokkal is összevethető legyen. A kapcsó-

1. táblázat | A különböző mélységű hatások gravitációs térképeinek statisztikái

Ekvivalens ható mélysége (km)	Minimumérték (mGal)	Maximumérték (mGal)	Min-max tartomány szélessége (mGal)	Szórás (mGal)	Középérték (mGal)	Medián (mGal)
$H = 0,2$	-2,558	3,257	5,816	0,092	0,0002	-0,0001
$H = 1,3$	-4,500	6,404	10,905	0,617	0,9519	-0,0054
$H = 4,5$	-13,193	16,648	29,841	3,025	0,0884	-0,0378
$H = 16,1$	-10,630	25,287	35,917	6,991	6,7590	7,3757
$H = 25,0$	-10,514	25,584	36,098	7,108	6,8388	7,4928
Teljes Bouguer	-17,237	40,576	57,814	7,380	9,4293	6,7216



8. ábra | A 0,2 km mélységű hatások Bouguer-anomáliatérképe (izovonalköz = 0,05 mGal)
Figure 8 | Bouguer anomaly map of 0.2 km depth gravity sources



9. ábra | A medencealjzat domborzata (Jordán 2005, módosítva). Felszíntől –2000 mBf értékig színezve, mélyebb részek kék színnel;
a kibúvások sárga színnel
Figure 9 | The basement topography (Jordán 2005, modified). Coloured from the surface until –2000 m asl, deeper parts by blue,
outcrops by yellow colour

lat a sávszűrt Bouguer-anomáliatérkép és a medencealjzat-térkép között nyilvánvaló.

A középhegységi zónában mozaikszerű anomáliákat tapasztalunk, amelyeket részben a lokális medencék, részben szerkezeti mozgások által preformált árkok okoznak. Az Alföldön nagyon jelentéktelen változások látszanak csak, az üledéken belül kevésbé változik a sűrűség. A flis zónában jelentkezik néhány maximum, összefüggésben lehetnek a mágneses térképen kirajzolódó anomáliákkal (Kiss 2013). Itt valószínűleg nemcsak a képződmények szuszceptibilitása jelentős, hanem a sűrűségük is nagyobb, mint a környezetüké. A 4,5 km-es mélység esetén már jelentősebb változások látszanak, kezd kirajzolódni a jól ismert Bouguer-anomáliarajzolat (11. ábra). Az ismert medencealjzat-kibúvásokhoz kapcsolódó blokkok jól körülhatárolhatók, viszont az üledékes medencék a térkép alapszintje körüli hullámmással jelennek meg. A gravitációs minimumok (4,5 km mélységben) inkább a szerkezeti vonalakkal köthetők, semmint a nagy üledékes medencék mélységéhez! A gravitációs anomáliák és a medencealjzat közötti korreláció a vizsgált területen kezd gyengülni.

Ez egy kicsit felülírja a korábbi elképzeléseinket, mert ez azt jelzi, hogy a medencealjzat tektonikai és litológiai eredetű sűrűséginhomogenitása jelentős, és a medencék esetében pedig – amennyiben elértük már a medencealjzat mélységét – a medencealjzat inhomogenitásai fognak jelentkezni kisebb-nagyobb anomáliák formájában (ld. az Alföld jelentős részén).

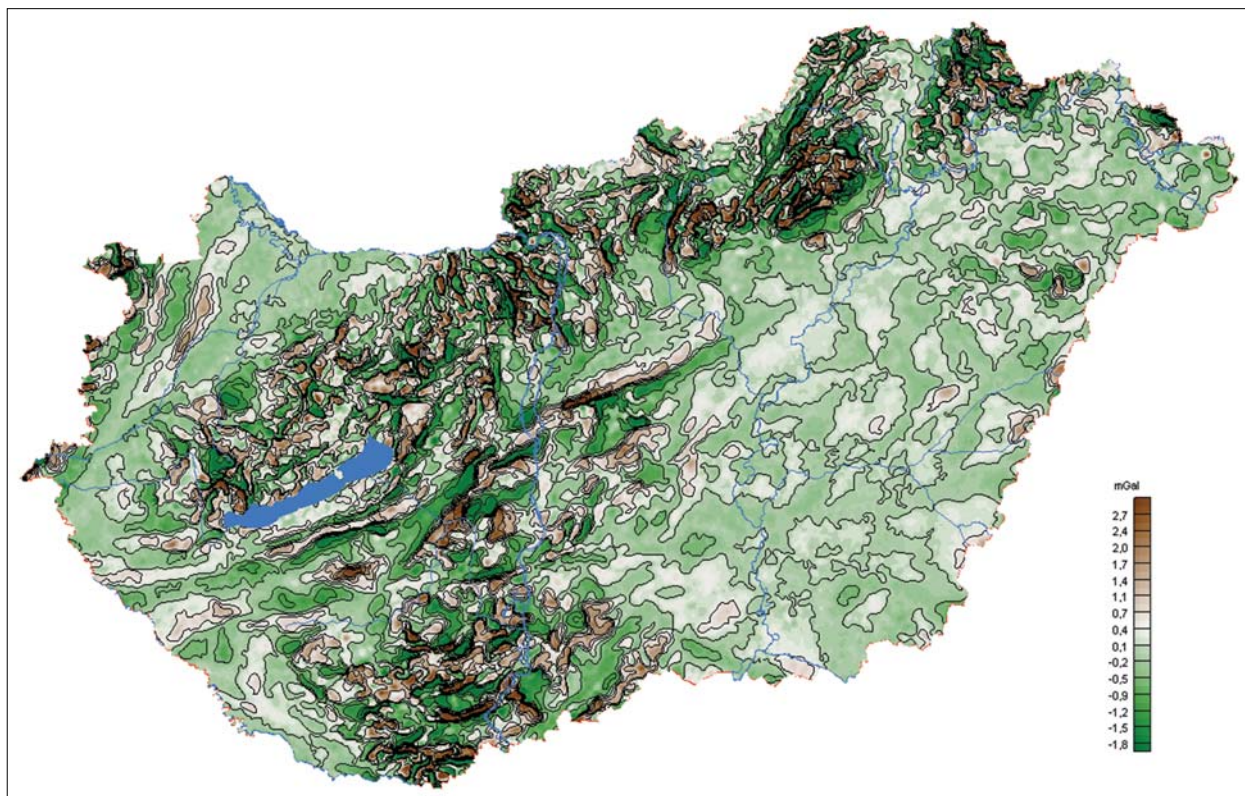
Persze ne felejtsük el, hogy az itt megjelenített térképen adott mélységtartományok hatását látjuk külön-külön, de ezek a hatások összeadódnak a teljes Bouguer-anomáliaérték megjelenítésekor.

A 25 km-es mélység Bouguer-anomáliatérképének legszembetűnőbb jellegzetessége, hogy míg az ALCAPA egységen belül az anomáliák összhangban vannak a medencealjzat domborzatával, addig a Tisza-egység jelentős részén nincs összefüggés. Ez részben a medencealjzat mélységével is összefüggésben van, így a Dunántúl és Alföld viszonylatában is hasonló jellegzetességeket tapasztalunk.

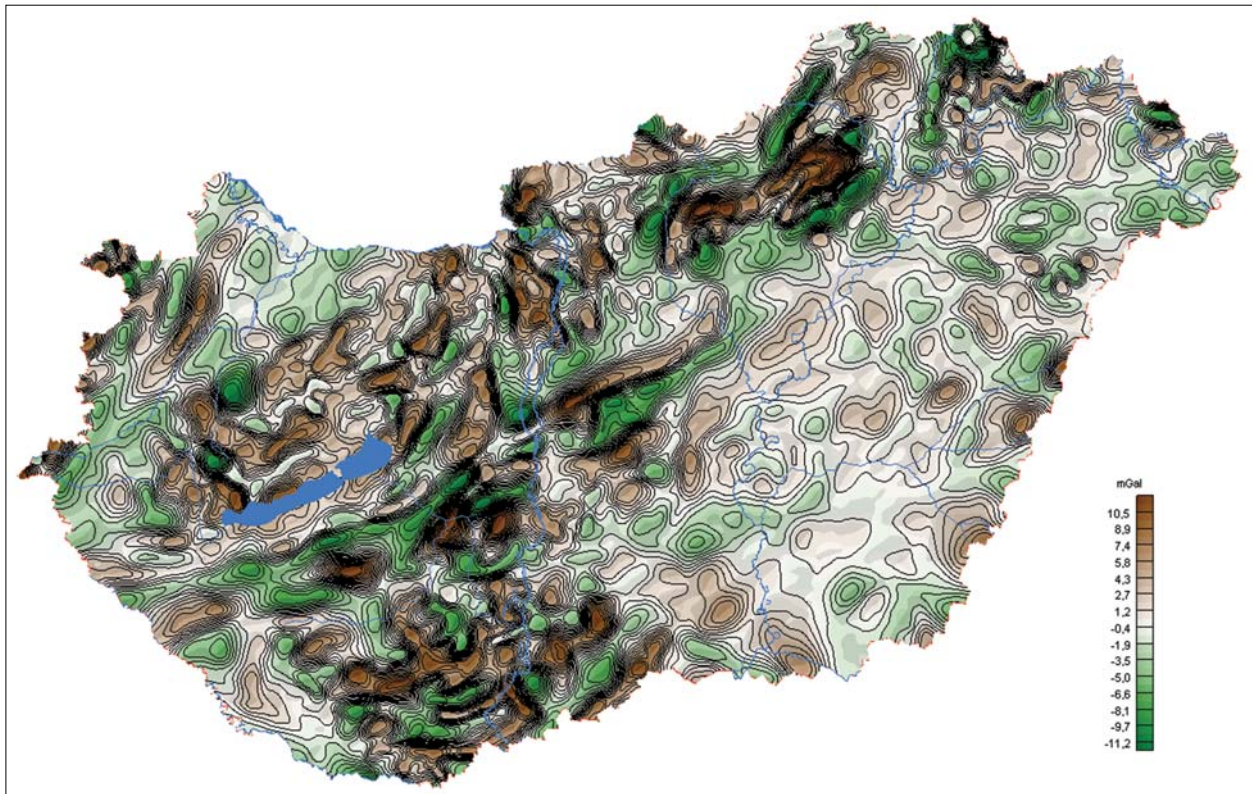
Különösen a Békés-Codru Egység területén igaz ez, a Battonya-Pusztaföldvári hát, és a Békési és Makói süllyedékek esetében. Itt a gravitációs anomáliáért már egy mélyebb sűrűség-vezérszint a felelős, ilyen lehet például az alsó-kéreg–felső-kéreg határ (Conrad-felület), vagy a kéreg–köpeny határ (Moho-felület).

A Kapos és a Sió folyó találkozási pontjától indulva egészen Sátoraljaiúj helyig húzódik egy egyedi maximumok sorozatából álló ívelt gravitációs vonulat, amelyet ÉNy-ról minimumok szegélyeznek (Örkényi árok, Vatta-Maklári árok, Hernád-völgye), jelezve a nagy mélységű szerkezeti zónát (25 km mélység körüli hatások!).

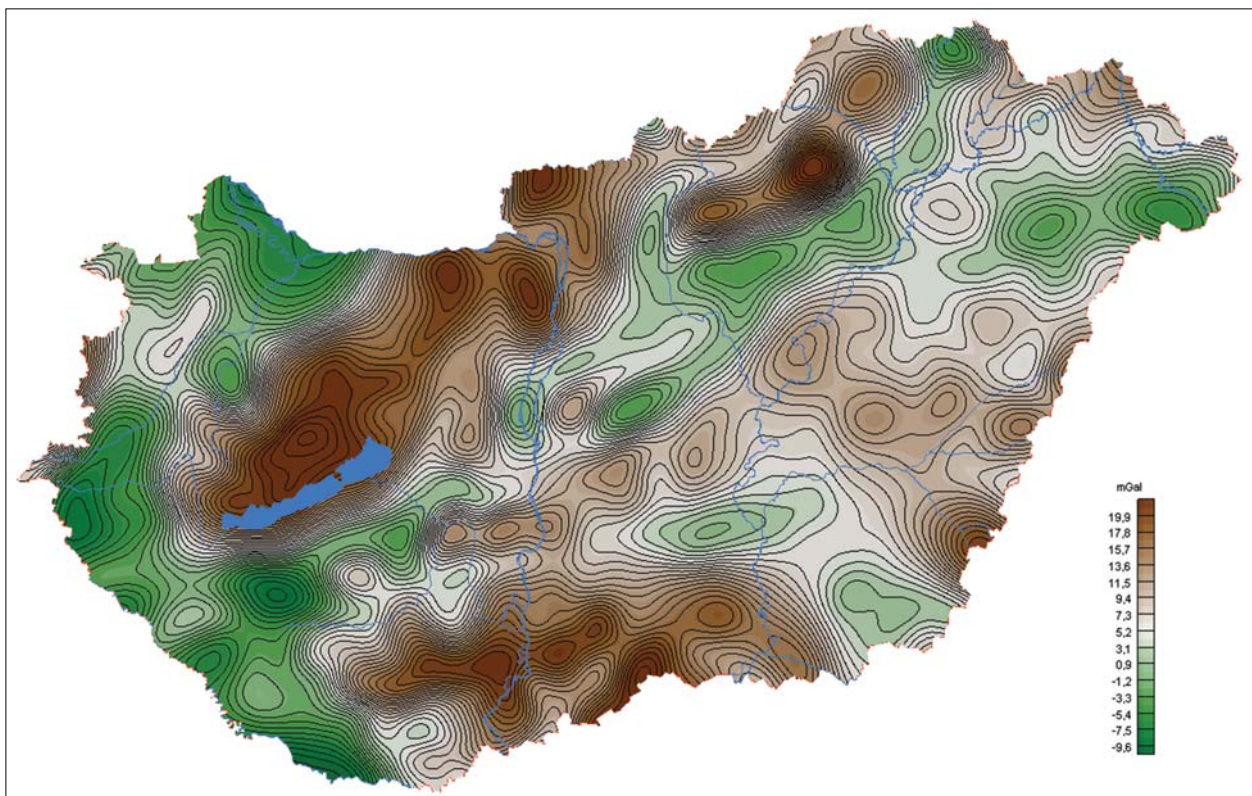
Az izosztatikus vizsgálatok során megállapítottuk (Kiss 2009, 2010), hogy a Kárpátok izosztatikus gyökérszónákkal rendelkeznek, míg a mély medencék (pl. Alföld) alatt köpenykiemelkedések vannak (ld. még Posgay et al. 1995, Kovácsvölgyi 1995, 1997) Ezek a nagy hullámhosszúságú,



10. ábra | A 1,3 km mélységű hatások Bouguer-anomáliatérképe (izovonalköz = 0,5 mGal)
Figure 10 | Bouguer anomaly map of 1.3 km depth gravity sources



11. ábra | A 4,5 km mélységű hatások Bouguer-anomáliatérképe (izovonalköz = 1,0 mGal)
Figure 11 | Bouguer anomaly map of 4.5 km depth gravity sources



12. ábra | A 16,1 km mélységű hatások Bouguer-anomáliatérképe (izovonalköz = 1,0 mGal)
Figure 12 | Bouguer anomaly map of 16.1 km depth gravity sources

regionális jellegű hatások keverednek az aljzat összetételéből, illetve az aljzatomorzat változásából adódó hatásokkal a 25 km-es mélységű gravitációsanomália-térképen.

Az izosztázia alapján kapott kéreg–köpeny határfelület jól illeszkedik a szeizmikus mérések alapján kirajzolódó Moho-felülethez, noha teljesen más úton és független adatrendszerből készültek (14. ábra). A kéregvastagság változása Magyarország területén 22–32 km között ingadozik, amely jelentéktelen a környező hegyek 40–60 km-es kéregvastagságához képest. Ez a vastagságkülönbség adja a Moho-felszín egységesnek tűnő maximumát a környező minimumzónákhoz képest a Kárpát-medence belsejében.

A 25 km-es mélységre informatív Bouguer-anomália-térképen azt látjuk, hogy az izosztatikus hatásokat (nagy hullámhosszúságú anomáliákat), a kéreg sűrűségkülönbségéből származó kisebb hullámhosszúságú hatások felülírják, és a Moho szintjéről származó anomáliákban, az országhatárokon belül, nem mindenhol ismerhetők fel az izosztatikus hatások. Ez jelzi, hogy mind az alsó kéreg, mind a felső köpeny szintjén jelentős sűrűséginhomogenitásokkal kell számolni.

Ilyen inhomogenitások a feltételezett nyírási zónák (7. ábra), azok a minimumsávok, amelyek a 4,5 km-es mélységnek az anomáliatérképén (11. ábra), a Dunántúlon és a Duna–Tisza közén azonosíthatók, mivel ezeken a területeken a kristályos medencealjzat még kiemeltebb helyzetben van. 16 km-es mélységtől (12. ábra) kezdve azonban már az egész ország területén nyomon követhetők.

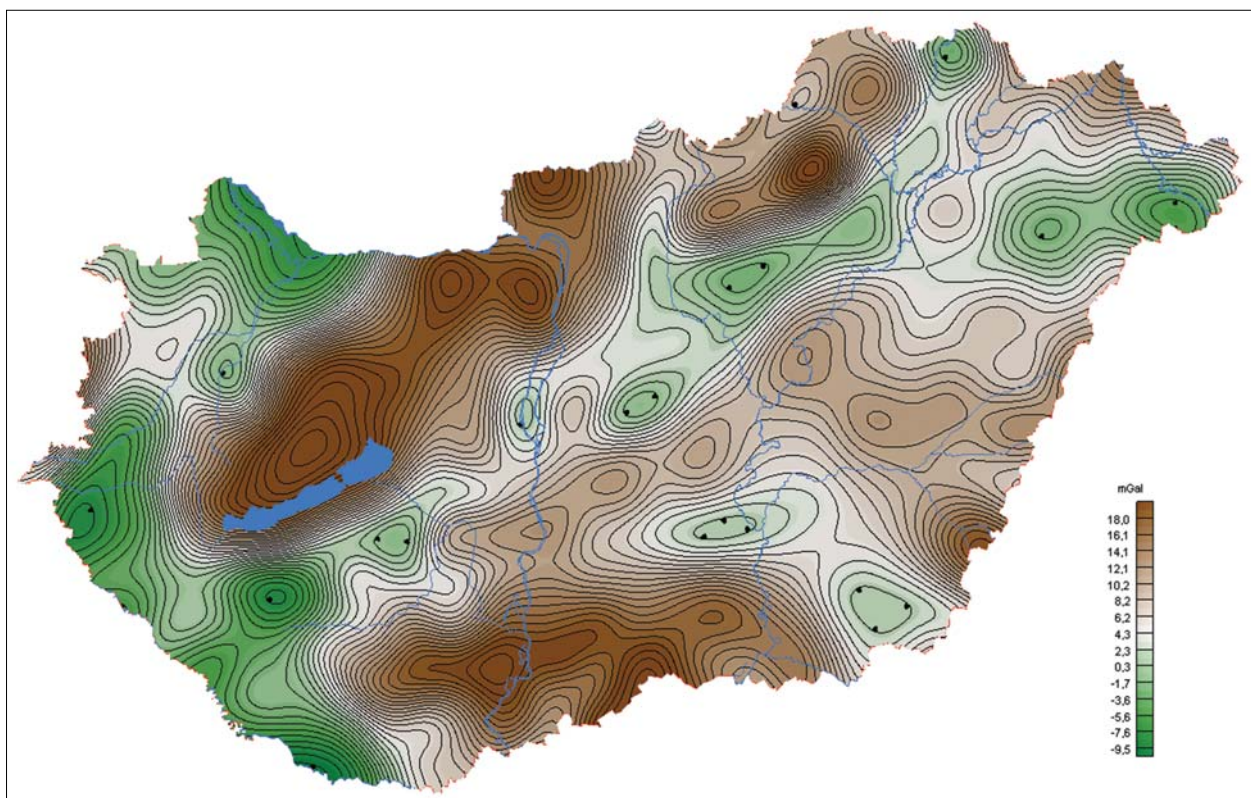
Ilyen inhomogenitás az Alföldön a medencealjzat sűrűségváltozásai, lokális maximumok formájában, amelyek a 4,5 km mélységű hatások gravitációsanomália-térképén már látszanak (11. ábra), illetve a Moho- (Conrad-) szint változásának hatása kiterjedtebb maximumok formájában a 16 km-es mélység gravitációs térképén (12. ábra).

Írányszűrés a gravitációs térképén

Az írányszűrés az adott irányú változások kiszűrését vagy kiemelését teszi lehetővé, ezért elsősorban a szerkezeti értelmezésben használható jól, főleg olyan esetekben, ahol az anomáliatér összetettsége miatt ez nem nyilvánvaló. Egy adott irány kiejtésékor, minden más irányba eső változás megmarad, egy adott irány kiemelésékor viszont csak az adott irány marad meg, a többi irány hatása nagyrészt kiejtődik.

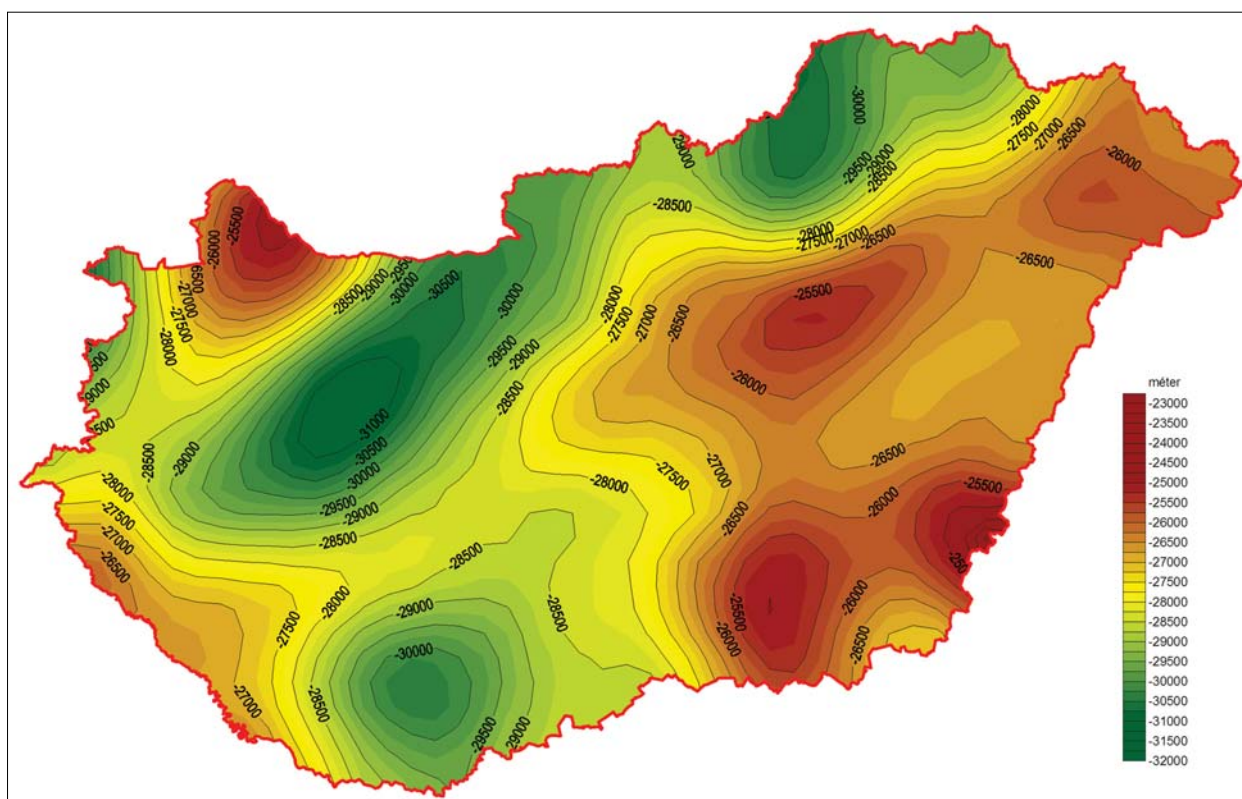
Az adott irány kiejtésére példa lehetne a légi geofizikai mérések adatainak olyan felhasználása, amikor az erősen aszimmetrikus mintavétel és a repülési magasság miatt a mérési irány gyakran felismerhető az anomáliatérképeken. Ennek a kiküszöbölésének egyik módja az írányszűrés, amikor a repülési iránnyal párhuzamos irányú anomáliákat kiejtjük a térképből, megőrizve ugyanakkor az összes többi irányt.

Egy köztes szűrés eredménytérképét, a 13 km-es mélység gravitációsanomália-térképét választottuk ki az írányszűré-



13. ábra | A 25,0 km mélységű hatások Bouguer-anomáliatérképe (izovonalköz = 1,0 mGal)

Figure 13 | Bouguer anomaly map of 25.0 km depth gravity sources



14. ábra Az Airy–Heiskanen izosztatikus modell alapján kiszámolt elvi Moho-felszín (10 km-es grid). A Moho-felszín meghatározása során a domborzat magasságát és az üledékes medencék mélységét átlagsűrűségét használtuk fel, meghatározva az izosztatikus egyensúly állapotot (Kiss 2009, 2010). Az így kapott értéket lineáris transzformációval, a szeizmikus mérések minimum-maximum értékeihez igazítottuk

Figure 14 The altitude of the topography, the depth of the sedimentary basin and the average density of the sediments were used at the calculations of Moho level (Kiss 2009, 2010). This level was corrected by linear transformation using the minimum and maximum Moho depth of seismic measurements

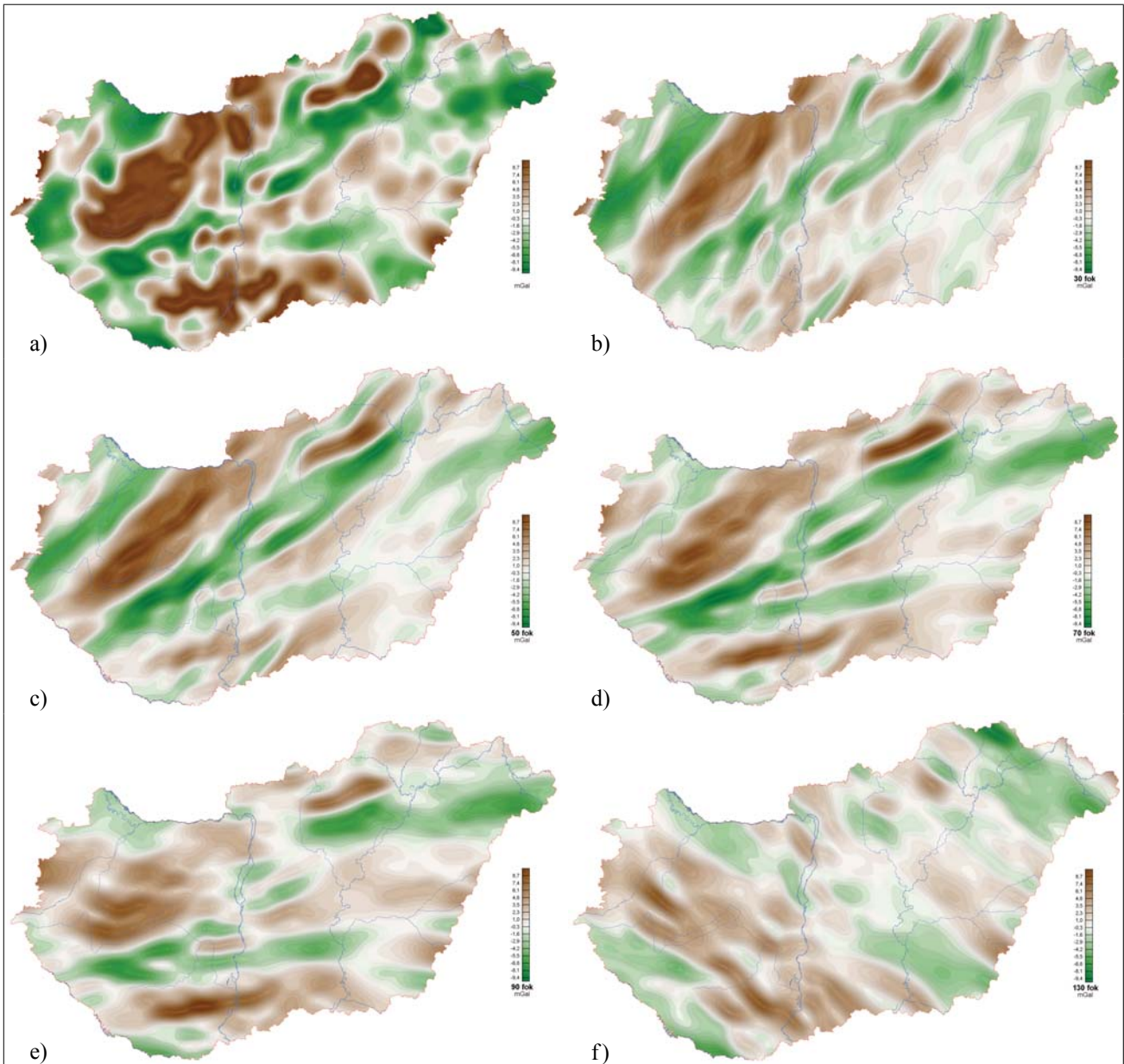
sek bemutatására (15. ábra), ez mélységben azonos szinten van a sávos, 11 km mélységű mágneses anomáliákkal (Kiss 2013). Ez a térkép a mélysége alapján már mindenhol a medencealjazat, illetve a kristályos alaphegység (felső kéreg) inhomogenitását jelzi. A térkép kellően változatos, és szinte mindegyik irány kiemelése jelez egy-egy földtanilag ismert szerkezetet. Így a 13 km-es mélységanomália térképének változásait felszínről ismert mélyszerkezeti irányokhoz kapcsolhatjuk.

Az É-hoz képest 30°-os irányszűrés (15b. ábra) a Rába-, Tamási- és Darnó-vonal irányát jelenti, ezeket a szerkezeteket emeli ki. Az 50°-os szűrés (15c. ábra) átmenetet képez az előző vonalak és a közép-magyarországi zóna iránya között, illetve megadja a D-Alföldön kimutatott nagy mélységű nyírási zónák irányát (Posgay et al. 1997, A-típusú nyírási zónák). A 70°-os szűrés (15d. ábra) a közép-magyarországi vonal irányának felel meg, azt emeli ki, de megjelenik a Kapos-vonal irányítottsága is. A 90°-os szűrés (15e. ábra) a Kapos-vonalat és a Bükkalja-Nagyecsed-i vonalat emeli ki. A 130°-os szűrés (15f. ábra) a Szamos-vonal, a Dráva-árok és a Hódmezővásárhely–Makói-árok irányát mutatja, amelyeket a szeizmikus kéregszerkezeti vizsgálatok is azonosítottak (Posgay et al. 1997, B-típusú nyírási zónák), ez utóbbi irány azonban a Kiszal- föld jellegzetes iránya is.

Az irányszűrés a már ismert nagyszerkezeti (és többek között nyírási) zónák irányát (legyezőszerű rajzolatát) kiemeli, de a fő tektonikai irány a szűrés alapján is a közép-magyarországi zóna iránya.

Összegzés

A cikkben a magyarországi gravitációs adatbázis adatait használtuk fel. A gravitációs adatokból származtatott térképek (pl. szűrt térképek, maradékanomália-térképek, felfelé folytatások) esetén eddig komoly gondot jelentett a hatás mélységének azonosítása, meghatározása. A teljesítménysűrűség-spektrum megmutatja, hogy az anomáliatérkép milyen hullámhosszúságú (térfrekvenciájú) jelekből áll. A spektrum egyes szakaszai különböző mélységű hatások jeleit írják le. A spektrálanalízis során kiszámítva a teljesítménysűrűség-spektrumot kiválasztjuk a domináns spektrumszakaszokat, ekvivalens hatók segítségével meghatározzuk azok mélységét, majd az ezekhez a mélységekhez tartozó anomáliákat leválogatjuk az eredeti térképből. Az eljárás, a spektrális mélységbecslés nem ad pontos mélységeket és pontos koordinátákat, de megadja a főbb sűrűségváltozások feltételezhető mélységeit, amelyeket a földtani ismereteink alapján be is tudunk azonosítani.



15. ábra | A 13 km mélységű gravitációs anomáliák irányzsűrése (adott irány kiemelése), a) kiindulási térkép, b) 30°-os kiemelés, c) 50°-os kiemelés, d) 70°-os kiemelés, e) 90°-os kiemelés, f) 130°-os kiemelés

Figure 15 | Directional filtering of 13 km depth gravity anomalies (a direction emphasize). a) source map, and direction emphasize, b) of 30°, c) of 50°, d) of 70°, e) of 90°, f) of 130°

Ilyen módon a gravitációs adatok alapján fontos területi képet kapunk a pont- (pl. mélyfúrások) és vonalszerű (pl. magnetotellurika, szeizmika) mérési eredmények mellé.

A Pannon-medence gravitációsanomália-térképét a mélybeli földtani felépítésből származó hatások (Moho-, illetve Conrad-felszín hullámozása, kéregbeli inhomogenitások) határozzák meg. Az üledékes medencék hatása is jelen van az anomáliaképben, ráakódik ezekre a mély hatásokra. A vulkanizmus, illetve magmatizmus nyomai is megjelennek lokális gravitációs maximumokat okozva: bázisos magmatitok esetében ez azonosítható mágneses anomáliákat is okoz.

Regionális szempontból gravitációs maximumként megjelenő Pannon-medencét néhány nagy minimumzóna darabolja fel, mely zónák a medencealjzat felszínénél mélyebb nyírási zónák hatásai. Valójában az adott feszültségtérnek megfelelő lehetséges mozgások és deformációk nyomait látjuk és nem csak litológiai közzethatárokat. Vizsgálataink alapján a felszíni szerkezetek sok esetben átöröklék ezeknek a mélybeli hatásoknak a nyomait.

Az országos gravitációs adatrendszer tehát nemcsak az oldalirányú változások és inhomogenitások kijelölésére alkalmas, hanem különböző mélységek sűrűségeloszlásáról is képes információt szolgáltatni, kiteljesítve ezzel az eddig főleg kétdimenziós képet háromdimenziós térmodellé.

Köszönetnyilvánítás

Köszönet elsősorban ELGI-s elődeimnek, a gravitációs adatok és adatbázis létrehozóinak, kezelőinek. Ezek a következők voltak: *Facsinay László, Renner János, Szilárd József, Szénási György, Dombai Tibor, Szabó Gábor, Pintér Panna, Szabó Zoltán, Stomfai Róbert, Hoffer Egon, Schönviszky László, Csapó Géza, Kovácsvölgyi Sándor, Páncsics Zoltán, Sárhidai Attila* és még sokan mások. Köszönet továbbá a gravitációval foglalkozó MOL-os (OKGT-s) kollégáknak azért, hogy a hazai szénhidrogén-kutatás gravitációs adatai ma is megvannak és rendelkezésre állnak.

Külön köszönet az ELGI egykori és az MFGI jelenkori vezetésének, hogy lehetővé tették a gravitációs adatbázis használatát és az ezekhez kapcsolódó módszertani vizsgálatokat (pl. „Erótér-geofizikai módszerfejlesztés”, Kiss et al. 2013), melynek eredménye az itt megjelent tanulmány is.

A tanulmány szerzője

Kiss János

Jegyzet

- a) Kétdimenziós esetben a sugarasan (radiálisan) átlagolt energiaspektrumot hívjuk teljesítmény-spektrumnak, vagy teljesítménysűrűség spektrumnak (jele: P – power density) és az adott térfrekvencia értékekre, az irányok szerint meghatározott átlagos energiát adja meg.

Hivatkozások

- Bhattacharyya B. K., 1966a: A method for computing the total magnetization vector and dimensions of rectangular block-shaped body from magnetic anomalies. *Geophysics* 31, 74–96
- Bhattacharyya B. K., 1966b: Continuous spectrum of the total magnetic field anomaly due to rectangular prismatic body. *Geophysics* 31, 96–121
- Blakely R. J., 1996: *Potential Theory in Gravity & Magnetic Applications*, Cambridge University Press
- Cordell L., 1985: A stripping filter for potential field data. 55th Annual International Meeting, SEG, Expanded abstract, pp. 217–218
- Csapó G., 2003: Nagy pontosságot igénylő gravimetriai mérések feltételrendszerének vizsgálata és az eredmények gyakorlati alkalmazása. Tanulmány, Akadémiai doktori értekezés, 90 oldal, MFGI Szakkönyvtár
- Csapó G., 2008: A magyarországi gravimetriai alaphálózatok vonatkoztatási rendszereinek összehasonlítása. *Magyar Geofizika* 49/3, 105–110
- Dampney C. N. G., 1969: The equivalent source technique. *Geophysics* 34/1, 39–53
- Eby T. W. F., 1972: The Fourier spectrum of gravity anomalies due to two-dimensional prisms. *Canadian Society of Exploration Geophysicists Journal* 8/1, 14–21
- Facsinay L., 1952: *Gravitációs mérések és izosztázia*. Akadémiai Kiadó, 136 o.
- Jordán Gy. (ed.), 2005: Magyarország 1:500000 Pre-kainozoos képződmények tető 3D modellje. In: VITUKI–MÁFI–AQUA-PROFIT Konzorcium 2005: A fürdőfejlesztésekkel kapcsolatban a hazai termálvízkezelés fenntartható hasznosításáról és a

használt víz kezeléséről szóló hidrogeológiai kutatás (digitális háromdimenziós földtani térmodell). Zárójelentés a Gazdasági és Közlekedési Minisztérium megbízásából a VITUKI–MÁFI–AQUA-PROFIT Konzorcium keretében a VITUKI Kht. által 2004–2005. évben végzett munkákról. Kézirat, MBFH adattár, MFGI Geológiai Szakkönyvtár

- Kiss J., 2009: Regionális gravitációs anomáliák, izosztatikuss hatások Magyarországon. *Magyar Geofizika* 50/4, 153–171
- Kiss J., 2010: Mély medencék izosztatikuss hatása. *Magyar Geofizika* 51/3, 1–13
- Kiss J., 2012: A Kárpát-Pannon Régió Bouguer-anomáliatérképének frekvenciatartománybeli vizsgálata és értelmezése. *Magyar Geofizika* 53/4, 236–257
- Kiss J., 2013: Magyarországi geomágneses adatok és feldolgozások: spektrálanalízis és térképi feldolgozások. *Magyar Geofizika* 54/2, 89–114
- Kiss J., Madarasi A., 2012: A PGT-1 szelvény komplex geofizikai vizsgálata, *Magyar Geofizika* 53/1, 29–54
- Kiss J., Vértesy L., Pataky P., 2013: Erótér-geofizikai módszertani kutatások. Kézirat, 44 o., MBFH adattár, MFGI Geofizikai Szakkönyvtár
- Kivior I., 1996: Theoretical aspects of the energy spectrum analysis method. In: *A Geophysical Study of the Structure and Crustal Environment of the Poldia Rift, South Australia*. PhD Theses, The University of Adelaide, Department of Geology and Geophysics, Australia
- Kovácsvölgyi S., 1995: DK-Magyarország gravitációs és földmágneses anomáliáinak értelmezése. *Magyar Geofizika* 36/3, 198–202
- Kovácsvölgyi S., 1997: Gravitációs kutatások Magyarországon. A békési rejtély. Élet és Tudomány, <http://www.sulinet.hu/eletes-tudomany/archiv/1997/9718/bekesi/bekesi.html>
- Langel R. A., Hinze W. J., 1998: *The magnetic field of the Earth's lithosphere. The satellite perspective*. Cambridge University Press
- Maus S., Gordon D., Fairhead D., 1997: Curie temperature depth estimation using a self similar magnetization model. *Geophysical Journal International* 129, 163–168.
- Meskó A., 1983: A frekvenciatartomány felhasználása gravitációs és mágneses térképek lineáris szűrésében. *Magyar Geofizika* 24/2, 43–75
- Phillips J. D., 2001: Designing matched bandpass and azimuthal filters for the separation of potential field anomalies. ASEG 15th Geophysical Conference and Exhibition, Brisbane
- Posgay K., Bodoky T., Hegedüs E., Kovácsvölgyi S., Lenkey L., Szaifán P., Takács E., Timár Z., Varga G., 1995: Asthenospheric structure beneath a Neogene basin in southeast Hungary, *Tectonophysics* 252, 467–484
- Posgay K., Bardócz B., Bodoky T., Albu I., Guthy T., Hegedüs E., Takács E., 1997: A Hódmezővásárhely–Makói árok és a Békési medence nagymélységű nyírási zónái térbeli elhelyezkedésének közelítő meghatározása. *Magyar Geofizika* 38/2, 95–123
- Spector A., Grant F., 1970: Statistical models for interpreting aeromagnetic data. *Geophysics* 35, 293–302
- Tadjou J. M., Nouayou R., Kamguia J., Kande H. L., Manguella-Dicoum E., 2009: Gravity analysis of the boundary between Congo Craton and the Pan-African Belt of Cameroon. *Austrian Journal of Earth Sciences* 102, 71–79
- Tanaka A., Ishikawa Y., 2005: Crustal thermal regime inferred from magnetic anomaly data and its relationship to seismogenic layer thickness: The Japanese islands case study. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 152, 257–266
- Tóth L., Zsíros T., 2000: A Pannon-medence szeizmicitása és föld-rengéskockázata. <http://www.sze.hu/ed/TothZsiros.doc>

Újabb adatok a Nagyalföld délkeleti részének kéregszerkezetéhez

GÚTHY T.

Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, 1145 Budapest, Columbusz utca 17–23.
E-mail: guthy.tibor@mfgi.hu

A kilencvenes években a MOL regionális szénhidrogén-kutató szeizmikus szelvényeket mért a Nagyalföld DK-i részén. A mérés regisztrációs ideje 12 másodperc volt, így a szelvények a Mohorovičić- (továbbiakban rövidítve „Moho”) határfelület leképezésére is alkalmasak. Mélyszerkezet-kutatási szempontból a szelvények idáig nem voltak hasznosítva. A dolgozatban hat db szelvény Moho-mélységéig történő újrafeldolgozásának és a mélység migrációjának folyamatát mutatom be. Az újrafeldolgozott szelvényeket és a korábbi Pannon Geotraverz szelvényeket felhasználva a lefedett területre új Moho-mélységtérképet szerkesztettem. Korábban a PGT-1 szelvényen meghatározott (Posgay et al. 2011), meggyengült mozgási zónát az új szelvényeken is követtem, majd annak térbeli helyzetét meghatároztam.

Gúthy, T.: New profiles for the deep structure of the south-eastern part of the Pannonian Basin

In the nineties, MOL, the Hungarian Oil & Gas Company, acquired some regional seismic profiles for the purpose of hydrocarbon prospecting on the south-eastern part of the Great Hungarian Plain. The field recording time was 12 seconds, which allows imaging of the Mohorovičić discontinuity. These profiles still have not been used for deep seismic researches. In this paper, I am dealing with the processing flow and the depth migration of the 12-second-deep profiles. I present the new depth map of the Moho horizon, which was compiled by the use of the new profiles and the published ones of the Pannon Geotraverse. I have interpreted the reprocessed profiles and traced the weakened dislocation belt published by Posgay et al. in 2011.

Beérkezett: 2015. január 19.; *elfogadva:* 2015. március 20.

A szeizmikus adatfeldolgozás folyamatának és főbb célkitűzéseinek ismertetése

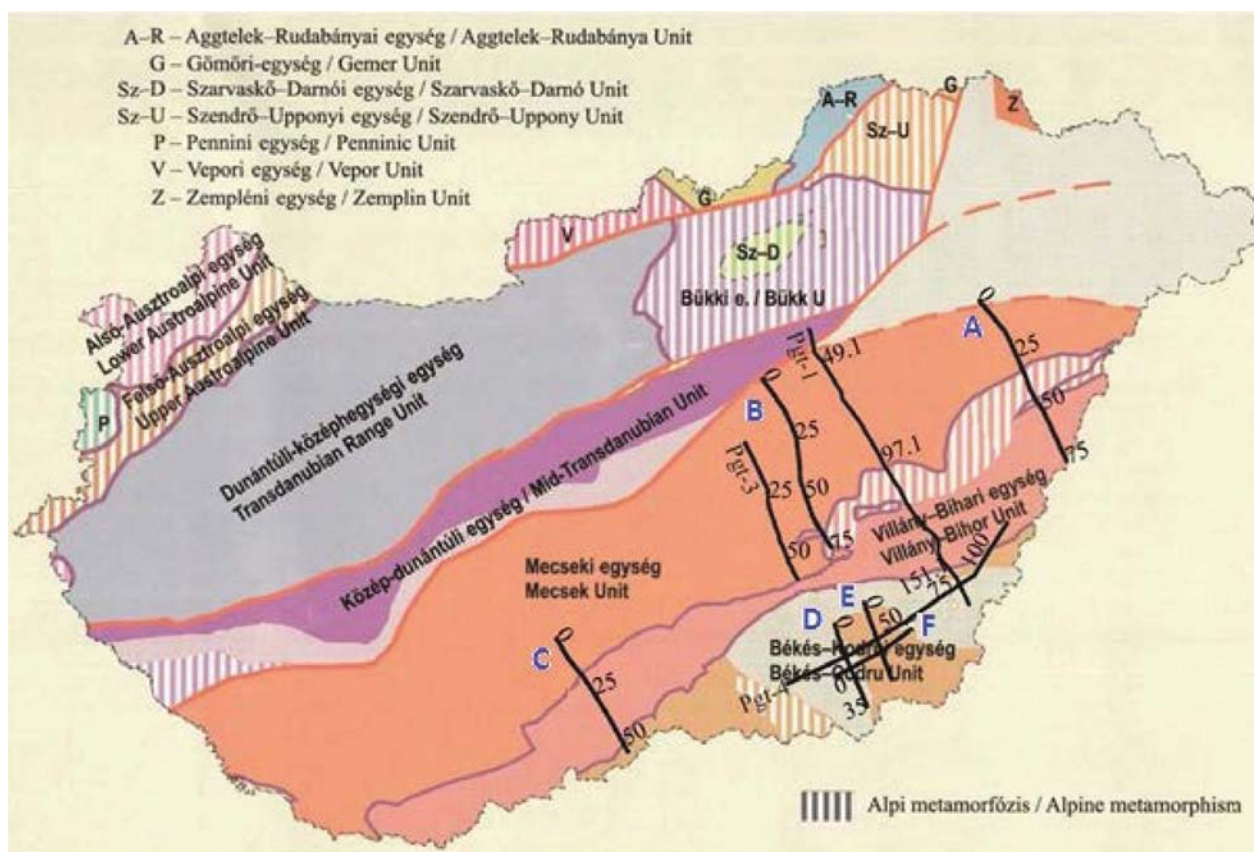
A MOL Nyrt. ipari kutatása során, az 1990-es években 12 s hosszúságú mélyszeizmikus szelvényeket mért, amelyeket azonban csak a kőolajkutatás számára legfontosabb 5-6 s-ig használt fel. Az elmúlt években lehetőség nyílt e szelvények mélyszeizmikus feldolgozására, az adatok tulajdonosának engedélye alapján.

A mérések helyszínrajzi vázlata az 1. ábrán látható, Magyarország nagyszerkezeti egységeit ábrázoló térképen (Haas et al. 2010). Az újrafeldolgozott szelvényeket A, B, C, D, E, F betűkkel jelöltem. Az adatrendszer előnye az általában magas (60), az „A” szelvényen kiemelkedő (240) fedésszám a korábbi nagyalföldi kéregkutató PGT szelvényekhez viszonyítva. Kevésbé kedvező a mélyszerkezet-kutatásához elvárnál rövidebb, a „C” szelvény esetén (~2,8 km) határozottan kis gerjesztésészlelési távolság (offset). Ez alól kivétel az „A” szelvény (~7,2 km). Az alkalmazott geofonok

átviteli függvénye sem ideális az alacsony frekvenciák csökkentése miatt. A feldolgozott szelvények több mint 5700 terepi felvételt tartalmaznak, összesített hosszuk túlnó a 300 km-en. Ez a teljes Pannon Geotraverz (PGT) programot meghaladó szelvényhossz. Az újrafeldolgozott szelvények robbantásos jelforrással készültek, kivéve a „C” szelvény egyik szakaszát és az „A” szelvényt, ahol vibroszeiz jelgerjesztés történt.

Az új mélyszeizmikus szelvények feldolgozásánál a Moho-mélységtérkép megszerkesztését tűztem ki célul a mélységtranszformáció elvégzése után, a korábban mért, PGT jelű szelvények felhasználásával (Posgay et al. 1996). Az új szelvények transzformációját az összegzés előtti mélységmigráció (PSDM) alkalmazásával hajtottam végre.

A terepi adatok számítógépes feldolgozásánál a nemzetközi gyakorlatban elfogadott szeizmikus adatfeldolgozási műveleteket használtam. A technikai előkészítés, szerkesztés, geometriai leírás utáni feldolgozási folyamatból a következő, nem szokásos lépéseket emelem ki:



1. ábra | Szeizmikus szelvények elhelyezkedése Magyarország nagyszerkezeti egységein (Haas et al. 2010)
Figure 1 | The locations of the seismic profiles on the map of the major tectonic units of Hungary (Haas et al. 2010)

- *turning ray* tomográfias sebességmeghatározás, amely maximum 1800 m mélységig adott az észlelési távolságtól függően értékelhető sebességeket,
- refrakciós statikus korrekció számítása az első beérkezések adatai alapján,
- felszínkonzisztens amplitúdószabályozás,
- többablakos felszínkonzisztens dekonvolúció,
- horizontális sebességanalízis számítása és beillesztése a sebességtérbe,
- *turning ray* tomográfias sebességmező beillesztése az integrált sebességtérbe (horizontális sebességanalízis + *velocity spectra* + *turning ray*),
- többszörösök csillapítására a radontranszformációt alkalmaztam,
- összegzés előtti Kirchhoff-görbült sugaras időmigráció (*Kirchhoff-curved ray pre-stack time migration*),
- a maradék dinamikus korrekció meghatározása és alkalmazása (*residual NMO*),
- induló migrációs mélységsebesség modell összeállítása az integrált sebességtér alapján,
- iteratív sebességmodell-javítás mélységmigráció használatával,
- összegzés előtti Kirchhoff-mélységmigráció (*Kirchhoff pre-stack depth migration*),
- a maradék dinamikus korrekció meghatározása és alkalmazása (*residual NMO*).

E műveletek alkalmazásával a valódi amplitúdóarányok minél jobb megőrzése volt a célom. Az alkalmazott programcsomag (ProMAX[®]) lehetővé tette, hogy a migrációs eljárások előtt – az alkalmazott amplitúdószabályozást inverz irányban elvégezve – a migráció elvileg helyes amplitúdókezelése érvényre jusson. Hasonló megfontolások miatt alkalmaztam a felszínkonzisztens dekonvolúciót.

Az alkalmazott migrációs eljárások ismertetése

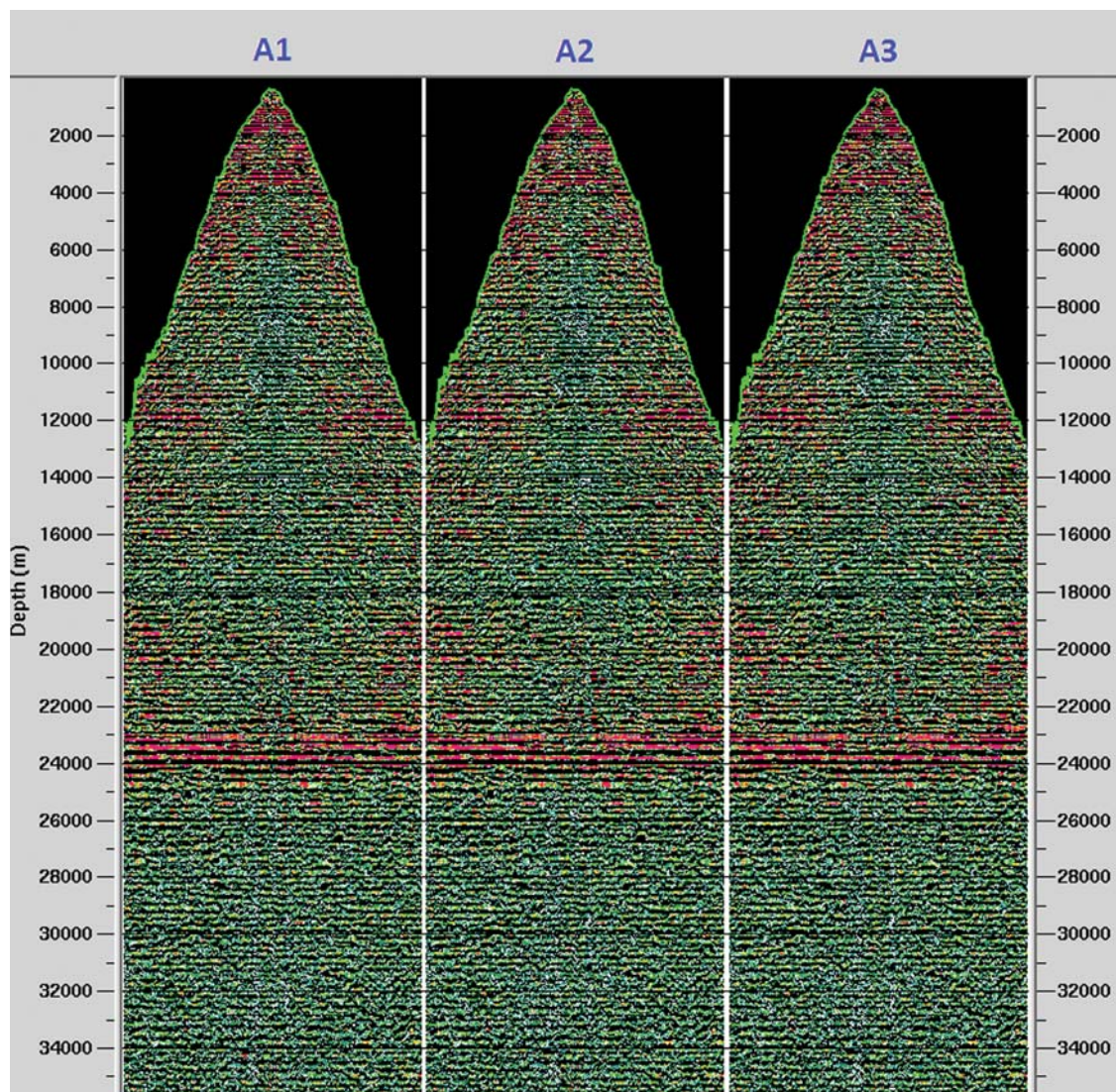
A feldolgozás során a végeredményt képező szelvényeknél a migrációs lehetőségek közül az összegzés előtt végrehajtott műveleteket választottam, mind idő- (PSTM), mint mélységtartományban (PSDM). A Kirchhoff-algoritmusoknál a migráció leggyakrabban a közös offszetgyűjteményeken történik. Ennek megfelelően annyi migrált szelvény lesz, ahány különböző offszetosztályt definiáltunk. Ez különösen hasznos olyan nagy fedésszámú szelvények esetében, mint amelyek jelen munkámban szerepelnek.

A migráció végrehajtásának ez a módja – szemben az összegszelvényen végrehajtott művelettel – több előnyös tulajdonsággal rendelkezik:

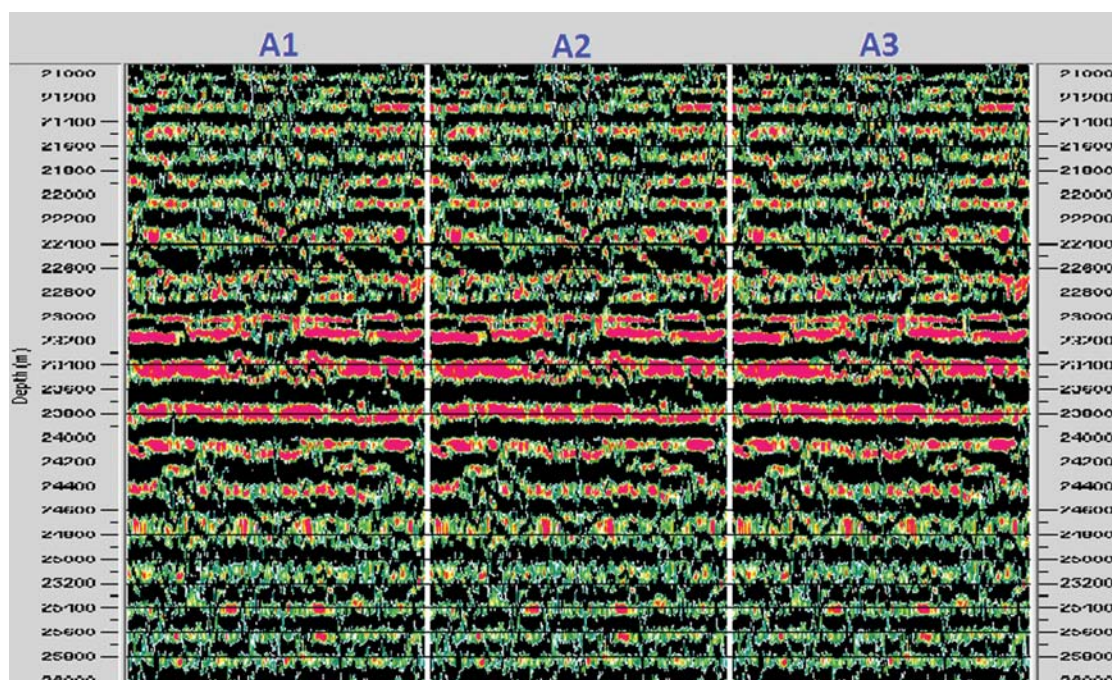
- az összegzés előtti migráció pontosabb migrált képet ad, főleg nagy laterális sebességváltozások esetén,

- a különböző észlelésű, távolságú migrált szelvényeken a migrációs zavarok felismerhetővé és eltávolíthatóvá válnak,
- a különböző észlelésű, távolságú szelvények közös mélységpont (CMP) szerint rendezve, további sebességanalízis lehetőségét adják,
- a sebességek a migrációs iterációk során egyre pontosabbá válnak, így a mélységtranszformáció megbízhatóbb lesz,
- a zavaraszűrésben rendkívül hatékony összegzési technika alkalmazása az eredmény minőségét és megbízhatóságát tovább javítja,
- az időbeli migrációnál (PSTM) az általam használt ProMAX programcsomag görbültség-utak figyelembevételére is lehetőséget ad (*Kirchhoff-curved ray pre-stack time migration*),
- a magyarországi mélyszeizmikus kutatásban ezeket a műveleteket korábban nem alkalmazták, ezért jelentős minőségjavulás várható.

Mélységmigrációhoz az általam használt ProMAX programcsomag „Prestack Kirchhoff Depth Migration” modulját használtam. A program három megoldási lehetőséget ajánl fel. Az Implicit Eikonial Solver, a Maximum Amplitude Ray Tracing és a Multi-Arrival Ray Tracing módszert. Az Implicit Eikonial Solver módszer az amplitúdókat nem kezeli, csak a beérkezési időket veszi figyelembe, ezért csak x és z irányban kevésbé változó sebességtér mellett használatos. Előnye a gyorsasága. A Maximum Amplitude Ray Tracing módszer az amplitúdókat is figyelembe veszi, közülük egyet, a maximális amplitúdót használja. Az általam használt Multi-Arrival Ray Tracing módszer az öt legnagyobb energiával jelentkező beérkezést használja, így nagy sebességgradiensű közegekben is eredményes. Olyan esetekben is ad leképezést, amikor valamely kis sebességű betelepülés miatt a hullámfront hurkot vet, és egy adott helyen a beérkezési idő többértékűvé válik. Hátrányt jelent, hogy jelentős számítógépes kapacitás szükséges az alkalmazásá-



2. ábra | Az „A” szelvény három, egymást követő, közös mélységponti (leképezési) gyűjteménye az összegzés előtt elvégzett Kirchhoff-mélységmigráció után, a szelvény első harmadából
Figure 2 | Three consecutive common image points gathers after Kirchhoff depth migration from the first third of „A” profile

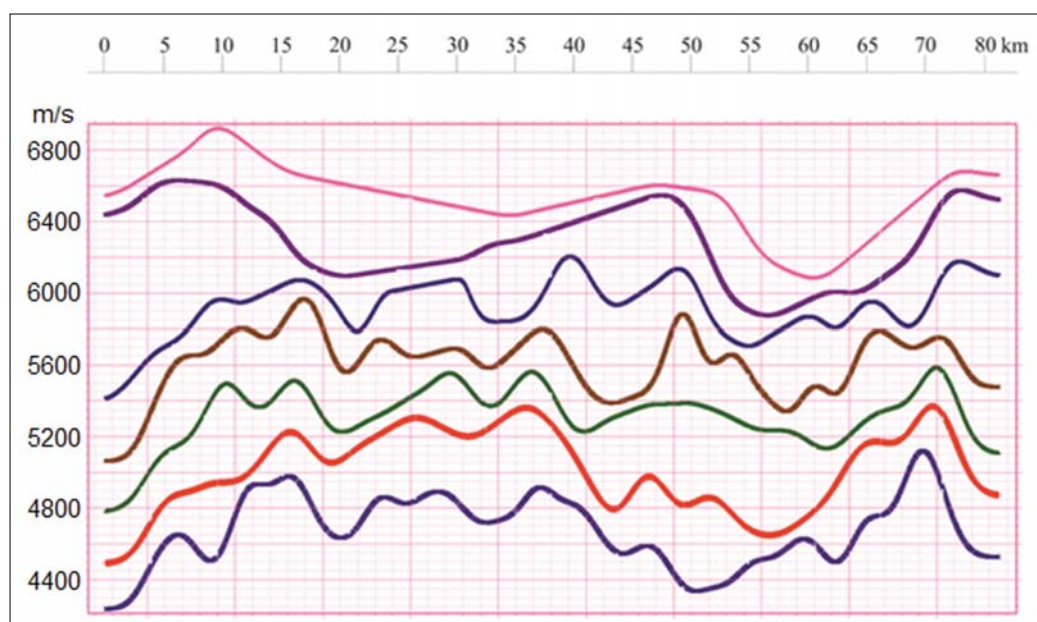


3. ábra | Az „A” szelvény közös mélységponti gyűjteményének (2. ábra) kinagyított, Moho környéki részlete
Figure 3 | Magnified detail of the Fig. 2, common image point gathers around the Moho horizon

hoz. Az általam használt fontosabb paraméterek, a migrációs fél apertúra 7000 m, kimeneti CMP köz 15 m voltak, 90° maximális beérkezési szög mellett.

Az összegzés előtti mélységmigráció legfontosabb bemenő paramétere a megfelelő pontosságú sebességtér. Ennek lehető legpontosabb meghatározása több lépésben történt. A sebességmező meghatározásának első lépése a bemerülő hullámos (*turning ray*) tomográfiai módszer alkalmazása

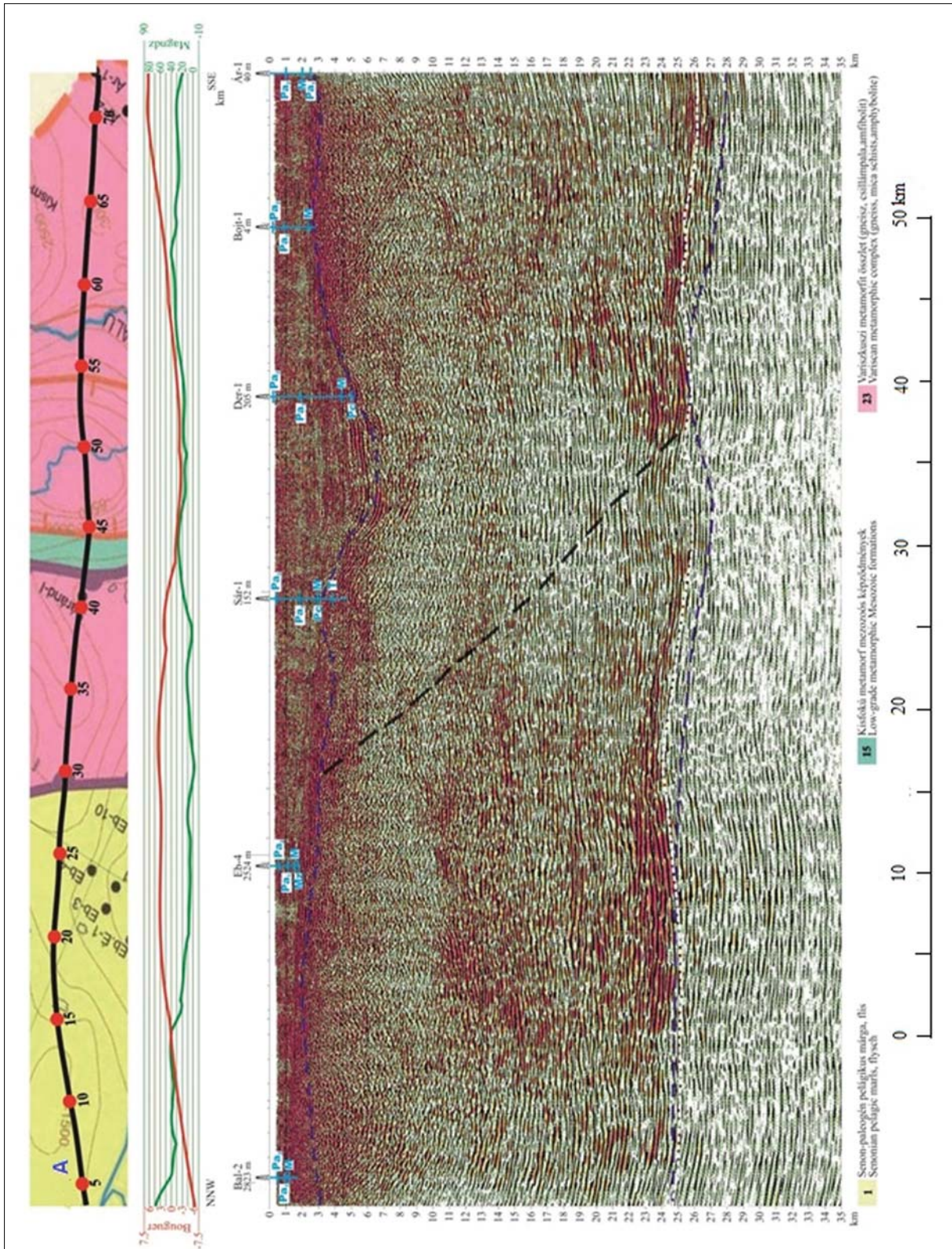
volt. A módszer behatolási mélységét a maximális offszet és a felszínközeli sebességeloszlás határozza meg. A maximális forrás–észlelési távolság esetében 2337 m és 7185 m között változott, ennek megfelelően maximum 1800 m mélységtartományra kaptam értékelhető adatokat. Második lépésben sebességspektrumok (*velocity spectra*) segítségével végeztem el a sebességanalízist. Az első sebességmeghatározás után maradék statikus korrekciót számítottam és alkalmaz-



4. ábra | Az „A” szelvény horizontális sebességanalízisének eredménye. Vertikális skálán a meghatározott sebességértékek (m/s), alulról felfelé haladva az 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 s horizontok mentén
Figure 4 | The results of the horizon velocity analysis are shown along the profile „A”. The horizons were set at 5, 6, 7, 8, 9, 10 and 11 seconds. The results are displayed from bottom to top, respectively

tam. Ezt a műveletsort kétszer ismételt meg a sebességtér és a statikusok minél pontosabb meghatározása érdekében. A kapott sebességekkel végrehajtottam a dinamikus korrekciót. A dinamikusan korrigált CMP gyűjteményeken maradó dinamikus korrekciós értékeket határoztam meg és alkalmaztam az összegszelvény elkészítésénél.

A sebesség meghatározásnál a *velocity spectra* eljárás a nagyobb beérkezési időknél és a nagyobb sebességeknél nem elég pontos a korlátozott offszetknél (<5000 m). Hogy javítsam a meghatározás megbízhatóságát, konstans időhorizontok mentén (5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 s) horizontális sebességanalízist végeztem.



5. ábra | Az „A” mélység-szelvény összegzés előtti mélységmigrációja (Kirchhoff PSDM)
Figure 5 | The prestack Kirchhoff depth migrated image of the „A” profile

A sebességértékek megbízhatósága a meghatározott *semblance*-értékkel egyenesen arányos. Ezért a 0–1 tartományú skálán a 0,3 alatti *semblance* értékű adatokat kihagytam, és az adott helyre interpoláltam a sebességet. A kapott értékeket a sebességspektrum (*velocity spectra*) eljárással meghatározott sebességtérbe illesztettem, és az értékeket simítottam. Az „A” szelvény horizontális sebességanalízisének eredménygörbéi láthatók a 4. ábrán.

A mélységmigráció elvégzése után, mint ahogy a feldolgozási lépések listájában szerepel, maradék dinamikus korrekciójavítást végeztem. Ezután az összegzés előtti CMP gyűjteményeket ellenőriztem. A szeizmogramokon a reflexiós beérkezések az észlelési távolságoktól függetlenül, vízszintesen helyezkednek el. Ez arra utal, hogy jelentős statikus vagy dinamikus korrekciós hiba nem áll fenn. Az „A” szelvény egy pontjára közlöm az eredményeket a teljes mélységtartományban (2. ábra), valamint a Moho környékét kinagyítva (3. ábra). A szeizmogramok amplitúdó szerint vannak színezve, a meleg színek a nagy pozitív amplitúdót jelölik.

A választott feldolgozási munkamenet eredményeként kapott mélységszelvények közül illusztrációként az „A” szelvényt mutatom be (5. ábra).

A közölt szeizmikus szelvény összegzés előtti mélységmigrációval készült mélységszelvény. Az 5. ábra felső részén Magyarország pre-kainozoos térképének aktuális kivágata látható a szelvény nyomvonalával. A nyomvonalon piros pontok jelölik a távolságskálát. Alatta piros vonallal a szelvény menti Bouguer-féle gravitációs anomáliák, zöld vonallal pedig a mágneses ΔZ értékek vannak feltüntetve. Néhány jellegzetes fúrás is szerepel, vázlatos rétegsorokkal. A szelvénybe rajzolt felső kék szaggatott vonal a Pre-Tertiary Basement Contour Map (Kilényi, Sefara 1991) szerinti mélységet jelzi. Az alsó kék szaggatott vonal egy korábbi Moho-mélységtérkép adata (Eperjesi 1996, Posgay et al. 1998). A szaggatott fehér vonal az általam meghatározott Moho-horizontot jelöli. A szelvény alatt Magyarország pre-kainozoos térképéhez tartozó jelmagyarázatot közlöm (Haas et al. 2010). A szelvények amplitúdó szerint vannak színezve, a meleg színek pozitív amplitúdót jelölnek.

A szelvényeken az általam jelölt Moho-szint lokális pozitív amplitúdóanomáliával jelentkezik. A Moho-ként értelmezett felület mélységének változása jól követhető. Ugyancsak jól követhetőek a horizont menti reflexiós amplitúdóváltozások is. A legnagyobb akusztikus impedanciakontraszt a neogén üledékek és mezozoos aljzatuk között lép fel. A szelvények nagy részén 14–16 km mélységben is reflektáló felületek azonosíthatók. Az alsó és a középső kéreg szerkezetének pontosabb leképezésével az eddigi ismereteinket megaladó részletekre derülhet fény.

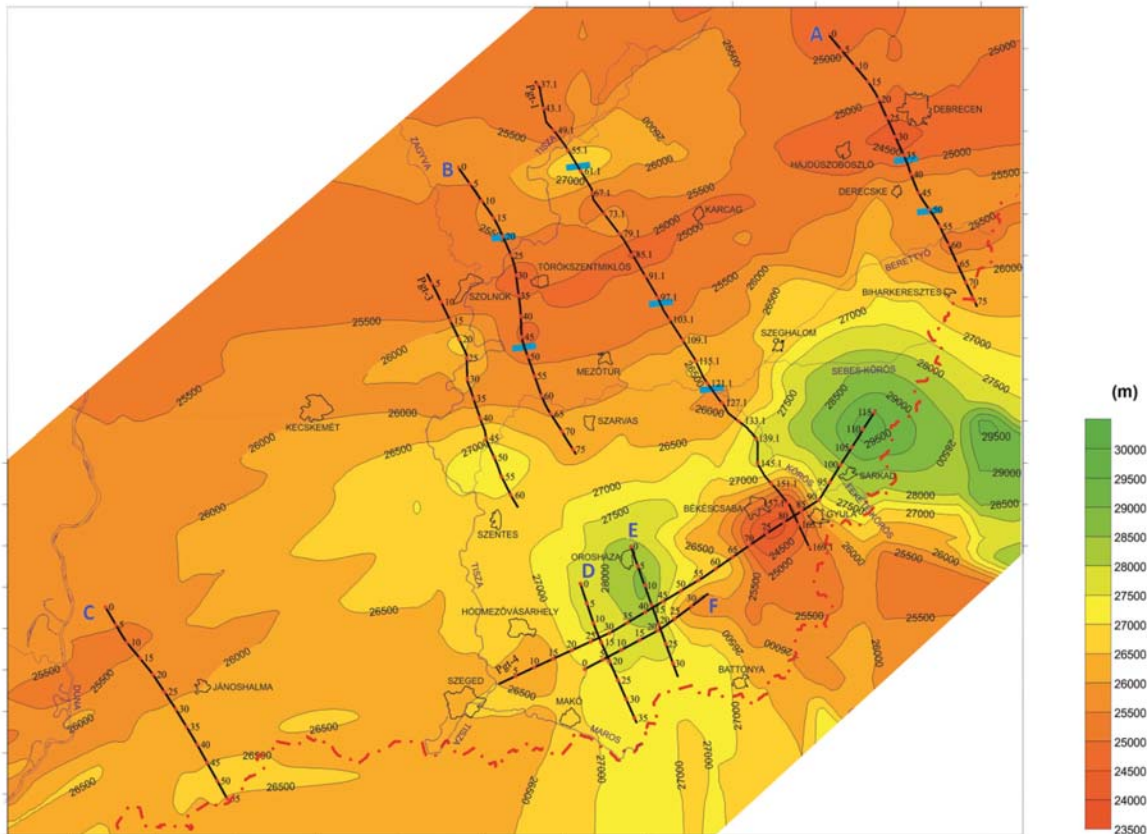
Mint az 5. ábra is mutatja, a megfelelő pontosságú sebességtér felhasználásával készült, összegzés előtti mélységmigráció (PSDM) jól értelmezhető mélységszelvényt eredményezhet a mélyszeizmikus kutatásban. Az időtartománybeli összegzés előtt végzett migrációval (PSTM) szembeni nagy előnye, hogy az idő–mélység transzformációt egy, a

migrációs eljárás során kontrollálható és javítható sebességtér felhasználásával hajtja végre. Az eredményszelvények a jövőbeli kutatási feladatok biztos alapját képezhetik.

A terület új Moho-mélységtérképe

A Mohorovičić-felület új adatok alapján szerkesztett mélységtérképe a 6. ábrán látható. A kiegészített vonalháló több kereszteződést tartalmaz. Korábbi Moho-térképek szerkesztésénél csupán a PGT-4, PGT-1 és a PGT-1, PGT-2 kereszteződés biztosított azonos mélységpontra két független adatot. Az utóbbi a PGT-2 szelvény csekély hossza miatt csökkent súlyú, ezért a helyszínrajzon (1. ábra) nem tüntettem fel. Az 1. ábrán látható kibővített vonalháló a Battonyapusztaföldvári hátság és a Makói árok keleti, délkeleti lejtőjére vonatkozó ismereteinket sűríti („D”, „E”, „F” szelvények). Az „A” és a „B”, a PGT-1 és PGT-3 szelvényekkel együtt hálót alkot, amely a Közép-magyarországi Vonaltól délkeletre eső területet képezi le. A „rég” (90-es években készült) és az „új” szelvények mélységadatai a kereszteződésekénél jól illeszkednek, amplitúdó lefutásuk hasonló. A szeizmikus reflexiók amplitúdóinak kvantitatív összehasonlítása az eltérő feldolgozási munkamenet miatt további elemzést igényel. A Magyarország területére vonatkozó korábban készült Moho-térképek kevésbé differenciáltak (Mituch, Posgay 1972, Posgay et al. 1991, Horváth 1993, Posgay et al. 1998). A PGT jelű, mélyreflexiós szelvények elkészültéig a Moho-mélységtérképeket a refrakciós menet-időgörbékéből szerkesztett mélységszelvények adatai alapján szerkesztették meg. A refrakciós kiértékelés a gyors, de a viszonylag csekély mélységváltozást az áthaladó hullámok miatt elmosódottan jelzi. A refrakciós szelvényeken a robbantópontok száma messze alatta maradt a Pannon Geotraverz vagy a jelen feldolgozás szelvényeinek adatainál. Az 1998-ban publikált Moho-térkép (Posgay et al. 1998) már tartalmazza a Pannon Geotraverzek szeizmikus reflexiós adatait, ezért a térkép részletgazdagabb. A 2004-ben kiadott „A Pannon-medence jelenkori geodinamikájának atlasza” (témavezető: Horváth, F.) kéregvastagságtérképet is tartalmaz. A térkép szerkesztésénél azt a határfelületet értelmezték Moho-nak, ahol a P hullámsebesség 8.0–8.2 km/s értékre növekedett (Horváth 2007). 2011-ben a CEL vonalakra támaszkodva, olyan Moho-mélységtérképet publikáltak (Janik et al. 2011), amely az általam vizsgált terület északi részét fedi le.

Az általam szerkesztett mélységtérkép (6. ábra) a korábbiaknál sűrűbb, 500 m-es szintvonalközzel készült, így részletesebb térképet ad. A térkép mutatja a feldolgozott szelvények nyomvonalát is. Új eredmények tartom, hogy a térképen olyan szerkezeti elemek jelennek meg, amelyek korábban csak nagyszerkezeti elemzésekben vagy Magyarország pre-kainozoos földtani térképén (Haas et al. 2010) kerültek felvázolásra. A Közép-magyarországi Vonallal közel párhuzamosan futó Moho-gerincevonulat korrelálható az „A” szelvény (30 km), a PGT-1 (85 km), a „B” szelvény (35 km) metszéspontjain keresztül. A PGT-3-as szelvényen



6. ábra | A Mohorovičić-diszkontinuitás mélységtérképe a vizsgált területen. A szelvények nyomvonalára merőleges, kék jelek a szelvényeken értelmezett elmozdulási zónák és a Moho-felület metszéspontját mutatják
Figure 6 | The depth map of the Mohorovičić discontinuity over the research area. The short blue bars, perpendicular to the profile's tracks marks the intersections of the interpreted weakened zones and the Moho horizon

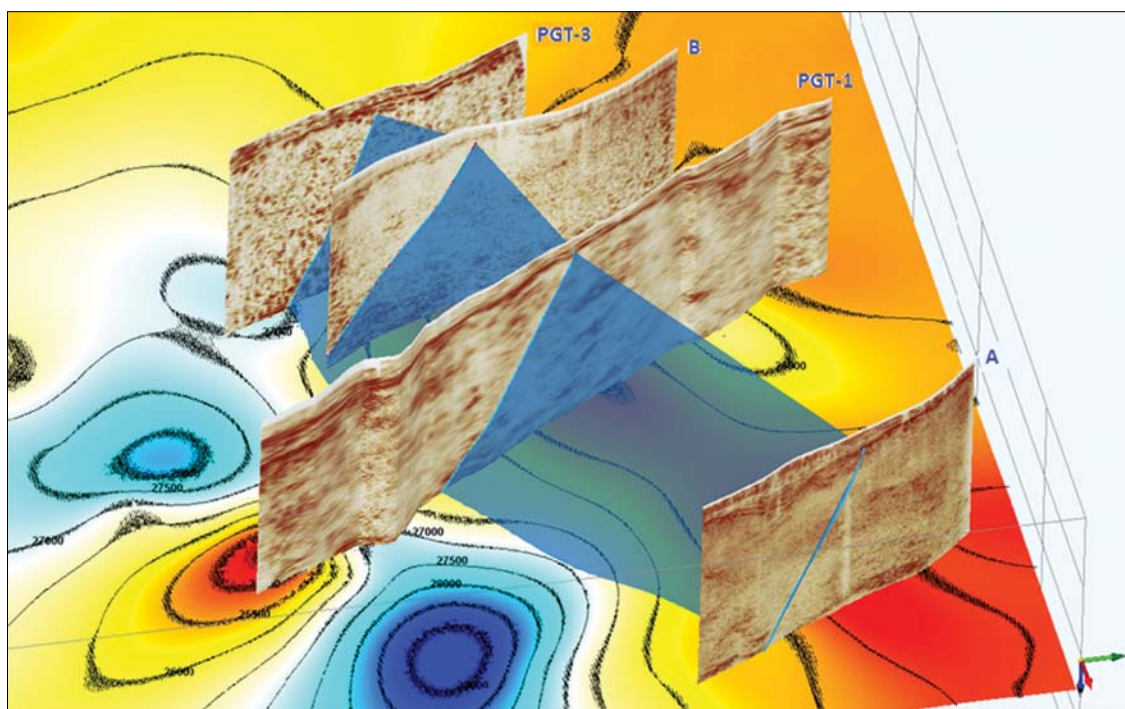
a gerincvonulat ellaposodik, és kissé északi irányban elfordulást mutat. A „C” szelvény ~5. és 13. kilométere között szintén kiemelkedést térképeztem, ennek korrelációja a PGT-3-tól az „A” szelvényig futó kiemelkedéssel a viszonylag nagy távolság miatt bizonytalan. Elképzelhetőnek tartom, hogy a PGT-3 és a „B” között egy északnyugat–délkelet irányú elmozdulás történt. A gerinc laposan dőlő délkeleti oldalát egy süllyedék zárja le, az „A” 75. szelvénykilométerre, a PGT-1 135. szelvénykilométerre, a „B”, „E” szelvények között, és a PGT-3, „D” szelvény között keresztülhaladva. A 90-es évek elejétől ismert kiemelkedést, a PGT-1 és PGT-4 között a térkép tartalmazza. Legmagasabb pontját 24000–23500 m mélység közé becsültem. A Moho-mélység a Békési medence alatt ~29500 m, a Makói árok alatt ~28500 m.

A 7. ábra az általam szerkesztett Moho-mélységtérképre ültetve mutatja a szelvényeket 3D-ben. A térkép 500 méterenként a szintvonalakat is adja. Kék áttetsző színnel ábrázoltam azt a csúszási, nyírási felületet, amely az „A” szelvényt az ott feltüntetett szaggatott fekete vonal (5. ábra) mentén metszi. Hasonló elmozdulási zónákat jelöltek a PGT-1 szelvényen Posgay és szerzőtársai (Posgay et al. 2009, Posgay et al. 2011). Az „A” szelvényen jelölt síkot követve a PGT-1 szelvényen a Posgay és szerzőtársai által jelölt elmozdulási övig, majd tovább korrelálva a „B” és

PGT-3 szelvényeken keresztül rajzolódik ki a kék áttetsző felület. A felületet az üledékes aljzattól kezdve szerkesztettem meg. A felület dőlése íves, 30–40° között változik. A szelvények között lineáris interpolációt alkalmaztam. A csúszási, elmozdulási felület keresztülmetszi a Moho szintjét a mélységtérképen megjelenő, a Makói ároktól és a Békési medencétől ÉNy-ra kialakuló mélyedés peremén. A Moho-mélységtérképen (6. ábra) az „A” szelvény nyomvonalára merőlegesen, ~50 km-nél kék jelzéssel felvittem az elmozdulási öv és a Moho-felület metszéspontját, ugyanígy a PGT-1 szelvényen is a ~121 szelvénykilométernél. Az ábrázolt sík a „B” szelvény vége után éri el a Moho-t, ezért ott nem jelöltem.

Következtetések, összefoglalás

Az eredetileg nem kifejezetten mélyszerkezet-kutatásra tervezett szelvények is hasznos információt hordoznak a Moho mélységtartományában. Az elkészült szelvények alapján az alkalmazott feldolgozási módszer megfelelőnek bizonyult. A valódi amplitúdók megőrzésére törekedő feldolgozási munkamenet lehetőséget adott a szeizmikus reflexiók amplitúdókra támaszkodó értelmezésre. Az összegzés előtt elvégzett migrációs eljárás megbízható eredményt adott.



7. ábra A Moho-mélységtérképen (6. ábra) ábrázolt szelvények egy részének térbeli helyzete. Az áttetsző kék sík a szelvényeken értelmezett, legdélebbi mozgási öv térbeli helyzetét mutatja. Az ábra jobb alsó sarkában a színes tengelyirányok a tájolást jelzik. A piros nyíl a keleti égtáj felé mutat

Figure 7 Moho depth map (Fig. 6) overlaid by selected profiles in perspective view. The transparent light blue plane shows one of the interpreted weakened zones. Arrows at top right corner indicate the orientation, the red arrow shows to East

A megszerkesztett mélységtérkép a korábbiaknál részletesebb, a vizsgált megaegység szerkezetét jobb felbontásban ábrázolja. A sűrűbb vonalhálózatra támaszkodva megjelöltem és perspektivikusan ábrázoltam egy olyan meggyengült mozgási övet, amely feltételezésem szerint a Tiszai egység mélyszerkezetének kialakulása során jelentős lehetett.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom a MOL Nyrt.-nak, hogy az adatokat átadták, és az újra feldolgozásukhoz hozzájárulni szíveskedtek. Köszönöm az MFGI vezetőségének, hogy a publikáció közlését engedélyezték. Köszönöm Posgay Károlynak, Hegedűs Endrénak és Szalay Istvánnak a hasznos észrevételeiket, és Banciu Gábornénak az ábrák elkészítésében nyújtott segítségét.

A tanulmány szerzője

Gúthy Tibor

Hivatkozások

- Eperjesi B., 1996: A kéreg és köpeny határának vizsgálata a Pannon-medencében geofizikai adatok alapján. Diplomamunka, Miskolci Egyetem
- Haas J. (főszerk.), Budai T. (szerk.), Csontos L. (szerk.), 2010: Magyarország pre-kainozoos földtani térképe: M. 1:500 000. Budapest, MÁFI
- Horváth F., 1993: Towards a mechanical model for the formation of the Pannonian basin. *Tectonophysics* 226, 333–357
- Horváth F. (témavezető), 2004: A Pannon-medence jelenkori geodinamikájának atlasza.

- Horváth F., 2007: A Pannon-medence geodinamikája. Akadémiai doktori értekezés
- Janik T., Grad M., Guterch A., Vozár J., Bielik M., Vozárova A., Hegedűs E., Kovács A. Cs., Kovács I., Keller R. G., CELEBRATION 2000 Working Group, 2011: Crustal structure of the Western Carpathians and Pannonian Basin: Seismic models from CELEBRATION 2000 data and geological implications. *Journal of Geodynamics* 52, 97–113
- Kilényi É., Sefara J., 1991: Pre-tertiary basement contour map of Carpathian Basin, beneath Austria, Czechoslovakia and Hungary. *Geophysical Transactions* 36, 1–2
- Mituch E., Posgay K., 1972: The crustal structure of Central and South-Eastern Europe based on the results of explosion seismology. *Geofizikai Közlemények, Különszám*, 118–129
- Posgay K., Albu I., Mayerova M., Nakladalova Z., Ibrmajer I., Blizkovsky M., Aric K., Gutdeutsch R., 1991: Contour map of the mohorovicic discontinuity beneath Central Europe. *Geophysical Transactions* 36/1–2, 7–13
- Posgay K., Takács E., Szalai I., Bodoky T., Hegedűs E., Jánváriné K. I., Timár Z., Varga G., Bérczi I., Szalay Á., Nagy Z., Pápa A., Hajnal Z., Reilkoff B., Mueller St., Ansorge J., Delaco R., Asudeh I., 1996: International deep reflection survey along the Hungarian Geotraverse. *Geophysical Transactions* 40/1–2, 1–44
- Posgay K., Bodoky T., Hegedűs E., (1998): Szeizmikus litoszférai és asztenoszféra-kutatás – eredmények és nyitott kérdések. *Magyar Geofizika* 39/3, 90–99
- Posgay K., Falus Gy., Kovács I., Kovács A. Cs., Bodoky T., Hegedűs E., 2009: A Tisza nagyszerkezeti egység takaróinak litoszférai méretű vázlata. In: *Magmás és metamorf képződmények a Tiszai egységben*. Geolitera, Szeged, pp. 11–27
- Posgay K., Bodoky T., Falus Gy., Kovács I. J., Madarasi A., Gúthy T., Hegedűs E., Kovács A. Cs., 2011: A Tisza és a száva-bükki egység szerkezetének alsó – krétabeli alakulása. *Magyar Geofizika* 52/3, 135–150

Találkozásom a „geofizikával”

1948 tavaszán a Gödöllői Premontrei Gimnázium hatodik osztályában (a régi nyolcosztályos rendszer szerint) vegytan órán tanárunk a kőolajról és a kőolajkutató módszerekről beszélt. Megemlítette az Eötvös ingás kutatását és egy olyan új módszert, amely robbantással keltett energiahullámok visszaverődése alapján határozza meg a szénhidrogének tárolására alkalmas földtani szerkezetek mélységét és alakját. Akkor még halvány sejtésem sem volt, hogy ez a kutatási módszer nem is olyan sokára lényeges szerepet fog játszani életem során. Érettségi után (1950) annak ellenére, hogy az jelesre sikerült, egyetemre nem vettek fel „helyhiány” miatt. Abban az időben, a „fordulat éve” után elsősorban munkásparaszt származású fiatalok kerültek előtérbe. Inséges időket éltünk, édesanyám özvegyi nyugdíja alig volt elég a szükséges megélhetéshez, esetleges egyetemi felvételem esetén ösztöndíjra nem is számíthattam volna. Nem volt más választásom, mint valamilyen munka után nézni. Sikerült is segéd munkásként elhelyezkednem a magasfeszültségű távvezeték építő Siemens Műveknél Rákosfalván. Egyik hasonló sorsú osztálytársammal hatalmas távvezeték tartó oszlopok földeléséhez mély gödröket ástunk munkabrigádban Zugló–Rákosfalva–Kőbánya vonalában. Tikkasztó meleg nyár volt, elég keserves munka volt „úri gyerekeknek”, mégsem éreztük magunkat rosszul, fiatalok voltunk és volt humorérzékünk. Jellemző segéd munkás társaság jött ott össze, javarészből kirúgott, elbocsátott reakciós elemek, mint pl. honvéd térképező tiszt, Pest vármegye alispánja, üzletét feladni kényszerült gödöllői fűszeres, orvosi egyetemről kirúgott, volt premontrei öregdiák stb., stb. Mintegy három hónap eltelté után egy elfertőződött pattanás miatt kialakult jobb lapockám tájékán egy úgynevezett „karbunkulus”. Magas lázám lett, Gödöllőről a körzeti orvos azonnal beutalt Budapestre, a Péterfi S. utcai rendelőintézetbe, ahová akkor tartoztunk. Vizsgálatkor a sebészorvosok hümmögtek a hátam mögött mondván, ők az operációt nem vállalják, mert a páciensnek magas „febrise” van (latin tanulmányaimból tudtam, hogy ez lázat jelent). Mondhatnám, hogy legjobb úton voltam a vérmérgezéshez. Végül magas lázas állapotban beutaltak a Szent István kórházba, ahol még aznap elvégezték az operációt. Hála Istennek semmi különös szenvedéssel sem járt, elaltattak. Néhány nap után hazakerültem, és hónapokon át hetente táppénzt kaptam, amelyet minden alkalommal Sashalmon kellett felvennem, mert ott volt az SZTK kifizetőhelye. Emlékszem, hogy ez 100 forint 40 fillér volt hetenként. Ma már nevetséges összegnek tűnik, de akkor ez elég jó pénz volt, hiszen havi 400 Ft fizetésnek felelt meg. Jókora méretű sebem eléggé nehezen gyógyult, hetente be kellett jönnöm a Péterfi S. utcai kórházba, ahol tenyérnyi sebemet átkötözték (nagyon jól esett, amikor az ápolónők sebbenzines vattával tisztogatták,

mert nagyon tudott viszketni). November közepén gyógyultnak nyilvánítottak, majd megkaptam a munkakönyvemet is a Siemenstől, a folyamatos távvezeték-építés velezárójaként elköltözőben voltak már, és segéd munkásokat nem vittek magukkal. Egyébként a jobb vállam alatti nagy seb hely ma is jól látható, már többen kérdezték, hogy a háború alatt szerzett repesz se sértülés helye-e, esetleg nem 56-os „tevékenységem”-ből származik-e. Ha Hány János lennék, szép meséket találhatnék ki hozzá.

A következő év (1951) márciusának végéig munka nélkül maradtam. Időközben kaptam jóindulatú ismerősöktől állásajánlati címekeket, de ezeknél „szerencsémre” kudarcot vallottam. Általában nem nyertem el a beajánlott fogadó „elvtárs” rokonszenvét, és pl. a sztálinvárosi (dunapentele) építkezéseket ajánlották üzemi helyett. Gimnazista társam ügyvéd édesapja jóakartú segítségével is kezdődött valami. Megkaptam tőle egy budapesti vasbeton üzem igazgatójének címét, aki neki nagyon hálás volt, mert férjét ügyes ügyvédi közbenjárásával megmentette a börtöntől. Ebben az üzemből vasbetonszerelő szakmunkásokat képeztek. Elmentem a megadott címre, de az erélyes portás elzavart, mondván, hogy „nincs felvétel”! (A portásnak azóta is áldom a nevét.) István bácsi sajnálta, hogy nem voltam rámenőbb, mert az illető asszony várt engem, de akkor már megcsillant a következőkben az újabb reménység, és nem próbálkoztam újra, így hát nem lett belőlem sem kőműves segéd munkás, sem vasbetonszerelő. Gödöllői szomszédunk *Pálos Miklósék* voltak. Miklós édesanyja (a gödöllői alvégi kispóstát vezette) szerint fia az „olajosoknál” dolgozott, miután a Tud. Egyetem fizika tanszékéről elbocsátották, mert nem volt valami kiváló „kádér”. Ezután került Miklós a M. Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézetbe, szeizmikus osztályára belső és terepi munkakörbe. Kutatócsoportjuk április elején a szomszédos Máriabesnyőre költözött szeizmikus mérések végzésére. Miután Miklós megtudta, hogy nincs állásom, azt ajánlotta, hogy jelentkezsem a csoportnál, amelynek akkor ő volt a vezetője, s éppen segéd munkásokat keresnek. Természetesen azonnal jelentkeztem felvételre, és a kitűző részleg egyik figuránca lettem. Színes kitűzőbotokkal és szintezőlécekkel szaladgáltunk a kutatási területen Gödöllő–Valkó–Vácszentlászló–Tura–Boldog községek vidékén. Nevetséges fizetést kaptunk, az órabér 1 forint 70 fillér volt. Ez a munka sem tartott sokáig, mert egy hónap elteltével az egész csoportot átírányították az alföldi Biharnagybajomra, ígéretesnek induló olajmező kutatására, így hát újra munkanélküli lettem. Megpróbálom összefoglalni a kutatócsoportban látottakat. Szeizmikus reflexiós méréseket végeztek, ehhez 15–25 m mély robbantási pontokat fúrtak Craelius svéd fúróberendezéssel. Nagyon látványos volt a gépkocsira szerelt fúrótorony hidrau-

likus felállása és működése a kijelölt ponton. A lyukakba 0.5–5 kg súlyú dinamit robbanótöltetet helyeztek hosszú alumínium löpálcák segítségével, vízoszlopfójtással rugalmas hullámkeltés céljából. A robbantást automatikusan a műszerkocsiból lehetett indítani. A rengéshullámok visszaverődését – reflexióját – talajmozgás formájában kitűzött vonal mentén, egymástól 25 m távolságra kihelyezett 24 érzékelő geofon¹ vette fel és alakította át elektromos jellé. A $\mu\text{V} - 1\text{ V}$ nagyságrendű jelek a kiterített kábeleken keresztül a műszerkocsiban felerősítve, szűrve, amplitudószabályozott formában széles fotópapírszalagra rajzolódtak. Az így előállt szeizmogrammon láthatóvá váltak a visszaverődött szeizmikus hullámok „beérkezései” és azok pontos terjedési ideje ezredmásodpercnyi pontossággal leolvashatóan. Eredményes felvétel után a műszerkocsi átállt a féltérítéshossznyi² távolságra levő következő állásba.

A csoport a feladat szerint részlegekre oszlott: kitűző, fűró, robbantó, észlelő, kiértékelő részlegre megfelelő számú betanított és segédmunkással. A műszerkocsiban a svéd gyártmányú műszert *Ádám Oszkár* fiatal bányakutató-mérnök kezelte mint „észlelő”. *Koltai Pista* technikus volt a kitűzőrészleg vezetője, a fűrómester *Barabás Lajos* bácsi, a robbantósokat „*Janika bácsi*”, egy alacsony, kopasz, vékony hangú bányamérnök felügyelte. Ha valami probléma volt, felkiáltott: „A súlybá belé...!” Vezető robbantómester egy idős bányamester volt, hozzá tartozott 3 fiatal gyakorló robbantómester is, mindhárman hajdúszoboszlóiak. A dinamit raktározása, szállítása a robbanóanyag-felelős (*Szilágyi Sándor* bácsi) irányításával szigorú szabályok szerint történt. A részlegekhez tartozó gépkocsikat (fűró, robbantó, vizes³, műszer, személyszállító, csoportvezetői gépkocsik) abban az időben a teljes foglalkoztatás jegyében csak hivatásos gépkocsivezetők vezethették, a részlegvezetők nem. Az irodában a kiértékelők dolgoztak (*Lendvai Károly*, *Kilczér Gyula*). Asztalukon láttam meg először a sárga színű „Geophysics” című, angol nyelvű folyóiratot, amely mondhatni, Bibliaként szolgált a szakma művelői számára. Egyébként a csoportnál és – amint később is tapasztalhattam az Intézetben – mondhatni, családias volt a hangulat, az alkalmazottak hivatalos megszólítása „kartás, kartársnő”, a köszönés pedig mindenkor a bányászköszöntés, a „Jó szerencsét!” volt.

A csoportnak több hivatalos látogatója volt: *Renner János* igazgató, *Szénás György* geológus, *Facsinay László* geofizikus és *Stegena Lajos*, aki az általa tervezett új geofonokkal végzett kísérleteket. Kellemetlen látogató is adódott egyszer, a Földtani Intézet csinos, de ellenszenves párttitkárnője „Békekölcsön-jegyzésre” jött le (nem aratott osztatlan sikert, többen halkán morogtak a háta mögött...).

Nem hagyhatom ki visszaemlékezésemből, hogy a svéd gyártmányú Volvo kisbuszra szerelt 24 csatornás svéd Aktibolaget Elektrisk Malmletning (ABEM) gyártmányú,

teljesen korszerű műszer látványa milyen lenyűgöző hatással volt rám. Egyszer ott ögyelegtem a műszerkocsi körül, és láttam, hogy *Ádám Oszkár* észlelő látogatója előtt kitarja a műszerszekrény két szélső szárnyát, így jól láthatóvá vált a 24 erősítő 72 db parázsló fényben világító miniatűr elektroncsővel, és hallható volt az erősítőket tápláló konverter halk zümmögése, titokzatos kapcsolók, kijelzők és leffentyűk sokaságával. Földbe gyökerezett lábbal bámultam, mint az a bizonyos borjú az új kapura... Ha valaki akkor azt mondja nekem, hogy három hónap múlva én fogok ezzel a csodálatos berendezéssel dolgozni, azt hittem volna, hogy álmodom.

Egy hónap terepi munka után a csoport távozott, így ismét állás nélkül maradtam. A munka közben megismert gépkocsivezetők és robbantómesterek arra biztattak, hogy ne bánkódjam a munka megszűnése miatt, keressem fel a helyettes igazgatót, *Dombai Tibort*, mert az Intézet kutatási létszámát a megnövekedett feladatok miatt bővítik, és érettségizett fiatalokat is keresnek felvételre. Így is történt, bementem a központba a M. Állami Földtani Intézet melletti egyemeletes piros téglás épületbe (Stefánia út, akkor Vorosilov út 14.), *Dombai* rövid „matek-fizika vizsga” után kilátásba helyezte felvételemet. Így történt, hogy július 1-jei hatállyal az Intézet tudományos segédkutatói státusába kerültem 750 Ft fizetéssel. Velem együtt több más jelentkezőt is felvettek azon a napon: egy frissen érettségizett csinos lányt, két matfiz szakos idősebb tanárnőt és egy tanárt, továbbá egy volt geodéta katonatisztet. Egy hetet az Intézetben töltöttünk, majd valamennyiünket terepi munkára osztottak be kiküldetési rendelvénnyel ellátva. Majd hanyatt estem, mert a rendelvény mellé 1000 Ft kiküldetési díjat is kaptunk, az akkor nagy pénznek számított, mind ez idáig ennyi pénzt még soha életemben sem láttam együtt!

Néhányunk felvétele még távolról sem oldotta meg az Intézetre váró feladatok teljesítéséhez szükséges személyi állomány létrehozását. Rövidesen ún. középkáderképző tanfolyamot is indítottak. A tanfolyam résztvevői változatos életkorúak és képzettségűek voltak, érettségit tett fiataloktól kezdve állás nélküli diplomásokig stb. Előadók az Intézet állományába tartozó osztályvezetők, mérnökök, tudósok voltak, mint pl. *Rybár István* professzor, Eötvös Loránd egykori munkatársa, egyetemi tanár. A tanfolyam a jövő év tavaszáig tartott, a vizsgát tett tanulók részben az Intézethez, részben pedig az akkor még MASZOLAJ-nak nevezett olajvállalathoz kerültek, mindkét helyen túlnyomó részben terepi munkára. Akkor még nem tudtam, hogy az Intézethez kerülők között van egy fiatal francia-német szakos csinos tanárnő is, aki a későbbi években három gyermekünk édesanyja lett.

Hárman utaztunk Zalaegerszegre, onnan gépkocsival a kb. 11 km távolságban levő Nagylengyel községbe, ahol a már Máriabesnyőn megismert szeizmikus csoport állomásozott a már korábban megismert arcokkal. A nagylengyeli terület akkor már ígéretes kutatási terület volt, mert az NL-2 mélyfúrás 2000 m mélységben kőolaj lelőhelyet talált. Természetesen a mélyfúrásokat geofizikai előkészítés alapján tüzték ki, nevezetesen gravitációs mérésekkel (Eötvös-inga

¹ A geofon vagy más néven szeizmométer a talajrezgést elektromos feszültséggé alakítja át.

² Térítés: 24 szeizmométerből álló vonalban kiterített kábelrendszer, itt $23 \times 25 = 575$ m hosszban.

³ A vizeskocsi a fűrőshöz és a robbanótöltet fójtásához szállított vizet.

és graviméter) már korábban meghatározott anomália területére.

Érkezésünk előtt a csoport néhány héttel előbb települt a kis községbe, az iroda az iskola épületében létesült. A csoport vezetője *Kilczér Gyula* bácsi volt (korábban matfiz. szakos tanár a híres Fasori Gimnáziumban). A csoport vezetését Gyula bácsi azonban rövidesen átadta *Pálos Miklósnak*, mert kényes, operált gyomrával nehezen viselte az idegesítő napi problémákat, különösen egy szovjet „szakértő” időnkénti akadékoskodásai bosszantották – de erről majd később. Az első két hét folyamán különféle feladatokkal bíztak meg, majd egy napon megjelent *Gálfi János* osztályvezetőnk, és kivitt magával a svéd műszerkocsihoz, *Ádám Oszkár* észlelőhöz. Azt a feladatot kaptam, hogy tanuljam meg a műszeres részleg munkájának irányítását és a műszer kezelését. Így lett belőlem „segédészlelő”. Nem hallgathatom el, hogy amikor az első önálló robbantási utasítást adtam ki, miután a műszert vételekész állapotba helyeztem, bizony alapos lámpaláz vett rajtam erőt, reszketeg kézzel kapcsoltam be a főkapcsolót „recording” állásba. Miután beletanultam az észlelés legfontosabb rejtemeibe, *Oszi* ellenőrizte a felvételeket, és segített a munka folyamatos végzésében, majd kifeküdt esőköpenyére a műszerkocsi mellé, és mivel mindig magával hozott valamilyen geofizikai irodalmat, abban mélyedt el. Rendszeresen előfordult, hogy az erősítőkből az amplitúdószabályozást javítani kellett, a szirutoros visszacsatolt szabályzókor nagyon érzékeny volt. Ilyenkor *Oszi* gondosan újra beszabályozta az erősítő karakterisztikáit. *Bozóki Lajos* sofőrünk ilyenkor megszólalt: „...talán valami „hibatika” van, mérnök úr?” Nagylengyelből augusztusban átköltöztünk a minden szempontból előnyösebb Zalaegerszegre, itt a város központjában, a Városi Tanács épületében adtak át egy nagy termet iroda céljára, a garázs az épülettel szembeni oldalon egy nagy üres telken létesült.

Néha felmentem az Intézetbe valamilyen feladattal megbízva. Ilyenkor láttam, hogy a szeizmikus laborban nagyon komoly, jól szervezett munka folyik az új magyar 24 csatornás műszer létrehozására. A munkát *Gálfi János* és *Dombai Tibor* irányította. *Kollár Ferenc* villamosmérnök az új erősítőket tervezte, *Sebestyén Károly* fizikus a regisztráló egységet, *Stegena Lajos* az általa tervezett geofonok gyártását felügyelte, és a karakterisztikáikat mérte be. A laborban több, jól képzett technikus vett részt a részletek kidolgozásában. A finommechanikai műhely nagyon fontos és kényes munkáját *Herbály Imre* irányította. Az új magyar műszert a svéd műszerrel szerzett tapasztalatok alapján tervezték elsősorban jobb amplitúdószabályzással és meredekebb szűrő-karakterisztikákkal a zavarhullámok csillapítására. A tervező és kivitelező munkákban részt vett *Posgay Károly* kutatómérnök is, *Ádám Oszkár* soproni egyetemi évfolyamtársa, láttam őt fél lepedő méretű kapcsolási rajzokon dolgozni.

A gyönyörű zalai táj, a „szegerek” vidéke⁴ érdekes látványt nyújtott gödöllői dombsághoz szokott szememnek. Gabona-

táblák, gyümölcsösök, szőlőültetvények, erdős foltok szinte hullámzó domboldalakra települve, apró falvak tempomtornyakkal, hosszan kanyargó patak völgyek. A szeizmikus mérések során azonban nagyon komoly problémával álltunk szemben, mert a dimbes-dombos felszín vastag lazarétegből áll. Ez a fedőréteg a szeizmikus mérés szempontjából nagyon kedvezőtlen: kis sebességű felszíni zavar hullámokat hoz létre interferálva a hasznos reflexiós jelekkel, másrészt pedig nagymértékben csillapítja a nagy mélységből visszatérő reflexiós hullámok energiáját. Sajnos a modern svéd műszer LC-körös szűrői sem voltak képesek a felszíni zavarhullámokat kellő mértékben csillapítani. Mindez azt eredményezte, hogy nagyon nehéz volt jó minőségű reflexiókat észlelni. Az őszi idő beállta után a dombos, agyagos felszín sártengerré vált, sokszor csak traktorvontatással tudtunk az egyik állomásról a következőbe eljutni (segéd munkásaink „hupputá”-nak nevezték a traktort). Ezzel ellentétben, a patak völgyekben kitűzött vonalak mentén jóval kedvezőbb volt a helyzet, szép reflexiókat észleltünk.

Néhány szót megérdemelnek csoportunk segéd munkásai is. A közeli falvakból származtak, legnagyobb részben babosdöbrétei fiatal parasztyerekek voltak, nagyon becsületes és megbízható valamennyi, nem beszéltek csúnyán, nem káromkodtak. Reggelenként a falujukhoz vezető útelágazásnál vettük fel őket gépkocsijainkra az ún. „Kü-fakereszt”-nél. Ízes tájszólással beszéltek: „lenek, főnek, innejt-onnajt” stb. Ha valakiről nem akartak túl szépet mondani, azt mondták: az kérem egy „csekmet” ember.

A csoportot rendszeresen meglátogató *Kromoin* nevű szovjet szakértő állandóan azon méltatlankodott, hogy nincs jó, folyamatos reflexió: „dolzsna büty atrazsényie!” – reflexiónak pedig lenni kell, rossz a műszer, helytelen a mérési módszerünk stb. Ez a jóember a nagy orosz síkság ideális földtani viszonyihoz szokott – ahol nem volt vastag lazaréteg és domb hátán domb –, nem volt képes felfogni a sikertelenség okát, csak elégedetlenkedni tudott. Utáltuk is szegény párát alaposan, Gyula bácsinak is elege lett belőle, és visszavonult a központba. A mérések eredményeként mégis sikerült elfogadható szerkezeti képet kapni a terület mélyföldtani viszonyairól mélyfúrások kijelöléséhez. A késő őszi mérések idején két említésre méltó esemény is történt.

Elveszett egy geofon. Értelmetlenül módon úgy tűnt, hogy a kiterített kábelről kapcsolhatták le. Sajnos ezt jelenteni kellett a központnak, és vizsgálatot indítottak. *Renner* igazgató is megjelent, és meglehetősen izgatott volt: „...kartársak, kartársak ez egy imminens kérdés...” – mondogatta. Természetesen az Államvédelmi Hatóság is azonnal előkerült. Kérték a csoport dolgozóinak névsorát. Nagyon megijedtünk, mert ismertük könyörtelen módszereiket. Letartóztatták a műszeres részleg előmunkását. Két hónappal később láttuk újra. Az terelte rá a gyanút, hogy felesége szerb származású volt, és természetesen férje „Tito, a láncos kutya” érdekében szabotál itthon (akkoriban nagyon feszült volt a helyzet Jugoszláviával kapcsolatban). De végül elengedték. Időközben valahogyan kitudódott (ki

⁴ Zalaegerszeg, Milejszeg, Pálfiszeg, Kereseszeg, Kustánszeg, Barabászeg, Vargaszeg, Gomboszeg stb.

tudja hogyan, talán rosszindulatú feljelentés által), hogy az egyik gyerek a közeli faluból kíváncsiságból lekapcsolt egy geofont a kábelről, hazavitte és szétszedte. Sajnos egész családjá ellen az akkori szokás szerint embertelenül szigorú eljárást indítottak, meghurcolták őket, elítélték az apját stb.

Egy másik, szerencsésebb kimenetelű esemény december elején következett be. Új nagylengyeli mélyfúrás sebességszelvényezésén dolgoztunk. A munka közben *Janika bácsi* a bányaműszaki főkapitány jelenlétében három új lömestert vizsgáztatott. A feszült légkörben *Cseróka Anti*, lömester a robbantóponyi lyukba betöltésre váró felszínen előre elkészített töltet gyújtóvezetékét véletlenül felcserélte, ezért a robbantólyuk helyett az egyik töltet a felszínen robban fel, pontosan az egyik segédmunkás háta mögött, és az a robbanás hanghatásaként elájult az ijedségtől, de csodával határos módon sérülés nem történt. Miközben a műszerkocsiban gyors egymásutánban hívtam elő a felvételeket, iszonyatos csattanás hallva az ajtó sötétítő üvegén keresztül megdöbbenve láttam az üres dinamitos ládán ülő segédmunkást ülő helyzetéből kifordulva a földre zuhanni. Hála Istennek, a robbanás a háta mögött történt, az ijedsé-

gen kívül semmi baja sem lett. Nem sok hiányzott súlyos baleset bekövetkeztéhez. Végül Antit büntetésként három hónapra visszaminősítették segédmunkás állományba. Természetesen Janika bácsit a háta mögött morogták meg többen, hogy miért nem választott nyugodtabb alkalmat lömestert vizsgáztatásra. Ezt az esetet *Jesch Aladár* mélyfúrás-geofizikai szakértő barátunk is elmesélte Miskolcon a Geofizika Tanszék 50 éves jubileuma alkalmából rendezett „szakestélyen”. Ő akkor a Schlumberger- (lyukszelvényező) mérőkocsi észlelőjeként volt tanúja az eseménynek.

December közepéig voltunk terepen, utána bevonultunk az Intézetbe, és a laborban készültünk fel a következő évi mérésekre. Március végén csoportunk újra Zalaegerszegre települt *Ádám Oszi* vezetésével, és folytattuk a méréseket. Ettől kezdve már önálló szeizmikus észlelőként dolgoztam.

* * *

A kép az 1953. évi eperjehegyháti gravitációs anomália területén végzett szeizmikus reflexiós mérések észlelő részlegét ábrázolja. A csoport Csömödérpákára (Zala m.) települt. A képen látható a svéd szeizmikus műszerkocsi.

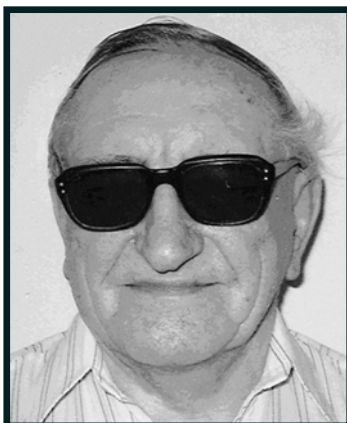
Polcz Iván



Rózsás László

1933–2014

Rózsás László, a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizika Intézet volt terepi munkatársa 1952 nyarán robbantással végzett szeizmikus mérések során elvesztette szeme világát. Dogozni tovább nem tudott, testvére családjával élt együtt. Idősebb korában a zalaegerszegi Idősek Otthonának lakója lett. Az otthon közkedvelt lakójaként szívesen vállalt szereplést történetek, mesék, énekek előadásával. Tekintettel arra, hogy vaksága következményeként emlékezőképessége



Rózsás László
1933–2014

tekintélyesen megnőtt, hosszú szövegeket hibátlanul, jó érzékkel tudott előadni. Az MGE Alapítvány létrejötte után évente segélyben részesült. Aczél Etelkának időnként meglátogattam. Az Otthon megkésétt értesítése szerint 2014. február 17-én 81 éves korában csendesesen elhunyt. Szülőfalujában, Babosdöbrétén (Zala m.) temették el, temetéséről testvére családja gondoskodott.

Kedves Laci, nyugodj békében!

Polcz Iván

Az 1966-ban alapított Geofizyka Toruń S.A. (GT) a geofizikai szolgáltatások széles skáláját képes biztosítani az olajvállalatok részére a nemzetközi piacokon. A szolgáltatások fókuszában a hagyományos és nem hagyományos szénhidrogéntárolók kutatása, a geotermális rezervoárok és föld alatti tároló térségek felmérése áll, amely magában foglalja az adatok terepi gyűjtését, a feldolgozási és értelmezési szolgáltatásokat, továbbá lyukgeofizikai mérések elvégzését, valamint az adatok analízisét is.

Délkelet-Ázsia, Észak-Afrika, Dél-Amerika és a Közel-Kelet mellett a GT igen aktív az európai piacokon is, különös tekintettel Magyarországra. A 2012-ben sikeresen elvégzett első szeizmikus mérés óta a GT lett a vezető szeizmikus kontraktor Magyarországon.

A legutóbbi időben a GT szeizmikus csoportja sikeresen teljesített egy nagyon komplex 3D szeizmikus projektet, amely a Paksi Atomerőmű bővítését készíti elő. Ez idáig Magyarországon több mint 1700 km² 3D szeizmikus mérést teljesített a vezető olajtársaságok, úm. a RAG és a MOL részére. A MOL-lal folytatott együttműködése kiterjedt az olajtársaság külföldi kutatási blokkjain – Pakisztánban, Irakban – regisztrált szeizmikus adatok feldolgozására is.

A GT folyamatosan erősíti a felelősségteljes és megbízható geofizikai vállalkozói hírnevét, megfelelve a legmagasabb minőségi elvárásoknak, a kölcsönösen előnyös együttműködésnek és üzleti felelősségnek. A GT szintén támogatja a helyi geofizikus társulatokat, és arra törekszik, hogy jó kapcsolatot építsen ki a helyi egyesületekkel. Bizonyítandó a társadalmi és üzleti partnerekkel való hatékony együttműködést a GT mindig a lehetséges legnagyobb számú helyi vállalkozást alkalmazza alvállalkozóként, amelyek hatékonyan tudják támogatni a kitűzött üzleti és szakmai céljai elérésében.

Bízunk benne, hogy a jövőben is lehetőségünk lesz hozzájárulni a magyar energiaszektor fejlődéséhez.



Rendezvénynaplár

2015. április		
ápr. 24. 14.30 h	A Magyar Geofizikusok Egyesületének évi rendes közgyűlése (www.mageof.hu)	Budapest, MFGI díszterem (Stefánia út)
2015. május		
máj. 11–14.	Geoinformatics 2015: XIV. nemzetközi konferencia (www.dgg-2015.de)	Kijev, Ukrajna
máj. 31– jún. 3.	AAPG évi konferencia és kiállítás (www.aapg.org)	Denver, USA
2015. június		
jún. 1–4.	EAGE 77. konferencia és műszerkiállítás, IFEMA (www.eage.org)	Madrid, Spanyolország
jún. 22–26.	CTBT Science & Technology/CTBTO tudományos konferencia (www.ctbto.org)	Hofburg, Bécs, Ausztria
2015. július		
júl. 18–22.	Az SPWLA 56. évi szimpóziuma (https://spwla.org)	Long Beach, Kalifornia, USA
2015. szeptember		
szept. 6–10.	Near Surface Geoscience 2015 (21. konferencia) (www.eage.org)	Torino, Olaszország
szept. 24–26.	A Magyar Geofizikusok Egyesületének 34. vándorgyűlése fb: Geofizikusok Egyesülete (www.mageof.hu)	Hotel Benczúr, Budapest
szept. 28–30.	SPE – évi konferencia és kiállítás (www.spe.org)	Houston, USA
2015. október		
okt. 5–8.	A Balkán Geofizikai Társulat 8. kongresszusa (www.eage.org)	Chania, Kréta, Görögország
okt. 18–23.	SEG – évi közgyűlés és műszerkiállítás (www.seg.org)	New Orleans, USA
2015. november		
nov. 24–26.	3. nemzetközi konferencia a geoelektromos monitorozásról (opac.geologie.ac.at)	Bécs, Ausztria

További részletek, referenciák a honlapról (www.mageof.hu) érhetők el.

Kakas Kristóf



1952: Szeizmikus mérések Göcsejben
Ádám Oszkár, Kovách Judit, Járányi István

NAGY IDŐK – NAGY EMBEREK



1956: A Kínába indulók egy részének csoportképe
(balról-jobbra) állnak: Sédy Loránd, Annau Edgár, Grimm Lajos,
Herbály Imre, Gellert Ferenc és Komáromy István,
ülnek: Sédy Judit, Dombai Tibor igazgató és Gellert Ferencné

MAGYAR GEOFIZIKUSOK EGYESÜLETE

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

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

