

Gravitációs, mágneses és légi geofizikai adatbázisok

Kiss J.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Bevezetés

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

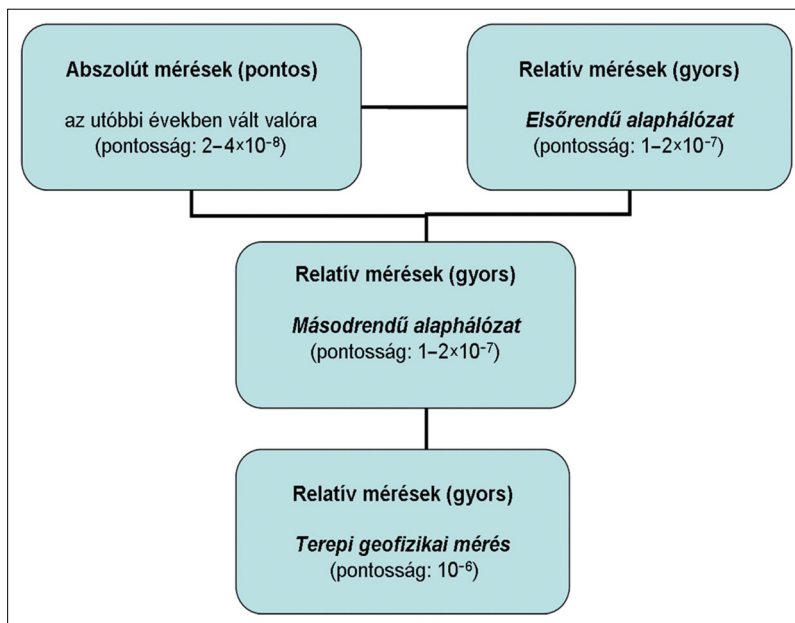
Régen nem volt GPS, nem volt számítógép, nem volt mobiltelefon, sőt a mérések nagy része nem automatikusan történt, hanem szükség volt az élő emberi közreműködésre is. Aki ezt az utat bejárta, az tudja, mekkora értéket képvisel egy-egy geofizikai adatbázis mérési adataira. Aki pedig földtani kutatást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

Gravitációs adatbázis

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

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

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



1. ábra | A gyorsulás (m/s²) meghatározásának pontossága különböző gravitációs mérések esetén
Figure 1 | Accuracy of acceleration determination (in m/s²) for different gravity measurements

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Adatbázismezők 2016 óta:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Megrendelő – aki megrendelte a mérést.

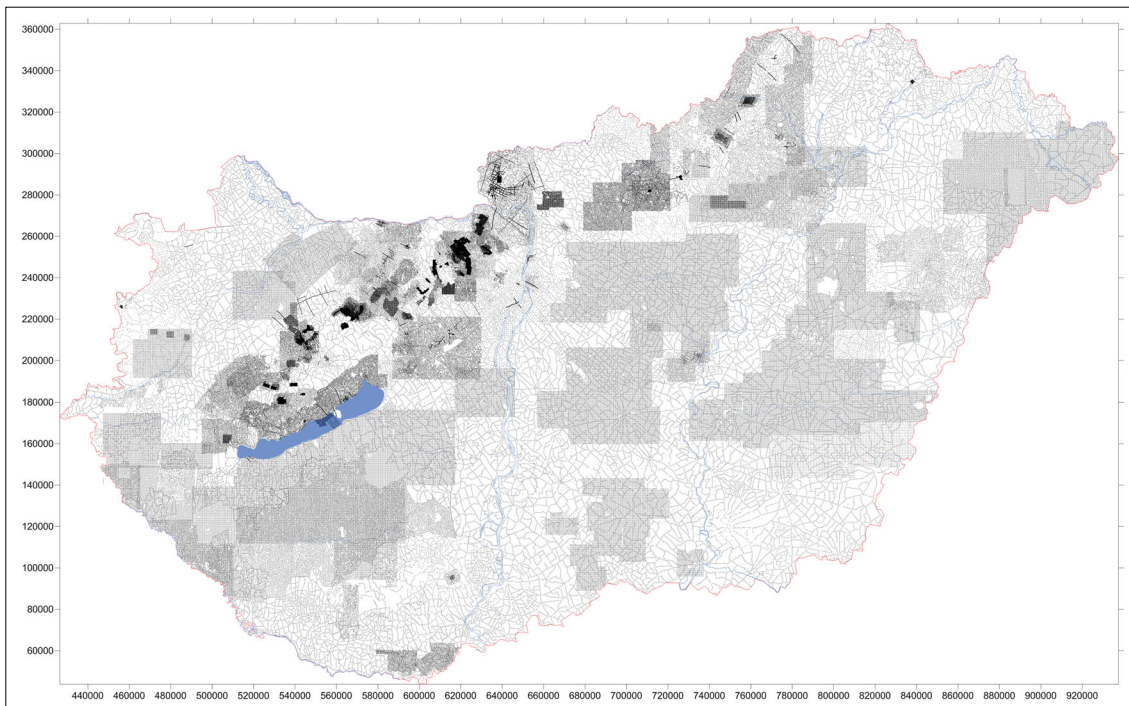
Az adatbázist a Szolgálatban külső ipari megrendelések (pl. Bátaapáti, BAF, MOL, O&G), valamint belső kutatási munkáink során, napi szinten használjuk. Ezt reprezentálják belső jelentéseink (lásd adattár), térképeink (lásd honlap), adatszolgáltatásaink és a gravitációs adatok feldolgozását bemutató cikkeink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

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

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

Mágneses adatbázis

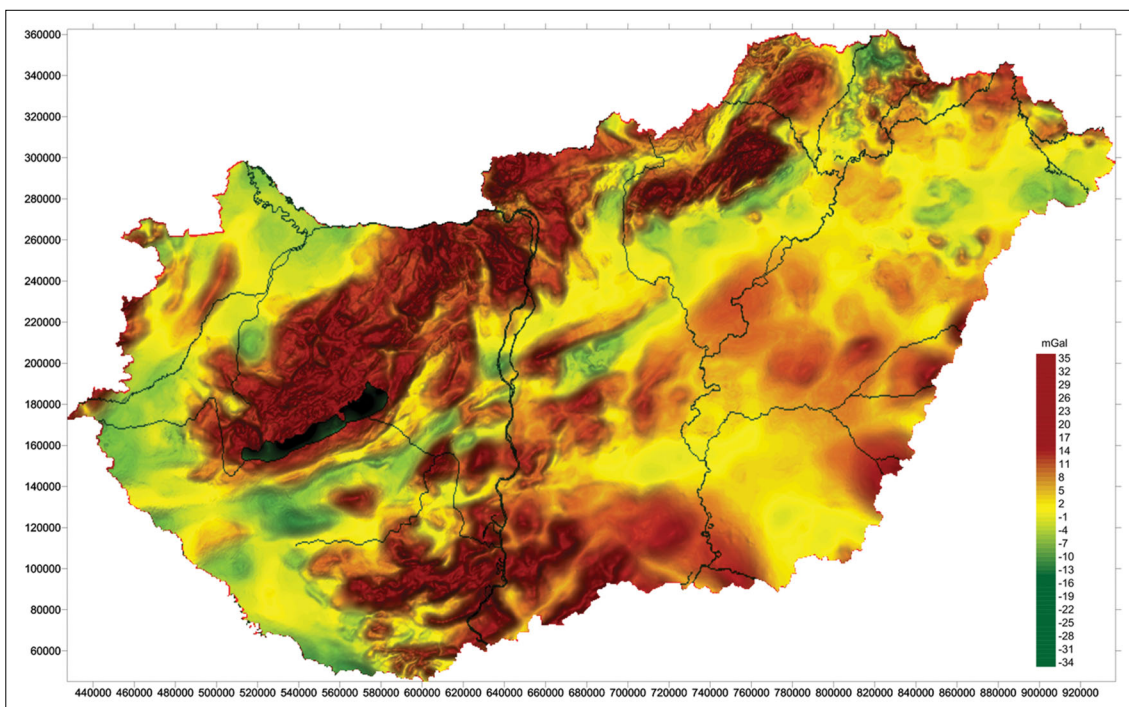
A mágneses adatbázis¹¹⁾ kialakulása későbbre tehető, bár az országos fedettséghez szükséges adatok már viszonylag korán előálltak, amelyből elkészült az első országos fedettségű, nyomdai kiadásban megjelenő mágneses ΔZ -anomália-térkép (Haáz, Komáromy 1966). A digitális adatbázis kialakításának adatgyűjtési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



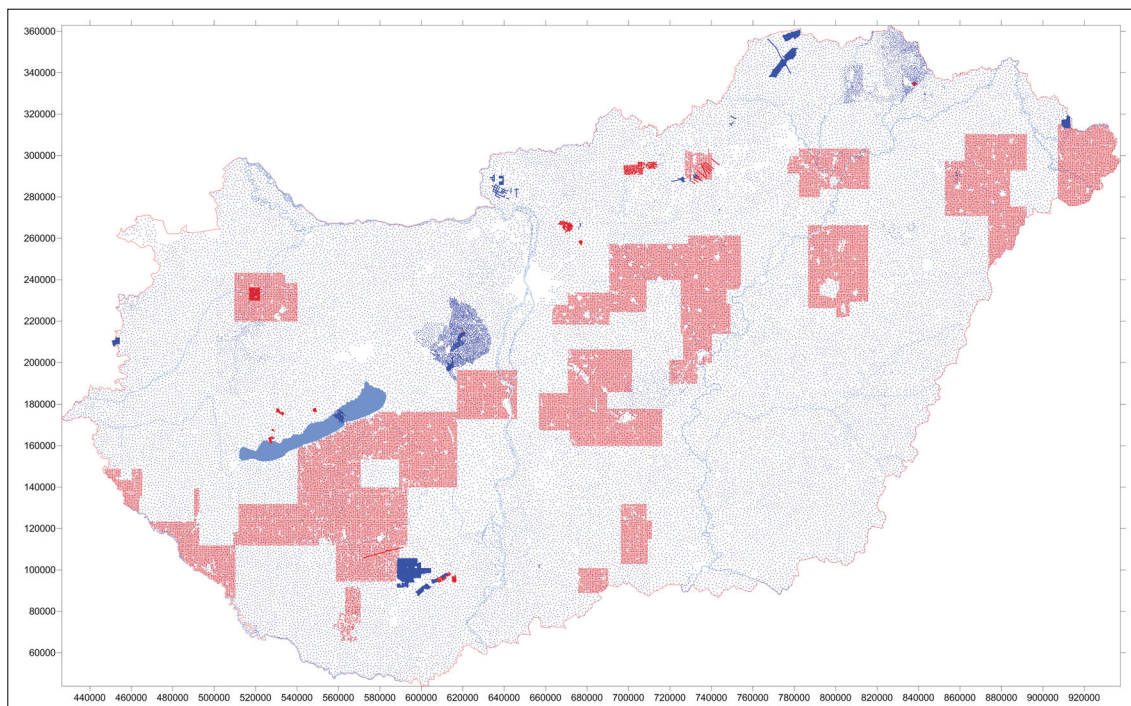
2. ábra Magyarország gravitációs felmérése (különböző sűrűségű, szigorú és kvázi hálózatban mért pontok)
 Figure 2 Hungary's field gravity survey points

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

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



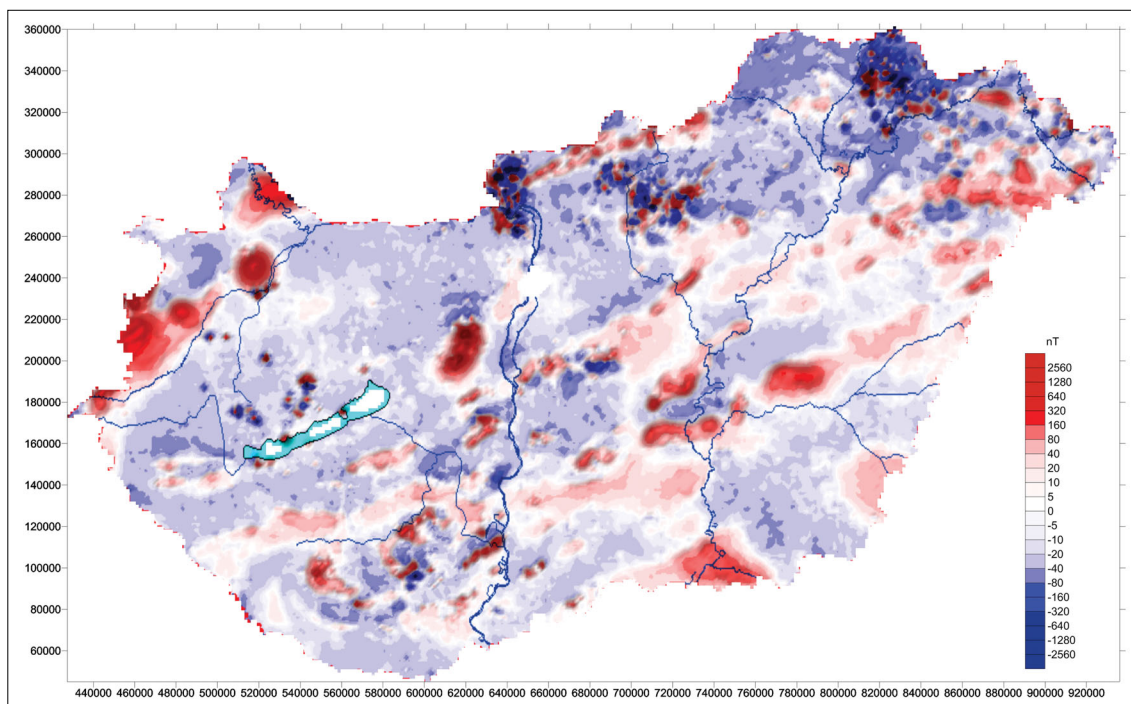
3. ábra Magyarország árnyékolt Bouguer-anomália-térképe (korrekciós sűrűség: 2000 kg/m³)
 Figure 3 Shaded Bouguer anomaly map of Hungary (reduction density 2000 kg/m³)



4. ábra Magyarország mágneses felmérése (ΔT mérési pontok – piros, ΔZ mérési pontok – kék színnel)
Figure 4 Hungary's field magnetic survey points (ΔT – red, ΔZ – blue symbols)

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

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



5. ábra Árnyékolt mágneses (ΔZ -) anomália-térkép
Figure 5 Shaded magnetic (ΔZ) anomaly map

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

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

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

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

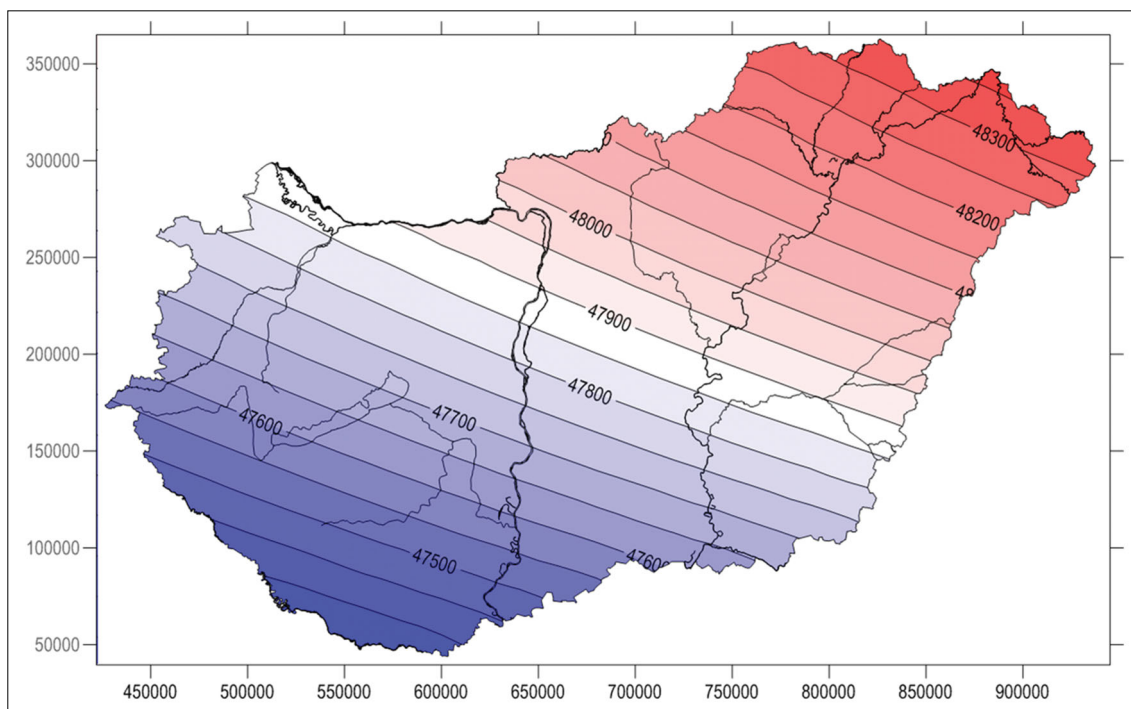
Mágneses mérések egységesítése

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

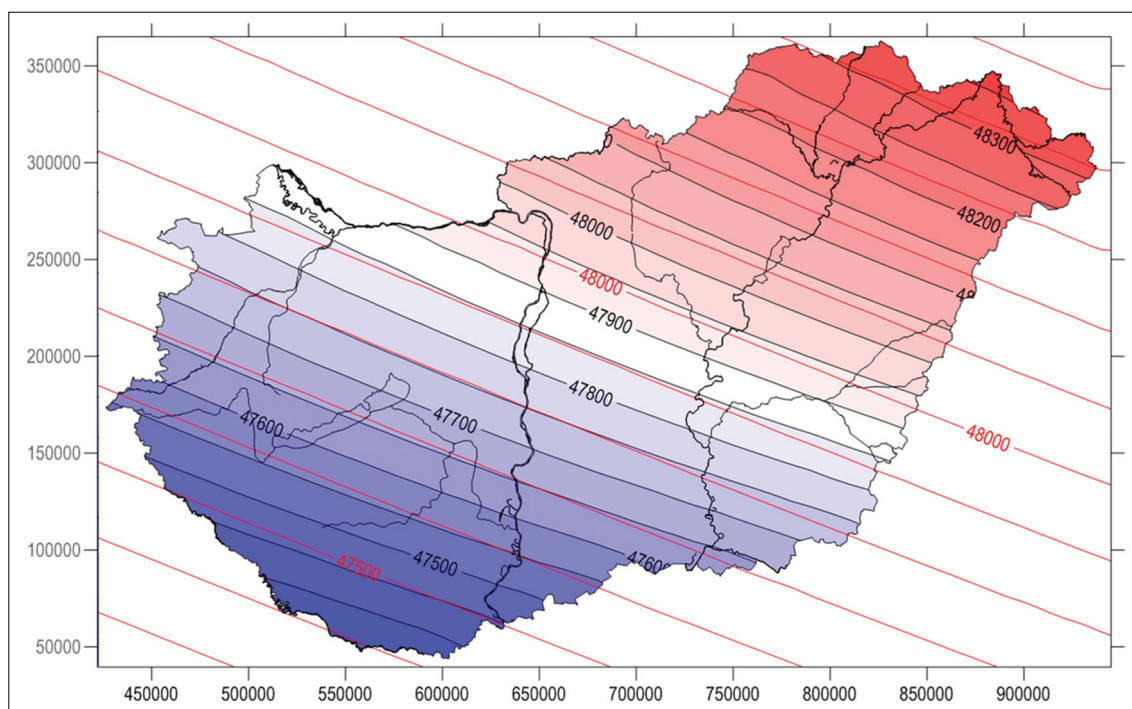
abszolút mágneses teret mérik, de az anomális mágneses tér meghatározása során korrekciókat kell végezni (pl. normáltér-korrekció), amelynek elvileg egységesnek kellene lennie az ország összes adatára vonatkozóan, a normáltér azonban az idővel arányosan változik. Ez a korrekció a gyakorlatban nem mindig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

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

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



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



7. ábra | Az 1995 évre meghatározott mágneses normáltér (T_{1995}) Magyarországon (piros izovonallal az IGRF alapján becsült, fekete izovonallal pedig a Kovács és Körmendi (1999) képlete alapján számolt érték)
Figure 7 | Normal magnetic reference field for 1995 in Hungary comparing with the IGRF (red isolines)

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

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

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

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

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

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

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

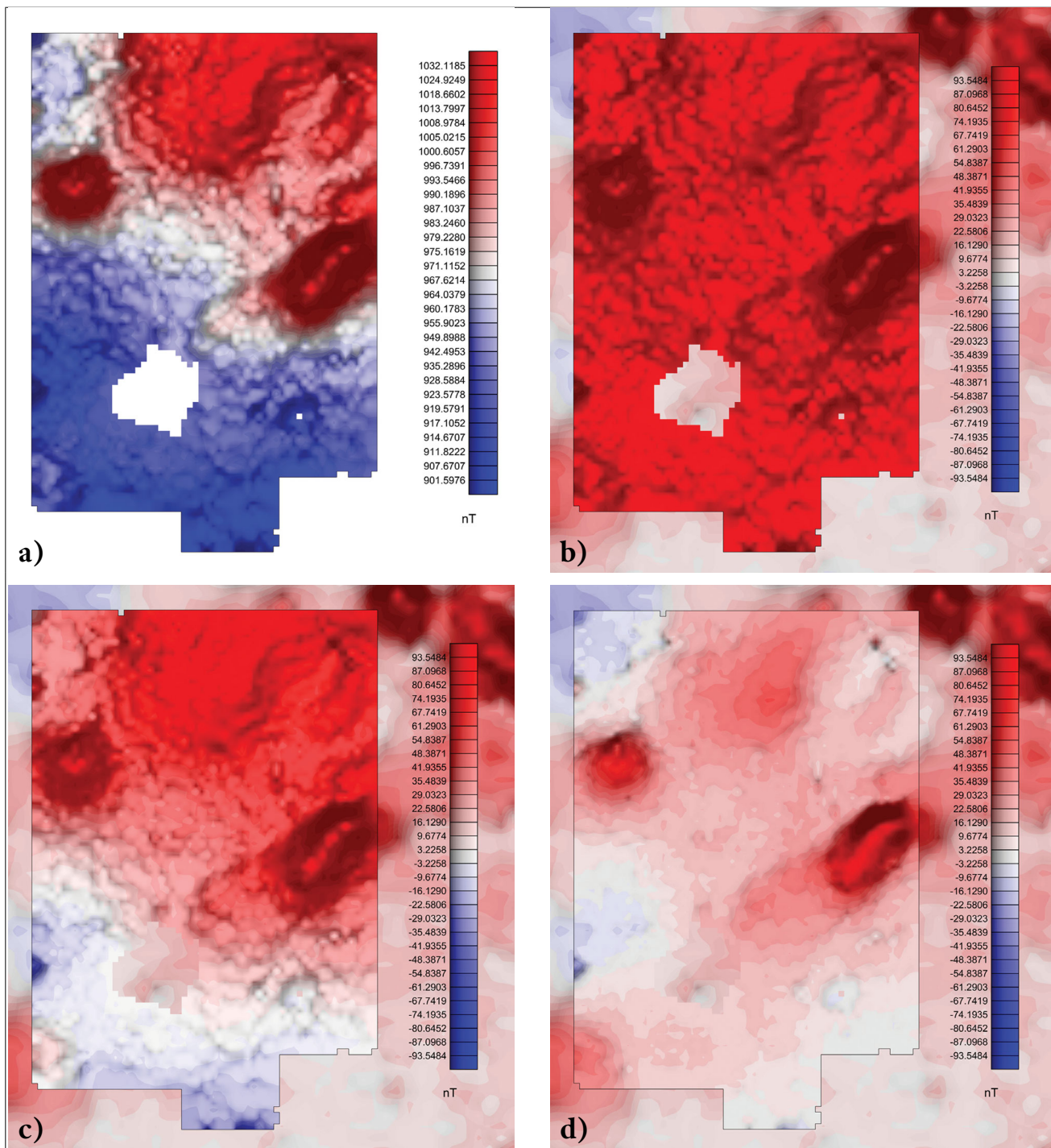
értékekre. Megrendelésre a Szolgálat ma is tetszőleges helyre szolgálat normáltér-adatokat.

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

Adatbázismezők

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

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

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

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

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

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

Z – a mágneses abszolút térerő függőleges összetevője;

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

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

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

Légi geofizikai adatbázisok

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

Mi jellemzi a gravitációs és mágneses mérést?

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

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

Néhány kiegészítő megjegyzés

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

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

Előnyök

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

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

Hátrányok

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

Légi geofizikai mérések Magyarországon

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

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

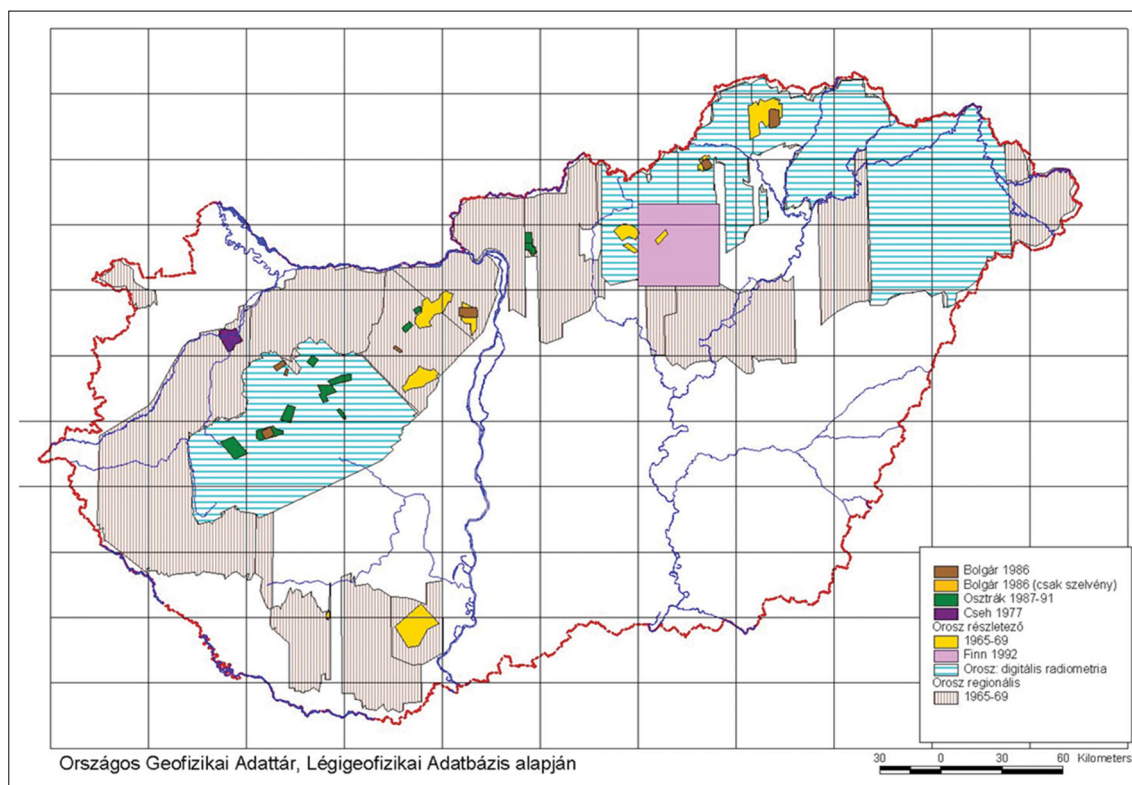
- a ma is aktív kollégák:

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

- akik már nem dolgoznak velünk:

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

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



9. ábra | Légi geofizikai mérések Magyarországon 1995-ig
Figure 9 | Airborne geophysical measurements in Hungary until 1995

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

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

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

1. Orosz–magyar kivitelezésű mérések (Géresi 1969)

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

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

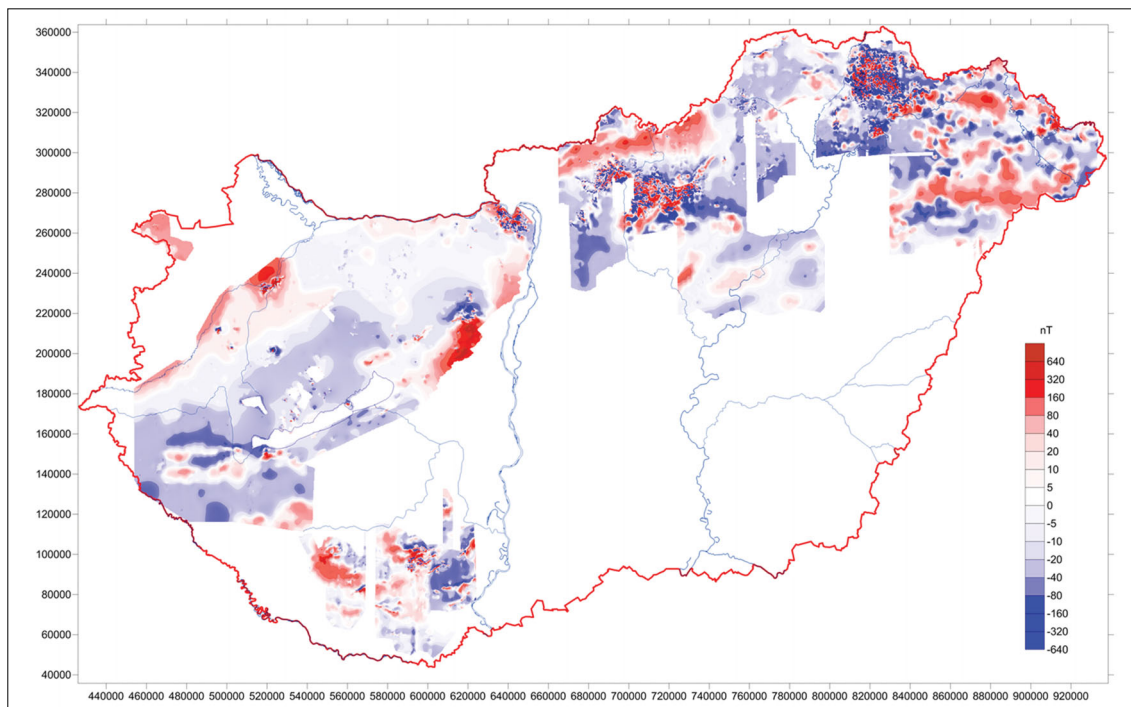
újabb felmérés indult, kezdetben ugyancsak szovjet, majd a MÉV saját kivitelezésében. Az ország mintegy 40 ezer km²-nyi területét lefedő mágneses és radiometrikus felvételezése (9. ábra) hasadóanyag kutatására irányult.

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

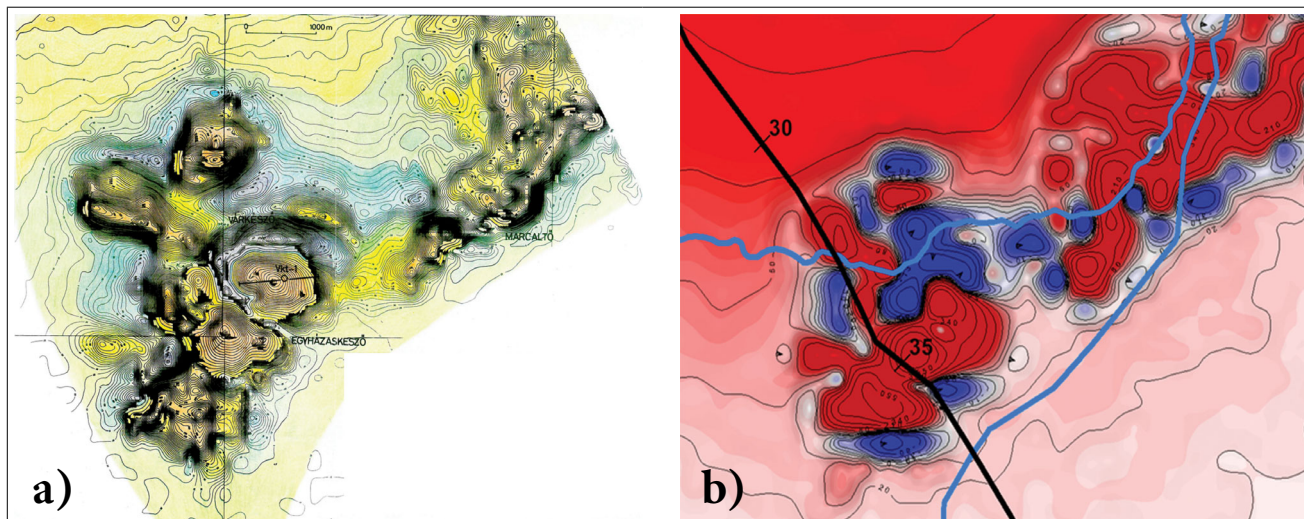
A szovjet kivitelezésű mérési anyag az egyik legteljesebb légi geofizikai adatrendszer, amely az ország 45%-át fedi le (9. ábra), ezért újraértékelését célszerű elvégezni. A szovjet mérések digitális adatbázisának elkészítése, a mágneses adatrendszer esetében 80%-ban már készen van (néhány részterület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

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

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



10. ábra | Magyarország légi mágneses (ΔT -) térképe a 60-as évek légi méréseiből
 Figure 10 | Aeromagnetic (ΔT) map of Hungary from the airborne campaign of 60's



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

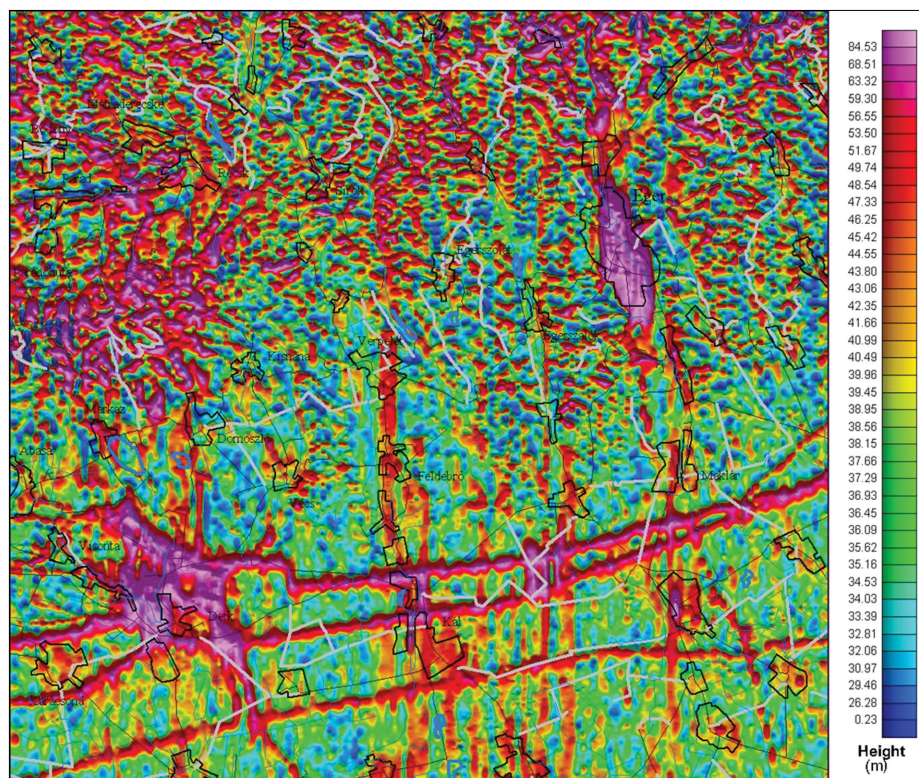
információkat szolgáltattak a bazaltkráterek elhelyezkedéséről. Ezt jól kiegészítették az ELTE Geofizikai Tanszékén végzett mágneses hatószámítások, amelyek a bazaltösszlet és a kitöltő üledékek vastagságát becsülték.

3. Bolgár–magyar kivitelezésű mérések (Kerbelov 1987)

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

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

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



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

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

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

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

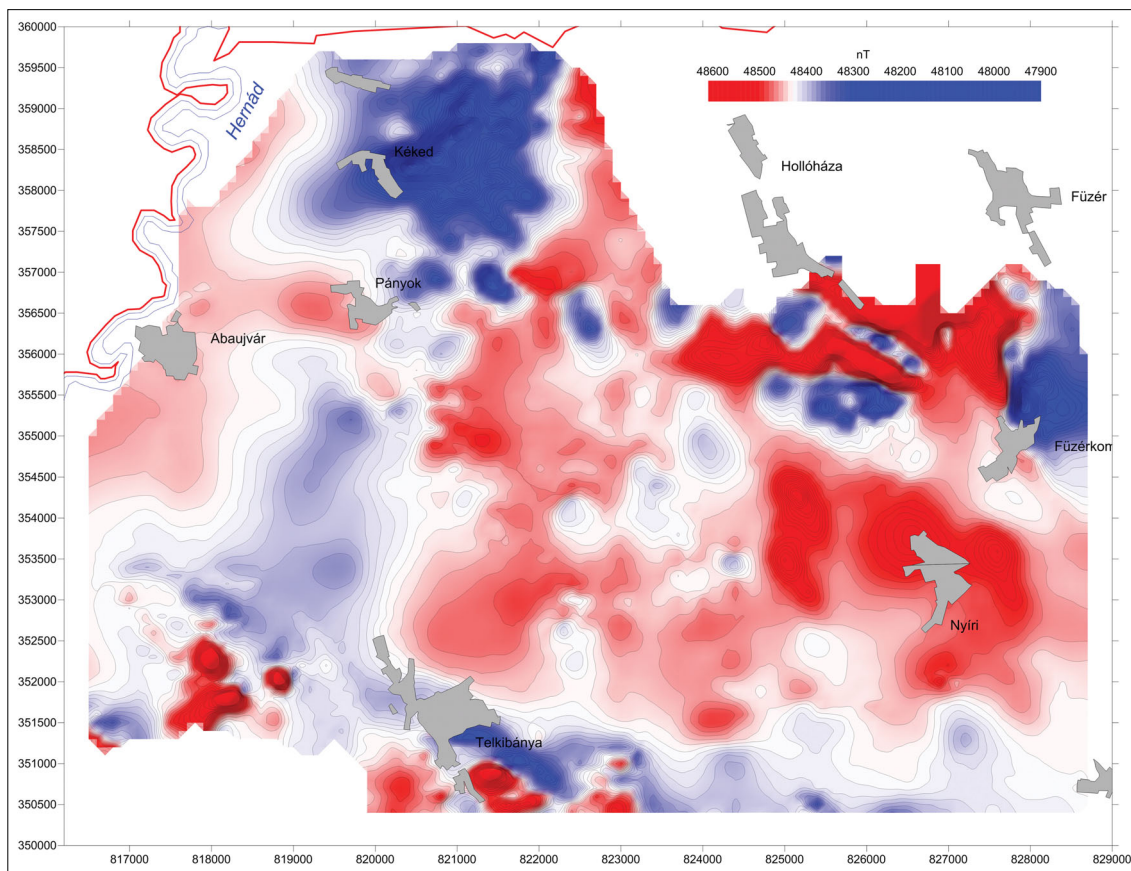
zónák kijelölését, az alkalmatlan feképződményekből felépített és feképződéses területrészek további kutatásból való kizárását és a kutatófúrások optimális telepítését.

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

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

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

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



13. ábra Nyers mágneses (T) mérési adatokból kirajzolt mágnesesanómália-térkép, Telkibánya
Figure 13 Aeromagnetic map of total field (T) raw data at Telkibánya

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2. táblázat | Az ország területén végzett légi geofizikai felmérések legfontosabb adatai

Table 2 | Main parameters of different airborne geophysical measurements in Hungary

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

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

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

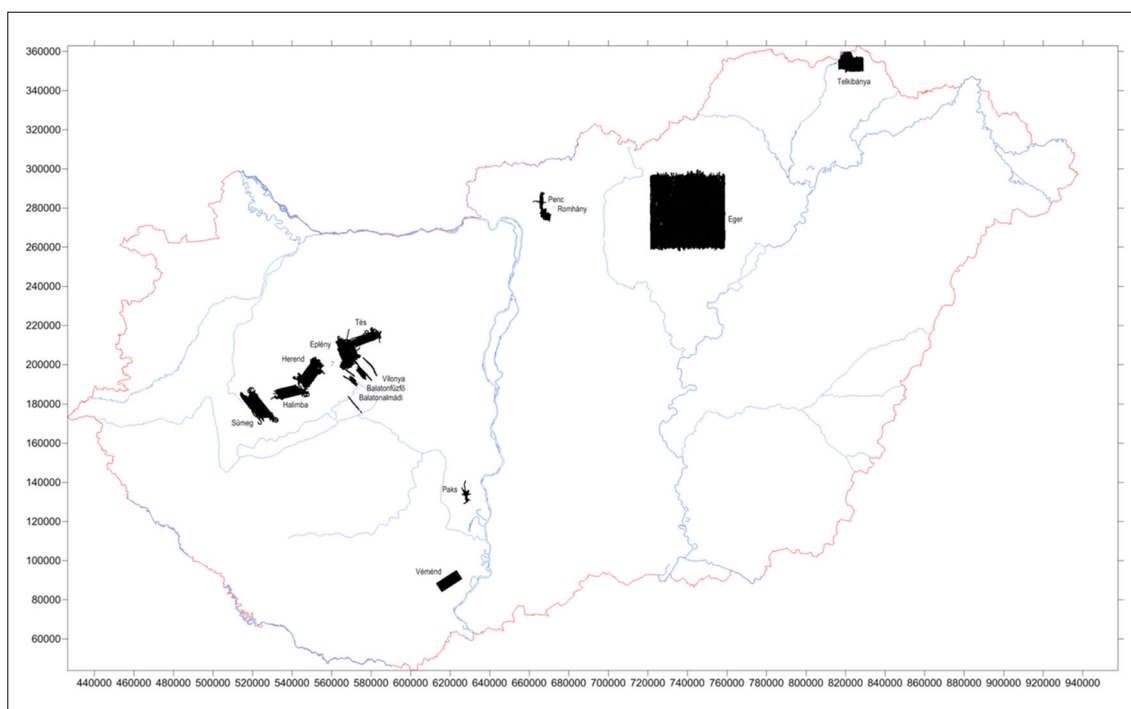
tokkal történő együttes értelmezése szükségessé tette a képfeldolgozás alkalmazását a meglévő feldolgozó geofizikai célszoftverek mellett. A különféle földtani, geofizikai és mélyfúrás anyagok kezeléséhez, a térinformatika alkalmazásához nem voltak elegendők az akkori PC-re – sok esetben intézeti fejlesztés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

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

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

Adatbázismezők:

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



14. ábra Az újkori (1989-től digitálisan rendelkezésre álló) légi geofizikai mérések nyomvonaltérképe
Figure 14 Flight line maps of modern (1989–2018) airborne geophysical measurements

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

Mi hiányzik, merre kellene folytatni?

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

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

- Mátra-hegység – Recsk, Parád, Mátraszentimre, Gyöngyösoroszi,

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

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

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

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

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

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

A tanulmány szerzője

Kiss János

Jegyzetek

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

Hivatkozások

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

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

