

Régészeti kutatás céljából végzett mágneses mérések Porolissumon¹

PETROVSZKI JUDIT², LIPOVICS TAMÁS², LENKEY LÁSZLÓ³, PETHE MIHÁLY²,
FERENCZ EDITH², HEREIN MÁTYÁS²

Jelen cikkben a római kori Porolissum (Szilágy megye, Románia) területén végzett mágneses mérések eredményeit mutatjuk be. Porolissum a Kr. u. II. században egy erődtámasz körül alakult ki, és fénykorában 25–30 000 lakója volt. Miután a rómaiak a III. században kivonultak Daciából, a város elnéptelenedett. Területén nem jött létre új település, ezért régészeti és geofizikai szempontból egyaránt ideális kutatási terület.

Az épületeket a közelben fejtett dácitból építették, melynek mágneses szuszceptibilitása több nagyságrenddel nagyobb, mint a romok alapját képező üledékes kőzeteké és a romokat fedő talajé. Ezért az épített műtárgyak mágneses mérésekkel jól kimutathatók. A Babeş-Bolyai Tudományegyetem régészei által kijelölt helyeken 2005, 2006 és 2007 augusztusának tíz-tíz napján totáltér- és vertikálisgradiens-méréseket végeztünk Overhauser magnetométerekkel. A gradiensméréseket ábrázoló térképeken több épület alapja látható az erődtámaszban és annak környékén. Az eredmények alapján a régészek több kutatóárkot is ástak, melyek a legapróbb részletekig igazolták a geofizikai méréseket. Az ép falak egyértelműen azonosíthatók a térképeken, míg a zavart anomália-képpel rendelkező helyeken a falak kőanyagát az elmúlt századokban kitermelték, a kőveket szétszórta. A temető egy részének felmérése során kimutattuk azokat a sírokat, melyek helyben hamvasztásos temetkezés során jöttek létre, valamint találtunk két sírkertet. Ez utóbbiakat a régészek feltárták.

A régészeti kutatások segítése céljából végzett mágneses mérések nagyon jól használhatónak bizonyultak Porolissumon. Az elkövetkező években a módszer rutinszerű alkalmazásával minél nagyobb területet szeretnénk felmérni, hogy a város szerkezetét megismerjük.

J. PETROVSZKI, T. LIPOVICS, L. LENKEY, M. PETHE, E. FERENCZ, M. HEREIN: Magnetic surveying for archaeological prospection in Porolissum

In this paper we present the results of our magnetic surveying in the territory of the Roman age city Porolissum (Salaj county, Romania). Porolissum was established around a fortress in the 2nd century AD, and in its best period the city had 25–30 000 inhabitants. After the Romans left Dacia in the 3rd century the city was deserted. Thus, it is an ideal place for archaeological research and geophysical surveying.

The buildings were constructed from dacite mined in nearby quarries. The dacite has magnetic susceptibility orders of magnitude higher than the base of the ruins consisting of sediments, and the soil covering the ruins. Thus, the archaeological structures can be detected by magnetic measurements. In August of 2005, 2006 and 2007 we carried out ten days campaigns surveying the total field and vertical gradient using Overhauser magnetometers. The survey areas were pointed out by archaeologists from the Babeş-Bolyai University. On the maps showing the magnetic gradient several buildings can be identified, which are located in the fortress and its neighbourhood. In these areas the archaeologists dug a few trenches. The structures found in the trenches are in full agreement with the conclusions drawn from the gradient map. The intact walls are clearly identifiable on the gradient map. There are some areas where the stone pieces of the walls were taken away by the local people during the centuries, and therefore the structure of the walls was destroyed. These places look like noisy and/or disturbed areas on the gradient map. In the cemetery we found the places where the body of died people was burned. In these spots the clay was also burned resulting in high remanent magnetism. We also mapped the base of two graveyards. The archaeologists excavated these graveyards.

The magnetic surveying in Porolissum proved to be very useful in archaeological research. We are planning to continue the surveying to map as large area of the ancient city as possible in the next years.

Bevezetés

A kolozsvári Babeş-Bolyai Tudományegyetem Ókortörténeti és Régészeti Tanszéke, a Szilágy Megyei Történelmi és Művészeti Múzeum és az ELTE Geofizikai Tanszéke közt fennálló együttműködés keretében 2005, 2006 és 2007 augusztusában régészeti célú mágneses méréseket végeztünk a Zilahhoz közeli Porolissum területén.

Porolissum a dák háborúk után (Kr. u. 106.) egy erődtámasz körül alakult ki. Az erődtámasz egy hegytetőn helyezkedett el, ahonnan az Erdélyi-medencébe vezető északnyugati utat és a limes nyugati és északi szakaszát lehetett ellenőrizni. A város fontos stratégiai helyzete miatt gyors fejlődésnek indult és hamarosan Dacia Porolissensis tartomány székhelye lett. A település méretéből, valamint az amfiteátrum férőhelyeinek számából becslve a város lakossága 25–30 000 fő lehetett (BAJUSZ I. személyes közlés, 2005). A III. században a rómaiak kivonultak Daciából és ezután a város teljesen elnéptelenedett. Területén a későbbiekben sem jött létre új település, ezért mind régészeti, mind geofizikai kutatások számára ideális terület. Az első ásatást 1908-ban végezték, majd több nagyobb feltárást követően 1977 óta működik itt állandó régészeti kutatóbázis.

Az ásatások során megtalálták az erődtámaszt (castrumot), újjáépítették az északi kapuját (I. ábra), re-

¹ Beérkezett: 2008. június 18-án

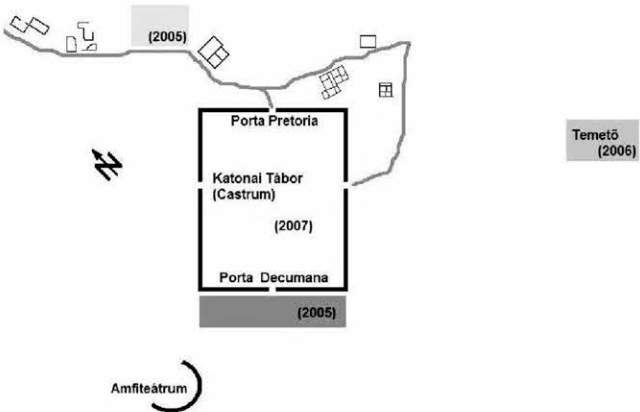
² ELTE Geofizikai Tanszék, H-1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c.

³ MTA-ELTE Geológiai, Geofizikai és Űrtudományi Kutatócsoport, H-1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c.

konstruálták a parancsnoki épületek alapjait, és néhány kutatóárokkal megpróbálták feltérképezni a castrum belsejét. Feltárták a castrum előtt vezető római utat, és annak két oldalán egy-két fontosabb épületet (2. ábra), továbbá az aquincumi amfiteátrumhoz hasonló módon rekonstruálták az amfiteátrumot. Az egykori város területén is több helyen végeztek ásatásokat, de a város nagy része még feltáratlan.



1. ábra. Porta pretoria, a castrum rekonstruált főbejárata
Fig. 1. Porta pretoria, the reconstructed main gate of the castrum



2. ábra. Mérési területek a mérés évével. Az ábra nem méretarányos, a temető jóval messzebb található, mint ahogy azt a képen feltüntettük

Fig. 2. Survey areas with the year of measurement. The figure is not scaled. The cemetery is located further away than it is shown

Méréseinket az ásatások segítése céljából végeztük. Az épületeket a közeli Magura hegy kőfejtőjéből származó dácitból építették. A dácit mágneses szuszceptibilitása nagyságrendekkel nagyobb, mint az üledékes alapkőzeté, és a romokat fedő agyagos talajé, ezért a dácitból készült műtárgyak indukált mágneszettsége magnetométerrel jól mérhető.

A mágneses méréseket régóta alkalmazzák régészeti kutatásra [CLARK 1986; GIBSON 1986; TSOKAS et al. 1994]. A módszer hazai alkalmazása is rutinszerűnek tekinthető [PATTANYÚS-Á. 1986; PUSZTA S. személyes közlés 1988–2008, KIS, PUSZTA 2006]. A jelen dolgozatban a három nyári mérés eredményeit mutatjuk be, összehasonlítva a régészeti feltárásokkal.

Mérések

Méréseinket GSM-19 típusú Overhauser magneto-méterrel végeztük, melynek felbontása 0,01 nT, abszolút pontossága 0,1 nT körüli. A totáltér és a vertikális gradienst mértük m x m-es rácshálóban. Az alsó detektor felszíntől vett távolsága, valamint a két detektor közti távolság 0,55 m volt. A rácshálót a terepi adottságoknak megfelelően tűztük ki, vagy régészeti objektumokhoz igazítottuk. A mérési területek a 2. ábrán láthatók. A castrumhoz vezető úttól északra, valamint a castrumtól délre 2005-ben, a temető területén 2006-ban, a castrum belsejében 2007-ben mértünk.

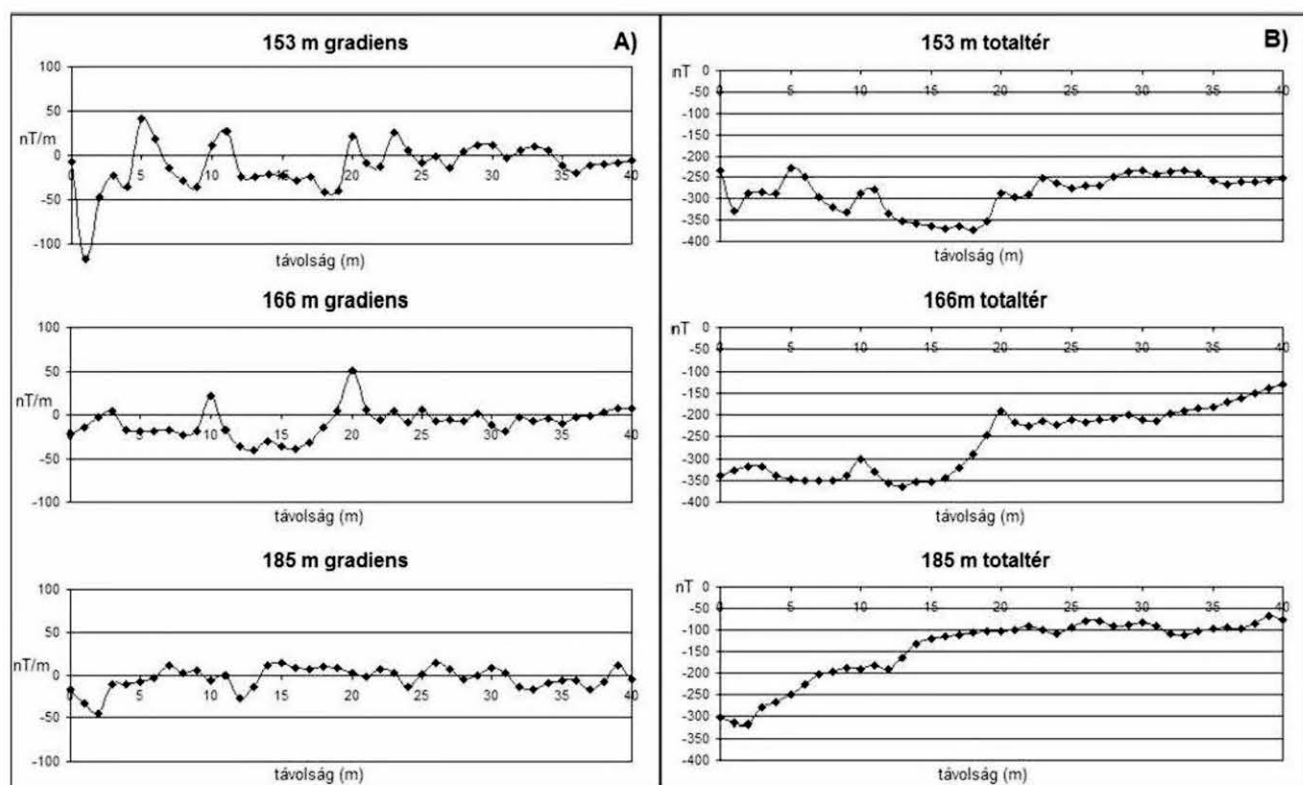
Egy magnetométer a bázisállomáson 1 másodpercenként regisztrálta a mágneses tér napi változását. A napi változás kiküszöbölése érdekében a mért totáltér értékekből kivontuk a bázisállomáson mért értékeket.

A falmaradványok felett a báziskorrigált mágneses tér átlagban 50 nT-val nő, míg a háttér nagyobb hullámhosszal több 100 nT-t változik (3. ábra). A mágneses gradiensben a falak átlagban 40–60 nT/m anomáliát okoznak 0 ± 20 nT/m háttér mellett. A totáltér nagy amplitúdójú, (a falak méretéhez képest) regionális változása miatt a falak által okozott anomáliák elmosódottak, simábbak, a kapott kép nehezebben értelmezhető, mint a gradienstér esetében (4. ábra). A vertikális gradiens nem érzékeny a mágneses tér regionális változására és sekély hatók esetén élesebben lehatárolódnak az anomáliák [CLARK 1986; KIS, PUSZTA 2006]. Esetünkben a vertikális gradiens jel/zaj aránya is nagyobb. Ezért a régészeti objektumok kijelölésére a gradiensmérés alkalmasabb.

Feldolgozás

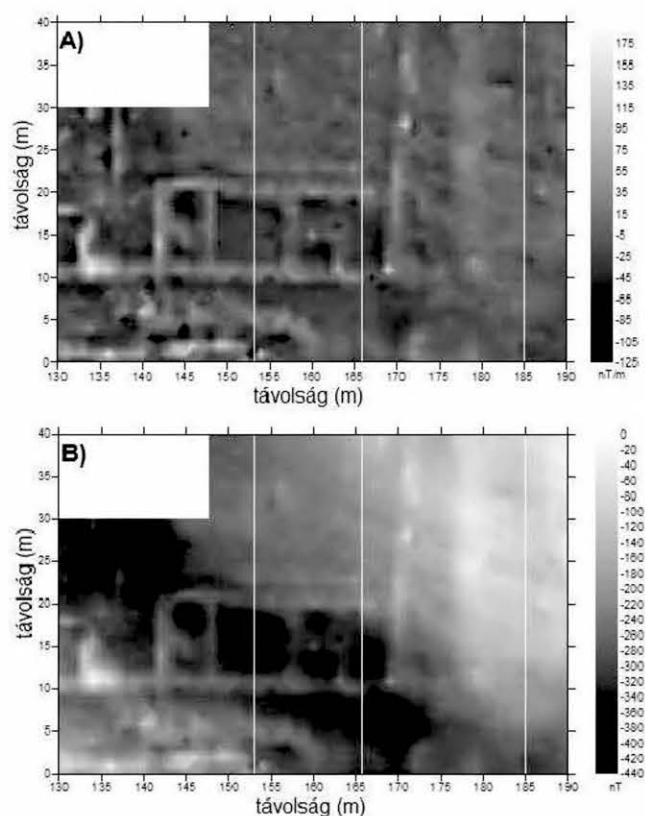
A mért értékeket képfeldolgozó szoftverrel ábrázoltuk és dolgoztuk fel. A mért adatainkon többféle szűrést kipróbáltunk. Az 5. ábrán bemutatunk néhányat ezek közül, melyeket a porta decumana előtti terület adatain végeztünk el. A mért mágneses gradiens adatokat ábrázoló térképen (5A. ábra) több épület nyoma is felfedezhető, melyek közül az É2-vel jelzett nagy terület valószínűleg egy fürdő lehetett. Továbbá látható a területen áthaladó mai földút (Út), valamint az 1950-es években készült kutatóárok nyoma (K1, K2), melyek nem harántoltak régészeti objektumot. Az 5A. ábrán is azonosítható objektumok jobban látszanak az első vertikális deriváltat (a totáltér második deriváltját) ábrázoló térképen (5B. ábra), míg a második derivált (értelmszerűen a totáltér harmadik deriváltja) (5C. ábra) már túl zajos. Az első és második deriváltat a szoftver a mért értékek analitikai felfelé folytatásából számítja [KIS, MESKÓ 1980] FFT transzformációval előállított frekvenciatartományban [pl. MESKÓ 1984]. A legjobban értelmezhető képet az élkiemelő szűrés eredményezte (5D. ábra). Az élkiemelő szűrés során a szoftver az x és y irányú horizontális gradienseket képzi. Az É1-gyel jelölt épületen keresztül 2007 augusztusában húztak egy kutatóárkot. Itt az előzetes várakozásnak megfelelően, az anomáliaképpel megegyező helyzetben megtalálták az épület falait.

A temető egy részének a felmérése során a báziskorrigált totáltér értékek is jól értelmezhető eredményt szolgáltatottak (6A. ábra). Pólusra redukálás után a kapott kép kicsit kontrasztosabb (6B. ábra), de a mért gradienst ábrázoló



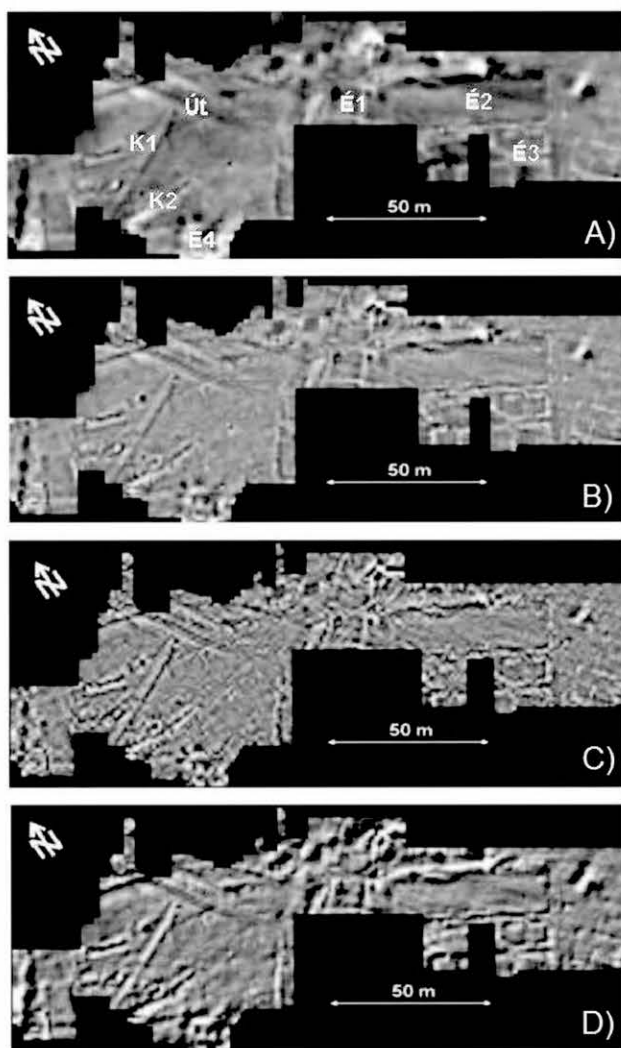
3. ábra. A) Ny–K-i irányú vertikális gradiens szelvények a castrum nyugati részén található épületen keresztül (a szelvények helyét l. a 4. ábrán); B) báziskorrigált totálter szelvények ugyanott. A 185 m-nél található szelvény nem keresztez falat, így az ott mért értékek a háttérnek tulajdoníthatók. A vertikális gradiens a falak felett 50 nT/m-rel, a totálter 50 nT-val nő. A háttér a vertikális gradiens esetén 0 ± 20 nT/m-t, a totálter esetén több 100 nT-t változik

Fig. 3. A) Vertical magnetic gradients along W–E directed sections crossing the walls of a Roman building in the western side of the castrum (for location of the sections see Fig. 4). B) Base corrected total field along the same sections. The section at 185 m does not cross walls, therefore the values along it represent the background. The vertical gradient and the total field above the walls increase 50 nT/m and 50 nT, respectively. The background of the vertical gradient and the total field varies 0 ± 20 nT/m and few 100 nT's, respectively



4. ábra. A) A mért vertikális gradiens térkép a castrum nyugati oldalán található épület felett. Az épület elhelyezkedését l. a 12. ábrán. B) Báziskorrigált totálter térkép ugyanott. A falak által okozott anomáliák élesebbek, jobban lehatárolhatók a vertikális gradiens térképen, mert a gradiens háttére kevesebbet változik és jobb a jel/zaj arány, mint a totálter esetében

Fig. 4. A) Map of measured vertical magnetic gradient above a building in the western side of the castrum. For location of the building see Fig. 12. B) Base corrected total field map in the same area. The anomalies caused by the ruins of walls are sharper, easier to identify in the gradient map, because their background varies less, and the signal/noise ratio is higher than in case of the total field

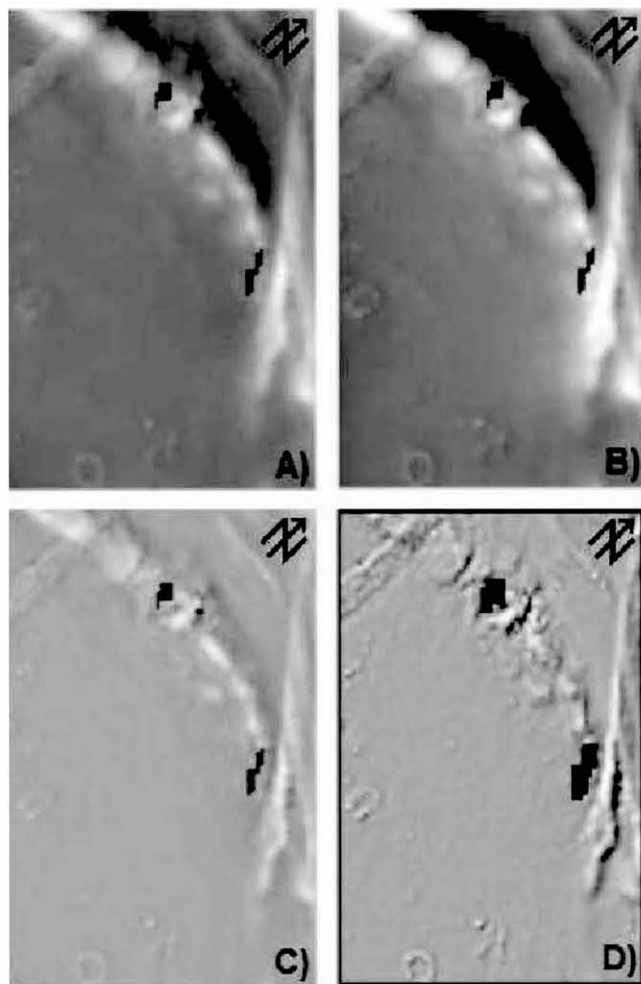


5. ábra. A porta decumana előtt mért vertikális gradiens anomáliák különböző szűrési eljárások után. A mérés helyét 1. a 2. ábrán. A) mért vertikális gradiens. É1–É4: római kori épületek alapjai, K1, K2: az 50-es években ástott kutatóárok, Út: a mérési területen áthaladó mai földút képe. B) Az első derivált szűrés eredménye. C) a második derivált szűrés eredménye. D) Az élkiemelő szűrés eredménye. A régészeti objektumok a nyers mérési eredményeken is láthatók, de a szűrések tovább javítják a képek értelmezhetőségét. A legjobban értelmezhető képet az élkiemelő szűrés eredményezi

Fig. 5. The results of different filters applied to the measured vertical magnetic gradients surveyed in front of the porta decumana. For location see Fig. 2. A) Measured vertical magnetic gradients. É1–É4: foundations of Roman age houses, K1, K2: exploration trenches dug in the 50's, Út: dirt road across the survey area. B) Picture obtained after using the first vertical derivative filter. C) Picture obtained after using the second vertical derivative filter. D) Picture obtained after using an edge-filter.

The archaeological objects are visible on the raw data, but filtering improves the quality of interpretation. The best picture is obtained using an edge-filter

képen még így is élesebben láthatóak az anomáliák (6C. ábra), amit tovább javít az élkiemelő szűrés (6D. ábra). A pólusra redukálás során az anomáliák egy kicsit északra tolódtak az őket létrehozó objektumok fölé. Azonban az eltolódás mértéke az objektumok méretéhez képest jelentéktelen (néhányszor 10 cm), ami az objektumok kis mélységének következménye.



6. ábra. A temetőben (70x110 m) végzett mérés eredménye. A) báziskorrigált totáltér; B) pólusra redukált totáltér; C) mért vertikális gradiens; D) vertikális gradiens az élkiemelő szűrés után. A terepi viszonyok miatt néhány pontban nem tudtunk mérni. Ezt jelzik a fekete foltok, melyek mérete a D) ábrán az élkiemelő szűrés következtében nőtt meg. A terület É-i részén keresztül húzódó erős anomália oka ismeretlen. Lehet, hogy a Kolozsvárra (Napoca) vezető római út kövei okozzák. A kör és négyszög alakú anomáliákat sírkertek okozzák. A kis foltok valószínűleg helyben hamvasztások következtében létrejött remanens mágneses anomáliák

Fig. 6. The results of the surveying in the cemetery (70x110 m).

A) The measured total field corrected for the daily variation;

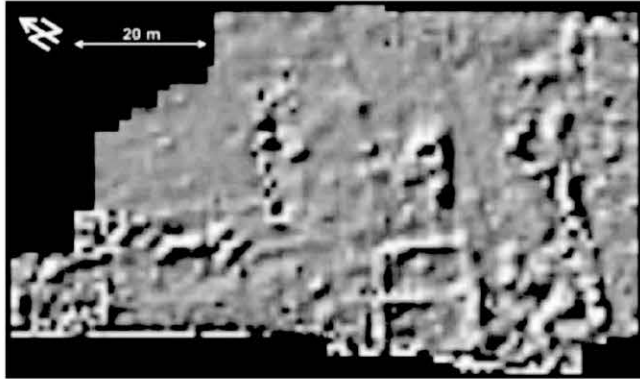
B) The total field reduced to pole; C) The measured vertical

gradient; D) The vertical gradient after using an edge-filter. Due to bushes we were not able to measure at some points. These are shown by black. The size of black areas is increased in figure D) due to the edge-filter. The source of the strong magnetic anomaly across the northern part of the picture is not known. It might be caused by the Roman road leading to Cluj Napoca. The circular anomalies are due to graveyards. The small magnetic spots are probably due to cremation resulting in remanent magnetisation of the clayey soil

A fenti mérési elrendezések és feldolgozási eljárások kipróbálása után értelmezhetőség szempontjából legjobbnak az élkiemelő szűrővel szűrt, mágneses gradiens ábrázoló térképek bizonyultak.

Eredmények

2005-ben az erődhez vezető út mentén végzett mérés során egy kétosztatú épületet sikerült azonosítani, melynek hátsó részében egy kör alakú anomália látható. (7. ábra) Az épület a régészek szerint szentély lehetett, melyben feltehetőleg egy oltárkö található. A terület bal oldalán és a szentélytől jobbra az anomáliakép zavaros. A bal oldalon falmaradványokat lehet sejteni, de ezek valószínűleg rosszabb állapotban vannak, mint a szentély falai.



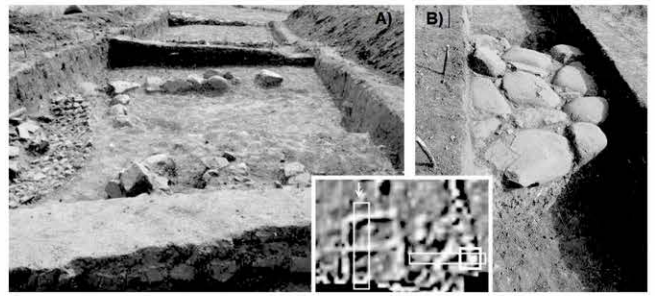
7. ábra. A porta pretoriához vezető római úttól északra mért vertikális gradiens értékek élkimielő szűrő alkalmazása után. A terület elhelyezkedését 1. a 2. ábrán. A kép közepétől kicsit jobbra található kétosztatú épület valószínűleg egy szentély lehetett

Fig. 7. Edge-filtered vertical magnetic gradient, measured north to the Roman road leading to the porta pretoria. For location see Fig. 2. The building with two parts in the centre of the picture was probably a sanctuary

Mérési eredményeink alapján 2007 nyarán ezen a területen két kutatóárkot is mélyítették. Az egyiket a feltételezett szentélyen keresztül, a másikat erre merőlegesen ásták meg, egy szintén elég erős, egyenes anomáliát metszve át (8. ábra). Az első árokban (8A. ábra) megtalálták az általunk is kimutatott falakat, valamint egy 1,5–2 m átmérőjű, téglából készült alapozást, amely a kör alakú anomáliát hozta létre. Az árokban nem találtak a mindennapi életre jellemző használati tárgyakat, sem szemetet, sem élelmiszerhulladékot, így ez az épület valóban egy szentély lehetett. Érdekes megfigyelni a 7. ábrán, hogy a szentély bal felső sarkánál a fal kivastagszik, az épület két részét elválasztó fal bal oldalánál pedig több kisebb kiterjedésű anomáliát is találunk. Ha az anomáliaképet összehasonlítjuk az ásatásról készült képpel, láthatjuk, hogy az említett helyeken dacittömböket találunk.

Ezek után nem meglepő, hogy a másik kutatóárok is feltárt falakat, de ezek rossz megtartásúak, köztük szétszórt kötömbök hevernek. Ennek az lehet az oka, hogy a területet már megbolygatták, a falak kőanyagát a környékbeliek elhordták az építkezésekhez. A második árokban (8B. ábra) az erős, vonalszerű anomália alatt nagy lekerekített köveket találtak, melyek a méretükből és elhelyezkedésükből ítélve egy utca kövezetét alkották.

A temetőben 2006-ban végeztünk méréseket. Az ide vonatkozó anomáliaképeket a feldolgozás lépéseinél (6. ábra) már bemutattuk. A legfeltűnőbb anomália a képek jobb felső részén ferdén végigvonuló nagy amplitúdójú sáv, ami feltehetően a Kolozsvárra vezető római út anomáliaképe.

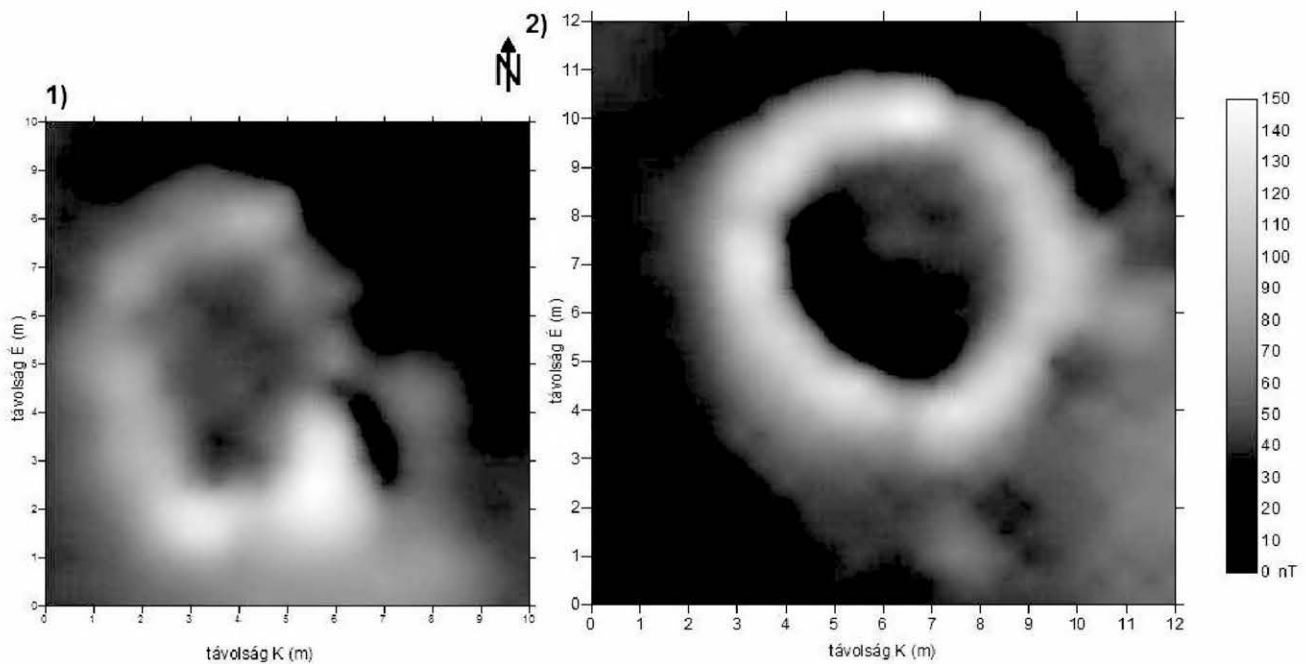


8. ábra. Régészeti feltárás a szentélynél 2007-ben. A középső kis kép a kutatóárok helyét mutatja. A) A szentélyen keresztül húzott kutatóárok a nyíllal jelölt helyről nézve. A szentély hátsó traktusában található kör alakú anomáliát a kép bal oldalán látható kör alakú téglalapozás okozza. A szentély belsejében szétszórt dacittömbök hevernek. Az ezek által okozott mágneses anomáliákat lásd a 7. ábrán. B) A 7. ábra jobb oldalán található erős, vonalszerű anomáliát létrehozó nagy kötömbök, a téglalappal jelölt helyen a másik kutatóárokban. A kötömbök egy utca kövezetét alkották

Fig. 8. Excavation at the sanctuary in 2007. The small picture in the middle shows the locations of the trenches. A) The trench through the sanctuary, watching from the direction of the arrow shown in the small picture. The circular shape magnetic anomaly found in the rear part of the building is caused by a brick foundation visible in the left side of Fig. A. There are dacite blocks laying inside the building. They result in small magnetic anomalies, which are visible in Fig. 7. B) Big dacite stones resulting in a strong linear magnetic anomaly visible in Fig. 7. The stones probably formed the pavement of a small street. For the location of Fig. B see the inlet

Ettől délre a temető helyezkedik el. Az itt található sok apró pont mind egy-egy lehetséges sír által okozott anomália. Azokban az időkben hamvasztásos módon temetkeztek. A mágneses méréssel azokat a sírokat lehet jól kimutatni, ahol a helyben hamvasztást alkalmazták, mivel ezeknél az átégett agyag által okozott anomáliát mérjük ki. A hamvasztásos sírokon kívül található még itt két nagyobb sírkert. A régészek szerették volna kiásni a sírkerteket, ezért ezeket nagyobb felbontásban, 0,5x0,5 m-es rácsháló mentén is felmértük. A téglalap alakú első sírkertet 10x10 m-es, míg a kör alakú másodikat 12x12 m-es területen újramértük. A totáltér anomáliákat a 9. ábra mutatja. A szögletes sírkertet 2006-ban, míg a kör alakút 2007-ben ásták ki. Az ásatás során mindkét sírkert esetén a mágneses eredményeket igazoló állapotot találtak a régészeket. A szögletes sírkert esetén a nagyobb amplitúdójú anomáliák alatt több követ találtak (10. ábra), míg azokon a helyeken, ahonnan a követ elhordták, a mágneses anomália is kisebb volt. A másik sírkert anomáliaképéből sejthető, hogy itt egy teljes, dacitból kirakott gyűrű helyezkedik el. Az ásatás során nemcsak dacitot találtak, hanem egy mészkő tömböt is a sírkert bejáratánál (11. ábra). Ha jól megfigyeljük az anomáliaképet, akkor ez szintén megtalálható rajta a gyűrűs anomáliától keleti irányban, bár kisebb intenzitással jelentkezik, mint a dacit.

2007-ben a castrum belsejében a lekaszált részeken tudtunk mérni (12. ábra). A fehér foltok mérésre alkalmatlan, gázos és bokros területeket jelölnek. A castrum ÉNy-i negyede a szentély körüli zavart, bolygatott területhez hasonló képpel rendelkezik. Ha itt voltak kőből épült épületek, akkor a követ az elmúlt századokban valószínűleg kitermelték, de a területen mélyített kutatóárok



9. ábra. A temetőben talált két sírkert felett mért totáltér értékek. Az eredeti totáltér értékeket megnöveltük, hogy csak pozitív értékek szerepeljenek. A sírkertek elhelyezkedését lásd a 6. ábrán

Fig. 9. Total fields above the two graveyards in the cemetery. We increased the values of the field to have only positive values. For locations of the graveyards see Fig. 6



10. ábra. A feltárt első sírkert [ALFÖLDY, PÁNCZÉL, VASS 2007]. A 9. ábrán bemutatott mágneses anomália és a feltárt sírkert nagyfokú hasonlóságot mutat. A sírkert bejáratánál, ahol nincsenek kövek, mágneses anomália sincs. A legnagyobb anomáliát ott mértük, ahol a legtöbb kő volt. A sírkert nyugati oldalán, ahonnan a követ a századok folyamán elvitték, az anomália is kisebb

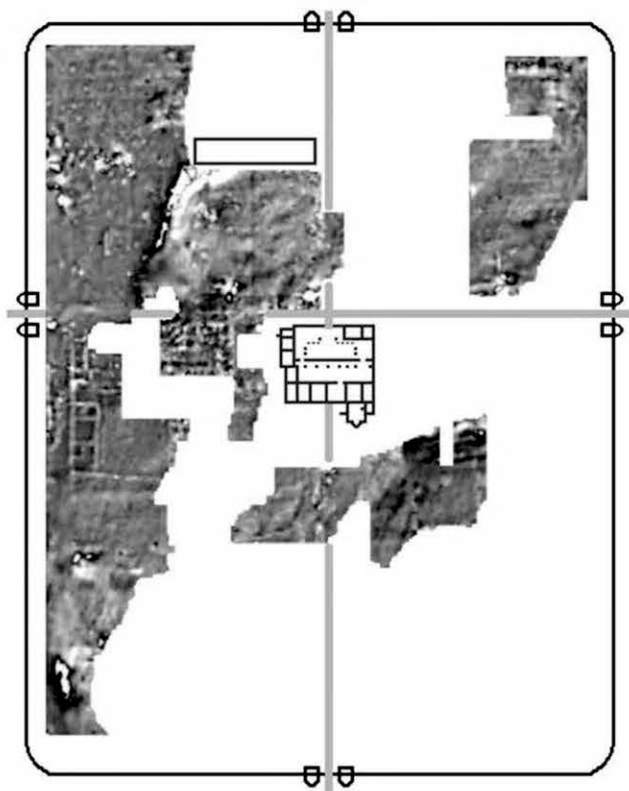
Fig. 10. The excavated first graveyard [ALFÖLDY, PÁNCZÉL, VASS 2007]. The magnetic anomaly shown in Fig. 9. is very similar to the ruins of the graveyard. The highest anomaly is found above the largest mass of stones. From the western side of the graveyard the stones were mined by the local people during the centuries. Above it the amplitude of the magnetic anomaly is less. Finally, above the entrance, where stone wall was not built, the magnetic anomaly is missing, too

és a régészek történeti ismeretei szerint ezen a részen az épületek főleg fából készültek. A két oldalkaput összekötő úttól északra a bolygatott anomáliaképet a területen mélyített számos kutatóárok indokolja, míg az úttól délre nagyon szépen kirajzolódik egy hatalmas épület. A castrum többi területén a mágneses mérések nem mutattak ki épületnyomokat vagy egyéb szerkezeteket. Több helyen nehezítik az értelmezést az ásások során kiszedett, majd az árkok mellett felhalmozott kőrákások által okozott nagy anomáliák.



11. ábra. A feltárt második sírkert [ALFÖLDY, PÁNCZÉL, VASS 2007]. A sírkert alapja épen megmaradt. A 9. ábrán bemutatott mágneses anomália ennek megfelelően kb. azonos amplitúdójú kör. Felhívjuk a figyelmet a keleti oldalon talált mészkő alapra, amely valószínűleg a bejárat lehetett [ALFÖLDY, PÁNCZÉL, VASS 2007.] A mészkő alap a mágneses méréseken is látszik, de az általa okozott anomália nagysága jóval alatta marad a dacit alap anomáliájának. Ezért a mészkő alapot a mérések értelmezésénél nem vettük észre, az általa okozott anomáliát mérési zajnak gondoltuk

Fig. 11. The excavated second graveyard [ALFÖLDY, PÁNCZÉL, VASS 2007]. The foundation of the graveyard remained intact. The circular shape of the magnetic anomaly with ca. uniform amplitude (Fig. 9) is in fully agreement with the findings. Note the limestone foundation at the eastern side. It might have been the entrance of the graveyard [ALFÖLDY, PÁNCZÉL, VASS 2007]. The limestone foundation has an effect in the magnetic field, but its amplitude is much less than the amplitude of the anomaly caused by the dacite stones. Therefore, during the interpretation of the magnetic anomalies we neglected the effect of the limestone foundation, we thought that it was noise



12. ábra. A castrumban végzett vertikális gradiens mérések eredménye, két rekonstruált épületalap és a castrum alaprajzával. A castrum ÉNy-i részén csak gyenge vonalszerű anomáliák találhatók. A területet utólag megbolygatták, a köveket kiszedték, vagy csak fa épületek álltak ezen a részen. A keresztúttól D-re, a Ny-i oldalon egy nagy épület alapjai láthatók (l. a 4. ábrát is)

Fig. 12. The measured vertical magnetic gradient in the castrum with the layouts of the castrum and reconstructed foundations of two buildings. In the NW part of the castrum only weak linear anomalies can be seen. The area was probably disturbed by mining the stones out, or only wooden buildings were standing here. South to the main E–W street in the western side of the castrum the foundations of a huge building can be found (see also Fig. 4)

Összefoglalás

A mágneses mérések, elsősorban a vertikális gradiens mérések jól alkalmazhatónak bizonyultak a régészeti kutatásokban Porolissumon. Élkiemelő szűrővel a mérési eredmények értelmezhetőségét tovább tudtuk javítani. A mérésekkel hatékonyan fel lehet térképezni az épületek alapjait, az utakat, sírokat és sírkerteket. Ennek az az oka, hogy az építőanyagként használt dácit mágneszettsége jóval nagyobb, mint a talaj mágneszettsége. Az is a lehatárolást segíti, hogy a keresett objektumok 0,3–1 méteres, sekély mélységben találhatók.

Az anomáliaképek alapján az is megállapítható, hogy az épületek falai milyen állapotban maradtak meg. Erre jó példa a szentély, aminek a falai épen maradtak, valamint a szentély környéke, ahol nagyon zavart képet kaptunk, mivel a falak csak nyomokban maradtak meg. A sírkerteknél szintén láthattuk hol maradtak meg jobban az alapok, és ezt a régészeti feltárás is igazolta.

A mérések nemcsak a régészeti kutatás szempontjából hasznosak. Számunkra a mérés érdekessége abban rejlik,

hogy a régészek többek közt a mi eredményeink alapján tervezik és végzik az ásást. Így közvetlenül ellenőrizhető az anomáliák forrása. Az épen maradt alapoknál, sírkerteknél, melyek jól értelmezhető anomáliát hoznak létre, a feltárások rövid időn belül igazolták a mérésekből felállított értelmezést. Ugyanakkor a feltárásokkal derült fény arra is, hogy a kisebb anomáliáknál, amelyekre elsősorban azt is mondhattuk volna, hogy csak mérési zaj, szintén találtak objektumokat, például a kör alakú sírkert bejáratánál a mészkőtömböt, vagy a szentély belsejében az elszórtan található dácittömböket.

Azokon a helyeken tehát, ahol mágneses anomáliát mérünk, a régészek megtalálták annak a forrását, és fordítva, azokon a helyeken, ahol nem mérünk régészeti objektumra utaló anomáliát, ott a korábbi kutatóárkok sem találtak semmit. Természetesen ezek az állítások a további mérésekkel és ásásokkal megváltozhatnak, például nem mágnesezhető objektumokat, fából készült falakat találhatnak, vagy a mágneses kutatómódszer behatolási mélységénél nagyobb mélységben találnak műtárgyakat.

A porolissumi méréseket a jövőben is szeretnénk folytatni, hogy egy átfogó képet kapjunk a település szerkezetéről és méreteiről. A következő mérési kampány során a teljes temető felmérését tervezzük.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton köszönjük MARTON Péter professzor úrnak, aki 2004 folyamán archaeomágneses méréseket végzett a területen, hogy felhívta figyelmünket a porolissumi mérési lehetőségre. Köszönjük BAJUSZ István régésznek, a BBTE docensének és a Szilágy Megyei Történelmi és Művészeti Múzeum főmunkatársának, hogy lehetővé tette a részvételünket a kutatásban, kijelölte a mérési területeket, és házigazdánk volt a régészeti kutatóbázison. Hálásak vagyunk a zilahi SZMTM Múzeumnak, amiért biztosította a szállás és az utazási költségeit. Külön köszönettel tartozunk PÁNCZÉL Szilamér és VAS Lóránt régész doktoranduszoknak, akik a temetői mérési terület kijelölésében, illetve a kézirat régészettel kapcsolatos részeinek átnézésében voltak segítségünkre. Végül köszönjük a kolozsvári történész és régész szakos hallgatóknak, hogy segítettek a mérések kivitelezésénél és esténként biztosították a jó hangulatot. Köszönjük az OTKA TS 044765 számú Tudományos Iskola projekt és a GVOP-3.2.1-2004-04-0390/3.0 számú projekt támogatását.

HIVATKOZÁSOK

- ALFÖLDY Á., PÁNCZÉL SZ., VASS L. 2007: A porolissumi temető feltárási munkálatairól. V. Erdélyi Magyar Régészeti Konferencia, Kolozsvár, 2007. november 9–11.
- CLARK A. J. 1986: Archeological geophysics in Britain. *Geophysics* 51, 1404–1413
- GIBSON T. H. 1986: Magnetic prospection on prehistoric sites in Western Canada. *Geophysics* 51, 553–560
- KIS K., MESKÓ A. 1980: Alkalmazott geofizika. Gravitációs és mágneses kutatási módszerek. ELTE, egyetemi jegyzet, Tankönyvkiadó, Budapest

KIS K. I., PUSZTA S. 2006: Application of magnetic field derivatives for locating Sarmatian graves. J. Appl. Geophys. **60**, 13–26

MESKÓ A. 1984: Digital Filtering: Applications in Geophysical Exploration for Oil. John Wiley & Sons, New York and Akadémiai Kiadó, Budapest

PATTANTYÚS-Á. M. 1986: Geophysical results in archeology in Hungary. Geophysics **51**, 561–567

TSOKAS G. N., GIANNOPOULOS A., TSOURLOS P., VARGEMEZIS G., TEALBY J. M., SARRIS A., PAPAZACHOS C. B., SAVOPOULOU T. 1994: A large scale geophysical survey in the archeological site of Europas (northern Greece). J. Appl. Geophys. **32**, 85–98

— • — • — • — • — • —

Válasz Stomfai Róbert megjegyzéseire (2008. évi 1. szám) Az árapály és a dagállysúrlódás nagyságrendjének áttekintése c. cikkhez (2007. évi 2. szám)

T. ÓNODI: Answer to remarks of R. STOMFAI to paper of T. ÓNODI (Vol. 49, No. 1; Vol. 48, No. 2)

Mindenekelőtt köszönöm a kritikát és azt, hogy valaki nemcsak hogy elolvasta a cikket, hanem utána is számolt. Mindenekelőtt le kell szögezmem, hogy magam is híve vagyok az SI rendszernek, elsősorban azért, mert koherens rendszer, tehát elkerülhető a „dimenzionális konstansok” alkalmazása, amire jó példa az angolszász mértérendszer.

A prefixumok azért még néhány szót megérdemelnek.

Sajnos a kritikába is becsúsztott két hiba:

1. A szeptillió elnevezés az angolszász országokban, Oroszországban és Törökországban jelenti a 10^{24} számot (short scale). Az európai országokban, jó ideje már a franciáknál is a millió hatványai szerint számoznak. A szeptillió $7 \cdot 6 = 42$ nullát jelentene. A 10^{24} a jól ismert kvadrillió — ugyanis ennyivel váltották a pengőt 1946-ban (még volt előtte valami szorzó).

2. A Yotta kilogrammban viszont azt tartom hibának, hogy a kg már maga is tartalmazza a kilo prefixumot, és hiába alapegység, csak a gramm előtt állhat prefixum.

Ónodi Tibor