

Egy feltételezett Mithras-szentély kutatása geoelektromos mérésekkel Porolissumban

RAÁB DONÁT¹, KELEVITZ KRISZTINA¹, LENKEY LÁSZLÓ^{1,2}

¹ELTE, Geofizikai és Űrtudományi Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C

²MTA–ELTE Geológiai, Geofizikai és Űrtudományi Kutatócsoport, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C

Jelen írás az ókori római város, Porolissum (Szilágy megye, Románia) erődítményében 2–3 méter mélységben feltételezett Mithras-szentélynek egyenáramú geoelektromos módszerrel történő kutatásáról szól. Az objektum felett 1 méter osztásközi rácshálóban szelvények mentén végeztünk Wenner–Schlumberger- és dipól–dipól elrendezésben méréseket, melyeket 3D-s inverzióval (RES3DINV) értékeltünk ki. Az eredmények alapján az objektumot egyértelműen le lehetett határolni; látható a Ny-i fala, a régi kutatóárok helye és azok a részek, ahol van, illetve ahol nincs omladék. A későbbi régészeti feltárás igazolta a geofizikai értelmezést, azonban az is kiderült, hogy az objektum nem szentély, hanem ciszterna volt.

Raáb, D., Kelevitz, K., Lenkey, L.: DC geoelectrical prospecting to detect an assumed Mithras temple in Porolissum

In this case study we present the results of two DC geoelectrical surveys which were carried out in order to detect the remnants of a presumed Mithras temple located in 2–3 m depth in the fortress of the Roman age town Porolissum (Salaj county, Romania). In the surveys we used Wenner–Schlumberger and dipole–dipole arrays. The geometry of the two surveys was the same: a net of rectangular lines with spacing of 1 m. The apparent resistivities were inverted by the software RES3DINV. The surveys resulted in very similar resistivity distribution. A medium resistivity object (100–200 Ωm) of 25 m \times 7 m in size until 3 m depth was identified surrounded by low resistivity clay (10–20 Ωm). The western wall of the object remained intact, in other places the walls collapsed. Two former excavation trenches are indicated by low resistivity. The findings of the archeological excavations following the surveys are in fully agreement with the results of the geophysical prospecting and their interpretation. Unfortunately, the excavations revealed that the object was a cistern

Beérkezett: 2011. május 2.; *elfogadva:* 2011. június 8.

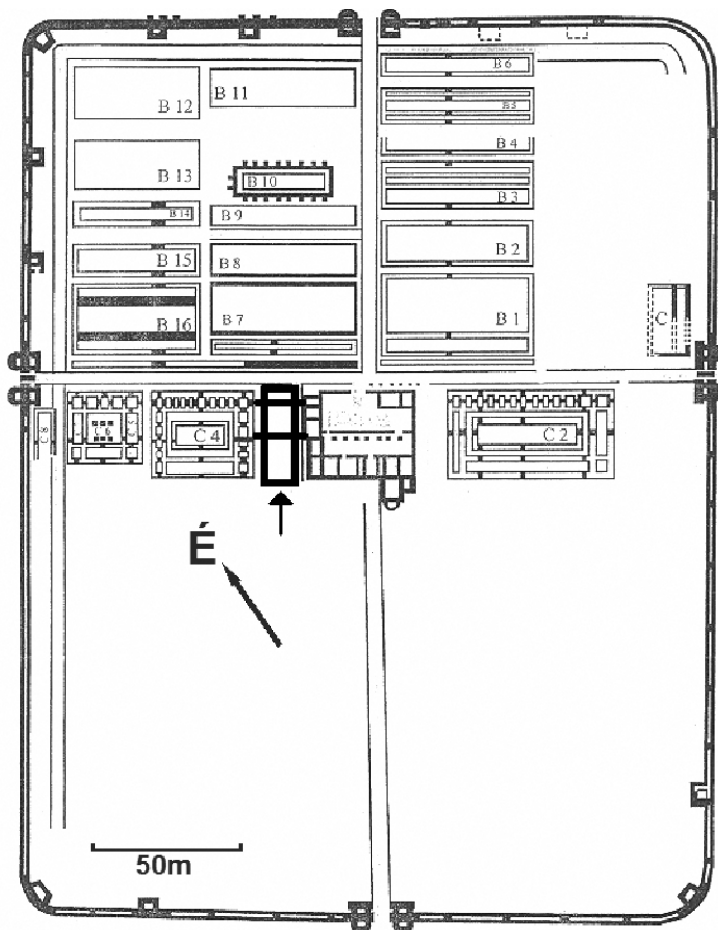
Bevezetés

Az ELTE Geofizikai és Űrtudományi Tanszékének oktatói és hallgatói 2005 óta végeznek régészeti célú geofizikai méréseket Porolissumban (Petrovics et al. 2008, Lipovics et al. 2009). Az ókori Porolissum romjai Szilágy megyében (Románia), Zilah közelében találhatóak. Porolissum a Kr. u. II. és III. században, az egykori Dacia Porolissensis provincia székhelye volt, kulcsfontosságú stratégiai helyen, a limes mentén. A település lakossága az amfiteátrum befogadóképessége alapján becsülve körülbelül 20000 fő lehetett (Bârbulescu 2005). Miután a III. században a rómaiak kivonultak a provinciából, a város hanyatlásnak indult. Az Árpád-korban a város területén még létezett egy település, amely valószínűleg a Meszesi-monostorhoz tartozott, azonban Károly Róbert uralkodása idején ez is elnéptelenedett. Az első régészeti ásatás Buday (1908) nevéhez fűződik.

1977 óta tervszerűen folynak a régészeti kutatások és rekonstrukciók. Napjainkig a *castrumot*, az amfiteátrumot és néhány fontosabb épületet feltártak (Bajusz 1983, Gudea 1997).

A geofizikai módszerek régészeti kutatásban való alkalmazását Porolissumban az teszi lehetővé, hogy a rómaiak a várost, annak útjait és épületeit nagyrészt a közeli Magura-hegyből bányászott magmás kőzetből építették. A kőzet besorolása nem tisztázott, bazaltandezitnek vagy mikrogabb-rónak is meghatározható (Rusu et al. 1994). A város agyagra épült, így a magmás kőzet agyagtól nagyságrendekkel eltérő fajlagos elektromos ellenállása és mágneses szuszceptibilitása miatt geofizikai módszerekkel jól kimutatható.

A *castrum* ásatása során a parancsnoki épülettől nyugatra két kutatóárok több mint két méter mélységig talált falakat (*1. ábra*), és a törmelékből előkerült egy Mithras szobortöredék is (Gudea 1997). Ezek alapján a régészek egy Mith-



1. ábra A porolissumi *castrum* alaprajza (Gudea 1997). Az erőd közepén a parancsnoki épület alaprajza látható, mellette vastagított keret a kutatott épület feltételezett határait, a keretet metsző vonalak a korábbi kutatóárkokat jelzik

Figure 1 Plan of the *castrum* of Porolissum (Gudea 1997). The headquarters lie in the centre of the *castrum*. The thick rectangle west to them marks the building under research, the lines crossing it mark the former archaeological trenches

ras-szentélyt gyanítottak a parancsnoki épület mellett (Pánczél Sz., személyes közlés 2008).

Mithras hite a Közel-Keletről származott és a Római Birodalom terjeszkedésével jutott el Európába. Mithrast a Közel-Keleten napistenként, a Római Birodalom területén a katonák isteneként tisztelték. A vallás szerint egy barlangban született, így hívei a születését a téli napfordulókör egy barlangban ünnepelték. Amennyiben a környéken nem fordult elő természetes barlang, a hívek egy barlangot imitáló pincetemplomot, Mithras-szentélyt (*mithreumot*) építettek.

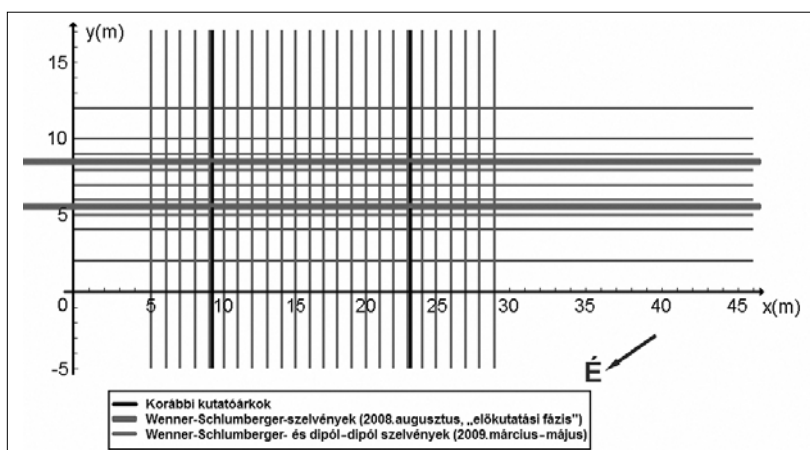
Egy agyagos környezetben található, kemény, nagy ellenállású kőzetből álló, felszín közeli omladék kimutatására az egyenáramú geoelektromos módszer ideális. A történet és az előzetes régészeti kutatások ismeretében már 2005-ben felmerült a *mithreum* geofizikai kutatásának ötlete. A méréseket végül 2008–09-ben végeztük el köszönhetően annak, hogy a régészek a *mithreum* feltárása mellett döntöttek, és az ásás tervezéséhez szükség volt a keresett objektum lehatárolására.

Mérések

A feltételezett *mithreum* mérését három fázisban végeztük el. Az első mérés célja az volt, hogy az egyenáramú geoelektromos módszer alkalmazhatóságát igazoljuk. 2008

nyarán a 2-3 méter mélységig terjedő objektum hosszának lehatárolására két geoelektromos szelvényt mértünk egymástól 3 méter távolságra, párhuzamosan a parancsnoki épület oldalával (2. ábra). A méréshez a KBFI-TRIÁSZ Kft. Diapír típusú műszerét használtuk multielektrodás kiegészítéssel. A mérés során Wenner–Schlumberger-elrendezést alkalmaztunk 1 méteres elektródátávolsággal. Ez az újabb keletű elrendezés a Wenner- és a Schlumberger-elrendezések ötvözeté, és a multielektrodás mérésekkel terjedt el. A mérés úgy történik, hogy egy referenciaponthoz tartozó VESZ mérés során az áramelektrodák mindig egy elektróda osztásközzel kerülnek kijebbe. Így az első mérés Wenner-elrendezésben történik, majd nagy áramelektroda-távolságoknál a konfiguráció a Schlumberger-elrendezést közelíti, a két helyzet között pedig folyamatos átmenet van. A szelvény az így lement VESZ mérésekből tevődik össze. A fajlagos ellenállás eloszlását a RES2DINV szoftverrel határoztuk meg. A fajlagos ellenállás a két szelvény mentén nagyon hasonló volt; a szelvények közepén 22–23 méter hosszan, 2,5–3 méter mélységig több, nagy ellenállású anomália jelentkezett (Raáb 2009).

Miután a szelvények egyértelműen igazolták a módszer alkalmazhatóságát és az objektum létezését, a szentély teljes lehatárolása érdekében 2009 márciusában és májusában 2,5D-s méréseket hajtottunk végre a területen. A mérést azért neveztük 2,5D-snek, mert a területen 2D-s hossz- és kereszt-



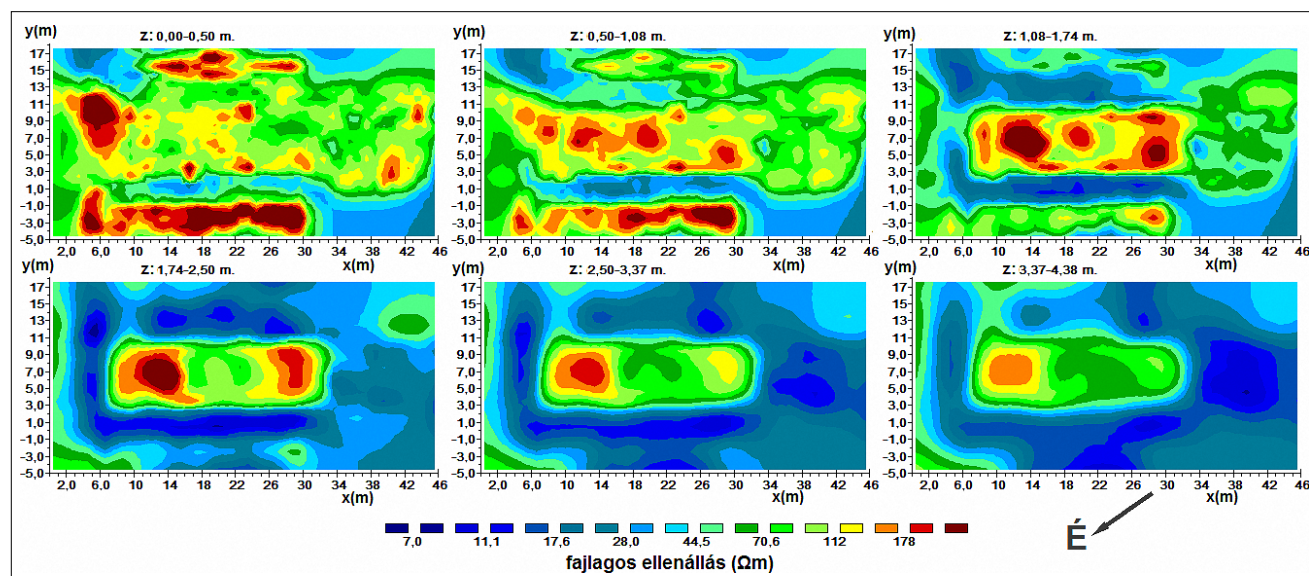
2. ábra A különböző mérési kampányok során elvégzett mérések nyomvonalai a helyi koordináta-rendszerben. A terület déli oldalán $x = 30$ métertől nem tudunk több kereszt-szelvényt felvenni egy bokorcsoport miatt

Figure 2 Traces of geoelectrical sections measured during different campaigns. We were not able to measure more cross-sections from $x = 30$ metres towards south due to bushes. Thick black lines mark the former archeological trenches, thick grey lines mark test measurements, other lines: location of Wenner-Schlumberger and dipole-dipole sections

szelvényeket vettünk fel a 2. ábrán látható rácsháló mentén, a szelvények adatait pedig együtt, 3D-s módon értékeltük ki. Mivel az elektródák száma korlátozott volt (40 db), ezért nem állt módunkban valódi 3D-s mérést készíteni. Összesen 9 hossz- és 25 kereszt-szelvényt vettünk fel 1 méteres elektróda-távolsággal, márciusban Wenner-Schlumberger- és májusban dipól-dipól elrendezést alkalmazva. A mérést ARES típusú egyenáramú multielektrodás műszerrel végeztük.

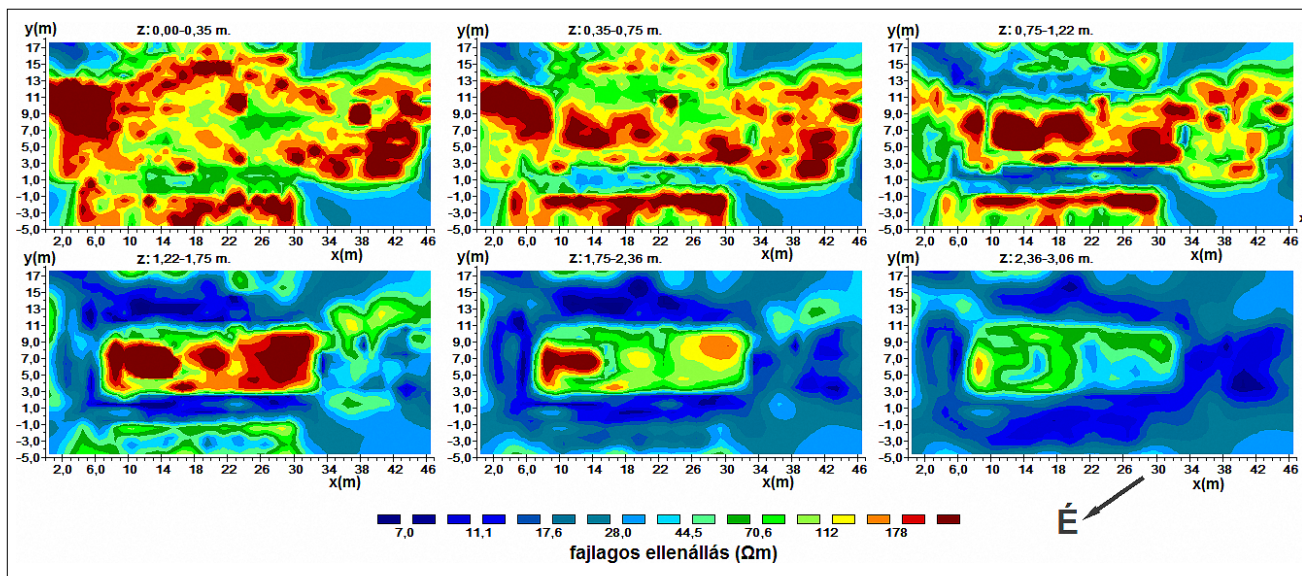
A Wenner-Schlumberger-elrendezéssel kapott fajlagos-ellenállás-eloszlás alapján egyértelműen ki lehetett jelölni

a *mithreum* helyét, és a belső szerkezetére is lehetett következtetni. (Lásd a 3. ábrát és következő fejezetet.) A jó eredmények alapján a *mithreumot* tesztterületnek „nyilvánítottuk”, és ezért döntöttünk úgy, hogy a méréseket dipól-dipól elrendezéssel is megismételjük. A dipól-dipól elrendezés érzékenyebb a horizontális ellenállás változásokra (Loke, Barker 1995, Loke 2010), továbbá kétszer annyi mérés történik ugyanazon szelvény mentén, ezért a *mithreum* belső szerkezetének a jobb leképezését vártuk tőle.



3. ábra Fajlagosellenállás-eloszlás különböző mélységeken, a Wenner-Schlumberger-elrendezéssel mért szelvények (9 hossz- és 25 kereszt-szelvény) inverziójának eredménye. Az ábrán látható hat térkép egy-egy, a felszínnel párhuzamos rétegnek felel meg. A rétegek mélységét a térképek tetején látható z adja meg. Az ábrák tájolása és koordináta-rendszere megegyezik a 2. ábráéval

Figure 3 Distribution of specific resistivity in different depths, the results of the inversion of the Wenner-Schlumberger profiles (9 sections, 25 cross-sections). Each map shows a layer in a given depth parallel to the surface. The depth range (z) is indicated on the top of the maps. Orientation and coordinate system is the same as in Fig. 2



4. ábra Fajlagosellenállás-eloszlás különböző mélységekben, a *dipól–dipól* elrendezéssel mért szelvények (9 hossz- és 25 kereszt-szelvény) inverziójának eredménye. Az ábrán látható hat térkép egy-egy, a felszínnel párhuzamos rétegnek felel meg. A rétegek mélységét a térképek tetején látható z adja meg. Az ábrák tájolása és koordináta-rendszere megegyezik a 2. ábráéval

Figure 4 Distribution of specific resistivity in different depths, the results of the inversion of the *dipole–dipole* profiles (9 sections, 25 cross-sections). Each map shows a layer in a given depth parallel to the surface. The depth range (z) is indicated on the top of the maps. Orientation and coordinate system is the same as in Fig. 2

Inverzió

A lemért szelvények adataiból egy-egy Wenner–Schlumberger- és dipól–dipól elrendezéshez tartozó adattömböt szerkesztettünk, amelyek az összes mérés adatait tartalmazták. Az így kapott kvázi 3D-os adattömböket a RES3DINV inverziós szoftverrel értékeltük ki.

A RES2DINV és RES3DINV program a felszín alatti féltérlet horizontális rétegekre bontja, a rétegeket pedig hasáb alakú cellákra bontja tovább. A direkt feladat megoldása során a cellákra valamilyen fajlagos ellenállást feltételezve a program kiszámítja a mérési elrendezésre jellemző látszólagos fajlagosellenállás-eloszlást. Az inverzió során nemlineáris legkisebb négyzetek módszerét alkalmazva (deGroot-Hedling, Constable 1990, Loke, Barker 1996) addig változtatja az egyes cellák fajlagos ellenállását, míg a mért és a számított látszólagos fajlagos ellenállások közti eltérés kisebb lesz egy megadott hibahatárnál. Mindkét mérés inverziójánál a hiba 10% volt.

Eredmények

A Wenner–Schlumberger-elrendezéssel kapott eredményeket a 3. ábra, a dipól–dipól elrendezéssel kapott eredményeket a 4. ábra mutatja be.

- 1) A szentély horizontális kiterjedését illetően mindkét inverzió során hasonló eredmények születtek. Az épület hossza 26 méter ($x = 7$ és $x = 33$ méter között), szélessége 8 méter ($y = 3$ és $y = 11$ méter között).

- 2) A szentély talapzatára az inverzió Wenner–Schlumberger-elrendezés esetén 3–3,5 méter, a dipól–dipól elrendezés esetén 2,5–3 méter mélységet adott. Az eltérés oka, hogy a mélység nem az inverzió során számított paraméter, hanem rögzített érték: a féltér felosztása során a cellák mélysége az elektródaelrendezésnek megfelelő közepes kutatási mélység (Geotomo 2008). A talapzat az északi oldalon mélyebben található. Ez abból adódik, hogy a felszín dél felé lejt, a talapzat pedig vízszintes.
- 3) A dipól–dipól elrendezés érzékenyebb a horizontális változásokra, ám várakozásainkkal ellentétben a Wenner–Schlumberger-elrendezéshez képest nem adott sokkal részletesebb képet az épület belső geometriájáról. A dipól–dipól elrendezéssel kapott fajlagos ellenállás egy kicsit részletgazdagabb: több kisebb, jobban lehatárolt anomália látszik rajta.
- 4) A talaj felső 0,5–1 méterében máshonnan származó, nagy ellenállású objektumok (a felszínen is megfigyelhető tégladarabok, kőrakások) találhatóak, azonban a *mithreum* falai már 0,4–0,7 méter mélységben megfigyelhetők. A környező épületek (ezek keleti, nyugati és déli irányban helyezkednek el a kutatott objektumhoz képest) által okozott ellenállás-anomáliák a felszín alatt 1–1,2 méterrel megszűnnek.
- 5) Mindkét inverzió eredményén látszik az egykori kutatóárkok helye ($x = 9$ és $x = 23$ méter). Mivel a feltárás során az itt található kőveket kivették, az árkokat főleg földdel és kevesebb törmelékkel töltötték vissza, így ezek környezetüknél kisebb ellenállással jelentkeznek.

- 6) Az épületet nyugatról lezáró fal mindkét inverzió alapján épségben megmaradt.
- 7) A kutatott terület északi végében látható masszív, nagy ellenállású tömb valószínűleg egy beomlott, főleg kővel feltöltődött részt jelent, a belső részen látható kisebb ellenállású rész kevesebb követ tartalmazó feltöltődést jelezhet.
- 8) A nagy ellenállású részt körülvevő kis ellenállású haló a mérés következménye, mert mind a Wenner–Schlumberger-, mind a dipól–dipól elrendezésnél az áram- és a potenciáelektródák közötti érzékenység negatív (Loke 2010), aminek következtében a mért ellenállás kisebbnek adódik, mint a valódi ellenállás.

Feltárás

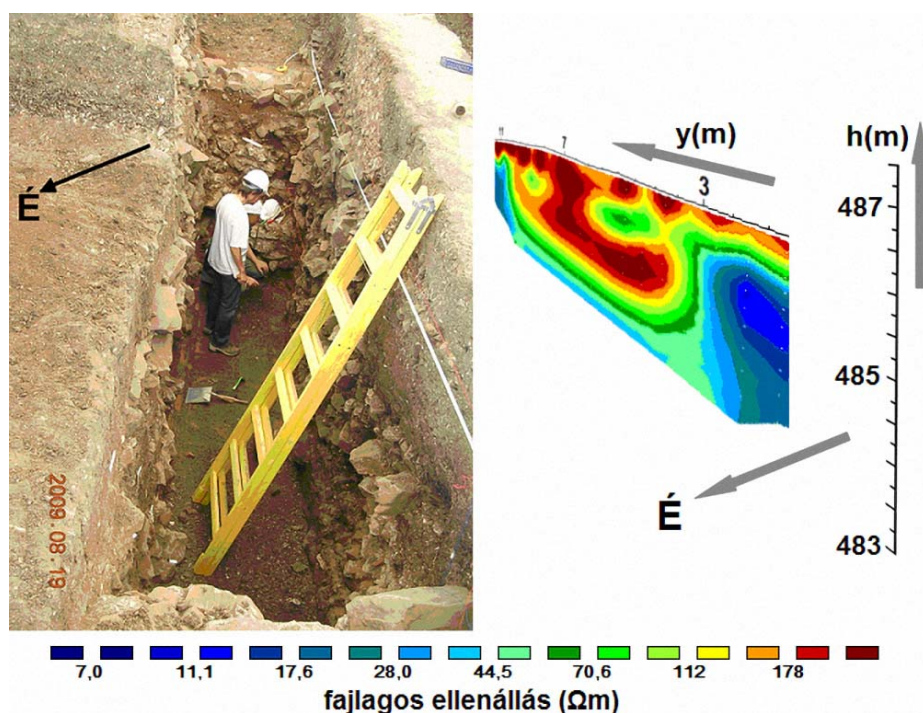
A feltételezett szentély régészeti feltárását egy hároméves projekt keretében, 2009 nyarán kezdték meg (Döhner et al. 2010). A feltárás során a szentély északi végében kb. 3 m, déli végében kb. 2,5 méter mélyen találták meg a padlózatot, ez teljesen összhangban van a dipól–dipól mérési eredményekkel. Ezeket a kutatóárokot a korábbi árkok mentén mélyítették. A dipól–dipól mérések keresztmetszésein látható belső szerkezetekről is kiderült a feltárás során, hogy a mérés szinte teljesen pontosan leképezte az eltemetett kövek inhomogén eloszlását (5. és 6. ábra).

A szentély északi végében található masszív, nagy ellenállású tömb egy nagy, kövekből álló beomlott szakaszhoz tartozik, a déli végében pedig az $x = 24$ és $x = 26$ méter közötti (3. és 4. ábra), kisebb ellenállású szakaszban a feltárás során sem találtak követ, ugyanakkor az oldalfalak pontosan ott voltak, ahol a mérés jelezte őket.

A 2010. évi feltárás során több helyen elérték a padlózatot, az oldalfalakat, és nem találtak *mithreumra* utaló maradványokat. Viszont találtak vízálló belső vakolatot, valamint a pince délkeleti sarkában, ahol az ellenállás eloszláson egy „kinövés” látható, találtak egy kifolyócsövet. Ezek alapján biztos, hogy a korábban *mithreum*-nak gondolt építmény egy ciszterna volt. A ciszterna beomlása után a terület részben magától feltöltődött, részben pedig elplanírozták. A törmelék mindkét esetben a közeli parancsnoki épületből származott, így került a felső feltöltött részbe a Mithras szobor-maradvány.

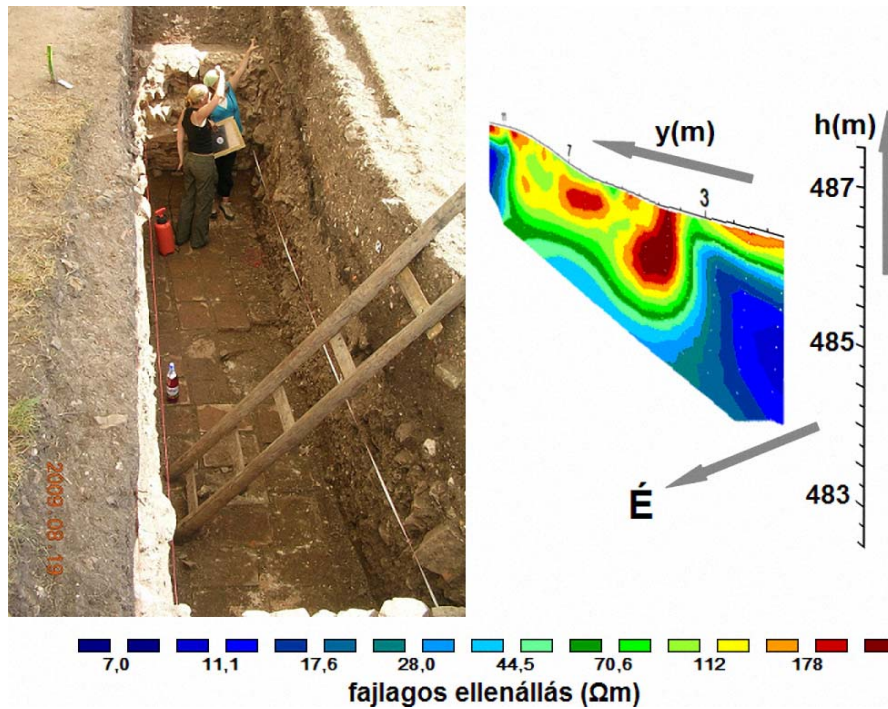
Összefoglalás

A régészeti feltárás során kiderült, hogy az objektum, amelyet a régészek *mithreum*-nak gondoltak, egy ciszterna lehetett. A felismerés nagy csalódás volt mindannyiunknak, de bennünket vigasztal, hogy a geofizikai mérések eredményei és értelmezésük nagy részletességgel megegyeztek a feltárásokban tapasztalt rétegsorral.



5. ábra Az $x = 10$ méternél mélyített kutatóárok (balra), illetve az $x = 11$ méternél felvett dipól–dipól keresztmetszvény (jobbra). Az ellenállásmérés $y = 3$ és $y = 7$ méter közötti rész látható a feltárás jobb (déli) oldalán. A feltárásban talált, nagy kövekből álló beomlás geometriáját az ellenállásmérés nagy pontossággal képezte le

Figure 5 Archeological trench at $x = 10$ metres (left), dipole–dipole cross-section at $x = 11$ metres (right). The segment between $y = 3$ and $y = 7$ metres on the geoelectric section can be seen on the right (south) side of the trench. The geoelectric measurement mapped very well the geometry of the massive stone ruins found in the trench



6. ábra Az $x = 22$ méternél mélyített kutatóárok (balra), illetve az $x = 22$ méternél felvett dipól–dipól keresztmetszvény (jobbra). Az ellenállásmérés segítségével pontosan le lehetett határozni az építményt, s belső szerkezetéről is képet kaphattunk. Az ellenállás-eloszlás alapján meg lehet mondani, hol vannak a nagy, durva kövek, hol van feltöltés, hol maradt meg a fal, és honnan hiányoznak a kövek.

Figure 6 The trench at $x = 22$ metres (left), dipole-dipole cross-section at $x = 22$ metres (right). The large stones in the foreground (left) result in large resistivity at $y = 4$ metres on the geoelectric profile. Medium resistivity values belong to soil-filled part with less and smaller size stones

A feltételezett Mithras-szentély feltérképezéséhez választott 2,5D-s geoelektromos kutatómódszer ideálisnak bizonyult. Az ellenállásmérés segítségével pontosan le lehetett határozni az építményt, s belső szerkezetéről is képet kaphattunk. Az ellenállás-eloszlás alapján meg lehet mondani, hol vannak a nagy, durva kövek, hol van feltöltés, hol maradt meg a fal, és honnan hiányoznak a kövek.

A kutatáshoz alkalmazott Wenner–Schlumberger- és dipól–dipól elrendezésekkel kapott eredmények nem különböztek számottevően: a fajlagos ellenállás laterális eloszlása majdnem megegyezett. A fő eltérés a keresett objektum mélységében, illetve vastagságában jelentkezett, azonban ezek az eltérések sem voltak jelentősek.

A Wenner–Schlumberger-módszer alkalmazásánál a mérésre fordított idő kb. fele annyi, mint a dipól–dipól elrendezés esetén. Ismeretlen területen, ismeretlen nagyságú és mélységű objektum felderítő méréseihez célszerű először

Wenner–Schlumberger-elrendezésben néhány hossz- és keresztmetszvényt lemérni. A kapott eredmények ismeretében lehet eldönteni és megtervezni, hogy milyen további mérések szükségesek. A jelen esettanulmányban bemutatott részletes méréssel az volt a célunk, hogy demonstráljuk a régész kollégáknak, hogy egy tankönyvbe illően jó közetfizikai környezetben mire képes a geofizika.

Köszönetnyilvánítás

Köszönjük a Szilágy Megyei Történeti és Művészeti Múzeumnak, továbbá Bajusz Istvánnak és Pánczél Szilamérnak, hogy lehetővé tették a méréseket, és használhattuk a régészeti kutatóbázist. Köszönjük a „New Research at the Military Fort from Porolissum” Erasmus Intenzív Programnak a mérésekhez nyújtott anyagi támogatását. Külön köszönet jár Dobos Alpárnak és Urák Malvinkának a szintezésért.

Hivatkozások

Bajusz I., 1983: Amfiteatrul. In: N. Gudea, E. Chirila, A. Matei, I. Bajusz: Raport preliminar in legatura cu cercetarile de la Moigrad (Porolissum) in anii 1980–1982, Acta Musei Porolissensis 7, 119–148 (136–138)

Bârbulescu M., 2005: Atlas – dicționar al Daciei Romane. – Editura Tribuna, Cluj-Napoca. 148 p.

Buday T., 1908: Porolissumból. Erdélyi Múzeum III/25, 337–348

deGroot-Hedling C., Constable S., 1990: Occam’s inversion to generate smooth, two-dimensional models from magnetotelluric data. Geophysics, 55, 1613–1624.

Döhner G., Fiedler M., Höpken C., Merzenich C., Pánczél Sz. P., Stürmer V., Vasáros Zs., 2010: Forschungen im Kastell von

- Porolissum. Bericht zur Kampagne 2009. *Marisia*, XXX, 115–126
- Geotomo, 2008: Geoelectrical Imaging 2D and 3D. RES2DINV ver. 3.57, RES3DINV ver. 2.16, User Manuals. Geotomo Software Sdn Bhd, Malaysia
- Gudea N., 1997: Das Römergrenzkastell von Moigrad – Pomet. Porolissum 1. Zalău, p. 129.
- Lipovics T., Petrovski J., Kudó I., Pánczél Sz., Dobos A., Vass L., Lenkey L., Bajusz I., 2009: Domborzati modell alkalmazása egy Porolissumban végzett régészeti célú mágneses mérés feldolgozásában és értelmezésében, *Archeometriai Műhely* 2009/2, 31–42. www.ace.hu/am
- Loke M. H., Barker R. D., 1995: Least-squares deconvolution of apparent resistivity pseudosections. *Geophysics* 60, 1682–1690
- Loke M. H., Barker R. D., 1996: Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections using a quasi-Newton method. *Geophysical Prospecting* 44, 131–152
- Loke M.H., 2010: Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys, 30–32. <http://www.geoelectrical.com/coursenotes.zip>
- Petrovski J., Lipovics T., Lenkey L., Pethe M., Ferencz E., Herein M., 2008: Régészeti kutatás céljából végzett mágneses mérések Porolissumon. – *Magyar Geofizika* 49/2, 88–95
- Raáb D., 2009: Régészeti célú geoelektromos mérések Porolissumon, XXIX. OTDK, Szombathely
- Rusu A., Marinescu Fl., Marunteanu M., Sabau G., Stefan A., 1994: *Harta Geologica 29a*, Zalău, 1:50000, Institutul Geologic al Romaniei, Bucuresti