

Robbanások Letenyén

Elásott robbanóanyagok felderítése – Esettanulmány

VIDA ZSOLT¹, PUSZTA SÁNDOR²

¹E-mail: zs.vida@chello.hu

²FRACTAL Bt., 1155 Budapest, Óda u. 37., E-mail: fractal@fractal.hu

A II. világháború épp befejeződött, amikor gyerekeket ölt a felszínen hagyott robbanószerkezet. Ez a személyes tragédia indította a kutatást az akkor begyűjtött és a házak közelében elföldelt robbanószerkezetek után. A cikk beszámol az itt alkalmazott, közel szabványosnak tekinthető felszíni geofizikai-mágneses kutatásról, melynek segítségével megtalálták az életet ma is veszélyeztető háborús tárgyakat, majd megsemmisítették azokat.

Vida, Zs., Pusztai, S.: Explosions in Letenye city, investigation for buried explosive devices – Case history

Some explosives left on the ground killed children just after the Second World War. This personal tragedy commenced the research for explosives dug near the houses. Here we present the applied geophysical magnetic research, whereby the life threatening wartime objects were found and destroyed.

Beérkezett: 2011. június 6.; *elfogadva:* 2011. szeptember 12.

Egy tragikus régi történet

Egy dél-zalai faluban, Letenyén 1945. június 6-án felrobbant egy akna, bár lehet, hogy inkább pánccélközl volt. A kertek alján földbe süllyedt német harci járgányon kisgyerekek ugrándoztak, s cipőtalpnak felhasználható gumira vadásztak a roncs körül. Tulajdonképpen tejért jöttek a falu másik végéről nagynénjükkal. A kis nyolc éves Balázs egy furcsa vasdarabot fedezett fel. Eldobta. Felrobbant ...! Az emlékezők szerint akkora füstgomoly keletkezett, hogy beborította a közeli erdőt is. A kislány és tizenkét éves nővére, Ildikó percek múlva meghalt, unokaöccsük, a négy éves Palika néhány óra múlva, míg nagynénjük, Ica pár héttel később. Megdöbbentő tragédia volt.

Ennek a 66 éves tragikus történetnek van még egy szereplője, aki akkor tíz éves volt, most pedig nyugdíjas geofizikus. Hosszú évtizedek után is tartja kapcsolatot szülőfalujával, amely azóta már város lett, s mindinkább érlelődött benne a gondolat, hogy azon a bizonyos területen még mindig nincs minden rendben.

A tragédia melletti házban egy osztálytársa lakott. Ez az osztálytárs elmondta, hogy sok-sok lőszer, akna, lövedék, roncs hevert még akkor a területen, melyeket az esemény után egy közeli légvédelmi bunkerba hordtak, majd betemettek. Időközben ő is elkerült Letenyéről, de kötelességének érezte, hogy ezt a tényt bejelentsen a Tanácsnál. Megtette többször is, de mindig eltanácsolták, csak problémát okozott volna nekik.

Másfél éve a geofizikus barát unszolására készített egy vázlatot. Emlékezetből megrajzolta a hat évtized előtti helyzetet, az egykori öreg házakkal, mocsárral, tankkal, bunkerrel. Az egykori osztálytárs anyaga kiválóan bizonyult, s ennek birtokában a jelen helyzetre való azonosítás már nem volt túl nehéz. Kiadódott egy valószínűsíthető hely a bunkerra, amely végül is 10 méterre volt csak a ténylegestől.

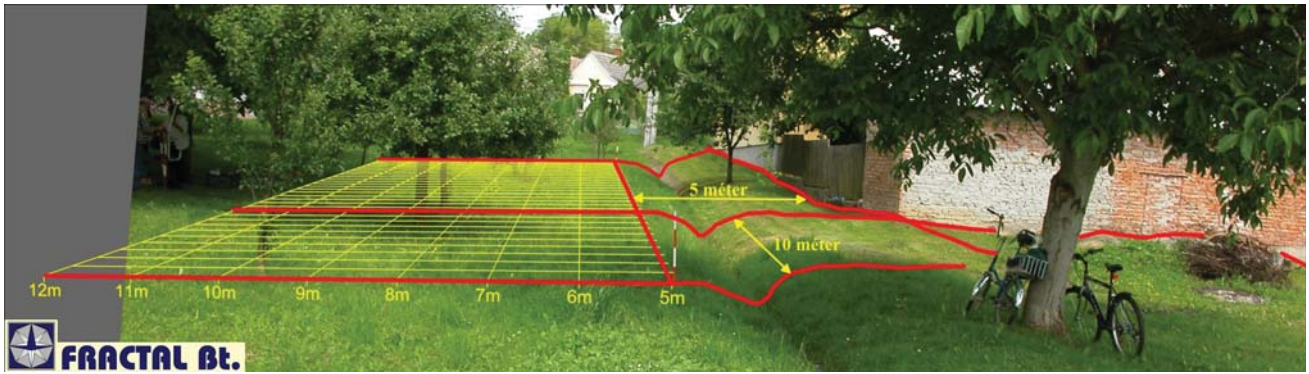
Itt már nem lehetett tovább mérlegelni! Erkölcsei kényszer lett annak tisztázása, hogy csupán legendáról van szó vagy pedig egy óriási veszélyforrásról, melyet lokalizálni, majd felszámolni kell! A nyugdíjas geofizikus tettvégya és a FRACTAL Bt. geofizikai kutatási képességei megoldást hoztak.

A módszer kiválasztása

A keresett tárgyak minden bizonnyal vasból vannak, környezetük talaj. Kiterjedésük valószínűleg egy ásott gödörre korlátozódik. Kézenfekvő a mágneses kutatási módszer alkalmazása (Milsom 1989, Pusztai 1998, Reynolds 1997).

A terület mérete

Mivel a szóbeli közlések általában bizonytalanságot rejthetnek magukban, a kutatási terület kiterjedését úgy választottuk meg, hogy a keresett tárgy mindenképpen benne legyen. A területet 8×31 pontos, méteres osztású ráccsal fedtük le (1. ábra).



1 ábra | A kutatási terület (Fotó: Pusztá Sándor)
Figure 1 | The prospecting area (Photo by S. Pusztá)

A mérési hálót a közeli tereptárgyakhoz képest tűztük ki. A hálózat mágneses északhoz való viszonyát busszolás teodolittal állapítottuk meg.

A mérőműszer

A méréshez a GEM GSM-19 Overhauser-magnetométert – mely egyidejűleg a gradienst is méri – választottuk.

A proton-magnetométer esetén hagyományosan a szondában lévő, egyenárammal táplált tekercsel hozunk létre helyi, fordított irányú mágneses teret a szondában lévő protonspinek orientálására. Az Overhauser-magnetométerben

nagyfrekvenciás (60 MHz) elektromágneses térrel gerjesztjük a szonda folyadékába kevert, alkalmasan választott vegyület elektronjait. Az elektronok alap-energiaszintre történő visszaállásának többlépcsős folyamata során, energiájukat a protonoknak átadva, ezek spinjének irányváltását eredményezik. Ez az elektron–proton spinszintézis az Albert W. Overhauser fizikus által felfedezett effektus (1953), amelyet nem csak magnetométerekben alkalmaznak (Ripka 2001).

Az eszköz skalár magnetométer, a mágneses indukció abszolút értékét méri. Gradiométerként két szondát kezel egyidejűleg, melyek értékének különbségét a szondatávolsággal osztva adja a tér abszolút értékének gradiensét.



2. ábra | Bázisregisztrátum
Figure 2 | The total magnetic field base records

A szondamagasság

Célszerű a szondát a keresett tárgyhoz közel elhelyezni, azaz kis szondamagasság a kívánatos, mind a hatás intenzitása, mind a térbeli felbontás érdekében. Ez ellen hat ugyanakkor, ha a felszín közelében intenzív szennyeződések, vastartalmú anyagok vannak. A területet műszerrel átfésülve bizonyosodtunk meg arról, hogy ez nem fenyeget minket. A mozgó magnetométer érzékelőjét (szondát) 52 cm-rel a talaj felett mozgattuk. A gradiens szondák távolsága 150 cm volt.

Horizontális mintavétel

Méréseket a kijelölt területet lefedő 1 m-es osztásközű rács pontjaiban végeztünk. A mintavételi sűrűség alkalmas megválasztásától várjuk, hogy mért adatrendszerünk a mintavételi törvénynek eleget tegyen. Ennek az elvárásnak, mivel a források elé nem állíthatunk egy frekvenciaküszöböt, nem lehet eleget tenni. Ugyanakkor a feldolgozott adatokból láthatjuk, hogy a radiális teljesítményspektrum több mint hét nagyságrendet fog át, így ennek alapján rácsméret-választásunkat megfelelőnek tekinthetjük (Kis 2009).

A mérés

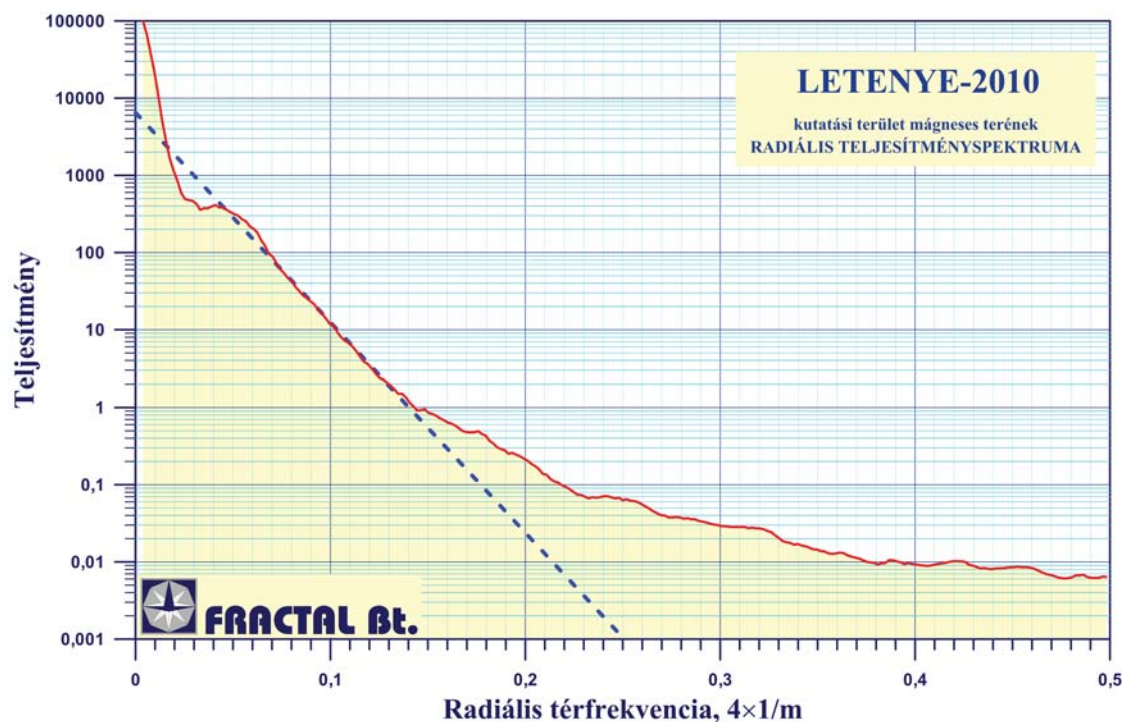
A mérést Vida Zsolt geofizikus, Pusztai Sándor geofizikus (FRACTAL Bt.) és a letenyei önkormányzat által delegált

két segítő végezte 2010-ben. A szondának és a műszernek a kezelőjét alaposan körbemérve, pénzérmétől, kulcstól, öngyújtótól stb. megfosztva engedték csak mérni. A mérőszalagokkal kijelölt terület minden méteres pontján mértük a mágneses tér abszolút értékét, valamint a tér abszolút értékének vertikális gradiensét. Ezzel egyidejűleg egy rögzített helyen lévő bázisműszerrel 0,5 mp-es időközönként mértük a mágneses tér időbeli változását, melyet a mellékleten mutatunk be. Itt nagyítva mutatjuk az adatrendszer 10 perc \times 1 nT méretű blokkját (Márton 1975, Kis 2007) (2. ábra).

A feldolgozás

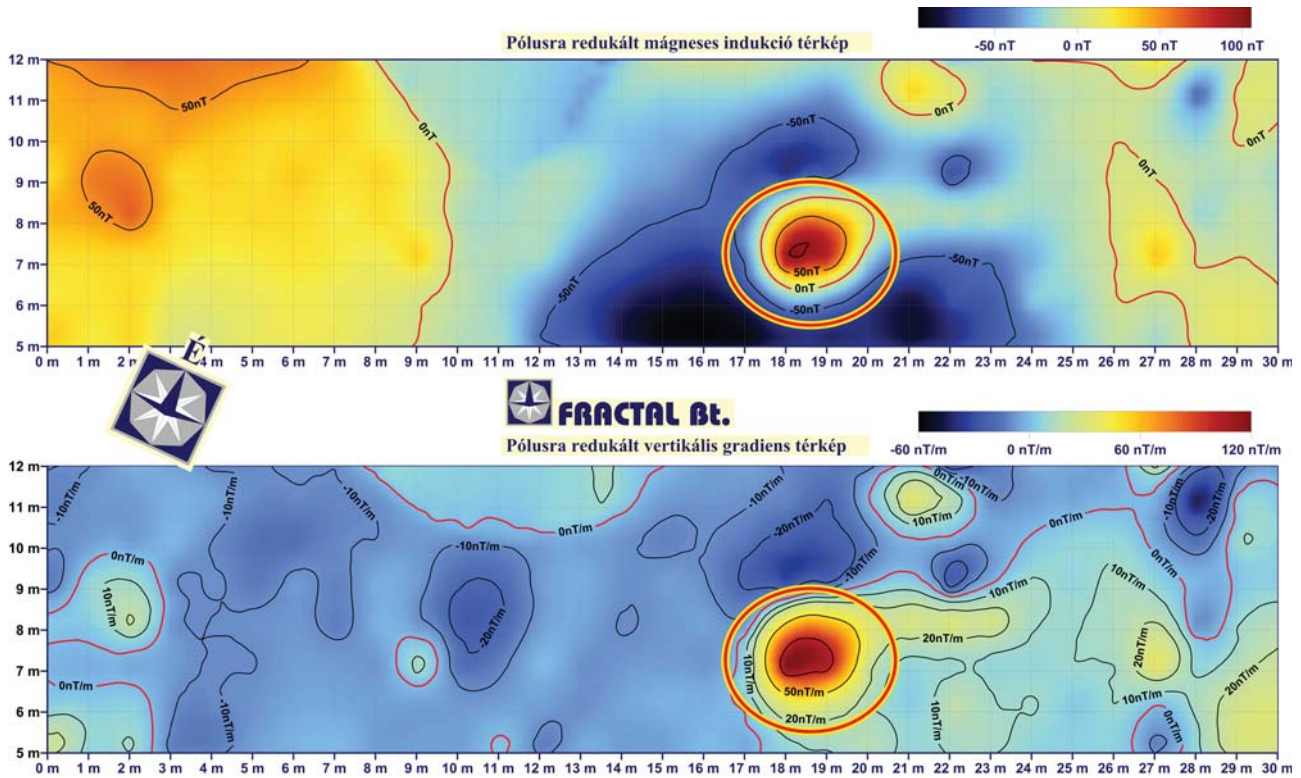
Báziskorrektúra. A mágneses tér időben változó komponensét, melyet a bázisműszer mért, eltávolítottuk a mozgó műszer adataiból. A gradiensadatok ezt a korrekciót nem kívánják meg.

Adatelőkészítés szűrésekhez. Adatrendszerünket 25 cm-es mintavételezésre sűrítettük, krigelési művelettel. A szűrési műveletek számára az adatrendszerünket 512×512 méretűre bővítettük. Annak érdekében, hogy a bővített adatok a spektrumot csak minimális mértékben torzítsák, az új adatokat a mért adatrendszer peremén lévő értékek $1/r^2$ súlyozású átlagából állítottuk elő. A diszkrét Fourier-transzformáció periodikus tulajdonságát szem előtt tartva az adatrendszer bővítését ennek megfelelően végeztük. Ez az eljárás célját illetően a spektrum tartományában végzett szűrések



3. ábra | Radiális teljesítményspektrum logaritmus skálán és a spektrumhoz illesztett egyenes. Az illesztett egyenes meredekségéből a becsült hatómélység 1 m.

Figure 3 | Radial power spectra in logarithmic scale, and the fitted line. The estimated depth of the source of anomaly is 1 m, based on the slope of the fitted line.



4. ábra | Pólusra redukált mágneses indukció és vertikális gradiens térkép
 Figure 4 | Total field and vertical gradient anomalies reduced to the pole

előtti ablakozással azonos, hatása az, hogy az adatrendszer ne hirtelen érjen véget. Míg az ablakozásnál a költségesen beszerzett adatok szorzódnak egy sima átmenetet biztosító függvénnyel, az ismertetett eljárásunkban ellenben a mért adatok torzítatlanul megőrződnek, az átmeneti, sima lecsengetést biztosító adatok a mért tartományon kívül keletkeznek (Kis, Pusztai 2006). Meghatároztuk az így előkészített adatrendszer kétdimenziós Fourier-transzformáltját. Ezt a számítást mind a tér abszolút értékére, mind annak vertikális gradiensére elvégeztük.

A radiális teljesítményspektrum. A kétdimenziós spektrum az x és y irányú térfrekvenciák függvénye, melyet átszámítottunk a radiális térfrekvencia és irányszög függvényévé. Ennek az adatrendszernek az abszolútérték-négyzetét a szög szerint integrálva kaptuk a radiális teljesítményspektrumot, melynek logaritmusát a radiális frekvencia függvényében ábrázoltuk (3. ábra). E számítás haszna, hogy a logaritmusos radiális teljesítményspektrum meredeksége a mágneses hatók mélységével arányos, tehát ez mélységbecslésre alkalmas módszer (Kis 2009, Kis, Meskó 1980, Meskó 1984, Naidu, Mathew 1998).

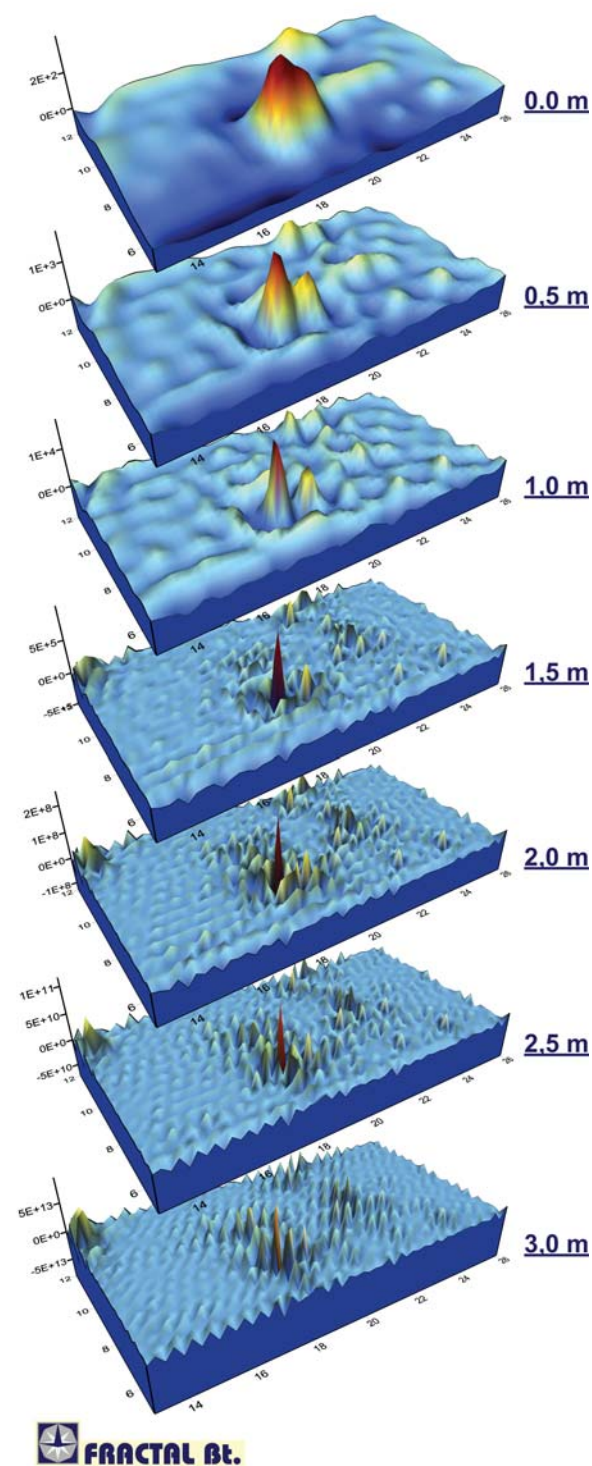
Az adatok aluláteresztő és sávszűrése. Az aluláteresztő szűrés célja a Nyquist-frekvenciához közeli zajok csökkentése. Ezt irányfüggetlen módon valósítottuk meg (Meskó 1984).

Adatainkban látszanak lassan, illetve igen gyorsan változó, nem kívánt komponensek. Ezeket alkalmasan választott

paraméterű, irányfüggetlen Gauss-féle sávszűrőkkel csökkentettük.

Pólusra redukálás. A Föld mágneses erővonalai a vízszintessel szöget zárnak be, miáltal a mágneses térképeken a különálló anomáliák maximumaitól északra egy minimum zóna jelentkezik. Fontos tény, hogy egy pontszerű, az anomáliát létrehozó objektum felszíni vetülete a minimum- és a maximumhely közé esik. Egyedül az Északi- vagy Déli-sarkon esik az anomália maximuma a létrehozó objektum fölé. Ebben az esetben egy pontszerű tárgy anomáliaképe kör-szimmetrikus. Adataink átszámíthatók úgy, hogy mintha az Északi sarkon lett volna a terület (Kis 2009, Kis, Meskó 1980, Meskó 1984, Naidu, Mathew 1998). A pólusra redukálás műveletét a frekvenciatartományban irányfüggő fázismódosító művelettel oldottuk meg. A számításhoz mind a földi tér, mind a ható mágneses irányának ismerete szükséges. Mivel ez utóbbi ismeretlen, a művelet végzése során azzal a feltevéssel éltünk, hogy az anomáliátér csak indukált mágnességtől származik. A földi tér és egyben a keresett tárgy deklinációjára és inklinációjára a kutatási területen a 0° és a 60° értékek feltételezésével éltünk. Megmutatjuk a pólusra redukált mágneses indukció és a pólusra redukált vertikális adatrendszerrel (4. ábra).

Optimális (Wiener-féle) simítószűrés. Főleg a szondához közeli anyagrészek és a mintavételezést terhelő hibák hatása eredményez a térképeinken gyorsan változó zajkomponen-



5. ábra Adatrendszer lefelé folytatás után. A számított mélység az ábrák mellett

Figure 5 Data sets after downward continuation. The computed depths are showed.

seket. Kívánatos ezeket úgy eltávolítani, hogy az adatok számunkra értelmezhető része a legkevésbé torzuljon. A sávszűrés, a lefelé folytatás, a pólusra redukálás műveletek determinisztikus szűrők olyan értelemben, hogy a szűrők hatása néhány paraméter megadásával egyértelműen meg-

határozott. Az optimumszűrőket sztochasztikus szűrőknek tekinthetjük, mivel a szűrőt a bemenő jel és a hozzá kapcsolódó zaj együtt határozza meg. A Wiener-féle optimumszűrők együtthatói abból a feltételből származtathatók, hogy a szűrővel előállítani kívánt kimenet és a bemenet szűrésével kapott tényleges kimenet különbsége négyzetének várható értéke minimális legyen (Meskó 1984, Naidu, Mathew 1998). Ennek matematikai megoldásához meg kell adnunk a zajfüggvényt. Feltevésünk szerint a jelet izotróp, korrelálatlan, additív, színes zaj terheli. A zajt a radiális teljesítményspektrum terében Gauss-szerűnek tételeztük fel, paramétereit a térképi adatok spektrumához való legjobb illesztéssel nyertük. Az optimális simítószűrést frekvenciatartománybeli irányfüggetlen műveletként hajtottuk végre.

A lefelé folytatás. A hatótól felfelé távolodva térképünk regionális jellegűvé válik. A lefelé folytatás műveletével éleesebb képet állítunk elő (Kis 2009, Kis, Meskó 1980, Meskó 1984, Naidu, Mathew 1998). E szándékunkat korlátozza, hogy e műveletet csak hatómentes tartományig végezhetjük, attól mélyebbre a művelet instabil, magas térfrekvenciákat kiemelő hatása miatt fiktív mágneses anomáliák jelennek meg. A lefelé folytatást frekvenciatartományban megvalósított kétdimenziós irányfüggetlen szűréssel értük el. A mellékletben bemutatjuk a lefelé folytatott adatrendszeret domborzatos ábrázolással a 0,0 m, 0,5 m, 1,0 m, 1,5 m, 2,0 m, 2,5 m és 3,0 m mélységekre számítva (5. ábra).

A feldolgozási lépések célszerű paramétereit numerikus kísérletek sorának eredményeit elemezve határoztuk meg. A feldolgozás programjait magunk írtuk.

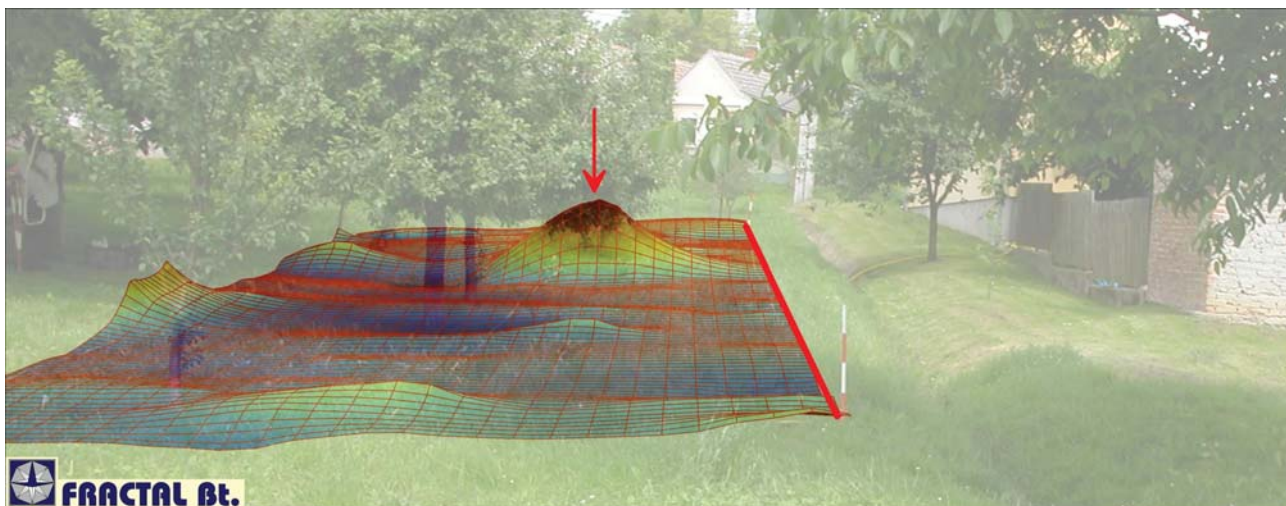
A mérési eredmények

Feldolgozott adatainkat mutatjuk a tájba helyezett domborzaton (6. ábra), valamint a tájba helyezett térképen (7. ábra). Eredményeink alapján a környezettől lényegesen eltérő tulajdonságú térrész 0,5 m-es pontossággal lehatárolható.

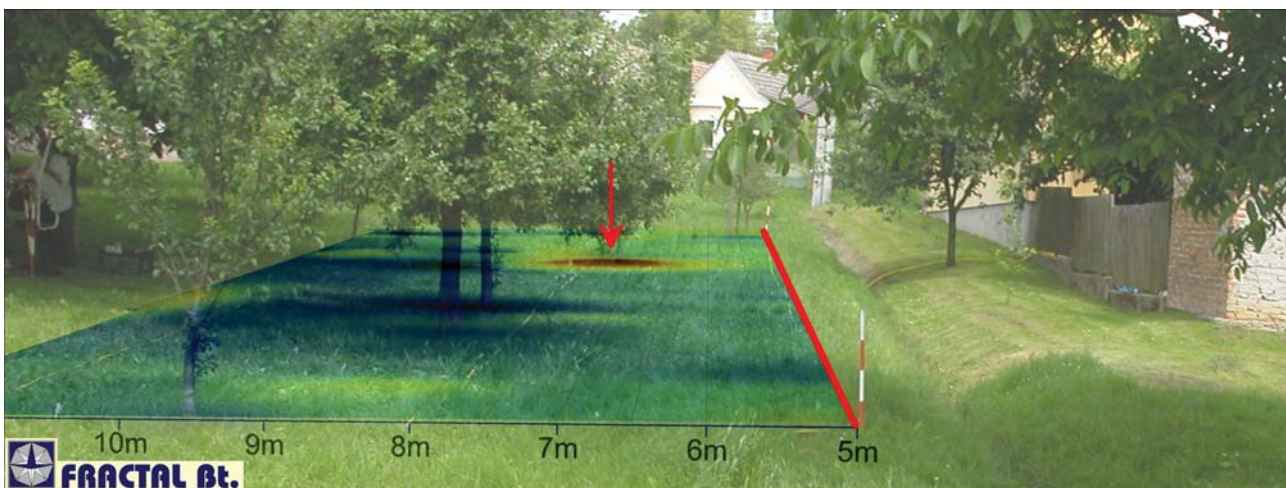
A mágneses ható mélységének becslésére többféle módszer használhatunk, ezek közül néhány: d'Arnaud Gerkens (1989), Kis (2009) Kis, Meskó (1980), Nettleton (1976) munkái.

- A radiális térfrekvenciától függő logaritmikus teljesítménygörbéhez illesztett egyenes meredekségéből 1,0 m-es felszín alatti hatómélységre következtethetünk.
- A lefelé folytatás számítássorozata alapján a ható mélységet 0,7–2 m mélységre tehetjük.
- Dipolszerű ható feltételezésével az ismert $z = -3T/(dT/dz)$ kifejezésbe helyettesítve a tér abszolút értékének és vertikális gradiensének megmért értékét a hatómélységre 1,1 m-t kaptunk.
- Breiner nomogramjának felhasználásával a hatók vastóságát 10 kg-ra becsüljük (Breiner 1973).

A mérési eredményeket a polgármesternek adtuk át felhasználásra, valamint a helyi iskola igazgatójának helytör-



6. ábra | Az eredmények domborzatosan, a tájba illesztve
Figure 6 | The result as a surface fitted into landscape



7. ábra | Az eredménytérkép a tájba illesztve
Figure 7 | The result map fitted into landscape



8. ábra | A megtalált robbanószerek egy része (Fotó: Szakony Attila)
Figure 8 | Some of the found explosives (Photo by A. Szakony)



9. ábra | A megsemmisítés (Fotó: Szakony Attila)
Figure 9 | The destruction of explosives (Photo by A. Szakony)

téneti dokumentumként. Ezek után azt hittük, hogy beindul a folyamat és kivonulnak a tüzserészek. De múlt az idő, és elmúlt a tél is... Végül felvettük a kapcsolatot dr. Simicskó István államtitkárral, aki azonnal intézkedett. 2011. április 28-án a MH 1. Honvéd Tüzserész és Hadihajós Ezred pontosan az általunk megadott helyen és mélységben talált tízenegy darab, német gyártmányú páncélelhárító rakétát, egy páncélöklől harcírészlet, egy F1-es típusú kézigránátot, valamint közel három kilogrammnyi robbanószer-maradványt (8. ábra) (Net1). Ezeket a közelben megsemmisítették (9. ábra) (Net2).

Epilógusként – van azonban még egy felvételünk, amelyet nem mellékelünk; ez egy kiásott kétméteres fát mutat a helyszínen, amihez a következő történet tartozik.

Tavaly, 2010. június 7-én nyilvánvaló lett, hogy világháborús lőszer, lövedékek vannak egy behatárolt területen, 50 cm-es pontossággal meghatározva. A tüzserészek *idén*, 2011. április 28-án meglepetve észlelték, hogy a területről kapott fényképtől eltérően, egy pótlólagos fa van a területen, és hajszálpontosan ott, ahol a veszélyhely van kijelölve! Kiderült, hogy időközben egy nagyobbacska fát ültettek oda, 60 cm-es gyökézzel. A legfelső páncélöklől alig 80 cm mélyen volt! Most hagyatkozunk a Sorsra ...!

Hivatkozások

d'Arnaud Gerkens J. C., 1989: Foundation of exploration geophysics, Elsevier, Amsterdam

- Breiner, S., 1973: Applications manual for portable magnetometers, Geometrics Sunnyvale, USA
- Kis K., 2007: Általános geofizikai alapismeretek, ELTE, Eötvös Kiadó
- Kis K., 2009: Magnetic methods of applied geophysics, Eötvös Univ. Press
- Kis K., Meskó A., 1980: Alkalmazott geofizika, Gravitációs és mágneses kutatás, Egyetemi jegyzet, Tankönyvkiadó, Budapest
- Kis K. I., Pusztai S., 2006: Application of magnetic field derivatives for locating Sarmatian graves. Journal of Applied Geophysics 60, 13–26
- Márton P., 1975: Általános geofizika, Földmágnesség, Egyetemi jegyzet, Tankönyvkiadó, Budapest
- Meskó A., 1984: Digital filtering, Application in Geophysical Exploration for Oil, Akadémiai Kiadó, Budapest
- Milsom J., 1989: Field Geophysics, John Wiley & Sons Inc., New York
- Naidu P. S., Mathew M. P., 1998: Analysis of geophysical potential fields, Elsevier, Amsterdam
- Nettleton L. L., 1976: Gravity and magnetics in oil prospecting. McGraw-Hill Co.
- Pusztai S., 1998: Geofizikáról régésztechnikusoknak. Panniculus, Berzsenyi Dániel Tanárképző Főiskola, Szombathely
- Reynolds J. M., 1997: An Introduction to applied and environmental geophysics, John Wiley & Sons Inc., New York
- Ripka P., 2001: Magnetic sensors and magnetometers, Artec Haus Inc., London
- Net1: http://www.haborumuveszete.hu/rovatok/angelskin/mhnews/kiuritetek_hat_hazat_a_tuzszereszek/
- Net2: http://zalaihirlap.hu/cimlapon/20110428_granat_letenyen