Geosequence Geofizikai és Mérnöki Kft.
www.geosequence.hu
+36 70 322 6620
info@geosequence.hu

MÉRÉSI JELENTÉS

Földtani kutatás céljából végzett geofizikai mérések Vértesszőlős község területén



MEGBÍZÓ:

Vértesszőlős Község Önkormányzata
2837 Vértesszőlős, Templom utca 57.

VÁLLALKOZÓ:

GEOSEQUENCE Geofizikai és Mérnöki Kft.
2316 Tököl, Fő utca 98.

Tartalom

1. Bevezetés 3
2. A vizsgálat előzményei 3
3. A kutatási terület 4
3.1 Helyszínrajz 4
3.2. Földtani alapadatok 6
4. ERT módszer 7
4.1. Az elméleti alapok 7
4.2. Mérési paraméterek 8
4.3. Adatfeldolgozás 8
4.4. A módszer felbontóképessége és értelmezési bizonytalanságai 9
5. GPR Földradar kutatómódszer 10
5.1. Terepi kivitelezés 10
5.2. Mérés paraméterei 12
5.3. Adatok feldolgozásának lépései 13
6. Fotódokumentáció az elvégzett terepi munkafolyamatokról 14
7. Eredmények és értelmezés 24
7.1. ERT 24
7.1.1. A 2001-es beszakadás és a visszatöltött terület 24
7.1.2. A 2275 és 2273 hrsz.-ú ingatlanok határán végzett ERT-mérések értelmezése 25
7.1.3 Az ERT-10 és ERT-11 felszínközeli, nagy ellenállású anomáliái 28
7.1.4. A feltételezett mészkőfelszín az ERT-10/11 szelvényeken 29
7.2. GPR 32
7.2.1. Felszínközeli objektumok és közművek 32
7.2.2. A 2001-es felszínbeszakadás visszatöltött területének lehatárolása 33
Mellékletek listája 37

Geosequence Geofizikai és Mérnöki Kft.
www.geosequence.hu
+36 70 322 6620
info@geosequence.hu

1. Bevezetés

2026 október 14–15. között a Geosequence Kft. Vértessződlős Község Önkormányzatának megbízásából roncsolásmentes geofizikai vizsgálatokat végzett a község belterületén található 2275 helyrajzi számú ingatlanon és annak környezetében.

A vizsgálatok célja a korábbi felszínbeszakadás környezetének állapotfelmérése, az esetleges felszín alatti inhomogenitások kimutatása, valamint a terület földtani viszonyainak pontosítása volt. A kutatás során geoelektromos ellenállás-tomográfiás (ERT) és földradaros (GPR) méréseket végeztünk.

Jelen dokumentáció ismerteti a vizsgálati terület földtani adottságait, az alkalmazott geofizikai módszereket, a terepi mérési munkálatokat, valamint a feldolgozott mérési eredmények értelmezését. A jelentés a vizsgálati eredmények alapján levonható szakmai következtetéseket és a további vizsgálatokra vonatkozó javaslatokat is tartalmazza.

2. A vizsgálat előzményei

A vizsgálati területen, a vértessződlősi Ady Endre utca és Hegyalja utca kereszteződésének közelében 2001. február 7-én felszínbeszakadás következett be. A kezdetben mintegy 1 méter átmérőjű beszakadás a következő napokban fokozatosan továbbfejlődött, és február második felére hozzávetőleg 9–10 méter átmérőjű, 8–10 méter mély kráter alakult ki.

Az eseményt követően az akkori műszaki lehetőségeknek megfelelő helyszíni, földtani, hidrogeológiai és geofizikai vizsgálatokat végeztek, amelyek eredményeit a 2001 februárjában készült szakértői véleményben foglalták össze. A korabeli vizsgálatok alapján a beszakadás kialakulását a fedőüledékek anyagának mélyebb, karsztosodott mészkőkörnyezet felé történő áthalmozódásával, valamint a felszín alatti vízmozgásokkal hozták összefüggésbe. A beszakadást ezt követően visszatöltötték. A szakértői javaslat tömörített, kavicsos feltöltés alkalmazását javasolta, a ténylegesen beépített anyagok teljes összetétele és rétegrendje a rendelkezésünkre álló dokumentumokból nem rekonstruálható.

A területen az elmúlt években ismételten felszínsüllyedésre utaló jelenségeket észleltek. A Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatóságának Bányászati és Gázipari Főosztálya, Budapesti Bányafelügyelete által kiadott szakvélemény alapján szükségessé vált a korábbi beszakadás környezetének ismételt vizsgálata.

A hatósági előzmények alapján elsősorban annak tisztázása vált indokolttá, hogy a területen fennállhat-e további felszín alatti üregesedés, illetve a megfigyelt felszínsüllyedés előrevetítheti-e egy újabb, nagyobb kiterjedésű beszakadás kialakulását. A vizsgálatnak emellett a mészkőfelszín korábban becsült, hozzávetőleg 25–40 méteres mélységére is ki kellett terjednie.

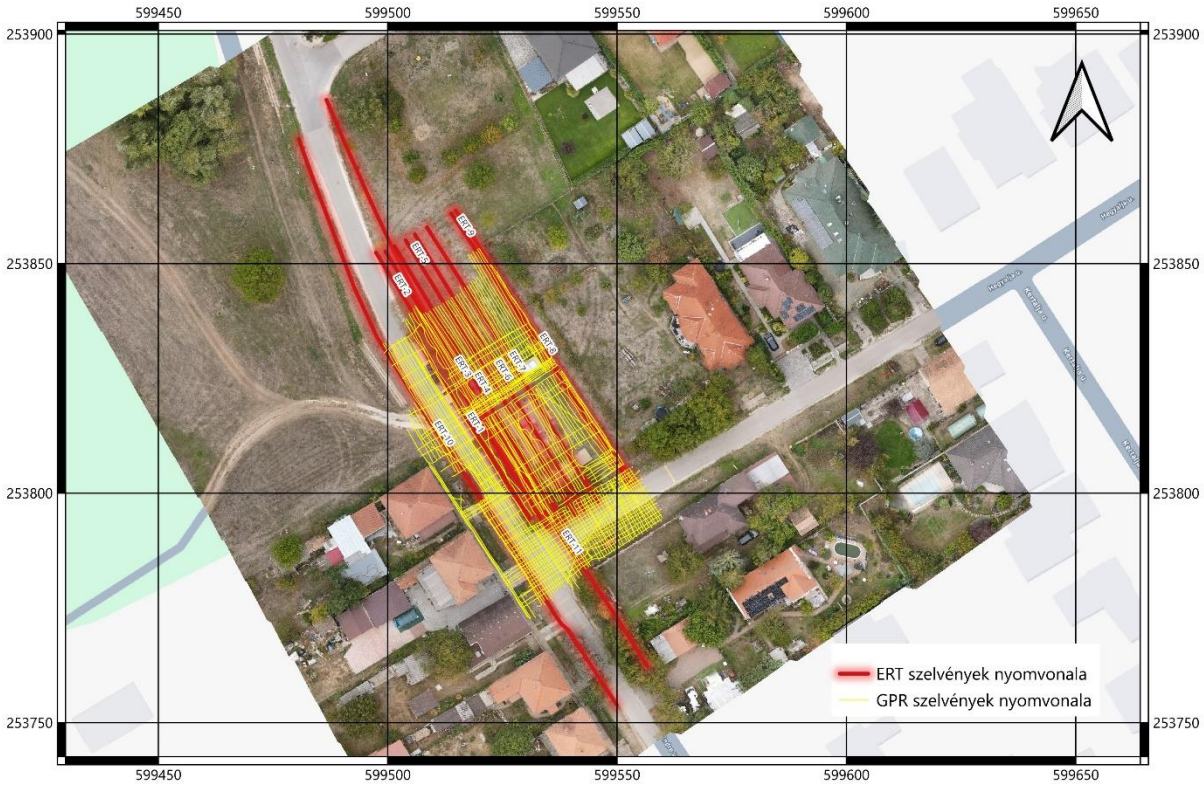
A fentiek alapján Vértesszőlős Község Önkormányzata 2026 szeptemberében földtani vizsgálatra és szakértői vélemény készítésére vonatkozó ajánlatkérést tett közzé. A megrendelés keretében a Geosequence Kft. geoelektromos és földradaros vizsgálatokat végzett.

3. A kutatási terület

3.1 Helyszínrajz

A vizsgált terület lakóingatlanokkal, közúttal, kerítésekkel és részben beépítetlen telkekkel határolt környezetben helyezkedik el, mely terület egy része játszótérként funkcionál. A mérési nyomvonalakat a hozzáférhetőség, a korábbi beszakadás ismert helyzete, a felszíni műtárgyak és a mélyebb kutatási cél együttes figyelembevételével jelöltük ki.

A vizsgálati területen 11 db, közel DK–ÉNy-i tájolású ERT-szelvény mentén végeztünk méréseket, összesen 897 fm hosszúságban. A szelvények telepítési paramétereit az **1. táblázat** tartalmazza. A megvalósult geofizikai szelvények nyomvonala az **1. ábrán** látható.



1. ábra: Megvalósult geofizikai (ERT+GPR) szelvények nyomvonala

Szelvény neve	Szelvény hossza [m]	Szelvény tájolása	Elektróda távolság [m]	Szelvény mentén telepített elektródák száma [db]	Felmérés ideje
ERT-1	48	DK-ÉNy	1.5	33	2026. október 14.
ERT-2	70.5	DK-ÉNy	1.5	48	2026. október 14.
ERT-3	70.5	DK-ÉNy	1.5	48	2026. október 14.
ERT-4	70.5	DK-ÉNy	1.5	48	2026. október 14.
ERT-5	70.5	DK-ÉNy	1.5	48	2026. október 14.
ERT-6	70.5	DK-ÉNy	1.5	48	2026. október 14.
ERT-7	70.5	DK-ÉNy	1.5	48	2026. október 14.
ERT-8	70.5	DK-ÉNy	1.5	48	2026. október 14.
ERT-9	70.5	DK-ÉNy	1.5	48	2026. október 15.
ERT-10	142.5	DK-ÉNy	1.5	96	2026. október 15.
ERT-11	142.5	DK-ÉNy	1.5	96	2026. október 15.
Összesen	897			609	

1. táblázat: A felmért ERT szelvények paraméterei

Az ERT-felméréssel párhuzamosan földradaros méréseket végeztünk. A GPR-felmérések hozzávetőlegesen 2500 m²-es felületen, 246 db ÉNy-DK és ÉK-DNy irányítottságú szelvény mentén valósult meg.

Az elektromos mérések nagyfelbontású helyszínrajzát a ***I_a_Melleklet*** a földradaros mérések helyszínrajzát a ***I_b_Melleklet*** tartalmazza.

3.2. Földtani alapadatok

A rendelkezésre álló 1:100 000-es földtani térkép alapján a környezetben az oligocén Mányi Formáció törmelékes, finomszemcsés és helyenként karbonátos képződményei, negyedidőszaki terasz- és lejtőüledékek, valamint a mélyebb aljzatban felső-triász dachsteini mészkő fordulhat elő. A 2001-es szakértői vélemény a kráter környezetében holocén feltöltést és humuszos üledékeket, pleisztocén homokos-kavicsos rétegeket, oligocén homokos-agyagos rétegsort és a mészkőaljzatot különített el.

A 2001-es szakvélemény a felszínbeszakadás létrejöttét karsztos víznyelési és fedőüledék-áthalmozódási folyamattal hozta összefüggésbe. A szakvéleményben szereplő földtani metszetek és VESZ-eredmények az akkori állapotot, illetve az akkori modellt dokumentálják.

4. ERT módszer

Az **Elektromos Ellenállás-Tomográfia** (Electric Resistivity Tomography, ERT) egy geofizikai kutatási módszer, amely a felszín alatti kőzetek és talajok elektromos ellenállás-eloszlásának feltérképezésére szolgál. A módszer alapja, hogy a különböző geológiai anyagok eltérő elektromos vezetőképességgel (vagy ennek reciprokával, ellenállással) rendelkeznek. Ezen tulajdonság alapján következtetni lehet a felszín alatti szerkezetre, rétegződésre, törésvonalakra, talajvíz helyzetére vagy akár szennyeződések jelenlétére.

4.1. Az elméleti alapok

A módszer Ohm törvényének általánosított, térbeli formáján alapul, amely egy közegben folyó áram, az elektromos térerősség és a közeg anyagi tulajdonságai (ellenállás) között teremt kapcsolatot. Az elektromos ellenállás (jele: rho, "ró", mértékegysége: Ω) egy anyagi tulajdonság, ami megmutatja, hogy az adott anyag mekkora mértékben áll ellen az elektromos áramnak.

A terepi mérés során a talajba egyenáramot (vagy alacsony frekvenciájú váltakozó áramot) injektálnak két elektródán (A és B) keresztül, miközben két másik elektródán (M és N) mérik az ennek hatására kialakuló potenciálkülönbséget (ΔV).

A Látszólagos Fajlagos Ellenállás

Mivel a valóságban a felszín alatti közeg nem homogén, a mért adatokból egy átlagolt, látszólagos fajlagos ellenállást (ρ_a) számolunk. Ez az az ellenállásérték, amelyet akkor mérnénk, ha a vizsgált térrész teljesen homogén anyagból állna. A számítás képlete:

$$\rho_a = K \cdot \Delta V / I$$

ahol:

- ρ_a: a látszólagos fajlagos ellenállás (Ωm)
- **ΔV**: a mérőelektródák (M, N) között mért potenciálkülönbség (V)
- **I**: a tápelektródákon (A, B) keresztül betáplált áramerősség (A)
- **K**: a geometriai faktor (m), amely az elektródák egymáshoz viszonyított helyzetétől (azaz az elrendezéstől) függ.

Az ERT-mérések hatékonyan alkalmazhatók a felszín alatti szerkezeti változások azonosítására, mivel a különböző kőzettípusok eltérő elektromos tulajdonságokkal

rendelkeznek. Ugyanakkor az értelmezést nehezíti, hogy egyes anyagok ellenállásértékei átfedést mutathatnak egymással. A fajlagos elektromos ellenállása egy adott közegnek egy tág tartományban változhat, amelyet többek között a pórustér telítettsége, az anyag szemcsemérete, ásványos összetétele és a jelenlévő oldott sótartalom is befolyásol.

4.2. Mérési paraméterek

Műszer: Syscal Terra (***2.* ábra**)

Mérési geometria: inverz Wenner-Schlumberger, Pole–dipole (Forward + Reverse)

Injektálás hossza: 250 ms

Stack min: 3

Stack max: 6

Elektródatávoság: 1,5 m

Mérési terítésben aktívelektródák száma: 33-96

Pozicionálás: RTK GPS

Feldolgozás és értelmezés: Global Mapper, ProsysIII, RES2DINV



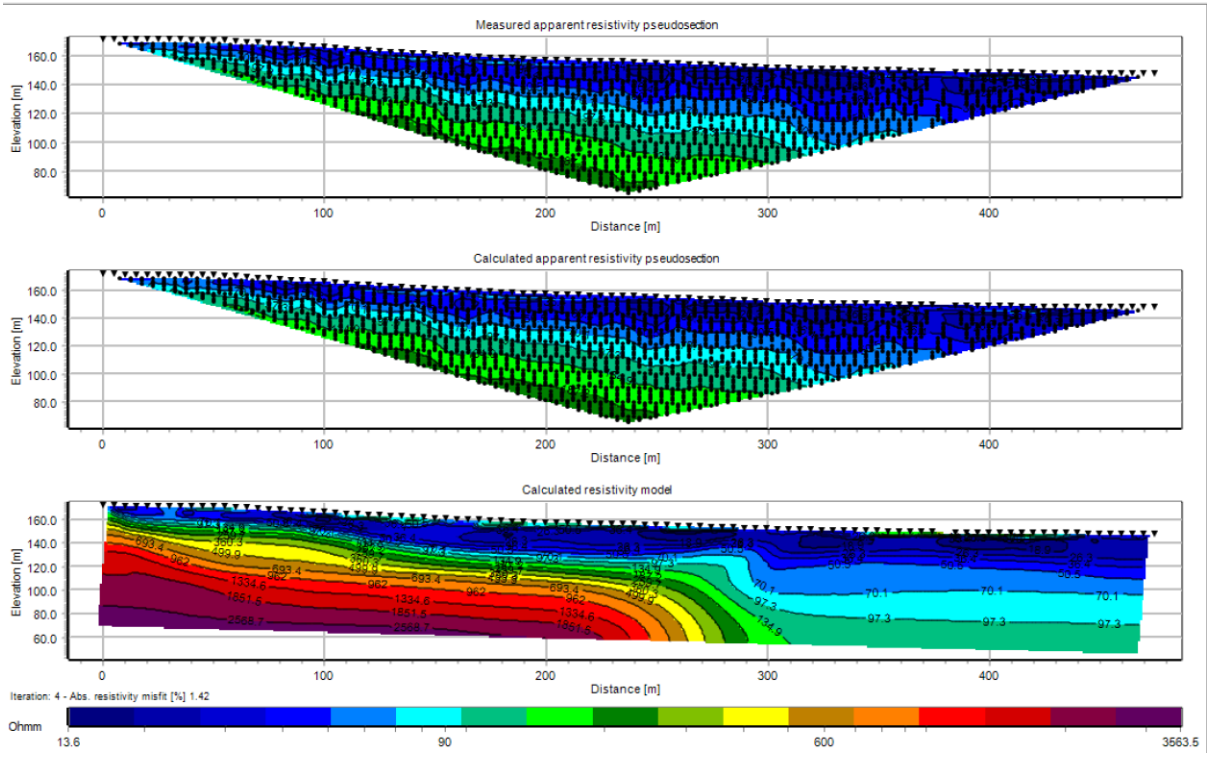
2. ábra: Syscal Terra mérőműszer

4.3. Adatfeldolgozás

Egyetlen mérés csak egy látszólagos fajlagos ellenállás értéket ad. A tomográfiai kép (szelvény) elkészítéséhez több száz vagy ezer mérésre van szükség, különböző elektróda-kombinációkkal és távolságokkal.

A terepen gyűjtött látszólagos ellenállás-adatokat egy matematikai eljárás, az inverzió segítségével dolgozzuk fel. Az inverziós szoftver egy olyan, valós fajlagos ellenállás-eloszlást mutató modellt (szelvényt) hoz létre a felszín alatt, amelynek a számított geofizikai válasza a legjobban illeszkedik a terepen mért adatokhoz.

A végeredmény egy 2D-s vagy 3D-s ellenállás eloszlás térkép (***3.* ábra**) amelyen a színek a különböző fajlagos ellenállású zónákat jelölik. A meleg színek (piros, narancs) általában a nagy ellenállású (pl. száraz homok, tömör kőzet), míg a hideg színek (kék, zöld) a kis ellenállású (pl. agyag, vízzel telített rétegek, szennyeződés) képződményeket mutatják.



3. ábra: Az inverziós folyamat. A mért látszólagos ellenállás adatokból (pszeudoszelvény, felső szelvény) egy iteratív, számítógépes folyamat állítja elő a valós ellenállás-eloszlást mutató tomográfiai képet (alsó szelvény).

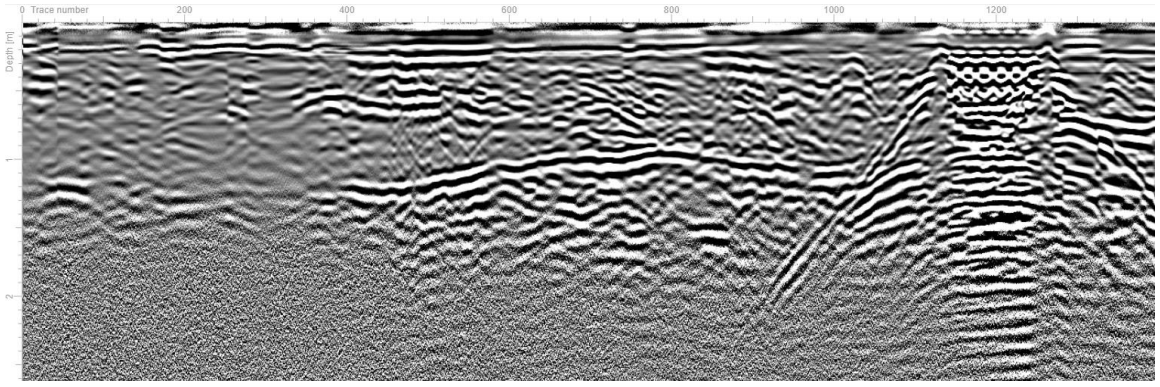
4.4. A módszer felbontóképessége és értelmezési bizonytalanságai

Az elektromos ellenállás-tomográfia módszer vertikális felbontása és mélységi pontossága nem homogén a szelvény teljes mélységtartományában. A felszínközeli tartományban (néhány tíz méteres mélységig) a módszer jó érzékenységgel képes az ellenállás-kontrasztok leképezésére, azonban a mélység növekedésével a felbontás fokozatosan romlik. Ennek következtében a mélyebben elhelyezkedő **határfelületek** – jelen kutatásban felső-triász

dachsteini mészkő – **helyzete** az inverziós eljárás sajátosságai miatt bizonyos mértékű vertikális bizonytalanságot (5-10 %) hordozhat magában.

5. GPR Földradar kutatómódszer

A GPR (Ground Penetrating RADAR), vagy más nevén Georadar a geofizika széles körben alkalmazott kutatómódszere. A mérés során elektromágneses hullámokat (RADAR) juttatunk a talajba és mérjük az adott hullámcsomagok terjedése során keletkezett visszaverődések (reflexiójának) idejét és a beérkező visszaverődések amplitúdójának nagyságát. A reflexiók megléte, mértéke a felszín alatti anyagok elektromos impedancia kontrasztjának függvénye. Az elektromágneses hullám terjedési sebessége az adott közegben a közeg elektromos tulajdonságaival van összefüggésben. A mérés során keletkező egyes radarogrammokat (felvett hullámcsomagok) időben és térben egymás után ábrázoljuk. Ennek eredménye a 2 dimenziós radarszelvény (***4.* ábra**)



4. ábra: 2 dimenziós feldolgozatlan radarszelvény 600 MHz középfrekvencián dolgozó antennával mérve.

Általánosságban elmondható, hogy a GPR mérések során alkalmazott frekvencia tartomány ~40 MHz-3.5 GHz-ig terjed, pontos meghatározása a mindenkori kutatási cél függvénye. Minél magasabb frekvenciát alkalmazunk, annál jobban növekszik a felbontásunk, tehát egyre apróbb változásokat/tárgyakat tudunk elkülöníteni a radarszelvényen. Ugyanakkor fontos figyelembe venni, hogy a frekvencia növelésével egyidejűleg a behatolási mélység is csökken.

5.1. Terepi kivitelezés

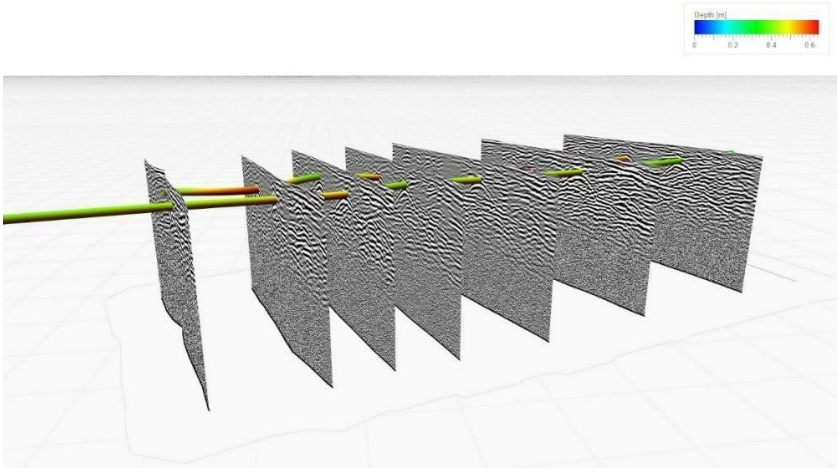
A terepi mérés során a radar antennát vonal mentén, egyenletes sebességgel mozgatjuk a felszínen. A pozícionálás nagy pontosságú GPS (RTK) segítségével történik, amelyet a radar antenna geometriai középpontjára rögzítünk (***5.* ábra**). A mérés végén a radar szelvény minden

egyes csatornája GPS koordinátákkal rendelkezik. Amennyiben nincs megfelelő műholdas rálátás, úgy a szelvényeket a mérőrendszer részét képező mérőkerék segítségével lokális koordinátarendszerben vesszük fel, majd egy a közelben lévő koordinátával rendelkező pont (pontok) segítségével utólagosan pozícionáljuk.



5. ábra: GPR mérés kivitelezés közben

Az általunk használt kétcsatornás (két középfrekvencia) antenna kialakításából adódóan kétdimenziós radarszelvények mérésére alkalmas, amelyek közvetlenül felhasználhatók pl. közmű, vagy üregkutatáshoz (***6. ábra***).



6. ábra: GPR szelvényeken kijelölt közművek nyomvonala és mélységképe (színskála)

5.2. Mérés paraméterei

Mérőrendszer típusa:	ImpulseRadar CrossOver 1760
Mérőszoftver:	ViewPoint (v1.4.17)
Csatornaszám:	1-1 (két középfrekvencia)
Mérési (közép) frekvencia:	600 MHz, 170 MHz
Vonal menti mintavételi távolság:	0.02 m
Egy csatornán vett minták száma:	670
Pozícionálás:	RTK (Real-Time Kinematic) GPS
Mérés koordinátarendszere:	WGS84 (EOV a konverzió után)
Felvételezés jellege:	2D szelvények
Felvételezés geometriája:	Párhuzamos és keresztszelvények
GPR szelvények horizontális távolsága:	0.5 m
Mérési területek száma:	1
GPR szelvények száma:	246
GPR szelvények teljes hossza:	4974 m
Terepi adatok felvételének időpontjai:	2026.10.14-15.
Felmért szelvények listája:	

600 MHz:

- 2026. október 14.: 223 szelvény (I_001–I_223)
- 2026 október 15.: 23 szelvény (II_001–II_023)

170 MHz:

- 2026. október 14.: 223 szelvény (I_001–I_223)
- 2026 október 15.: 23 szelvény (II_001–II_023)

Időjárási viszonyok:

Időjárás jellege: Napos, gyengén esős

Levegő hőmérséklete: ~18-22 C°

Felszín hőmérséklete: ~20-22 C°

5.3. Adatok feldolgozásának lépései

Az adatok feldolgozásához a Geolitix (www.geolitix.com) GPR felhő alapú feldolgozó szoftvert használtuk. Az adatok feldolgozása során a következő lépéseket alkalmaztuk:

- Mélységfüggetlen amplitúdó erősítés (Constant scale)
- Első beérkezés nullidő korrekció (Time zero correction)
- Frekvencia szűrés (Frequency filter)
- Amplitúdó helyreállítás (Manual Gain, mélységfüggő dB értékekel)
- Sebességanalízis/Mélységmegkonverzió (Velocity analisys/depth conversion)
- Horizontális mélységmetszetek (time slice) készítése

6. Fotódokumentáció az elvégzett terepi munkafolyamatokról



.



.



Geosequence Geofizikai és Mérnöki Kft.
www.geosequence.hu
+36 70 322 6620
info@geosequence.hu

.



Geosequence Geofizikai és Mérnöki Kft.
www.geosequence.hu
+36 70 322 6620
info@geosequence.hu

.



.



Geosequence Geofizikai és Mérnöki Kft.
www.geosequence.hu
+36 70 322 6620
info@geosequence.hu



Geosequence Geofizikai és Mérnöki Kft.
www.geosequence.hu
+36 70 322 6620
info@geosequence.hu




BELÉPNI TILOS!

Geosequence Geofizikai és Mérnöki Kft.
www.geosequence.hu
+36 70 322 6620
info@geosequence.hu



7. Eredmények és értelmezés

7.1. ERT

A 11 db ERT-szelvényt egyégesen értékeltük. A felszínközeli (0-2 m) ellenállásnövekedések a szárazabb fedőüledékek és az esetleges antropogén feltöltések változatosságát tükrözik. Ezeken túl lokális nagy ellenállású zónák jelennek meg a 2001-es beszakadás környezetében, az ERT-8 vonalon 2273 hrsz.-ú ingatlan kerítése mentén telepített szelvényen, valamint a mélyebb zónák térképezését célzó ERT-10/11 szelvények sekélyebb részén. Az ERT-10/11 szelvények mélyebb, felszíntől számított 25-30 méteres tartományától ellenállás növekedés figyelhető meg, amelyet a mészkőaljzat feltételezett felszínéhez kapcsolunk. Az egyes anomáliák kőzettani megfeleltetése eltérő bizonyosságú.

A feldolgozott ERT-szelvények, a terület ortofotójára vetített ellenálláseloszlás térbeli megjelenítése, valamint az egyes szelvények mérési adatminőségét szemléltető ábrák a ***II_Melleklet_a – II_Melleklet_k*** állományokban tekinthetők meg.

7.1.1. A 2001-es beszakadás és a visszatöltött terület

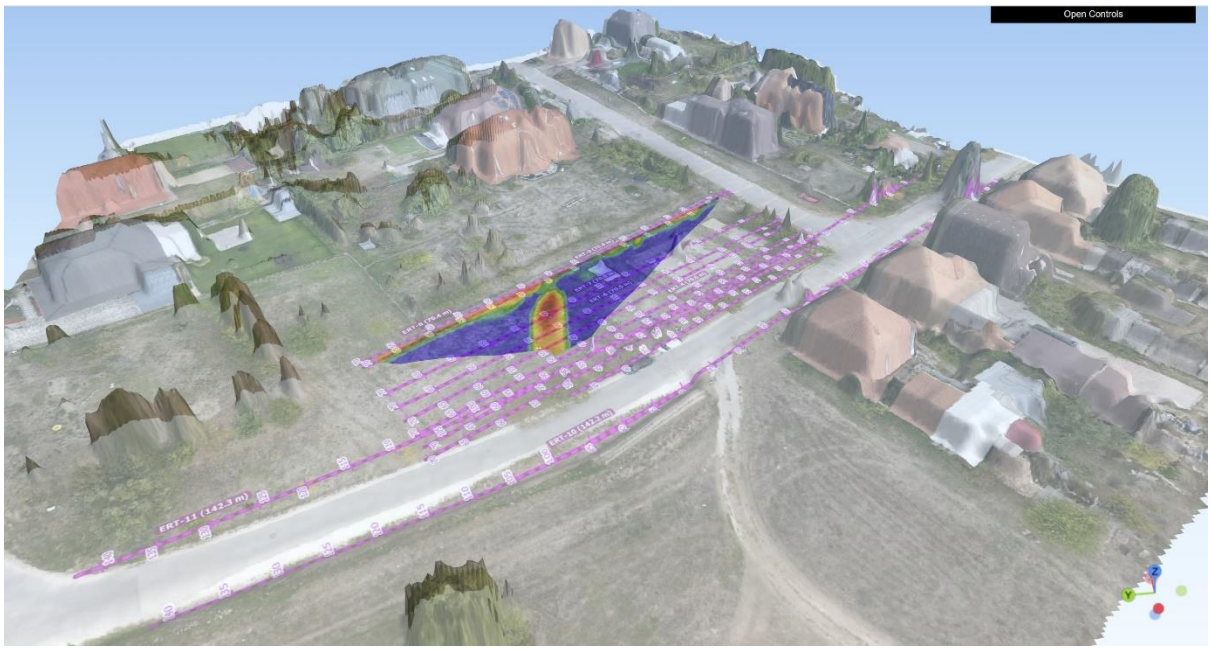
A 2001-ben dokumentált és visszatöltött beszakadás ismert környezetében, elsősorban az ERT-3–ERT-6 szelvényeken, a környezethez képest nagyobb fajlagos ellenállású felszínközeli zóna azonosítható, az ERT-7-en ez a kontraszt gyengébb. Az itt azonosított anomáliákat az ismert beszakadás környezetének geofizikai leképezéseként értelmezzük, mivel teljes átfedésben van a kráter és a visszatöltött térrésszel.

A 2001-es szakértői vélemény szerint a kráter mélysége 8–10 m, peremátmérője 9–10 m nagyságrendet ért el. A dokumentáció kőzúzalékos feltöltést rögzíti, de a teljes visszatöltési rétegrend nem rekonstruálható.

Az ERT-mérések alapján a korábbi beszakadás helyén azonosított nagy ellenállású zóna kisebb mélységig követhető, mint a 2001-es szakértői véleményben dokumentált, 8–10 m mélységű kráter. A különbség hátterében a visszatöltés anyagi heterogenitása, az időközben bekövetkezett konszolidáció, a víztelítettségi viszonyok és a mérési módszer felbontási sajátosságai egyaránt állhatnak. Nem zárható ki, hogy a beszakadás mélyebb részén elhelyezkedő, esetleg nagyobb víztelítettségű vagy teljesen vízzel telített anyagok fajlagos elektromos ellenállása lecsökkent, így azok elektromos tulajdonságai már nem különülnek el jelentősen a környező fedőüledékekétől.

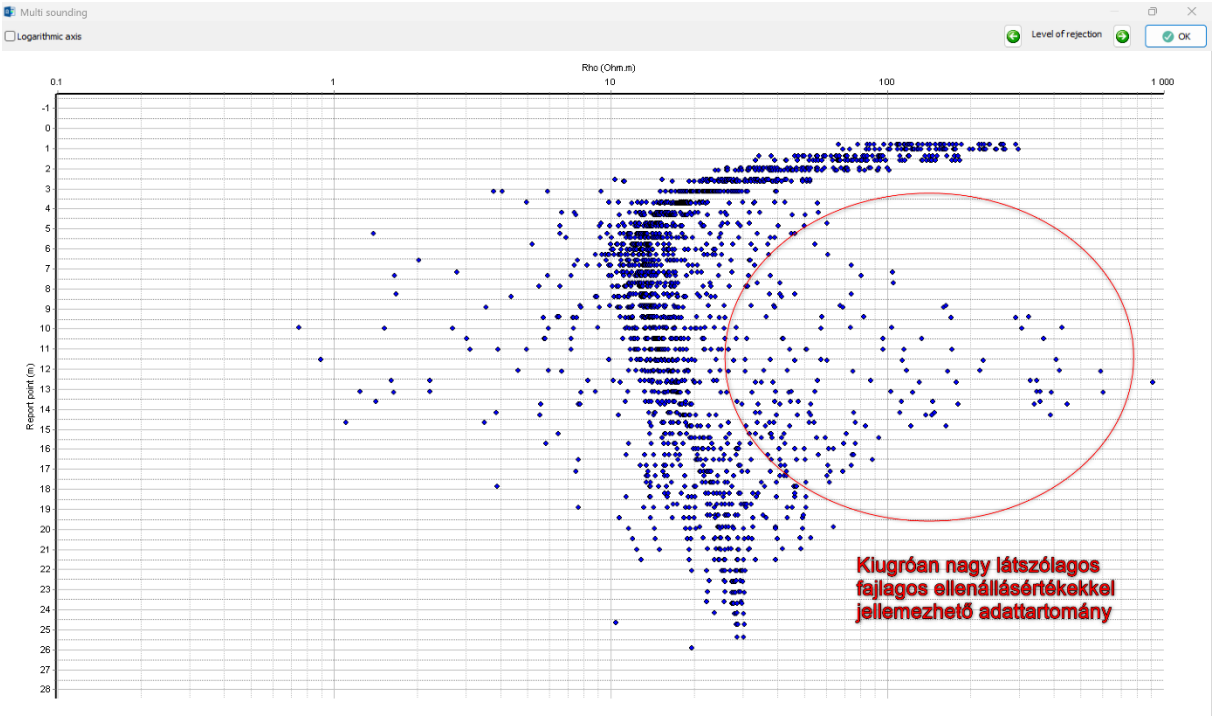
7.1.2. A 2275 és 2273 hrsz.-ú ingatlanok határán végzett ERT-mérések értelmezése

Az ERT-8 szelvény hozzávetőleg 0,5 m-re, az ERT-9 körülbelül 1 m-re haladt a 2273 hrsz.-ú ingatlan betonoszlopos kerítésétől. **A kiértékelt ERT-8 szelvényen a 38–42 m körüli szelvénytávolságnál markáns, mélyebbre nyúló (7. ábra), kiugró fajlagos elektromos ellenállású anomália jelenik meg (*II_Melleklet_h*), felszíntől számított körülbelül 2-3 méteres mélységtől.**

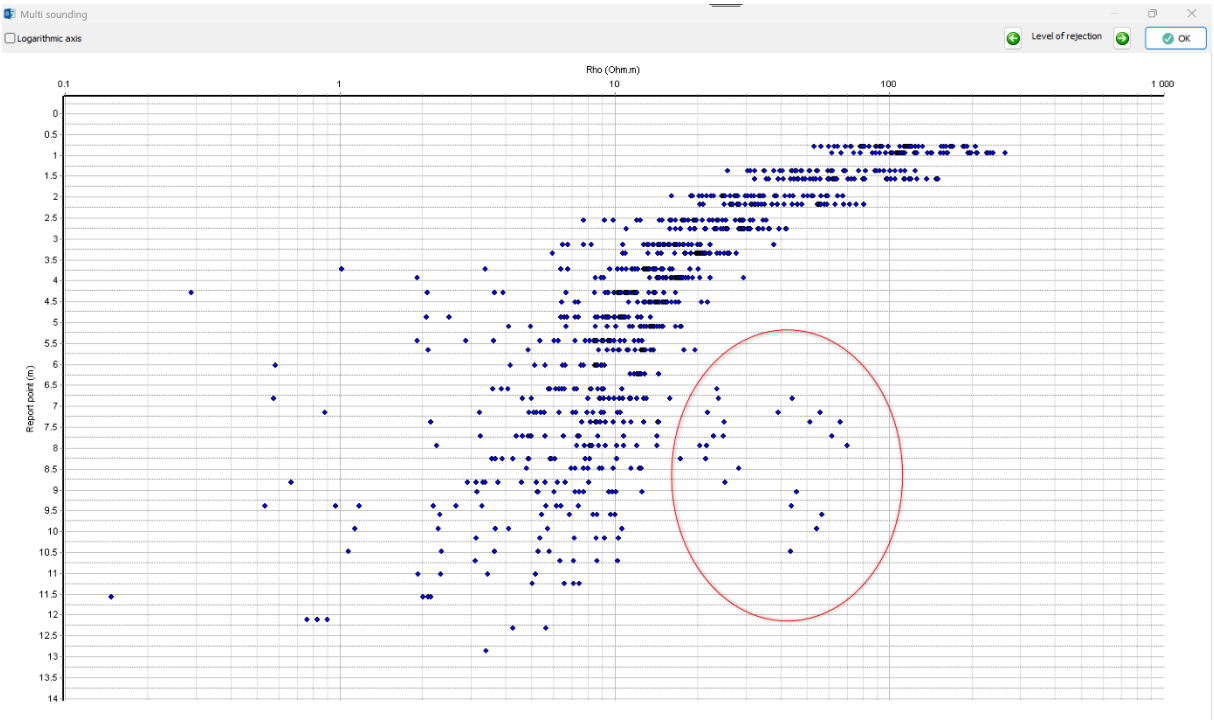


7. ábra: Az ERT-8 szelvény mentén azonosított, mélyebbre nyúló nagy fajlagos elektromos ellenállású anomália térbeli megjelenítése

A nyersadatokban több mért konfigurációban is kiugró látszólagos fajlagos ellenállásértékek figyelhetők meg, elsősorban az említett szakaszhoz kapcsolódóan.



8. ábra: Az ERT-8 szelvény pole–dipole elektródaelrendezéssel mért **szűretlen** látszólagos fajlagos ellenállásértékek eloszlása a mélység függvényében



9. ábra: Az ERT-8 szelvény inverz Wenner–Schlumberger elektródaelrendezéssel mért szűretlen látszólagos fajlagos ellenállásértékeinek eloszlása. Piros körrel bekarikázva a kiugróan magas értékeket.

Az ERT-9 szelvényen ugyanezen térségben szintén előfordulnak kiugró adatok, azonban az inverziós modellben az ellenálláskontraszt kevésbé markáns.

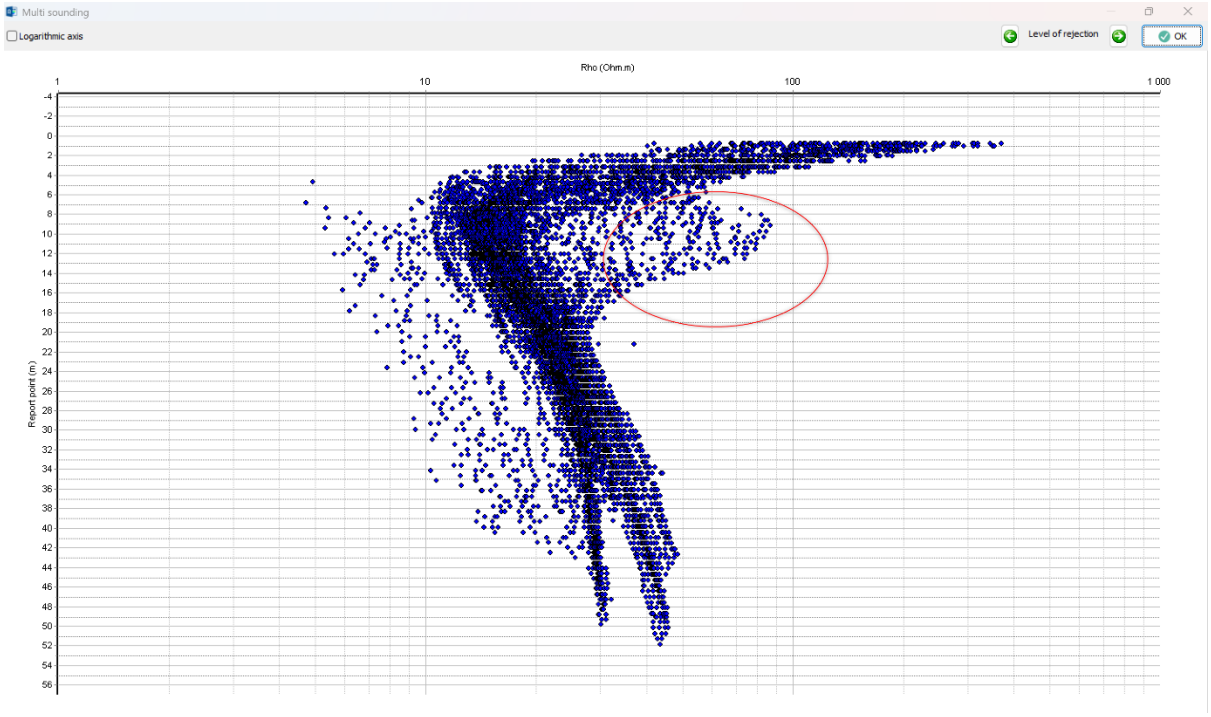
A kerítés mérési eredményekre gyakorolt hatása teljes mértékben nem zárható ki, ugyanakkor az anomália közel azonos térbeli helyzetben történő megjelenése, valós felszín alatti heterogenitás lehetőségét is felveti. A nagy ellenállású zóna akár egy felszínközeli, fellazult, részben üreges vagy kisebb víztelítettségű térrészt is jelezhet, amelynek kialakulása összefüggésben állhat a mélyebben zajló karsztos folyamatokkal és a fedőüledékek esetleges áthalmozódásával, hasonlóan a 2001-ben dokumentált felszínbeszakadás feltételezett kialakulási mechanizmusához.

A rendelkezésre álló mérési eredmények alapján sem a fellazulás ténye, sem annak esetleges karsztos eredete nem igazolható jelenleg egyértelműen. Az anomália markánsan egyetlen ERT-szelvényen jelentkezik, ami azonban nem feltétlenül jelenti annak csupán lokális kiterjedését, mivel elképzelhető, hogy a jelenség a vizsgált szelvényektől keleti irányban folytatódik. **Ennek tisztázására a 2273 hrsz.-ú ingatlan területére kiterjesztett, valamint a meglévő szelvényekre merőleges, célzottan megtervezett kiegészítő ERT-mérések elvégzését javasoljuk. Ezek lehetővé tennék az anomália térbeli lehatárolását, folytonosságának**

vizsgálatát és földtani eredetének pontosabb megítélését. A javasolt mérési nyomvonalakat a IV. melléklet szemlélteti.

7.1.3 Az ERT-10 és ERT-11 felszínközeli, nagy ellenállású anomáliái

A két hosszabb, egymással közel párhuzamos ERT-10 és ERT-11 szelvényen a mélyebb mészkőfelszín mellett különálló, 135–145 mBf magassági tartományban azonosított nagy ellenállású zónák is megjelennek (***II_Melleklet_j, II_Melleklet_k***). A két profil közötti hasonló helyzet oldalirányú folytonosság lehetőségét veti fel, de az eltérő geofizikai válasz és a térbeli geometria miatt a folytonosság nem tekinthető igazoltnak.

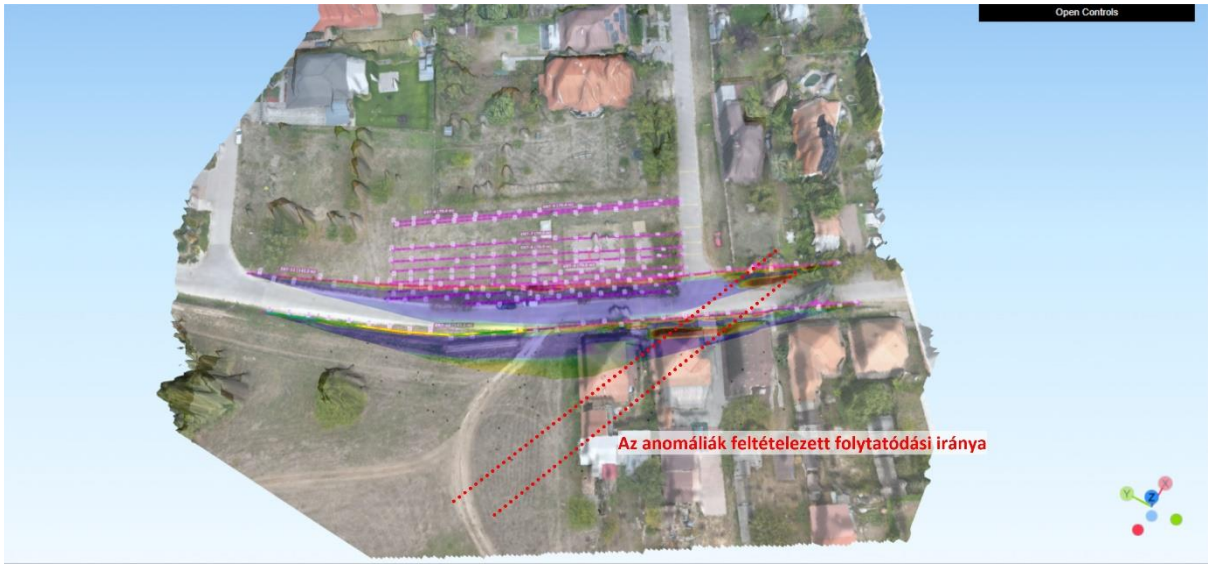


10. ábra: Az ERT-10 szelvény pole–dipole elektródaelrendezéssel mért szűretlen látszólagos fajlagos ellenállásértékek eloszlása a mélység függvényében

A nyers mérési adatokban megfigyelhető kiugró ellenállásértékek összhangban állnak az inverziós modellen megjelenő anomáliával, ami jelentősen csökkenti annak valószínűségét, hogy a nagy ellenállású zóna kizárólag az inverzió során fellépő túlillesztés (overfitting) eredménye lenne. A lehetséges földtani okok közül a jelenlegi adatokkal nem választható ki egyetlen bizonyított magyarázat.

Az ERT-10 és ERT-11 szelvényeken azonosított anomáliák térbeli elhelyezkedése alapján egy feltételezett folytatódási irány szerkeszthető, amely a vizsgált területen túl, a szomszédos lakóingatlanok irányába mutat (**11. ábra**). Az ábrán piros szaggatott vonalakkal jelölt irány

azonban kizárólag a két szelvényen azonosított rendellenességek helyzetéből levezetett feltételezés, a köztük lévő területek geofizikai vizsgálata egyelőre nem történt meg.



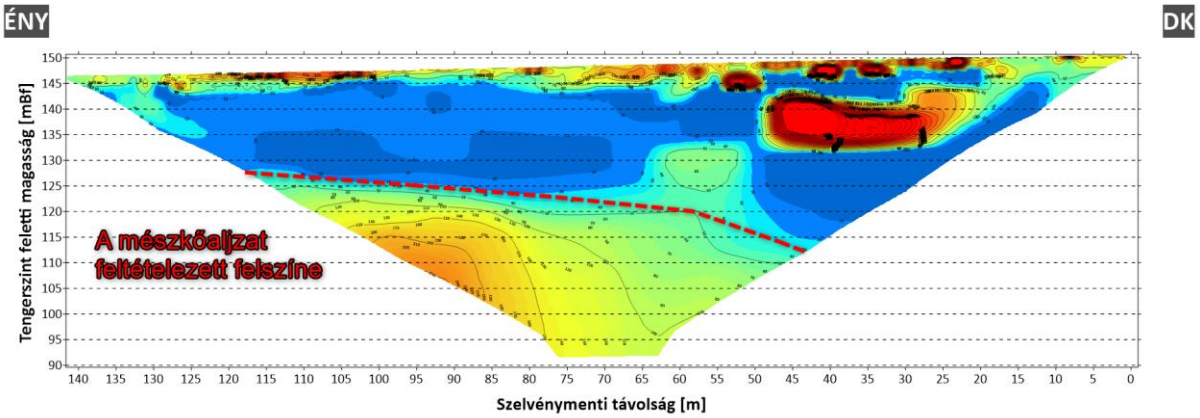
11. ábra: Az ERT-10 és ERT-11 szelvényeken azonosított nagy fajlagos elektromos ellenállású anomáliák térbeli elhelyezkedése a vizsgálati terület háromdimenziós modelljén. A piros szaggatott vonalak az anomáliák feltételezett folytatódási irányát szemléltetik.

A javasolt keresztirányú ERT-vizsgálatok egyik kiemelt célja ezért – a 7.1.2. fejezetben tárgyalt jelenségek további vizsgálata mellett, annak tisztázása, hogy az ERT-10 és ERT-11 szelvényeken azonosított nagy ellenállású zónák között fennáll-e térbeli kapcsolat, illetve a feltételezett irány mentén a jelenleg még nem vizsgált területrészeken is kimutathatók-e hasonló anomáliák. Ennek különös jelentőséget ad, hogy a feltételezett folytatódási irány mentén lakóingatlanok helyezkednek el.

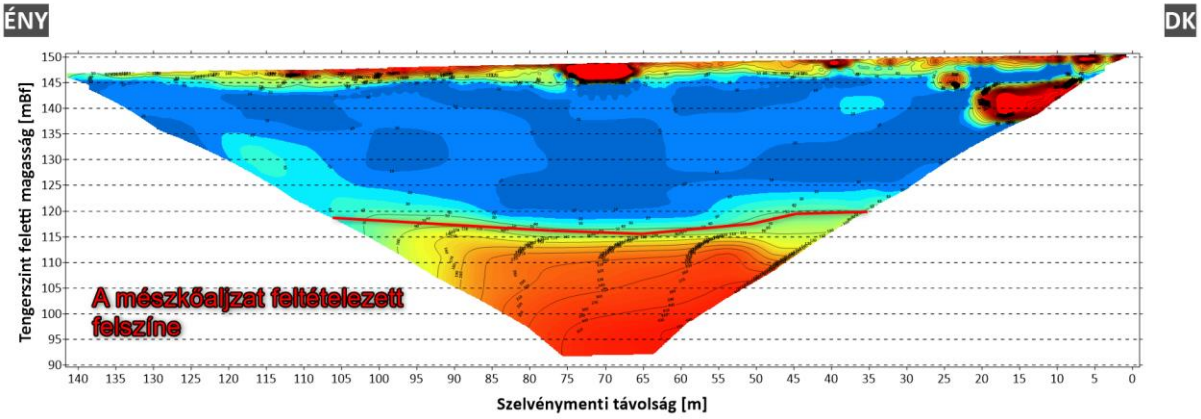
7.1.4. A feltételezett mészkőfelszín az ERT-10/11 szelvényeken

Az ERT-10 és ERT-11 szelvények mentén a felszíntől számított hozzávetőleg 20–30 méteres mélységtartományban jelentős ellenálláskontraszt figyelhető meg, amely a korábbi földtani vizsgálatok eredményeivel összevetve a triász mészkőaljzat felszíneként értelmezhető. A feltételezett mészkőfelszín a szelvények mentén változó mélységben jelentkezik, és az alatta

elhelyezkedő képződmények fajlagos elektromos ellenállása is számottevő eltéréseket mutat a két szelvény között.



12. ábra: Invertált ERT-10 szelvény, a mészkőaljzat feltételezett felszínének jelölésével, Az ellenálláseloszlás alapján a mészkőaljzat feltételezett felszíne ÉNy-ról DK felé fokozatosan mélyülő tendenciát mutat.



13. ábra: Invertált ERT-11 szelvény, a mészkőaljzat feltételezett felszínének jelölésével.

A korábbi vizsgálatok eredményei alapján felvethető, hogy az ERT-10 szelvényen tapasztalt kisebb fajlagos elektromos ellenállás a mészkőaljzat szerkezeti tagoltságával, esetleg egy lezökkent kőzettest peremzónájával, illetve az ott kialakult fokozott repedezettséggel, karsztosodással állhat összefüggésben.

A térség földtani térképén megfigyelhető, jellemzően ÉNy–DK-i irányítottságú képződményhatárok, valamint a meglévő ERT-szelvényekkel hasonló irányítottsága bizonytalanságot jelentenek a mészkőfelszín térbeli lefutásának meghatározásában. **Ezért a**

meglévő szelvényekre merőleges, ÉK–DNy-i irányú kiegészítő ERT-mérések különösen indokoltak. Ezek lehetőséget biztosítanának a mészkőaljzat felszínének, esetleges szerkezeti tagoltságának és oldalirányú ellenállásváltozásainak részletesebb vizsgálatára.

7.2.GPR

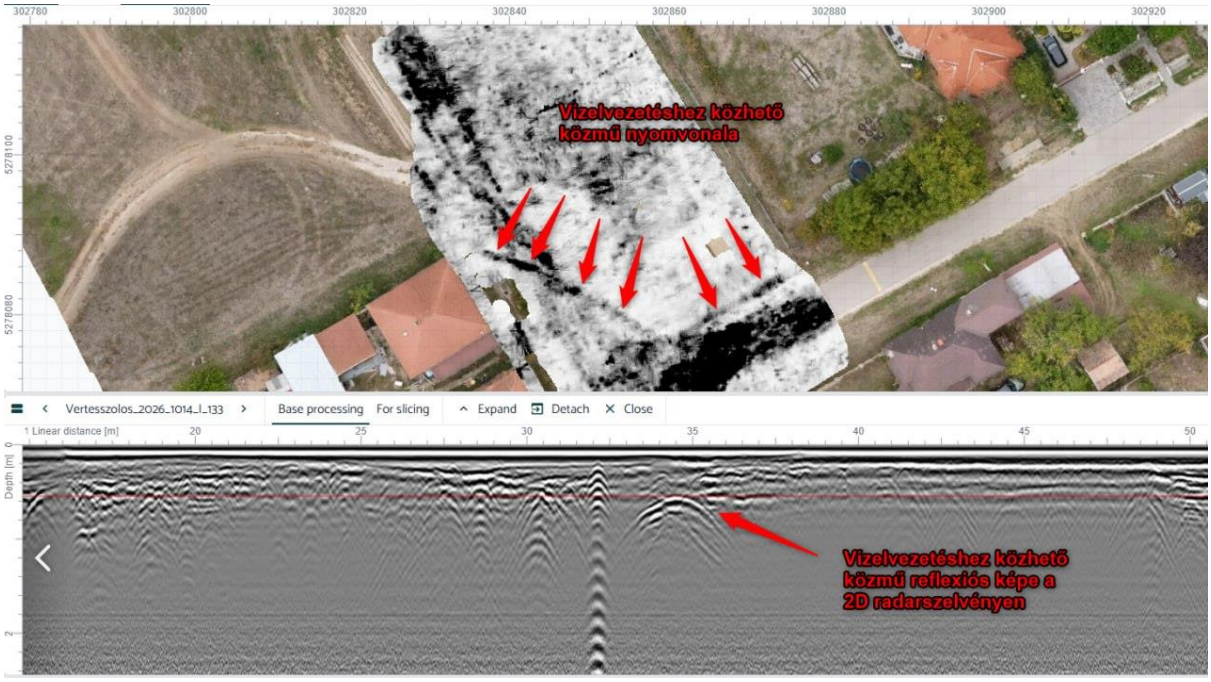
A földradaros felmérés során 246 mérési nyomvonal mentén, összesen közel 5 km hosszúságban végeztünk adatgyűjtést, 170 és 600 MHz-es középfrekvenciával. A két frekvencia alkalmazása lehetővé tette a felszínközeli, kisebb méretű objektumok részletes vizsgálatát, valamint a korábbi felszínbeszakadás mélyebben elhelyezkedő részeinek feltérképezését.

A vizsgálati területen a radarjelek jellemző behatolási mélysége **1,0–1,5 m között alakult**, ami a felszínközeli üledékek jelentős elektromágneses jelcsillapítására utal. Ez alól markáns kivételt képez a 2001-es felszínbeszakadás visszatöltött környezete, ahol a radarjelek lényegesen nagyobb mélységig követhetők.

7.2.1. Felszínközeli objektumok és közművek

A 600 MHz-es adatrendszer nagyobb felbontásának köszönhetően a vizsgálati területen számos felszín alatti objektumhoz kapcsolódó jelenséget azonosítható (***14. ábra***). Ezek jelentős része a területen húzódó közművezetékekhez, köztük a csatornahálózat elemeihez köthető.

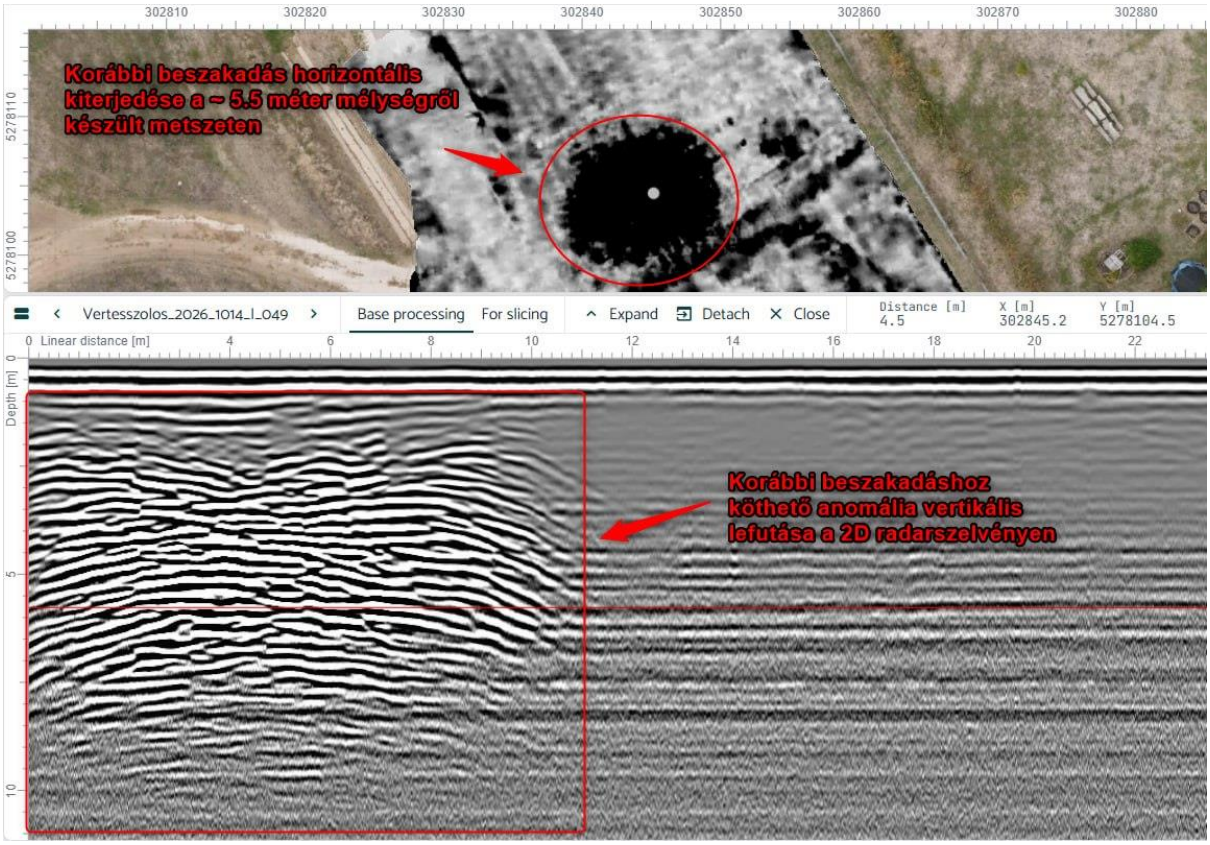
A közművek jellemzően hiperbolikus reflexiók formájában jelennek meg a radargramokon, amelyek több szomszédos szelvény együttes értelmezésével térben is követhetők.



14. ábra: Felszín alatti közművekhez kapcsolódó jellegzetes reflexiók a 600 MHz-es földradaros szelvényen.

7.2.2. A 2001-es felszínbeszakadás visszatöltött területének lehatárolása

A földradaros vizsgálatok egyik fontos eredménye, hogy azonosítottuk a 2001-ben bekövetkezett, majd visszatöltött felszínbeszakadást, ugyanis az markánsan elkülönül a környező, természetes településű üledékektől (***III_Melleklet***).



15. ábra: A 2001-es felszínbeszakadás visszatöltött területének horizontális kiterjedése az 5,5 m mélységben szerkesztett GPR-mélységmetszeten (felül), valamint a hozzá kapcsolódó radarreflexiók mélységi kiterjedése egy jellemző 2D radarszelvényen (alul)

A szomszédos mérési szelvények és a horizontális mélységmetszetek együttes értelmezésével a korábbi beszakadás vízszintes kiterjedése és mélységi szerkezete egyaránt jól követhető. A geofizikai adatok alapján a visszatöltött terület **megközelítőleg 11,5 m átmérőjű**, a 170 MHz-es földradaros szelvényeken a korábbi beszakadás területén a radarjelek általában mintegy 8 m mélységig követhetők (***15. ábra***).

A jelenség térbeli elhelyezkedése jól megfeleltethető az ERT-3–ERT-6 szelvényeken kimutatott, nagy fajlagos elektromos ellenállású zónának. A két geofizikai módszer

eredményeinek egyezése megerősíti, hogy az azonosított anomáliák a korábbi felszínbeszakadás visszatöltött környezetéhez kapcsolódnak.

8. Összegzés és további vizsgálati javaslatok

A Vértesszőlős község területén, a 2001-ben bekövetkezett felszínbeszakadás környezetében végzett ERT- és GPR-vizsgálatok során több geofizikai anomáliát azonosítottunk. A mérések hozzájárultak a korábbi beszakadás környezetének részletesebb megismeréséhez, valamint a mélyebb földtani viszonyok pontosításához.

A vizsgálatok legfontosabb eredményei:

- **A korábbi beszakadás azonosítása:** Az ERT- és GPR-mérések egyaránt jól elkülöníthető geofizikai anomáliákat mutatnak a 2001-ben dokumentált, visszatöltött beszakadás helyén.
- **További ellenállás-anomáliák kimutatása:** Az ERT-8/9, valamint az ERT-10/11 szelvényeken jelentős, részben mélyebbre nyúló, nagy fajlagos ellenállású zónákat azonosítottunk. Ezek a nyers mérési adatokban is megjelennek, így további célzott vizsgálatuk indokolt. A megjelenésük alapján akár a fedőüledékek fellazulásával, lokális üregesedéssel vagy egyéb földtani inhomogenitásokkal is összefüggésbe hozhatók.
- **A mészkőaljzat felszínének feltérképezése:** A hosszabb ERT-szelvények segítségével leképeztük a feltételezett triász mészkőaljzathoz kapcsolódó határzónát, valamint az aljzat mélységének változásait. Az eredmények a mélyebb földtani felépítés térbeli változékonyságára utalnak.

A vizsgálatok alapján a kutatás célzott kiterjesztését javasoljuk. A területen korábban bekövetkezett jelentős felszínbeszakadás, az azóta észlelt felszínsüllyedések, valamint a jelen vizsgálat során azonosított geofizikai anomáliák együttesen olyan körülményeket jelentenek, amelyek további, célzott feltárást indokolnak, ugyanis **a jelenlegi adatok alapján a felszín alatti inhomogenitások esetleges folytatódása, illetve egy újabb beszakadás kialakulásának kockázata nem zárható ki.**

Első lépésként az ERT-felmérés kiterjesztését javasoljuk a szomszédos, 2273 hrsz.-ú ingatlan területére, valamint a jelenlegi, közel DK–ÉNy-i irányú szelvényekre merőleges, ÉK–DNy-i irányú kiegészítő szelvények kialakítását.

A javasolt mérési hálózat kialakításakor nemcsak a 2273 hrsz.-ú ingatlan kerítése mentén azonosított anomáliák térbeli lehatárolását vettük figyelembe, hanem az ERT-10 és ERT-11 szelvényeken azonosított anomáliák esetleges folytatódásának vizsgálatát is. A tervezett keresztirányú szelvények meghosszabbítása kifejezetten azt a célt szolgálja, hogy ellenőrizhető legyen, az ERT-10/11 szelvényeken azonosított anomáliák feltételezett térbeli irányultsága a jelenleg még nem vizsgált területrészeken is követhető-e.

Ennek tisztázása különösen fontos, mivel az érintett mérési területek között szintén lakóingatlanok helyezkednek el. Amennyiben a kiegészítő mérések az előzetesen feltételezett irány mentén további, hasonló jellegű anomáliákat mutatnak ki, az egy nagyobb kiterjedésű, esetleg összefüggő felszín alatti inhomogén zóna jelenlétére utalhat.

A kiegészítő mérések nyomvonalait és geometriáját **célzottan** a jelen vizsgálat eredményeinek részletes figyelembevételével, az azonosított anomáliák helyzetére, várható mélységére és térbeli kiterjedésére, valamint a terület hozzáférhetőségi és mérési korlátaira tekintettel terveztük meg. **A kiegészítő ERT-vizsgálatok előzetesen javasolt szelvényhálózatát a IV_Melleklet.pdf szemlélteti.**

A geofizikai kutatás kiterjesztését követően, az eredmények alapján kijelölt helyeken célzott földtani és geotechnikai fúrások elvégzését javasoljuk, amelyek lehetőséget biztosítanak a geofizikai értelmezés közvetlen ellenőrzésére, illetve az esetleges fellazult vagy üreges zónák azonosítására. A vizsgálatok sorrendjét szakmai szempontból fontosnak tartjuk, ugyanis a kiegészítő geofizikai mérések célja éppen az, hogy a későbbi fúrásokat ne csupán feltételezések alapján, hanem a lehető legpontosabban meghatározott célpontokra lehessen telepíteni. Ez jelentősen növelheti a feltárások eredményességét, miközben csökkentheti a szükségtelen vagy kedvezőtlen helyre telepített fúrások számát és az ezzel járó költségeket.

Tököl, 2026.10.29.

GEOSEQUENCE
Geofizikai és Mérnöki Kft.
2316 Tököl, Fő utca 98.
Adószám: 32294950-2-13

Jelentést készítette:

Bujdosó Márton

Geosequence Kft.

Földtani szakértő, geofizika szakterület
SZTFH-nyilvántartásba vétel: SZTFH-BANYASZ/951-2/2022

Mellékletek listája

I. melléklet – A geofizikai mérések helyszínrajzai

I/a. melléklet: A kutatási terület helyszínrajza és a megvalósult ERT-szelvények nyomvonala

I/b. melléklet: A kutatási terület helyszínrajza és a megvalósult GPR-szelvények nyomvonala

II. melléklet – Az ERT-mérések feldolgozott eredményei

II/a–k. melléklet: Az ERT-1–ERT-11 szelvények inverziós fajlagosellenállás-modelljei

III. melléklet – A GPR-mérések feldolgozott eredményei

A GPR szelvényekből készített mélységmetszet (1.5 m), 2D mintaszelvény

IV. melléklet – Azonosított geofizikai anomáliák és a javasolt kiegészítő ERT-szelvények helyszínrajza