



Üregkutatás az Esztramos-hegyben müográfiai módszerekkel

Rábóczki Bence, Surányi Gergely

HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont
Nagyenergiás Fizikai Osztály

raboczki.bence@wigner.hun-ren.hu

 **Kutatás.
Innováció.
Hatás.**

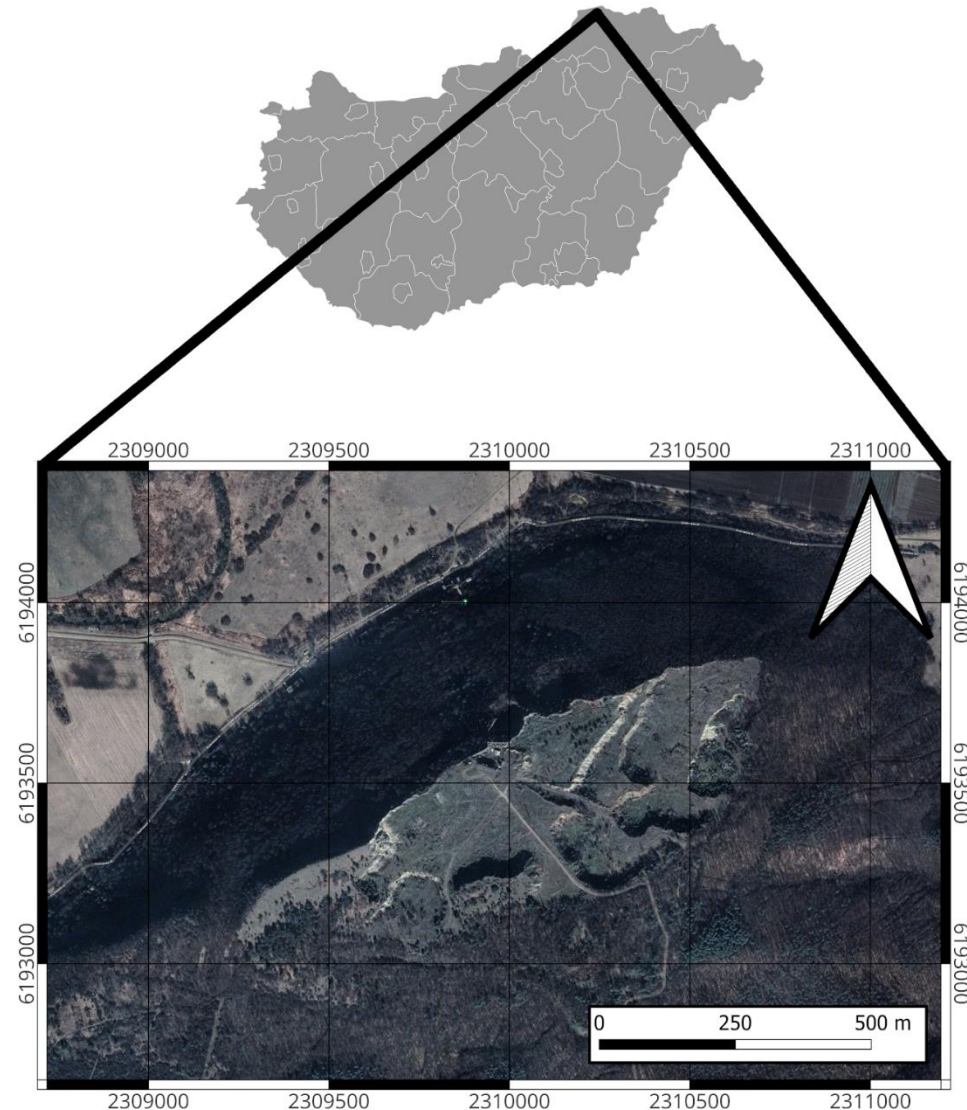
Tartalomjegyzék

1. Az Esztramos-hegy bemutatása
2. A hegy ismert üregei
3. A kutatási módszer bemutatása
4. Eredmények
5. Összefoglalás



Az Esztramos-hegy bemutatása

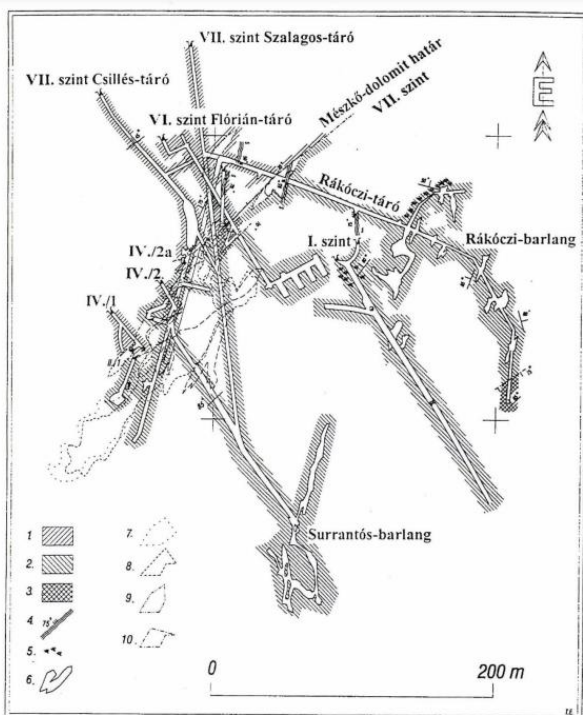
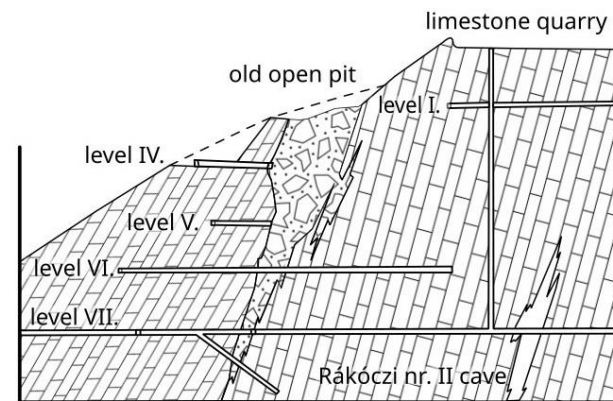
- Elhelyezkedés: ÉK-Magyarország, Tornaszentandrás és Bódvarákó között
- Rudabányai-hegységrendszer része
- Nagyrészt steinalmi és szentjánoshegyi mészkő, valamint gutensteini dolomit alkotja
- A két kőzet közötti tektonikus zónában hidrotermás-metaszomatikus ércesedéssel vasérc keletkezett → **vasbányászat** az 1800-as évektől az 1950-es évekig
- Felszíni **mészkőbányászat** 1940-es évektől 1996-ig



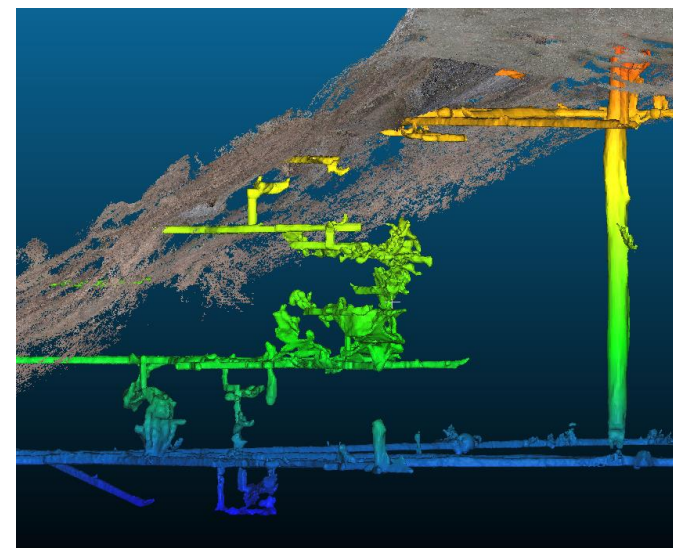
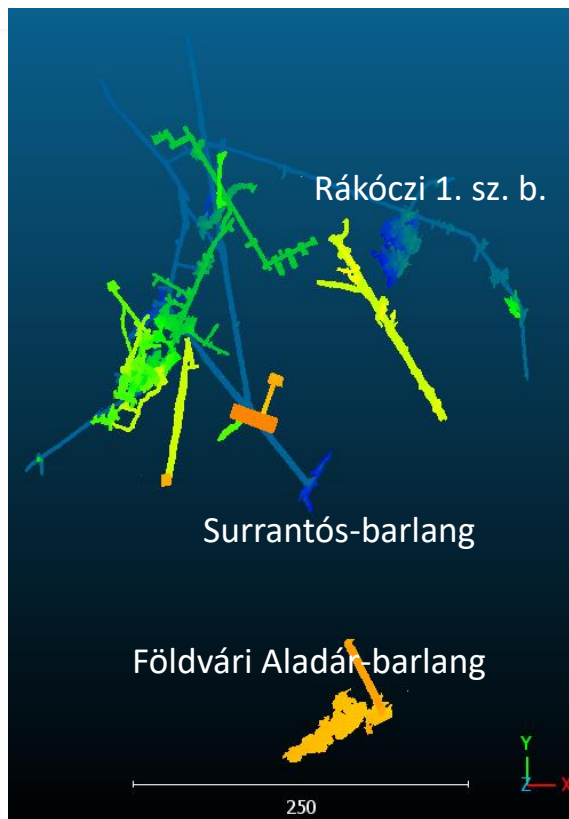
Az Esztramos-hegy bemutatása

303°

123°



5. ábra. Az esztramosi vasércbánya földtani vázlatja
 1: Gutensteini dolomit, 2: Steinalmi mészkő, 3: Szentjánoshegyi mészkő, 4: agyagásványosodott telér,
 5: hematitosodás; 6: barlangüregek; 7–10: lefejtett ércetek, 7: a II. szinten, 8: a IV. szinten, 9: a VI. szinten,
 10: a VII. szinten.



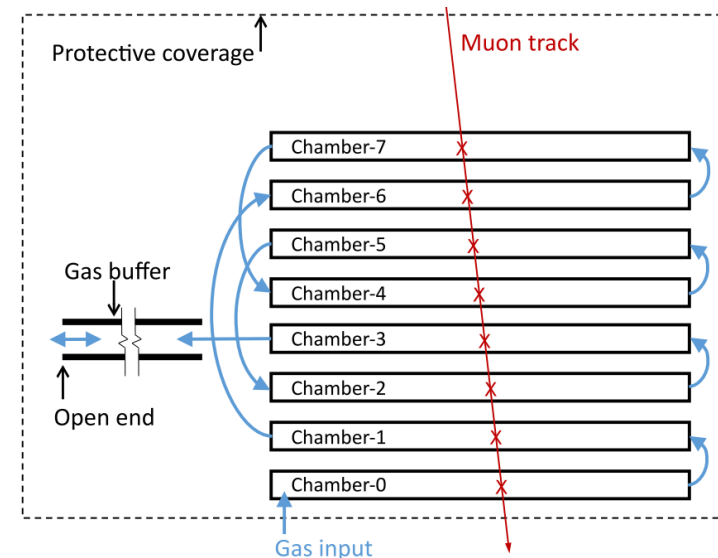
A hegy ismert üregei

- A barlangok nagyrészt bányászat során tárták fel
- Barlangkataszter: 26 tornaszentandrási, 8 bódvarákói barlang
- Néhánytól több száz méteres hosszúig változnak, látványos cseppkövekkel
- 1970-es években átfogó tudományos és vízalatti feltáró kutatások (Karszt és Barlang folyóirat cikkei)
- Ez a nagy számú ismert üreg motivált arra, hogy **müografikus méréseket** végezzünk a hegyben → a módszer képes **sűrűséganomáliák kimutatására** a hegy szerkezetében

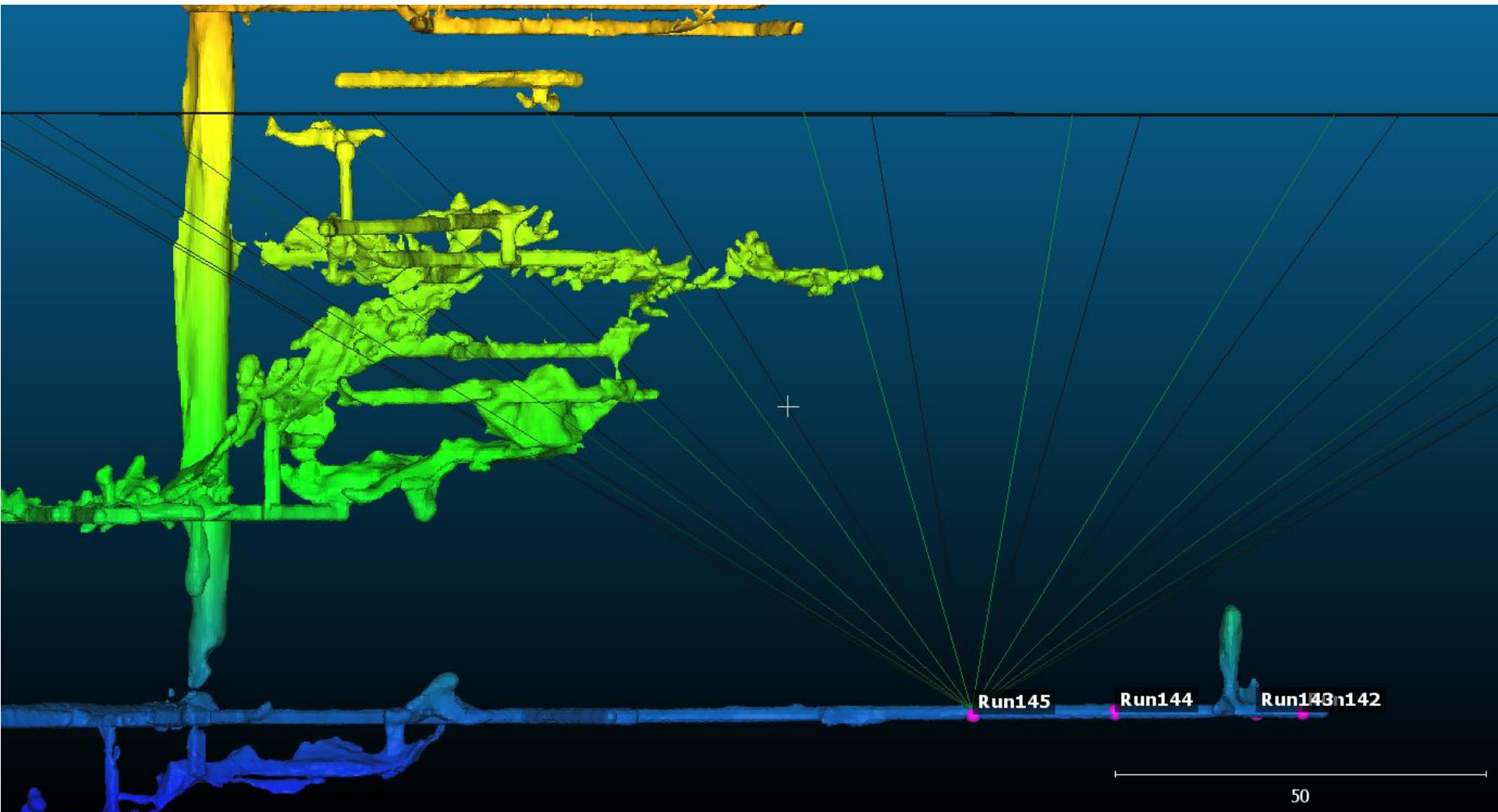


A mérési módszer bemutatása

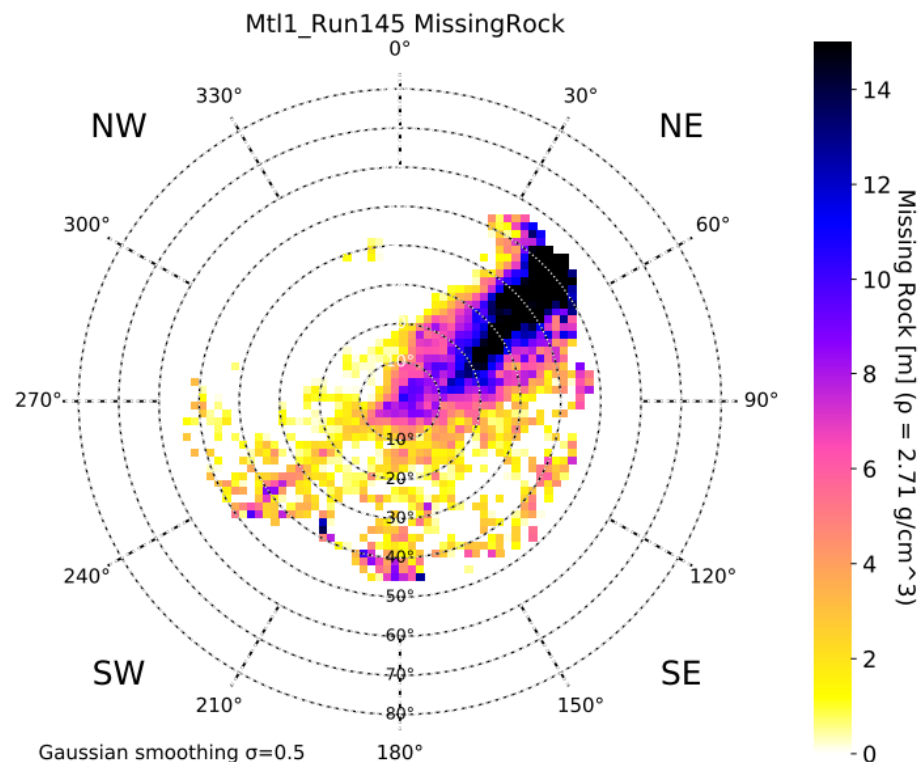
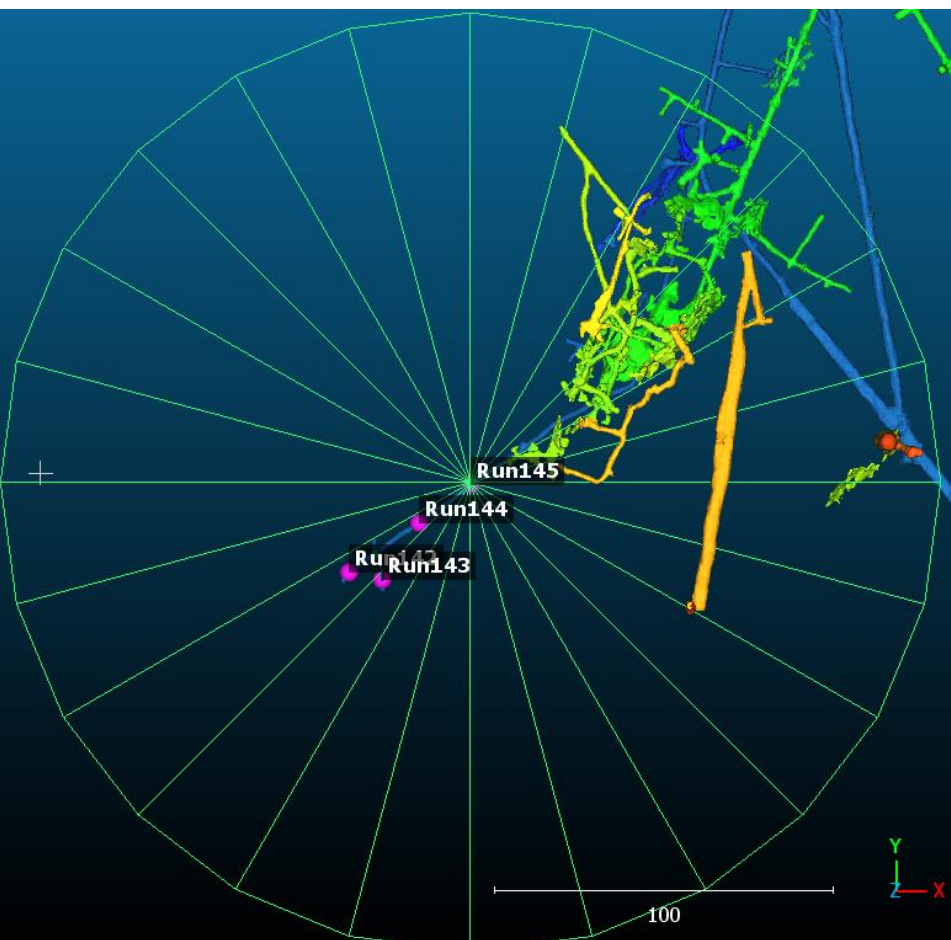
- A felsőlégkörben keletkező **müon részecskék** várható felszíni és felszín alatti fluxusa jól leírható elméleti modellekkel
- Az egyenes pályájú részecskék közegen áthaladva **elnyelődnek**, az elnyelődés mértéke **függ** a **kőzet sűrűségétől** és **mennyiségétől**
- „MWPC” technológiájú gáztöltésű detektorokkal **megmérjük** a gyakorlati **fluxust**
- Az elméleti és a mért fluxus különbségéből, figyelembe véve a vizsgált terület geometriáját **számítható** a **kőzethiány** (kevesebb kőzet → nagyobb fluxus)



A mérési módszer bemutatása



A mérési módszer bemutatása

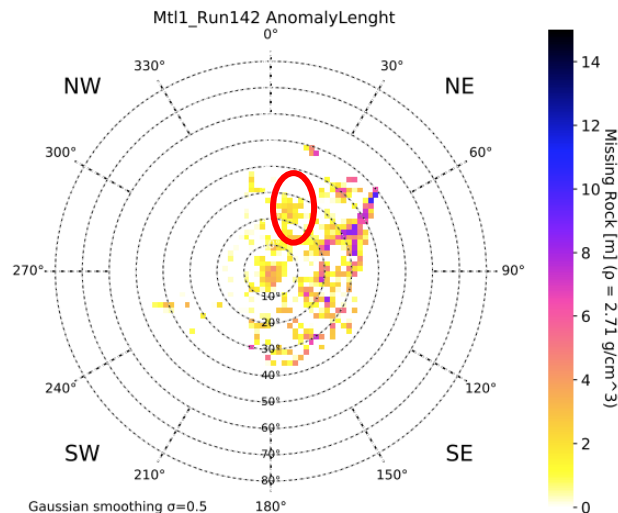
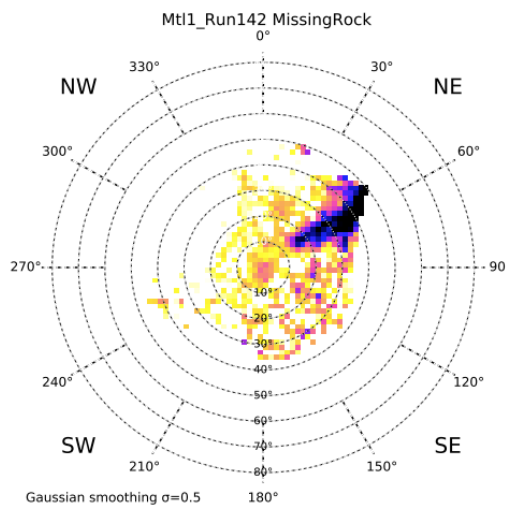
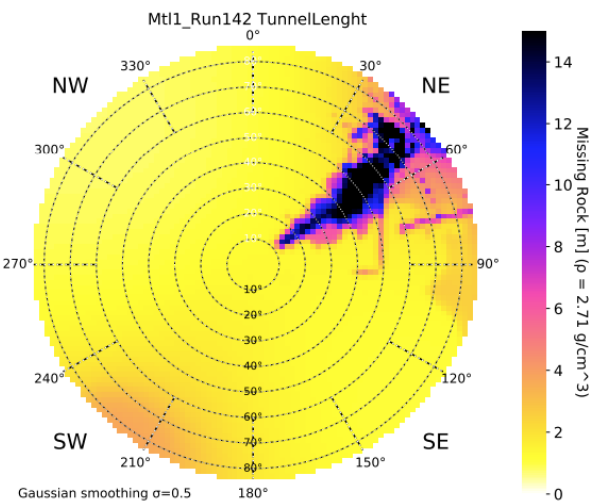


Eredmények - 142-es mérés

Ismert üregek hatása
(szkennelés és térképek
alapján rekonstruálva)

Mért közethiány

A kettő különbsége
(pirossal karikázva egy fontos
anomália...)

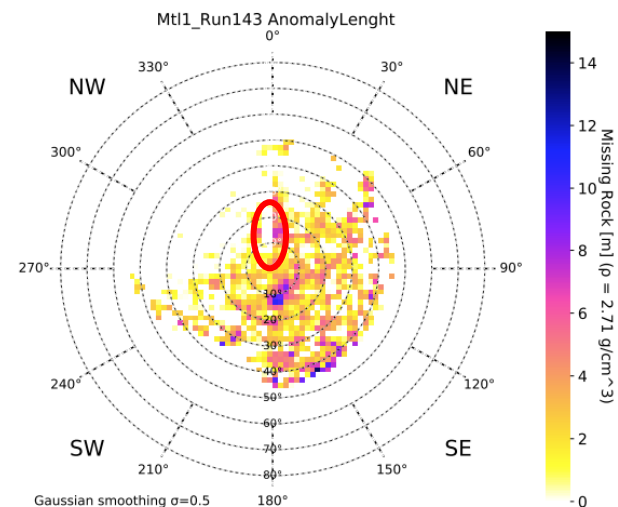
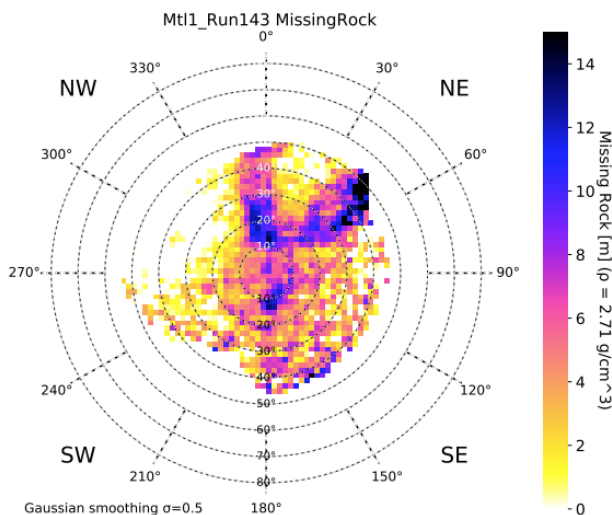
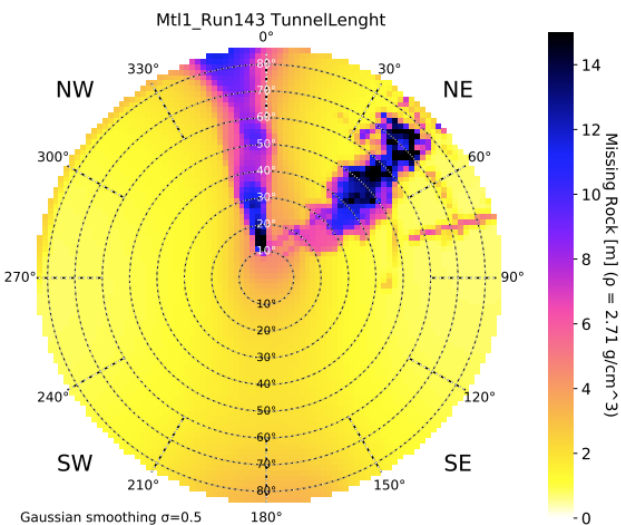


Eredmények - 143-as mérés

Ismert üregek hatása
(szkennelés és térképek
alapján rekonstruálva)

Mért közethiány

A kettő különbsége
(pirossal karikázva egy fontos
anomália...)

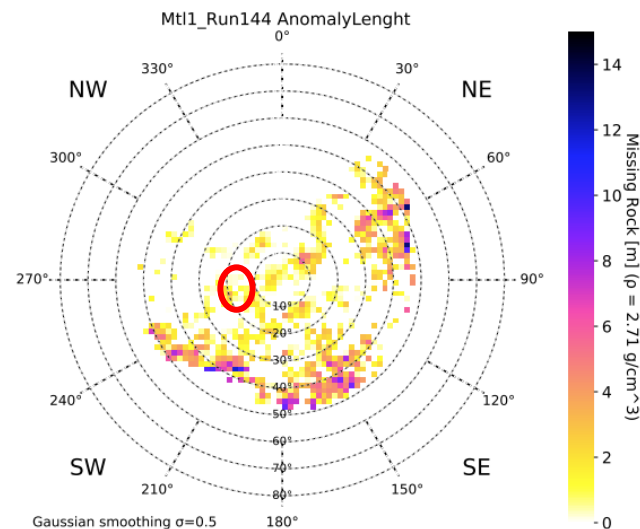
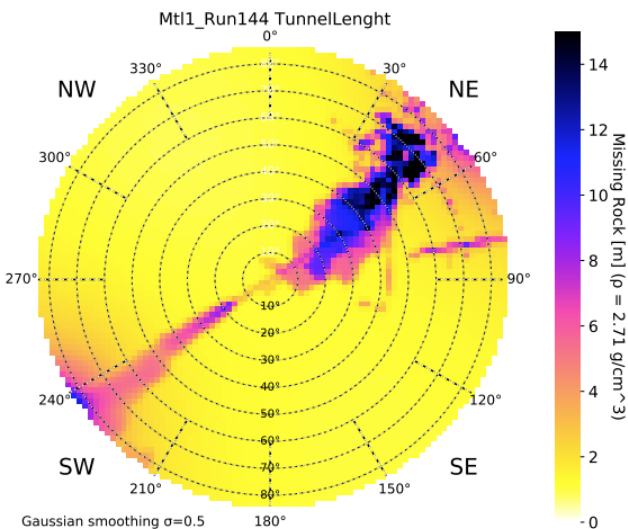


Eredmények – 144-es mérés

Ismert üregek hatása
(szkennelés és térképek
alapján rekonstruálva)

Mért közethiány

A kettő különbsége
(pirossal karikázva egy fontos
anomália...)

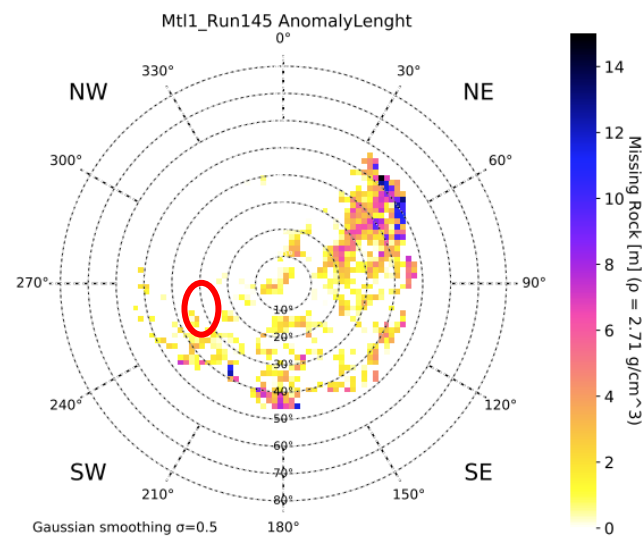
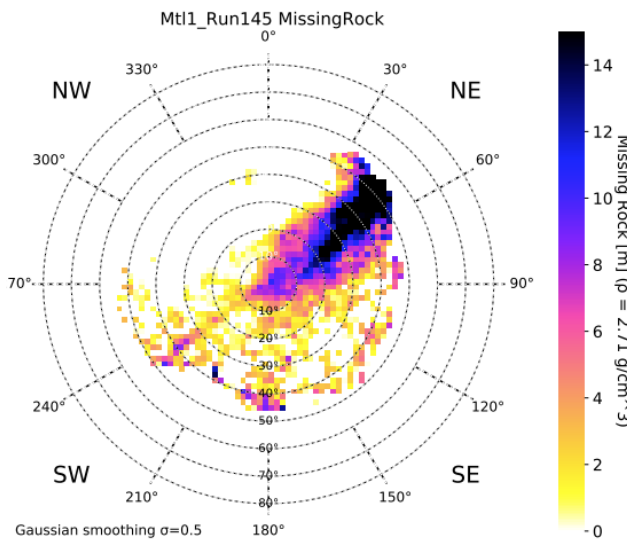
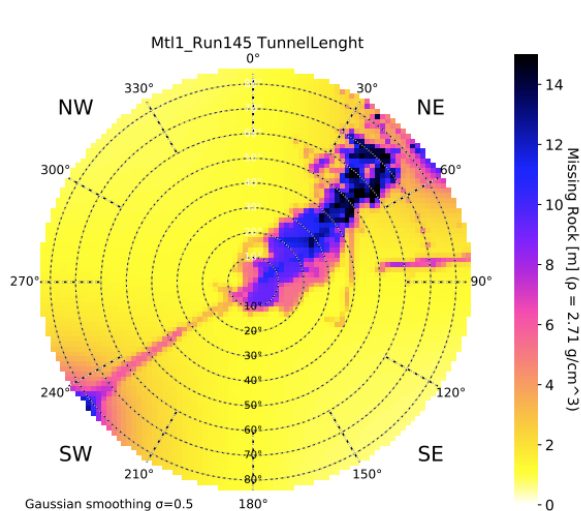


Eredmények – 145-ös mérés

Ismert üregek hatása
(szkennelés és térképek
alapján rekonstruálva)

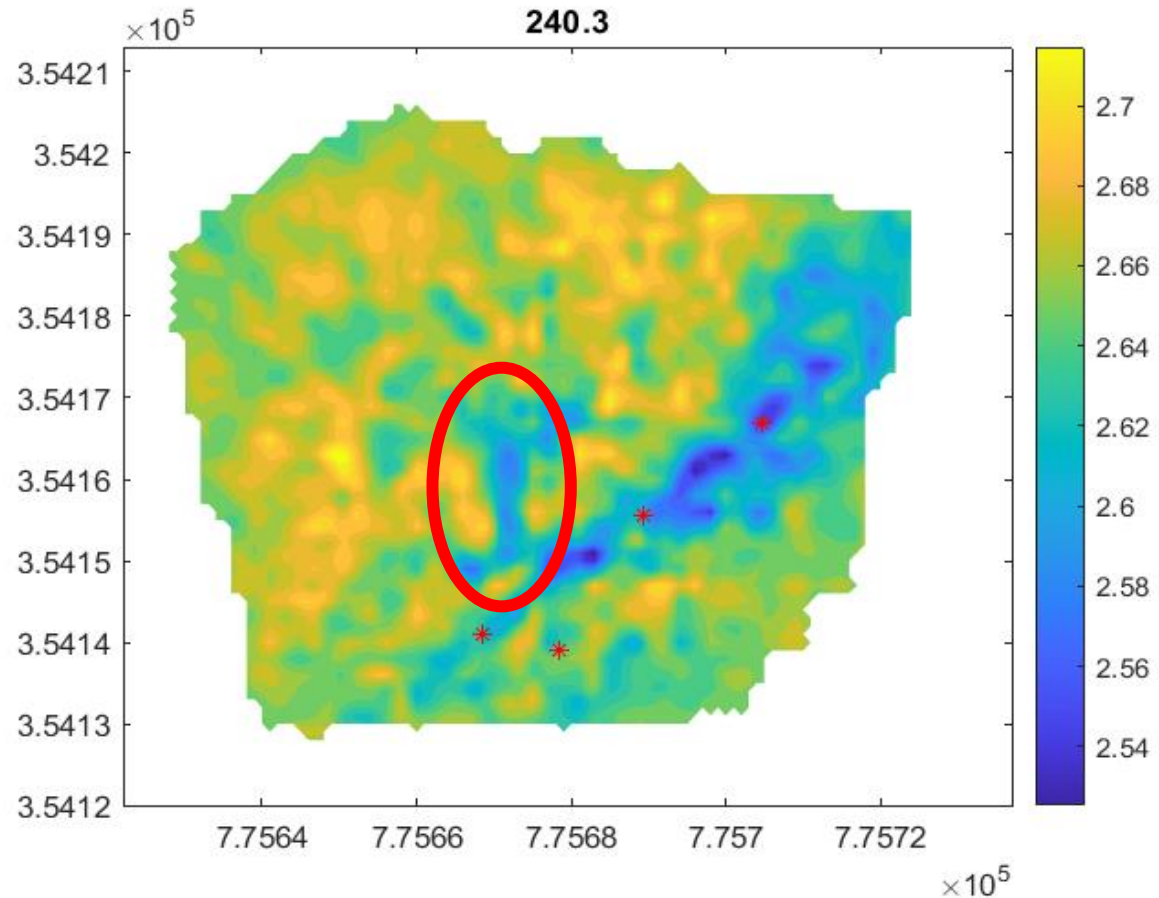
Mért közethiány

A kettő különbsége
(pirossal karikázva egy fontos
anomália...)



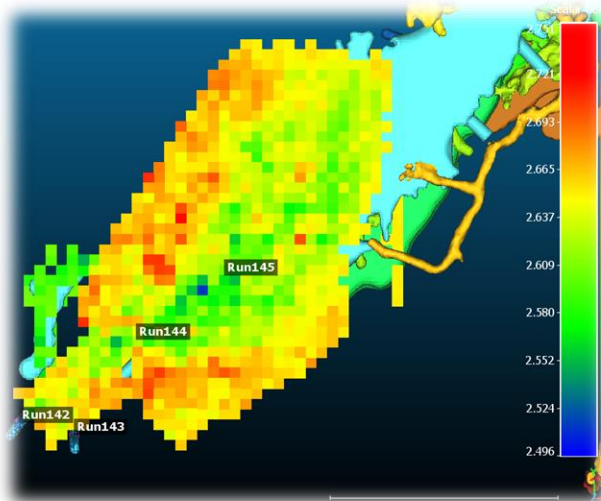
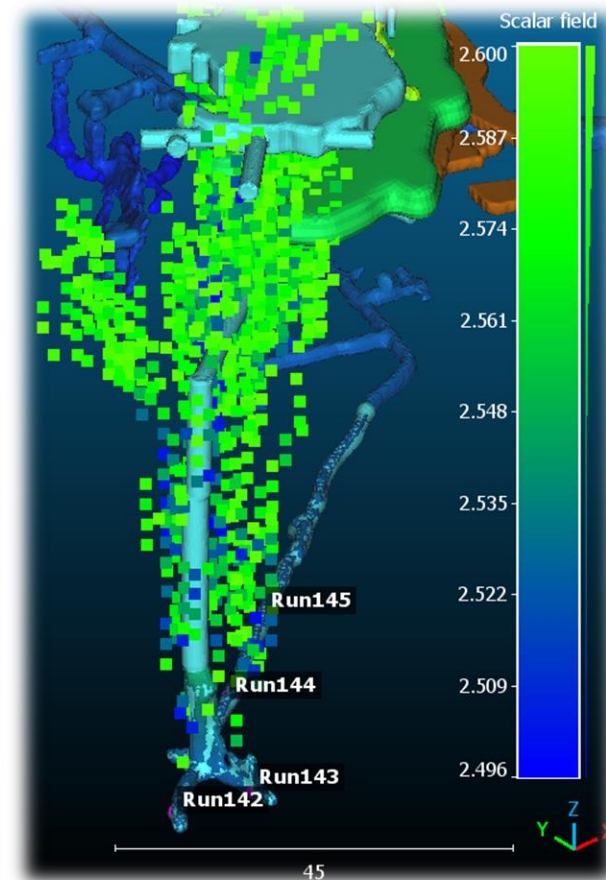
Eredmények – 3D inverzió

- A müográfiai inverzió során összesítjük a különböző mérések eredményeit, **egy közös képet alkotva**
- A végeredmény egy három dimenziós voxel tömb, amely tartalmazza az invertált voxelek koordinátáit és a hozzájuk tartozó **látszólagos sűrűségértéket**
- A csökkent látszólagos sűrűségű zónák **repedezett, alacsonyabb sűrűségű anyaggal kitöltött zónákat vagy üregeket** jelentenek



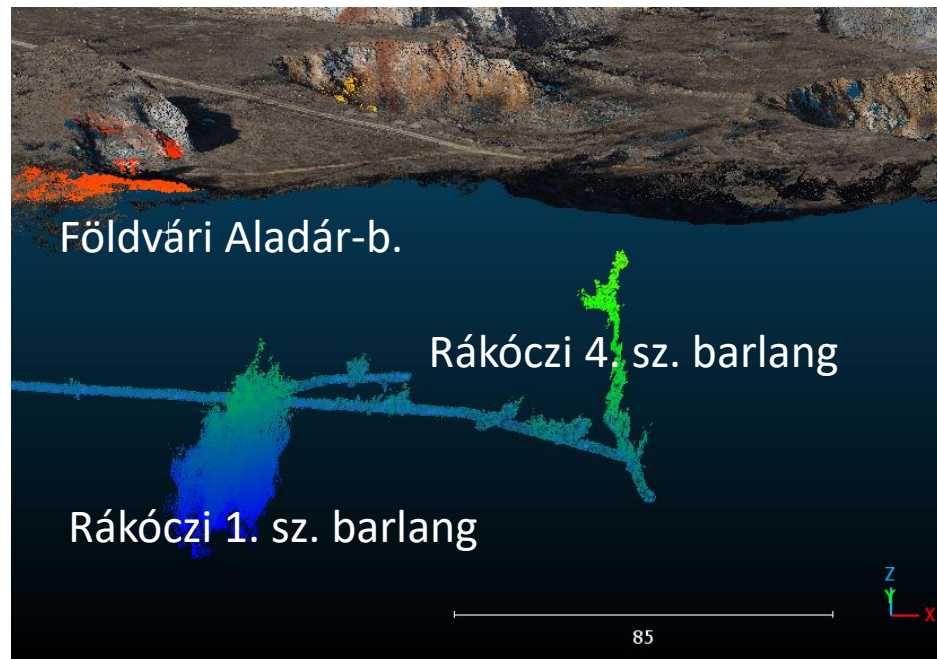
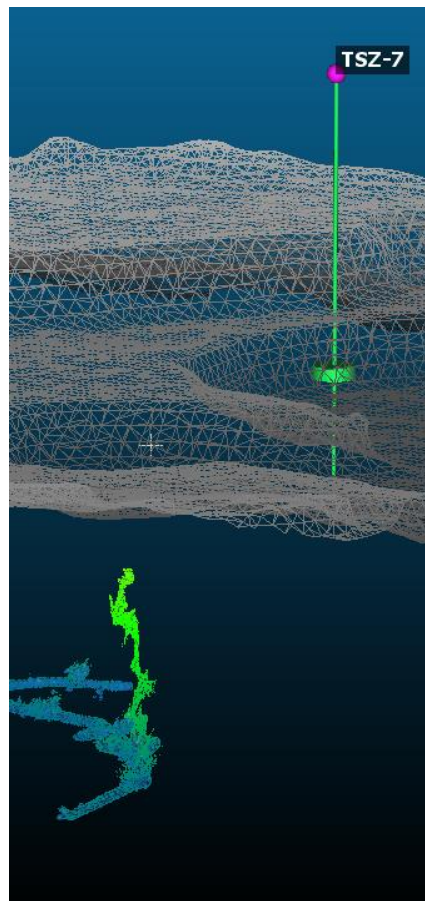
Eredmények – 3D inverzió

- A müontomográfia a kevés detektorpozíció miatt pontatlanabb a hagyományos orvosi tomográfiánál, az invertált anomália térben kissé elmosódik
- Ennek ellenére a legvalószínűbb, hogy **vékony, elnyúlt barlangban folytatódik a függőleges akna**, ugyanis laza kitöltés nem valószínű, a környéken pedig számos kisebb barlang található, ráadásul maga az akna is természetes barlangból lett kialakítva



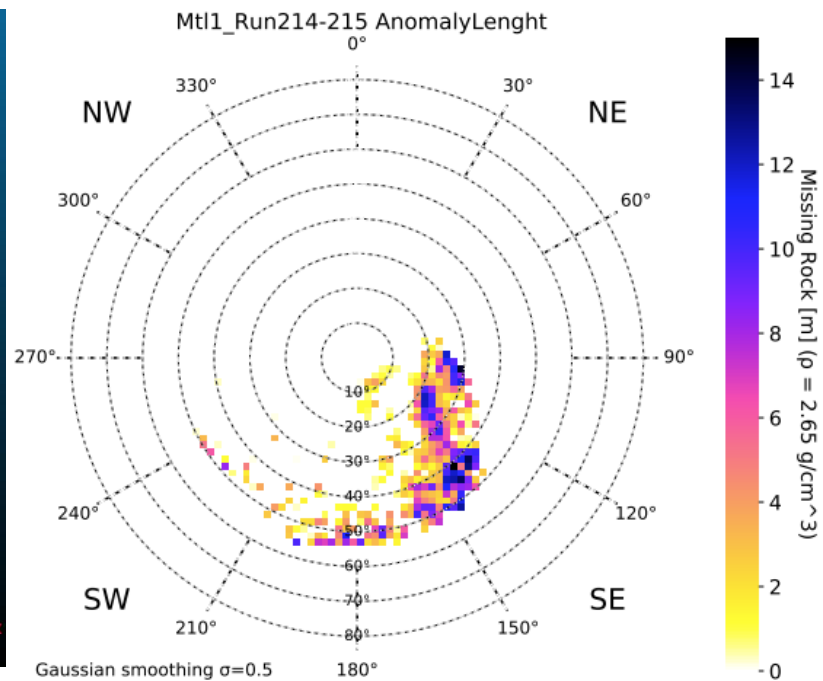
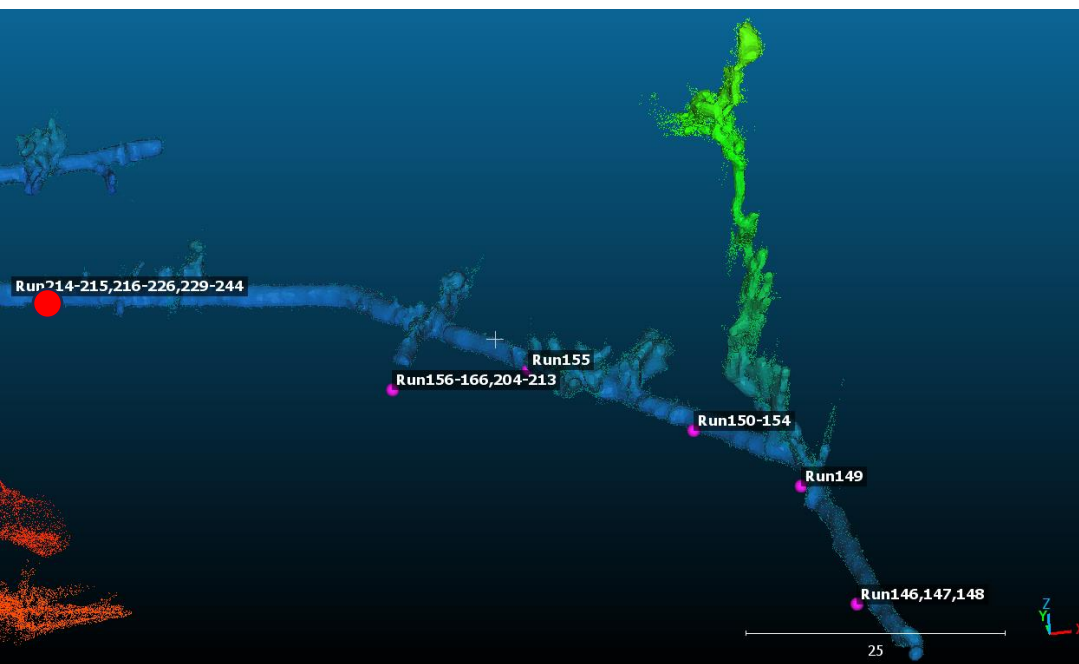
Eredmények – Egyéb mérések

- Számos további mérés történt a keleti Rákóczi-táró mentén
- Még nem teljes a kiértékelés, de nagyon biztatóak az előzetes eredmények
- Nagy kiterjedésű ismert barlangok találhatóak a területen, mélyfúrás igazolja, hogy a jelenlegi felszín közelében van üreg



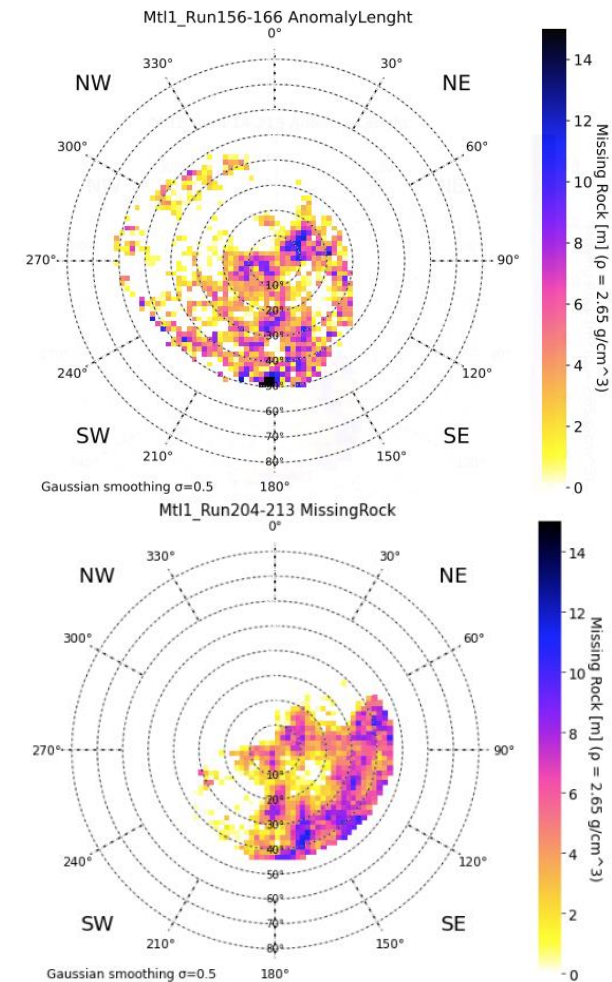
Eredmények – Egyéb mérések

- Dél felé döntött mérés, anomáliák DK irányban



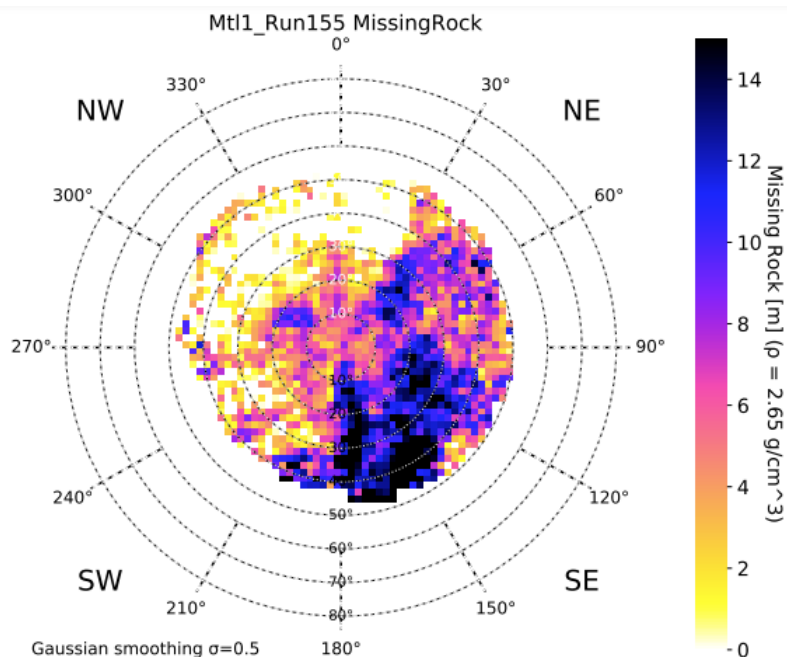
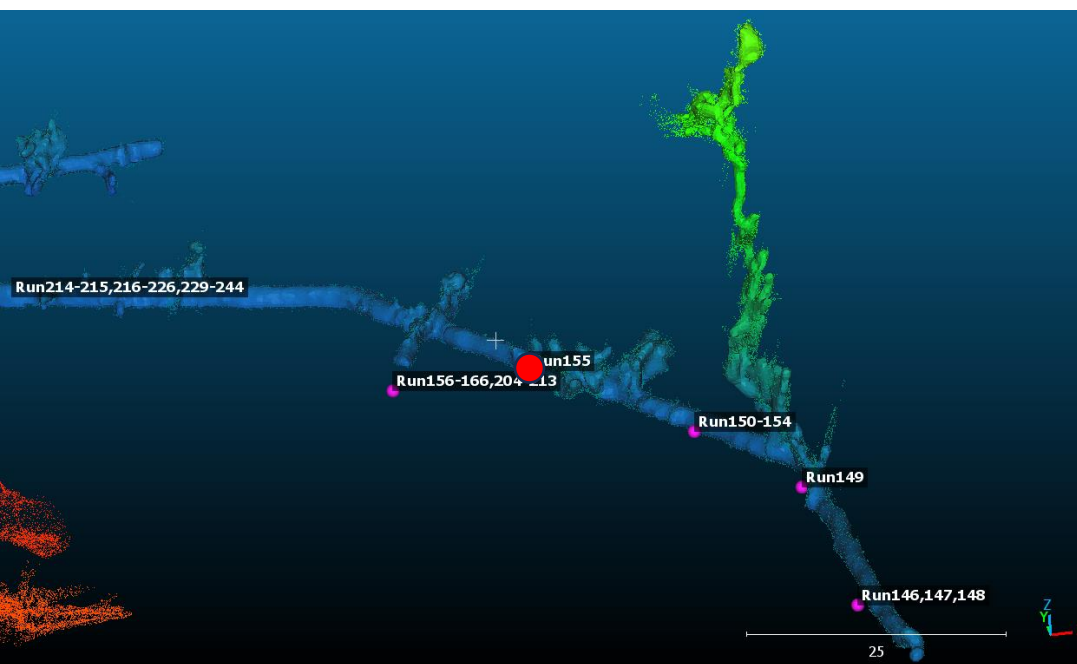
Eredmények – Egyéb mérések

- Döntött mérések, anomáliák D, DK irányban



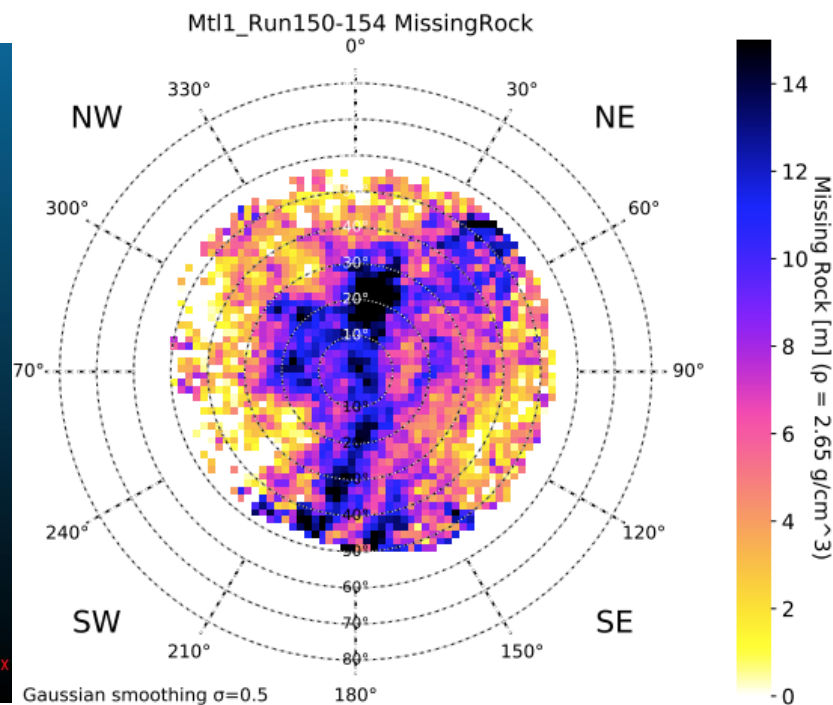
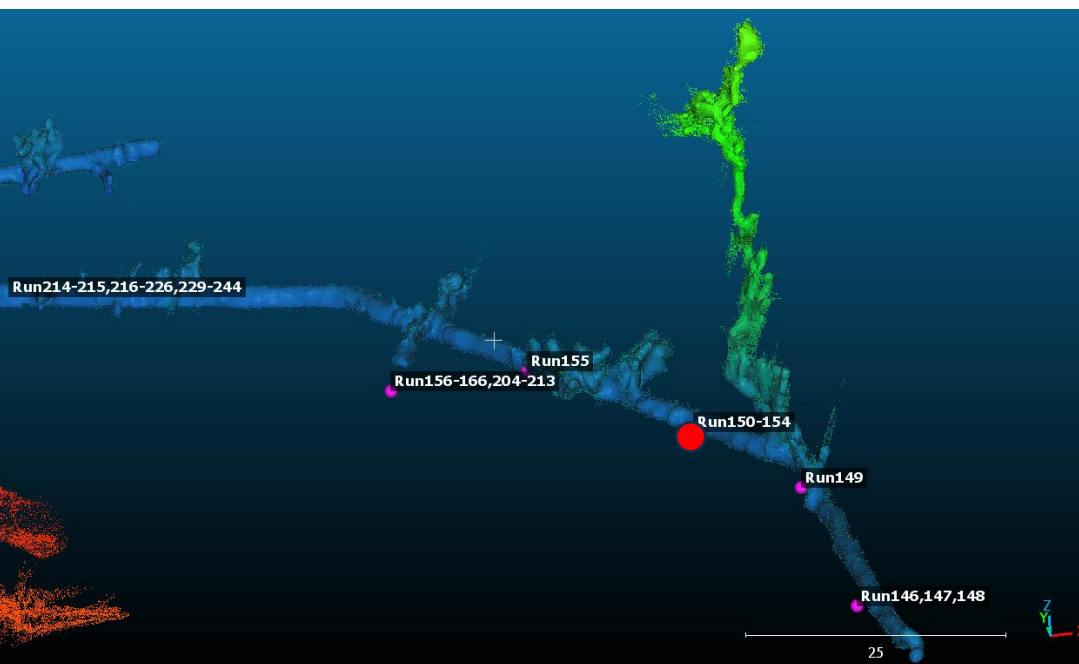
Eredmények – Egyéb mérések

- Anomáliák a helyi barlangokra jellemző É-D irányítottsággal



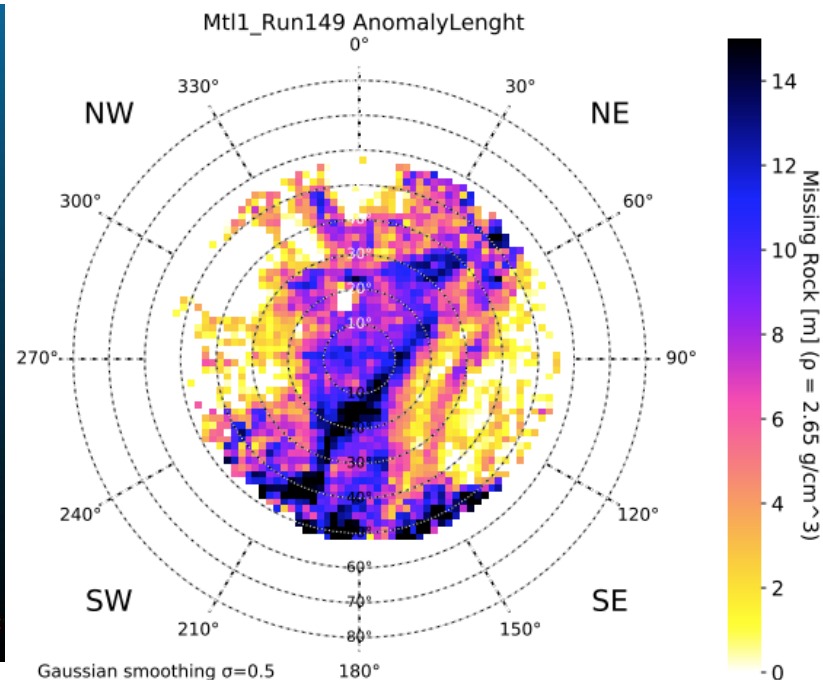
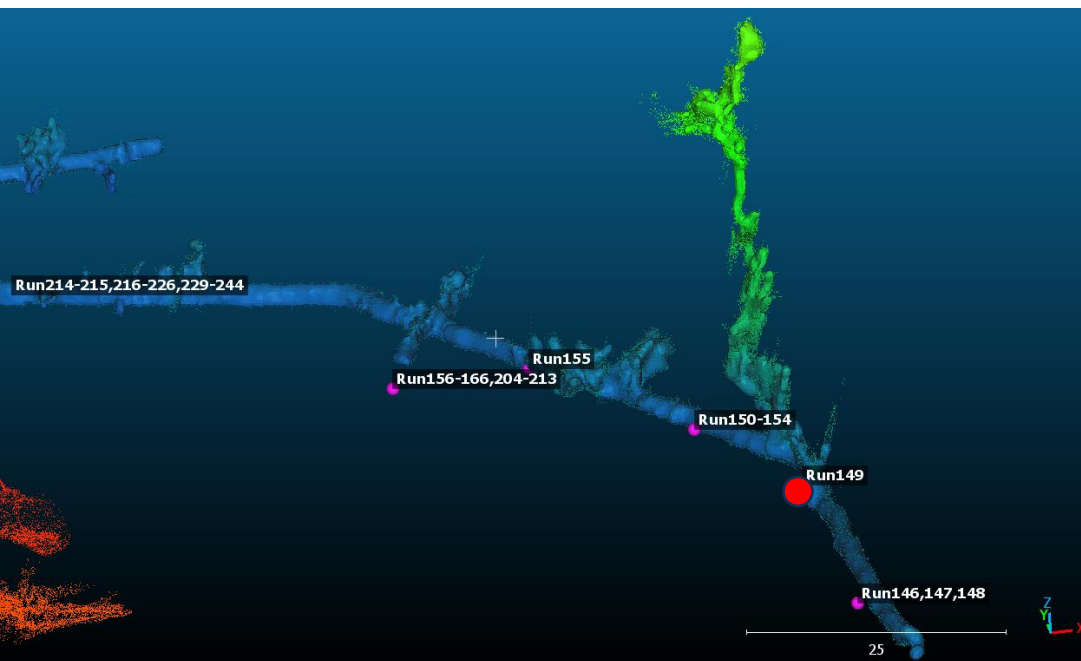
Eredmények – Egyéb mérések

- Anomáliák a helyi barlangokra jellemző É-D irányítottsággal



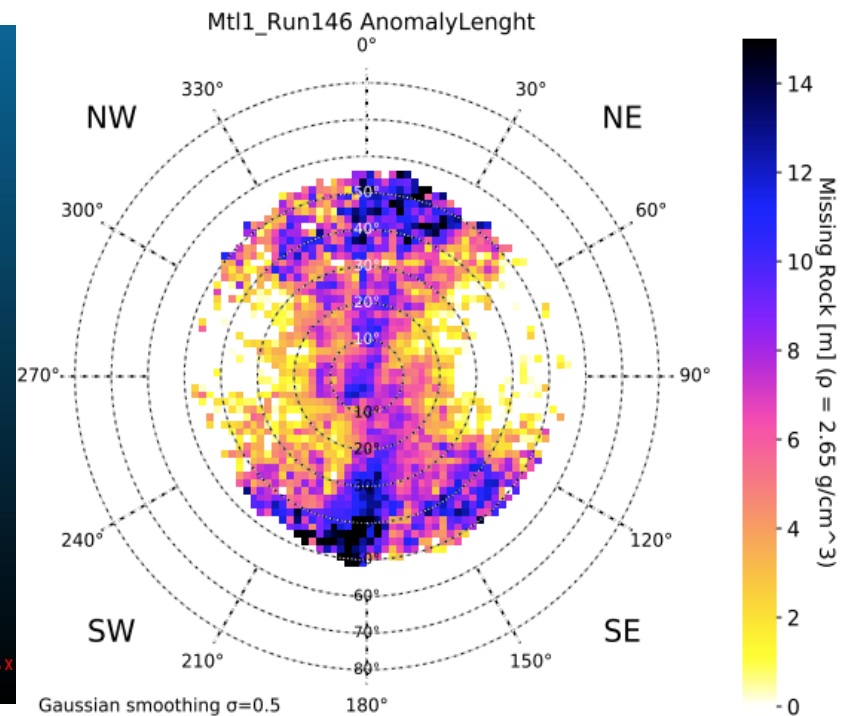
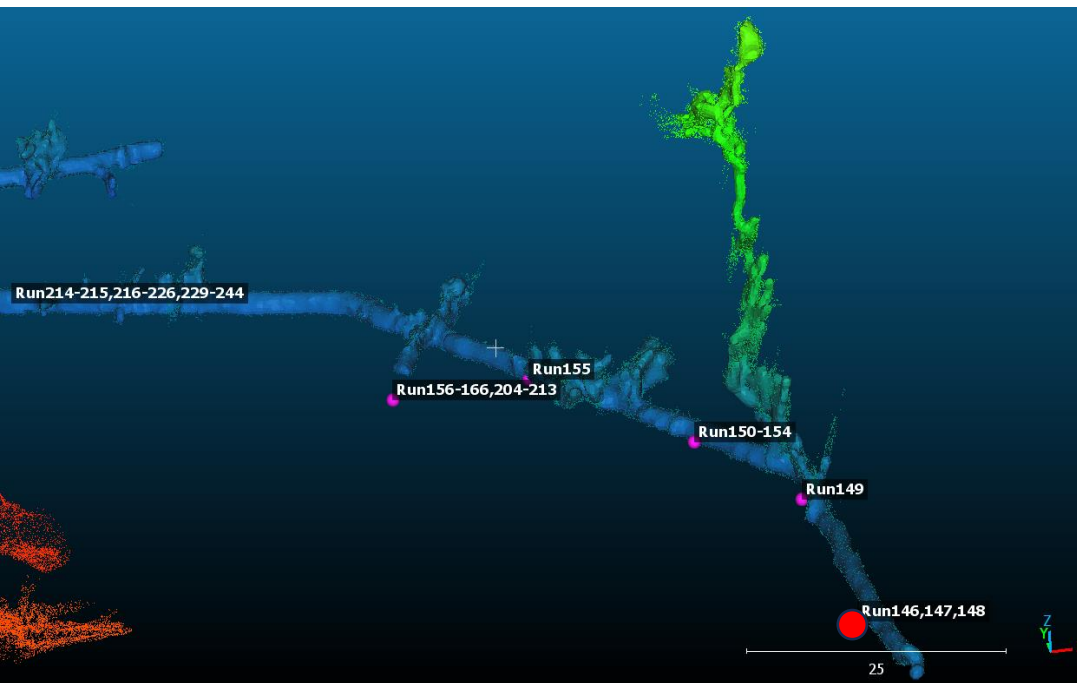
Eredmények – Egyéb mérések

- Anomáliák a helyi barlangokra jellemző É-D irányítottsággal



Eredmények – Egyéb mérések

- Anomáliák a helyi barlangokra jellemző É-D irányítottsággal



Összefoglalás

- Az Esztramos-hegyben a sok évtizednyi **bányászat számos karsztos üreget tárt fel**, ez motivált arra, hogy müográfiai módszerekkel **vizsgáljuk a hegy belső sűrűségeloszlását**
- Müontomográfia és az archív bányatérképek segítségével nagy valószínűséggel **sikerült egy kisebb üreget azonosítanunk** a vasércbánya dél-nyugati tárója felett
- A Rákóczi-táró mentén elhelyezett számos mérés mindegyike **nagy kiterjedésű, észak-déli irányítottágú sűrűséganomáliákat** mért, melyek **potenciális barlangok** lehetnek → a bonyolult szituáció miatt itt a jövőben sűríteni szeretnénk a mérési pontokat az inverzió pontosításához, valamint, amennyiben lehetséges **egyéb mérésekkel (pl. fúrással) igazolni a feltételezéseinket**



Köszönöm a figyelmet!

A kutatást támogatták:

- *HUN-REN Hazahívó és Külföldi Kutatókat Toborzó Program (KSZF-144/2023)*
- *Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal, Tématerületi Kiválósági Program (Müográfiai műszerfejlesztés, TKP2021-NKTA-10)*
- *Vesztergombi Nagyenergiás Fizikai Laboratórium (VLAB)*