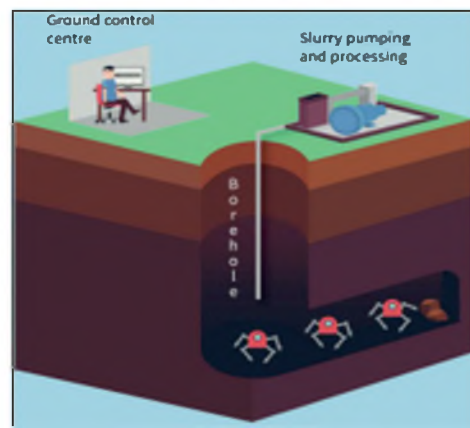
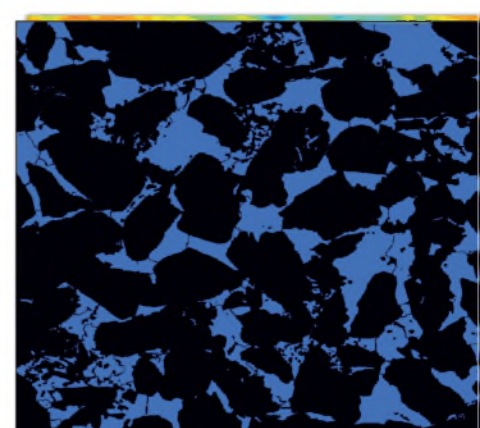
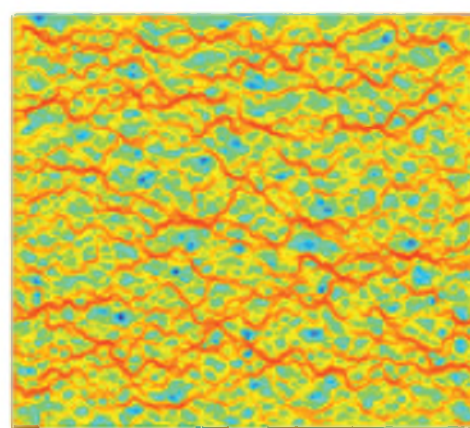
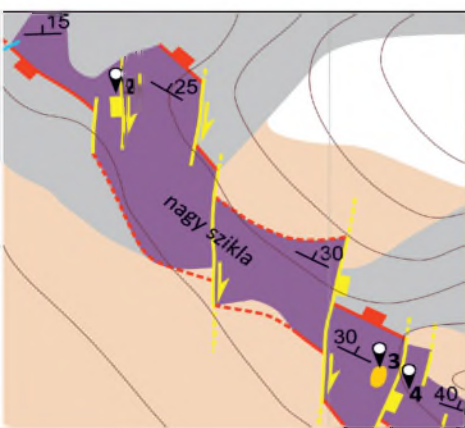
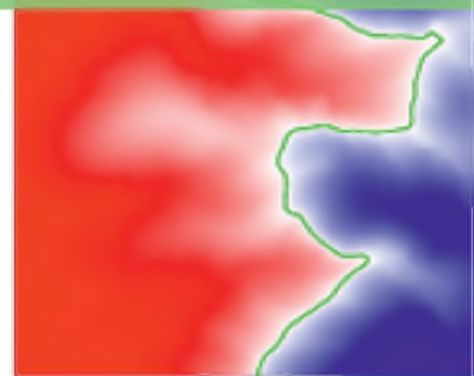
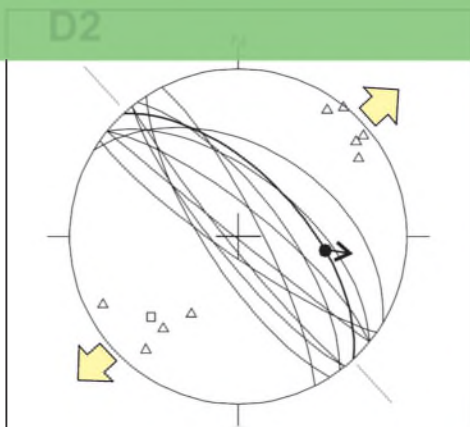


# FÖLDTANI ÉS GEOFIZIKAI VÁNDORGYŰLÉS A JÖVŐ ÖSVÉNYEIN

Előadás-kivonatok, kirándulásvezető

*Budapest, 2022. október 14–16.*



© Copyright Magyarhoni Földtani Társulat, Magyar Geofizikusok Egyesülete, 2022  
Minden jog fenntartva!

**A konferencia védnöke:**  
**DR. BIRÓ MARCELL**  
**a Szabályozott Tevékenysége Felügyeleti Hatósága elnöke**

*Szerkesztette:*  
PIROS OLGA, KERCSMÁR ZSOLT

*A szervezőbizottság:*  
*MFT részéről:* M. TÓTH TIVADAR elnök, tagok: BABINSZKI EDIT, HARTAI ÉVA, GEIGER JÁNOS,  
KERCSMÁR ZSOLT, KRIVÁNNÉ HORVÁTH ÁGNES  
*MGE részéről:* KOVÁCS ATTILA CSABA elnök, tagok: BERECZKI LÁSZLÓ, PETRÓ ERZSÉBET,  
TIMÁR GÁBOR, ZELEI GÁBOR

*Műszaki szerkesztő, DTP:*  
PIROS OLGA

*Kiadja:*  
Magyarhoni Földtani Társulat (MFT), Magyar Geofizikusok Egyesülete (MGE)

*Felelős kiadó:*  
M. TÓTH TIVADAR (MFT)  
KOVÁCS ATTILA CSABA (MGE)

*Támogatók:*

AGS, ENGIE, Föcik, Geo-Log, Geomega, Mingeo, MTA Könyvtár, NKA, NKFIH,  
Oil & Gas Development, OMBKE, TDE



ISBN: 978-963-8221-89-6

## Tartalom

|   |    |
|---|----|
| <b>Előszó</b> .....   | 5  |
| <b>Plenáris előadások</b>   |    |
| <b>HOLODA ATTILA:</b> Európa energetikájának aktuális helyzete .....  | 9  |
| <b>TARI GÁBOR:</b> Vulkanit és vulkanoklasztit rezervoárok: áttekintés globális példákkal .....   | 10 |
| <b>Előadások</b>  |    |
| <b>BADA, GÁBOR, DOMBRÁDI, ENDRE, PEFFER, MIKE, SAATHOFF, BLAINE:</b> Gádoros Geothermal Concession: A breakthrough in geothermal energy utilization in Hungary?.....  | 13 |
| <b>BOZSÓ GÁBOR, KÓBOR BALÁZS, MEDGYES TAMÁS:</b> A szegedi távfűtés geotermikus átalakítása.....  | 15 |
| <b>GELENCSÉR ORSOLYA, ÁRVAI CSABA, MIKA LÁSZLÓ TAMÁS, BREITNER DÁNIEL, SZABÓ CSABA, FALUS GYÖRGY, SZABÓ-KRAUSZ ZSUZSANNA:</b> A hidrogéntárolás geokémiai vonatkozásai – kísérleti és modellezési tanulmány .....                     | 16 |
| <b>MUHAMMAD LUQMAN HASAN, TIVADAR M. TÓTH:</b> Lithology identification and internal structure reconstruction of Mezősas field using well logs and discrimination function analysis .....   | 18 |
| <b>KÁZMÉR MIKLÓS, GYŐRI ERZSÉBET, KRZYSZTOF GAIDZIK:</b> Római kori földrengések Pannóniában és Dáciában .....  | 21 |
| <b>KISS JÁNOS:</b> Relatív térbeli fizikai paraméter-eloszlások a Tokaji-hegységben és a Nyírségben (Eltemetett vulkánmorfológiai elemek kimutatása gravitációs és mágneses mérési adatok alapján).....                               | 25 |
| <b>LORBERER ÁRPÁD FERENC:</b> Új fővárosi hévízkutató fúrások eredményeinek bemutatása.....   | 28 |
| <b>M. TÓTH TIVADAR:</b> Repedezett fluidumtárolók DFN-modell alapú hidrodinamikai értékelési lehetőségei.....   | 32 |
| <b>MÁDAI FERENC, MÓRICZ FERENC:</b> EIT-label minősítés elvárásai nemzetközi mesterszakok esetében a TIMREX nyersanyagkutató közös képzés példáján .....  | 34 |
| <b>MÁDAI FERENC, NÉMETH NORBERT:</b> Egy koncepció az innovatív, robotizált ércbányászatra – a ROBOMINERS projekt .....   | 38 |
| <b>MIKLÓS DÓRA GEORGINA, JÓZSA SÁNDOR, SZAKMÁNY GYÖRGY, KASZTOVSZKY ZSOLT, HARSÁNYI ILDIKÓ, GMÉLING KATALIN, KOVÁCS ZOLTÁN:</b> Vörös homokkővek összehasonlító kőzettani, geokémiai és mikromineralógiai vizsgálati eredményei ..... | 42 |
| <b>MOLNÁR BENCE, GALSA ATTILA:</b> Felszín alatti vízáramlás és hőtranszport sztochasztikus permeabilitású közegekben.....  | 45 |
| <b>NJERU RITA MWENDIA, MATTHIAS HALISCH, JANOS SZANYI:</b> Investigating the process of physical clogging during geothermal water reinjection into sandstone .....  | 48 |
| <b>PINJUNG ZSOLT, MIKITA VIKTÓRIA, KOVÁCS BALÁZS, SZANYI JÁNOS:</b> Szeged környéki szénhidrogén- és termásvíztermelés hatása a Dunántúli Formációcsoport nyomásvizonyaira.....   | 51 |



|  |    |
|--|----|
| <b>SÁRDY JULIANNÁ:</b> Geoturizmus, mint lehetőség és küldetés a Bakony–Balaton UNESCO Globális Geoparkban .....   | 52 |
| <b>SZANYI JÁNOS:</b> Geotermia – Feltámadás? .....   | 56 |
| <b>SZARKA LÁSZLÓ:</b> Rendkívül időszerű problémákról.....   | 57 |
| <b>SZONGOTH GÁBOR, KOVÁCS ATTILA CSABA, GALSA ATTILA, HEGEDÜS SÁNDOR:</b> Milyen mértékben lehet a geotermikus energia gyors bővítésére számítani a jelenlegi energia-válságban? .....   | 60 |
| <b>SZŰCS JÓZSEF GÁBOR, GALSA ATTILA, BALÁZS LÁSZLÓ:</b> Szén-dioxid tározók nukleáris mélyfúrás-geofizikai módszerrel történő vizsgálatának modellezése.....   | 61 |
| <b>TÓTH EMESE, M. TÓTH TIVADAR:</b> Töréssűrűség becslés lyukgeofizikai adatok alapján a Bodai Agyagkő Formációban.....  | 63 |
| <b>TÓTH TAMÁS, HÁMORI ZOLTÁN, KÓBOR MIKLÓS, WÓRUM GÉZA, KÁDI ZOLTÁN, NÉMETH VIKTÓRIA, BARANYA SÁNDOR, KOZÁR SZABOLCS:</b> Mederfejlődés geofizikai monitorozása. Kombinált módszerek és hosszútávú idősorok egyedi lehetőségei ..... | 65 |
| <b>TÖRÖK ISTVÁN, PÜSPÖKI ZOLTÁN:</b> Karotázs mérések értelmezésének támogatása mesterséges intelligencia alkalmazásával.....  | 66 |
| <b>BÁNHIDI ISTVÁN, VALCZ GYULA:</b> A szénhidrogének eredete. A biogén és az abiogén elmélet. A replenishment (CH-telepek újratöltődésének) elmélete .....   | 67 |
| <b>WÓRUM GÉZA, KOROKNAI BALÁZS, TÓTH TAMÁS, KOROKNAI ZSUZSA, FEKETE-NÉMETH VIKTÓRIA, KOVÁCS GÁBOR:</b> Young geological deformations in Hungary: introducing the latest regional neotectonic map.....                                | 68 |

#### **Kirándulásvezető**

|   |    |
|---|----|
| <b>KERCSMÁR ZSOLT</b> (szerk.) BUDAI TAMÁS, HÉJA GÁBOR, KÓNYA PÉTER, PALOTAI MÁRTON, SZABADOSNÉ SALLAY ENIKŐ: Szemelvények a Dorogi- és a Zsámbéki-medence rendszeres földtani térképezésének legújabb eredményeiből..... | 69 |
|---|----|



## Előszó

A hazai geológusok, geofizikusok a saját konferenciáik, előadótalálkozóik mellett rendszeresen összegyűlnek megvitatni a földtudományok aktuális, közös ügyeit. Az idei Földtani és Geofizikai Vándorgyűlés előre talán nem várt módon különösen aktuális lett, hiszen 2022-ben egyszerre nagyon sok közös ügyünk támadt. Az évek, talán évtizedek óta egyre nagyobb súllyal jelen lévő klímaváltság mellett ebben az évben lett mindenki számára egyértelmű a villamos- és hőenergia, a felszín alatti víz és számos kritikus nyersanyag mennyiségének végeessége, a hozzáférés korlátozottsága. Nem kérdés, hogy a megoldások megtalálása nemzetközi, osztálytársadalmi feladat, mint ahogy az is egyértelmű, hogy ezen válaszok számottevő része komoly kihívások elé állítja a földtudományok művelőit. Ahhoz viszont, hogy sok egyéb mellett a jövő napi gyakorlata lehessen a bonyolult földtani szerkezetekben tárolt, korábban el nem ért szénhidrogén készletek termelése, a geotermikus energia széleskörű, fenntartható alkalmazása, a felszín alatti szén-dioxid-, hidrogén-, vagy akár hőtárolás, az in situ leaching bányászati technológiák környezettudatos használata, a veszélyes hulladékok biztonságos mélyszinti elhelyezése, ma kell kutatásainkat ezen problémák megoldására koncentrálnunk. „Fókuszban a rezervoárok” – hirdeti vándorgyűlésünk egyik mottója, rámutatva a felszín alatti fluidum-kőzetrendszerekkel kapcsolatos földtani, geofizikai kérdések súlyosságára, s egyúttal ezen rendszerek kiemelt társadalmi fontosságára.

Nem kevésbé lényeges kérdés megvitatását célozza a konferencia másik fő feladata: „Fókuszban a szakember utánpótlás”. Hiszen nyilvánvaló, hogy a fent megfogalmazott és számos további rendkívül komoly kihívásnak a geológia és a geofizika akkor fog tudni az elvárt szinten megfelelni, ha erre a jövő földtudományi szakembereit fel tudjuk készíteni. Egyáltalán, ha lesz megfelelő számú ilyen szakember. A természettudományok drámai helyzete a közoktatásban, az évről évre romló egyetemi beiskolázási adatok, majd a végző földtudományi szakemberek alacsony száma bőven ad indokot az aggodalomra – és a megoldások közös keresésére.

A Vándorgyűlés résztvevőivel mindezeket a rendkívül aktuális kérdéseket tervezzük megvitatni a konferencia három napja során. Aki személyesen nem tud részt venni, azok számára az előadásokat a Magyarhoni Földtani Társulat honlapján online közvetítjük, illetve azok ugyanitt később is visszanezethetők lesznek. Reméljük, így a geológus, geofizikus közösség minél több tagjához el fognak jutni a fluidumrezervoárokkal kapcsolatos legújabb eredmények és az utánpótlás-neveléssel kapcsolatos fontos gondolatok.

Jó szerencsét,

M. TÓTH TIVADAR  
a MFT elnöke

## Előszó

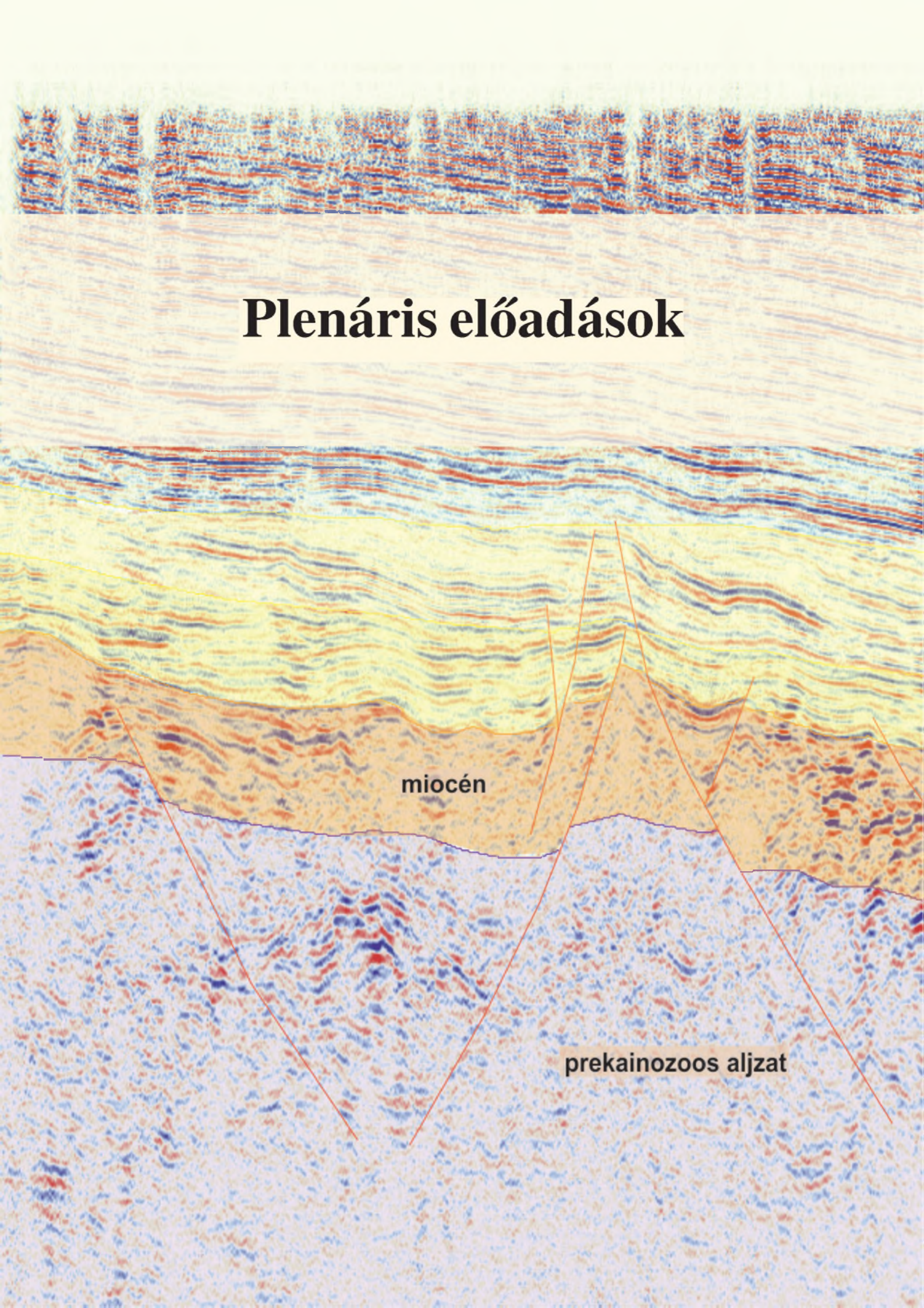
Azokban a hetekben, hónapokban, amikor a 2022 őszi Vándorgyűlés résztvevői tanácskoznak, a minket körülvevő világ eseményei fokozottan irányítják figyelmünket az energiafelhasználás, energiatárolás kérdéseire. Szakterületünk, a geofizika, a geológia, a bányászat szakemberei felé a kihívás elsősorban a geotermikus energiatermelés, a gáztárolási kapacitás és a hazai szénhidrogén-termelés lehetséges fokozása. Vándorgyűlésünkre így e témákban hívtunk felkért előadókat.

Egyesületünkben minden alkalommal, amikor a hosszú távú szakmai célok megfogalmazása a kérdés, valamennyi alkalommal arra a konklúzióra jutunk, hogy nincs jobb befektetése sem a szakmai és szervezési munkának, sem az anyagi javaknak, mint a tudásban, elsősorban a szakmát művelő fiatal és leendő kollégák tudásába fektetni azt. Napjaink ebben a témában is társadalmi viták formájában hívják fel a figyelmet ennek fontosságára. Nagy öröm számunkra, amikor a szakma, sőt szakmák ilyen „csúcshelyén” érdemi számban hallhatunk előadásokat egyetemi és doktori képzésben részt vevő fiatal kutatóktól, ami annak jele, hogy szakmaink jövője jó kezekben és jó fejekben van.

KOVÁCS Attila Csaba  
a MGE elnöke



# Plenáris előadások



The image is a geological cross-section showing various sedimentary layers. At the top, there are thin, alternating layers of blue and red. Below these is a thick, wavy layer of yellow and orange. Underneath that is a layer of brown and orange, labeled 'miocén'. The bottom section is a complex, highly textured area of blue and red, labeled 'prekainozoos aljzat'. Several red lines represent faults or fractures cutting through the layers. A yellow line is also visible near the top of the yellow/orange layer.

miocén

prekainozoos aljzat





# Európa energetikájának aktuális helyzete

HOLODA ATTILA

Aurora Energy Kft. aholoda@auroraenergy.hu

A pandémiás időszakot követően, majd az orosz-ukrán háború erőteljes katalizátor hatásaként komoly válság teszi próbára a világot, s azon belül Európa és Magyarország gazdaságait. Nem csupán egyik, vagy másik energiahordozót, de egyszerre többet is érint a világ jelenlegi válsága, a kőolaj, a földgáz és a villamosenergia ára már az egekben, miközben recesszió és inflációs hatások teszik próbára a gazdaságok túlélőképességét. Miként jutottunk el ide, s törvényszerű volt-e mindez, azaz előre látható lehetett volna mind a gazdasági szereplők, mind a politikusok által a jelenlegi helyzet? Tehetünk volna-e ellene, s ha már bekövetkezett milyen kiutakat lehet találni, merre tovább? Ezekre a kérdésekre keresi a választ úgy Európa, mint azon belül a magyar gazdaság, kérdés, hogy jó-e az irány, s belefér-e, hogy közben nemhogy lazít az orosz ellátási kapcsolatokon a magyar politikai vezetés, de tovább erősíti kitettségünket az orosz energiahordozók irányába. Megoldást jelenthetnek-e a megújulók, az alternatív források és energiahordozók a jelenlegi energiapazarló és közben energiaszegénységgel küzdő államok, mint hazánk esetében. Valóban csak a rezsicsökkentés lehet a megoldás, vagy végre megpróbáljuk az energetikai rendszerek harmóniáját megteremteni?



FÖLDTUDOMÁNYI  
CIVIL SZERVEZETEK  
KÖZÖSSÉGE



Nemzeti Kulturális Alap



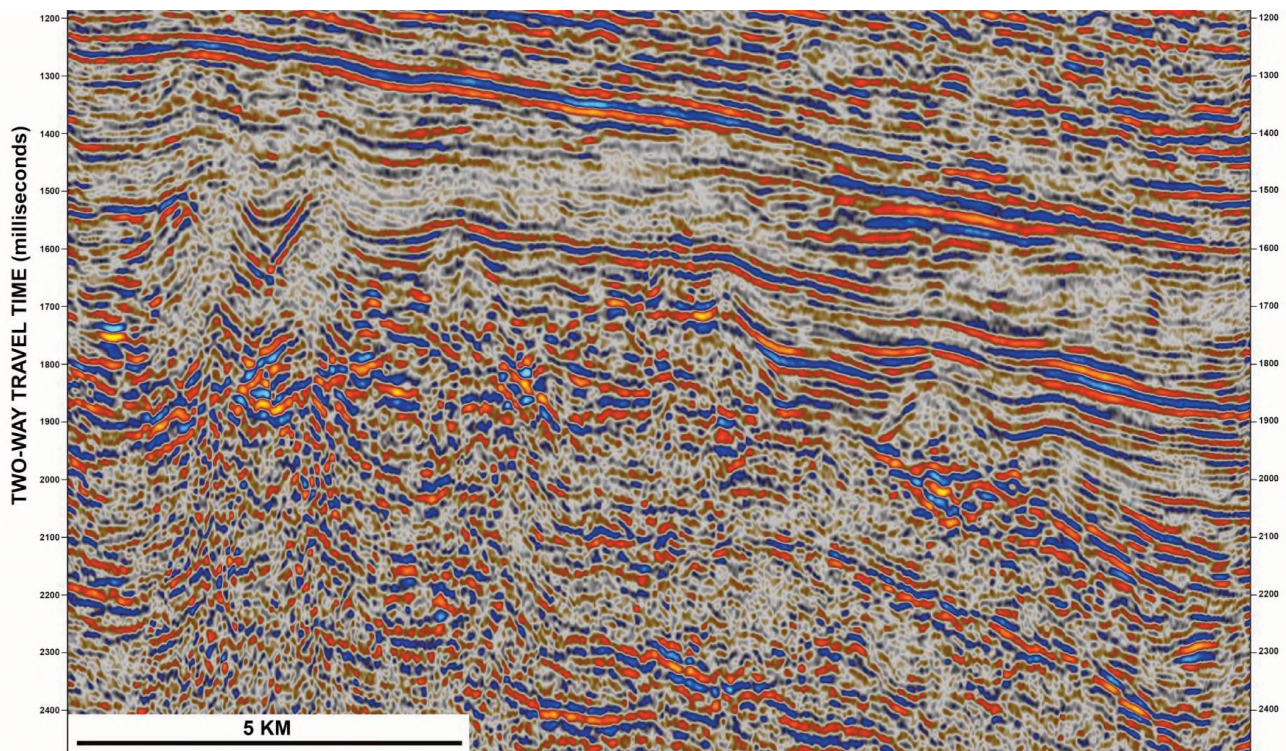
# Vulkanit és vulkanoklasztit rezervoárok: áttekintés globális példákkal

TARI GÁBOR

OMV Upstream, Business Development, Bécs, Ausztria, gabor.tari@omv.com

Az olaj- és gázkutatási projektekből az extruzív/intruzív vulkanitokat és vulkanoklasztikus kőzeteket majdnem mindig kockázati elemnek tekintik. Azonban egyre több, a világ minden tájáról származó esettanulmány mutatja, hogy a vulkanikus és vulkanoklasztikus tározók képesek gazdaságosan termelni nemcsak gázt, de olajat is (pl. ZOU et al. 2013). Ezeknek a szokatlan tározóknak számos kutatási aspektusát a kőolajiparnak még nem sikerült teljes mértékben felismernie és hasznosítani.

A kőolajrendszerrel összefüggésben kulcsfontosságú elemnek számít a potenciális tározó jelenlétének és minőségének fúrás előtti becslése. A vulkanikus kőzetekben a porozitás és a permeabilitás az elsődleges és másodlagos folyamatok sorozatának a végeredménye, amelyek a kitöréstől a lehűlésig, valamint az azt követő diagenetikus folyamatokig és az esetleges utólagos szerkezeti deformációig tartó teljes időszakot fogják át (pl. SRUOGA, RUBINSTEIN 2007). Az elsődleges vulkanikus folyamatok jelentős teljes porozitáshoz és permeabilitáshoz (pl. hólyagok egy ignimbritben), míg a másodlagos folyamatok általában csökkentik az elsődleges porozitást (pl. cementálódás). Azonban a későbbi, má-



**1. ábra.** Szarmata hamukúp (cinder-cone) paleovulkánok a jóval nagyobb pásztori paleovulkán oldalán. Ezek a kisebb vulkáni testek jól értelmezhetők egy az 1980-as évekből származó 2D reflexiós szeizmikus vonalon



sodlagos oldódás és töréses repedések jelentősen növelhetik a teljes porozitást és permeabilitást (pl. TARI et al. 2021). A vulkanikus kőzetekben az effektív elsődleges porozitás túlnyomórészt gázkiszökési struktúrákból áll, amelyek gyakran összekapcsolódnak (pl. COUVES et al. 2016). Másodlagos ásványi alterációs folyamatokra és repedezettségre van általában szükség ahhoz, hogy összefüggő pórusréteg keletkezzen.

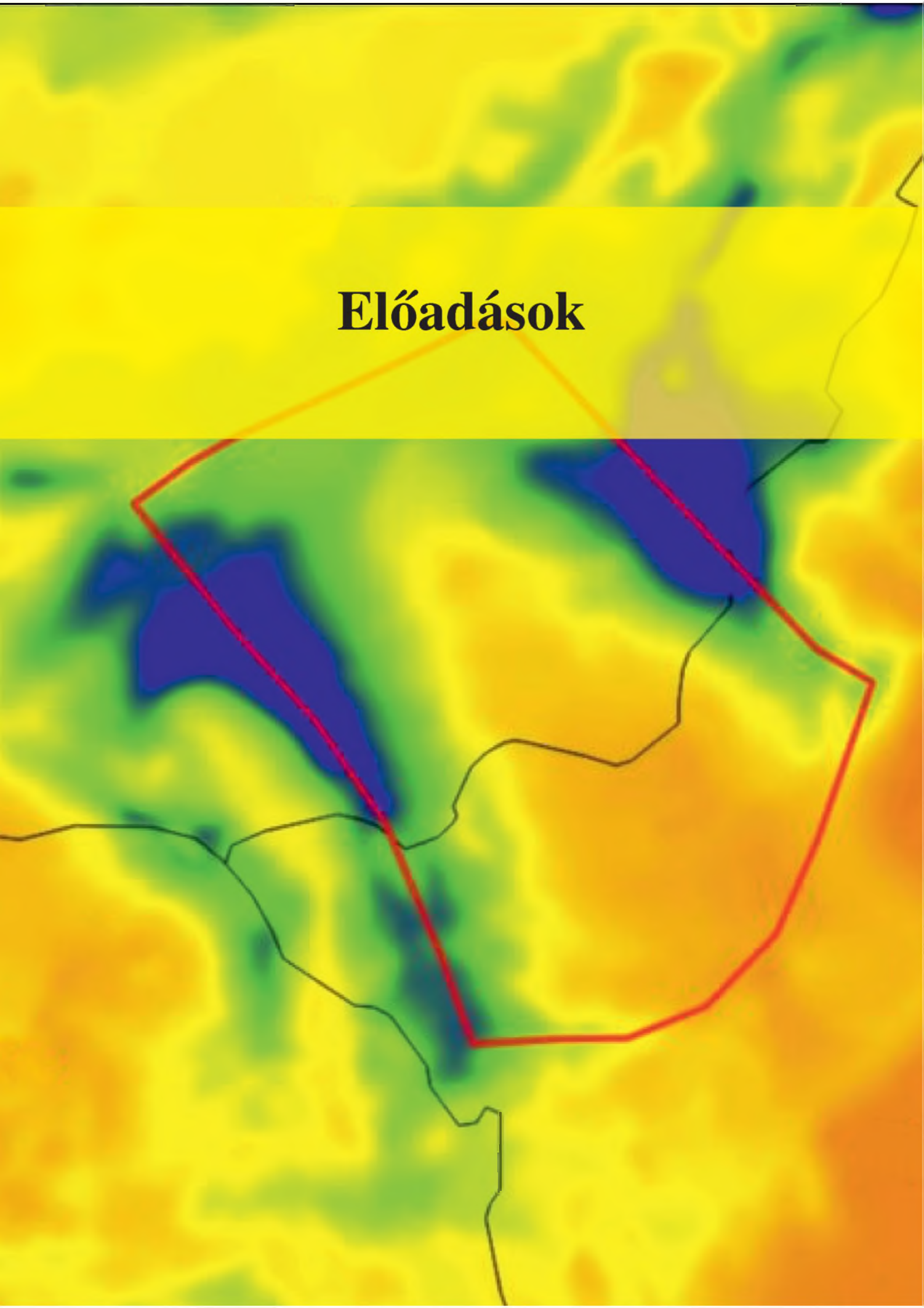
Ezenkívül a maximális betemetődés mélysége is fontos tényező, amely befolyásolja a vulkanikus tározók minőségét. Számos esettanulmány kínai példákat elemez (pl. WANG et al. 2018) olyan kritikus rezervoár mélységtartományokra, amelyeket figyelembe kell venni a kutatás során. Például a Songliao-medencében 2000 m-nél sekélyebb mélységben az üledékes kőzetek (homokkövek és konglomerátumok) a jobb tározó célpontok, nagyobb porozitásuk és áteresztőképességük miatt. Azonban 3000 m alatt – statisztikusan nézve – a lávák és ignimbritok az ígéretesebb tározók, mert jobban megőrzik az eredeti porozitásukat a törmelékes üledékekhez képest (WANG, CHEN 2015).

A vulkanitok és vulkanoklasztikumok modern kutatásához ezen kőzetek geológiájának és geofizikájának alapos ismerete szükséges, különösen a felszín alatti példák esetében (pl. BISCHOFF et al. 2017). Ez különösen igaz a Pannon-medencére, ahol a miocén paleovulkánok többsége a pliocén és kvarter medence alatt van eltemetve (pl. ZELENKA et al. 2004, HARANGI, LUKÁCS 2019) és ezért geofizikai térképezést igényelnek akár szeizmikus reflexiós szelvényekkel (1. ábra) vagy mágneses modellezéssel (pl. KISS et al. 2019, KISS 2021). Ez az előadás a vulkanikus medencék kutatásának geológiai és geofizikai szempontjait kívánja megvilágítani a világ minden tájáról származó példák segítségével. A vulkani(klasztikus) rezervoárok egyre nagyobb jelentőséggel bírnak nemcsak a szénhidrogén-kutatásban, hanem általában a geo-energia, például a geotermika, szén-dioxid- és hidrogéntárolás területén is.

## Irodalom

- BISCHOFF, A. P., NICOL, A. & BEGGS, M. 2017: Stratigraphy of architectural elements in a buried volcanic system and implications for hydrocarbon exploration. – Interpretation 5, SK141–SK159.
- COUVES, C., ROBERTS, S., RACEY, A., TROTH, I. & BEST, A. 2016: Use of X-ray computed tomography to quantify the petrophysical properties of volcanic rocks: a case study from Tenerife, Canary Islands. – Journal of Petroleum Geology 39, 79–94.
- HARANGI SZ. & LUKÁCS R. 2019: A Kárpát–Pannon térség neogén–kvarter vulkanizmusa és geodinamikai kapcsolata. – Földtani Közlemény 149/3, 197–232.
- KISS J. 2021: Eltemetett vulkáni kitérés központ(ok) nyomában ÉK-Magyarországon. – Magyar Geofizika 62/3, 150–169.
- KISS J., VÉRTESY L., ZILÁHI-SEBESS L., TAKÁCS E. & GULYÁS Á. 2019: A Nyírség geofizikai kutatása. – Magyar Geofizika 60/3, 103–130.
- SRUOGA, P. & RUBINSTEIN, N. 2007: Processes controlling porosity and permeability in volcanic reservoirs from the Austral and Neuquén basins, Argentina. – AAPG Bulletin 91, 115–129.
- TARI, G., VRSIC, A., GUMPENBERGER, T., MEKONNEN, E., HUJER, W., FALLAH, M., TEVZADZE, N., JANIASHVILI, A., PACE, P., RICCIATO, A. & ALANIA, V. 2021: Eocene volcanoclastics in the Kartli Basin, Georgia: a fractured reservoir sequence. – Journal of Petroleum Geology 44/3, 413–433.
- WANG, P. & CHEN, S. 2015: Cretaceous volcanic reservoirs and their exploration in the Songliao Basin, northeast China Volcanic Reservoirs and Their Exploration. AAPG Bulletin, 99, 499–523.
- WANG, Y., YANG, R., SONG, M., LENHARDT, N., WANG, X., ZHANG, X., YANG, S., WANG, J. & CAO, H. 2018: Characteristics, controls and geological models of hydrocarbon accumulation in the Carboniferous volcanic reservoirs of the Chunfeng Oilfield, Junggar Basin, northwestern China. – Marine and Petroleum Geology 94, 65–79.
- ZELENKA, T., BALÁZS, E., BALOGH, K., KISS, J., KOZÁK, M., NEMESI, L., PÉCSKAY, Z., PÜSPÖKI, Z., RAVASZ, CS., SZÉKY-FUX, V. & UJFALUSSY, A. 2004: Buried Neogene volcanic structures in Hungary. – Acta Geologica Hungarica 47/2–3, 177–219.
- ZOU, C. N., ZHANG, G. Y., ZHU, R. K., YUAN, X. J., ZHAO, X. HOU, L. H., WEN, B. H. & WU, X. O. 2013: Volcanic Reservoirs in Petroleum Exploration. – Elsevier, Amsterdam, 193 p.

# Előadások



## Gádoros Geothermal Concession: A breakthrough in geothermal energy utilization in Hungary?

BADA, GÁBOR<sup>1</sup>, DOMBRÁDI, ENDRE<sup>1</sup>, PEFFER, MIKE<sup>2</sup>, SAATHOFF, BLAINE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>TDE ITS Kft, Pasaréti út 46, 1026 Budapest, Hungary

<sup>2</sup>Aspect Energy, 1601 Wewatta Street, Suite 600, Denver, CO 80202, USA

Corresponding author's email: gbada@tdeservices.eu

Hungary's outstanding geothermal potential is well established. The country's geological environment, the Pannonian Basin, is considered as one of the hottest lithosphere in continental Europe. To date, the use of geothermal energy in Hungary has been mainly restricted to direct heat supply for district heating, heating cascade systems, and agricultural use. Balneology has historical traditions in Hungary, more than 250 wells yield thermal water for spas and medical purposes. The steady increase of newly drilled wells in the last few years is indicative of a developing geothermal sector.

On the other hand, industry-scale utilization of geothermal energy, particularly electricity generation, has been very limited in Hungary, well below its true potential. Prior to Covid, in Europe there were 130 geothermal electricity plants in operation, 36 projects under development and 124 projects in the planning phase for a total of 3,000 MWe capacity. In sharp contrast, Hungary has only one operational geothermal power plant with ~3 MWe nominal capacity. The discrepancy between potential and actual energy output has been recognized by the Hungarian government and as a result several geothermal blocks has been licensed. The Gádoros block is widely considered as the most prospective geothermal area in Hungary. It offers the chance to develop the Gádoros Geothermal Park for a combined heat and power (CHP) project focusing primarily on electricity generation.

In line with the efforts to decarbonize Hungarian and European energy systems and with the objectives set forth in the European Green Deal, we consider the exploration and production of renewable energy resources as a key strategic priority. Hungary's natural assets are ideally suited for the utilization of geothermal energy, both for heating purposes (residential, communal, industrial, agricultural) and for the production of electrical power. Most importantly, geothermal plants are capable of generating green baseload power in a regulated way, irrespectively of prevailing weather conditions, nearly 365 days a day. Consequently, they are immune to the balancing constraints that present an increasingly serious problem for other renewables, and their construction does not take up large areas of farmland. As further benefits, they have a long useful service life and their worn out components will not contaminate the environment. On the downside, geothermal energy poses a challenge due to the risks involved in drilling and related high initial costs, which calls for subsidies or other forms of support schemes.

The Gádoros Geothermal Concession was awarded to Aspect-TDE Geotherm Ltd. in 2019 covering an area of 398.7 km<sup>2</sup> with a vertical extent from –2,500m to –6,000 m b.s.l. Our goal is to develop the Gádoros Geothermal Park for the full-scale exploitation of geothermal potential. Gádoros offers some of the best prospects for the utilization of geothermal energy in Hungary. The block's potential has been proven by the Triassic fractured reservoir rocks of 180–200 degC temperature reached at depths of 3,500–4,000 m by wells drilled in the vicinity of Fábiánsebestyén and Nagyszénás. This same reservoir was responsible for the memorable steam blowout on the Fábiánsebestyén–4 well in 1985, which confirmed the block's geothermal potential. Our preliminary resource estimates indicate that a single, producer–injector well duplet could be capable of producing 10–20 MW of electric power. A network comprising a number of wells operated with innovative technologies appropriate for the



FÖLDTUDOMÁNYI  
CIVIL SZERVEZETEK  
KÖZÖSSÉGE



Nemzeti Kulturális Alap





massive extent of the geothermal reservoir may reach a total production capacity of 200–400 MW. For comparison, capacity of each reactor block of the Paks nuclear power plant is 500 MW. This can be coupled with utilization for heating purposes, in a similar order of magnitude.

This paper presents an overview on the geology in the Gádoros block with the progress we made and challenges we face in the understanding of this remarkable geothermal asset. Highlights will be on the various potential reservoir types and their characterization, tectonic setup and structural fabric, temperature, and pressure regimes, seasoned with an attempt to estimate the size of the geothermal resource.



## A szegedi távfűtés geotermikus átalakítása

BOZSÓ GÁBOR, KÓBOR BALÁZS, MEDGYES TAMÁS

Szegedi Távfűtő Kft., Szeged

A Szegedi Távfűtő Kft. 27 256 lakást és 433 közintézményt lát el fűtéssel és használati melegvízzel. A SZETÁV, a Geo Hőterm Kft és az NFP Kft. alkotta konzorcium 2018 óta Európa legnagyobb geotermikus távfűtés-felújítását végzi. A projekt eredménye egy 60%-kal kevésbé környezetszennyező, helyi energiaforrásra támaszkodó, gazdaságosabban üzemelő rendszer lesz.

A szegedi távhőrendszer 23 db 1–12 MW-os kazánnal és 204 172 MW beépített teljesítményű fűtési körrel rendelkezik, amelyek 239 hőközponton és 215 km felszín alatti vezetéken keresztül 843 700 GJ/év energiát biztosítanak a felhasználók ingatlanjainak fűtéséhez és használati melegvíz (HMV) ellátásához. Annak ellenére, hogy a város és környéke kivételes hidrogeológiai adottságokkal rendelkezik, és a geotermikus alapú fürdőzésnek és mezőgazdaságnak is nagy hagyományai vannak a régióban, egészen a közelmúltig importált földgáz volt a szegedi rendszer egyetlen energiaforrása.

A Szegedi Tudományegyetemhez, a Magyar Termálenergia Társasághoz és más, helyi kutatóhelyekhez, vállalkozásokhoz kötődő, a geotermikus energia iránt elkötelezett szakemberek a 2000-es évek eleje óta készültek arra, hogy ha a megyeszékhely úgy dönt, hozzáfognak az ország egyik legnagyobb távhőrendszerének geotermikus átalakításához. A város és a szakemberek elképzelései egy évtized alatt csiszolódtak össze: a régió több településén (Makón, Csongrádon, Mórahalmon) sikeres geotermikus beruházásokat tervező és kivitelező mérnökök, hidrogeológusok, energetikusok által készített átfogó program alapján 2015-ben döntés született a megújuló szegedi távhőszolgáltatásba való integrálásáról, a gázüzemű fűtőművek károsanyag-kibocsátásának csökkentéséről, a távfűtő rendszer gazdaságosságának javításáról.

A 70 millió eurós fejlesztés a Környezetvédelmi és Energiahatékonysági Operatív Program (KEHOP) keretében az Európai Regionális Fejlesztési Alap (ERFA) forrásaiból, valamint magánbefektetésből valósul meg. A projekt keretében a Felsővárosban, az Odessza lakótelepen, az Északi városrészben, Tarjánban, a Rókusban és a belvárosban 9 db 1700–2000 m mély termálkút létesül óránként 70 m<sup>3</sup> 90 °C-os termálvíz kitermelésére. A kitermelt víz 30 km hosszú, újonnan lefektetett, előszigetelt csővezetéken jut el 9, a termálenergia fogadására alkalmassá tett fűtőműbe, ahol hőenergiája hőcserélőkön keresztül hasznosul. A fűtőművi energiafelhasználás után a víz 18 visszasajtoló kúton keresztül jut vissza a föld mélyébe.

A projekt egyes elemeinek átadása folyamatos, a teljes rendszer üzembehelyezése a 2023/24-es fűtési szezonban várható. A projekt eredményeként összesen közel 15 millió m<sup>3</sup> földgázt fog évi 600 000 GJ geotermikus energia helyettesíteni, ezzel Szeged üvegházhatású gázterhelése évi 35 000 tonnával csökken, javul a levegő minősége és az ellátás biztonsága. A kútfúrások, fűtőművek szervezett formában látogathatók, a projekt kedvelt témája szakmai gyakorlatoknak, szakdolgozatoknak, PhD munkáknak, egyben remek lehetőség arra, hogy az érdeklődő önkormányzati döntéshozók, szakemberek első kézből szerezzenek tapasztalatokat egy nagyszabású megújuló energia projektről, a felszín alatti vízgazdálkodásról és a környezettudatos, gazdaságilag megalapozott rendszerüzemeltetési protokollokról.



FÖLDTUDOMÁNYI  
CIVIL SZERVEZETEK  
KÖZÖSSÉGE



Nemzeti Kulturális Alap



## A hidrogéntárolás geokémiai vonatkozásai – kísérleti és modellezési tanulmány

GELENCSÉR ORSOLYA<sup>1,2,3,\*</sup>, ÁRVAI CSABA<sup>4</sup>, MIKA LÁSZLÓ TAMÁS<sup>4</sup>, BREITNER DÁNIEL<sup>1</sup>,  
SZABÓ CSABA<sup>2</sup>, FALUS GYÖRGY<sup>2,5</sup>, SZABÓ-KRAUSZ ZSUZSANNA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>O&GD Central Kft.

<sup>2</sup>Litoszféra Fluidum Kutató Laboratórium Eötvös Loránd Tudományegyetem (ELTE)

<sup>3</sup>Környezettudományi Doktori Iskola, ELTE, \*gecco@staff.elte.hu

<sup>4</sup>Kémiai és Környezeti Folyamatmérnöki Tanszék, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

<sup>5</sup>Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága

A globális energiaipar jelentős átalakuláson megy keresztül, amelynek során a megújuló energiaforrások egyre nagyobb teret nyernek az energiagazdaságában, amellyel párhuzamosan az energiátárolás új formái jelennek meg. Az energiátárolás egyik lehetséges eszköze a hidrogén ( $H_2$ ) mint másodlagos energiahordozó. Az országok, nemzetközi szervezetek és energiaipari vállalatok sorra alkotják meg a saját hidrogén-stratégiájukat, ahogyan 2021-ben Magyarország is (Innovációs és Technológiai Minisztérium [2018–2022]).

A megújuló energia biztonságos, nagy mennyiségű, szezonális tárolása  $H_2$  formájában geológiai formációkban kivitelezhető. A tárolásra alkalmasnak tartott földtani képződmények (sókőzetek, nagy porozitású karbonátos és sziliciklasztos üledékes kőzetek) közül a Pannon-medencében a késő miocén homokkövek (Szolnoki Homokkő Formáció) bírnak nagy jelentőséggel. Az ismert földgáztelepek rezervoár-tulajdonságaik alapján akár TWh mértékben is megoldható lehet bennük a  $H_2$  elhelyezése.

A hidrogéntárolás nagyléptékű megvalósítása számos kihívást (jogi, mérnöki, társadalmi) tartogat, amelyek közül jelen kutatás a folyamathoz kapcsolható geokémiai reakciókat vizsgálja. A kőzet–víz–gáz kölcsönhatások eredményeképpen számos nemkívánatos folyamat indulhat meg a besajtoló  $H_2$  hatására, úgy mint: a tárolókőzet ásványainak oldódása és/vagy kiválása, ami a tárolandó  $H_2$  fogyáshoz, szökéséhez, a tárolókapacitás csökkenéséhez (pórusok eltömődése), vagy más gázzal történő keveredéséhez vezethet (HEINEMANN et al. 2021).

A vizsgálat tárgyát az Öcsöd környéki fúrómag- és furadékminták adják, amely terület az előzetes várakozások alapján alkalmas lehet a  $H_2$  tárolására. A mintákat részletes analitikai vizsgálatoknak vetettük alá. A kőzetből és furadékmintákból csiszolatok készültek és elvégeztük azok petrográfiai leírását. Az ásványos összetétel meghatározásához röntgen-pordiffrakciós méréseket végeztünk. Az ásványok kémiai összetételének meghatározásához energiadiszperzív röntgenspektrométerrel felszerelt pásztázó elektronmikroszkópot használtunk. Az így nyert kőzettani és geokémiai ismeretek alapján végezzük el a kísérleteket és ezzel párhuzamosan a geokémiai modellezést, amelyek segítségével felmérjük az egyes ásványok reaktivitását  $H_2$  jelenlétében.

Az áztatásos kísérletek során 100–200  $\mu m$  szemcseméret-frakciójú ásványokat (pl. kalcit), desztillált vizet és  $H_2$  gázt reagáltatunk rezervoárnyomáson és -hőmérsékleten, átlagosan 76 óra időtartamig. Referencia kísérletekhez a  $H_2$ -t inert nitrogénnel helyettesítjük. Minden kísérletben követjük az oldatösszetétel változását szakaszos mintázással. Az oldatminták kémiai összetételét induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrometriával határozzuk meg.

A geokémiai modellezés a PHREEQC-vel (PARKHURST, APPELO 2013) valósul meg. Ez a szoftver batch vagy 1D reaktív transzportmodellek futtatására alkalmas víztelített közegben. Kétféle modellezést végeztünk, egyensúlyi és kinetikus batch modellezést.

Az eddigi eredmények közül kiemelendő a kalcit–víz– $H_2$  kölcsönhatás vizsgálata. A geokémiai modellezést bemutató publikációk kiemelik, hogy a karbonátásványok  $H_2$  hatására beoldódhatnak a



pórusvízbe (BO et al. 2021, ZHENG et al. 2022). Kísérletekkel bizonyítottuk, hogy a kalcit nem reagál a  $H_2$ -vel rezervoár körülmények között.

Másik kérdéses ásvány a kőzetekben akcesszóriaként megjelenő pirit, ami érzékenyen reagál a redoxállapot-változásokra. A modellezés segítségével meghatároztuk, hogy mely hőmérséklet- és nyomástartományban léphet reakcióba a pirit a  $H_2$ -vel.

## Köszönetnyilvánítás

A kutatás az O&GD Central Kft. anyagi és szakmai támogatásával készült, valamint az Innovációs és Technológiai Minisztérium Kooperatív Doktori Program Doktori Hallgatói Ösztöndíj Programjának, továbbá az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-21-3 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

## Irodalom

- BO, Z., ZENG, L., CHEN, Y. & XIE, Q. 2021: Geochemical reactions-induced hydrogen loss during underground hydrogen storage in sandstone reservoirs. – *International Journal of Hydrogen Energy* 46, 19998–20009. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.03.116>.
- HEINEMANN, N., ALCALDE, J., M. MIČIĆ, J., HANGX, S. J. T., KALLMEYER, J., OSTERTAG-HENNING, C., HASSANPOURYOUBAND, A., THAYSEN, E. M., STROBEL, G. J., SCHMIDT-HATTENBERGER, C., EDLMANN, K., WILKINSON, M., BENTHAM, M., STUART HASZELDINE, R., CARBONELL, R. & RUDLOFF, A. 2021: Enabling Large-Scale Hydrogen Storage in Porous Media-the Scientific Challenges. – *Energy and Environmental Science* 14/2, 853–864. <https://doi.org/10.1039/d0ee03536j>.
- PARKHURST, D. L. & APPELO, C. A. J. 2013: Description of Input and Examples for PHREEQC Version 3: A Computer Program for Speciation, Batch-Reaction, One-Dimensional Transport, and Inverse Geochemical Calculations. – *Techniques and Methods*. Reston, VA. <https://doi.org/10.3133/tm6A43>.
- ZENG, L., KESHAVARZ, A., XIE, Q. & IGLAUER, S. 2022: Hydrogen storage in Majiagou carbonate reservoir in China: Geochemical modelling on carbonate dissolution and hydrogen loss. – *International Journal of Hydrogen Energy* 47, 24861–24870. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.05.247>.

Web:

Innovációs és Technológiai Minisztérium 2021: Magyarország Nemzeti Hidrogénstratégiája. <https://kormany.hu/dokumentumtar/magyarorszag-nemzeti-hidrogenstrategiaja>



# Lithology identification and internal structure reconstruction of Mezősas field using well logs and discrimination function analysis

MUHAMMAD LUQMAN HASAN\*, TIVADAR M. TÓTH

Department of Mineralogy, Geochemistry and Petrology, University of Szeged  
\*luqman@geo.u-szeged.hu

## Introduction

Mezősas field has been explored and developed for the past a few decades. It has been proven that there are some significant petroleum resources in this reservoir that is a part of Békés Basin. Understanding the internal structure of this reservoir is quite a challenge since the reservoir is made up of fractured metamorphic rocks that had been undergone many tectonic evolutions. A comprehensive reservoir model should integrate many sources of data such as well logs, cores information and seismic evaluation, if available. In this study, it is aimed to re-evaluate the internal structure of the Mezősas field by integrating all geological information and analysing the data by using multivariate statistical method namely discriminant function analysis to better help understanding the structural evolution.

## Literature Review

In terms of the petrology study, some of the earliest studies were done by BALÁZS (1986) and SZILIGYÉMÁNT (1986). Both studies agreed on the main results of the study area in which the metamorphic basement was made up of migmatites, gneisses, and amphibolites. Recent studies conducted by M. TÓTH, ZACHAR (2006), MOLNÁR et al. (2015), and M. TÓTH, SCHUBERT (2018) proposed a structural model of the Mezősas area with three major structural rock bodies which are: the OG (comprising orthogneiss, xenoliths, and granite), SG (comprising sillimanite–biotite gneiss and garnetiferous amphibolite), and AG (comprising varieties of the amphibole–biotite gneiss).

Unlike the conventional sedimentary rocks, studying the lithology of metamorphic rocks from well logs data can be quite problematic since there are so many types of metamorphic rock and according to PECHNIG et al. (2005), the structural and compositional variations of these rocks contribute to the superposition effects on log responses, making it more difficult to distinguish each crystalline rock from the well logs. Hence, integration of all available data such as well logs, core and seismic together with the use of discriminant function analysis could help in better distinguishing different types of rock and its evolution.

Discriminant function analysis is a method used to discriminate between groups based on prior knowledge about group membership. A discriminant function will be generated after the analysis and the function can be used to apply to other set of data. There are previous studies that utilised this method to group different metamorphic rocks using well logs data such as study by FISER-NAGY et al. (2014) and MOLNÁR et al. (2015). FISER-NAGY et al. (2014) determined lithological boundaries between different metamorphic rocks at Kiskunhalas-NE reservoir in southern Hungary while MOLNÁR et al. (2015) could group different tectonites, fault breccia, cataclasite and fault gouge from the well logs and core samples data.



## Methodology

There are 16 open-hole well logs data used in this study that were supplied by MOL Ltd., Hungary. The analysis started by integrating core samples and well logs information that matches the well and its depth. A quick-look interpretation was done, and different cross-plots were plotted to see the data variations and patterns for each well. The cross plots were M-N cross plot, neutron vs. density plot, neutron vs. sonic plot, sonic vs. density plot, resistivity vs. GR plot, and GR vs. density plot. Once the group of lithology of each well was determined, a best well that shows clearly different types of lithology was chosen to be a main well. This main well was used for discriminating function analysis. Once the results from the discrimination function analysis was considered as acceptable (in terms of separating two groups of lithology), the functions generated were applied to the remaining wells. After all wells were applied with different functions and separating boundaries of each lithology was determined, a geological model was developed.

## Results

Based on the method used above, the lithology for each well could be determined. The discrimination function was able to group different types of lithology. The results were consistent with the previous studies in which orthogneiss rock body was covered by the sillimanite-biotite group and on top of the sillimanite-biotite group is the amphibolite rock body. However, from the analysis, the amphibolite rock body could be further distinguished into two lithologies which are the amphibolite and amphibolite-biotite gneiss. There are 5 wells that have these two groups of amphibolite which, 9 wells that have both orthogneiss and sillimanite-biotite gneiss and 2 wells that penetrated only 1 rock body. The main difference between amphibolite and amphibolite-biotite gneiss is that amphibolite has higher bulk-density values while amphibolite-biotite gneiss has higher gamma ray values.

Based on these results, the one-dimension lithostratigraphic columns of wells could be drawn and correlated spatially. Furthermore, the paleofluid evolution could be explained based on the structural model developed. The correlation between wells shows that two structural features exist which are the normal faults and low-angle thrust faults. The existence of these structures contributes to the storage capacity for hydrocarbons, and the rocks act as excellent migration pathways for the hydrocarbons to move.

## Discussion and Conclusion

From this study, different metamorphic rocks were successfully grouped, especially using complex well logs parameters by applying the discriminant function. All of the four lithologies described earlier exhibits different characteristics in terms of the well logs signals, even the same type of rock exhibits different well logs signals. The discriminant function is deemed a promising approach to tackle this problem. The different functions generated from the discriminant function analysis showed that the main discriminant factor for differentiating the metamorphic lithology types is the bulk density, followed by spectral gamma ray (potassium and uranium content), if the data is available. Otherwise, gamma ray data would be the next choice.

Data integration from the discriminant analysis results, well logs, and core samples was suitable for constructing one-dimensional lithostratigraphic columns and extending the spatial range of the



predicted lithology. The ideal rock column as per the previous research-validated sillimanite-biotite gneiss covered the orthogneiss. Amphibolite and amphibolite-biotite gneiss are the topmost layers of the basement rocks, and they lie over the sillimanite-biotite gneiss. The structural evolution of the area was defined, and low-angle thrust faults were determined. The normal faults were deemed appropriate based on the spatially correlated lithological model. The evolution of the Pannonian Basin as a part of the Cretaceous nappe activity contributed to the structural evolution of the area, including the formation of low-angle faults that are common in the Pannonian Basin.

## References

- BALÁZS, E., CSEREPES-MESZÉNA, B., NUSSZER, A. & SZILI-GYÉMÁNT, P. 1986: An attempt to correlate the metamorphic formations of the Great Hungarian Plain and the Transylvanian Central Mountains (Muntii Apuseni). – *Acta Geologica Hungarica* 29/3–4, 317–320.
- FISER-NAGY, Á., TÓTH, I. & M. TÓTH, T. 2014: Lithology identification using open-hole well-log data in the metamorphic Kiskunhalas-NE hydrocarbon reservoir, South Hungary. – *Acta Geodaetica et Geophysica* 49/1, 57–78.
- M. TÓTH, T. & SCHUBERT, F. 2018: Evolution of the arc-derived orthogneiss recorded in exotic xenoliths of the Koros Complex (Tisza Megaunit, SE Hungary). – *Journal of Geosciences* 63, 21–46.
- M. TÓTH, T. & ZACHAR, J. 2006: Petrology and deformation history of the metamorphic basement in the Mezősas–Furta crystalline high (SE Hungary). – *Acta Geologica Hungarica* 49/2, 165–188.
- MOLNÁR, L., M. TÓTH, T. & SCHUBERT, F. 2015: Structural controls on petroleum migration and entrapment within the faulted basement blocks of Szeghalom Dome (Pannonian Basin, SE Hungary). – *Geologia Croatica* 68/3, 247–259.
- PECHNIG, R., DELIUS, H. & BARTETZKO, A. 2005: Effect of compositional variations on log responses of igneous and metamorphic rocks. II: acid and intermediate rocks. – *Geological Society, London, Special Publications* 240, 279–300.
- SZILI-GYÉMÁNT, P. 1986: Metamorphic formations in Tiszántúl: The Körös–Berettyó and the Álmosd Units. – *Acta Geologica Hungarica* 29/3–4, 305–316.



## Római kori földrengések Pannóniában és Dáciában

KÁZMÉR MIKLÓS<sup>1,\*</sup>, GYŐRI ERZSÉBET<sup>2</sup>, KRZYSZTOF GAIDZIK<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem, Őslénytani Tanszék, Budapest

<sup>2</sup>Mobilis Föld Kutatócsoport, Budapest

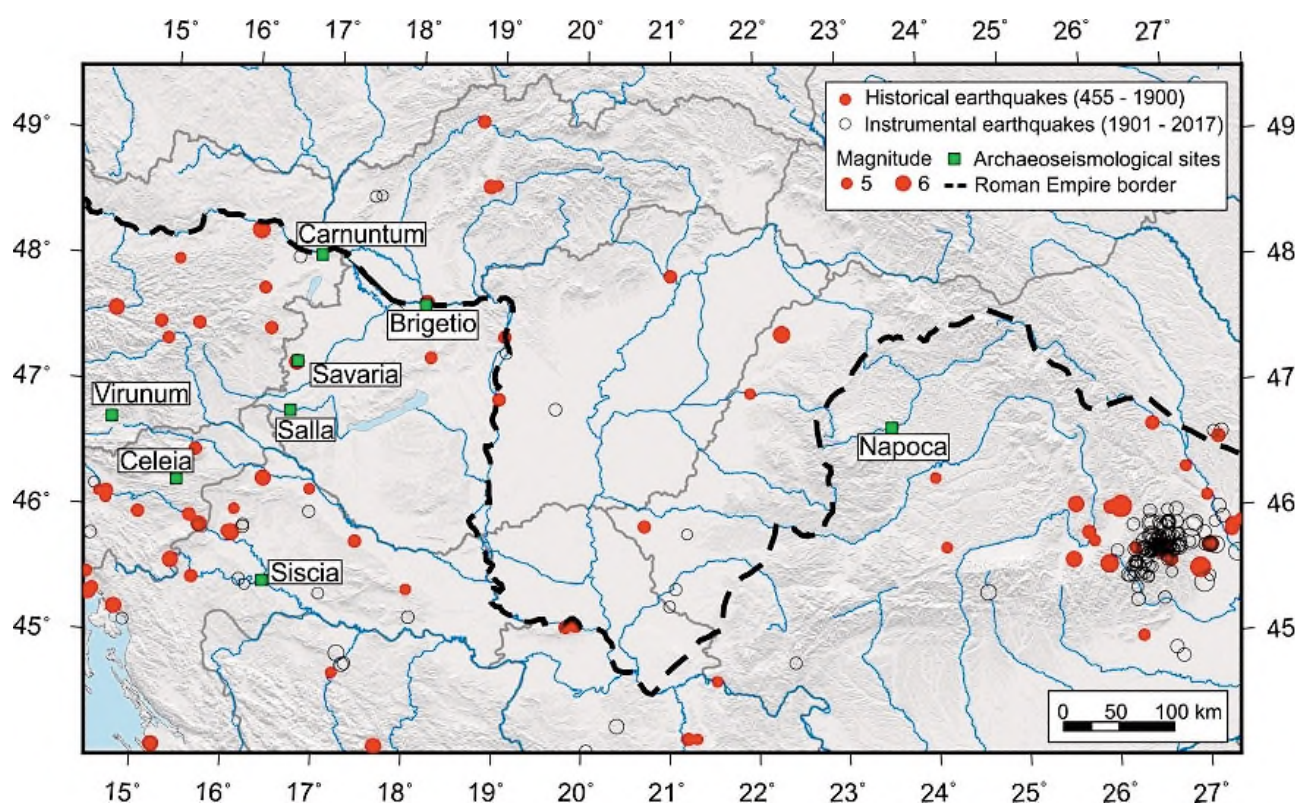
<sup>3</sup>ELKH Kövesligethy Radó Szeizmológiai Observatórium, Budapest

<sup>4</sup>Sziléziai Egyetem, Földtudományi Intézet, Sosnowiec, Lengyelország

\*mkazmer@gmail.com

A Kárpát-Pannon-régió műszeres és történelmi adatokon alapuló földrengési katalógusa teljesnek tekinthető a 20. századra, legalábbis az  $M \geq 5$  eseményeket illetően. A megelőző két évezredből azonban csak a rengéseknek mintegy 5%-át ismerjük, 95%-uk ismeretlen maradt (KÁZMÉR, GYŐRI 2020). Mindössze négy esemény szerepel a katalógusban az első évezredből (ZSÍROS 2000); ezek egyike azonban hamis adat (ALEXANDRE 1991). A maradék hátról egy Savaria (456 AD, VARGA 2019), egy valahol a mai Horvátországban történt (567 AD, HERAK et al. 1996), a 984-es esemény pedig az 1. ábrán bemutatott területen belül bárhol történhetett (RÉTHLY 1952). A hiányok lehető pótlására kívánjuk az archeoszeizmológia módszereit bevezetni (MEGHRAOUI et al. 2021), először is a római korra.

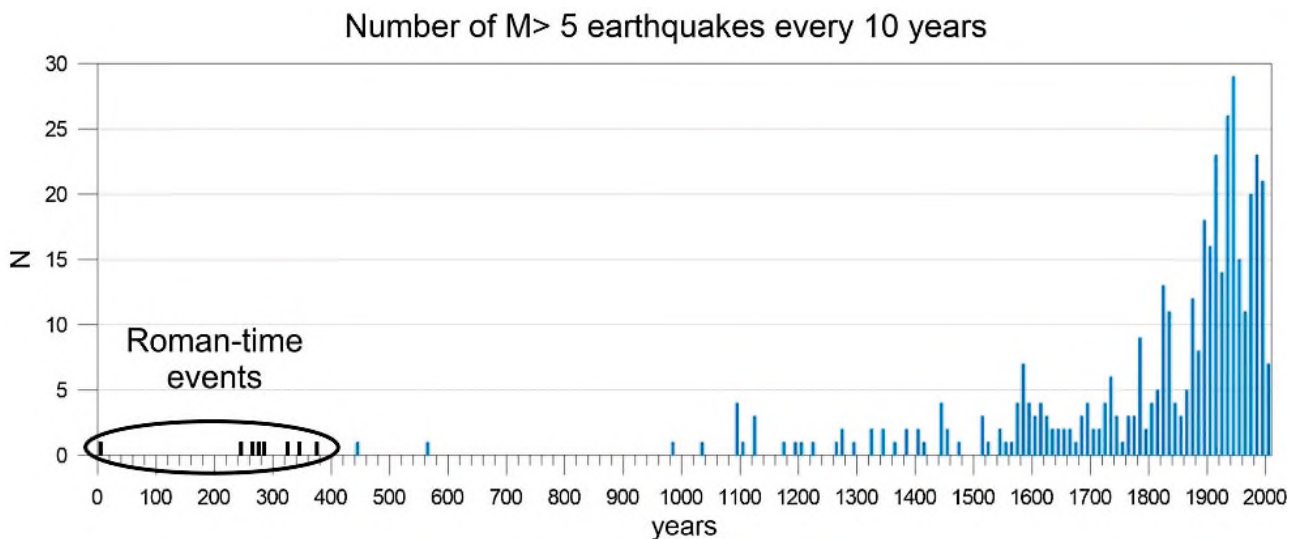
Carnuntum (KONECNY et al. 2019) és Virunum (DOLENZ 2007) potenciálisan rengések okozta pusztulása már régóta feltételezett régészeti adatok alapján. Savariára is vannak történelmi adataink (VARGA



1. ábra. Archeoszeizmológiai bizonyítékok római kori földrengésekre (KÁZMÉR et al. 2022): Brigetio (DOBOSI, KÁZMÉR 2022), Carnuntum (KONECNY et al. 2019), Celeia (KÁZMÉR et al. 2022), Napoca (KÁZMÉR, RUSU 2022), Salla (REDÓ 2002), Savaria (VARGA 2019), Siscia (KÁZMÉR, ŠKRGLJA 2021), Virunum (DOLENZ 2007). Háttérben az  $M \geq 5$  történelmi adatokkal dokumentált földrengések. A szaggatott vonal a Római Birodalom északi határát jelzi az 1-4. században (KÁZMÉR, GYŐRI 2020 után, módosítva)

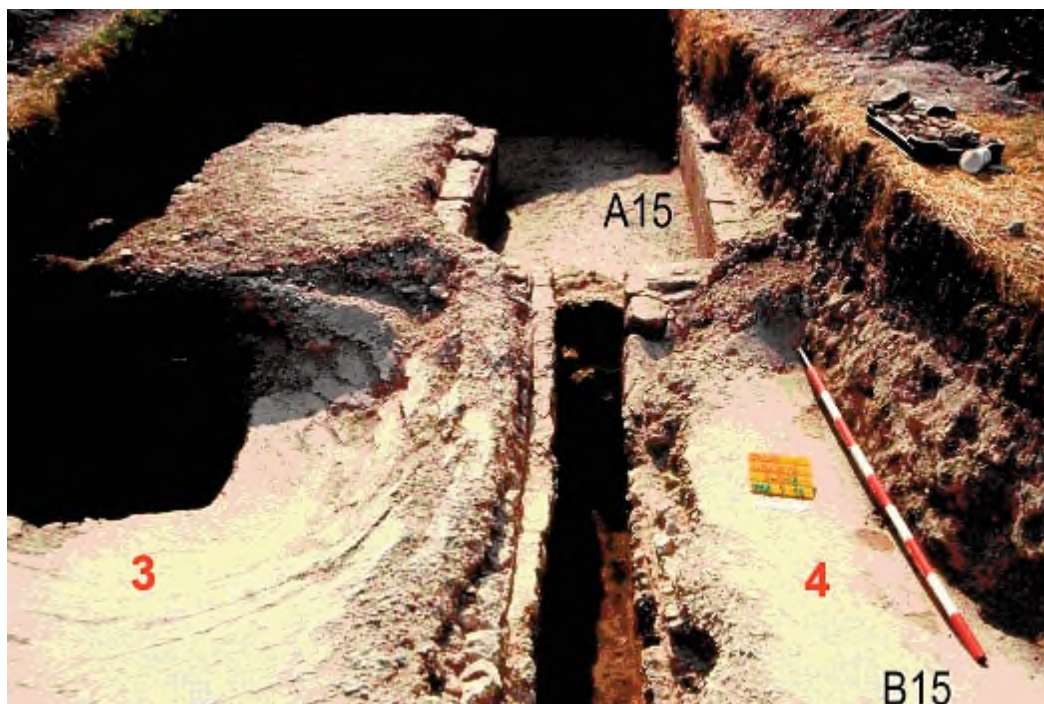


2019). Az előadásban hat további helyszín (Brigetio, Savaria, Salla, Celeia, Siscia, Napoca) archeoszeizmológiai tanulmányozásának eredményeit vázoljuk fel, kitérve jelentőségükre az aktív vetők kezesését illetően.



**2. ábra.** Műszeres és történelmi adatok alapján ismert földrengések a Kárpát-Pannon-régióban és környezetében az utóbbi két évezredben. Az M>=5-ös rengéseket ábrázoltuk évtizedes bontásban (KÁZMÉR, GYÓRI 2020, módosítva). Bekarikázva: archeoszeizmológiai módszerekkel azonosított rengések

A Komárom mellett, a Duna déli partjának folyóteraszán valaha állt Brigetióban, a rengés a 3. század közepe és a 4. század eleje között következett be. Álló falak nem maradtak fent – későbbi korokban a lakosság kibányászta és elhordta a követ és téglát. A padlószint – talajfolyósodás okozta – deformációjára alapozva az ESI-07 környezeti intenzitási skálán IX-es erősségű esemény zajlott (3. ábra). Ez megegyezik az 1763-as komáromi rengés intenzitásával (DOBOSI, KÁZMÉR 2022).



**3. ábra.** Talajfolyósodás okozta deformáció római kori lakóépület terrazzo padlójában. A 3-as számmal jelölt mélyedés átmérője 3 m (DOBOSI, KÁZMÉR 2022)



A karintiai Magdalensberg szálkőzetre épült település volt, vallási és ipari központ a római korban. A 7000 m<sup>2</sup>-en feltárt város kétharmada elpusztult. Sérült épületek (fürdő, lakóházak, műhelyek) mellett a feltehetően Jupiter Dolichenus istennek állított központi szentély épülete is károsodást szenvedett. A fennmaradt alapfalak alapján az épületet hevenyészett támpillérek sokaságával erősítették meg (4. ábra). Esetleg az Alpokból ismert Kr.u. 9-ben bekövetkezett földrengés okozhatta a pusztulást (DOLENZ 2007).



4. ábra. A Virunum melletti Magdalensberg (Karintia) római kori szentélyének alapfalai. A szabálytalanul elhelyezett, eltérő méretű támpillérek arra utalnak, hogy a szentély falai szerkezeti károsodást szenvedtek (KÁZMÉR et al. 2022)

Archeoszeizmológiai módszerrel a történeti adatokból ismert egyetlen római kori földrengés mellett még hetet, köztük öt eddig ismeretlen földrengési eseményt dokumentáltunk a Kárpát–Pannon-régióban. Az egyes rengésekért felelős törésvonalak részben ismertek (Carnuntum, Celeia, Siscia), többnyire azonban még célzott keresés szükséges azonosításukhoz (Virunum, Brigetio, Savaria, Salla, Napoca).

## Irodalom

- ALEXANDRE, P. 1990: Les séismes en Europe occidentale de 394 a 1259. Nouveau catalogue critique. – Observatoire Royale de Belgique, Bruxelles, 267 p.
- DOBOSI, L. & KÁZMÉR, M. 2022: Late Roman earthquake in Brigetio? In: Biró, Sz. (ed.): Pannonia Underground. –*Proceedings of the international conference held at Szombathely, 25-26 November 2021. Savaria Museum, Szombathely*, 179–207.
- Dolenz, H. 2007: Ein Erdbeben in der Stadt Alt-Virunum auf dem Magdalensberg? In: Waldherr, G. H., Smolka A. (Hrsg.): Antike Erdbeben im alpinen und zirkumalpinen Raum. Befunde und Probleme in archäologischer, historischer und seismologischer Sicht. – *Geographica Historica* 24 (Stuttgart), 99–115.

- HERAK, M., HERAK, D. & MARKUSIC, S. 1996: Revision of the earthquake catalogue and seismicity of Croatia, 1908–1992. – *Terra Nova* 8, 86–94.
- KÁZMÉR, M. & GYÓRI, E. 2020: Millennial record of earthquakes in the Carpathian-Pannonian region – historical and archaeoseismology. – *Hungarian Historical Review* 9/2, 284–301.
- KÁZMÉR, M. & RUSU, V. 2022: The oldest evidence for a destructive earthquake in the Carpathian–Pannonian region. – *Archaeoseismology in antiquity of Cluj-Napoca, Romania* (in prep.)
- KÁZMÉR, M. & ŠKRGLJIA, R. 2021: The 4<sup>th</sup> century Siscia (Croatia) earthquake – archaeoseismological evidence. In: Lakušić, J., Atalić, J. (eds): *Proceedings of the 1<sup>st</sup> Croatian Conference on Earthquake Engineering, 1CroCEE, Zagreb, Croatia, March 22-24, 2021*, 311–313. <https://doi.org/10.5592/CO/1CroCEE.2021.96>
- KÁZMÉR, M., ŠKRGLJIA, R., KRAJŠEK, J., BAUSOVAC, M. & GAIDZIK, K. 2021: Seismicity of active faults tracked by archaeoseismology in two Roman towns: Siscia (Croatia) and Celeia (Slovenia). – *6<sup>th</sup> Regional Scientific Meeting on Quaternary Geology: Seas, Lakes and Rivers, 27-29 September 2021, Ljubljana, Book of Abstracts*, 50–51.
- KÁZMÉR, M., GYÓRI, E. & GAIDZIK, K. 2022: Was Antiquity seismically more active than the Middle Ages? – Roman earthquakes in Pannonia and Dacia. – *3<sup>rd</sup> European Conference on Earthquake Engineering & Seismology, Bucharest, Romania, 4–9 September 2022*.
- KÁZMÉR, M., JAMŠEK RUPNIK, P. & GAIDZIK, K. 2022: Seismic activity in the Celje Basin (Slovenia) in Roman times – archaeoseismological evidence from Celeia. – *Quaternary* (in review)
- KONECNY, A., HUMER, F. & DECKER, K. (eds) 2019: Das Carnuntiner Erdbeben im Kontext. Akten der III. –*Internationalen Kolloquiums, 17–18 Oktober 2013. Archäologischer Park Carnuntum, Neue Forschungen* 14, 159 p.
- MEGHRAOUI, M. A., HINZEN, K-G. & MALIK, J. N. 2021: Paleoseismology, Archeoseismology and Paleotsunami Studies. In: ALDERTON, D. & ELIAS, S. A. (eds): *Encyclopedia of Geology, 2<sup>nd</sup> edition. Vol. 1*. 636–655. United Kingdom: Academic Press.
- REDŐ, F. 2002: Salla, a római kori központ. In: BÉRES K., KOSTYÁL L. & KVASSAY J. (szerk.): *Központok Zala megyében. A Gölcseji Múzeum állandó kiállítása. Katalógus*. Zala megyei Múzeumok Igazgatósága, Zalaegerszeg, 25–63.
- RÉTHLY, A. 1952: A Kárpátmedencék földrengései (455–1918). – Akadémiai Kiadó, Budapest, 510 p.
- VARGA, P. 2019: On the magnitude and possible return period of the historical earthquake in ancient Savaria, 455 AD (Szombathely, West Hungary). – *Austrian Journal of Earth Sciences* 112, 207–220.
- ZSÍROS, T. 2000: *A Kárpát-medence szeizmicitása és földrengés veszélyessége: Magyar földrengés katalógus (456–1995)*. – Budapest: MTA Földtudományi Kutatóközpont Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet Szeizmológiai Observatórium.





# Relatív térbeli fizikai paraméter-eloszlások a Tokaji-hegységben és a Nyírségben (Eltemetett vulkánmorfológiai elemek kimutatása gravitációs és mágneses mérési adatok alapján)

KISS JÁNOS

SZTFH, Földtani Igazgatóság, janos.kiss@sztfh.hu

A Nyírség és a Tokaji-hegység területén rengeteg geofizikai mérés történt a földtani felépítés megismerése és kutató fúrások telepítése céljából. Ennek ellenére földtani ismereteink tulajdonképpen csak a miocén összletéig, a miocén vulkanitok szintjéig terjednek. A vulkáni összletek elérése a fúrás során, annak leállítását eredményezte, a geofizikai (elsősorban, szeizmikus és elektromágneses) adatok értelmezésekor pedig egyfajta határt szabtak.

A mélyföldtani kutatások keretében a szeizmikus és magnetotellurikus szelvények értelmezéséhez, a gravitációs és mágneses adatokat is bevontuk. A potenciáltér-elméletből kiindulva és módszertani vizsgálatokkal (KISS, VÉRTESY 2020) megtámogatva úgy tűnt, hogy van még továbblépési lehetőség ezeknek a legegyszerűbb és legrégebb óta használt geofizikai módszereknek az alkalmazásával.

A gravitációs Bouguer-anomália térkép, a földi mágneses anomália térkép és a légi mágneses anomália térkép spektrálanalízisével, a térfrekvencia alapján, az eltérő mélységű hatásokat szétválasztottuk (Kiss et al. 2019). A frekvenciaszűrt térképeken megjelenő változások legvalószínűbb mélységét meg lehet határozni.

A spektrálisan szűrt erőter-geofizikai anomália térképek dimenziójukban nem összevethetők egymással, mivel rendkívül nagy az eltérés az értéktartományokban, azaz a minimum–maximum értékekben. Vizsgálataink szerint ez a gravitáció esetében leginkább az eltérő tömegnek, míg a mágnesség esetében az eltérő mágneses momentumnak köszönhető.

A tömegben és a mágneses momentumban is ott van a kőzettérfogat hatása. Az alaptérképek esetében a tömeg hatása mindenhol ugyanaz. Az eltérő spektrális mélységű térképek esetén az eltérő mélységtartományok miatt a térfogatok is eltérőek lesznek, noha egy adott spektrális mélység térképén a térfogat mindenhol állandónak tekinthető.

0–1 érték közé normálva a spektrálisan szűrt térképeket, tulajdonképpen az eltérő térfogatok hatását ejtjük ki és a fizikai paraméterek változását erősítjük fel. Azaz mélységről mélységre ráfókuszálunk a fizikai paraméterek megváltozásából származó hatásokra és az erőter-geofizikai anomália térképből relatív paramétertérképeket készítünk.

A spektrálisan szűrt térképek esetében meghatározott mélységek miatt a származtatott adatok három dimenzióban (x, y, z + paraméter) is rendelkezésre állnak, így elkészíthetővé váltak kétdimenziós relatív sűrűségi és mágnessetzeti mélységmetszetek (KISS 2021A) és a háromdimenziós relatív térmodell is (KISS 2021b, 2022). Azért relatív, mert nem a valós kőzetfizikai paramétereket kaptuk meg, hanem csak az azonos szintben lévő összletek egymáshoz viszonyított relatív eltérését.

Ezzel egyfajta nagyítóként a legkisebb eltéréseket is felerősítettük, kizárva a szűrt térképek eltérő térfogatából (eltérő mélységtartományok miatt) származó amplitúdóbeli eltéréseket és kiemelve az azonos szinteken bekövetkező paraméterbeli változások hatását.

Romboló vulkáni tevékenység hatására kialakuló kürtő- és kalderaformák (sűrűség-minimumok) a kristályos medencealjzatban és építő jellegű morfológiai elemek, bázisos vagy intermedier intrúziók,



szubvulkáni testek, sztratovulkáni összletek (mágnesezettség-maximumok) a felső 1–2 km-ben, azaz a fedőösszletekben

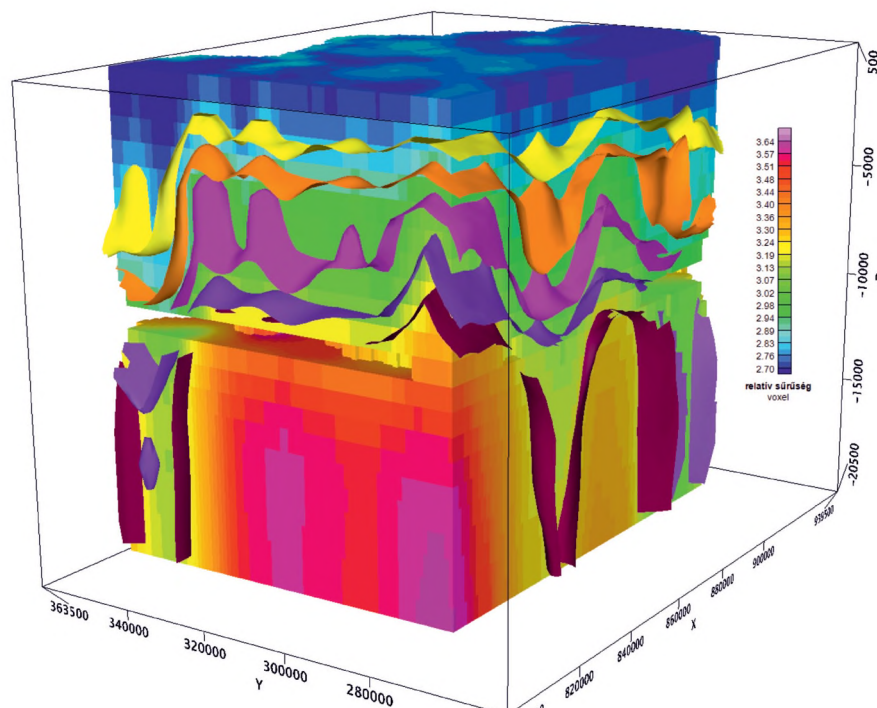
## Eredmények

Minden szűrt térképet normálva maximális fizikai paraméter-érzékenységet kaptunk az adott spektrális mélységekben. A különböző mélységszinteknek a relatív paraméterei segítségével mélységmetseteket (Kiss 2021A), háromdimenziós térbeli eloszlásokat (Kiss 2022) készítettünk, amelyek megjelenítése nagymértékben segítheti az eltemetett szerkezetek kimutatását. A kapott izofelületek olyan morfológiát rajzoltak ki, ami a Nyírség és a Tokaji-hegység területére jellemző építő (konstruktív) és romboló (destruktív) vulkáni tevékenységgel értelmezhető.

Az adatok háromdimenziós kezelését és megjelenítését a Geosoft (Oasis Montaj) programrendszerrel készítettük el. Az 1. ábra egy tömbben mutatja a relatív sűrűség térbeli eloszlását, amire feltettük a különböző értékű szintek izofelületét. Látszik, hogy a belső szerkezetek kimutatása szempontjából a különböző vízszintes vagy függőleges metszetek mellett a legérdekesebb, a paraméterek – relatív sűrűség ( $\sigma_r$  [kg/m<sup>3</sup>]) vagy relatív mágnesezettség ( $\epsilon_r$  [nT/km<sup>2</sup>]) – szerint végzett leválogatás, azaz az azonos értékű felületek, háromdimenziós megjelenítése.

A destruktív vulkánmorfológiai elemeket (kürtöket és kalderákat) a kristályos környezetben sikerült legjobban azonosítani csökkent sűrűségük alapján, viszonylag nagy, ~10 km körüli mélységben, ilyenek a Telkibánya–Gönc, a Szerencs, a Nyíregyháza–D és a Nagyecsed környéki kürtők, kalderák. Kisebb mélységekben már csak a nagyobb ovális vagy izometrikus minimumzónák látszanának, amit a fedőösszletek miatt elsőre nem feltétlenül kapcsolnánk magmás (vulkáni) tevékenységhez.

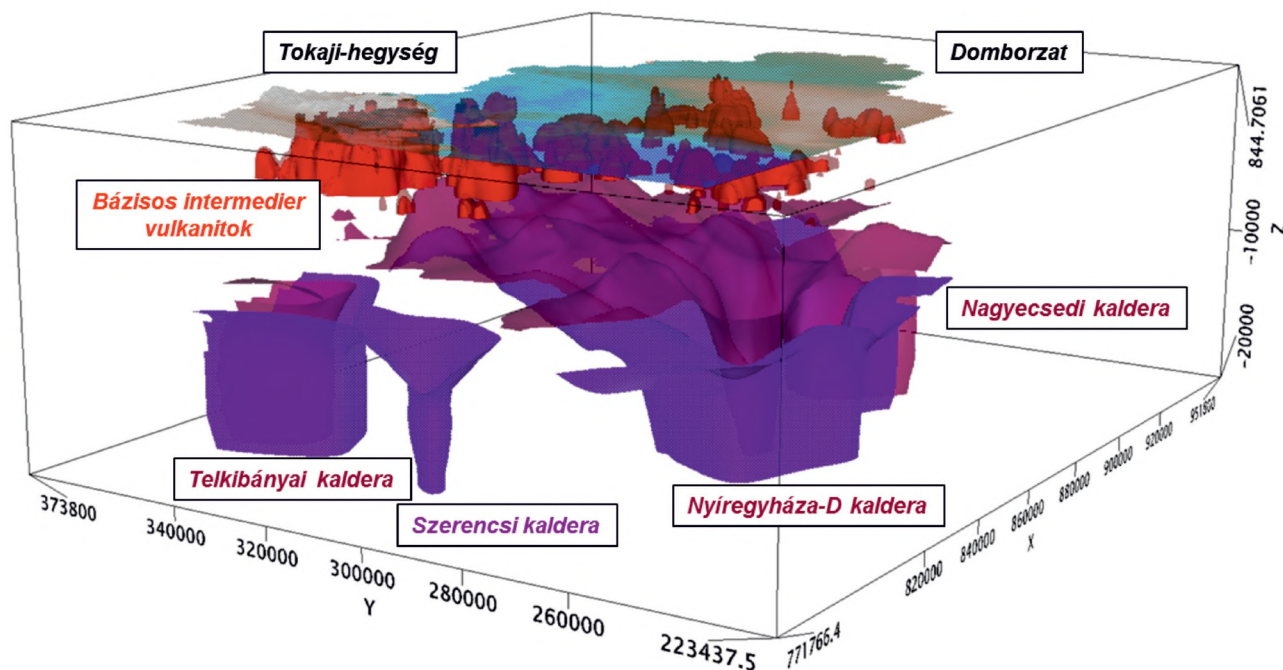
A konstruktív mélybeli morfológiai elemeket (vulkáni kúpok, szubvulkánokat, feltételezett magmacsatornákat) a mágneses maximumok alapján tudtuk azonosítani már a felszíntől a Tokaji-hegy-



1. ábra. Térbeli relatív sűrűségrács, izofelületekkel, amelyek alapján a földtani, vulkánmorfológiai értelmezés készült

ségben, vagy felszínközeli a Bodrogtóban. A Nyírségben a nagy, tömsős megjelenés kb. 4000–5000 m-es mélységtől, kisebb méretű lokális megjelenés 2000–2500 m-től várható.

Az 1500–2500 m mélységben, a kainozoos fedőben megjelenő vulkanitok valaha felszínre ömlött lávaképződmények lehettek (2. ábra). Ez azt jelenti, hogy a Tokaji-hegység és a Nyírség paleofelszíné között mára már 2000–2500 m szintkülönbség van.



2. ábra. Leválogatott relatív sűrűségi (lila–bordó színek) és mágnesezettségi (piros szín) határfelületek

A kisebb, lokális savanyú intruzív és effuzív összleteket sajnos a kőzetfizikai paraméterek átfedése és a kis térfogat miatt nem lehet egyértelműen elkülöníteni.

## Irodalom

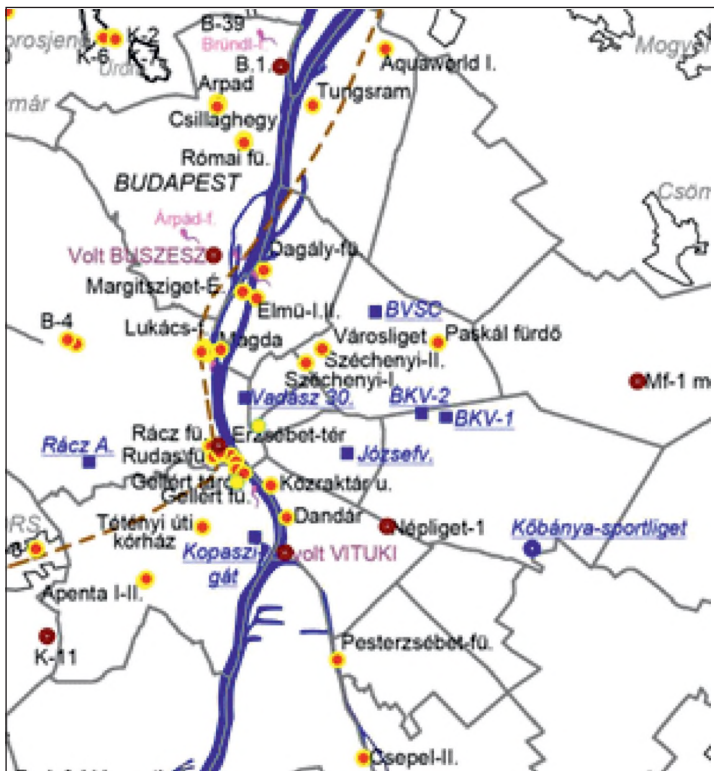
- KISS J., VÉRTESY L., ZILÁHI-SEBESS L., TAKÁCS E. & GULYÁS Á. 2019: A Nyírség geofizikai kutatása. – *Magyar Geofizika* 60/3, 103–130.
- KISS J. & VÉRTESY L. 2020: A potenciáltér-anomáliák paraméterfüggősége és spektrális mélységmetszetek. – *Magyar Geofizika* 61/1, 8–18.
- KISS J. 2021a: A szeizmikus litoszférakutató szelvények felhasználása a nyírségi kutatásokban. – *Magyar Geofizika* 62/2, 105–123.
- KISS J. 2021b: Eltemetett vulkáni kitörési központ(ok) nyomában ÉK-Magyarországon. – *Magyar Geofizika* 62/3, 150–169.
- KISS J. 2022: Relatív térbeli fizikai paraméter-eloszlások a Nyírség és a Tokaji-hegység területén, Eltemetett vulkánmorfológiai elemek kimutatása gravitációs és mágneses mérési adatok alapján. – *Magyar Geofizika* 63/1, 1–17.



# Új fővárosi hévízkutató fúrások eredményeinek bemutatása

LORBERER ÁRPÁD FERENC

Földtudományi Tervező és Fejlesztő Kft., loare@freemail.hu



1. ábra. A fővárosi új fúrások, a meglévő karsztkutak, és a nemrégiben eltömedékelt kutak elhelyezkedése

Hazánk egyes számú felszín alatti víz-teste a Budapesti termálkarszt elnevezésű egység. A főváros földtani értékeinek kiemelt voltáról, forrásainak és kútjainak tudományos és gazdasági jelentőségéről igen sok publikáció született 1857 óta. A terület azonban ma is tud, – illetve tudna – meglepetéseket okozni. Előadásunkban ezt kívánjuk bemutatni, sorra véve a XXI. században eddig megvalósult budapesti karsztvíz- és hévízfeltárásokat.

Nyolc új hévízkutató fúrás előzetes eredményeit mutatjuk be az alábbi prioritási sorrendben:

1. A fúrásokat elsősorban földtani adatgyűjtési szempontból értékeltük. Ennek a fontosságát kihangsúlyozandó, a táblázatos összegzéshez hozzáadtunk egy szubjektív 1–5-ig terjedő osztályzatot a földtani, geotermikus és hidrogeológiai adatok minőségéről.

2. A fúrások többségénél született új földtani és/vagy hidrogeológiai eredmény, amiket röviden ismertetünk.

3. Új hévíz-hasznosítási lehetőségekre derült fény, és az is mindenképp hasznos, hogy a karsztos alaphegység szintjét is több ponton ismerjük. Az új hévízkutató fúrások és sekélyebb geotermikus szondafúrások eredményei alapján azonban a fővárosi hévíztárolónál a földtani bizonytalanság (inhomogenitás) az eddig feltételezettnél jóval nagyobb! A földtani értékelés nem elhanyagolható.

4. Bemutatjuk az új kutak mai és lehetséges további hasznosítását, felvillantva pár hévízhasznosítás szempontjából kiemelten perspektivikus területet is.

## Adatgyűjtés

A nyolcból két helyen történt magmintavétel. Két esetben erre műszaki ok miatt nem volt mód, négy esetben magminta nem is volt tervbe véve. A BVSC hévízkútjánál a kiválasztott kivitelezési technológia sem tett lehetővé furadékminta-vételt se. Tudomásunk szerint csak a legsekélyebb lágymányosi



kútfúrásnál volt előre megszervezve helyszíni geológiai felügyelet és értékelés. Négy további kútnál saját kezdeményezésre önkéntes alapon végeztük a rétegsor helyszíni értékelését, illetve mintázását. A magmintával is igazolt karsztos vízáradó fúrásainál a rétegsor leírása is pontosabb volt, egyértelműen ezekből született a legtöbb új geológiai eredmény. A jelenlegi önkéntes alapú mintavétel helyett ezért a termálvíztest teljes területén indokoltnak érezzük az új hévízkutaknál minimum egy talpi magminta-vétel betervezését, illetve hatósági előírását (lehetőleg a főbb fedőrétegekre vonatkozó mikropaleontológiai elemzéssel is kiegészítve).

Földtani adatértékelési szempontból pozitív tendencia láthatólag nincs. Az adatgyűjtés minősége a XX. századi eredményekhez képest nem javult, a XXI. századon belül eddig inkább romló tendencia észlelhető. A rétegsorok leírásával és a vízföldtani adatgyűjtéssel kapcsolatos attitűdöt érzésünk szerint leginkább a *közöny* szó jellemzi.

### A legfontosabb új földtudományi eredmények

A Kopaszi-gátnál 2008-ban elkészült az ország egyik legsekélyebb hévízkútja (1. táblázat), ez esetben az előzetes tervek és a megvalósult eredmény összevetésére is sor került már 2011-ben. A fúrás igazolta a területen levő horst-szerkezet létét. A fedőrétegek mikropaleontológiai eredményei a budai neogén részmedencék többfázisú tektonikájára utalnak. A Gellért-hegy eltemetett déli párjának tekinthető tektonikus szerkezet jobb megismerésére is lett volna mód a MOL-toronyháznál 2020-ban létesült geotermikus és mélyalapozási fúrások értékelésével. A felszín közelébe felnyúló horst-szerkezet hőtartalmának hasznosítása egyelőre csak a Budapark fejlesztési terület kis részén kezdődik meg szondafúrások révén, kérdéses hatékonysággal.

A Farkasréti temető felett és Kőbánya déli részén készült kutatófúrásokról kevés adat áll rendelkezésre. Hasznos tudni róluk, mélyfúrásokkal kevésbé feltárt helyeken létesültek. A Budai-hegység oldalában lefúrt 1500 méteres kútban kimért átáramlás és a mélységi hőmérsékletek karszthidrológiai szempontból érdeklődésre méltó lehet.

A fővárosi földtani és fúrastechnológiai műszaki kockázat mértékét az elrongálódott kőbányai fúrás mellett a belvárosi Vadász 33 nevű sportcentrumot ellátó új hévízkút eredménye növelte meg. A belvárosi kúttal feltárt oligocén és eocén rétegek változatossága, és a XIII. kerület környékén geotermikus szondafúrások hőfokmérési eredményei a pesti oldal összetett földtani felépítését jelzi.

A volt józsefvárosi pályaudvar helyére tervezett fürdő kútjánál, és a pesti BKV-kútpárnánál készült sikeres, nagy vízhozamú hévízkutak eredményei alapján a kockázatok ellenére is reális a jelenleginél jóval több új termálvizes fűtési rendszer létesítése a fővárosban.

Az Őrs vezér tér, ill. Pillangó utca nevű M2 metró megálló közelében létesült termálkutak rétegsorleírása és az oligocén homokrétegekből vett minták vizsgálata alapján a pesti oldalon egy új porózus mélységi termálvíz tárolót is kimutattunk. Erről és a helyi magminta részletes fáciesértékeléséről is külön publikáció várható a közeljövőben.

A fenti egy-egy bekezdésből látható, hogy nemcsak tudományos adatgyűjtésre volt (és lenne) mód bőven a fővárosban, de a tudományos értékelésekből a helyi adottságokat kihasználó megújulóenergia-hasznosítást, városfejlesztést segítő eredmények is adódnak.

1. táblázat. Az elmúlt években mélyült hévízkutak adatai

| Fúrás éve       | Helyszín és név                           | Beruházási cél                      | Fúrési célkitűzés  | Használat                                      | Mélység Tervezett | Mélység végleges | Kütralp  | Karotázs            | Rétegsor   | Magma | Öslényt. | Új geológiai eredmény         | Földtudományi osztályzat |
|-----------------|---|-------------------------------------|--|--|-------------------|------------------|----------|---------------------|------------|-------|----------|-------------------------------|--------------------------|
| 2007<br>2020-21 | Lágymányos,<br>Kopaszti-gát<br>MOL-torony | Ingatlan-<br>fejlesztés<br>irodaház | fürdési célú<br>hévízkút<br>geot.<br>szondák<br>mélyalapozás | Nincs<br><br>indítható                         | 220 m.            | 200 m.           | 198 m.   | √                   | részleges  | √     | 2√       | Alap-<br>hegységi<br>HORST    | 5                        |
|                 |   |                                     |  |  | ?                 | 1501 m.          | 1501 m.  | 1501 m.             | 1485 m.-ig | -     | ?        | ???                           | többszintes<br>karszt?   |
| 2009            | Farkasrét,<br>Rác A u.<br>97.             | Turizmus<br>(hotel)                 | kutatófúrás,<br>csővezve                                     | Nincs,<br>lehet,<br>hogy<br>lezárasra<br>kerül | ~ 100 m.          | 1753 m.          | ? 400 m. | 405 v. 623<br>m.-ig | váltakos   |       | ?        | vető                          | 2                        |
| 2012            | Kőbánya,<br>Sportliget                    | Sporttelep<br>geotermia (?)         | kutatófúrás  | Beomlott,<br>sikertelen                        | ~ 500 m.          | 800,3 m.         | 800,3 m. | √                   | megt.      |       |          | GRABEN<br>+ eocén<br>fáciesek | 4                        |
| 2018            | Belváros<br>Vadász u<br>33.               | Sportfejlesztés<br>+ hotel          | hévízkút   | Működő<br>V30<br>sportc.                       |                   |                  |          |                     |            |       |          |                               |                          |

1. táblázat. folytatás

| Fúrás éve | Helyszín és név         | Beruházás cél            | Fúrás cél                    | Megvalósult használat           | Mélység  | Tervezett végleges | Kútálp | Karotázs | Rétegsor | Magminta | Öslelyt.                   | Új geológiai eredmény       | Földtud. osztályzat |
|-----------|-------------------------|--------------------------|------------------------------|---------------------------------|----------|--------------------|--------|----------|----------|----------|----------------------------|-----------------------------|---------------------|
| 2018      | M2 Órs vezér tere BKV-1 | Helyi geotermikus fűtőmű | Kút-pár termelő kút          | Működő fűtő-rendszer            | 1600 m   | 1304 m             | 1300 m | ✓        | Rézl.    | ✓        | ✓                          | Új hévízadó Tektonika       | 5                   |
|           |                         |                          |                              |                                 | 1300 m   | 1270 m             | 1270 m | ✓        | Rézl.    | x        | Fácies-elemzés Publ. alatt | 4                           |                     |
| 2019      | Volt Józsefvárosi Pu.   | Terv. Új gyógyfürdő      | Fürdő kút                    | Még nem épült ki                | ~1300 m  | 1198 m             | 1161   | 1180-ig  | Rézl.    |          | -                          |                             | 3                   |
| 2019      | BVSC-pálya (M3 bev.)    | Sportfejlesztés-Fűtés    | Fűtőmű                       | Működő fűtőrendszer vízátdással |          |                    | 1233 m | ✓        | gyenge   |          | -                          |                             | 2                   |
| 2019-2022 | Újlipótváros-Angyalföld | Ingatlan-fejlesztések    | 18 helyszín geoterm. szomdái | 18-ból kb. 4.                   | 80-120 m | -                  | n.a.   | 4 db.    | 5 db.    |          | -                          | Geoterm. anom. Publ. Alatt. | 1                   |



## Repedezett fluidumtárolók DFN-modell alapú hidrodinamikai értékelési lehetőségei

M. TÓTH TIVADAR

Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai Kar, Ásványtani,  
Geokémiai és Kőzettani Tanszék, mtoth@geo.u-szeged.hu

A felszín alatti kőzettestek vizsgálata számos alkalmazott földtani probléma esetében a fluidumtároló rezervoárok komplex elemzéséhez vezet. Akár fluidumok kitermelése a cél, akár különböző, felszínen kényelmetlenné vált anyagokat kívánunk felszín alatt elhelyezni, a tároló kőzettest hosszútávú hidrodinamikai tulajdonságait kell megértenünk. A szénhidrogén, ivóvíz termelése, a geotermikus rezervoárok, vagy éppen a radioaktív hulladékok, a szén-dioxid tárolására alkalmas kőzettestek kutatása mellett az utóbbi időben egyre nagyobb szerepet kapnak olyan új feladatok is, mint a helyi kioldásos (*in situ leaching*) bányászat, vagy akár a felszín alatti hőtárolás. A rezervoárok között kiemelt szerepe van azoknak az elhanyagolható mértékű mátrixporozitású kőzettesteknek, melyekben a fluidumok tárolása, migrációja a folytonossági hiányokhoz, általánosságban a „repedésekhez” kötődik. Ezeknek a repedezett rezervoároknak az elemzését különösen nehezíti az a tapasztalat, mely szerint a hidrodinamikai szempontból legfontosabb törések hálózata a fúrómagléptékben vizsgálható méretnél nagyobb, de nem éri el a szeizmikus felbontás tartományát (*missing chain*). Ennek a problémának a feloldására alkalmazzák széles körben a töréshálózat-modellező algoritmusokat, mindenekelőtt a különböző DFN (*discrete fracture network*) rendszereket.

Mint a neve is sugallja, a DFN törésmodellek egyedi törések mérhető geometriai paraméterei (méret, gyakoriság, orientáció) alapján szimulálnak az eredetivel statisztikai értelemben azonos, tetszőleges számú hálózatot azért, hogy ezek elemzésével kapjunk választ a természetes rendszer viselkedésével kapcsolatos kérdéseinkre. Számos más mellett (konnektivitás, tortuozitás stb.) rezervoargeológiai szempontból a repedezett kőzettest porozitásának, permeabilitásának, illetve ezen paraméterek térbeli változékonyságának a becslése a legfontosabb feladat.

A modellezett töréshálózat hidrodinamikai tulajdonságait (a rendszer geometriája mellett) alapvetően a törések nyitottsága, illetve a nyitottság (apertúra) eloszlása határozza meg. Ez a paraméter egyrészt valamely monoton (a legegyszerűbb modellekben lineáris) kapcsolatban van az egyedi törések méretével, így az alapján számítható. Másrészt viszont a hidrodinamikai folyamatokban részt vevő apertúra (hidraulikai apertúra) aktuális értékét lényegesen befolyásolják az utólagos fluidum-kőzet reakció folyamatai (oldódás, cementáció, hidratáció), a mélység és a recens feszültségtér. Mindebből az is következik, hogy a felszínen (pl. fúrómagon) mért törésapertúrák alapján származtatott hidrodinamikai tulajdonságok bizonytalansága rendkívül nagy.

A nyilvánvaló probléma feloldására a mélységhelyes törésgeometriai és hidrodinamikai információ összekapcsolása lehet megoldás. Megfelelő geofizikai információ, mindenekelőtt az akusztikus BHTV adatok elegendő alapot biztosítanak a fúrás menti DFN törésgeometriai modell származtatására, ami alapján (feltételezve a törésméret és az apertúra függvénykapcsolatát) tetszőleges intervallumra repedezett permeabilitás számítható. Ennek értékét összevetve az ugyanazon mélységintervallumban mért kúthidraulikai adatokból számított permeabilitással, kalibrálható az az apertúra, melyre a mért és becsült permeabilitások megegyeznek. A kapott apertúraértékek biztosítják a mélységhelyes repedezett po-

rozítások számításának az alapját, ami további, a hidrodinamikai értékelés szempontjából rendkívül hasznos paraméter származtatását is lehetővé teszi (poro-perm diagramok, FZI – *flow zone indicator* stb.).

A BHTV adatokból származtatott DFN modellek és a kúthidraulikai információ összekapcsolásának alkalmazhatóságát számos, mind kőzettani, szerkezetföldtani és rezervoárgeológiai szempontból alapvetően eltérő esettanulmány (Mórági Gránit, Bodai Agyagkő, Mezősasi Paragneisz) igazolja.



FÖLDTUDOMÁNYI  
CIVIL SZERVEZETEK  
KÖZÖSSÉGE



Nemzeti Kulturális Alap



## EIT-label minősítés elvárásai nemzetközi mesterszakok esetében a TIMREX nyersanyagkutató közös képzés példáján

MÁDAI FERENC\*, MÓRICZ FERENC

Miskolci Egyetem, Ásványtani-Földtani Intézet,  
\*askmf@uni-miskolc.hu

### Bevezetés

Az Európai Felsőoktatási Térség (EHEA) oktatásának fő keretét 1999 óta a „bolognai rendszerű” képzés adja meg. Ennek leginkább szembevetendő tartalmi eleme a többciklusú képzés bevezetése volt, viszont egy másik, legalább ennyire fontos eleme a tanulási eredményekre (learning outcomes) felépített oktatás kialakítása és gyakorlati alkalmazása. Míg a többciklusú képzés szerkezetének kialakítása és bevezetése a 2000-es években megvalósult, a tanulási eredményekre épülő, hallgatóközpontú oktatás kifejlődése ennél lényegesen lassabban történik, habár ez áll(na) a Bologna-alapú szerkezeti átalakítások központjában.

A Bologna-folyamat megvalósításáról készült 2020-as jelentés (EU, 2020) is megjegyzi, hogy a kompetenciaalapú hallgatói értékelés kialakítása „a felsőoktatási intézmények számára egy hosszú tanulási folyamat az új szemlélet megértése és a tanulási eredmények megfelelő leírása érdekében”. Jelen előadás azt mutatja be, hogy e szemléletváltás kialakításához az EU Innovációs és Technológiai Intézete (EIT) keretében működő EIT RawMaterials milyen ösztönzőket nyújt és követelményeket teremt a nyersanyag-sektort érintő egyetemi képzések esetében és speciálisan a nyersanyagkutatásra irányuló képzést illetően.

### EU háttéranyagok

A tanulási eredmény alapú oktatási programok kialakításában az EU több formában segíti a felsőoktatási intézményeket. Az Európai Képesítési Keretrendszer (EQF) épülő nemzeti képesítési keretrendszerek megszülettek a 2010-es években, így a magyar képesítési keretrendszer alapján újultak meg az alap- és mesterszakok képzési és kimeneti követelményei (KKK) 2015–16-ban. Ezek a KKK-k a képzési program szintű tanulási eredményeket tartalmazzák tudás, képesség, attitűd, valamint autonómia és felelősség kompetenciák terén. Egy képzési programon belül a tantárgyszintű tanulási eredményeket is meg kell adni, ami az alapot jelenti a tárgy tematikájának, oktatási és számonkérési módszereinek kialakításához. E témához tartozó szakirodalom a Bloom Taxonómiát (BLOOM 1956) ajánlja a tanulási eredmények pontos és mérhető megadásához.

A bányászati–nyersanyagkutatási szektorra vonatkoztatva 2018–2020 között az INTERMIN projekt (<https://interminproject.org/>) dolgozott ki egy részletes szakmai képesítési keretrendszert az ipari elvárások és jövőben várható igények alapján. Az INTERMIN feltérképezte azokat a kompetencia-hiányosságokat, amelyek a szektor szakképzésében globálisan jelentkeznek (MARTINS, BODO 2019), valamint a javításhoz ajánlott cselekvési tervet és keretet. A jelentés szerint a szakmai, technikai kompetenciák mellett nélkülözhetetlen a jövő szakembereinek kompetenciája a szociális, környezetvédelmi, fenntarthatósági témákban. Az INTERMIN projekt jelentései kiemelik a képességek fejlesztését a kommunikáció, kreatív gondolkodás, problémamegoldó-készség, csapatmunkában való részvétel területén.

Szintén az ipar igényeiből kiindulva dolgozta ki az EIT azt a képzési követelményrendszerét, ame-





lyet az egyes tagszervezetei által támogatott oktatási programokban érvényesít. Az EIT, mint az EU innovációs és technológiai fejlesztéseket segítő intézménye, az általa támogatott oktatási programokra kialakította az EIT Label minősítési rendszert, ami az arra pályázó képzési programok számára egy önkéntes akkreditációs folyamat. Az EIT Label egy nemzetközi minőségi tanúsítvány olyan mester vagy PhD képzési programok számára, amelyek eleget tesznek a következő feltételeknek:

- Korszerű szemléletű, hallgatóközpontú képzési módszertant alkalmaz, amelyik a tanulási eredmények következetesen átgondolt, visszacsatolással működő rendszerére épül: a tervezett tanulási eredmények (intended learning outcomes) és a megvalósult tanulmányi eredmények (achieved learning outcomes) közötti összhang elérésére törekszik (aligned teaching).

- „T-alakú szakemberek” képzése: szakterületén alapos képzést kap és biztos tudása van, emellett rendelkezik „átívelő kompetenciákkal” (Overarching Learning Outcomes – OLO), amelyek az innovációs és technológiafejlesztési feladatokban való közreműködéshez, szakmai integrálódáshoz szükségesek. Az EIT a Label követelményrendszerében hat OLO-t határoz meg: készség az innovációra, vállalkozói készségek, kreativitás, inter-kulturális készségek, értékítélet és érzékenység a fenntarthatóság felé, vezetői készségek.

- Nem egyetemi – ipari, kutatóintézeti – partnerek közvetlen bevonása az oktatásba legalább 15 kredit erejéig.

- Egyetemek közötti hallgatói mobilitás legalább 15 kredit erejéig.

Az EIT RawMaterials – mint az EIT azon tudás-innováció közössége (KIC), amelyik célja az EU nyersanyagpolitikájának megvalósításához szükséges innovációs, kutatási és képzési projektek gondozása és irányítása – keretében jelenleg hat EIT Label minősítéssel rendelkező közös mesterképzési program működik (<https://masters.eitrawmaterials.eu/>) és további három van bevezetési fázisban.

## A TIMREX program

Az előzőekben felvázolt oktatásfejlesztési törekvéseket a TIMREX képzési program példáján mutatjuk be, amelyik egyike azon új EIT RawMaterials programoknak, melyek bevezetési fázisban vannak és az EIT Label minősítés elnyerésére pályáznak. A TIMREX nyersanyagkutató mérnököket képző közös mesterprogram, melynek fókuszában innovatív nyersanyagkutató módszerek állnak és tartalmazza azon képzési elemeket, amelyek az EIT Label minősítés elnyeréséhez szükségesek.

A TIMREX elnevezés a „T-shaped Innovative Master Programme for Mineral Resource Exploration” névből képzett mozaikszó, amelyik visszatükröz több szempontot a fentebb említett képzési elemekből. A képzés koncepciója és szerkezete az EIT RawMaterials pályázati felhívására válaszul született meg. Az EIT RawMaterials Oktatási Bizottsága 2020-ban felmérte az akkor elérhető Label-minősített képzési kínálatot és hiányolta a terepi munkára alapozó nyersanyagkutató képzést. A felmérés az EU nyersanyagpolitikai céljaira és nyersanyagkutatói munkaerőpiacának elemzésére épült. Az új programmal szembeni elvárások:

- Terepi munkára súlyozottan épülő, gyakorlatorientált képzés.
- Innovatív nyersanyagkutató módszerek és azok alkalmazása szervesen beépül a programba.
- Megfelel az EIT Label követelményeinek és megszerzi a minősítést.
- Legalább egy egyetemi partner a keleti EU tagországokban működik.

A konzorcium, amelyik elnyerte a kiírt pályázatot, a képzés piaci megalapozásánál a következő szempontokat emelte ki:

- Az EU nyersanyag-gazdálkodását érintő, elfogadott szakpolitikák (Green Deal, klímavédelem, alkalmazkodás, energia stratégia...) teljesítéséhez az EU-n belüli nyersanyagvagyon intenzívebb használata szükséges, ami a jelenleginél intenzívebb nyersanyagkutatót igényel.



FÖLDTUDOMÁNYI  
CIVIL SZERVEZETEK  
KÖZÖSSÉGE

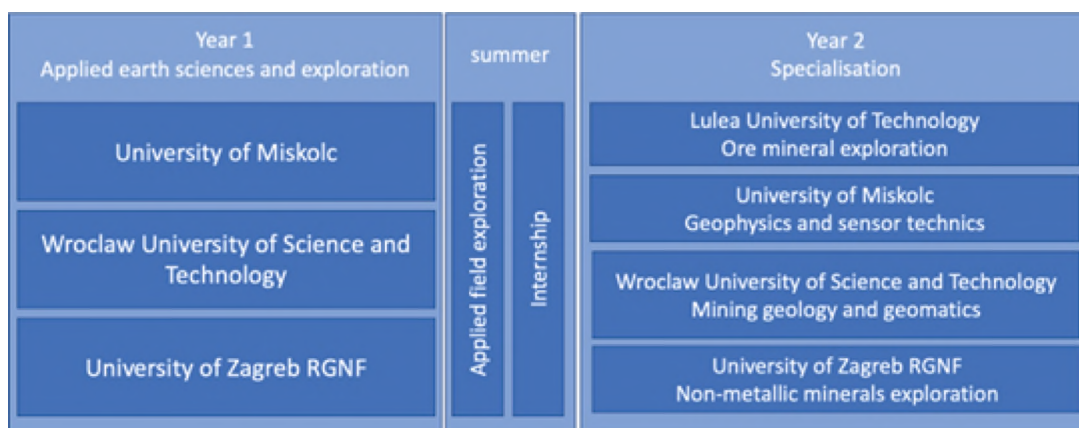


Nemzeti Kulturális Alap



- Az európai nyersanyagkutatás szempontjából kiemelt terület Skandinávia és a Balkán.
- A végzett hallgatók képesek legyenek a jövőben független földtani szakértőként dolgozni, akik a CRIRSCO elvárásokat is teljesíteni tudják, ezért ismerjék az EurGeol címet és legyenek alkalmasak ennek elnyerésére.
- A végzett hallgatók be tudjanak kapcsolódni a nyersanyagkutatási projektekbe, ehhez ismerjék az alkalmazott korszerű technikákat és eljárásokat.

A TIMREX az EIT RawMaterials oktatási projektjeként 2022 januárjában indult, az EIT Label pályázat 2022 júliusában került benyújtásra az EIT felé. A konzorciumot négy egyetemi partner és nyolc nem akadémiai partner alkotja és a projektet a Miskolci Egyetem vezeti. A négy egyetem mindegyike foglalkozik műszaki földtudományi képzéssel és rendelkezik olyan angol nyelven futó mesterszakkal, amelyik nyersanyagkutató – geológus, geofizikus – mérnököket, illetve szakembereket képez. A négy egyetemi partner: Lulea-i Műszaki Egyetem Svédország, Wrocław-i Műszaki Egyetem Lengyelország, Zágrábi Egyetem Bányászati–Földtani Kar (RGNF) Horvátország, Miskolci Egyetem. A hallgatók a képzést párhuzamosan a három kelet-európai egyetemen – Miskolc, Wrocław, Zágráb – egyikén kezdhetik, majd specializációtól függően folytathatják valamelyik partner intézményben. A TIMREX képzésben a hallgatók kettős dip-lomát fognak kapni. A két tanév közötti nyáron a hallgatók részt vesznek a Lulea-i Műszaki Egyetem speciális, egyhetes nyersanyagkutató terepgyakorlatán, valamint nyári szakmai gyakorlatot teljesítenek.



1. ábra. A TIMREX képzés szerkezete és specializációi

A nyolc nem akadémiai partner olyan kutatóintézetet, illetve ipari vállalatot képvisel, akik több ponton aktívan hozzájárulnak a képzés megvalósításához és ezáltal az átfogó tanulási eredmények (OLO-k) teljesítéséhez, döntően olyan, horizontális oktatási egységekkel, amelyek minden hallgatóra vonatkoznak. A European Federation of Geologists (EFG) tatja az Explorati-on Entrepreneurship tárgyat, amelyik az EFG mentor programjára épül és a hallgatókat hozzásegíti ahhoz, hogy később vállalkozásban, EurGeol (vagy ekvivalens) cím birtokában végezzék a munkájukat. A tárgy keretében a hallgatók aktív ipari szakemberektől kapnak képet a nyersanyagkutató szakemberek feladatáról és felelősségköréről.

A kutatóintézetek – INESC TEC, UGR, Cuprum, GeoZS – aktív innovációs és kutatási technológia-, illetve módszerfejlesztési tevékenységet folytatnak és komoly kutatási infrastruktúrával rendelkeznek. A hallgatók önálló kutatómunkát, illetve diplomatervet készíthetnek a kutatóintézeti partnerek közreműködésével. Az ipari partnerek – Boliden Minerals, Geogold Kárpátia – a terepi programokhoz, diplomatervek készítéséhez járulnak hozzá. A diploma-félév része egy speciális kisebb gyakorlat (SOC internship), amelyik a hallgatók szociális és társadalmi kompetenciáit erősíti.



A tanterv ezzel a szerkezettel mindegyik OLO kompetenciát kellő részletességgel lefed és teljesíti az EIT Label minősítés összetett elvárásait.

## Irodalom

- BLOOM, B. S. 1956: Taxonomy of Educational Objectives, Handbook: The Cognitive Domain. – David McKay, New York.
- European Commission/EACEA/Eurydice, 2020: The European Higher Education Area in 2020: Bologna Process Implementation Report. – Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- MARTINS, M. C. & BODO, B. 2019: Report on skills gaps. (Deliverable 2.1). – <https://interminproject.org/wp-content/uploads/DELIVERABLE-2.1-REPORT-ON-SKILL-GAPS.pdf>





# Egy koncepció az innovatív, robotizált ércbányászatra – a ROBOMINERS projekt

MÁDAI FERENC\*, NÉMETH NORBERT

Miskolci Egyetem, Ásványtani-Földtani Intézet,  
askmf@uni-miskolc.hu

## Bevezetés

A Horizont 2020 támogatással megvalósuló ROBOMINERS projekt ahhoz az átfogó EU-s stratégiai célhoz illeszkedik, hogy az EU-n belüli nyersanyagforrások kiaknázásának lehetőségei bővüljenek (EU Nyersanyagpolitikai Kezdeményezés 2. pillér) a felszíni környezet minimális terhelése mellett. A projekt célja egy élő szervezetek mintájára megalkotott (bio-inspired), moduláris és önszervező bányászrobot kifejlesztése olyan mélyszinti érctelepek kitermelése céljából, amelyek a jelenleg alkalmazott nagyüzemi bányászattal nem művelhetőek gazdaságosan. A ROBOMINERS bányászati technológiát gondosan kiválasztott, megfelelő nyersanyagtelepek, mindenképp a stratégiai és kritikus ásványi nyersanyagok kitermelésére kell kidolgozni a projekt keretében. Emellett fontos szempont, hogy a ROBOMINERS technológiával minimális mennyiségű bányászati hulladék keletkezzen, a felszínt a lehető legkevésbé bolygassa meg, ezáltal a kitermelés környezetterhelése is töredéke legyen a mai technológiáknak. További előny ezáltal, hogy az új technológiával az ércbányászat társadalmi elfogadottsága is jelentősen javulhat.

A ROBOMINERS technológia tehát nem önmagában egy robotizált ércbányászati kitermelő gép, hanem forradalmian új megközelítés egy ércbányászati ökoszisztémára, amely hatékony eszköz lehet a jövőben ezen iparág meghatározott területein.

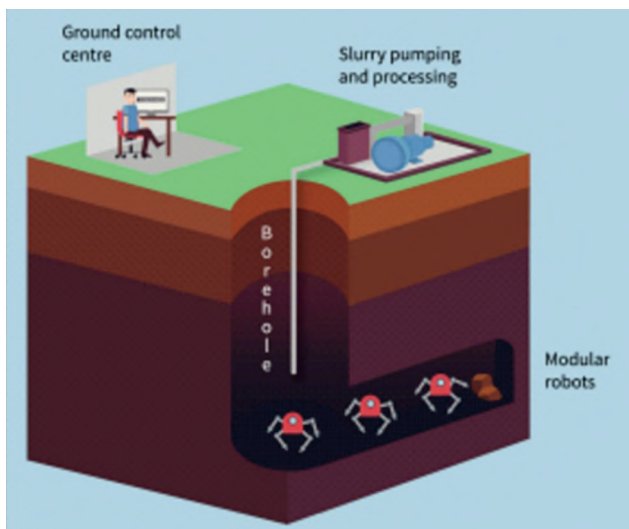
A projekt keretében egy működőképes moduláris bányászrobot prototípus terveinek kifejlesztése a cél, amely képes a modulokból önszervezően felépülni, az érctestet követve önmagát navigálni és szelektív bányászatot végezni elárasztott föld alatti környezetben. A robot gépészeti és mechatronikai megtervezése szimulációval, modellezéssel és virtuális prototípuskészítéssel történik, a cél a bányászrobot kulcsfontosságú funkcióinak a TRL-4 (laboratóriumban validált technológia) készülségi szintre fejlesztése.

Emellett a projekt másik feladata egy bányászati ökoszisztéma megtervezése – reálisan figyelembe vehető teleptípusok kiválasztása, technológiai lehetőségek átgondolása, gazdasági, környezeti és társadalmi hatások mérlegelése –, ahol a ROBOMINERS robot és koncepció hatékonyan alkalmazható. A prototípust egyes, a fentebb felsorolt kívánalmaknak megfelelően kiválasztott érctelepeken lehet majd kipróbálni a méretezhetőség, az újra-konfigurálhatóság, az önjavítás, a kollektív viselkedés, az extrém környezetben való működés szempontjából.

## A ROBOMINERS bányászati technológia

A ROBOMINERS bányászrobot technológiájának alapkonceptiója olyan moduláris robotegységek létrehozása, amelyeket egy vagy több nagy átmérőjű fúrólukon keresztül lehet eljuttatni egy mélyszinti érctelephez (PINKSE et al. 2022). A helyszínen a bányászrobot a nyersanyagtelepet követve szelektív bányászatra képes – azaz lehetőleg elkerüli a meddő anyagok kitermelését –, a jövesztés során felaprított ércet pedig egy hidraulikus rendszer juttatja a felszínre, vagy egy mélyszinten kialakított dúsítóba.





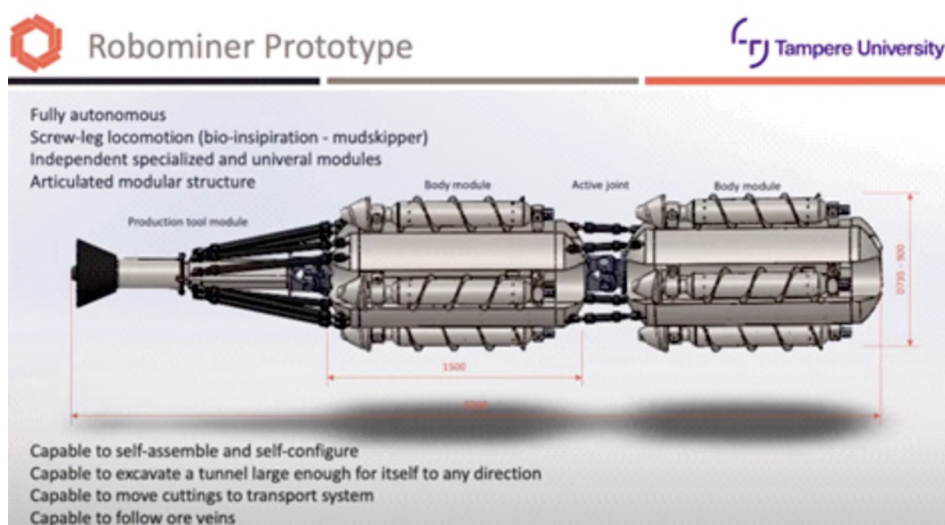
1. ábra. A ROBOMINERS technológia koncepciója (Forrás: ROBOMINERS media kit)

komplex robot funkcionális almodulokból – érzékelő, jövesztő és mozgató egységből, valamint a zagyot továbbító pumpákból – áll, melyeket az adott telep paramétereire (telepgeometria, ásványi összetétel, jöveszthetőség, geotechnikai stabilitás) alkalmazva lehet összeállítani egy rendszerre.

A robotmodulok fő szerkezete a funkcionális elemeket (szenzorok, pumpák, vezérlő elektronika) tartalmazó rekeszekből és arkhimédészi csavar felületű mozgató egységekből áll (2. ábra). A jövesztett, felaprított ércet tartalmazó zagyot hidraulikusan továbbítja a robot a felszín felé. A beépített szenzorok segítségével a robot képes az előrehaladási útját úgy megválasztani, hogy kövesse az érces zónát, ezáltal a kitermelés során a hígulás és a bányászati hulladék mennyisége minimális legyen.

A ROBOMINERS technológia a következő nyersanyag-telepparaméterekhez alkalmazható hatékonyan (PINKSE et al. 2022):

- az érctelep ismeretessége legalább a felderített ásványvagyon kategóriába sorolható,
- magas fajlagos értékű nyersanyag, azaz magas a kitermelt érc USD/tonna aránya,
- alacsony keménység/közetszilárdság és megfelelő közetszerkezet, amely lehetővé teszi a teljes felületű jövesztési technológiát,



2. ábra. A ROBOMINER moduláris berendezés prototípus rajza (Forrás: ROBOMINERS projekt)

- a beépített műszerekkel könnyen detektálható ércásványokat/elemeket tartalmaz és ezek koncentrációja is könnyen mérhető, ami a valós idejű tesztet és a fejtési útvonal korrekcióját biztosíthatja,
- a befoglaló kőzettől jól elkülöníthető ércetst: pl. teléres ércesedés a hintett ércesedéssel szemben,
- lehetőleg „barnamezős” – termelés alatt lévő, vagy felhagyott – lelőhelyek részei, megfelelő kiegészítő felszíni és föld alatti infrastruktúrával,
- bár kis méretű, de jó minőségű ércetstek,
- az EU számára stratégiai jelentőségű elemek telepei (stratégiai, vagy kritikus nyersanyagok).

A projektben kidolgozott ROBOMINERS technológiánál fontos méretezési paraméter, hogy a berendezés átmérője körülbelül egy méter (2. ábra), ami meghatározza a robot által egyszerre jöveszthető telepvastagságot. Előfordulhat, hogy az ércesedés ennél kisebb léptékben (millimétertől centiméterig) szabálytalan eloszlású a kőzetben belül, de a robot ilyen kis léptékben már nem képes szelektíven bányászni.

## Telepparaméterek a ROBOMINERS technológiához

Figyelembe véve a fent említett körülményeket és a ROBOMINERS technológia előnyeit a hagyományos bányászattal szemben, ez a technológia a következő földtani és bányászati kör-nyezetben alkalmazható hatékonyan (HARTAI et al. 2020):

1. Működő és felhagyott bányák megkutatott, fennmaradó, hagyományos módszerrel ki nem termelhető készletei. A ROBOMINERS technológia fő célpontjai azok a nagy fajlagos értékű ércetstek lehetnek, amelyek méretük vagy a bányászott lelőhelyen belüli elhelyezkedésük miatt a hagyományos bányászat számára nem elérhetőek. A kitermelés a meglévő üzemekből kiszolgálható, és az összes meglévő infrastruktúra az automatizált termeléshez illeszthető. A lelőhely földtani ismeretessége megfelelő, és az kielégítő pontossággal extrapolálható a korábbi szomszédos műveletekből. Európában több olyan lelőhely is van, ahol az alkalmazott technológiával gazdaságosan hozzáférhető ércetstek kimerülése miatt a bányászatot felhagyták, de továbbra is jelentős felderített és részletesen megkutatott ásványvagyon áll rendelkezésre. Az újraindítás költségei jelentősen csökkenthetők a ROBOMINERS használatával, elkerülve a nagy tömegű szállítást és a kiterjedt környezeti hatásokat (pl. víztelenítés, bányászati hulladék kezelé-se).

2. Ultranagy mélységben elhelyezkedő kimutatott ércetstek. Az „ultranagy mélység” kifejezés a hagyományos bányászat szintje alatti mélységet jelenti. Általában a 2,5 km alatti ásványlelőhelyeket tekintik ilyennek a hagyományos bányászatban, az EU-ban azonban a legmélyebb bánya, a Pyhäsalmi (Finnország) 1400 m-es legalsó szintje alatti mélységet már annak értelmezhetjük. Az ultramély lelőhelyek felfedezése és megkutatása jelentős fejlesztéseket igényel, de a jövő nyersanyag-utánpótlása számára ezek is egyre fontosabbá válnak. A felszíni és a sekélyebb mélységből származó megfigyelések, valamint a még mélyebb zónákra vonatkozó geofizikai és geokémiai adatok segítenek bennünket abban, hogy modellezzük egyes telepek ultra-nagy mélységben való folytatását. Egyes síkszerű, közel vízszintes vagy közel függőleges kiterjedésű telepeknél, mint például a feketepala-rétegek, az ércetstek folytonossága a telepmodell alapján jól előre jelezhető.

3. A hagyományos bányászat számára gazdaságtalan, kis méretű lelőhelyek. Európában nagy számban található kisméretű tömzsős, teléres lelőhelyek, amelyekben magas a fémkoncentráció. Ezek a lelőhelyek azonban nem tekinthetők gazdaságosnak, mivel túl kicsik ahhoz, hogy hagyományos nagy-teljesítményű módszerekkel bányásszák őket. A fő probléma az alacsony gazdasági megtérülés, de a környezeti, vagy biztonsági problémák is akadályt jelenthetnek. A ROBOMINERS technológia megoldást nyújt ezekre a problémákra, és a hagyományos módszerrel gazdaságtalan lelőhelyek válhatnak életképesé.



## Irodalom

- HARTAI É., NÉMETH N, FÖLDESSY J., HENLEY S., ZIBRET G. & GALOS K. 2020: Review document giving scope and examples of deposit types of interest. – Robominers Deliverable 5.1.
- GOMEZ, V. & HERNANDO, M. 2022: Modular collaborative resilient robots for mining operations. – EGU General Assembly 2022, Vienna, Austria, 23–27 May 2022, EGU22-2740, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-2740>, 2022.
- PINKSE T., QUENSEL R. & JOHN, S. 2022: Mining analogues and upstream/downstream mining processes. – Robominers Deliverable 5.4.
- Európai Bizottság 2008: A Bizottság Közleménye az Európai Parlamentnek és a Tanácsnak – Nyersanyag-politikai kezdeményezés: az Európai gazdasági növekedés és foglalkoztatás kritikus szükségleteinek kielégítése {SEC(2008) 2741} /\* COM/2008/0699



FÖLDTUDOMÁNYI  
CIVIL SZERVEZETEK  
KÖZÖSSÉGE



Nemzeti Kulturális Alap



## Vörös homokkövek összehasonlító kőzettani, geokémiai és mikromineralógiai vizsgálati eredményei

MIKLÓS DÓRA GEORGINA<sup>1,\*</sup>, JÓZSA SÁNDOR<sup>1</sup>, SZAKMÁNY GYÖRGY<sup>1</sup>, KASZTOVSZKY ZSOLT<sup>2</sup>,  
HARSÁNYI ILDIKÓ<sup>2</sup>, GMÉLING KATALIN<sup>2</sup>, KOVÁCS ZOLTÁN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem, Kőzettan-Geokémiai Tanszék, Budapest

<sup>2</sup>Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest

\*miklosdoragina94@gmail.com

### Bevezetés és célkitűzés

A homokkövekből készített szerszámkövek és nyersanyagaik archeometriai szempontú vizsgálata mind hazai, mind nemzetközi viszonylatban egy felfutóban lévő, friss kutatási terület. Térségünkben számos vöröshomokkő-előfordulást ismerünk, melyek korban és kifejlődésben is rendkívül változatosak. Jelen munkánk célja, hogy bemutassuk a régészeti leletek lehetséges nyersanyagául szolgáló felszíni előfordulások közül a Balaton-felvidéki (Balatonfelvidéki Homokkő Formáció), valamint a kelet-mecseki vörös homokkövek (Kővágósztőlősi és Jakabhegyi Homokkő Formáció) legújabb kőzettani és nehézasványtani vizsgálati eredményeit, kiegészítve a nyugat-mecseki miocén durvatörmelékes össterben (Szászvári Formáció) előforduló vöröshomokkő-kavicsok vizsgálati eredményeivel.

### Vizsgálati módszerek

A vörös homokköveket részletes makroszkópos és polarizációs mikroszkópos vizsgálatoknak vetettük alá. Meghatároztuk az egyes formációk általános petrográfiai jellemzőit (szöveti bélyegek, fő detritális alkotók). Vékonycsiszolatból és szeparált anyagból vizsgáltuk a homokkövek nehézasványösszetételét. A mikroszkópos vizsgálatok során területi kiméréssel (pontszámlálással) meghatároztuk a homokkövek törmelékes elegyrészeinek arányát. Emellett teljeskőzet-geokémiai (PGAA és NAA), továbbá a nehézasványokon ásványkémiai elemzéseket (SEM-EDX) is végeztünk.

### Eredmények

#### *Makroszkópos petrográfia*

A mecseki perm–triász vörös homokkövek szabad szemmel lilásvörös színű, többségében nagydurvaszemcsés homokkövek, amelyek tartalmazhatnak finom-aprószemű kavicsokat is. Gyengén–közepesen osztályozottak, a szemcséik közepesen vagy jól koptatottak. A miocén vöröshomokkő-kavicsok szabad szemmel színüket (fehéressárga–barnásvörös–lilásvörös–sötétvörös), összetételüket, szemcseméretüket és osztályozottságukat tekintve változatosak. A kavicsok többnyire jól koptatottak, sok esetben nyúltak. A Balaton-felvidéki vörös homokkövek szabad szemmel sötétvörös színű, közép–durvaszemcsés homokkövek, amelyek tartalmazhatnak finomszemű kavicsokat, ugyanakkor aleurolitok és finom–aprószemcsés homokkövek is előfordulhatnak. Gyengén–közepesen osztályozottak, szemcséi gyengén koptatottak.

#### *Mikroszkópos petrográfia*

A mecseki vörös homokkövek átlagosan 89%-ban törmelékszemcsékből (ezen belül 73% kvarc, 16% földpát, 10% kőzettörmelék és 1% csillám), 10%-ban, elsősorban kovás cementből és <1%-ban



pórusból állnak, mátrix nincs. A szemcsék körül helyenként szintaxiális kovás továbbnövekedés figyelhető meg. Emellett gyakori a pszeudomátrixként megjelenő szericit, valamint a kompakcióra utaló szétnyomódott vulkanitszemcse. Az elsősorban monokristályos kvarc (az összes kvarcsemcse 71%-át, a teljes térfogat 46%-át alkotja) egy kis része biztosan vulkáni eredetű. Kisebb mennyiségben előfordul: polikristályos kvarc (az összes kvarcsemcse 29%-a, teljes térfogat 38%-a), üde, illetve néhol kissé szericitesedő káliföldpát, közte mikroklin, valamint savanyú vulkáni eredetű kőzettörmelék szemcséi is. A kővágószőlősi mintákban plagioklász és mafikus–neutrális vulkáni eredetű szemcséket figyeltünk meg. Elvértve kvarcit, granitoid, metamorfit (fillit, csillámpala), üledékes eredetű (homokkő, metaaleurolit, agyagkő) kőzettörmelékek, muszkovit és kifakult biotit is megtalálhatóak. Akcesszória: nem sajátalakú rutil; félig sajátalakú zónás turmalin és jól koptatott, zömök cirkon.

A mecseki vöröshomokkő-kavicsokat szöveti bélyegeik, továbbá összetételük alapján három csoportra osztottuk (vörös–I, –II és –III):

Az I. csoport mintái átlagosan 80%-ban törmelékszemszemből (ezen belül 84% kvarc, 11% földpát, 4% kőzettörmelék) állnak, amelyek jól koptatottak, a cement mennyisége 15% (kova anyagú és viszonylag nagy vastagságú), a pórusé pedig 4%. A homokkövek mátrixot nem tartalmaznak. A monokristályos kvarc (az összes kvarcsemcse 64%-át, a teljes térfogat 44%-át alkotja) többsége mélyégi magmás és/vagy metamorf eredetű. Kisebb mennyiségben polikristályos kvarc (az összes kvarcsemcse 36%-a, teljes térfogat 24%-a), káliföldpát (ortoklász és kevés mikroklin), kvarcit, savanyú vulkanit, granitoid is megjelenhet. Elvértve előfordulnak üledékes–metaüledékes szemcsék, muszkovit, valamint kifakult biotit. Akcesszória: jól koptatott zöldessárga–zöldesbarna, kékeszöld színű turmalin; nem sajátalakú, szabálytalan megjelenésű opak ásvány; jól koptatott zömök megjelenésű szintelen cirkon; jól koptatott, félig sajátalakú vörösbarna rutil; szintelen titanit; nem saját alakú, diagenetikus eredetű brookit és közepesen koptatott apatit.

A II. csoport mintái átlagosan 89%-ban törmelékszemszemből (ezen belül 50% kvarc, 37% földpát, 11% kőzettörmelék, 1% csillám és 1% opak ásvány) állnak, a cement mennyisége 6% (vékony kova, jellemző a szericites–nontronitos pszeudomátrix, opakásvány), a pórusé pedig 5%. A homokkövek mátrixot nem tartalmaznak. A monokristályos kvarc (az összes kvarcsemcse 18%-át, a teljes térfogat 8%-át alkotja) többsége mélyégi magmás és/vagy metamorf eredetű. Kisebb mennyiségben polikristályos kvarc (az összes kvarcsemcse 82%-a, teljes térfogat 36%-a), földpát (káliföldpát és plagioklász közel azonos mennyiségben), kvarcit, savanyú, valamint mafikus–neutrális vulkanit, granitoid, üledékes–metaüledékes, valamint metamorfit szemcsék jelennek meg. Elvértve előfordul muszkovit és kifakult biotit is. Akcesszória: utólagos repedésekben megjelenő limonitosodó opakásvány, detritális pirit; jól koptatott eredetileg sajátalakú cirkon; apatit; félig sajátalakú, jól koptatott zöldesbarna színű turmalin; nem sajátalakú rutil; valamint titanit. Elvértve előfordul zöld színű amfibol és szericittel, illetve muszkovittal társuló töredezett gránát.

A III. csoport mintái átlagosan 78%-ban törmelékszemszemből (ezen belül 31% kvarc, 50% földpát, 4% kőzettörmelék, 8% csillám, 6% opak ásvány és 1% nehézásvány) állnak, a cement mennyisége 20% (biotit–nontronit, opak, esetleg kova), a pórusé pedig 2%. A homokkövek elvértve tartalmazhatnak mátrixot. A földpátok dominálnak (plagioklász>káliföldpát). Kisebb mennyiséget képviselnek: monokristályos kvarc (az összes kvarcsemcse 62%-át, a teljes térfogat 15%-át alkotja), polikristályos kvarc (az összes kvarcsemcse 38%-a, teljes térfogat 10%-a), csillámok és opakásványok, kvarcit, granitoid, savanyú, továbbá mafikus–neutrális vulkanitok, metaüledékes és metamorf szemcsék. Akcesszória: repedéseket kitöltő opakásványok; detritális pirit és magnetit; félig sajátalakú, jól koptatott, zöld–zöldeskék, barnászöld, illetve sárgásbarna–barna színű turmalin; jól koptatott cirkon; apatit; félig saját alakú rutil; nem sajátalakú titanit; brookit és csillámmal társuló epidot.

A Balaton-felvidéki vörös homokkövek átlagosan 85%-ban törmelékszemszemből (ezen belül 55% kvarc, 1% földpát, 42% kőzettörmelék, 1% csillám és 1% opakásvány) állnak, a cement mennyisége 8%, ami elsősorban klorit (a káptalanfüredi minta esetében karbonát is), kovás anyagút pedig csak



elvétve figyeltünk meg. A homokkövek 6% mátrixot tartalmaznak (ide soroltuk a pszeudomátrixot is, amely szintén kloritból áll) és 2%-ban pórusból állnak. A monokristályos kvarc (az összes kvarc-szemcse 69%-át, a teljes térfogat 32%-át alkotja) többsége vulkáni eredetű. Kisebb mennyiségben polikristályos kvarc (az összes kvarc-szemcse 31%-a, teljes térfogat 14%-a), kálföldpát, elvétve plagioklász, sok kloritosodó csillám (muszkovit és biotit), opakásvány, savanyú, valamint mafikus–neutrális vulkáni eredetű kőzettörmelékek találhatóak. Elvétve előfordul kvarcit, metamorfit (fillit, csillámpala), üledékes (metahomokkő–metaaleurolit) eredetű törmelékszemcsék, továbbá muszkovit és kifakult biotit is. Akcesszória: nem sajtá alakú rutil; félig sajtá alakú, töredezett barna, ritkábban kékeszöld turmalin; továbbá jól koptatott, zömök, vagy kissé nyúlt cirkon.

### *Kémiai és ásványkémiai vizsgálatok*

Teljes kőzet geokémiai vizsgálatokat: 23 darab PGAA és 19 darab NAA, valamint 19 darab ásványkémiai (SEM-EDS) elemzést végeztünk.

## Összefoglalás

A makroszkópos, valamint mikroszkópos vizsgálatok alapján a két permotriász terület vörös homokkövei jelentősen eltértek egymástól:

- A mecseki anyagban már makroszkóposan észrevehetőek a nagyméretű vulkáni eredetű kavicsok.
- A mecseki mintákban a szemcséken belül az alkotók megoszlása a következő: 75% kvarc, 16% földpát és 10% kőzettörmelék, míg a Balaton-felvidéki esetében 55% kvarc, 1% földpát és 42% kőzettörmelék jellemző.

- A szemcsék közötti tér tekintetében is jelentős különbségeket figyeltünk meg. A mecseki esetében 10% elsősorban kovás cement és <1% pórus figyelhető meg. Mátrixot nem észleltünk. A Balaton-felvidéki mintákban 8%-ban kloritos kötőanyag, 6% mátrix, valamint kloritos pszeudomátrix és 2% pórust láttunk.

- Mindkét anyagban sok vulkanitszemcsét találtunk, ugyanakkor ezek szövete és kemizmusa eltérő.

- Nehézásványok közül a mecseki anyagban gyakoribbak a barna–zöldesbarna turmalinváltozatok, a cirkon, az epidot és a zoisit, valamint az apatit. Ezzel szemben a Balaton-felvidéki homokkövekben rengeteg opakásványt (ilmenit?) figyeltünk meg, az áttetsző nehézásványok között a turmalin barna színű, emellett, zöld, kékeszöld és vörösbarna változata is megjelenik. Jelentős még a cirkon, néhány minta esetében gránát és amfibol is előfordulhat. Ritka az apatit, zoisit és piroxén.

A mecseki miocén kavicsok közül nehézásvány összetételt tekintve az I. csoport markánsan elkülönül. Ugyanezt tapasztaltuk a vékonycsiszolatos vizsgálatok esetében is, ez hasonlít a legjobban a mecseki permotriász összlet anyagára, azon belül is a Jakabhegyi Formációra.

\*\*\*

Kutatásunk a [131814] számú NKFI projekt támogatásával valósult meg. Köszönettel tartozunk az SZTFH-nak (korábbi MBFSZ) a nehézásvány-leválasztásokban nyújtott segítségükért (THAMÓNÉ BOZSÓ Edit, BÁTORI Miklósné és FALUS György).



## Felszín alatti vízáramlás és hőtranszport sztochasztikus permeabilitású közegekben

MOLNÁR BENCE<sup>1</sup>, GALSA ATTILA<sup>1</sup>

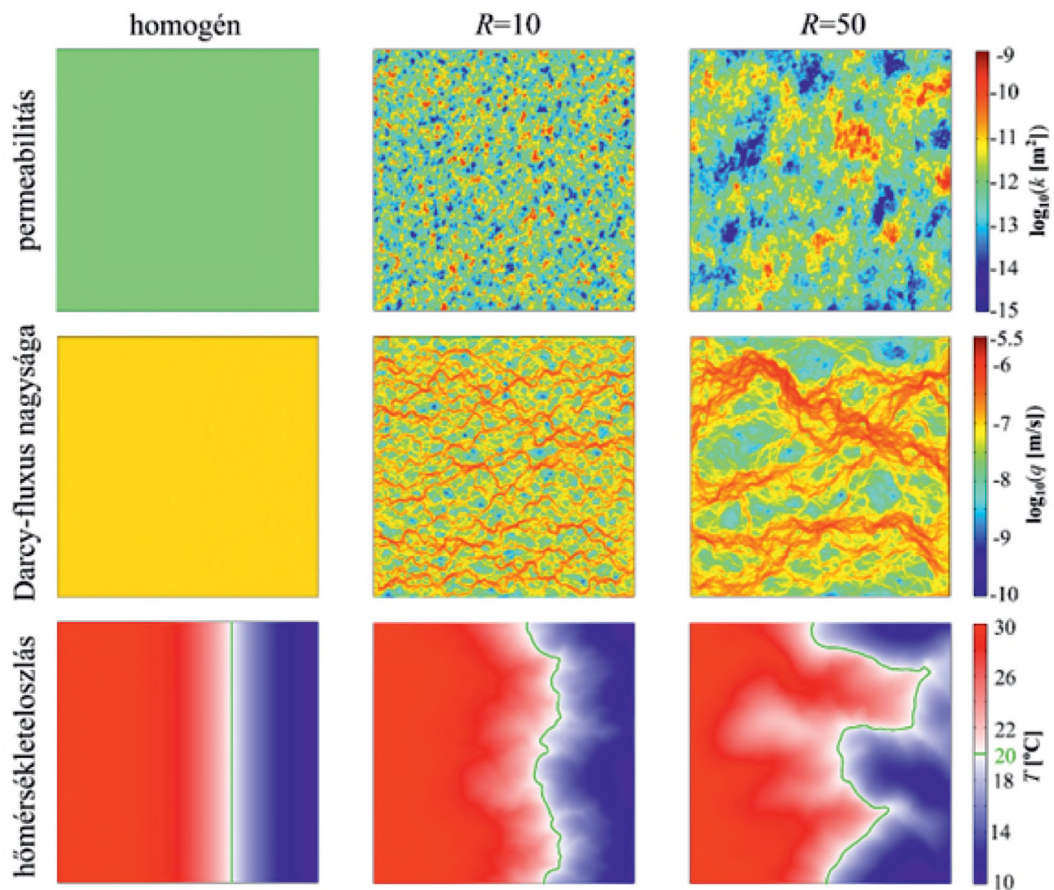
<sup>1</sup>Eötvös Loránd Tudományegyetem, Geofizikai és Űrtudományi Tanszék

A felszín alatti vizek nélkülözhetetlenek mindennapi életünkben, hiszen az ivóvízellátásra, öntözésre, fűtésre felhasznált vizek döntő része ezen tértartományból származik. A mindennapjainkban is megtapasztalható szélsőséges időjárási viszonyok (pl. hosszú aszályos időszakok) felértékelik a felszín alatti vizek jelentőségét. Továbbá a felszín alatti víz a felszín alatti hőtranszportfolyamatok fontos alakítója, így a geotermikus energiahasznosítás egy meghatározó tényezője is, mely napjainknak szintén kulcsfontosságú kérdése. Az eddig említett tényezők alapján megállapíthatjuk, hogy a felszín alatti vízáramlások minél pontosabb megértése kardinális kérdés.

A felszín alatti vízáramlások analitikus leírása azonban meglehetősen nehéz, ezért a figyelem a numerikus modellszámításokra irányul. Azonban a felszín alatti vízáramlások numerikus modellezése során gyakori feltételezés a közeg homogenitása, avagy a közeg rétegenkénti homogenitása. Ez igen csak erős közelítés, hiszen a heterogenitás a földtani közegekben minden skálán jelen van! Mi a kutatásban a heterogén közeg felszín alatti vízáramlásra és a hozzá kapcsolódó hőtranszportfolyamatokra gyakorolt hatásaival foglalkozunk.

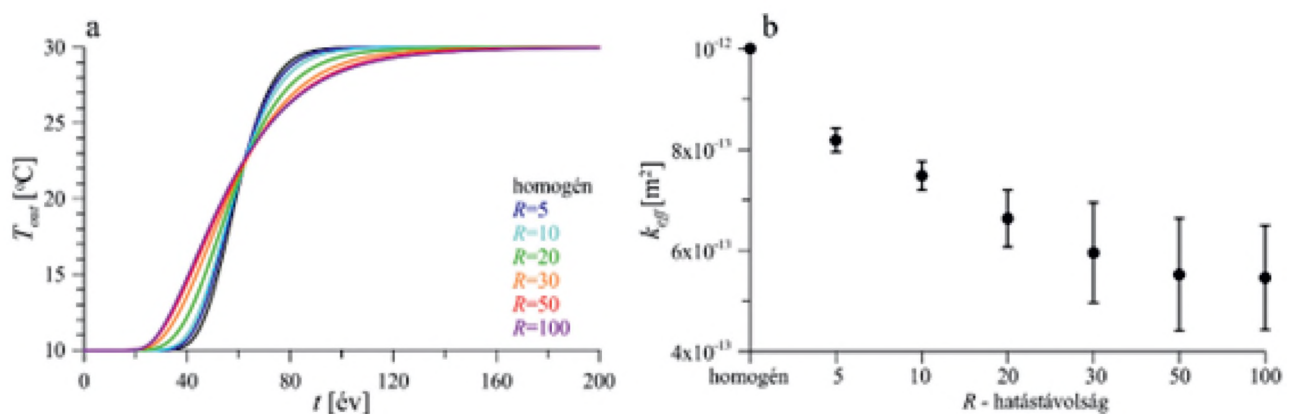
A heterogenitás hatásait kétdimenziós szintetikus modellekben vizsgáltuk. Egyszerű, 300°m hosszú és 300 m mély modelltartományon tanulmányoztuk egyfelől (1) az előre meghatározott horizontális fluxussal belépő meleg víz hatására kialakuló advektív hőtranszportot, másfelől (2) a modell alsó és felső határa között előírt hőmérsékletkülönbség hatására kialakuló szabad termikus konvekciót. A modellezés során a tömegmegmaradási egyenlet, a Darcy-törvény és a hőtranszportegyenlet alkotta parciális differenciálegyenlet-rendszert oldottuk meg a COMSOL Multiphysics szoftverrel. A heterogén közegmodelleket inhomogén permeabilitáseloszlások képviselik, melyeket az SGeMS geostatistikai szoftverben szekvenciális gaussi szimulációval (SGS) állítottuk elő. Különböző hatástávolságokat alkalmazva ( $R=5,10,20,30,50,100$  m) különböző léptékű heterogén közegmodelleket hoztunk létre. Minden egyes hatástávolság esetén 10–10 realizációt generáltunk, hogy a heterogenitás hatásait számszerűsíthessük. A heterogén permeabilitáseloszlásokat importáltuk a COMSOL szoftverbe és szisztematikus szimulációsorozatot – a heterogén közegmodellek folyamatos változtatása mellett – végeztünk el, hogy megérthessük a heterogenitásnak a folyadékáramlásra és a hőtranszportra gyakorolt hatását. A változásokat kontrollparaméterek felhasználásával követtük (pl. kilépő víz hőmérséklete, effektív permeabilitás, Darcy-fluxus nagysága stb.).

Az eredmények azt mutatják, hogy a heterogenitás hatására a jó permeabilitású zónák összefüggő hálózatot („csatornahálózatot”) alkotnak, melyen keresztül törekszik áramolni a víz. Ennek kiterjedése a heterogenitás skálájának növekedésével egyre nő. Ez kedvez az advekciónak, így a felmelegedés sokkal hamarabb megindul a közegben, ugyanakkor a teljes átmelegedés a gyenge permeabilitású zónák miatt időben kitolódik. Mindez a heterogén közeg hődiszperziójaként is felfogható. A hődiszperzió közelíthető a közeg homogén hővezető-képességének növelésével. Ennek megfelelően a nagyobb léptékű inhomogenitás a hővezető-képesség jelentős (akár 400%-os) növekedését eredményezheti. Az 1. ábra szemlélteti, hogy a nagyobb léptékű heterogén közegben kiterjedtebb „csatornahálózat” alakul ki, melyen keresztül gyorsabban zajlik az áramlás, a homogén közegre jellemző tökéletesen függőleges termikus front erősen deformálódik.



1. ábra. Homogén, kis léptékű ( $R=10$ ) heterogén és egy nagyobb léptékű ( $R=50$ ) heterogén közeg esetében a permeabilitáseloszlás logaritmusa (felső sor), a kialakult áramlási szerkezet (Darcy-fluxus nagyságának logaritmusa) (középső sor) és a hőmérsékleteloszlás alakulása a 40. évnél (alsó sor). A hőmérsékleteloszlás esetén zölddel a 20 °C hőmérsékletű izoterma van kiemelve

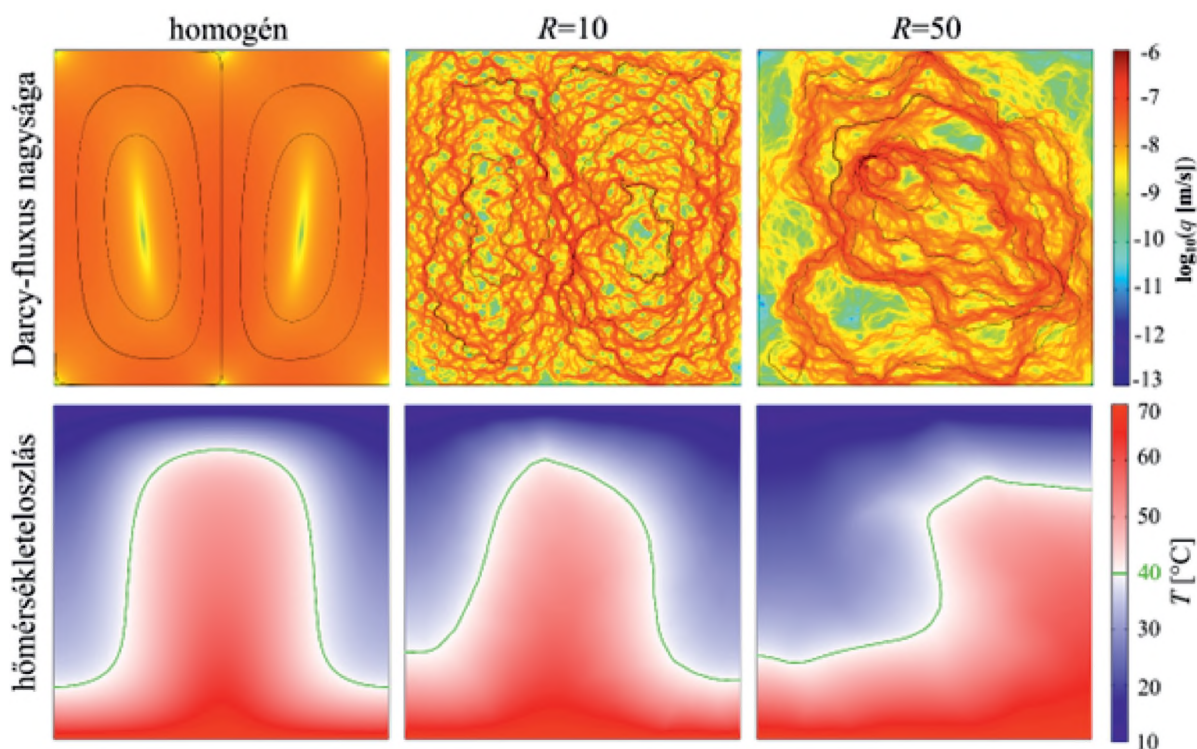
A 2. ábra „a” része a kilépő vízhőmérsékletek idősorának feltüntetésével szemlélteti, hogy a heterogenitás léptékének növekedésével egyre korábban kezdődik el a melegedés, ugyanakkor a teljes felmelegedés időben egyre jobban kitolódik. Megállapítást nyert továbbá, hogy — bár különböző léptékű heterogén közegek átlagos permeabilitása egyaránt  $10^{-12} \text{ m}^2 = 1 \text{ D}$  — az effektív permeabilitás a heterogenitás skálájának növekedésével folyamatosan csökken (2. ábra, b).



2. ábra. a) A kilépő víz hőmérsékletének alakulása az idő függvényében a különböző hatástávolsággal rendelkező közegmodellek esetén. b) Az effektív permeabilitás nagysága a különböző hatástávolságok esetén a szórások feltüntetésével



A szabad termikus konvekció modellezésekor a Rayleigh-szám 118 volt. Ennek megfelelően, minden esetben stacionárius megoldás született. Megállapítható, hogy a heterogenitás léptéke és az egyes realizációk közti különbség erőteljesen befolyásolja a szabad termikus konvekció jellegét. Homogén és kisleptékű heterogén közegben teljes cella, míg nagyobb léptékű heterogén közegben félcella alakul ki (3. ábra). A heterogenitás növekedésével az effektív Rayleigh-szám csökkenése feltételezhető, hasonlóan az advektív modellek esetén tapasztalt effektív permeabilitás csökkenéséhez.



3. ábra. Homogén, kis léptékű ( $R=10$ ) heterogén és egy nagyobb léptékű ( $R=50$ ) heterogén közegben a hőmérsékletkülönbség hatására kialakuló áramlási szerkezet a stacionárius állapotban (Darcy-fluxus nagyságának logaritmusa) (felső sor) és a hőmérsékleteloszlás alakulása 5000 évnél (alsó sor). A Darcy-fluxus nagyságát bemutató ábrán az áramvonalakat fekete vonal jelöli

Összességében a heterogenitás hatását a felszín alatti vízáramlás és hőtranszportfolyamatok szempontjából egyszerűbb és bonyolultabb problémák esetén is vizsgáltuk. Jelenleg is aktív kutatás zajlik az advektív hőtranszport (hőmérséklet- és nyomásfüggő vízsűrűség mellett), illetve a szabad termikus konvekció kialakulásának feltételeit illetően. A későbbiek során fontos cél a szintetikus modellezési tapasztalatok valós földtani szituációkban való hasznosítása. Például termelő–visszasajtoló kútpárok esetén az „áttörési idő” vizsgálata, azaz a visszasajtolásból származó „hideg víz” megjelenése a termelő kútban, mely nagyon jelentős mértékben függ a közeg heterogenitástól is. Úgy véljük a közeg heterogenitásának tanulmányozása a felszín alatti vízáramlás és hőtranszportfolyamatok szempontjából jelentős mértékben hozzájárulhat számos jelenség mélyebb megértéséhez a geotermia területén.

\*\*\*

A kutatást a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal az OTKA K-129273 sz. pályázatán keresztül támogatta. A kutatás az Éghajlatváltozás Nemzeti Multidiszciplináris Laboratórium RRF-2.3.1-21-2021 számú projekt keretében valósult meg.



# Investigating the process of physical clogging during geothermal water reinjection into sandstone

NJERU RITA MWENDIA<sup>1,\*</sup>, MATTHIAS HALISCH<sup>2</sup>, JANOS SZANYI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>University of Szeged (SZTE), Department of Mineralogy, Geochemistry and Petrology,

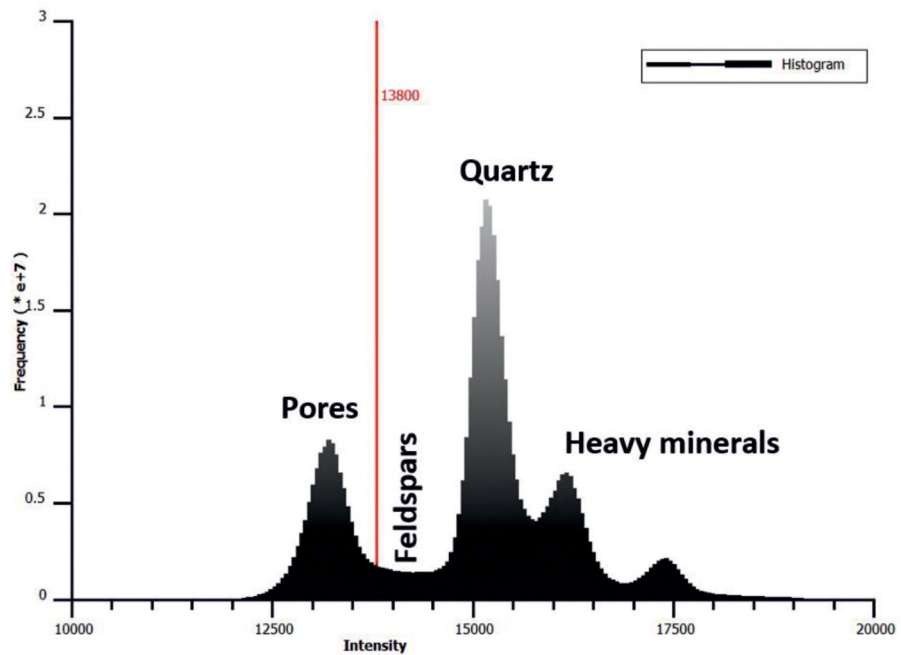
<sup>2</sup>Leibniz Institute for Applied Geophysics (LIAG), Dept. 5 – Petrophysics & Borehole Geophysics

\*mwenderita@gmail.com

This study focusses on investigating the processes of physical clogging in the late Miocene sandstone of Hungary during geothermal water reinjection. It has been noted that despite the sandstone (Dunántúli Formation Group) features high porosity and permeability >25% and >200mD respectively for geothermal energy production, the formation suffer rapid clogging when geothermal water reinjection is conducted. However, some regions have been reported to respond quite well with very low clogging. This study therefore, aims at investigating the physical causes and processes of clogging observed in some regions of this formation on a micro-scale. Core samples are obtained from the lowlands of south-eastern Hungary for an extensive laboratory program.

The mineralogy and petrography of all the samples is currently underway. High resolution micro-CT imaging and petrophysical analysis have been performed on selected samples. We investigate micro-CT images with special emphasis upon total and connected porosity, secondary porosity, as well as upon pore shape and pore size distribution. We then check the contribution of the various pore sizes to the connected porosity and determine the pore size (range) which gives the highest contribution to the total connected porosity and permeability, respectively.

The digital image analysis of this work is performed using Avizo software (from Thermo Fisher). However, only one sample H-01, scanned at 1 $\mu$ m voxel resolution has been investigated in depth so far. From the grayscale histogram the various phases present in the sample have been identified as pores, feldspars, quartz and other heavy minerals as seen in Figure 1 subject to confirmation once the mineralogical study is completed. These phases have been segmented into pores and solids and the total volume of pores determined. A sample image of this segmentation is as shown in Figure 2. The work done also entailed determining the pore size distribution as well as the contribution of the various pore sizes to the total porosity from the micro-CT images. This was by selectively sieving pores of specific sizes and



**Figure 1.** Grayscale histogram for the analyzed sample showing the different phases within the rock material; as labelled

determining the change in the resulting connectivity. The total porosity of the sample was 25.4% while the connected porosity was 25.3%. The pore size distribution of this sample is seen to be evenly distributed with few small pores and few large pores i.e.  $<10\ \mu\text{m}$  and  $>100\ \mu\text{m}$  respectively. The majority pore size ranging between 35 and 40  $\mu\text{m}$  as evident in the pore size distribution curve in Figure 3. Pores less than 20  $\mu\text{m}$  were seen to contribute only 0.1% of the total connected porosity while pores up to 40  $\mu\text{m}$  contribute up to 4% of the connected porosity.

Further investigations will be made through flow experiments for direct validation of our results. Due to the heterogeneity nature of natural rocks which is a common occurrence in sandstone we propose to use artificially manufactured sandstone like samples, which will be prepared at the GeoChem laboratory. In this case, homogeneity can be guaranteed to a high degree that

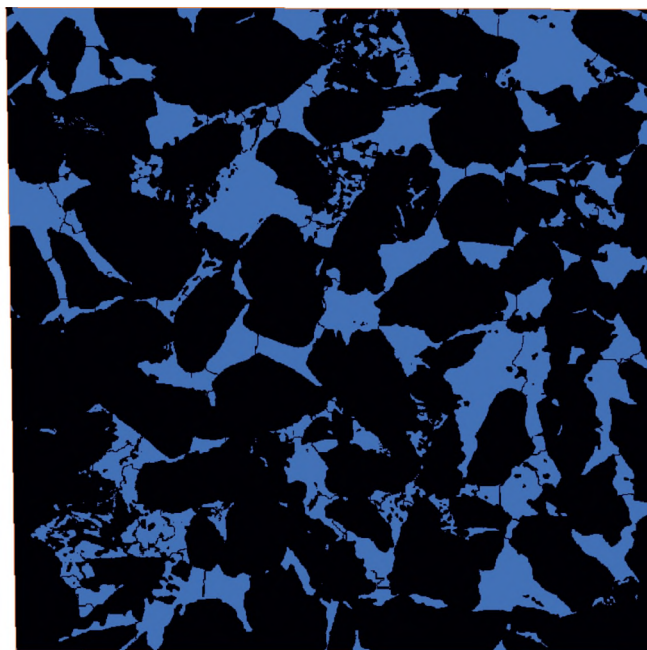


Figure 2. Separated pores (blue) where all pores  $<10\ \mu\text{m}$  have been sieved out. Sample is  $1000\ \mu\text{m} \times 1000\ \mu\text{m}$

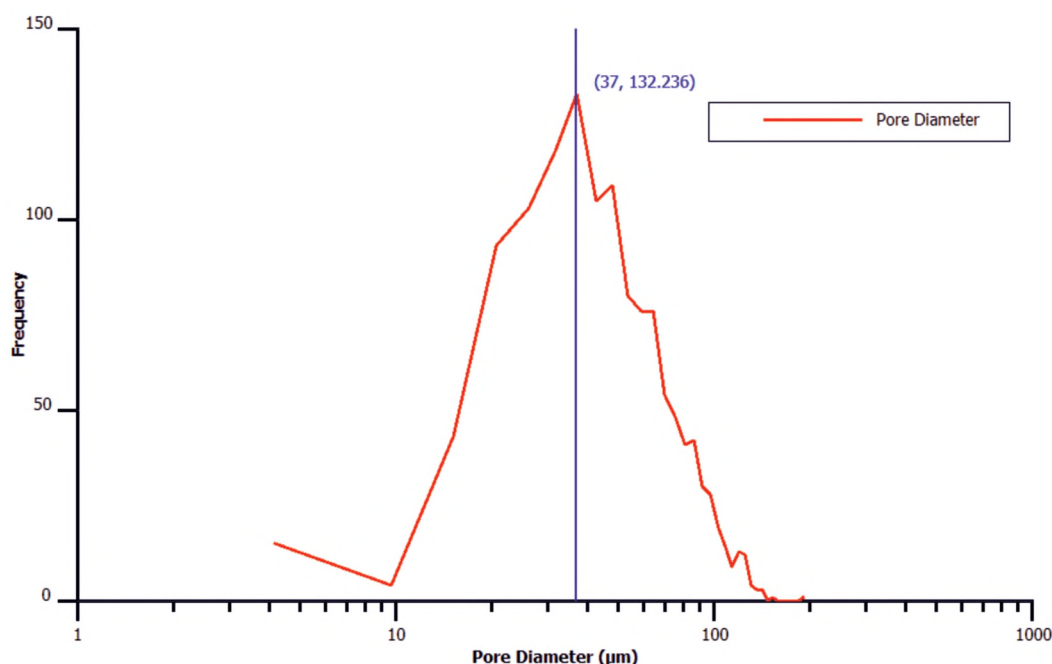


Figure 3. Pore size distribution curve for sample H-01. Dominant pore size is around 35–40  $\mu\text{m}$

allow for comparison of the experiments to be conducted. This means that the rock samples for each of the three sets of rock samples will be the same. In carrying out flow experiments, we only vary the injectant and the injection conditions in a laboratory-controlled setup while the sample remains unchanged. The injectant will vary in the size and concentration of dissolved solid matter as guided by the various pore sizes from microCT investigations. Observations will then be made on the pressure changes at the effluent. The critical conditions will be identified upon analysis of the experimental results. The experiment will be repeated using natural samples for validation.



A conclusion and recommendation will be made regarding the appropriate measures to allow successful reinjection into the real field environment for this type of rock.

## References

- BÉLTEKY, L. 1975: Problems related to operating thermal wells subject to scaling in Hungary. – *Geothermics* 4/1–4, 57–65. [https://doi.org/10.1016/0375-6505\(75\)90009-7](https://doi.org/10.1016/0375-6505(75)90009-7)
- HALISCH, M., STEEB, H., HENKEL, S. & KRAWCZYK, C. M. 2016. Pore Scale Tomography and Imaging: Applications, Techniques and Recommended Practice. *Solid Earth*, 7, <https://doi.org/10.5194/se-7-1141-2016>
- ISHUTOV, S., HASIUK, F. J., FULLMER, S. M., BUONO, A., GRAY, J. N. & HARDING, C. 2017: Resurrection of a reservoir sandstone from tomographic images using 3-D Printing. – *AAPG Bulletin* 101/9, 1425–1443. <https://doi.org/10.1306/11111616038>
- SEIBT, P. & WOLFGRAMM, M. 2008: Practical Experience in the Reinjection of Thermal Waters into Sandstone. – Workshop for Decision Makers on Direct Heating Use of Geothermal Resources in Asia, 11–18
- SZANYI J., MEDGYES T., KÓBOR B. & PÁL-MOLNÁR E. (eds) 2015: Technologies of injection into sandstone reservoirs: best practices, case studies. – *GeoLitera*, Szeged, 156 p.



## Szeged környéki szénhidrogén- és termálvíztermelés hatása a Dunántúli Formációcsoport nyomásviszonyaira

PINJUNG ZSOLT<sup>1,\*</sup>, MIKITA VIKTÓRIA<sup>1</sup>, KOVÁCS BALÁZS<sup>1</sup>, SZANYI JÁNOS<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Miskolci Egyetem Környezetgazdálkodási Intézet,  
<sup>2</sup>SZTE TTIK Ásványtani, Geokémiai Kőzettani Tanszék  
 \*pinjungzs@gmail.com

Szeged környezetében található, az 1600–2600 m mélységközben fekvő, ún. kompációs anti-klinálisban települt Alföldi és Dunántúli Formációcsoporthoz tartozó medenceüledékek több mint 70 olaj- és földgáztelepet tartalmaznak. A Dunántúli Formációcsoport üledékei ugyanakkor geotermikus rezervoárként is szolgálnak, melyet egyre növekvő számú termálkút csapol meg. Mivel az üledékes medence homokos összletei horizontális és vertikális irányban is hidraulikai kapcsolatban állnak egymással, ezért, ha a rendszer bármely pontjában megváltoztatjuk a pórusokban a nyomást (fluidum termeléssel vagy visszasajtolással), a kialakuló nyomásváltozások a medence egészében megfigyelhetők. Ezt a tényt az 1986-ban, majd 2010-ben elvégzett egymásrahatás-vizsgálatok igazolták.

A szegedi termálrendszer, valamint a dél-alföldi termálkutak vízszintadatai alapján megállapítható, hogy a vizsgált területen közel 100 m nyugalmi vízszintcsökkenés jött létre az elmúlt 50 évben, amely nem magyarázható csak a hévíztermeléssel.

A szénhidrogén és a termálvíztermelés hatásainak vizsgálatára, valamint az egymásra hatás mértékének meghatározására egy regionális léptékű, nagy felbontású hidrodinamikai modellt építettünk.

Eredményeink alapján a termelőkutak hatása elhanyagolható, a szénhidrogén-bányászat sokkal nagyobb depressziót okozott, amit csak kismértékben befolyásolt a geotermikus rendszerek termelése. Mindezek alapján a termálvíz-hasznosítás fejlesztését, jövőbeli fenntartását a szénhidrogén-bányászat jelentette peremfeltétel-rendszer ismeretében és figyelembevételével kell elvégezni.



## Geoturizmus, mint lehetőség és küldetés a Bakony–Balaton UNESCO Globális Geoparkban

SÁRDY JULIANNA

Balaton-felvidéki Nemzeti Park, sardyjulia@bfnp.hu

Amikor nekiültem előadásom vázlatának megírásához az volt az eredeti elképzelésem, hogy egy nem túl hosszú, nem túl részletekbe menő földtudományi összefoglalóval közelítek rá a témára, tehát kezdem a Bakony–Balaton UNESCO Globális Geoparkban fellelhető földtani képződményekkel és a terület fejlődéstörténetével. Egy hivatkozásokkal teletűzdelt gyűjtőmunkán alapuló földtani összegzésre gondoltam. De ahogy elkezdtem írni, elkezdett a tollamból valami más folyni. Szinte észre sem vettem, mikor váltottam át egy merőben más megközelítésre. Több mint 10 év terepi munka, több száz geotúra vezetés után szembesültem azzal, hogy képtelen vagyok leválasztani a helyszíneket az ott átélt, sok esetben ismétlődő, de mégis mindig más, egyszeri és megismételhetetlen eseményekről. Képtelen vagyok lefejtani a kőzetekről és feltárásokról az ott mozgó, kérdező, szellemi értékeket és érzéseket felém nyújtó, engem is tanító, és nekem is rengeteg inspirációt adó embereket. Ugyanúgy nem tudom leszedni a mészkősziklákról a tavasz nyíló virágát, a nyár kék torkú, nászruhás gyíkját. A bazalt tanúhegyeken járva nem tudom elvonatkoztatni az egykori vulkánosságot az őszi szőlők látványától és képtelen vagyok nem belelátni a geodiverzitás fogalmába a téli napfényben ragyogó Árpád-kori templomokat.

Ezért úgy döntöttem marad minden egyben: a kimeríthetetlen természeti – kultúrtörténeti miliő és a befogadó közönség által inspirált és ihletett pedagógiai munka. Összefonódva, elválaszthatatlanul és magától értetődően holisztikusan. Így teljes, így működik, így kívánom bemutatni előadásomban.

### Geohelysín, mint információs rezervoár

A 3244 km<sup>2</sup>-es kiterjedésű Bakony–Balaton UNESCO Globális Geopark földtani sokszínűsége nemzetközi összehasonlításban is kiemelkedő (1. ábra).

Határain belül négy nagytáj találkozik egymással, melyben a Balaton is meghatározó tényező. Ezért a geodiverzitást (geológiai sokszínűséget) domborzati, éghajlati és vízrajzi változatosság kíséri. Biológiai és kultúrtörténeti sokszínűségére az előadásban kitérünk.

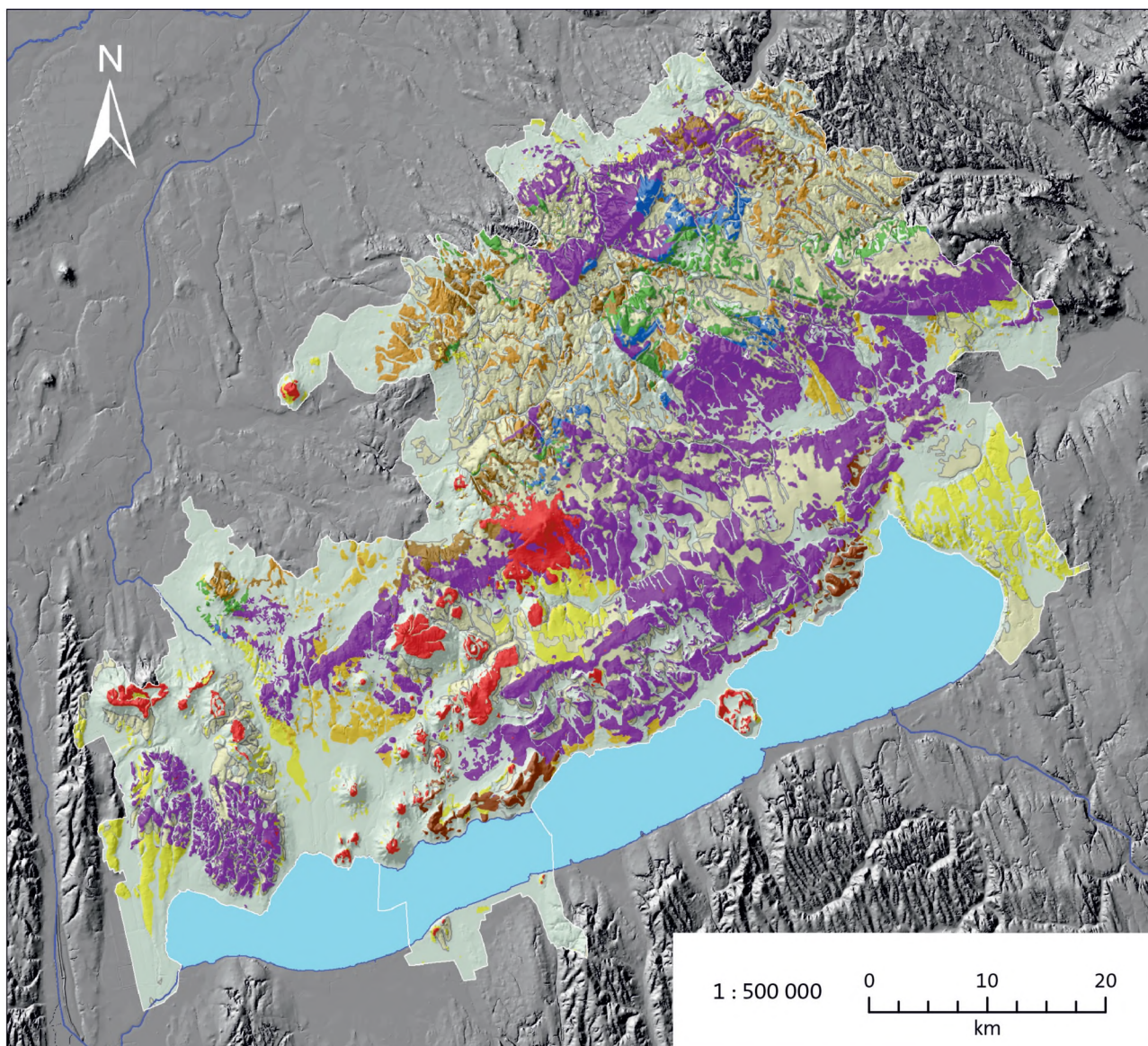
A Geoparkban jelenleg közel 50 geohelysín (geotóp, geosite), illetve azok csoportjai őrzik az egyetemes földtörténet mintegy 440 millió évének geológiai múltját, s ez az adottság geoturisztikai szempontból (is) felbecsülhetetlen értéket képvisel, kivételes lehetőségeket hordoz.

Ez a páratlan komplexitás diverzitás minden léptékben megnyilvánul és bemutatható. Az alábbi mottó érvényes a Geoparkban:

- „Ha be szeretnéd járni, és meg szeretnéd tapintani bolygónk 440 millió évének geohely- színeiben eltárolt információját járd be a Bakony–Balaton Geopark egészét! 3244 km<sup>2</sup>-en meg- találod mindezt.
- Ha egy heted van, járd be a 82 km<sup>2</sup> területű Káli-medencét!
- Ha 1 órád van, menj el a Kis-dörgicsei templomromhoz, melynek kőből rakott falai között 100 m<sup>2</sup> területen láthatod, tapinthatod ezt a hatalmas időt!
- Ha csak egyetlen perced van, tedd rá a kezed a tihanyi Barátlakások falára: itt a robbanásos







1. ábra. A Bakony-Balaton UNESCO Geopark egyszerűsített földtani térképe (szerk. KORBÉLY BARNA 2012)

bazaltvulkanizmus által felhozott, természetes kőzet- és ásványgyűjtemény akár 440 millió évet sűrít a tenyered alá! A Geopark egyes térségei – sokaságuknak és változatos megjelenésüknek köszönhetően – kimeríthetetlen „információ rezervoárok” a geoturizmus számára.

### **Természeti-kulturális környezet, mint holisztikus módon megnyilvánuló milió**

Egy mészkőszurdok bükk erdőjének templomában járva, vagy egy Árpád-kori templomrom falai között természetes módon megérint minket a „hely szelleme”, az értelmi attitűd mellett egyfajta érzelmi kötődés is magától értetődően kialakul, ennek az érzésnek a lényegét talán az alábbi indián ima világítja meg a legszebben:

*„Szépségben járok, szépség előttem, szépség mögöttem, alattam és felettem.”*

Egy a pannon-kötengerben, vagy Balatonudvari temetőjének szív alakú sírkövek között elhangzó monda szintén elemi erővel hat előadóra és hallgatóságra egyaránt.

Egy adott helyszínhez kötődő ember meghívása a programra – legyen ő az egykori Mangán Kft.

|   |    |  |
|---|----|--|
|    | 1  | Negyedidőszaki folyóvízi homok, agyag; tavi iszap; mocsári agyag, tőzeg; lejtőüledékek   |
|    | 2  | Pleisztocén lösz fosszilis talajokkal  |
|    | 3  | Miocén–pliocén bazalt, piroklasztit  |
|    | 4  | Felső-miocén Pannon-tavi üledékek: aleurit, homok, agyag, abráziós kavics, édesvízi mészkő, kovás homokkő                          |
|    | 5  | Miocén tengeri agyag, agyagmárga, homokkő, kavics; sekélytengeri biogén mészkő   |
|    | 6  | Oligocén folyóvízi tarkaagyag, homok, kavics   |
|    | 7  | Eocén nyílttengeri márga; sekélytengeri foraminiferás mészkő, barnakőszén  |
|    | 8  | Kréta sekélytengeri krinoideás és kagylós mészkövek; pelágikus márga, agyagmárga; platform- és zátonymészkő, bauxit, barnaszén     |
|    | 9  | Jura mélyebb tengeri mészkövek (ammonitico rosso), tűzköves mészkő, radiolarit, mangánérc  |
|  | 10 | Triász sekélytengeri márga, dolomit; medencefáciesű mészkövek és márgák, tűzköves mészkő; platform földolomit és dachsteini mészkő |
|  | 11 | Perm alluviális vörös homokkő, aleurit, konglomerátum  |
|  | 12 | Ordovicium–szilur kvarcfillit, agyagpala, metabazalt, metariolit   |

ügyvezető igazgatója, vagy a falu nyugdíjas bányásza – nyilván teljesen más tartományban fogja gazdagítani az információinkat, de amiben meg-egyeznek, hogy mindketten hitelesek és elkötelezettek. Ebben az esetben ez az, ami elemi erővel hat ránk.

A továbbiakhoz definiálnom kell a fenntartható ismeret fogalmát: fenntartható ismeret alatt az ismereteknek azt a minőségi szintjét értem, amelyet a terepi programot adó geoturisztikai szakember/környezeti nevelő egy adott módszerrel közvetít a felhasználók körének.

## Fenntartható ismeretátadás terepen

### A célközönség

A minőségi tanítás és tanulás hajtóereje a motiváció kialakulása, amelynek alapfeltétele az élmény, a katarzis. Ebben az összefüggésben nemcsak a pedagógusok és a diákok, hanem minden terepi programra nyitott és nyitható ember célközönségnek számít. Így, a geotúra vezetés és a környezeti nevelés nem választható szét.

A fenntartható ismeretek elsajátításának lehetősége minden turizmusban részt vevő ember-társunkra kiterjeszhető.

### A geotúra-vezető/környezeti nevelő eszköztára

A geoturisztikai szakember által irányított terepi programok alkalmával a felhasználók élményszinten találkozhatnak az ismeretterjesztő irodalomban a médiában vagy egyéb kommunikációs

csatornáknak szereplő fogalmakkal, folyamatokkal, terepi körülmények között, „in situ” helyzetben.

A Koloska-völgyben például a teraszképződés és völgyfejlődés témaköre egy kétórás sétával tökéletesen látható és megérthető, ha a geotúra-vezető megtanítja „olvasni” a kapcsolódó formakincset a tájban látható konkrét példák segítségével. Emellett arra is lehetőség van, hogy múltbeli folyamatokat kapcsoljanak össze az ezeknek eredménye képen kialakult, napjainkban látható formakincessel.

Hatalmas élményt lehet elérni minden korosztálynál, mikor rávezetjük őket, hogy ha gondolatban visszaépítjük a Hegyestűt a 8 millió évvel ezelőtti állapotába, akkor a csoport milyen mélyen lenne az egykori felszín alatt (valahol a vulkán kürtőjében állna).

Laminált fotók és ábrák segítségével a terepen bemutatathatók: a különböző ősföldrajzi környezetek, földtani térképek és szelvények, földtörténeti térképsorozatok, őslények, továbbá különféle épületek (templomok, várak stb.) rekonstrukciói.

Továbbá, elvégezhetünk néhány egyszerű terepi kísérletet (10%-os sósavval történő cseppentést a karbonátos kőzetek megkülönböztetésére, karcolást az ásványok keménységének demonstrálására stb.), vagy modellezhetünk földtani eseményt (például vulkánkitörést).

A Geopark kitelepülésénél nagy népszerűségnek örvendenek a fenti attrakciók.



A Vándorgyűlésen két program kerül rövid bemutatásra:

– a Fenntarthatóság Hét keretében, Nemesvámoson, óvodás korcsoportnak megtartott terepi program;

– szakirányú egyetemi hallgatóknak megszervezett földtudományi – geoturisztikai terepgyakorlat a Bakony – Balaton UNESCO Geopark területén.

### Záró gondolatok

A terepen megvalósított programoknak a környezeti-nevelés és a geoturizmus témakörén túlmutató küldetése az, hogy korunk aktuális kihívásait és a társadalmunkra nehezedő globális problémákat enyhíti, részben megoldja. Az emberiség egyik legnagyobb értéke és ereje az egyének közötti kapcsolatokban, amelynek elsorvadásával megy szembe ez a tevékenység.

Hiszem, hogy a szakterületen munkálkodó társaink odaadó munkája, ötletei, és mindenekelőtt egymást és a célközönséget segítő összefogása végül is jó irányba fordítja a jelenlegi tendenciákat.

### Irodalom

BUDAI T., FUTÓ J., VERS J., SCHLEICHER V. & KORBÉLY B. 2021: Bakony – Balaton UNESCO Globális Geopark – jóval több, mint földtani csodaország. – In: TARDY J. (szerk.): Geoparkok Magyarországon. A Magyar Természettudományi Társulat tanulmánykötetei V., MTT, Budapest, 128–225.





## Geotermia – Feltámadás?

SZANYI JÁNOS

SZTE TTIK Ásványtani, Geokémiai Kőzettani Tanszék  
szanyi@iif.u-szeged.hu

Hazánk energiamérlegében a fűtés-hűtési célú energiafelhasználás az összenergia mintegy 40%-át teszi ki, ami közel 400 PJ. Ennek túlnyomó része, 88%-a, földgáz alapú.

Szakértők és szakmai szervezetek közreműködésével 40 éves programot állítottunk össze, bizonyítva, hogy megújuló energiák – különösen a geotermikus energia – hasznosításával számottevően csökkenthető a földgázimport. A projekt végrehajtásának időtartama a finanszírozás növelésével természetesen rövidíthető, akár meg is felezhető.

Első feladat az energiahatékonyság növelése, a felhasznált energia csökkentése. A közel 4 millió ingatlan energiahatékonysági javítása minimum 100 PJ hőigénycsökkenést jelent. Ezt követné a hazai primer energiafajták részesedésének növelése a hazai energiamixben. Ennek eredményeképpen a földgázfelhasználás 30%-ra csökkenne, míg a geotermikusenergia- hasznosítás a mostani mintegy 1,5%-ról 18%-ra emelkedne. Mind a sekély (hőszivattyú) mind a mélygeotermia versenyképességét csak fokozza a gáznál lényegesen olcsóbb üzemeltetési költsége. A projekt komplex, azontúl, hogy dinamizálná a gazdaságot, végrehajtásával évi 3,5 millió t CO<sub>2</sub> kibocsájtáscsökkenés lenne elérhető, fenntartható módon.

Az előadásban elsősorban a földhőhasznosításhoz kapcsolódó földtani, jogszabályalkotási, szakemberképzési, kutatás-fejlesztési elemeket mutatom be, a mai viszonyokra aktualizálva.



## Rendkívül időszerű problémákról

SZARKA LÁSZLÓ

Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet, szarka@ggki.hu

Richard Smalley Nobel-díjas kémikus „energia → édesvíz → termőföld (élelmiszer) → környezet → társadalmi kérdések” sorrendje (SMALLEY 2003) a társadalmi stabilitás természeti előfeltételeit hangsúlyozza és rangsorolja. Energia birtokában előállítható édesvíz, energia és édesvíz rendelkezése állása esetén megművelhető a talaj. Ha van inni- és ennielő, jobban törődhetünk környezetünkkel, majd olyan társadalmi kérdésekkel, mint népesség, oktatás, egészségügy, kultúra stb. A Föld bolygó nemzetközi éve (2007–2009) idején SMALLEY rendszerébe beemeltük az ásványi nyersanyagokat (pl. SZARKA, BREZSNYÁNSZKY 2013). SMALLEY rendszerezése logikus, és a földtudományokat az őket megillető helyre sorolja. Szöges ellentétben állt az ENSZ akkori (ún. millenniumi) fejlesztési céljaival, de még inkább a 17 keszekusza célból álló, ún. fenntartható fejlesztési ENSZ-célkitűzésekkel (Sustainable Development Goals, „SDG”). Az SDG-időszak 2015-től 2030-ig tart, és az ún. Agenda 2030 része lett. A nyugati világ intézményrendszerében sajnos az SDG követése lett az elvárás. A 13. számú (azóta a többihez képest messze kiemelt) célkitűzés például a klímaváltozás elleni fellépést sürgeti („Sürgősen cselekedni a klímaváltozás és hatásai leküzdése érdekében”). A nemzeti kormányok kezét a 2015. decemberi Párizsi Klímamegállapodásban elfogadott klímacéllal – miszerint a globális átlaghőmérséklet 2 °C-al, de lehetőleg 1,5 °C-al ne haladja meg az ipari forradalom előtti globális átlaghőmérsékletet – a kormányok kezét gúzsba kötötték (2016. évi L. törvény 2. cikkely, 1a). Abból indulnak ki, hogy a klímaváltozást az emberi üvegházgáz-kibocsátás okozza. A párizsi klímacélra épült az Európai Bizottság „széntelenítési” (dekarbonizációs) klímacélja, ami lényegében az összes prométheuszi, azaz fosszilis energiaforrás (szén, kőolaj, földgáz) megvonását jelenti. A dekarbonizációs klímacél már csak azért is irracionális, mert a Föld belsejének mintegy egy százaléka szén. Ez tízezer ppm-et (milliomod részt) jelent, miközben a légkörben jelenleg mindössze 420 ppm-nyi szén-dioxid található. A klímacélok erőltetésével a reális és konkrét környezeti (levegővel, vízzel, talajjal, a növény- és az állatvilággal kapcsolatos) kérdések sajnos másodrendűvé süllyedtek, illetve minden ilyen problémát a klímaváltozás állítólagos hatásaként tárgyalnak.

A mai világpolitikát – az ENSZ-től a Világgazdasági Fórumon (WEF) át az Európai Unióig – a klímaváltozás elleni küzdelem határozza meg. Miközben a klímaváltozás fogalmát az UNEP (ENSZ Környezeti Program) az UNFCCC-ben (ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezmény) zavarossá tette. Olyan meghatározást vezettek ugyanis be, amely révén mindenféle tényleges éghajlatváltozás elkönnyelhető az antropogén CO<sub>2</sub>-kibocsátás következményeként. („Éghajlatváltozás jelenti az éghajlat megváltozását, ami közvetlenül vagy közvetve a globális légkör összetételét módosító emberi tevékenységnek tudható be, és ami az összehasonlítható időtartamokon belül megfigyelt természetes éghajlati változékonyságon túli járulékos változásként jelentkezik.” 1995. évi LXXXII. törvény 1. cikkely, fogalom meghatározások)

Az ENSZ 2019. szeptember 23-ai klímacsúcsán (Greta THUNBERG jelenlétében, aki erre az alkalomra vitorlázta át az Atlanti-óceánt) kinyilvánították, hogy „a világot megváltoztató”, transzformatív klímaakciókra van szükség. (2019. szeptember 17-ei Föld és ember című MTA rendes tagsági

székfoglalómon nem a levegőbe beszéltem, amikor megvalósíthatatlan rögeszméről és ránk kényszerített emberellenes nézetekről szóltam). 2019. december 19-én az Európai Bizottság közzétette az European Green Deal (Európai Zöld Megállapodás) tervét, hogy 2050-re az Európai Unió lehessen „az első klímasemleges kontinens”. (Angolul így hangzik: „to transform the European Union into the first climate neutral continent by 2050”). Ekkor már nyakunkon volt a Covid-19. 2020 júniusában aztán a transzformatív jelző könyvalakban öltött testet (Schwab & Mallerey 2020). 2020–2021-ben számos politikus (köztük az Európai Bizottság elnöke) üdvözölte e világprogramot. Az ENSZ-, EU- és WEF-dokumentumok között teljes az összhang, beleértve az IPCC 2021-es, hatodik jelentésének döntéshozói összefoglalóját is. Az IPCC szerint a jelenlegi felmelegedés példátlan, és azt az ember üvegházgáz-kibocsátása okozta (IPCC 2021). Az első állítás véleményem szerint a paleoéghajlat (mindenekelőtt a geológia) megcsúfolása, a második a természet lehetséges éghajlatbefolyásoló folyamatainak (így a geofizika) semmibe vétele. Az éghajlat okaira vonatkozó következtetések csak azért látszanak biztosnak, mert az alternatív idősorok közül csak az IPCC által erőltetett konszenzust alátámasztó változatokat fogadják el (CONNOLLY et al. 2021, SZARKA 2021a, b, c, d, e).

A nyugati világ energiapolitikája a globális klímapolitika alá van rendelve. (Sőt, ma már a polgári létezés minden szegmense is.) Elfelejtik és kiforgatják az energia-megtérülési mutató (EROI: Energy Return On Investment) és a nettó energianyereség lényegét, pedig ezek a lehető legszükárabban – sőt attól függetlenül, hogy mit gondolunk a klímaváltozás okaitól – mutatnak rá, hogy az energiaellátó rendszerekben mely energiatípusok hatékonyak (atom, víz, fosszilis), és melyek (nap, szél) nem.

További kulcskérdés, hogy elismerjük-e: az ember természetbe történő beavatkozása pozitív előjelű is lehet. Ha igen, akkor lehet okunk a Föld eltartóképeségét illetően is optimistának lenni.

Mindennél fontosabb tehát, hogy idehaza teljes őszinteséggel tárjuk fel a klímaváltozás lehetséges okaival és a Föld eltartóképeségével kapcsolatos tényeket és felismeréseket. (Ne a magas impakt faktorú tudományos folyóiratok elvárásaihoz, hanem az igazságkeresés követelményeihez igazodva.) Az energia- és nyersanyag-politikát, a víz- és környezetügyet (a SMALLEY-lista mindegyik természeti elemével való foglalkozást) patrióta felelősségtudatnak kell(en)e áthatnia. Ezt lenne jó tükröznie a tudomány- és kutatásszervezésnek is. A radikális zöldpolitika zsákutcáját (nevezetesen, hogy a hálózatra kötött szél- és napenergia anyag-, és energia- és pénzfaló, valamint felfokozottan természetpusztító), már mások is látják az Akadémián (BALAVÁNY 2022). Azt, hogy klímapolitika alapjaiban értelmetlen, következésképpen a klímaváltozáshoz alkalmazkodni kell, és nem „küzdeni ellene”, abban egyelőre kisebb az egyetértés, legalábbis a nyilvánosság előtt.

A legteljesebb diagnózist véleményem szerint a CLINTEL (Klímaintelligencia) csoport klímapolitikai állítása állította fel, miszerint 1. Nincs klímavészhelyzet; 2. Természetes és emberi tényezők is okoznak melegedést; 3. A felmelegedés lassabb az előre jelzetté; 4. A klímapolitika téves modellekből indul ki; 5. A CO<sub>2</sub> a növények tápanyaga, minden földi élet alapja; 6. A globális felmelegedés nem növelte a természeti katasztrófák számát és intenzitását; 7. A politikának figyelembe kell vennie a tudomány és a gazdaság realitását (CLINTEL 2019, Berkhout 2022).

## Irodalom

- BALAVÁNY Gy. 2022: Interjú Gelencsér Andrással. – <https://24.hu/belfold/2022/06/10/nyersanyagok-globalis-krizis-klimavaltozas-gelencser-andras-interju/>
- BERKHOUT G. 2022: Az energiaátmenetet tapasztalt mérnökökre kell bízni 1–2. – *Magyar Hírlap* 2022. 03. 28–29. Angol eredeti: <https://clintel.org/az-energiaatmenetet-tapasztalt-mernokokre-kell-bizni/>
- CLINTEL 2019: World Climate Declaration. – <https://clintel.org/world-climate-declaration/>, Magyarul: <https://clintel.org/hungary/>
- CONNOLLY, R., SOON, W., CONNOLLY, M., BALIUNAS, S., BERGLUND, J., BUTLER, C. J., CIONCO, R. G., ELIAS, A. G., FEDOROV, V. M., HARDE, H., HENRY, G. W., HOYT, D. V., HUMLUM, O., LEGATES, D. R., LUNING, S., SCAFETTA, N., SOLHEIM, J.-E., SZARKA, L., VAN LOON, H., VELASCO HERRERA, V. M., WILLSON, R. C., YAN, H. & ZHANG, W. 2021: How much has the



- Sun influenced Northern Hemisphere temperature trends? An ongoing debate. – *Research in Astronomy and Astrophysics* 21/6, 131. Magyarul: CONNOLLY R. et al. 2021: Mennyire befolyásolja a Nap az északi félteke hőmérsékletének alakulását? A jelenleg zajló vita. – *Geomatikai Közlemények* 24, 45–127.
- HERNÁDI Zs. 2022a: Ne félj a széntől! – *Magyar Demokrata* 26/31, 20–24.
- HERNÁDI Zs. 2022b: A jólét alapja az energia. – *Magyar Demokrata* 26/32, 20–23.
- IPCC 2021: Summary for Policy Makers, Sixth Assessment Report (AR6) [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_SPM.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf)
- PAPP E. 2022a: A Sors szimfóniája. – *Karc FM*, 2022. 05. 29. <https://karcfm.hu/adas/2022052913-a-sors-szimfoniaja/>
- PAPP E. 2022a: A Sors szimfóniája. – *Karc FM*, 2022. 06. 12. <https://karcfm.hu/adas/2022061213-a-sors-szimfoniaja/>
- PAPP E. 2022a: A Sors szimfóniája. – *Karc FM*, 2022. 07.17. <https://karcfm.hu/adas/2022071713-a-sors-szimfoniaja/>
- SCHWAB K. & MALLEREY T. 2020: COVID–19: The Great Reset. – Forum Publishing, <http://reparti.free.fr/schwab2020.pdf>
- SkyNews 2022: Elon Musk says 'civilisation would crumble' if sourcing oil and gas in the short term suddenly stops. 2022. 08. 29. <https://news.sky.com/story/elon-musk-says-civilisation-would-crumble-if-sourcing-oil-and-gas-in-the-short-term-suddenly-stops-12684700>
- SMALLEY, R. 2003: Top Ten Problems of Humanity for Next 50 Years. – Energy & NanoTechnology Conference, Rice University, May 3, 2003.
- SZARKA L. & BREZSNYÁNSZKY K. 2012: Globális környezeti alapkérdésekről. – In: BARANYI B. & FODOR I. (szerk.) Környezetipar, újraiparosítás és regionalitás Magyarországon. Pécs, MTA KRTK Regionális Kutatások Intézete, 355–362.
- SZARKA L. 2021a: Föld és ember. – *Magyar Belorvosi Archivum* 74/1, 8–27. Készült: a 2019. szeptember 17-én elhangzott MTA rendes tagsági székfoglaló előadás szövege alapján.
- SZARKA L. 2021b: Klímatudomány és földfizika. – *Magyar Geofizika* 62/1, 7–26.
- SZARKA L. 2021c: Az ég hajlatán. Barcza Szabolcs (1944–2021) munkásságának éghajlatkutató fejezete. – *Magyar Geofizika* 62/4, 239–247.
- SZARKA L. 2021d: 140 év távlatából – A légköri szén-dioxid-szint változásai. – *Természet Világa* 152/9, 391–396.
- SZARKA L. 2021e: Albedómérés földfényel. – *Fizikai Szemle* 71/11, 375–379.
- SZARKA L. 2022a: Magyar Hírlap-véleménycikkek. (magyarhirlap.hu, Szerző: SZARKA L. Cs., Rovat: Vélemény)
- SZARKA L. 2022b: A tudomány őszinteségre kötelez. – *Magyar Demokrata* 26/34, 50–51.
- SZARKA L. 2022c: Klíma- és energiapolitika, geofizikus szemmel. – 54. Bányagépészeti és Bányavillamosági Konferencia, Balatonyörök, 2022. szeptember 29–30.



## Milyen mértékben lehet a geotermikus energia gyors bővítésére számítani a jelenlegi energiaválságban?

SZONGOTH GÁBOR, KOVÁCS ATTILA CSABA, GALSA ATTILA, HEGEDÜS SÁNDOR

Geo-Log Kft.

A jelenlegi energiaválságban fokozottan előtérbe fog kerülni a geotermikus energia felhasználásának növelése. Ez eddig is napirenden volt a zöldenergia részarányának növelése érdekében, de a központi akarat (támogatás) csak periodikus volt. Most a tényleges energiaszűkösség idején nyilván jelentős elvárás a geotermia gyors fejlesztése és anyagi erőforrást is fog biztosítani erre a kormány. Azonban az elhatározás és a beruházási források biztosítása nem elegendő.

Az előadás a gyors növekedés akadályait mutatja be egy a geotermiában jártas kútvizsgáló cég tapasztalatai alapján. Az előadás második részében kitérünk a legsürgősebb teendőkre a magyarországi geotermikus potenciál minél jobb kihasználása érdekében.



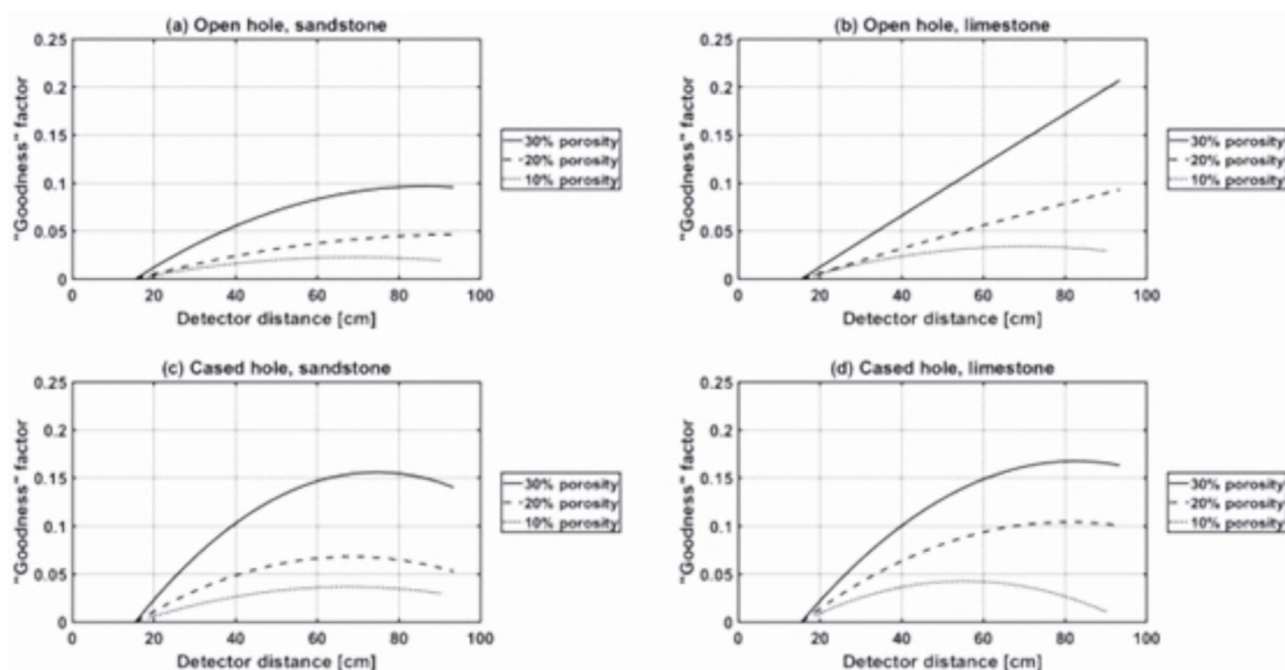
# Szén-dioxid tározók nukleáris mélyfúrás-geofizikai módszerrel történő vizsgálatának modellezése

SZÜCS JÓZSEF GÁBOR, GALSA ATTILA, BALÁZS LÁSZLÓ

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Geofizikai és Űrtudományi Tanszék

Tudományos tény, hogy az antropogén szén-dioxid-kibocsátás hatással van az éghajlatváltozásra. Így a klímavészhelyzet megelőzése és természeti értékeink védelme közös feladatunk. 2020-ban csak Magyarországon 40 Mt volt a CO<sub>2</sub>-gázemisszió (European Environment Agency). A klímavédelem egyik lehetséges eszköze a szén-dioxid – különböző geológiai szituációkban kialakult – természetes rezervoárokban történő tárolása. Egy ilyen projekt sikeres véghezviteléhez elengedhetetlen az injektált CO<sub>2</sub> monitorozása, mely – többek között – történhet mélyfúrás-geofizikai szelvényezéssel is (pl. MARTENS et al. 2013). Ehhez olyan mérésre van szükség, ami amellet, hogy érzékeny a szén-dioxid megjelenésére a pórusrésben, béléscsövezett fúrólukban is alkalmazható. A neutronforrást használó módszerek nagy behatolási mélységüknek és a béléscsőre való kisebb érzékenységüknek köszönhetően, megfelelnek a feladatra.

A CO<sub>2</sub> tározók monitorozására irányuló kutatást megelőzően, megtörtént a neutron-gamma elven alapuló szén-oxigén arány mérés szintetikus modellezése, érzékenyégvizsgálata (1. ábra) szénhidrogénipari felhasználáshoz (SZÜCS, BALÁZS 2022). Ez kiterjedt a szonda körül kialakuló neutron- és fotonter tanulmányozására is. Az eredmények tanúsága szerint a különböző modellparaméterek (pl. litológia, béléscső megléte) eltérő módon, és mértékben befolyásolják a részecskefluxus alakulását az eszköz körül:



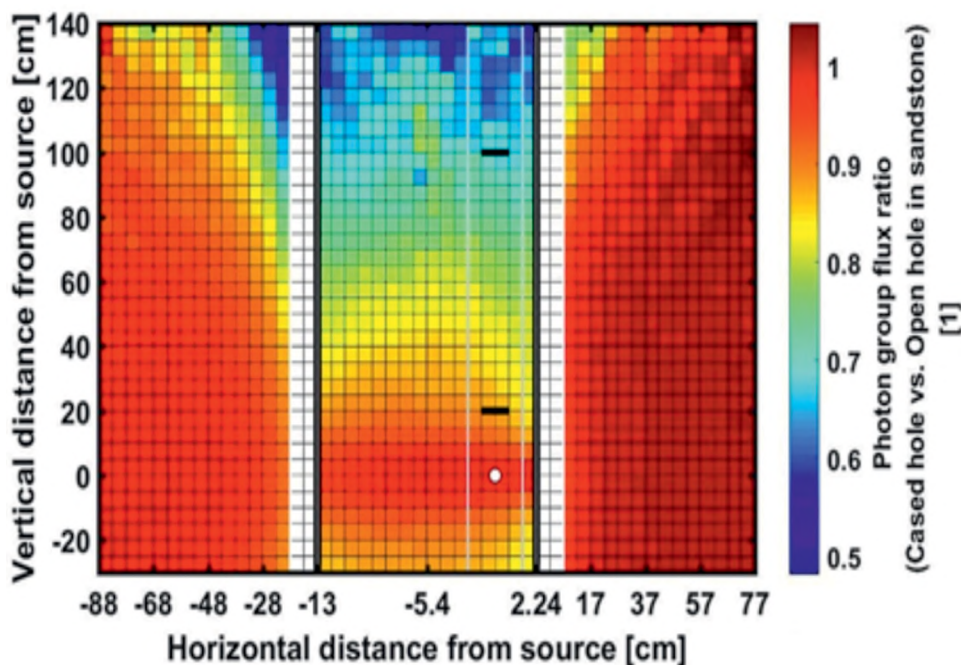
1. ábra. A szén-oxigén-arány mérésből történő olajsaturáció és fúróluk olajtartalom (oil holdup) meghatározás „jósága” különböző szituációkban a detektor geometria függvényében. (a) béléscsövezetlen fúróluk, homokkő, (b) béléscsövezetlen fúróluk, mészkő, (c) béléscsövezett fúróluk, homokkő és (d) béléscsövezett fúróluk, mészkő (SZÜCS, BALÁZS 2022)



– Tiszta homokkő tározóhoz képest, mészkőben kisebb részecskeáramra lehet számítani. Ez a neutronok által rugalmatlan szórással keltett fotonfluxusnál 20–30% különbséget jelent.

– A rezervoár porozitásának csökkentése a modellben szintén a detektoroknál megjelenő fotonfluxus csökkenésével jár.

– Az előzetes várakozásoknak megfelelően a neutronok viszonylag könnyen áthaladnak a bélés-csővezésen, így a neutronok által keltett fotonterben nincs jelentős változás a kőzetben. Ugyanakkor a fúrólukban kisebb fotonfluxus mérhető a nagy sűrűségű bélés-cső „árnyékoló” hatása miatt (2. ábra).



2. ábra. Foton csoportfluxus (>4,19 MeV) aránya bélés-csővezett és bélés-csővezetlen fúróluk esetén. A fehér szín a cementet jelöli. Modellparaméterek: 30%-os porozitás, homokkő, olajsaturáció = 1, a fúróluk folyadék víz (Szűcs, BALÁZS 2022 után)

A rezervoárba injektált szuperkritikus állapotú  $\text{CO}_2$  – a fentiekhez hasonlóan – szintén megváltoztat olyan petrofizikai paramétereket, ami befolyásolja a részecsketranszportot:

Módosul a teljes kőzet elemi összetétele, így a rá jellemző mikroszkopikus hatáskeresztmetszet foton- és neutronreakciókra egyaránt.

– Megváltozik a kőzet sűrűsége (szuperkritikus  $\text{CO}_2$  sűrűsége  $\sim 0,7 \text{ g/cm}^3$ ).

– Az előadásban szintetikus modelleredményeken keresztül mutatjuk be, hogyan lehet egy tiszta vizes tározóba injektált  $\text{CO}_2$  mennyiségét különböző modellparaméterek (pl. litológia, porozitás) mellett nyomon követni nukleáris mélyfúrás-geofizikai mérés segítségével.

## Irodalom

European Environment Agency, *EEA greenhouse gases – data viewer*, Elérési idő: 2022.08.10. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer>

MARTENS, S., LIEBSCHER, A., MÖLLER, F., HENNINGES, J., KEMPKA, T., LÜTH, S., NORDEN, B., PREVEDEL, B., SZIZYBALSKI, A., ZIMMER, M., KÜHN, M. & Ketzin Group 2013:  $\text{CO}_2$  Storage at the Ketzin Pilot Site, Germany: Fourth Year of Injection, Monitoring, Modelling and Verification. – *Energy Procedia* 37, 6434–6443, <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.06.573>

SZŰCS, J. G. & BALÁZS, L. 2022: Sensitivity study of C/O logging measurements by Monte Carlo method. — *Applied Radiation and Isotopes* 188, 110400, <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2022.110400>

## Töréssűrűség becslés lyukgeofizikai adatok alapján a Bodai Agyagkő Formációban

TÓTH EMESE\*, M. TÓTH TIVADAR

Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai Kar, Ásványtani,  
Geokémiai és Kőzettani Tanszék, \*emese.toth.95@gmail.com

A Bodai Agyagkő Formáció (BAF) kutatófúrásai igen tektonizált, törésekkel és erekkel átjárt kőzettestet fedtek fel (HRABOVSKI et al. 2017, 2020, 2022; TÓTH et al. 2020, 2022A, 2022B). Ezek a törések szolgálhatnak esetleges fluidumáramlási pályákként az egyébként impermeábilis kőzetben (ANDERS et al. 2014), így a BAF repedezett rezervoárnak tekinthető, amelyből azonban nem a fluidum kitermelése a cél, hanem hulladéktároló formációként a szennyezőanyagok kőzettesten belül tartása. A repedésészelés és a töréssűrűség pontos becslése a repedezett tározó jellemzésének egyik legfontosabb szakasza. Ez tükrözheti a törések fejlődését és konnektivitását, amelynek ismerete fontos a hulladékkelhelyezés optimalizálásában (NELSON 1985).

A töréshálózat geometriája és hidrogeológiai tulajdonságai megismerhető DFN töréshálózat-modellezés segítségével, amely egyedi törésekből felépülő modellezési módszer. Bár a BHTV adatok szilárd alapot biztosítanak a töréssűrűség kiszámításához, a régebbi fúrások esetében ez az információ gyakran nem áll rendelkezésre. Azonban jellemzően ezekben az esetekben is elérhetők a hagyományos lyukgeofizikai mérések (TOKHMCHI et al. 2010). A repedezett kőzettest, a kommunikáló töréscsoportok elhelyezkedésének és méretének, valamint a jelentős szerkezeti határok helyzetének pontosabb megértése jobban feltárható lenne, ha ezek a régi kutak is bevonhatók lennének a térbeli korrelációs vizsgálatba.

Munkánkban megkíséreljük számszerűsíteni, hogy a különböző geofizikai jellemzők milyen mértékben befolyásolják a töréssűrűséget, annak érdekében, hogy meghatározható legyen a fúrások töréssűrűsége BHTV adatok nélkül. Jelen tanulmány célja a lyukgeofizikai jellemzők és a repedéssűrűség közötti kapcsolat feltárása a Bodai Agyagkő Formációban és a módszer tesztelése két fúrásban, amelyekből elérhető BHTV adat.

A lyukgeofizikai paraméterek és a töréssűrűség közötti kapcsolatot regresszióanalízis segítségével elemeztük a BAF-4 és BAF-2 fúrásokban. Szoros lineáris korrelációt találtunk a töréssűrűség és a természetes gamma, ellenállás ( $e_{10}$ ,  $e_{40}$ ,  $l_{13}$ ), neutron porozitás és sűrűség logok között.

A regressziós egyenlettel a BAF-4 fúrás felső szakaszában  $R^2 = 0,803$  illeszkedéssel becsülhető a töréssűrűség. A tanító szakaszon megállapított korrelációs együttható segítségével a repedéssűrűség nagy pontossággal előre jelezhető a BAF-4 fúrás alsó szakaszában, illetve a BAF-2 fúrásban is. Egyes esetekben, ahol az agyagkő litológiai tulajdonságai eltérnek az átlagostól, az előrejelzés kevésbé pontos. A formációban a feké felé egyre gyakoribbá válnak a finomhomokkő-betelepülések, ez a szemcseméret-változás befolyásolja a kőzettest geofizikai tulajdonságait, mint például a neutron porozitást, a természetes gammasugárzást és az ellenállást.

A Boda Agyagkő Formációra kiszámított lineáris regressziós függvény a jövőben felhasználható a töréssűrűség meghatározására azokban a formációt érintő régebbi kutakban, ahol a BHTV nem áll rendelkezésre. Ez a megközelítés több információt nyújthat a kommunikáló törésklaszterek, törési zónák és nagy szerkezeti elemek, például vetők kiterjeszhetőségéről.



FÖLDTUDOMÁNYI  
CIVIL SZERVEZETEK  
KÖZÖSSÉGE



Nemzeti Kulturális Alap



TDE  
INTEGRATED  
SERVICES



## Irodalom

- ANDERS, M. H. 2014: Microfractures: A Review. – *Journal of Structural Geology* 69, 377–394.
- HRABOVSZKI E., TÓTH E., RAUCSIK, B., VARGA A. & SCHUBERT F. 2017: A BAF–2 fúrás töréses szerkezeti elemeinek mikroszerkezeti és cementáció vizsgálata (Bodai Agyagkő Formáció). – *Földtani. Közlemények* 147/3, 245–264.
- HRABOVSZKI, E., TÓTH, E., M. TÓTH, T., MÁTHÉ, Z. & SCHUBERT, F. 2020: Potential formation mechanisms of early diagenetic displacive veins in the Permian Boda Claystone Formation. – *Journal of Structural Geology* 138, 104098.
- HRABOVSZKI, E., TÓTH, E., M. TÓTH, T., GARAGULY, I., FUTÓ, I., MÁTHÉ, Z. & SCHUBERT, F. 2022: Geochemical and microtextural properties of veins in a potential high-level radioactive waste disposal site. – *Journal of Structural Geology* 154, 104490.
- NELSON, R. A. 1985: Geologic analysis of naturally fractured reservoirs. – Houston, Texas, Gulf Publishing, 320 p.
- TOKHMECHI, B., MEMARIAN, H. & REZAEI, M. R. 2010: Estimation of the fracture density in fractured zones using petrophysical logs. – *Journal of Petroleum Science and Engineering* 72, 206–213.
- TÓTH, E., HRABOVSZKI, E., M. TÓTH, T. & SCHUBERT, F. 2020: Shear strain and volume change associated with sigmoidal vein arrays in the Boda Claystone. – *Journal of Structural Geology* 138, 104105.
- TÓTH, E., HRABOVSZKI, E., SCHUBERT, F. & M. TÓTH, T. 2022: Discrete fracture network (DFN) modelling of a high-level radioactive waste repository host rock and the effects on its hydrogeological behaviour. – *Journal Structural Geology* 156, 104556.
- TÓTH, E., HRABOVSZKI, E., SCHUBERT, F. & M. TÓTH, T. 2022: Lithology-controlled hydrodynamic behaviour of a fractured sandstone–claystone body in a radioactive waste repository site, SW Hungary. – *Applied Sciences* 12, 2528.





## Mederfejlődés geofizikai monitorozása Kombinált módszerek és hosszútávú idősorok egyedi lehetőségei

TÓTH TAMÁS<sup>1</sup>, HÁMORI ZOLTÁN<sup>1</sup>, KÓBOR MIKLÓS<sup>1</sup>, WÓRUM GÉZA<sup>1</sup>,  
KÁDI ZOLTÁN<sup>1</sup>, NÉMETH VIKTÓRIA<sup>1</sup>, BARANYA SÁNDOR<sup>2</sup>, KOZÁR SZABOLCS<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Geomega Kft., <sup>2</sup>BME Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszéke, <sup>3</sup>Envirotis Zrt.

Folyóvizek és tavak medermorfológiájának és mederanyagának térképezése, térbeli és időbeli változásának pontos ismerete és előre jelezhetősége alapvető fontosságú számos vizsgálat során. Ivóvízbázisok kijelölése és védelme, természetvédelmi és vízgazdálkodási feladatok tervezése, biztonságos hajózhatóság fenntartása, hidak és víztestekhez kötődő ipari létesítmények, beruházások tervezése során a mederoldal különböző mélységű ismerete szinte mindig elvárás.

A mederfenék morfológiájának nagy pontosságú és részletességű leképezése ma már szinte rutin feladat. A mederanyag összetételének meghatározása, a szemcseméret változásának térképezése és a meder alatti rétegek vastagságviszonyainak feltárása azonban mérési területről területre változó kihívást jelent. A vízmélység, a mederanyag és a felszín alatti rétegek különbözősége miatt nincs olyan mérési eljárás, amely minden terület felmérésére egységesen alkalmazható lenne. Több különböző mérési eljárás tesztelésével, az optimális mérési kombináció kiválasztásával azonban a legtöbb esetben kiváló eredmények érhetők el. Előadásunkban a szeizmoakusztikus, radar, elektromos egyenáramú és elektromágneses mérések alkalmazási lehetőségeit mutatjuk be mintaterületek példáin keresztül.

A térbeli változások térképezése mellett kiemelten fontos lehet az időbeli változások megbízható vizsgálata. Sok éves, évtizedes változások elemzése során gyakori probléma az alkalmazott mérési és helymeghatározási módszerek fejlődése, változása, az adatsorok egyértelmű összehasonlíthatóságának problémája. A vízfelszínen centiméteres pontossággal meghatározni a mérőműszer vertikális pozícióját, összevetni a ma és a 10–20 évvel ezelőtt mért eredményeket számos kérdőjelet vet fel. A tapasztalt eltérésekről sokszor nem lehet megállapítani, hogy azok valós mederváltozást, vagy mérési technológiából adódó bizonytalanságot, esetleg a mérési technológia változását tükrözik. Hazai vizeken mért, esetenként több évtizedes, egyértelműen összehasonlítható adatsorok elemzésével mutatunk példát az időbeli változások vizsgálatára.



# Karotázs mérések értelmezésének támogatása mesterséges intelligencia alkalmazásával

TÖRÖK ISTVÁN\*, PÜSPÖKI ZOLTÁN

Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága, \*istvan.torok@sztfh.hu

A kútnaplók értelmezése döntő fontosságú a felszín alatti geológiai formációk és a tározók jellemzése szempontjából. A felszín alatti rétegek különböző litológiai típusokba történő besorolása segít a nyersanyagkészletek potenciális elhelyezkedésének azonosításában. A geológusok a naplók és a petrofizikai ismereteik alapján értelmezik az egyes kútfúrási jellemzőket, például a gamma sugárzást, a sűrűséget vagy a fajlagos ellenállást. A magelemzés eredményének integrálásával a kútnaplók értelmezése pontosabb lehet, precízebb lesz a kút felszín alatti kőzettípusainak a meghatározása. A magelemzés költséges folyamat és több kút esetén a litológiai rétegek azonosítása sok időt vehet igénybe. Célunk egy olyan eljárás kialakítása, amely segíti az értelmező munkáját és lerövidíti a feladatra fordítandó idő nagyságát.

A feladat megoldásához igénybe vettük a gépi tanulási algoritmusok erejét egy felügyelt tanulási algoritmus használatával. Az SVM (Supported Vector Machine vagy Támogató Vektor) módszer egy felügyelt regresszió, osztályozási és kiugró értékek felismerésére szolgáló modell. Ez egy hatékony algoritmus a nagyobb dimenziójú adathalmazok esetében is, ugyanakkor sokoldalú, ahol különböző kernelek adhatók meg a felhasználó igényeit figyelembe véve. Az algoritmus bemeneti adat/címke párokkal tanul, ahol a bemeneti adat a kút egy adott mélységén mért adatok (természetes potenciál, sűrűség, ellenállás és gamma értékek) a címke pedig ez ehhez a mélységhez tartozó litológiai réteg. A tanuláshoz szükséges adatokat a Hatóságnál megtalálható fúrási adatbázisokból válogattuk össze. Mindegy 50 fúrást jelöltünk ki, amelyek döntően a Dunától keletre találhatóak és sekélyebb mélységűek (maximum 300 méter). A tanulást követően, ezen adatok segítségével, az eljárás képes lesz egy ismeretlen litológiával rendelkező kút rétegeinek azonosítására elfogadható hibával, mely a szakemberek értelmezésének kiinduló pontja lehet.

## Irodalom

MEHNE, S. H. H. & MIRJALILI, S. 2020: Support Vector Machine: Applications and improvements using evolutionary algorithm. In: MIRJALILI, S., FARIS, H. & ALJARAH, I. (eds): Evolutionary Machine Learning Technics. Springer, 35–50.



## A szénhidrogének eredete. A biogén és az abiogén elmélet. A replenishment (CH-telepek újratöltődésének) elmélete

BÁNHIDI ISTVÁN, VALCZ GYULA\*

\*gyula.valcz@gmail.com

A prezentáció célja, hogy felhívjuk a magyar szakmai közvélemény figyelmét egy olyan elméletre, ami nem ismert Magyarországon és új lehetőség a CH-kutatás és termelés megújítására. A szénhidrogének eredete a kutatás egyik legfontosabb és sokak által vitatott kérdése (GUBKIN in VASSZOJEVICS 1967). Az általánosan ismert és elismert biogén elmélet szerintünk lezártnak tekinti a Pannon-medence országhatáron belüli részének kutatását és így a további termelési lehetőségeket. Ennek ellentmondani látszik az orosz irodalomban legújabbban megjelent újratöltődés (replenishment, recharge,) elmélet. Ugyancsak kevésbé ismert és ellenérzésekkel kezelt az abiogén képződés elmélete. Ezt a szakma az 1960–80-as években a ránk oktrojált szovjet elméletnek tekintette (DANK 1976), amely elvonta a kutatás figyelmét a valódi (biogén) anyagközet-kutatásról. Az orosz MOLCSANOV, GONCOV (1992), SZOKOLOV, GUSZEVA (2017), valamint BAREMBAUM (2018, 2019) kutatásai oda vezettek, hogy kijelenthetjük, hogy minden üledékes kőzet anyagközetnek tekinthető és a litoszféra óceáni és kontinentális része is részt vesz a hidrogén és a szénhidrogének termelésében és a CH-ciklusokban. Ennek következtében a szénhidrogének nem kimerülő, hanem megújuló erőforrások és a megfelelő termelési mód lehetővé teszi a végtelen idejű felhasználást.

### Irodalom

- BARENBAUM, A. A. 2018: On the relationship of oil and gas formation and degassing processes with groundwater decomposition. – *Georesursy = Georesources* 20/4, part 1, 290–300. <https://doi.org/10.18599/grs.2018.4.290-300>
- BARENBAUM, A. A. 2019: Geosynthesis of hydrocarbons as a planetary geochemical phenomenon. – *Collected papers: New ideas in the geology of oil and gas*. 37–42. (In Russ.)
- DANK V. 1970: Szénhidrogének genetikája, migrációja, felhalmozódása. – *Földtani Kutatás* 13/1, 1–5.
- MOLCHANOV, V. I., GONTSOV, A. A. 1992: Modeling of Oil and Gas Generation. Nauka Press, Novosibirsk, 219 pp. russ. Ford. VALCZ Gyula, FIGNÁR András, LÁSZLÓ Tamás
- SZOKOLOV B. A., GUSZEVA A. N. 2017: Az olaj és gáz lelőhelyek nem kincsek, hanem kimeríthetetlen források. *Regnum.ru* 2017. jul. 3. <https://regnum.ru/news/economy/2296051.html> Fordítás (CSEK Katalin, VALCZ Gyula) russ.
- VASSZOJEVICS, N. B. 1967: Teorija oszadocsno–migracionnava proiszkoszdenija nefi (isztoriceszkij obzor i szovremennoj osztrojanyije). – *Izv. An. SzSzsZr Szer. Geol.* No. 11. Ford. VALCZ Gyula, FIGNÁR András, 2021





## Young geological deformations in Hungary: introducing the latest regional neotectonic map

WÓRUM GÉZA<sup>1,\*</sup>, KOROKNAI BALÁZS<sup>1</sup>, TÓTH TAMÁS<sup>1</sup>, KOROKNAI ZSUZSA<sup>1</sup>,  
FEKETE-NÉMETH VIKTÓRIA<sup>1</sup>, KOVÁCS GÁBOR<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Geomega Kft., \*worg@geomega.hu

<sup>2</sup>ELTE–Savaria Egyetemi Központ, Földrajzi Tanszék

The presentation introduces the most recent map of the young geological deformations in Hungary (KOROKNAI et al. 2021, WÓRUM et al. 2021), including all important deformation structures (faults and folds) related to the neotectonic evolutionary phase (<6–8 Ma) of the Pannonian Basin.

The new map is based on the interpretation of nearly 2900 2D seismic profiles and 70 3D seismic volumes, as well as on the critical evaluation of the results of published neotectonic studies. An important novelty of the map is that not only the near-surface manifestations of the neotectonic faulting, but also their roots in the underlying pre-Pannonian substratum were mapped and are displayed. This allows the correlation between various reactivated fault segments of longer fault zones aiding the better understanding of the regional structural context, as well as helps identifying those zones of geothermal and hydrocarbon interest, where the most recent fault movements occurred resulting in potentially still open fractures in the basement.

The new map is based on a detailed and extended interpretation and mapping campaign and provides a significantly more accurate definition (actual position, extension, and geometry) as well as more details of the neotectonic structures compared to any previous regional studies. The prevailing (E)NE–(W)SW striking neotectonic fault pattern clearly reflects the control of identically oriented pre-Pannonian fault systems during the neotectonic deformations. Markedly different orientations in the neotectonic structures indicate important differences in the overall orientation of the underlying fault systems. These observations demonstrate that neotectonic activity is predominantly due to the reactivation of pre-existing (predominantly synrift) structures all over the Pannonian Basin, as also indicated by previous studies.

Despite experiencing the largest Middle to Late Miocene extension and the formation of the deepest depocenters in the whole Pannonian Basin, SE Hungary practically lacks any observable neotectonic activity, which is a striking, but still poorly understood feature.


Detailed 3D seismic analysis of fault segment geometries indicates a consistent regional pattern: sinistral shear along (E)NE–(W)SW oriented, and dextral shear along (W)NW–(E)SE oriented fault zones, respectively. These observations – together with the E–W trending contractional/transpressional structures (folds, reverse faults, imbricates) occurring in western and southern Hungary – indicate a dominantly strike-slip stress regime with a laterally slightly rotating (from N–S to NNE–SSW) maximum horizontal stress axis (1) during the neotectonic phase. Lateral displacement along major root zones amounts to a maximum of 2–3 km during the neotectonic phase.

### References

- KOROKNAI, B., WÓRUM, G., TÓTH, T., KOROKNAI, ZS., FEKETE-NÉMETH, V. & KOVÁCS, G. 2020: Geological deformations in the Pannonian Basin during the neotectonic phase: New insights from the latest regional mapping in Hungary. – *Earth-Science Reviews* 211, 103411.
- WÓRUM, G., KOROKNAI, B., KOROKNAI, ZS., FEKETE-NÉMETH, V., KOVÁCS, G. & TÓTH, T. 2020: Young geological deformations in Hungary. – Geomega Ltd., Budapest <https://doi.org/10.17632/dnjt9cmj87.1>.








**Szemelvények a Dorogi- és a Zsámbéki-medence rendszeres földtani  
térképezésének legújabb eredményeiből**

**KIRÁNDULÁSVEZETŐ**

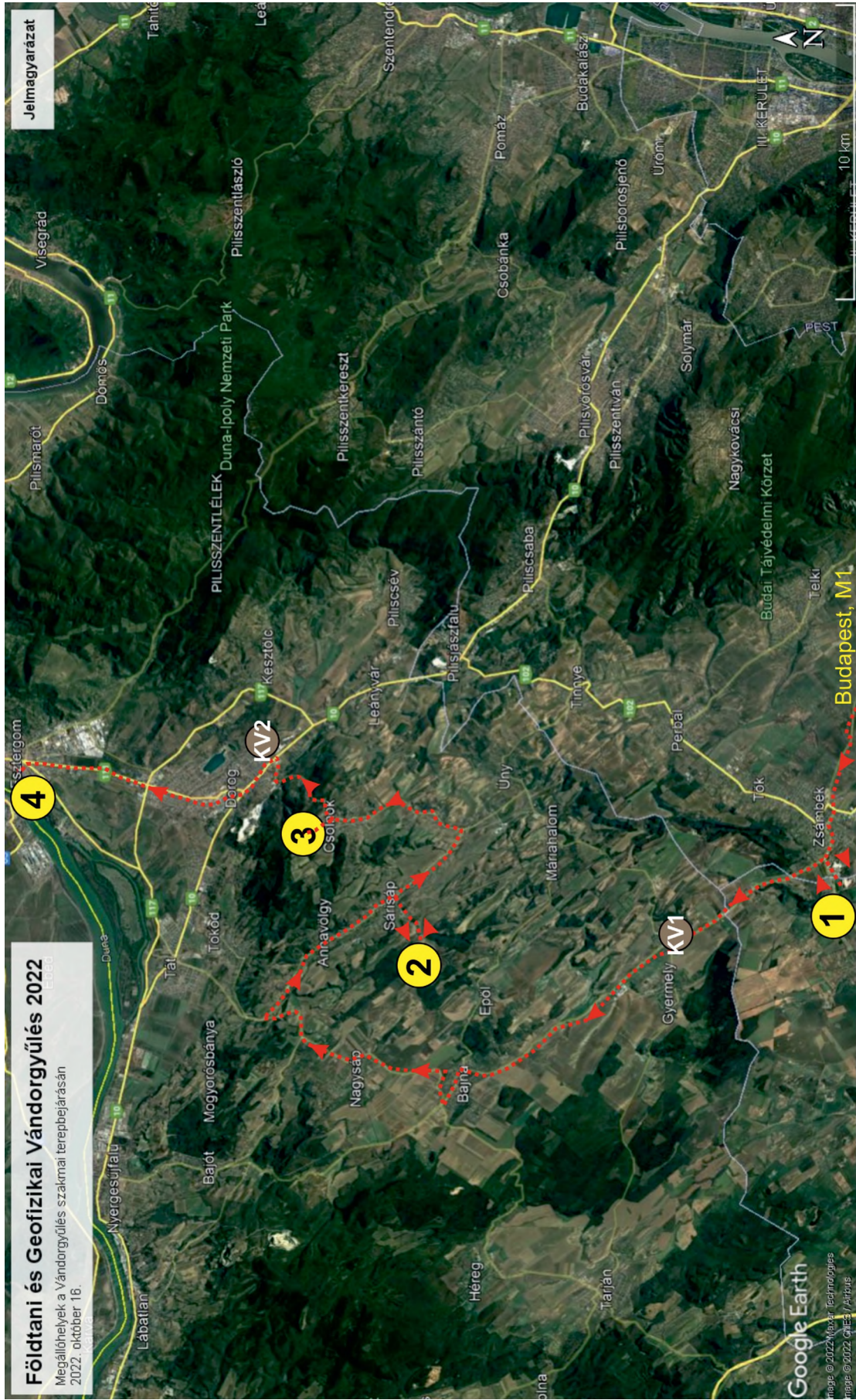
**KERCSMÁR ZSOLT<sup>1</sup> (szerk.), BUDAI TAMÁS<sup>3</sup>, HÉJA GÁBOR<sup>1</sup>, KÓNYA PÉTER<sup>1</sup>, PALOTAI MÁRTON<sup>1</sup>,  
SZABADOSNÉ SALLAY ENIKŐ<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>SZTFH Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága, Földtani Igazgatóság,  
Földtani Főosztály, Földtani és Laboratóriumi Osztály

<sup>3</sup>Pécsi Tudományegyetem, Földtani és Meteorológiai Tanszék







**1. ábra.** A 2022. évi Földtani és Geofizikai Vándorgyűlés szakmai terepbejárásának megállóhelyei: 1: Zsámbék, Strázs-hegy, dolomitbánya 2: Sársáp, kaolinbánya 3: Csolnok, Henrik-hegy 4: Esztergom, Várhegy KV1: Szomor, Poharazó kávészünet KV2: Dorog, Határsárd, opcionális kávészünet



## Bevezetés

A 2022-ben megrendezendő Földtani és Geofizikai Vándorgyűlés földtani kirándulásán az SZTFH Földtani Igazgatóságának Földtani Főosztályán zajló szisztematikus tájegységi földtani térképezés legújabb eredményeiből szeretnénk néhányat bemutatni. A Dorogi-medence és a Zsámbéki-medence területén zajló földtani térképezés kihívását, a korábbi évek gerecei földtani térképezéséhez képest, a fiatal (pleisztocén) képződmények túlsúlya, ezáltal az idősebb képződmények nagy százalékban való fedettsége jelenti. Ezért nagy jelentőségűek a negyedidőszaki képződmények alól kibukkanó idősebb képződmények természetes és mesterséges feltárásai (bányák, kőfejtők).

A szakmai kirándulás során két kőfejtőt (1. Zsámbék, Strázsa-hegy; 2. Sárísáp, kaolinbánya) és két, fiatal szerkezetek mentén a felszínre bukkanó természetes feltárást (3. Csolnok, Henrik-hegy; 4. Esztergom, Várhegy) keresünk fel (1. ábra). A feltárásokban mezozoos képződmények(b)en vizsgálható szerkezeti események nyomaival, illetve az infraoligocén denudáció után következő késő paleogén és neogén üledékképződéssel kapcsolatban ismerhetünk meg eddig nem, vagy csak részben közölt tektonikai, szedimentológiai és rétegtani eredményeket.

### 1. ZSÁMBÉK, STRÁZSA-HEGY, DOLOMIT KŐFEJTŐ

*késő kréta szerkezetalakulás és paleogén–neogén üledékképződés közbeni reaktivációja a Vértessomló–Nagykovácsi-rátolódás felszíni kibukkanása mentén*

HÉJA GÁBOR, BUDAI TAMÁS, KERCSMÁR ZSOLT

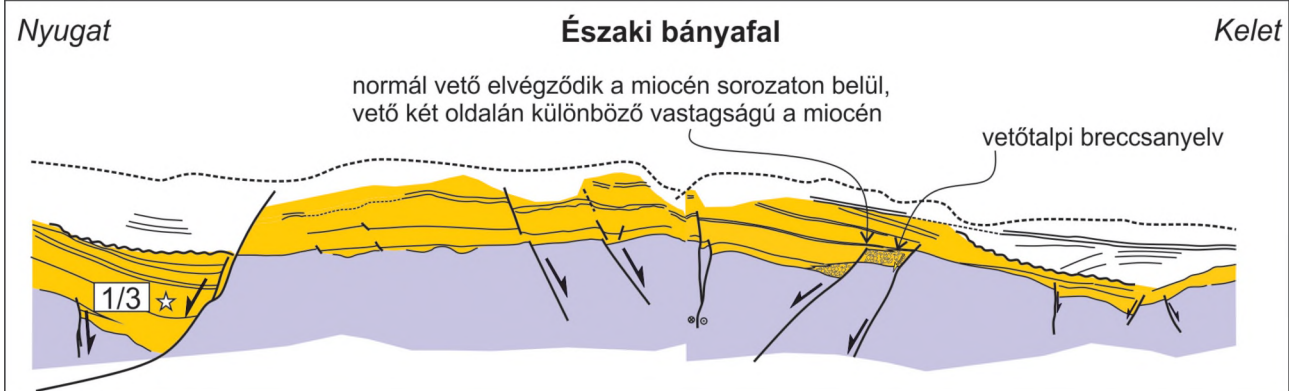
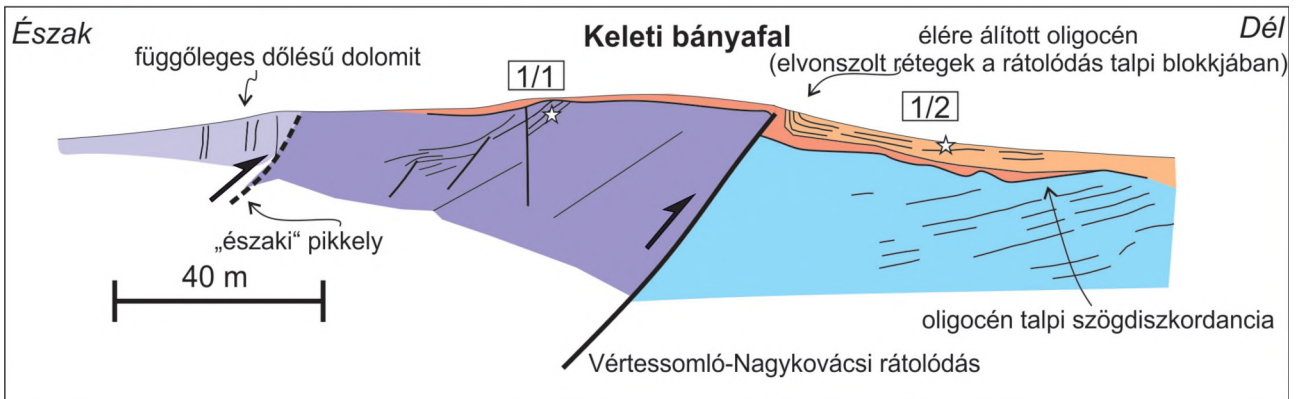
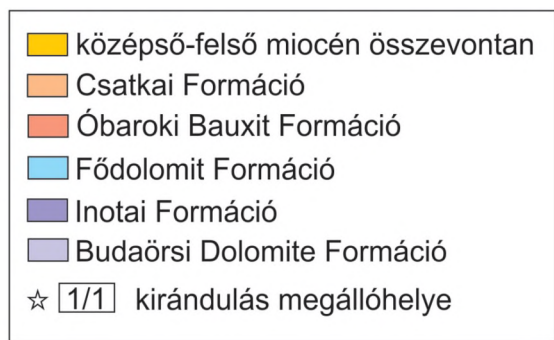
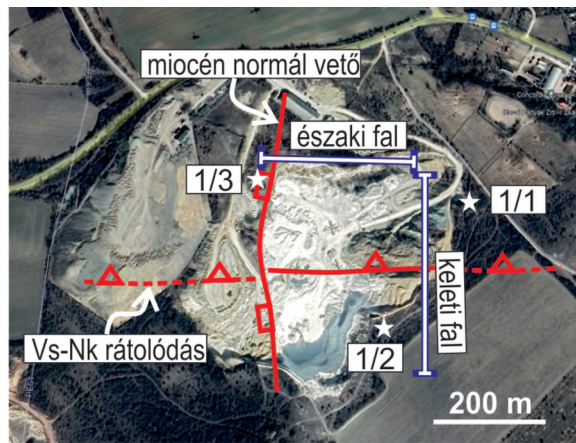
**1/1 megálló 1. rész (HÉJA GÁBOR)** – a bányába vezető szolgálati út mentén. A bányabeli program bemutatása és a késő kréta Vértessomló–Nagykovácsi rátolódás szerkezeti helyzetének ismertetése.

*Kréta rövidülés: a Vértessomló–Nagykovácsi-rátolódás létrejötte*

A Strázsa-hegyi kőfejtőben a Dunántúli-középhegység egyik meghatározó szerkezeti eleme (BALLA, DUDKO 1989), a Vértessomló–Nagykovácsi-rátolódás tárul fel (BUDAI et al. 2015) (2. ábra). A bányát kelet–nyugati irányban keresztezi a rátolódás, amely mentén Budaörsi Dolomit és középső triász medence fáciesű képződmények tolódtak a Fődolomitra. A rátolódás meredeken (kb. 60°) dől északi irányba. A rátolt blokkban mérhető függőleges rétegdőlést valószínűleg a rátolódáshoz kapcsolódó intenzív gyűrődés eredményezte. Fúrási rétegsorok alapján tudjuk, hogy a triász rétegek fő gyűrődése megelőzte a középső eocén üledékek lerakódását. Középhegységi analógiák alapján a triász rétegek pikkelyeződése, és a Vértessomló–Nagykovácsi-rátolódás fő működése a „középső” kréta Ausztrál-hegységképződés idejére tehető (TARI 1994, FODOR 2010).

*A Vértessomló–Nagykovácsi-rátolódás késő oligocén – kora miocén reaktivációja*

A kőfejtőben a gyűrt, kibillent triász rétegsort diszkordánsan fedi az oligocén bauxit és az arra települő Csatkai Formáció, valamint a miocén rétegsor. Fontos kiemelni, hogy a Csatkai, majd a Törökbálinti Formáció elterjedése a Vértessomló-rátolódás talpi blokkjára korlátozódik, míg a rátolt



2. ábra. A zsámbéki Strázsa-hegy kőfejtőjének egyszerűsített szerkezeti vázlata és szelvényei a Földtani és Geofizikai Vándorgyűlés bányabeli megállóhelyeinek megjelölésével (szerk.: HÉJA GÁBOR)

blokkban a Budaörsi Dolomitot közvetlenül miocén üledékek fedik. A laposan kelet felé dőlő oligocén rétegek a rátolódás közelében a Vértessomló-Nagykovácsi-rátolódással párhuzamos, függőleges dőlést vesznek fel (1/2. megálló) (2. ábra). Az oligocén rétegek geometriája, valamint paleo-feszültségmező adatok (BADA et al. 1996) alapján a Vértessomló-Nagykovácsi-rátolódás jobbos rátolódásként reaktíválódott az oligocén során vagy azt követően, de még a középső miocén rétegek lerakódása előtt.

#### Miocén extenzióhoz kapcsolódó szerkezetek

A kőfejtő északi falán több, ÉÉNy–DDK-i csapású normálvető is kirajzolódik, amelyek metszik a miocén rétegeket. Néhány vető levetett oldalán kisebb félárkok alakultak ki, melyekben a miocén rétegsor alsó, badeni korú szakasza a vető irányában kivastagszik (2. ábra). Egyes normálvetők felfelé elvégződnek a miocén rétegsorban, más vetők azonban metszik a rétegsor pannóniai szakaszát is. Egy

ilyen, nyugat felé dőlő vető levetett blokkjában tanulmányozható legjobban a miocén rétegsor (1/3. megálló) (KERCSMÁR et al. 2020).

**1/1 megálló 2. rész (BUDAI TAMÁS) – Meredek állású középső triász mészkő és vulkanit bemutatása (FARICS 2018, DUNKL. et al. 2019 munkái nyomán)**

A Vértessomló–Nagykovácsi-rátolódás mentén a felső triász Fődolomitra rátolt helyzetű blokk középső triász medence fáciesű rétegsorát kovás, tűzköves mészkő és dolomit, valamint zöld, illetve vöröses–lilás színű vulkanit alkotja (BUDAI 2004, BUDAI et al. 2015). Ezt a rétegsort néhány kőszénkutató fúrás is feltárta a Strázsa-hegytől É-ra, amely a Buchensteini Formációcsoportba sorolható. A bányában feltárt vulkanoklasztit összletet uralkodóan zöld, néhol vöröses–lilás színű, vulkanogén homokkő és konglomerátum építi fel (FARICS 2018). A törmelékanyag szemcsemérete a rétegsorban felfelé nő: alul átlagosan 0,1–1 mm, míg a rétegsor legfelső részén 10–20 cm-es klasztok is előfordulnak. A kőzet szemcevázú, a rétegsor alsó részén közepesen–jól, felső részén rosszul osztályozott. A törmelék szemcsék kb. 95–97%-át vulkanit alkotja. A rétegsor alsó, finomabb szemcsés részén az intermedier-mafikus kőzetek részaránya kb. 70%, és a savanyú kőzetek törmelékének aránya kb. 30%. A rétegsor felső, durvább szemcsés szakaszán az intermedier–mafikus törmelék szemcsék már kb. 90%-ot képviselnek, savanyú vulkanitok csak kb. 10%-ban vannak jelen. A vulkanoklasztit rétegsor a Keleti-Bakony Inotai Formációjába sorolható (BUDAI et al. 2001), és a Dolomitok Wengeni Formációjával korrelálható (BUDAI, VÖRÖS 1993), bár annál jóval redukáltabb vastagságú

A vulkanoklasztiton mért radiometrikus kor 232 M év, ami kora karni képződésre utal (DUNKL et al. 2017), míg a tűzköves mészkő és dolomit kora a rétegtani analógia alapján ladin.

**1/2. megálló (KERCSMÁR ZSOLT, HÉJA GÁBOR) – oligocén szárazföldi (Csatkai Kavics F.) és árapály síksági (Törökbálinti F., Mányi T.) rétegsor a rátolódás talpi blokkján**

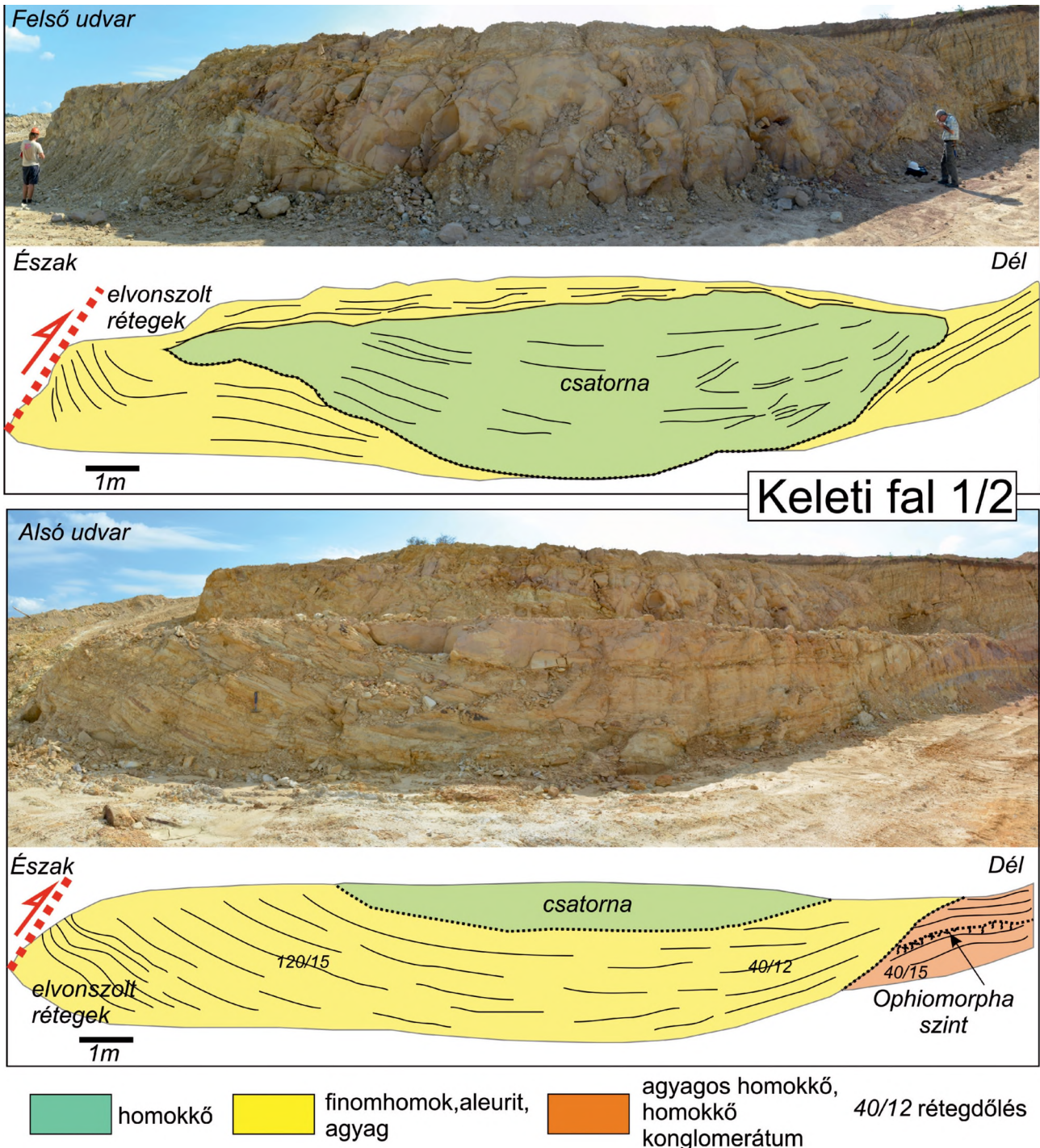
A Vértessomló–Nagykovácsi-rátolódás talpi blokkján kibillent triász rétegsorra diszkordánsan oligocén durvatörmelékes rétegek települnek. A Fődolomit eróziós felszínére – vékony dolomitbreccsaréteg fölött – a Csatkai Formáció 3,5–4 m vastag tarka (lila, vörös és szürke) agyagos, aleuritos rétegsora települ, egyes rétegekben gipszkiválással. A rétegsor középső és felső részén növényi törmelék, a legfelső részen 3–5 cm vastag szenes réteg következik. A tavi, mocsári környezettel jellemezhető üledékgyűjtő rétegsorára (feltehetően szerkezeti esemény következtében) szögdiszkordanciával lila, vörös kavicsos durvahomok, konglomerátum összlet települ. A durvatörmelékes rétegsor osztályozatlan, rosszul koptatott és rosszul kerekített dolomitkavicsai helyi anyagúak, a fekvőt is alkotó mezozoos képződményekből származnak. A törmelék meredek dőlésszögű, de kis méretű keresztretegzettsége nagy energiájú, gyorsan mozgó szállítódásra és gyors leülepedésre utal. A fekvő szenes agyagos rétegsor a gyors leülepedés hatására nem erodálódott, de a hirtelen felhalmozódó üledék súlya alatt deformálódott. Az üledék kompaktációs nyomására és a feltehetően egyidős tektonikai eseményekre utalnak a durvaszemcsés üledékben felfedezhető vízkiszökési nyomok is.

A durvatörmelékes rétegsort felfelé finomodó szemcseméretű, homok – aleurit – agyagos aleurit rétegeiből álló, kb. 5–6 m-es ciklusokat alkotó sorozat követi. A rétegsor felső finomhomokos, aleuritos rétegeiből viszonylag kevés növényi taxon levélmaradványának 90 példánya került elő. A növénymaradványok az oligocénon belüli pontosabb korjelző fajt nem tartalmaztak, azonban ökológiai igényük alapján jégmentes, szubtrópusi, meleg mérsékelt, csapadékos éghajlatot, parti, mocsári vizes élőhelyet jeleznek, 15,6–19,2 °C évi középhőmérséklettel (ERDEI et al. 2022). A terület flórája hasonló más magyarországi késő oligocén (egri) flórához. A Törökbálinti Formáció Mányi Tagozatába sorolható képződmény tengerparti deltasíkságon, az árapály zóna közelében rakódhatott le. Erre utalnak a rétegsor



felső szakaszán megjelenő mederbeágódás alatt, rendkívül nagy számban megjelenő, jól elhatárolható szintet alkotó, 3–5 cm átmérőjű, durvaszemcsés homokkal kitöltött *Ophiomorpha* ásás- és lakásnyomok. Az életnyomok itt néhány 10 cm tengervízzel borított, időnként szárazra kerülő, árapály zónában lévő deltasíkságot jeleznek (2. ábra).

A rétegsor felső részén, a felfelé finomodó szemcséjű, egymásra konkordánsan települő rétegekből álló ciklusos sorozatba 5 m vastag és 25 m széles csatorna bevágódása figyelhető meg (3. ábra). A bevágódást finom- és közészemcsés, kereszttrétegzett homok tölti ki. A mederkitöltő homok oldalirány-



3. ábra. A zsámbéki Strázs-hegyen felszínre bukkanó Vértessomló-Nagyovácsi-rátolódás talpi blokkján megjelenő oligocén rétegsor szelvénye és értelmezése (szerk. KERCSMÁR ZSOLT)

ban részben a bevágódás eróziós felszínével, részben aleuritos, agyagos homokrétegekkel váltakozva végződik. A csatornakitöltést a környezetéhez hasonló finomszemcsés üledék fedi. A csatorna alsó részén 30 cm hosszú, 10 cm átmérőjű kovásodott fatörzsmaradvány található (áramlás által szállított uszadékfa) A feltárás alsó udvarán a csatornát befogadó üledék enyhe redőzöttsége látható, ami a Vértessomló–Nagykovácsi-rátolódás szerkezeti zónájának oligocén reaktivációja során keletkezhetett. A nagy amplitúdójú redő meghatározhatta a deltasíkságon folyó vizek folyásirányát, így a mederbevágódás helyzetét is.

**1/3. megálló (távolról) (KERCSMÁR ZSOLT, HÉJA GÁBOR) – a rátolt triász blokk fölött elhelyezkedő miocén rétegsor és szerkezet bemutatása (KERCSMÁR et al. 2020 munkája alapján)**

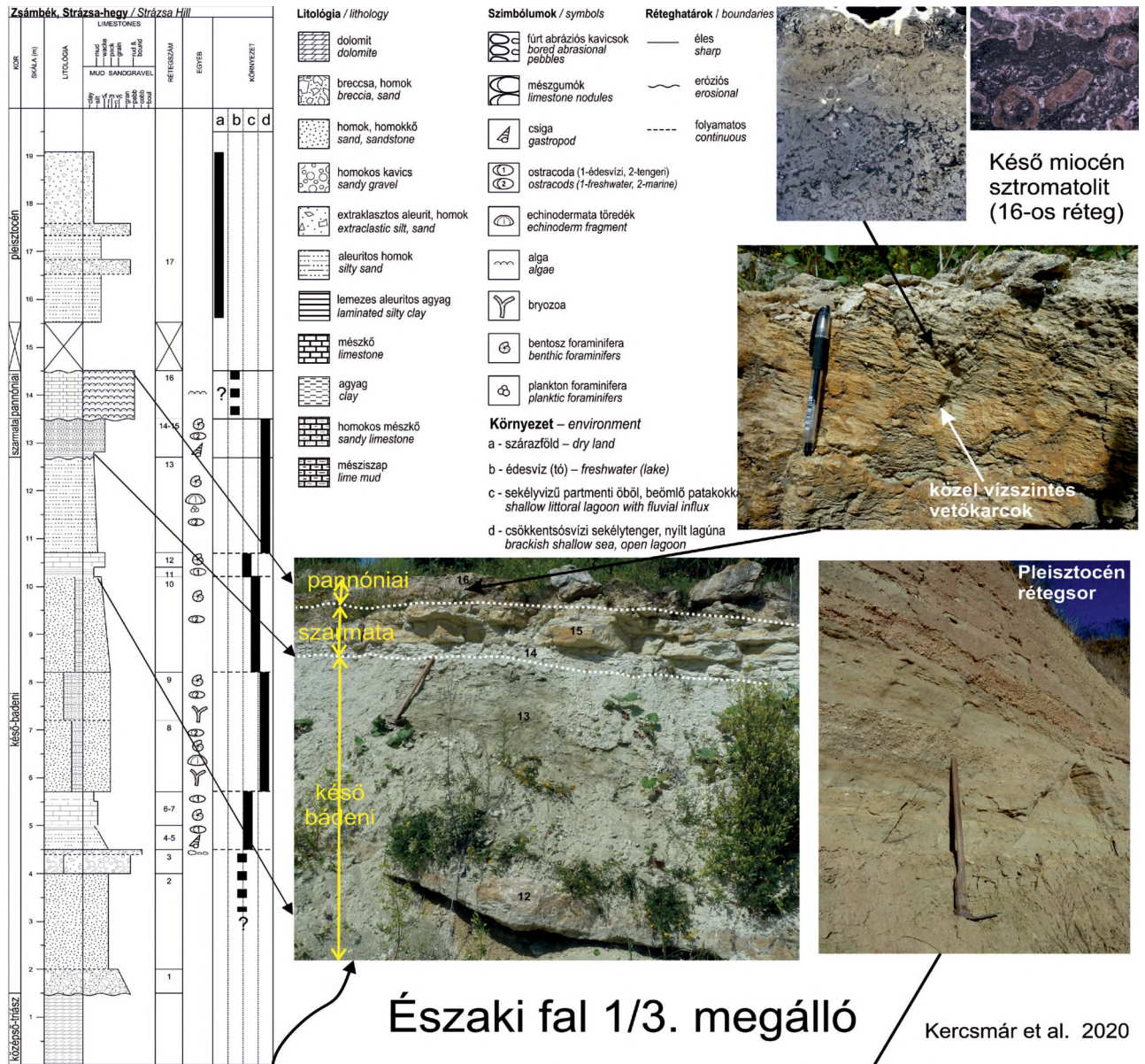
A feltárás különleges nézőpontból, „alulról” tárja fel a bánya által hasznosított és lebányászott nyersanyagot, a középső triász Budaörsi Dolomitot és a rátelepülő középső–felső miocén karbonátos és törmelékes rétegsort (4. ábra). A szokatlan helyzetet bonyolítja a rétegsor leülepedési terét (félárok szerkezet) létrehozó szinszediment középső miocén vető, aminek a nyomait a települési határ közelében több helyütt megtaláljuk. A rétegsort a késő miocén képződmények lerakódása és diagenezise után eltolódásos karcokat létrehozó poszt- vagy szinszediment pannóniai deformáció érte. Ennek nyomait a legfiatalabb, a rétegsort fedő édesvízi mészkő rétegeken és a feltárás É-i sarkában, a szerkezeti zónába csípett pannóniai szenes, homokos összletben észlelhetjük.

A közel É–D-i csapású szelvényben az erősen összetört Budaörsi Dolomit erodált felszínére települő rétegsor három részre bontható, a kőzettani összetétel és a települési jellemzők alapján. A legidősebb, kb. 14 m vastag alsó szakasz túlnyomó részben közép- és finomszemcsés sziliciklasztos képződményekből áll (1–15. réteg), amelyet felfelé vékonyabb–vastagabb karbonátos rétegek közbetelepülése tarkít. A rétegsor alsó 2/3-a (1–13. réteg) mikrofossziliák alapján késő badeni korú, változó sótartalmú, helyenként egészen kiédesedő lagunáris környezetben rakódott le. A normál sós tengeri betelepüléseket gazdag ostracoda- és foraminiferafauna, valamint echinodermatatóredékek mellett a *Borelis melo melo* környezet- és szintjelző foraminifera jellemzi. A badeni rétegsor felső részén megjelenő *Globigerina* nemzetség azonban már nyílttengeri kapcsolatokat igazol. A középső miocén rétegek felső szakaszán kőzettani váltással, eróziós diszkordanciával már szarmata mikrofosszília együttest tartalmazó sziliciklasztos karbonátok következnek. A homokos bioklasztos wackestone bioklasztjait nagyon szegényes, vékonyfalú mikrofosszília-együttes, főként *Nonion bogdanowiczi*, valamint *Rotalidae*- és *Miliolida*-félék példányai, továbbá néhány rossz megtartású ostracoda-félteknő (*Cytherois* sp., *Xestoleberis* sp., *Loxococoncha* sp.) jellemzi. Az üledékképződési környezet meleg, ingadozó sótartalmú (a normálnál alacsonyabb sótartalmú), sekély (infralitorális) tenger volt, gazdag növényzettel (GÖRÖG 1992, TÓTH 2009).

E fölött diszkordancia felületekkel határolt, 0,8–1,0 m vastag, kemény, algasávos, onkoidos mészkő települ (16. réteg). A szarmata mészkőre diszkordánsan települő édesvízi mészkőben kizárólag algabekérgések találhatók. A peloidos mikrit mátrixban, vagy éles határvonal mentén elválasztott pátos cementben úszó 0,5–1 cm-es, kerekded vagy hosszúkás, algák által bekérgezett klasztokból álló kőzet korjelző ősmaradványt ugyan nem tartalmaz, rétegtani helyzete azonban a környéken mélyült fúrások alapján rögzíthető. A Strázsa-hegyen ismert édesvízi mészkőhöz hasonló kifejlődést JÁMBOR (1980) említett betelepülésként a Zsámbéki-medence néhány fúrásából (Zsámbék Zst–3, –4, Máty Má–191) az ooidos szarmata mészkő (Tinnyei F.) és a föltte települő alsó pannóniai rétegsor határáról. Ezek alapján a mészkő késő miocén (pannóniai) korú.

A felső, 3–4 m vastag legfiatalabb szakasz (17. réteg) túlnyomó részben meszes aleuritos (löszös) homokból, homokos meszes aleuritből áll, amely áthalmazott dolomittörmeléket és homokot tartalmaz. Kőzettani összetétele és települési helyzete alapján feltételezhetően a területen található negyedidőszaki





4. ábra. A zsámbéki Strázsa-hegyen felszínre bukkanó Vértessomló-Nagyovácsi-rátoldás rátolt szárnyán megjelenő középső-felső miocén és pleisztocén rétegsor szelvénye (KERCSMÁR et al. 2020 alapján, szerk. KERCSMÁR ZSOLT)



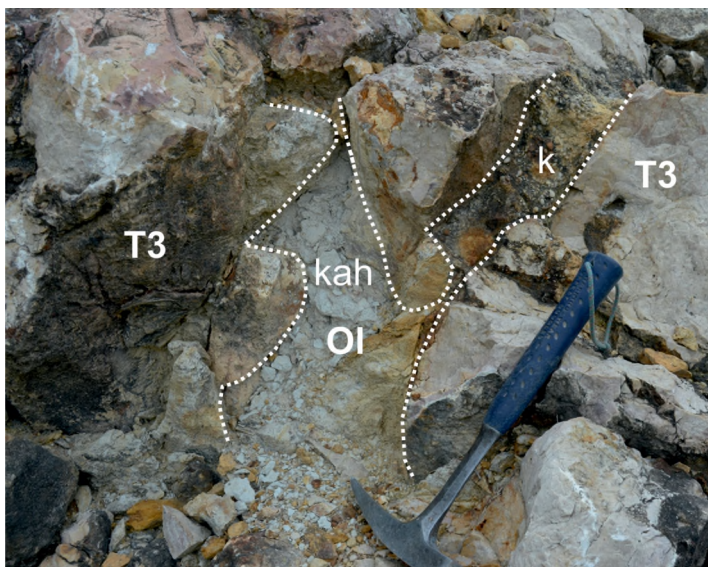


BERNHARDT, INCE (1998) áttekintve a környék fúrásait megállapították, hogy a területen (a Héreg-Tarjáni-medencék K-i részétől kezdődően K és ÉK felé, Bajna, Gyermely, majd Nagysápon és Sárísápon át, a Dorogi-medencébe) a K felől követhető szárazföldi törmelékeket tartalmazó Csatkai Formáció „kettényílik” (összefogazódva az akkori Mányi Formációval, ma Törökbálinti F. Mányi Tagozata). Ezek alapján a szürke, piszkosfehér, fehér, vörösesbarna, kaolinites homok- és aleuritrétegeket nem a tengeri, lagunáris „atipikus” Hárshegyi Homokkőhöz, hanem szárazföldi lepusztuláshoz kapcsolódó töbörkitöltő és folyóvízi eredetű Csatkai Kavicsokhoz sorolták.

Ugyanakkor SZTANÓ et al (1998) az Esztergomi-medence területéről, négy esztergomi (E–20, K–27, K–28, E–128) fúrás részletes integrált sztratigráfiai elemzése alapján a Hárshegyi Homokkő „bázisképződményeit” az oligocén üledékciklust bevezető, triász vagy középső–felső eocén fekvőre települő uralkodóan „lagunáris, esztuáriumi” édes- vagy csökkent sós vízi környezetben lerakódott üledékeként határozták meg. A bázisképződmények vörös-tarka agyag, kőszén és kaolin betelepüléssel homokkövek.

BERNHARDT, INCE (1998) álláspontját erősítette meg BUDAI (2001 kézirat) geressei fúrásátértékelése is, amit hivatalos rétegtani javaslatként GYALOG, BUDAI (2004) publikált. Ennek alapján a tagozat fekszik a mezozoos vagy eocén képződmények eróziós felszíne, fedője a Mányi Formáció, azon belül is gyakran a szintén ebben a munkában javasolt és Mogyorósi Tagozatként elkülönített széntelepes összetétel. A későbbiekben ezt képviselte SELMECZI (2018) is, aki a Sárísáp környéki kaolinites homokkővet a Csatkai Formáció Sárísápi Tagozataként írja le részben GYALOG, BUDAI (2004) javaslatai, részben a geressei területen végzett földtani térképezés eredményei alapján. SELMECZI (2018) véleménye szerint a változó vastagságú képződmény az eocént követő denudációs időszak lepusztulási termékeként felszíni, karsztos egyenetlenségeket tölt ki. A képződményből ősmaradvány nem került elő. Rétegtani helyzete alapján a kaolinites homokkő az oligocén idősebb szakaszában, a kiscelli korszakban keletkezhetett, trópusi mállást szenvedő, kissé kiemeltebb területéről való áthalmazódással. SELMECZI (2018) a kaolin lehetséges eredetét a lepusztulási területen feltételezett kristályos képződmények mállásából származtatja.

Ebben a megállóban ezzel a különleges, sok vitát generáló képződménnyel és fedő rétegsorával ismerkedünk meg. A jelenleg csak időszakosan művelt, egykor azonban jelentős kaolintermeléssel foglalkozó bányában két helyszínen tekintjük meg az oligocén kaolinites homokkővet.

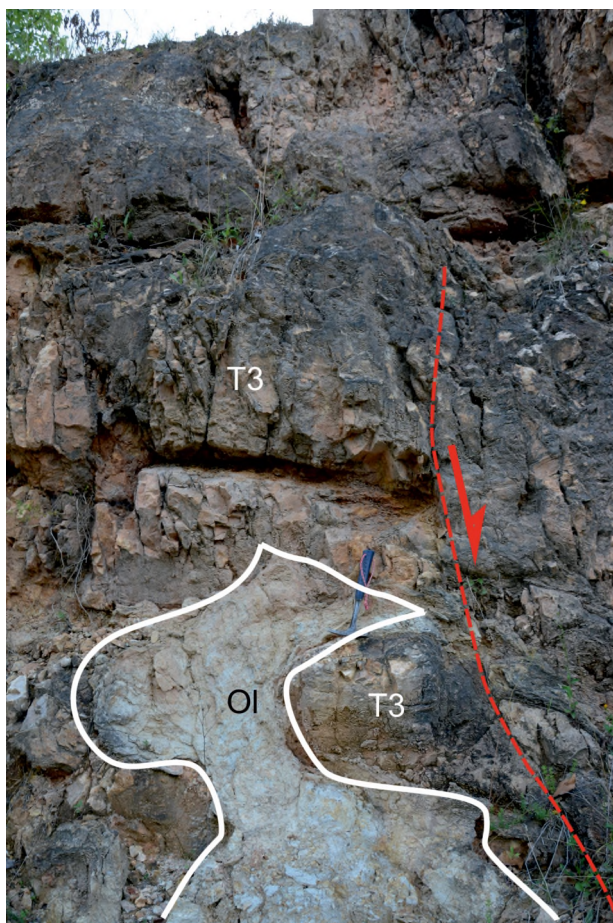


5. ábra. Kaolinites homokkő és konglomerátum Dachsteini Mészke paleokarsztosodott felszínét átjáró repedésekben és hasadékokban. T3 - felső triász Dachsteini Mészke; Ol - oligocén kaolinites homokkő; k - durvaszemcsés kavicsos homokkő; kah - finomszemcsés kaolinites homok

**2/1. megálló (KERCSMÁR ZSOLT) – a bányaudvar legalsó szintje a bejáratnál. Oligocén homokkő és konglomerátum felső triász Dachsteini Mészke paleokarsztos üregeiben és szerkezeti hasadékaiban, töbörkitöltő szürke és vörös kaolinites homokkő**

A megállóban a kaolinites homokkő és a triász aljzat kontaktusát, és töbörkitöltő rétegsorát tanulmányozhatjuk. Az 1–3 cm átmérőjű kvarckavicsokat tartalmazó homokkő és konglomerátum felső triász Dachsteini Mészke paleokarsztos üregeiben és szerkezeti hasadékaiban jelenik meg a rétegsor alján (5. ábra). A szürke, sárgásszürke, durva, osztályozatlan törmelék kovával és limonittal cementált. A homokkővet tartalmazó paleokarszt üreg-, és hasadékrendszere, rendkívül változatos for-





6. ábra. Kaolinites homokkő paleokarszt-kitöltése felső triász Dachsteini Mészköben. A paleokarsztjárat oldalát normálvető határolja. T3 - felső triász Dachsteini Mészkö; OI - oligocén kaolinites homokkő

tők meg a kőzetben (apró plasztikus nyírások, redőződés, üledékdeformációk). A rétegsor felfelé vörös, barnászöldes kaolinites homokkőbe megy át. A vörös kaolinites homokkő települési helyzete a bányászat miatt nehezen látható, de kivehető lencsés, tálas elrendeződése a töbör kiszélesedő, felső szakaszán, és a bánya bejáratánál (7. ábra). A vörös homokkő keresztarétegzett, ami áramlási csatornára, folyóvízi szállításra utalhat.

## 2/2. megálló (KERCSMÁR ZSOLT) – a bánya alsó szintjének D-i fala. Fehér kaolinites homokkő és szenes agyagos fedő rétegsora

A bánya D-i falában 6–8 m vastagságban, közel dőlésirányú szelvényben tanulmányozható a kaolinites homokkő. A szürkésfehér, fehér, mállott felszínén sárga vagy rozsdabarna színű, elszórtan 0,5–1,5 cm-es szürke, fehér kvarckavicsokat tartalmazó kaolinites homokkő az alsó szakaszán alig vagy nem, a felső szakaszán gyengén vagy rosszul rétegzett (8. ábra). A kaolinites közép-, és durvaszemű homok jól vagy közepesen cementált, összeálló, egyes helyeken azonban elmálló, porlódó. A mátrix anyaga kaolinites aleurit, finomhomok. A kvarckavicsok osztályozatlanul, szerkezetmentesen, elszórva találhatóak a homokkőben. A képződmény felső szakaszán gyakran 1–5 cm átmérőjű, nagy részben mállott piritgumók jelennek meg. A röntgendiffrakciós felvételeken a gumókban a pirit mellett annak bomlásterméke, a szomolnokit ( $\text{FeSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$ ) is azonosítható. A kőzetfelszínen látható limonitos be-



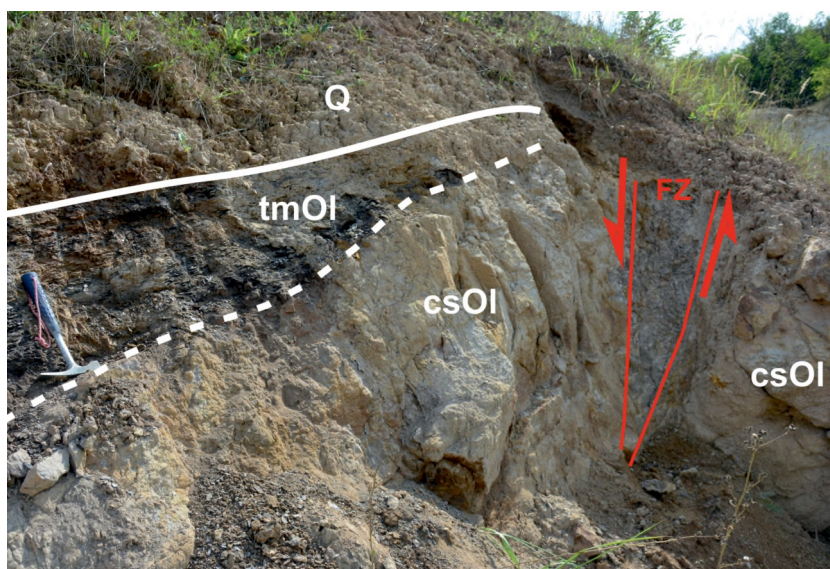
7. ábra. A rétegsor felső részén megjelenő keresztarétegzett vörös kaolinites homokkő a bánya bejáratánál. (háttérben, a bányaudvar alsó részén a megállóhely 2. pontja)

mákban tárol fel a lebányászott kaolinos homokkő alól (2. ábra, b). Ugyanitt jól megfigyelhetők az aljzatra települő szürke, szürkésfehér kvarckavicsos kaolinites homokkő karsztosodott üregkitöltései is. A képződmény oldalirányban szintén felső triász Dachsteini Mészköben keletkezett töbör falával érintkezik, miközben a karsztos oldalfal tektonikusan preformált, szeszélyes formáit is kitölti (6. ábra). A kavicsos homokkő belső szerkezete nem mutat rétegzettséget, a kavicsok elszórtan, jellegzetes üledékes szerkezet nélkül jelennek meg, ugyanakkor az üreg-, és töbörkitöltődés közötti plasztikus üledékmozgási nyomok figyelhe-





**8. ábra.** Limonitos felületű, szürkésfehér kaolinites kavicsos homokkő a bánya D-i részén. A feltárás tetején 15–20 cm vastag limonitos, kovás(?) keményfelszín látható



**9. ábra.** Kaolinites kavicsos homokkőre települő lemezes szenes agyag a bánya D-i oldalában, és normálvetődéses komponensű, azonban kérdéses kinematikájú elmozdulás menti érintkezése a bánya fő tömegét adó rétegsorral. csOl - Csátskai Kavics; tmOl - Törökbálinti Formáció, Mányi Tagozat, Mogyorósbányai Rétegtag; Q - pleisztocén; FZ - törészóna

urit, valamint barna és drapp agyagos aleurit váltakozásából álló rétegsor települ (9. ábra). A rétegek 10 fokban ÉÉK felé dőlnek (RD10/10; RD20/10). A szenes agyagos rétegek vékony lemezei közt található víztiszta, néhány mm-es, tűs kristályok a laboreredmények alapján, feltehetően a szerves anyagban dús üledék kén- és kalciumtartalmából keletkezett gipszkristályok. Ugyancsak ez a kéntartalom a felelős, közvetlenül a fedő rétegsor alatt megjelenő piritgumók utólagos keletkezéséért. Ez a két ásványtani jelenség nem ritka mocsári környezetek széntelepek összelei alatt, és jól jelzi a mocsári kör-

vonat részben a markazitgumók mállásából származik. A fázisanalitikai elemzések szerint a limonitos bevonatban szintén megjelenik egy szulfátásvány, a jarosit ( $\text{KFe}^{3+}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ ). A kaolinites homokkő a legújabb elemzések alapján kb. 10–20 % kaolint tartalmaz, ami mellett pirit és gipsz jelenik meg. A rétegsor alsó szakasza muszkovit csillámban dúsabb, ami felfelé eltűnik a rétegsorból (ld. lentebb). A rétegsor legfelső 20 cm-e nagyon kemény, kovás, limonitos keményfelszín, aminek belső szerkezete és kőzet-tani összetétele a kaolinites homokkővel egyezik meg, így ez egy a kaolinites homokkővön kialakult mállási keményfelszínnek tekinthető, ami nagy részben megóvta a jóval mállékonyabb homokkővet az eróziótól.

A D-i bányafal K-i részén tárul fel a kaolinites homokkő felszínén eddig ismeretlen közvetlen fedő rétegsora. A kb. 10–12 m<sup>2</sup>-es területen látható kaolinites homokkő felső szakasza ezen a részen egyre jobban rétegzett, szürke, barnás-szürke színű, miközben belső kőzetszerkezete és kaolinites ásványi összetétele nem változik, csupán annyiban, hogy a muszkovit csillámok eltűnnek a képződményből. A szürke, barnásszürke kaolinites homokkőre éles kőzettani váltással, de közel azonos dőléssel, konkordáns településsel, 1 m vastag, vékonyan rétegzett, lemezes, sötét-szürke, fekete szenes agyag és ale-

nyezetet ott is, ahol a fedő rétegsor lepusztult. Ezek alapján egyértelmű, hogy a kaolinites homokkő fedőjében szárazföldi, mocsári környezetben, szervesanyagdús, szenes rétegek következnek.

### *Őskörnyezeti és rétegtani megfontolások*

A sárisápi kaolinites homokkő kezdetben felső triász Dachsteini Mész-kő szerkezeti mozgások által meghatározott törésrendszere mentén, annak hasadékaiban, paleokarsztosodott járatrendszerében és töbreiben halmozódott fel. Erre utalnak a tektonikus hasadékokat és a töbröket kitöltő, alsó részükön nem vagy alig rétegzett kaolinites homokkő, konglomerátum és kavicsos homokkő sorozatok. A rétegsor felső szakaszának egyre jobb rétegzettsége, a vörös homokkőves szakaszon keresztarétegzettsége, a töbrökkitöltések fölött kialakuló folyóvízi törmelék szállításra utalhat. A kaolinites homokkővet fedő szenes, agyagos rétegek a terület fokozatos elmocsarasodását és tavi, mocsári környezet létrejöttét jelzik.

A kaolinites homokkő paleokarsztos térszínen való csapdázódása elszigetelt jelenség a területen, ráadásul a sárisápi előforduláshoz hasonló nem ismert a környéken, ami felveti a kaolin származásának kérdését. A feltételezett távoli szállítódás (SELMECZI 2018) tényét az elszigetelt megjelenés kizárja. Az in situ keletkezést pedig a viszonylag kis mennyiségű kaolin cáfolja. A feltehetően áthalmozódást szenvedett kaolin származási helyét tehát a felhalmozódás közelében kell keresni. A kaolínbányától Ny-ra néhány km-re található fúrásokban (pl. Bajna, Bnt-6) az eocén rétegsor alján tiszta kaolint, kaolinites agyagot írtak le, több 10 m-es vastagságban (Dorogi F. Bajnai Tagozat), több helyütt bauxitos, vörösayagos fekével. Bajna és Bajót között kaolint termelő mélyszinti bánya is üzemelt.

Véleményünk szerint a kaolinites homokkő sziliciklasztos törmeléke és a képződményben található kaolin is a Dorogi Formációból halmozódott át. A lepusztulásból származó keveredett törmelékanyag töbrökkitöltésként majd folyóvízi környezetben rakódott le. A kaolinites homokkő viszonylag kicsi, 10–20%-os kaolintartalma megerősíti a törmelékes áthalmozódást, és a helyben vagy közelben történt kaolinites mállás elvetését. A területtől Ny-ra, az eocén rétegsorok alján a Gánti Bauxit F. bauxitos agyag és vörös agyag rétegsorai találhatóak, így a lepusztuló rétegsorban utoljára halmozódnak át, a terület karsztos egyenetlenségeit feltöltő szürke kaolinites homokkő fölött, folyóvízi környezetben. A rétegsor felső szakaszán, mederkitöltésként(?), lencseként(?), töbrökfeltöltésként(?) megjelenő vörös homokkő klasszikus példája és bizonyítéka a háttérben zajló lepusztulás miatti rétegsorrend-inverzióknak. A durvatörmelék elmaradásával és a terület további süllyedésével tavi, mocsári környezet alakult ki, amiben a kaolinites homokkővet fedő szenes agyagos rétegsor képződött.

Az ismertetett rétegsor jellemzői és lehetséges képződési környezetük alapján a sárisápi kaolinites homokkő (Sárisápi Tagozat jelen képződményei) egy teresztrikus környezetben képződött üledékes összlet, ami erősen karsztosodott térszínen, annak egyenetlenségeit feltöltve, időszakos vízfolyások és folyóvizek által rakódott le. Ez a környezet véleményünk szerint nem feleltethető meg a Hárshegyi Homokkő Formáció jelenlegi és korábbi definícióinak, miszerint az (kivételesen) az Esztergom–Dorogi-medencében csökkent sós vízi – lagunáris kifejlődésű. Inkább a Hárshegyi Homokkővel részben egyidős szárazföldi törmelékes összletként értelmezhető kaolinites homokkő az oligocén litosztratigráfiai egységek közül, a Csatai Formáció kezdeti bázisrétegei közé sorolandó. A fúrások és az idén megtalált közvetlen fedő rétegsor alapján, a kaolinites homokkő fedőjében megjelenő szenes agyagos rétegek a Törökbálinti Formáció Mányi Tagozatában elkülönített Mogyorósbányai Rétegtagnak feleltethető meg, ami a leírás szerint a tagozat alján megjelenő „limnikus-paralikus barnakőszénrétegeként” (Paleogén Munkabizottság) határozható meg, mint egy Ny-ról K-re épülő deltarendszer kezdeti üledéke.



### 3. CSOLNOK, HENRIK-HEGY

*triász szindiagenetikus szerkezetek és kétfázisú neogén deformáció nyomai  
a csolnoki Henrik-hegyen*

PALOTAI MÁRTON

A csolnoki Henrik-hegyen triász hidroplasztikus deformáció nyomait keressük, nyílt redőződést és ehhez potenciálisan kapcsolódó, rétegzést forgató harántvetőket, valamint billenés előtti, jelenleg lapos szögű, és billenés utáni meredek normálvetőket vizsgálunk.

#### 3/1. megálló (PALOTAI MÁRTON) – bányász emlékmű

A Csolnok környéki szénbányászat legnagyobb meddőhányó-együttese a Henrik-hegyen található. A rekultivált meddőhányón kialakított emlékműtől (10. ábra, a) körbetekintve a Dorogi-medence szerkezeti felépítését beszéljük át, és megismerkedünk a környéken létesített geofizikai mérésekkel.

A Henrik-hegy legnagyobb elvetéssel bíró vetője a helyiek által „kis sziklának” nevezett mészkőki-bukkanás DNy-i oldalán húzódik (10. ábra, a). A normál elvetés mértéke itt a 200 m-t is meghaladja. Ezzel feltehetően párhuzamosak azok a normálvetők, amely a „nagy szikla” ÉNy–DK-i irányú topográfiai letöréseit adják. A területen zajlott geofizikai kutatás multielektromos szelvényének értelmezése alapján a dőlésirányú elvetés mértéke a „nagy szikla” DNy-i peremvetője mentén legfeljebb néhány tíz méter.

A részletes szerkezetföldtani térképezés kimutatta, hogy az említett ÉNy–DK-i csapású normálvetőket a nagy sziklán egy fiatalabb, É–D-i irányú vetőrendszer felülírja. Ez utóbbi vetők mentén jobbos és/vagy normál kinematika valószínű, az elvetés mértéke legfeljebb néhány tíz méter.

#### 3/2. megálló (PALOTAI MÁRTON) – pihenőhely melletti sziklák

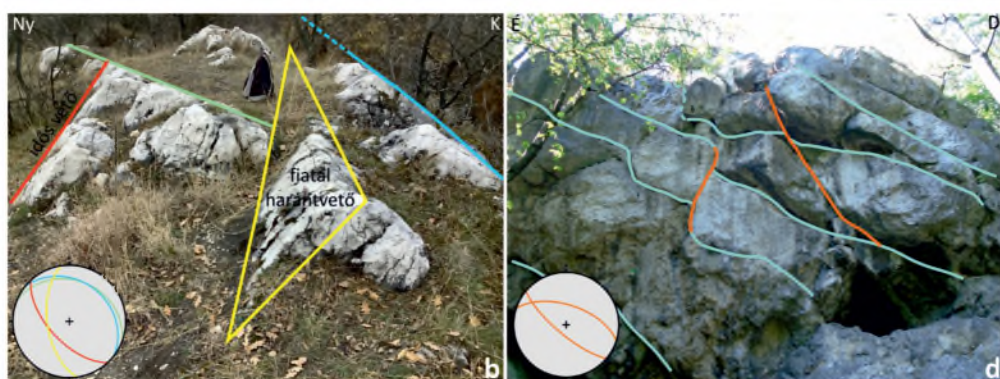
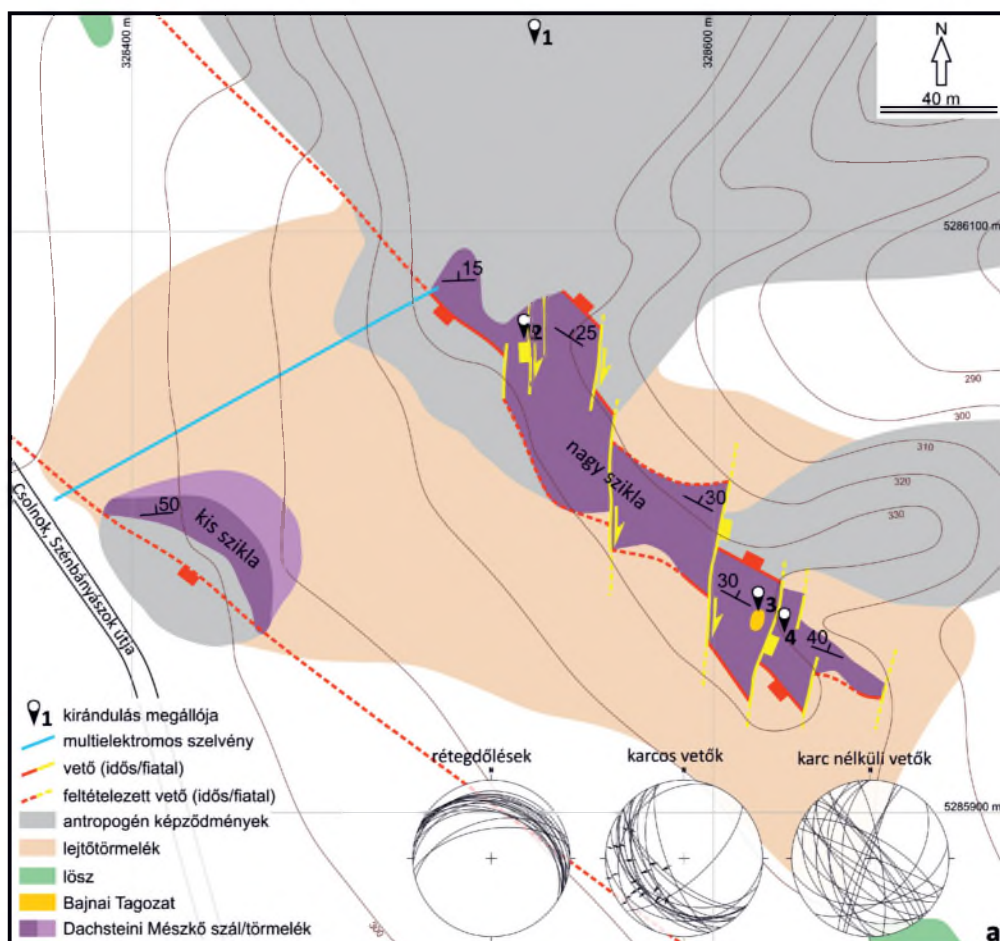
A Henrik-hegy fő tömegét adó Dachsteini Mészkő zömében C tagokból álló képződmény, amely a hegy északi részén laposan ÉK felé dől. A terület szerkezetét két vetőgeneráció határozza meg (10. ábra, a), melyek a feltárásban is megfigyelhetők (10. ábra, b). Az idősebb, ÉNy–DK-i csapású, vélhetően középső miocén szerkezetek a helyenként megfigyelhető vetőkarcok alapján normálvetők. A fiatalabb, közel É–D-i csapású szerkezeteken nyírásjelzőket nem találunk.

#### 3/3. megálló (PALOTAI MÁRTON) – kilátópont a vízműnél

A triász mészkövet limonitosan cementált, kavicsos durvahomokkő néhány cm<sup>3</sup>-es előfordulása fedi, amelyet a középső eocén Dorogi Formáció Bajnai Tagozatába sorolunk (erősen generalizálva a 10. ábra a részén). A Dachsteini Mészkő dőlésváltozásai (10. ábra, a) egy nyílt antiformal megletét sejtetik a Henrik-hegyen. A redő létrejötté legalább részben az É–D-i csapású vetők menti fokozatos billenésekhez kötődik. Ez utóbbi vetők az idősebb, ÉNy–DK-i csapású normálvetőket is passzívan elforgatják. A Henrik-hegy északi részén, ahol a rétegdőlés lapos, a DNy-ra dőlő vetők jellemzően közel 60°-os dőlésszöggel rendelkeznek. A hegy DK-i részén (így a 3. megállónál is), ahol az ÉK-i

**10. ábra.** → A csolnoki Henrik-hegy földtani térképe és jellemző szerkezetei. a, A Henrik-hegy földtani térképe. Sztereogramok: Schmidt-háló, alsó félgömb vetület. b, A Dachsteini Mészkő rétegdőlése enyhén változik a fiatal, É–D-i csapású vetőn keresztül (3/2. megálló). c, Passzívan kibillentett, DNy-i dőlésű normálvető. A háttérben a Pilis látható (3/3. megálló). d, Triász szindiagenetikus nyírásos szerkezetek egy fiatal É–D-i csapású vető letörésében. Az ábra jobb alsó részén egy barlang látható (3/4. megálló)





irányú rétegdőlések fokozatosan akár a 40°-os szöget is elérik, a DNy-ra dőlő vetők többségének dőlésszöge 30°-ig csökken (10. ábra, c). Ellentétes irányú változás figyelhető meg a hegy ÉK-i letörésében kis számban észlelt, ÉK felé dőlő törések dőlésszögében. Ezek ÉNy-ról DK felé haladva egyre meredekebbé válnak. Értelmezésünk szerint tehát az É–D-i csapású vetők menti billenések (és így a lát-szólagos redőződés is) fiatalabbak az ÉNy–DK-i csapású normálvetők jó részénél.

### 3/4. megálló (PALOTAI MÁRTON) – sziklafal a vízműnél

Egy É–D-i csapású vető közel függőleges, karsztos letörésében a triász mészkőben szegmentált, hajladozó törésrendszer figyelhető meg (10. ábra, d), amely egyes rétegeket elvet, de felfelé és lefelé is belesimul a rétegzésbe. Értelmezésünk szerint ezek a szerkezetek késő triászban keletkezett szindia-genetikus, hidroplasztikus eredetű normálvetők, amelyek a valószínűleg ÉK-i irányú lejtőn való gravitációs megcsúszáshoz kötődnek, és talán a Fekete-hegyi-medence felé való átmenetet jelzik egy platformperemhez közeli helyzetben.

## 4. ESZTERGOM, VÁRHEGY

*oligocén Hárshegyi Homokkő és felső triász Dachsteini Mészkő kontaktusa és posztoligocén szerkezetalakulás nyomai az esztergomi Várhegyen*

SZABADOSNÉ SALLAY ENIKŐ, HÉJA GÁBOR



Jelkulcs  
1: megállóhelyek  
- - - feltételezett vető

Kiscelli Agyag Formáció  
 Hárshegyi Homokkő Formáció  
 Dachsteini Mészkő F. szál és törmelék

### 4/1. megálló (SALLAY ENIKŐ) – Kiscelli Agyag – Hárshegyi Homokkő kontaktusa

A Vár alatti feltárás teljes hossza 300 m (11. ábra). ÉNy-ról DK felé haladva (a Dzsámi kávézó feletti turistaúton) az 1. helyen a Kiscelli Agyag és a Hárshegyi Homokkő kontaktusát tanulmányozhatjuk. Esztergom–Keszthely térsége mélyebb, centrális része lehetett az oligocén, süllyedő medencének (31–29 M év). Elsőként a Hárshegyi Homokkő, mint lagúna ill. self homok, majd az ÉÉK–KDK-i irányból előrenyomuló oligocén tengerben a Kiscelli Agyag ülepedett le. A mélytengeri (mélyszublitorális-sekélybatiális) kifejlődésű rétegsorba gyakran partközeli képződmények iktatódnak (SIPOSS 1964). Az Esztergom-18-as fúrás (volt Kályhacsempegyár) 0–77,4 m közt tárta fel a Kiscelli Agyag rétegsorát. Az aleurolit lemezesen mállott. Rétegdőlés: keleti irányú, néhány fokok dőlésszöggel.

11. ábra. A Várhegy földtani térképe a megállóhelyekkel



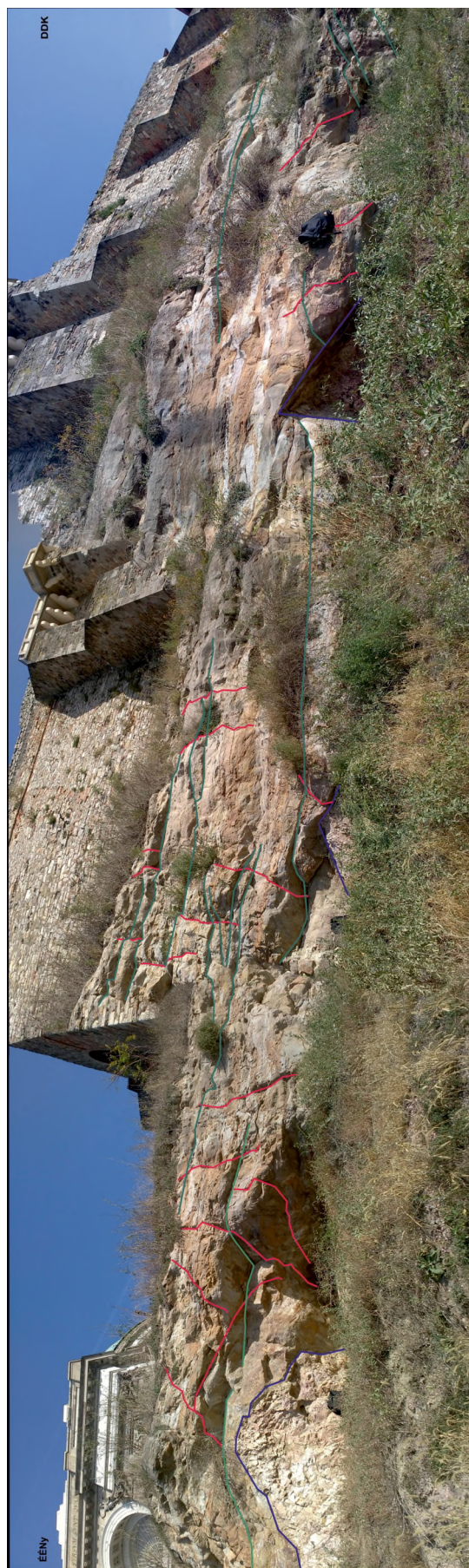
**4/2. megálló (SALLAY ENIKŐ, HÉJA GÁBOR) – Dachsteini Mészke és Hárshegyi Homokkő barlangokkal**

A Kiscelli Agyag feltárásától D-felé haladva, a Várhegy délnyugati lejtőjén a Hárshegyi Homokkő zikla kibukkanásait láthatjuk, amely eróziós szögdiszkordanciával települ a felső triász Dachsteini Mészke Formáció kovával átítatott rétegeire. A mészke és homokkő határán az átfolyó termálkarsztvizek üregeket, barlangokat alakítottak ki. A feltárásban megjelenő Hárshegyi Homokkő kötőanyaga kova és limonit.

A homokkő átlagos rétegdőlése a lépcső közelében  $56/30^\circ$ , a mészké:  $321/20^\circ$  (1. ábra).

A Dachsteini és a Hárshegyi Formációt számos meredek dőlésű kőzetres metszi, ezeken felül néhány karcos vetőt is mértünk. A kőzetres alapján három feszültségmező rajzolódik ki. D1) Függőleges É–D és NyÉNy–DKK-i csapású síkok eltolódásos Mohr-párokként értelmezhetők, melyek ÉNy–DKK-i összenyomás és merőleges, ÉK–DNy-i húzás hatására jöttek létre. D2) Meredek ÉK felé dőlő és ellentétes, DNy-i dőlésű kőzetres konjugált extenziós Mohr-párok képeznek. Eme kőzetres által kirajzolt feszültségmezőbe jól beleilleszkedik a Hárshegyi Homokkőn mért karcos normálvető. D3) Az előbbi síkokra majdnem merőleges, ÉNy-i és DKK-i dőlésű síkok szintén extenziós konjugált párokat alkotnak, melyek ÉNy–DKK-i extenziót jeleznek (13. ábra).

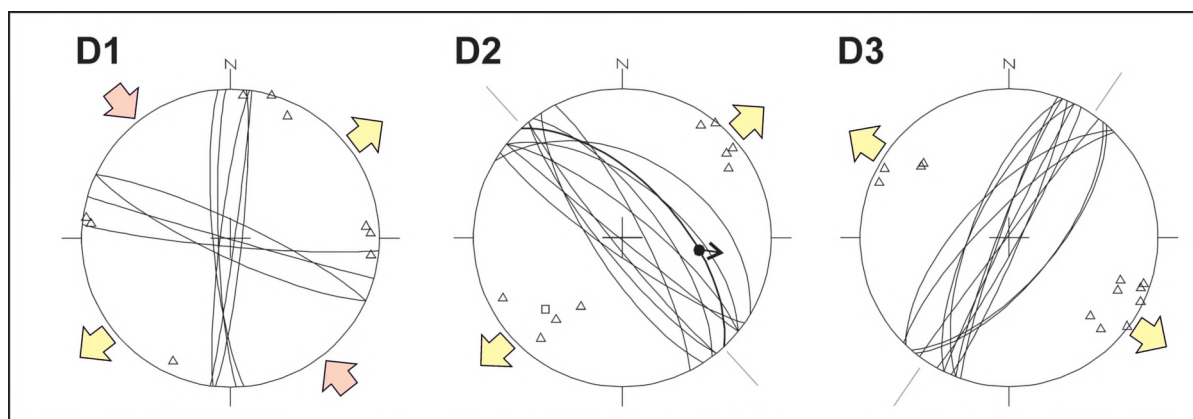
A fent említett feszültségmezők az oligocén üledékképződést követően esetleg azzal egy időben lehettek aktívak, mivel a kőzetres a Hárshegyi Homokkőben is megjelennek. Az általunk mért D1 feszültségmező megfeleltethető a paleogén medencét kialakító deformáció feszültség irányaival (BADA et al. 1996). Az extenziós Mohr-párok (D2, D3) minden bizonnyal a miocén extenzióhoz, és a Pannon-medence létrejöttéhez kapcsolódnak; FODOR et al. (2018) hasonló feszültségmezőket mutatott ki a Gerecsében. FODOR et al. (2018) alapján az ÉK–DNy-i extenzió középső-miocén, míg az erre merőleges ÉNy–DKK-i extenzió késő-miocén korú. Véleményünk szerint a Várhegy DNy-i



12. ábra. Panorámakép a Várhegyről törési síkokkal és réteggéssel

Jelkulcs  
 — 013/011 réteghatár  
 — réteglejtés  
 — íttörési síkok, törési síkok





13. ábra. A Dachsteini Mészkövön és a Hárshegyi Homokkövön mért, vetők (D1), kőzetrések (D2) és rétegdőlések (D3) sztereogramjai

meredek oldala egy térképi léptékű, középső miocénben kialakult (D2) normálvető mentén jöhetett létre (13. ábra).

A Várhegy lábánál több mint ezer éve ismertek azok a meleg vizű források, amelyek a Duna jobb partján lévő törésrendszerekhez kapcsolódnak és túlnyomóan mély karsztokból táplálkoznak, hőmérsékletük 18-60 °C közötti.

A források vízszintje 1983 után rohamosan süllyedt, amit a Dorogi-medencében folyó bányászat során történő vízkiemelés okozott. A karsztvízszint emelkedése csak a bányászat megszűnte után kezdődött meg.

Jelenleg a Várhegyen 3 barlang ismert, de korábban több is létezhetett. A fokozott védelem alatt álló és régészeti szempontból fontos Széchy Dénes-barlang kiterjedt, kb. 50 méter hosszú ürege a kiugró homokkő-szirt alá benyúló kettős előcsarnokból és az abból befelé nyúló kisebb járatokból áll. A barlang a két kőzet határán alakult ki, alját a karsztosodó karbonátos dolomit, a főtétjét pedig homokkő alkotja, melyen apró gipsz kristályréteg alakult ki. A barlang belső részében hévizes oldódásra utaló kiválások láthatóak, amik azt bizonyítják, hogy természetes eredetű, oldódással kialakult barlangról van szó.

A Széchy barlangtól délkeleti irányban található az „Esztergomi Várhegy 3. sz. barlangja” hossza kb. 2 méter. Ettől délkeleti irányban az 1960-as években épült beton támfal tövétől 5 méterre található egy jelentősebb üreg, amely majdnem állva járható. Az üreg hossza 37 méter. A barlang főtétjét ráadásul nagy területen kristálykiváláshoz hasonló kéreg borítja, melyet a használat miatt korom- és porréteg takar. Az üregnek a barlangkutatók az „Esztergomi Várhegy 2. sz. barlangja” nevet adták. A korábbi leírások még e három barlangon kívül is megemlékeznek üregekről, amelyeket valószínűleg a támfal építéskor betömedéltek.

#### 4/3. megálló (SALLAY ENIKŐ) – legdélebbi egység, kiemelt helyzetben a Dachsteini Mészkö Formáció

Dél felé haladva a rétegsor alján vastagpados Dachsteini Mészkö látható. Lofer ciklus szerint: C-be áthalmozott B tag. *Megalodus* sp., algalaminit, sztromatolit, onkoidok láthatóak benne. Átlagos rétegdőlés: 24/22°.

## HIVATKOZOTT IRODALOM

- BADA, G., FODOR, L., SZÉKELY, B. & TIMÁR, G. 1996: Tertiary brittle faulting and stress field evolution in the Gerecse Mts. N. Hungary. – *Tectonophysics* 255, 269–290.
- BÁLDI T., BÁLDINÉ BEKE M., HORVÁTH M., KECSKEMÉTI T., MONOSTORI M. & NAGYMAROSY A. 1976: A Hárshegyi Homokkő Formáció kora és képződési környezete. – *Földtani Közlöny* 106, 353–386.
- BÁLDI T. & NAGYNÉ GELLAI Á. 1990: Az esztergomi oligocén medencetöredék süllyedéstörténete. – *Ált. Földtani Szemle* 25, 119–149.
- BALLA, Z. & DUDKO, A. 1989: Large-scale Tertiary strike-slip displacements recorded in the structure of the Transdanubian Range. – *Geophysical Transactions* 35/1–2, 3–63.
- BERNHARDT B. & INCE SZ. 1998: Az Északkelet-Dunántúli oligocén képződményeinek litosztratigráfiai tagolása. – *Kézirat*, Magyar Állami Földtani, Bányászati és Geofizikai Adattár, Geokomplex Kft., Miskolc L502, p. 50
- BUDAI T. 2001: Mogyorósbánya paleogénje. – *Kézirat*, SZTFH.
- BUDAI T. 2004: Középső-triász medencefáciések és vulkanitok a Zsámbéki-medencében. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2002*, 189–194.
- BUDAI T., CSILLAG G., VÖRÖS A. & LELKES GY. 2001: Középső- és késő-triász platform- és medencefáciések a Keleti-Bakonyban. – *Földtani Közlöny* 131/1–2, 71–95.
- BUDAI T., FODOR L., SZTANÓ O., KERCSMÁR ZS., CSÁSZÁR G., CSILLAG G., GÁL N., KELE S., KISZELY M., SELMECZI I., BABINSZKI E., THAMÓNÉ BOZSÓ E. & LANTOS Z. 2018: A Gerecse hegység földtana. Magyarázó a Gerecse hegység földtani térképéhez (1:50 000). [*Geology of the Gerecse Mountains. Explanatory book to the geological map of the Gerecse Mountains (1:50 000)*]. – Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat kiadványa, Budapest, 490 p.
- BUDAI T., HAAS J. & PIROS O. 2015: Új rétegtani adatok a Zsámbéki-medence triász aljzatából – szerkezetföldtani következtetések. – *Földtani Közlöny* 145/3, 247–257.
- BUDAI, T. & VÖRÖS, A. 1993: The Middle Triassic events of the Transdanubian Central Range in the frame of the Alpine evolution. – *Acta Geologica Hungarica* 36/1, 3–13.
- CSÁNK E.-NÉ: A Dorogi-medence oligocén képződményeinek ásvány-kőzettani vizsgálata. – *MÁFI Évi Jelentés 1967-ről*, 83–134
- DUNKL, I., FARICS, É., JÓZSA, S., LUKÁCS, R., HAAS, J. & BUDAI, T. 2019: Traces of Carnian volcanic activity in the Transdanubian Range, Hungary. – *International Journal of Earth Sciences* 108/5, 1451–1466, doi.10.1007/s00531-019-01714-w
- ERDEI B., HABLY L., HÉJA G., FODOR L. 2022: The Late Oligocene macroflora of Zsámbék, Central Hungary. – *Fossil Imprint* 78/1, 298–309.
- FARICS É. 2018: A karni vulkanizmus nyomai a Dunántúli-középhegységben és a vulkanitok törmeléke a Budai-hegység eocén bázisképződményében. – *Kézirat*, PhD értekezés, ELTE Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék
- FODOR, L. 2010: Mezozoos-kainozoos feszültségmezők és törérendszerek a Pannon-medence ÉNy-i részén – módszertan és szerkezeti elemzés. – Doctoral thesis of the Hungarian Academy of Sciences, *manuscript*, 129 p.
- Fodor, L., Kercsmár, Zs., Kövér, Sz. (2018). A Gerecse szerkezete és deformációs fázisai. In: Budai T.(szerk.): *A Gerecse hegység földtana*.–Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, Budapest, 169–209.
- GÖRÖG, Á. 1992: Sarmatian foraminifera fauna of the Zsámbék Basin, Hungary. – *Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis de Rolando Eotvos Nominatae, Sectio Geologica* 29, 31–153.
- GYALOG L. & BUDAI T. (szerk.) 2004: Javaslatok Magyarország földtani képződményeinek litosztratigráfiai tagolására. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2002*, 195–232.
- JÁMBOR Á. 1980a: A Dunántúli-középhegység pannóniai képződményei. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* 62, 259 p.
- KERCSMÁR, ZS., BUDAI, T., SZUROMINÉ KORECZ, A., SELMECZI, I., MUSICZ, B. & LANTOS, Z. 2020: A zsámbéki Strázsahegy és környékének kainozoos képződményei. – *Földtani Közlöny* 150/1, 129–150.
- KORPÁS L. 1981: A Dunántúli-középhegység oligocén, alsó-miocén képződményei. – *MÁFI Évkönyv* 64, 140 p.
- MÉSZÁROS M. 1954: Törésirányok Esztergom területén. – *MÁFI Évi Jelentés 1952-ről*, 85–90.
- MUNTYÁN I., MUNTYÁN I.-NÉ & MUNTYÁN Cs. 1985: A Dunántúli-középhegység ÉK-i részének kaolinos homokkő prognózisa. – *Kézirat*, SZTFH Magyar Állami Földtani és Geofizikai Adattár, Budapest, T.13366, 167 p.
- SELMECZI I. 2018: Oligocén., – In: BUDAI T. (szerk.): *A Gerecse hegység földtana. Magyarázó a Gerecse hegység földtani térképéhez (1:50 000)*. – Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat kiadványa, Budapest, 106–11.
- SIPOSS Z. 1964: A dorogi üledékgyűjtő terület oligocén képződményeit ért hegyszerkezeti mozgások. – *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1962-ről*.
- SZTANÓ O., MAGYARI Á. & NAGYMAROSY A. 1998: Az Esztergomi-medence oligocén képződményeinek integrált sztratigráfiai vizsgálata: II. Oligocén szekvenciák és értelmezésük. – *Földtani Közlöny* 128/2–3, 455–486
- TARI, G. 1994: Alpine Tectonics of the Pannonian Basin. – *PhD Dissertation*, Rice University, Houston. p. 501

TÓTH E. 2009: Őskörnyezeti vizsgálatok a Középső-Paratethysben a szarmata folyamán a mikrofauna őslénytani és geokémiai vizsgálata alapján. Chagements paléoenvironnementaux dans la Paratéthys Centrale pendant le Sarmatien (Miocène moyen): étude paléontologique de microfaunes et analyses géochimiques.). – *PhD Értekezés*, ELTE Őslénytani Tanszék, Université Claude Bernard Lyon 1, Budapest/Lyon, 144 p. + Táblák +Melléklet

#### Internetes források

[https://foldtan.hu/sites/default/files/Paleog%C3%A9n\\_Jegyz%C5%91k%C3%B6nyv\\_20190123.pdf](https://foldtan.hu/sites/default/files/Paleog%C3%A9n_Jegyz%C5%91k%C3%B6nyv_20190123.pdf)