

# A Kritikus Nyersanyagok Maraton Adatgyűjteményéből. Réz – stratégiai és kritikus ásványi nyersanyag potenciál – globális és hazai körkép

## From the Critical Raw Materials Marathon Data Collection. Copper – strategic and critical mineral raw material potential – global and domestic overview

KASÓ ATTILA IFJ.<sup>1</sup> geológus, bányamérnök; FÖLDESSY JÁNOS<sup>2</sup>, professzor emeritus;  
LESKÓ MÁTÉ<sup>2</sup>, PhD, tudományos segédmunkatárs

<sup>1</sup>Rotaqua Geológiai, Bányászati Kutató Mélyfúró Kft., Kővágószőlős

<sup>2</sup>Miskolci Egyetem Nyersanyagkutató Földtudományi Intézet, Miskolc

*A réz a stratégiai ásványi nyersanyagok között az egyik legjelentősebb, folyamatosan növekvő keresletű anyag. A tanulmányunkban helyzetképet adunk az ásványi nyersanyag előfordulásokról, bányászati termelésről a világban, Európában és a Kárpátok övezetében. Összefoglaljuk azokat az ismereteket is, amelyeket hazai, részben megkutatott, részben felderítetlen rézérc előfordulásainkról nyilvánosan ismertek. Végül javasoljuk a legígéretesebb hazai területeink részletes átértékelését, kutatásainak kiegészítését.*

**Kulcsszavak:** stratégiai ásványi nyersanyag, rézérc, előfordulások, ásványvagyron potenciál

*Copper is one of the most significant strategic mineral resources its market demand continuously grows. In our study, a situational picture is provided about the mineral resource occurrences and mining production in the world, Europe and the Carpathian region. We also summarize the knowledge that is publicly known about our domestic, explored and unexplored copper mineralizations. At the end detailed reassessment of our most promising areas and the completion of research is proposed.*

**Keywords:** strategic raw material, copper ore, mineralization, mining, resource potential

### Bevezetés

A réz az egyik legnagyobb tömegben keresett stratégiai fontosságú stratégiai nyersanyag Európában. Gazdasági szerepe világméretben és hazai keretek között is jelentős. Elengedhetetlen alapanyaga a Zöld Átmenet kiteljesítéséhez szükséges technológiáknak. Sem az elektronikai eszközökben, sem az energiaszállításban nem lehet gazdaságosság megtartásával helyettesíteni. A Zöld Átmenet stratégiája, illetve az elektromos járműhajtásra való áttérés, a réz fém iránti igényt exponenciálisan növeli a következő évtizedekben, miközben a rézérckitermelés növekedése ezzel szemben csak mérsékelt ütemű lehet, valamint igen jelentős tüke- és időigényű. Az 1. táblázatban a fém réz 1960 és 2020 között mutatott keresletének régiókénti változását tüntettük fel. A piac ezen idő alatt ötszörösére bővült. Jól észlelhető

a kereslet áthelyeződése az európai országoktól Ázsia országai felé.

A 2050. évre előre jelzett fémrézigény bányászati forrásokból történő kielégítéséhez 2.1 trillió USD befektetésre lenne szükség, az átlagos beruházás átfutási idő 17 év [1].

### Stratégiai kritikus nyersanyag

A 21. század kezdetétől gyorsuló technológiai forradalom, informatikai rendszerek kiépülése, a dekarbonizáció, szükségképpen a felszínre hozott egy sor, korábban kevésbé keresett nyersanyag iránti igényt.

A geopolitikai játszmák fókuszába került nyersanyag- és energiaínség a legérzékenyebben a CRM – kritikus és stratégiai nyersanyagok – csoportját érinti.

tette. Ebben paradox módon az egyik legrégebben használt hagyományos fém, a réz kapta a főszerepet. Ennek oka, hogy a technológiák mindegyikében kulcsszerepe van, s bár termelése diverzifikált, az előrejelzett igények messze meghaladják a ma felmérhető rövid- és középtávú fejlesztési lehetőségeket.

A réz a körkörös gazdaságban is jelentős tényező, ez a tanulmányunk azonban csak az elsődleges – ásványi – nyersanyagok helyzetét tekinti át.

Réztermelés a világon

Az 1960-as évtizedben a globális rézkereslet évente 5 millió tonna, 2020-ban 25 millió tonna volt. A világpiaci kereslet radikális átrendeződését mutatja, hogy ennek a mennyiségnek kezdetben 57%-át jelentette az európai piac, míg az eltelt idő során a globális keresletben piaci részesedése – a volumen azonos szintjét tartva – 15%-ra csökkent, eközben az ázsiai térség részesedése egy nagyságrenddel, 74%-ra nőtt (1. táblázat).

1. táblázat. A fémréz kereslet megoszlása régióként 1960 és 2020 [1]

| Fémrézigény                    | 1960 | 2020 |
|--------------------------------|------|------|
| millió tonna/év                | 5    | 25   |
| Százalékos megoszlás régióként |      |      |
| Európa                         | 57   | 15   |
| Észak-Amerika                  | 30   | 9    |
| Ázsia                          | 10   | 74   |
| Óceánia                        | 2    | 0,02 |
| Latin-Amerika                  | 1    | 1    |
| Afrika                         | 0,5  | 1    |

A világ összesített rézfémtermelése 2023-ban 22 millió tonna volt (2. táblázat). A legnagyobb termelő országok egyike sem európai, a termelés 45%-a Latin-Amerikából, 14%-a Afrikából, 14%-a Ázsiából, 7% Óceániából származik [2]. Ebből közvetlenül leoszűrhető, mekkora akadályt jelenthet ennek a nyersanyagnak a hiánya az európai technológia fejlesztési lehetőségek és követelmények szempontjából.

2. táblázat. Legnagyobb réztermelő országok [2]

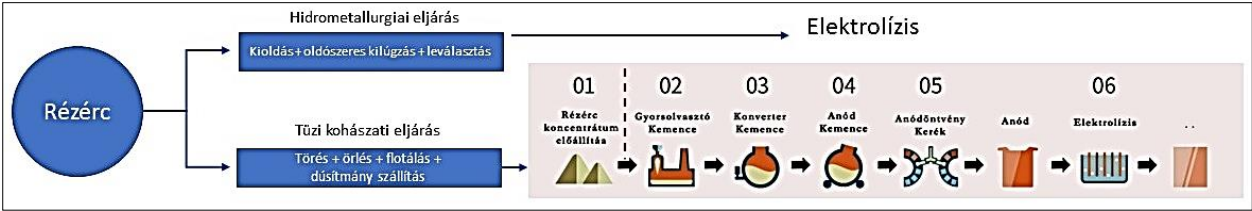
| Rangsor  | Ország       | Ezer tonna fém réz | %   |
|----------|--------------|--------------------|-----|
| 1        | Chile        | 5000               | 23  |
| 2        | Peru         | 2600               | 12  |
| 3        | DR Kongó     | 2500               | 11  |
| 4        | Kína         | 1700               | 8   |
| 5        | USA          | 1100               | 5   |
| 6        | Oroszország  | 910                | 4   |
| 7        | Indonézia    | 840                | 4   |
| 8        | Ausztrália   | 810                | 4   |
| 9        | Zambia       | 760                | 3   |
| 10       | Mexikó       | 750                | 3   |
|          | Más országok | 3100               | 14  |
| Összesen |              | 22                 | 100 |

Technológiai változatok

A feldolgozási technológiákban kétféle út jelenti a legjelentősebb, ma alkalmazott fémréz előállítási módokat:

Tűzi kohászati feldolgozás

A hagyományosabb tűzi kohászati feldolgozásra a szulfidos rézérccek (kalkopirit, kalkozin, kovellin, bornit, stb) alkalmasak. Ennek alkalmazása során a fémréz előállítása több lépcsőben történik. Elsőként a kitermelt ércből döntően flotálással dúsítmányt állítanak elő (28-40 % réz tartalommal). Ez kerül konverter kemencébe, és keletkezik nyersréz (köztes terméként, 96-98 % Cu), illetve a vas és kén eltávolítása után anódréz (99 % Cu). Ezt követi a finomítás elektrolízis útján, amelyben a réz anód szulfátos elektrolit közegben feloldódik (egyéb fémek – lehetséges melléktermékek pl. Au, Ag – az anódiszapba süllyedve felhalmozódnak), a réz pedig a katód lemezekben nagy tisztaságban (99,99 % Cu) leválik. A fémiparokon a katódréz a szabványos kereskedelmi termékforma [3].



1. ábra. A rézérc-feldolgozási technológiák vázlata [4]

Több olyan ásványtani összetételű rézérc van, amelyek a fenti többlépcsős út helyett közvetlen elektrolizálással feldolgozhatók. Ennek során híg kénsavval oldatba viszik, majd az oldatból szerves kelát képző szerrel szelektíven kivonják a rézet. A hordozó organikus komponenst elpárologtatva és visszanyerve a réz-tartalmú fázis a szilárd maradékban koncentrálódik. Ezt újra kénsavban oldva viszik elektrolízisre (SX-EW) [4]. Erre az eljárásra főleg az oxidált rézérc változatok, réz-karbonátok, termésréz, krizokolla stb alkalmasak.

A technológiai folyamatok különbségei szerint a tűzi kohászatra alkalmas ércek feldolgozásának első lépcsői (a dúsítmány előállításáig) a bányászati kitermelés helyszínén történnek, a kohászat és a finomítás pedig távolabbi iparközpontokban, sokszor több helyről származó dúsítmány vásárlásával és nagy távolságra történő szállításával, majd a nyersréz finomítóba szállításával történhet. A hidrometallurgiai folyamatnál ezek a bányászat helyszíne közelébe telepíthetők. A világon a legnagyobb rézérckohászati üzemek és finomítók ma Kínában működnek és a világ finomított réz fém termelésének mintegy felét állítják elő. A legnagyobb üzem, Guanxi Nanko mintegy 700 ezer tonna/év réz termelésért felel [1].

### Rézércek földtana dióhéjban

A rövid leírásban Dill [5] összefoglalóját vettük alapul. A földkéreg átlagos réz tartalma 57 ppm. Az elméleti geokémia a földköpeny anyagot tartja a for-

rásnak, mivel a magmás kőzetek közül a földkéregbe épülő köpeny eredetű bázisos magmák (bazaltok) átlagos Cu koncentrációja a legmagasabb (90 ppm). Az üledékes környezetekben a pelágikus agyagközetek átlagos réz tartalma a legnagyobb (251 ppm).

Telepforma szerint három típus a leggyakoribb:

- porfíros,
- réteggövető,
- tömeges szulfidérc.

A dúsító földtani folyamat szerint a különböző morfológiájú teleptípusok további három nagy csoportba sorolhatók:

- hidrotermális,
- szerkezeti elemhez kapcsolt,
- üledékes.

A nagyszámú előfordulást hasonlóan nagyszámú telepfajtába sorolták és írták le. A besorolás sokszor átfedéseket, átmeneteket tartalmaz, s a modellek az újabb és újabb kutatási eredmények beépítésével folyamatosan módosulnak. A 3. táblázatban a leggyakoribb földtani környezetek 1-1 példájának felsorolásával próbáljuk bemutatni a rézércek genetikai sokszínűségét. Az előfordulás példákat úgy választottuk, hogy az interneten a részletes földtani leírások minden esetben elérhetőek legyenek. (A 3. táblázatban szereplő rövidítések: IOCG – iron oxide copper gold vasoxid-réz-arany, HS, IS, LS – magas, közepes és alacsony szulfidációs fokú, VMS- vulkanogén tömeges szulfidérc).

3. táblázat. A fő rézérc teleptípusok és jellemző példái [5]

| Magmás és metamorf eredetűek | Elemtársulás | Előfordulás, példa | Ország        |
|------------------------------|--------------|--------------------|---------------|
| Idős pajzsok/Bázitok         | Cu Ni Pt     | Sudbury            | Kanada        |
| Zöldkő metamorfitek          | Cu Ni        | Kambalda           | Ausztrália    |
| Porfíros intrúziók           | Cu Mo Au     | Majdanpek          | Szerbia       |
| IOCG                         | Cu U Fe Au   | Olympic Dam        | Ausztrália    |
| Epitermás HS IS LS           | Cu Au Ag Te  | Cukaru Peki        | Szerbia       |
| Szkarnos                     | Cu Fe Zn Au  | Ertzberg           | Indonézia     |
| Üledékes eredetűek           |              |                    |               |
| Mállási feldúsulás           | Cu Au        | Chile              | Escondida     |
| Evaporit/feketepala          | Cu Ag Co     | Polkowicze         | Lengyelország |
| Homokkő                      | Cu           | Udokan             | Oroszország   |
| Feketepala/                  | Cu Co        | Mufulira           | Zambia        |
| VMS                          | Cu Zn        | Kidd Creek         | Kanada        |

Igen nagy számú rézászvány ismert, de az ércek fő értékhordozó rézászványainak száma nem sok. Az elsődleges hidrotermás és üledékes folyamatokban a kalkopirit (ritkábban kubanit, bornit, fakóérc) a domináns, az epitermás szakaszban As- és Sb-tartalmú szulfid ásványokként enargit (luzonit, famatinit), szupergén folyamatok dúsulásaiban kovellin, kalkozin, tenorit, kuprit, malachit, azurit kap szerepet.

A rézércek esetében, kiemelt gazdasági jelentősége van szupergén dúsulási folyamatoknak. Ezek a folyamatok okozzák a szulfidos ércek felszín közeli oxidációját, melyek az ércfeldolgozás szempontjából kedvező folyamatok. Ennek eredményeként a csak tűzi technológiával feldolgozható ércek hidrometallurgiára alkalmas változatokká alakulnak át. A könnyen oldódó oxidált rézércek a felszíni mállási kéregből kioldódva lefelé migrálnak, és az állandó vízszint környezetében újra kiválnak, jelentősen továbbdúsulva [6]. Ez a folyamat hozta létre a leggazdagabb előfordulásokkal bíró Chile és Peru számos porfíros rézérc zónájának magas Cu-koncentrációját a felszíni mállási zónában.

#### A világ legnagyobb termelő előfordulásai

Az előfordulásokat áttekintve a legjelentősebb termelők az évi több tízmillió tonna/év érctermelő kapacitást üzemeltetnek. A termelő országok sorrendjéhez hasonlóan a rézérctermelés a világon ma Latin-Amerika, Indonézia és Afrika néhány óriási méretű előfordulására összpontosul, a 2023-as adatok szerint a 4. táblázatban felsorolt bányahelyek vezették a legnagyobb réztermelő előfordulások listáját [7]. A felsorolásban nem szerepelnek a nyugati statisztikákban nem képviselt orosz, kazah, kínai óriás előfordulások.

#### Jelentős termelők Európában

Az európai rézérctelepek a kis ásványvagyonuk miatt a legnagyobb lelőhelyek listáján nem jelennek meg. Európa rézérctermelése (1,5 millió tonna réz, 2021) a világ össztermelésében mintegy 3,0%-os arányban szerepel.

A termelés az EU-n belüli országokban döntő részben Lengyelország (45%), Spanyolország (23%), Bulgária (13%) és Svédország (7%) között oszlik meg. Kisebb jelentőségű termelés van az EU-n belül még Finnországban, Portugáliában, Romániában. Az EU-n kívüli európai országokban ezenkívül Törökország, Szerbia, Észak-Macedónia termelése jelentős és növekvő. Nem soroltuk itt fel Oroszországot, mivel rézérctermelése döntően az ázsiai részhez kapcsolódik [8].

Az EU legnagyobb termelőüzemei a Lengyelország – Németország déli részén húzódó Rézpala – Kupferschiefer övezetben vannak (Polkowice-Sierowice, Rudna, Lubin), míg a svéd előfordulásokat Aitik és Boliden, a spanyolországiakat Rio Tinto, Matsa, Aguablanca, Las Cruces képviseli [9].

#### Kárpátok-beli előfordulások

Az országunkat övező Kárpátok vonulatában számos ismert, leállított és néhány működő előfordulást ismerünk. Szlovákiában 16 előfordulás ásványvagyon szerepel az országos nyilvántartásban, a korábban ismertek közül legjelentősebbek Rudnany, Spisska Nova Ves és Slovinky. Lubietova-Orsblie [30]. Románia legnagyobb lelőhelyei: Rovina, Ciresata, Bucium, Moldova Noua, Rosia Poieni, Talagiu, Valea Morii, részben az Erdélyi Érchegységben, részben a Bánati övben [9].

4. táblázat. A világ legnagyobb rézérc termelő bányái [7]

| Előfordulás          | Ország       | ezer t/év fém réz | Tulajdonos          |
|----------------------|--------------|-------------------|---------------------|
| Escondida            | Chile        | 882               | BHP                 |
| Collahuasi           | Chile        | 563               | Glencore            |
| Cerro Verde          | Peru         | 444               | Freeport-McMoran    |
| Buenavista del Cobre | Mexikó       | 427               | Grupo Mexico Sde CV |
| Kamoa Kakula         | DR Kongó     | 423               | Ivanhoe Mines       |
| Grasberg             | Indonézia    | 418               | Mining Indonesia    |
| Antamina             | Peru         | 410               | Glencore            |
| Morenci              | USA, Arizona | 399               | Glencore            |
| El Teniente          | Chile        | 399               | Freeport-McMoran    |
| Cobre Panama         | Panama       | 331               | First Quantum       |

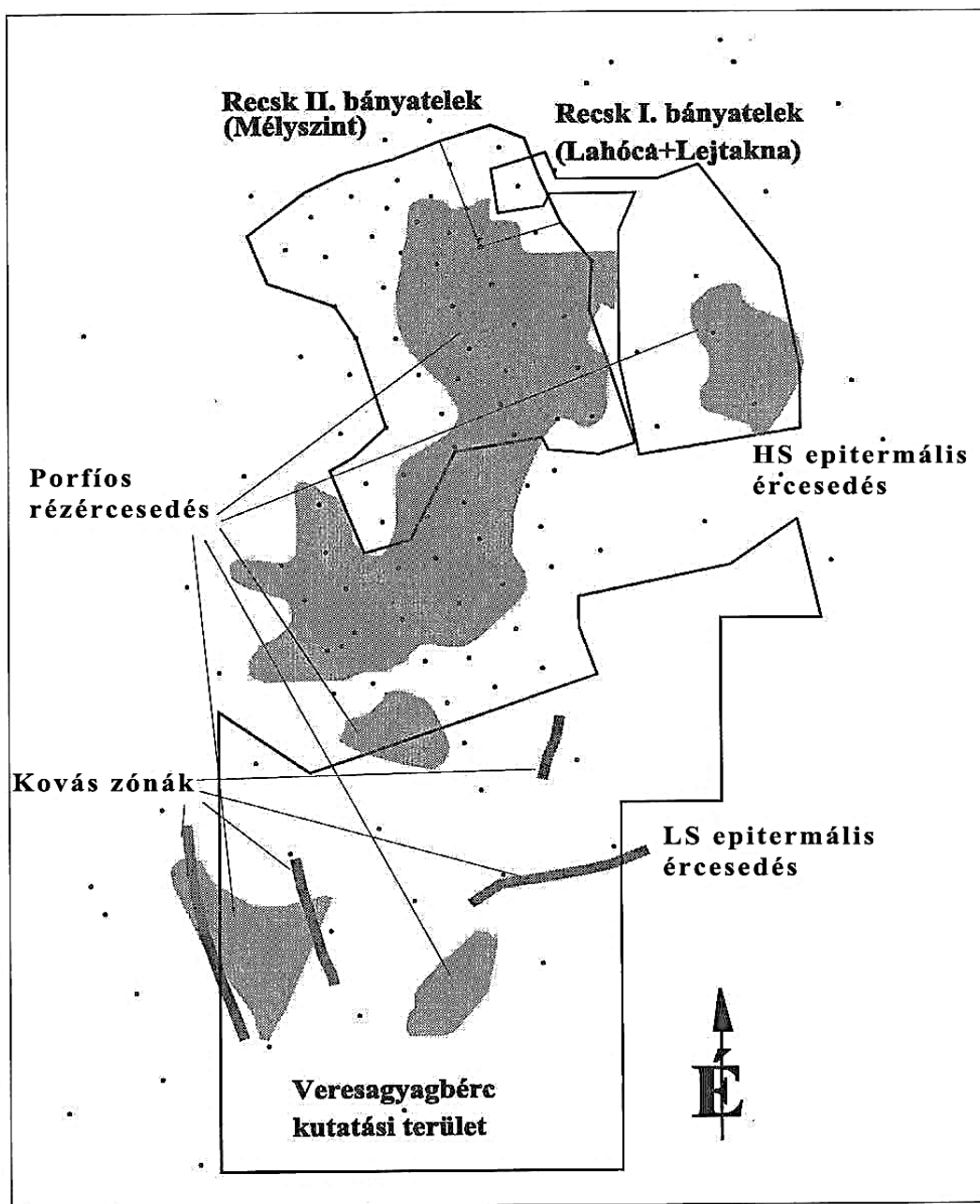
A ma működésben lévő legjelentősebb előfordulások a bánáti öv déli folytatásában, a szerbiai oldalon ismertek. Itt Majdanpek, Veliki Krivelj, Bor, Cukaru Peki igen jelentős, és jelenleg is dinamikusan fejlődő bányászattal és modern kohászattal rendelkező (kínai résztulajdonban lévő) előfordulás csoportot képez [10].

### Magyarországi előfordulások

A jobb azonosíthatóság érdekében a lelőhelyeket postai irányítószámmal is megjelöltük. Nyilvántartott, az országos ásványvagyon mérlegben [11] szereplő rézércvagyon két előforduláson ismert: Recskén és Rudabányán.

A többi előfordulás esetében a fémárak alapján vontuk meg a figyelembevétel alsó határát, a pillanatnyi tőzsdei fémár alapján becslült 10 USD/érctonna értékben. Az értéket a USGS éves összefoglalójában közölt adatból származtattuk, ez 2023-ban a közölt 4 USD/lb átlagárnak megfelelő 0,11 Cu% volt [12]. Azokat a lelőhelyeket vettük lehetőségként figyelembe, ahol a réztartalom a 0,11%-ot elérte. A mai piaci réz ár 4,6 USD/lb (9447 USD/tonna).

Az előfordulásokat egyenként ismertetjük rövid, áttekintő jelleggel. Az áttekintés mellett hivatkozásokat tettünk azokra a legfontosabb forrásanyagokra, amelyekben a további részletes információk elérhetőek.



2. ábra. A recski ércelőfordulások helyzete

Nyersanyagkutatások és bányászati fejlesztések jelenleg Rudabányán vannak, az itteni adatok egyúttal ennek jelenlegi képét adják, a többi előfordulást pedig az adattári, irodalmi adatgyűjtés nyomán ismertetjük.

### 3245 Recsk–Lahóca

Az előfordulás Lahóca bányarésze az 1850-es évektől ismert, az 1860–1979 közötti időszakban folyamatosan termelték, helyben flotálással dúsították, a koncentrátumát kohók számára értékesítették. Részletes történeti összefoglalója olvasható Kun és Csiffáry [26, 27] munkáiban. A 1973-tól egy Lahócától É-ra fekvő kisebb üzemmel egészült ki a termelőüzem (Lejtakna), melynek ércesedését már a mélyszerinti kutatófúrásokban fedezték fel. 1993–1997 között az Enargit Kft. [13], majd 2005–2013 között a Magyar Mining Kft./Eastmine Kft./St.Stephen Gold Kft. [14] Cu–Au ércutatási programjai zajlottak le sikeresen.

A recski ércelőfordulások helyzetét a 2. ábra mutatja be. A lahócai előforduláson érvényes bányatelek van (Recsk–I), jogosította a Magyar Nemzeti Vagyongazdálkodó Zrt.

Az előfordulás a mélyszerinttel való összekapcsolásával lehetővé teszi egy fokozatosan bővülő, felülről lefelé haladó bányászati stratégia megvalósítását is.

#### Földtani modellje

A napjainkra kialakult földtani modell szerint a mélyszerinti dioritporfir intrúzió keleti pereme felett, a külszínen ismert Lahóca-hegy környezetében kialakult ércesedés a HS (magas szulfidációs fokú) epitermás típust a kissé távolabbi, Fehérkő-Veresvár területen előforduló ércetek a mélyszerinti- és az LS zóna között IS epitermás típust képviselik. Az ércesedési folyamatok az oligocén korú, részben szubmarin kitörésekkel felszínre került andezithez és dácithoz kapcsolhatók.

A legutolsó átfogó ércföldtani értékelés részben Turi (Lejtakna) [15], részben Takács és társai (Lahóca) [16] munkája. Az ércesedés három szakaszát állapították meg. A legidősebb egy magas hőmérsékletű hidrotermás szakasz volt (kalkopirit, galenit, szfalerit), amelyet két HS epitermás szakasz követett, enargit, luzonit, telluridok, szubmikronos, illetve pirithez kötött terméssarany kiválásával, mindegyik szakaszban tömeges pirittel. A kőzetanyagot hidrotermás explozív breccsának, azaz felszínalatti gőzrobbanás eredményeként létrejött törmelékes kőzetnek minősítették.

#### Ásványvagyon

Az 1994–1997 közötti kutatások eredményeként az Enargit Kft. vagyonbecslése az alábbi paramétereket állapította meg (5. táblázat).

5. táblázat. A Lahóca-Lejtakna terület földtani ásványvagyon [13]

| millió tonna | Cu % | Au ppm | Ag ppm |
|--------------|------|--------|--------|
| 34,6         | 0,11 | 1,47   | 7,21   |

A Cu–Au ércesedéshez As-, Sb-, Se-, Te-, platinafém-dúsulás is kapcsolódik. A rézdúsulások szoros korrelációt mutatnak az Ag (0,85), As (0,98), Bi (0,85), Sb (0,97) elemekkel.

A megkutatott, de ki nem termelt fémvagyon ma ismert földalatti értéke megközelíti a 2000 milliárd forintot. Az előfordulás egyúttal az As és Sb kritikus nyersanyagok legnagyobb ismert ásványi nyersanyag forrása.

### 3245 Recsk–Mélyszerint

1962-től az akkor már kimerülőfélben lévő lahócai terület pótlására nagy mélységű fúrások kutatás indult. Ez sikeresnek bizonyult, és a 20. század legjelentősebb hazai ércutatási programja bontakozott ki, a külszínről 136 db 1000–1300 m közötti mélységet elérő, összesen 155 ezer folyóméter mélyfúrással. A mélyszerint első jelentős sokoldalú földtani összefoglalása a *Földtani Közöny* 1975. évi különszámában található [17]. Utolsó átfogó földtani értékelése a Recskkel foglalkozó monográfia cikkeiben érhető el [18]. A földtani-környezeti-termesztvédelmi információk együttesen a Török K. szerkesztésében készült tanulmányban [19] található.

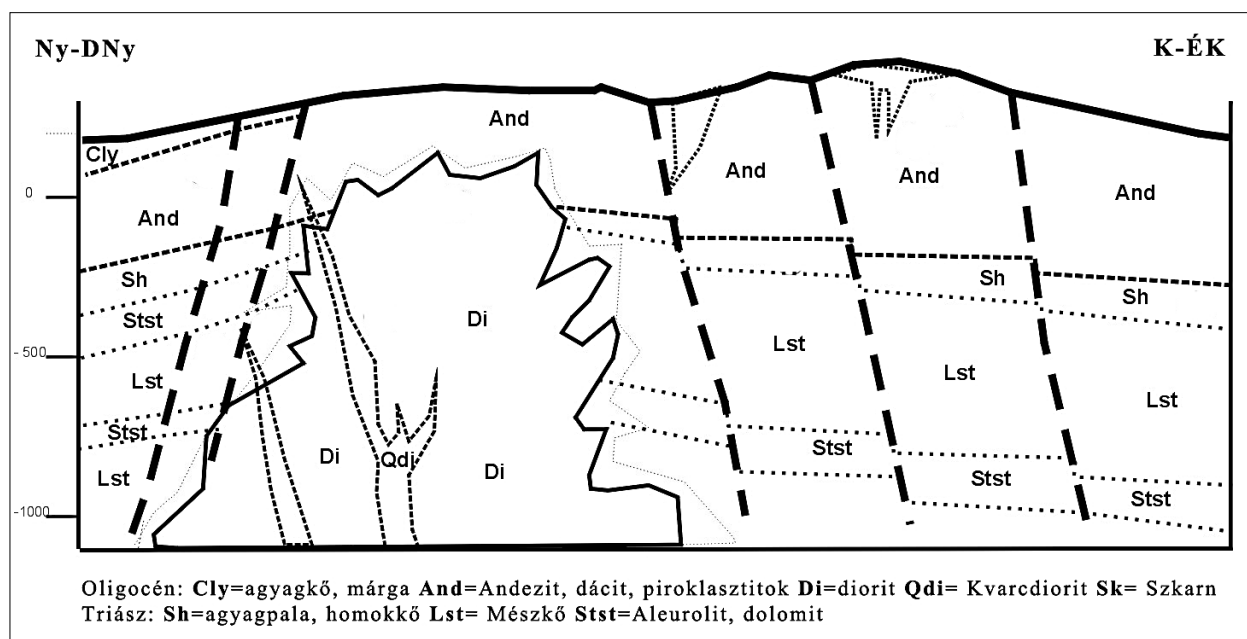
Az ércesedésre 1971–1980 között jelentős beruházással nagy kapacitású bányainfrastruktúrát alakítottak ki, 2 db 1250 m mélységű, 8 m átmérőjű függőaknával, s az ezeket összekötő, a felszíntől 800 m és 1100 m mélységben futó kb. 2-2 km hosszúságú fővágattal, ebből kiágazó kisebb kutatóvágatokkal. A kutatóvágatokból további 87 ezer m föld alatti magfúrással. A kutatások nyomán világossá vált, hogy az előfordulás összetett, részben porfirós és szkarinos rézércetek, részben szkarinos cinkércetek, részben Pb–Zn metasomatikus ércesedéseket is összefog. Ezekhez a fő típusokhoz még több kisebb jelentőségű ércfajta kapcsolódik.

A mélyszerint kutatása az 1980-as évek elején politikai döntéssel állt le, s a létesítményt mintegy 20 éves állagmegóvás és több sikertelen tőkebevonási kísérlet után zárták be 1999-ben leállítva a szivattyúzást.

Jelenleg érvényes bányatelekkel rendelkezik (Recsk–II), melynek jogosította a Nitrokémia Zrt.

#### Földtani modellje

Az ércesedés oligocén időszakban benyomult dioritporfirban alakult ki, a réz fő hordozóásványa



3. ábra. A mélyszinti előfordulás jellemző földtani szelvénye [18]

6. táblázat. A Recsk mélyszinti ércesedések földtani ásványvagyon [19]

|          | Ismeretesség | millió tonna | Cu%  | Pb%  | Zn%  | Fe%  | Mo%   | Au g/t | Ag g/t |
|----------|--------------|--------------|------|------|------|------|-------|--------|--------|
| Rézérc   | B+C1+C2      | 781,8        | 0,66 | 0,01 | 0,07 | 6,81 | 0,008 | 0,13   | 1,87   |
| PbZn-érc | B+C1+C2      | 129,8        | 0,24 | 0,89 | 2,39 | 7,02 | 0,002 | 0,07   | 12,43  |

kalkopirit, mely hintetten (porfíros rézérc) vagy tömeges formában (szkarnos rézérc) dúsult, jelentősebb pirittel kísérv. A legdúsabb rézérces zónák az intrúzió szegélyein és kupola zónájában (porfíros érc), illetve a mészkő/dioritporfír kontaktuson jöttek létre (3. ábra). A lelőhely az ország legjelentősebb, még fel nem tárt, de megkutatott ércvagyont képviseli.

A fő rézhordozó ásvány a kalkopirit jelentős (5–10%) piritkísérettel. A rézércesedést jelentős aranydúsulás kíséri, amely szkarnos változatban az 1 g/t meghaladja. A korábbi elemzési eljárásokkal alulbecsült Au-tartalom jelentős gazdasági szerepe miatt részletes újraértékelést igényel.

A 781 millió tonna 0,66% Cu + 0,13 ppm Au fémtartalom a jelenlegi árakon mintegy 66 milliárd USD fémtérteket képvisel. Ehhez a Lahóca Cu-Au érce, illetve az Pb-Zn ércek kapcsolódnak, a recski érces komplexum teljes fémtérteket meghaladja a 80 milliárd USD szintet (28 000 milliárd forint). Ez Magyarország nyilvántartott, egyéb nemzeti vagyonának értékéhez mérhető, erőteljesen rámutatva arra a (még ki nem használt) gazdasági lehetőségre, amit az előfordulás termelésbe állítása jelentene.

A réz mellett gazdasági értéként is igen jelentős Au-, Ag-, Mo-, Re-, Pb-, Zn-, Pt-dúsulás is jelentke-

zik több csatlakozó ércfajtában. További, nem ismert eloszlású kritikus elemként a W, Bi, In jelenik meg.

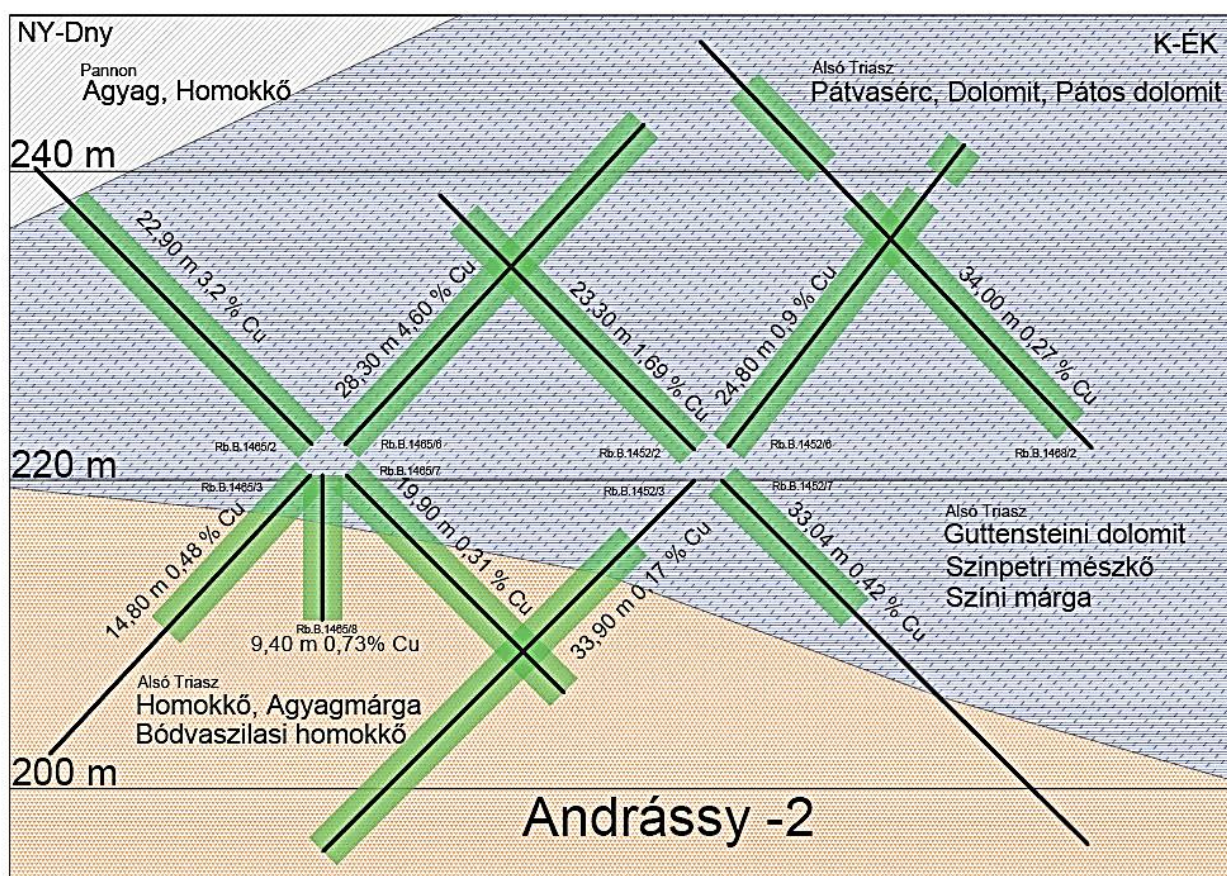
### 3733 Rudabánya

Az előfordulás egykor Magyarország legjelentősebb vasércbányája volt. Az 1970-es évektől erőfeszítések folytak az ugyanebben a földtani környezetben ismert színesércek kutatására és egy rövid ideig a termelésére is. Az 1970-es években termelt 124,8 ezer tonna rézérc feldolgozásából az ércelő 0,79% Cu átlagminőséget igazolt vissza.

Az 1988-as bányabezárás után nyilvántartott ásványvagyonok között vasércként jegyzett, mintegy 43 millió tonnás sziderit ércvagyon mellett rézérc 1,5 millió tonna tömeggel, 0,56% Cu átlagminőséggel szerepel [28].

A rézérc ismert kiterjedése Rudabányán jelentősen meghaladja a becsült vagyon területét, de rendszeres, részletező kutatása, illetve összefoglaló értékelése nem történt meg. Az előfordulás bizonyos részei rendkívül jó minőségű rézércnek tekinthetők, például az Andrassy-2 bányarészben mélyült bányabeli mélyfúrások adatai alapján (4. ábra).

A rézérc mellett a modern kutatások is megerősítették a barit és ólom-ezüstérc ipari kitermelésre alkalmas testekben való megjelenését is, 0,2 millió tonna



4. ábra. Rudabánya rézércesedés dús szakaszmetesztete, az Andrassy-2 bányarész 1970-ben mélyült bányabeli fúrások adatai alapján

(barit) és 0,56 millió tonna (ólom és ezüstérc) tömegű ásványvagyonnal [31].

A 2006 óta zajló, a Rotaqua Kft. által folytatott modern kutatások eredményeként az előfordulás földtani modelljét igen jelentősen átalakították. Ez a fenti vagyonok jelentős felértékeléséhez vezetett, és egyúttal további kutatások irányának meghatározását segítette a barit és a színesfémérc kutatásában.

A rézérc legismertebb változata a Darnó nyírási öv hosszanti és haránttöréseihez kötött, fakóérc, illetve ezt felváltó kalkopirit és bornit elsődleges szulfid-ásványok megjelenésével kísért (valószínűleg oligocén korú) hidrotermális ércesedés. A késői neogénben felszínre emelkedett lepusztuló központi blokkban jelentősebb oxidációs öv alakult ki, malachit, azurit, termésréz kiválásával [20].

Az ásványvagyonot alkotó ismert rézérc fém-tartalmának mai piaci értéke kb. 46 milliárd forint, a későbbi kutatásokkal körvonalazható rudabányai rézércesedésben foglalt kinyerhető rézércesedés mai piaci értéke 1300 millió USD, 544 milliárd HUF körüli. Ehhez további értéknövelő melléktermékek (barit, ólom-ezüst érc stb.) csatolhatók. Rudabánya területén jelenleg három kritikus, illetve stratégiai nyersanyag (barit, réz, és stroncium) ipari méretű előfordulásának rövid megvalósítási időt igénylő ku-

tatása és barmezős fejlesztésként termelő üzemmé alakítása lehetséges, ami a CRMA rendelet hazai megvalósításának lehetséges célterületei között az első helyre érdemesíti.

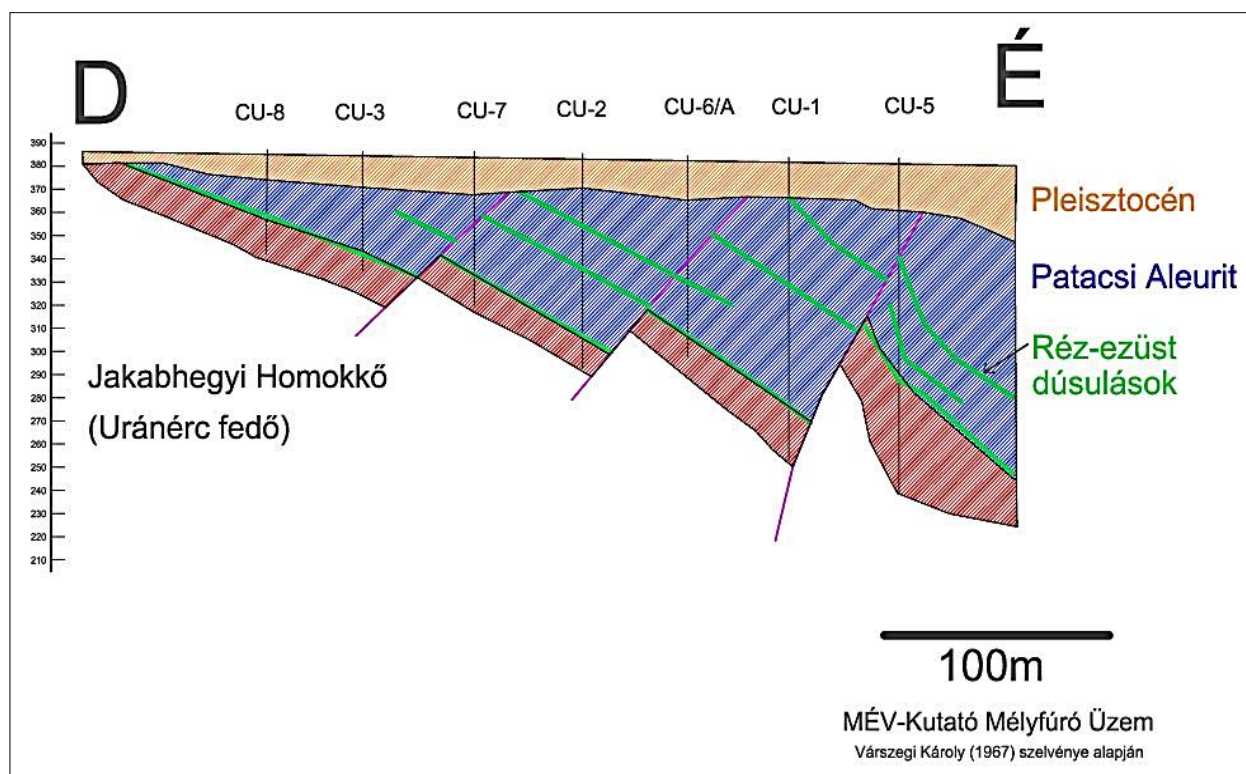
### Felderítetlen dúsulások

#### 2634 Nagyborzsöny

A Börzsöny MÁFI-ELGI által végzett földtani kutatása során több területen derítettek fel az adott időpontban a Recskhez hasonlítva kisebb dúsultságú, de mai újraértékelésben figyelemre méltó rézércesedést [21]. Érdemes kutatások a hegység központi területén, a Nagyborzsönt magában foglaló kalderaszerkezetre korlátozódtak.

Az ércesedések a miocén andezit-dácit vulkanizmust követő hidrotermális tevékenység eredményeként jöttek létre több centrumban. A réz esetében a legjelentősebb vastagságban, 0,2% Cu feletti átlagos koncentrációt tartalmazó sávokban megjelenő előfordulás a Kuruc-patak területe, a elsősorban a Perőcsény-26, Perőcsény-9 fúrások által harántolt térségben ismert.

Nyilvánosságra hozott és állami nyilvántartásban szereplő ásványvagyonbecslés a kutatások adataiból



5. ábra. A Petőcz légaknai rézkutatások földtani szelvénye [23]

nem készült. Az előfordulási csoport csak szórványos adatokból ismert, a kutatások során nem értékelt, de földtani jellegek alapján jelentős Au-, Ag-, Bi-, W-dúsulásokat is tartalmaz.

#### 7634 Pécs–Égervölgy

A Nyugat-Mecsek területén az alsótriász Jakabhegyi Homokkő Formációban (az alsó triász korú Jakabhegyi és Patacsi Formációk határán, az Égervölgyi Tagozatban) réteghez kötött Cu-Ag anomáliák ismertek. Itt kb. 10 m vastagságban feltárt üledékes képződménysorban 0,15–1,2% Cu-tartalmú üledékes fekete-pala-rétegeket tár fel egy sétaút bevágása [22]. A réztartalmú rétegeket a Petőcz légakna is harántolta, s ebből egy kisebb kutatást is indítottak, amely igazolta a réteghez kötött jelleget [23].

A rézben dúsult szint kiterjedtebb megismerése a Nyugat-Mecsekben az 1960-as évek során végzett uránkutatáshoz kapcsolódik. Több külszíni feltárása ismert. A mélységi uránkutatás során számos furás harántolta. Rézre irányuló furásos kutatását a MÉV a IV. sz. bányaiüzem légaknája mellett egy rövid szelvényben is megvalósította (1966–1967) (5. ábra). A Cu-Ag anomális szint a germán kifejlődési területeken ismert és bányászati művelt perm, alsó-Zechstein korú rézpalára (Kupferschiefer) hasonlít.

A lengyel Rudna és a mecseki előfordulások anyagának összehasonlítása alapján [24] nemcsak a két előfordulás rétegtani helyzete, hanem az ásványtani „ujjlenyomata” nagy hasonlóságot mutat.

#### 9794 Felsőcsatár

Több mélyfúrásos, rendszeres elemzésekkel kiegészített szakszerű kutatás folyt az 1950-es években az itteni lelőhelyen. Rézre vonatkozó elemzési adatok nincsenek, de kalkopirit, malachit, devillin és egyéb Cu-ásványok jelenlétét mutatták ki a meddőben és a talk bánya melletti zöldpala kőfejtőben. A környezetben ismert és megkutatott Cr-, Ni-, talkelőfordulás mellett jelentkező rézdúsulás a korábban becsült érc-tömeg esetében (110 millió tonna Cr-Ni-Cr érc) akár jelentős lehet [25].

#### Javaslat a kutatások folytatására

A recski lelőhely kutatásának szükségessége nyilvánvaló, indoklása meghaladja ennek az írásnak a lehetőségeit.

A rudabányai réz kutatása azért időszerű, mert a ezzel térben kapcsolódó barit nyersanyagra bányatelek fektetése folyamatban van, így jelentős kiegészítő lehet egy csatolt nyersanyag termeléséhez.

A nagybörzsönyi előfordulás átértékelésre vár, a rézinformációk kiegészítendő.

A Nyugat-Mecsek Cu-Ag ércesedése akár a legjelentősebb új találat lehet a feltételezett teleptípus alapján, az ismert előfordulások közötti térrészek előzetes, majd részletes megkutatásával.

## Hivatkozások

- [1] ECI (2023): Copper – the pathway to net zero. Regional focus Europe. European Copper Institute. <https://internationalcopper.org/resource/copper-pathway-to-net-zero/>
- [2] CAN (2024): <https://natural-resources.canada.ca/minerals-mining/mining-data-statistics-analysis/minerals-metals-facts/copper-facts>
- [3] Gill C. B. (1980): Non-ferrous Extractive Metallurgy. John Wiley & Sons, New York, pp. 29–35.
- [4] MINING (2017): <https://www.mining.com/web/copper-sx-ew-what-are-the-options/>
- [5] Dill H. D. (2010): The “chessboard” classification scheme of mineral deposits: Mineralogy and geology from aluminum to zirconium. *Earth Science Reviews* 100, 1–420. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2009.10.011>
- [6] Chavez W. X. Jr. (2021): Weathering of copper deposits and copper mobility: mineralogy, geochemical stratigraphy, and exploration implications. *SEG Discovery* 126, 16–27. <https://doi.org/10.5382/SEG-news.2021-126.fea-01>
- [7] MININGTECH (2024): <https://www.mining-technology.com/marketdata/ten-largest-coppers-mines/?cf-view>
- [8] GLOBAL (2025): <https://www.globaldata.com/data-insights/mining/europe--five-largest-copper-mines-in-2090652/>
- [9] SCRREEN (2024): [https://screen.eu/wp-content/uploads/2024/01/SCRREEN2\\_factsheets\\_COPPER-update.pdf](https://screen.eu/wp-content/uploads/2024/01/SCRREEN2_factsheets_COPPER-update.pdf)
- [10] ZIJIN (2025): <https://www.zijinmining.com/global/program-detail-71737.htm>
- [11] OÁNY (2023): [https://sztfh.hu/downloads/banya-szat/nyilvantartasok/asvanyvagyon-nyilvantartas/magyarorszag\\_asvanyvagyona\\_2023.pdf](https://sztfh.hu/downloads/banya-szat/nyilvantartasok/asvanyvagyon-nyilvantartas/magyarorszag_asvanyvagyona_2023.pdf)
- [12] USGS (2024) Mineral commodity summaries <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2024/mcs2024.pdf>
- [13] Földessy J. (szerk., 1997): Lahóca Veresagyagbérc terület. Földtani kutatás zárójelentése. Enargit Kft. Kézirat.
- [14] Fekete Zs., Smyth M. (2012): Földtani zárójelentés a „Parád Észak/Dél” kutatási területen 2005–2011 között végzett földtani kutatási tevékenységről. East-mine Kft. Kézirat.
- [15] Turi J. (2012): A recski lejtakna hidrotermás ásvány-paragenezisének újrvizsgálata. Szakdolgozat. ELTE, Budapest.
- [16] Takács Á., Molnár F., Turi J., Mogessie A., Menzies J. C. (2017): Ore mineralogy and fluid inclusion constraints on the temporal and spatial evolution of a high-sulfidation epithermal Cu-Au-Ag deposit in the Recsk ore complex, Hungary. *Econ. Geol.*, 112/6, 1461–1481. <https://doi.org/10.5382/econ-geo.2017.4517>
- [17] Gagy-Pálffy A. (1975): A recski mélyszinti ércesedés megismerése, általános jellemzése és népgazdasági jelentősége. *Földtani Közöny*, 105, 571–581. [https://epa.oszk.hu/01600/01635/00213/pdf/EPA01635\\_foldtani\\_kozlony\\_1975\\_105\\_s\\_571-581.pdf](https://epa.oszk.hu/01600/01635/00213/pdf/EPA01635_foldtani_kozlony_1975_105_s_571-581.pdf)
- [18] Földessy J., Szebenyi G. (2008): The mineralization of the Recsk Deeps and Lahóca – short geological overview. *Publications of the University of Miskolc, Geosciences Series A. Mining*. Vol. 73, 85–98. [https://matarka.hu/koz/ISSN\\_1219-008X/73k\\_2008\\_eng/ISSN\\_1219-008X\\_vol\\_73\\_2008\\_eng\\_085-098.pdf](https://matarka.hu/koz/ISSN_1219-008X/73k_2008_eng/ISSN_1219-008X_vol_73_2008_eng_085-098.pdf)
- [19] Török K. (szerk., 2016): Recsk II. rézérc koncesszióra javasolt terület komplex érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálati jelentése. MBFH. Budapest, Kézirat.
- [20] Németh N., Földessy J., Turi J. (2016): Ore geology of the copper sulfide mineralization in the Rudabánya ore bearing complex. *Central European Geology*, 60, 53–72. <https://doi.org/10.1556/24.59.2016.005>
- [21] Csillagné Teplánszky E., Csongrádi J., Korpás L., Pentelényi L., Vetőné Árkos É. (1983): A Börzsöny-hegység központi területének felépítése és ércesedése. MÁFI Éves Jelentése 1981. évről, pp. 77–127.
- [22] Várszegi K. (1965): Karbonátos rézászvány-előfordulás a mecseki Éger-völgy alsótriász rétegeiben. *Földtani Közöny* 95, 437–438. [https://real-j.mtak.hu/8907/4/Foldtani\\_Kozlony\\_1965\\_95\\_4.pdf](https://real-j.mtak.hu/8907/4/Foldtani_Kozlony_1965_95_4.pdf)
- [23] Várszegi K., Virág K. (1967): Jelentés a Petőcz légakna körüli rézérc kutatásokról. MÉV. Kézirat.
- [24] Katona G. (2014): A Rudna (Lengyelország) perm és Mecsek perm-alsó triászPatacsi Formáció réteggöve-tő ércesedéseinek összehasonlító földtani és geokémi-ai vizsgálata. Diplomamunka, Miskolci Egyetem.
- [25] Böjtösné Varrók K. (1965): A felsőcsatári talk- és szerpentin előfordulás földtani ismertetése és Cr-Ni-Co tartalmának vizsgálata. MÁFI, Budapest.
- [26] Kun B. (1989): 25 éves az Országos Érc és Ásvány-bányák. OÉÁ, Budapest.
- [27] Csiffáry G (2009): A lahócai ércbányászat története (1860–1979). 144 p. Ércbányászati Múzeum Alapítvány Rudabánya. <https://mek.oszk.hu/07600/07686/07686.pdf>
- [28] Balla K. (1988): Rudabánya bányabezárási dokumentáció. NME Miskolc. Kézirat.
- [29] ORIGO (2024): <https://www.origo.hu/gazdasag/2024/04/kiderult-mekkora-az-allami-vagyon-erteke>
- [30] Bačo P., Bačova Z., Nemeth Z., Repčiak M. (2015): 5. Potential occurrence of selected, mainly critical raw materials at the territory of the Slovak Republic in respect to EU countries needs. *Slovak Geol. Mag.*, 15/2, 87–120. [https://www.researchgate.net/publication/294886595\\_5\\_Potential\\_Occurrence\\_of\\_Selected\\_Mainly\\_Critical\\_Raw\\_Materials\\_at\\_the\\_Territory\\_of\\_the\\_Slovak\\_Republic\\_in\\_Respect\\_to\\_EU\\_Countries\\_Needs](https://www.researchgate.net/publication/294886595_5_Potential_Occurrence_of_Selected_Mainly_Critical_Raw_Materials_at_the_Territory_of_the_Slovak_Republic_in_Respect_to_EU_Countries_Needs)
- [31] Kasó A. ifj. (szerk.): Földtani kutatási zárójelentés a rudabányai barit kutatásról. Rotaqua KFT. Kézirat.