

AHOL AZ ELEMÉK TALÁLKOZNAK:  
VÍZ, FÖLD ÉS TŰZ HATÁRÁN



8. KŐZETTANI ÉS GEOKÉMIAI  
VÁNDORGYŰLÉS

© Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, 2017  
Minden jog fenntartva!

A kötetben közölt cikkekért a szerzők vállalják a szakmai felelősséget.

**Műszaki szerkesztő és DTP**

Piros Olga

**Kiadja a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet**

**Felelős kiadó**

Fancsik Tamás  
igazgató

ISBN: 978-963-671-311-9

**Borítóterv**

Jacob Péter és Pál-Molnár Elemér

**Nyomda**

Innovariant Nyomdaipari Kft., Szeged  
Felelős vezető Drágán György  
6750 Algyő, Ipartelep 4.

**Címlapkép**

Szarvaskő látképe madártávlatból  
(fotó: Kovács István János)

# AHOL AZ ELEMEEK TALÁLKOZNAK: VÍZ, FÖLD ÉS TŰZ HATÁRÁN

8. Közettani és Geokémiai Vándorgyűlés

Szerkesztette

Dégi Júlia, Király Edit, Kónya Péter, Kovács István János,  
Pál-Molnár Elemér, Thamóné Bozsó Edit, Török Kálmán, Udvardi Beatrix

Budapest, 2017

8. Kőzettani és Geokémiai Vándorgyűlés  
Szihalom, 2017. szeptember 7–9.

### Rendezők

Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat  
SZTE Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék „Vulcano” Kőzettani és Geokémiai Kutatócsoport  
Magyarhoni Földtani Társulat

### Szervezőbizottság

Kovács István János (MFGI, a szervezőbizottság elnöke)

B. Kiss Gabriella (ELTE), Biró Tamás (ELTE), Czuppon György (MTA CSFKI FGI), Dégi Júlia (MFGI), Fancsik Tamás (MFGI), Falus György (MFGI), Haranginé Lukács Réka (ELTE), Harangi Szabolcs (ELTE), Joó Csaba (Tobán Hagyományörző Népművészeti Egyesület), Kele Sándor (MTA CSFKI FGI), Király Edit (MFGI), Kónya Péter (MFGI), Pál-Molnár Elemér (SZTE), Sziráki Mariann (MFGI), Thamóné Bozsó Edit (MFGI), Török Kálmán (MFGI), Udvardi Beatrix (MFGI), Varga Bálint (MFGI)

**Főszervező** a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet



**Szervezők** Magyarhoni Földtani Társulat Ásványtan-Geokémiai Szakosztály, Magyar Tudományos Akadémia Földtudományok Osztálya Geokémiai, Ásvány- és Kőzettani Tudományos Bizottság „Tobán” Hagyományörző Népművészeti Egyesület

### Támogatóink

Green Lab Kft., Bruker, Flextra-Lab Kft., Zeiss Hungária Kft.,  
Laborexport Kft., Magyarhoni Földtani Társulat, Geolitera



# TARTALOM

<b>Fancsik Tamás, Kovács István János: Előszó</b> .....	9
<b>Absztraktok</b> .....	11
<b>Aradi László Előd, Hidas Károly, Berkesi Márta, Kovács István János, Szabó Csaba</b> A köpenyitöszféra fejlődése a Stájer-medence alatt .....	13
<b>Arató Róbert, Audétat, Andreas</b> A zsebmagmakamra: avagy a kísérleti geokémia szerepe a gránitok redox-állapotának megértésében...	15
<b>B. Kiss Gabriella, Kapui Zsuzsanna, Skoda Péter, Lovász Anikó, Benkó Zsolt, Czuppon György, Garuti, Giorgio, Zaccarini, Federica</b> Vulkanogén masszív szulfid ércesedések eredetének nyomozása: esettanulmányok az Appenninekből és a Dinaridákból .....	17
<b>Benkó Zsolt, Nagy Dávid, Jáger Viktor, Szepesi János, Pécskay Zoltán, Ott, Ulrich, Kocsisné Pető Mária</b> A Cassinot-Gillot módszer bevezetése az MTA Atomki IKER Központjában .....	21
<b>Berecki László, Markos Gábor, Gärtner Dénes, Friedl Zoltán, Musitz Balázs, Maros Gyula</b> Szerkezeti modellezések a Pannon-medence szinrift részmedencéiben.....	25
<b>Berkesi Márta, Pintér Zsanett, Czuppon György, Kovács István János, Ferrero, Silvio, Boiron, Marie-Christine, Szabó Csaba</b> Asztenoszféra-eredetű fluidumok spinell lherzolitokban: esettanulmányok Északkelet-Ausztráliából és Kamerunból .....	27
<b>Biró Tamás, Kovács István János, Karátson Dávid, Stalder, Roland, Király Edit, Falus György, Fancsik Tamás, Sándorné Kovács. Judit</b> „Szárász” kvarc feonokristályok ignimbritekben – a kitörési folyamatok, a nagy hőmérsékletű lerakódás és a kristályok jellemzőinek hatása a névlegesen vízmentes ásványok dehidratációjára .....	30
<b>Czuppon György, Demény Attila, Leél-Óssy Szabolcs, Siklósy Zoltán, Ke, Lin, Oruc, Baykara, Choan-Chou, Shen</b> 8200-as esemény egy béke-barlangi cseppkő H-C-O stabilizotóp-összetétele alapján: következtetések a csapadék forrásrégiójában történt változásra.....	32
<b>Cseresznyés Dóra, Király Csilla, Czuppon György, Szabó Zsuzsanna, Szabó Csaba, Falus György</b> Különböző karbonát ásványok C, O és H stabil izotóp vizsgálata egy magyarországi természetes CO <sub>2</sub> előfordulás homokkő rezervoár kőzetében .....	35
<b>Falus György, Szabó Zsuzsanna</b> Kőzet-víz kölcsönhatás – verifikálás, számszerűsítés és előrejelzés az üledékes medencétől az épített környezetig	37
<b>Fehér Kristóf, Józsa Sándor, Sági Tamás</b> A Somlyó és Szamár-hegy alkáli magmás kőzeteinek petrográfiai és ásványkémiai vizsgálata.....	39
<b>Forray Viktória, Király Csilla, Káldos Réka, Kovács István János, Falus György, Szabó Csaba</b> A Mihályi–Répcelak természetes CO <sub>2</sub> -felhalmozódás konglomerátum kifejlődésű tároló kőzetének petrográfiai vizsgálata .....	41
<b>Füri Judit, Thamóné Bozsó Edit</b> Magyarországi kvarc minták termoanalitikai vizsgálata .....	43
<b>Gherdán Katalin, Weiszburg Tamás, Zajzon Norbert, Kis Annamária</b> Korai üveggyártás Magyarországon: a pásztói üveghuta üvegtöredékeinek előzetes újrvizsgálata.....	45
<b>Hajnal Andor, Csámer Árpád, Kompár László, Palcsu László</b> A Paksi Atomerőmű környezetének sekély vízföldtani és izotóphidrológiai vizsgálata .....	49
<b>Harangi Szabolcs, Kiss Balázs, Molnár Kata, Kis Boglárka Mercédesz, Lukács Réka, Seghedi, Ioan, Novák Attila, Dunkl István, Schmitt, Axel, Bachmann, Olivier, Mészáros Katalin, Ionescu, Artur, Vinkler Anna Paula, Jankovics M. Éva, Szepesi János, Soós Ildikó, Guillong, Marcel, Laumonier, Mickael, Molnár Mihály, Palcsu László, Novothny Ágnes, Pál-Molnár Elemér, Szarka László</b> Egy hosszan szunnyadó dácit vulkán anatómiája: a Csomád kutatásának legújabb eredményei .....	53

<b>Heincz Adrián, Pál-Molnár Elemér, Kiss Balázs, Batki Anikó, Almási Enikő Eszter</b> Magmakeveredés és elegyedés nyomai a Ditrói alkáli masszívumban.....	59
<b>Heincz Adrián, Molnár Kata, Szemerédi Máté</b> Az Etna működése 2017 áprilisában.....	64
<b>Jáger Viktor, Benkó Zsolt</b> Meddig maradhat konszolidálatlan állapotban mélytengeri mészszip? Peperitképződés a mecseki kora- krétában.....	66
<b>Jankovics M. Éva, Harangi Szabolcs, Kiss Balázs, Németh Károly, Ntaflos, Theodoros</b> Monogenetikus bazalt vulkánokat tápláló összetett magmás rendszerek: a Fekete-hegy vulkáni komplexum példája.....	69
<b>Kapui Zsuzsanna, Kereszturi Ákos, Újvári Gábor, Szalai Zoltán</b> Folyó vagy szél? – Szállítási közeg meghatározása Földi analógiák vizsgálatával a Marson.....	70
<b>Karátson Dávid, Lahitte, Pierre, Dibacto-Kamwa, Stéphane, Veres, Daniel, Gertisser, Ralf</b> A Csomád vulkán fejlődéstörténete új, nagy pontosságú Cassagnol-Gillot K-ar kormeghatározás alapján	72
<b>Kele Sándor</b> Pleisztocén édesvízi mészkövek paleohőmérsékleti rekonstrukciója kapcsolt („clumped”) izotópok segít- ségével.....	75
<b>Kereskényi Erika, Szakmány György, Fehér Béla, Kasztovszky Zsolt, Kristály Ferenc, Rózsa Péter</b> A Herman Ottó Múzeum neolitik metabázit nyersanyagú csiszolt kőeszközeinek előzetes archeometriai vizs- gálati eredményei.....	76
<b>Király Csilla, Szamosfalvi Ágnes, Szabó Csaba, Falus György</b> A szén-dioxid hatása a Mihályi–Répcelak természetes CO <sub>2</sub> -előfordulás fedőkőzeteiben.....	80
<b>Király Edit, Kovács István János, Karátson Dávid, Wulf, Sabine</b> Nyomelemzések a csomádi tefrarétegek kőzetüvegszilánkaiból lézeralblációs ICP-MS-sel.....	82
<b>Kis Annamária, Weiszbürg Tamás, Dunkl István, Koller, Friedrich, Vácz Tamás, Buda György</b> A mórággyi granitoidok genetikája cirkonvizsgálatok tükrében.....	87
<b>Kiss Balázs, Harangi Szabolcs, Ntaflos, Theodoros</b> „Dioriolit”: A Csomádi dáцит petrogenézise.....	92
<b>Kovács István János, Kiss János, Falus György, Hidas Károly, Aradi László, Patkó Levente, Liptai Nóra, Török Kálmán, Bíró Tamás, Karátson Dávid, Pálos Zsófia, Király Edit, Fancsik Tamás, Sándorné Kovács Judit, Szabó Csaba</b> A Kárpát–Pannon régió „tercier” bazaltképződésének új geodinamikai modellje.....	93
<b>Kovács Zoltán, Kövér Szilvia, Fodor László, Schuster, Ralf</b> Új Sm-Nd koradat a Tóberclápai-kőfejtő plagiogranit gránátjából.....	97
<b>Kóvágó Ákos, Józsa Sándor, Király Edit</b> A Kikeri-tavi pannon torlat és a benne lévő korund ásvány-kőzettani vizsgálati eredményei.....	99
<b>Lange Thomas Pieter, Vigh Csaba, Kóvágó Ákos, Józsa Sándor</b> A börszönyi metamorf kéregzárványok petrográfiai és ásványkémiai vizsgálata.....	100
<b>Lange Thomas Pieter, Sági Tamás, Józsa Sándor</b> A bolgáromi bazanitbányából származó kvarcit kőzetzárványok és reakciószegélyük petrográfiai jellemzése	103
<b>Lukács Réka, Harangi Szabolcs, Czuppon György, Fodor László, Petrik Attila, Dunkl István, Bachmann, Olivier, Guillong, Marcel, Buret, Yannick, Sliwinski, Jacub, Szepesi János, Soós Ildikó</b> A Bükkalja vulkáni terület miocén szilíciumgazdag vulkanizmusa.....	105
<b>Mészáros Előd, Raucsik Béla, Varga Andrea, Schubert Félix, Heincz Adrián</b> A Szalatkai Agyagpala Formáció mikroszerkezeti és Raman spektroszkópiai vizsgálata a Szalatkai- egységben.....	108
<b>Miklós Dóra Georgina, Józsa Sándor</b> Törmelékes összletek komplex petrográfiai vizsgálata a Borjúsréti-völgy (Nyugat-Mecsek) miocén kavi- csos rétegsorának példáján.....	113
<b>Miklovicz Tamás, Földessy János, Royer Jean-Jacques, Hartai Éva, Szabó Géza,</b> A recski intrúziók mélységi folytatásának 3D geomodelje.....	115
<b>Németh Bianka, Lukács Réka, Kiss Balázs, Harangi Szabolcs</b> Előzetes szilikátolvadék-zárvány vizsgálatok a Csomád vulkánról.....	118
<b>Németh Norbert, Kristály Ferenc</b> Metaszomatikus folyamatok a Bükk triász korú vulkáni eredetű kőzeteiben.....	120

<b>Obbágy Gabriella, Dunkl István, Józsa Sándor, Silye Lóránd, von Eynatten, Hilmar</b> Az Erdélyi-medence paleogén fejlődése a nehézásványok tükrében.....	123
<b>Papp Nikoletta, Varga Andrea, Raucsik Béla, Mészáros Előd, Czuppon György</b> Márványok a Tiszai-főegységben: a dorozsmai és a baksai márvány összehasonlító vizsgálatának előzetes eredményei.....	125
<b>Patkó Levente, Kovács István János, Liptai Nóra, Aradi László, Szabó Csaba</b> Extrém vízszegény felsőköpeny xenolitok a Nógrád–Gömör vulkáni területről.....	128
<b>Pálos Zsófia, Kovács István János, Karátson Dávid, Biró Tamás, Sándorné Kovács Judit, Bertalan Éva, Besnyi Anikó, Falus György, Fancsik Tamás</b> Mit mondhat a börsöny magmáinak víztartalmáról a plagioklászok nyomnyi hidroxiltartalma?.....	130
<b>Pecsmány Péter</b> Szihalom és környékének fejlődéstörténeti és felszínalaktani sajátosságai.....	134
<b>Péterdi Bálint, T. Biró Katalin, Tóth Zoltán, Bajkai Rozália, Tóth Ivett, Bendő Zsolt</b> Új eredmények a domoszlói andezit régészeti elterjedéséhez: avar malomkövek Hajdúnánásról.....	138
<b>Petrik Attila, Fodor László, Bereczki László, Lukács Réka, Harangi Szabolcs</b> Magmás és vulkáni testek azonosítása ÉK-Magyarországon: bizonyítékok szeizmikus szelvények és fúrási adatok alapján .....	139
<b>Pósfai Mihály, Rostási Ágnes, Topa Boglárka, Molnár Zsombor, Nyíró-Kósa Ilona, Bereczk-Tompa Éva, Fodor Melinda, Cora Ildikó, Kovács András, Váczi Tamás, Weiszbürg Tamás, Haas János</b> Karbonátasványok kiválása a Balatonban.....	143
<b>Radovics Balázs Géza, Körmös Sándor, Schubert Félix</b> A magyar Paleogén-medence szénhidrogén rendszere és eocén tárolóinak kihívása – hatástanulmány .	147
<b>Sóki Erzsébet, Gyila Sándor, Csige István</b> Erdélyi mofetták radonkibocsátása.....	150
<b>Spránitz Tamás, Józsa Sándor, Kovács Zoltán, Váczi Benjámín, Török Kálmán</b> A Soproni-hegység turmalinban gazdag metamorf kőzeteinek petrográfiai elemzése és genetikai értelmezése.....	152
<b>Szabó Ábel, Berkesi Márta, Aradi László, Szabó Csaba</b> Fluidum és kőzet kölcsönhatásának nyomai a Kelet-Erdélyi-medencéből származó felső köpeny eredetű xenolitokban .....	155
<b>Szabó Zsuzsanna, Udvardi Beatrix, Kónya Péter, Gál Nóra, Edit Király, Török Patrik, Szabó Csaba, Falus György</b> Geokémiai folyamatok a Bátaapáti Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló gránit-beton határfelületén .....	156
<b>Szepesi János, Soós Ildikó, Ésik Zsuzsanna, Lukács Réka, Sütő László, Novák Tibor, Baráz Csaba, Harangi Szabolcs</b> A Bükkalja geoturisztikai potenciálja.....	158
<b>Thamóné Bozsó Edit, Fűri Judit, Kovács István János, Király Edit, Nagy Attila, Törökné Sinka Mariann, Péterdi Bálint</b> A kvarc optikai lumineszcens (OSL) tulajdonságai és az azt befolyásoló tényezők különböző hazai kőzetekben.....	160
<b>Tolmács Daniella, Fügedi Ubul, Gyuricza György, Müller Tamás, Hermann Viktor</b> Adalékok hegyvidéki területek geokémiai térképezési módszertanához .....	163
<b>Török Kálmán, Király Edit, Dégi Júlia</b> A Soproni Gneisz csillámjainak nyomelem-geokémiai változásai a magmás–metamorf fejlődéstörténet tükrében.....	166
<b>Udvardi Beatrix, Szabó Zsuzsanna, Kónya Péter</b> Víz–kőzet kölcsönhatás a Duna menti felszínmozgásos területeken .....	170
<b>Varga Andrea, Garaguly István, Papp Nikoletta, Raucsik Béla, Mészáros Előd</b> A Dél-Alföld aljzati képződményeinek fluidum-evolúciós kapcsolata és korrelációja: nyitott kérdések .....	172
<b>Váczi Benjámín, Szakmány György, Kasztovszky Zsolt, Starnini, Elisabetta</b> Új eredmények a nagynyomású metaofiolit anyagú kőszközök forrásterületének azonosításához.....	173
<b>Vető István, Rotár Szalkai Ágnes, Sajgó Csanád, Csizmeg János, Király Csilla, Fekete József</b> Köpenyi CO <sub>2</sub> és szerves fluidumok találkozása a Kisalföldön .....	177
<b>Vígh Csaba, Király Edit, Török Kálmán, Wörner, Gerhard, Harangi Szabolcs</b> A hazai miocén vulkáni kőzetek gránátjainak nyomelem vizsgálata.....	178

<b>Walter</b> Heléna, <b>Fintor</b> Krisztián, <b>Pál-Molnár</b> Elemér	
A Ditrói alkáli masszívum telérkitöltő ásványfázisai .....	183
<b>Kirándulásvezetők</b> .....	185
Előszó.....	187
<b>Karátson</b> Dávid, <b>Biró</b> Tamás, <b>Kovács</b> István János, <b>Hencz</b> Mátyás, <b>Szalai</b> Zoltán	
Az egri „Tufakőbánya” és a bogácsi pincesor piroklasztit összelete .....	188
<b>Lukács</b> Réka, <b>Harangi</b> Szabolcs, <b>Czuppon</b> György	
Bogácsi-egység, Vén-hegy és Ábrahámka (Bogács).....	191
<b>B. Kiss</b> Gabriella, <b>Zagyva</b> Tamás	
Jura időszaki magmás kőzetek Szarvaskőn .....	194
<b>Támogatóink</b> .....	197
Tobán Hagyományórzó Népművészeti Egyesület .....	199
Green-Lab .....	201
Laborexport .....	202
<b>Névmutató</b> .....	203



# A CASSIGNOL-GILLOT MÓDSZER BEVEZETÉSE AZ MTA ATOMKI IKER KÖZPONTJÁBAN

Benkó Zsolt<sup>1</sup>, Nagy Dávid<sup>1</sup>, Jáger Viktor<sup>2</sup>, Szepesi János<sup>3</sup>, Pécskay Zoltán<sup>1</sup>, Ott, Ulrich<sup>1</sup>, Kocsiné Pető Mária<sup>4</sup>

<sup>1</sup> MTA Atommagkutató Intézet, Izotóp Klimatológiai és Környezetkutató Központ, Atomi Ütközések Laboratórium, Debrecen

<sup>2</sup> PTE TTK Földtani és Meteorológiai Tanszék; Szentágotthai János Kutatóközpont Analitikai Kémia és Geoanalitika Kutatócsoport, Pécs

<sup>3</sup> MTA-ELTE Vulkanológiai Kutatócsoport, Budapest

<sup>4</sup> MTA Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet, Budapest

e-mail: benko.zsolt@atomki.mta.hu

## 1. Bevezetés

2014-ben az MTA Atommagkutató Intézet K-Ar laboratóriumában üzembe került egy MAP-215 típusú nemesgáz tömegspektrométer, amely a labor analitikai lehetőségeit jelentősen tágította. A berendezés alacsonyabb Ar háttérének és nagyobb érzékenységének köszönhetően alkalmas egy speciális K-Ar módszer, a Cassignol-Gillot módszer (Cassignol, Gillot, 1982; Gillot, Cornette, 1986) alkalmazására is. A későbbi szisztematikus Cassignol-Gillot módszer bevezetése érdekében kalibrációs mérések készültek nemzetközi sztenderdminták felhasználásával. Néhány korábban izotóphigításos K-Ar módszerrel mért mintán ellenőrző mérések készültek. Az alábbiakban bemutatásra kerül a módszer, annak előnyei és hátrányai az izotóphigításos analízissel szemben, a berendezés felépítése, valamint a kalibrációs mérések eredményei.

## 2. A Cassignol-Gillot módszer

### 2.1. Az izotóphigításos K-Ar módszer

Elvét és módszertanát Dalrymple és Lanphere (1969) valamint magyarul Balogh et al. (1977) ismertette. Lényege, a kálium 40-es tömegszámú izotópjának (<sup>40</sup>K) 40-es tömegszámú argonná (<sup>40</sup>Ar\*) történő lebomlásán alapul. A kálium lángfotometriás vagy más hagyományos kémiai módszerrel történő megméréssel, az Ar izotóparányainak és nemesgáz tömegspektrométerben történő meghatározásával, a <sup>40</sup>Ar\* abszolút mennyiségének számításával és a radioaktív bomlási egyenlet segítségével a vizsgált minta K-Ar kora megadható. Annak érdekében, hogy az egyes izotópok abszolút mennyisége is meghatározható legyen, a mérés során a mintához az egyik nemesgázizotóp ismert, a meghatározni kívánt izotópokkal nagyságrendileg azonos mennyiségét kell keverni, így a relatív izotóparányokból abszolút mennyiségek számíthatóak. A K-Ar radiometrikus kormeghatározás gyakorlatában ez az izotóp a 38-as tömegszámú, amely elhanyagolható mennyiségben van a természetes mintákban és az atmoszférában (<sup>38</sup>Ar/Ar<sub>össz</sub> = 0,063%), radioaktív bomlás során nem képződik. Az MTA Atommagkutató Intézetében Balogh Kadosa által az 1970-es években fejlesztett berendezés alapvetően kainozoos kőzetek pontos kormeghatározására lett kifejlesztve, amelyek jelentős <sup>40</sup>Ar\* koncentrációkkal (nagyságrendileg 10<sup>-6</sup> ncm<sup>-3</sup>/g) jellemezhetőek. Ez a gázmennyiség kényelmesen mérhető 0,1-1 grammnyi mintából Faraday-cella detektorral. 1 millió évnél fiatalabb minták

esetén az atmoszférikus eredetű argon (<sup>40</sup>Ar<sub>atm</sub>) kontamináció és a <sup>40</sup>Ar\* aránya jelentősen megnő és megbízható mérések elvégzéséhez jelentősen növelni kellene a mintamennyiséget (Balogh et al., 1977). Ez a mintamennyiség már csak nehezen kezelhető a gáztisztító és kigázósító rendszer számára, így átlagos K-tartalmú minták esetén, a minta minőségének függvényében a mérhetőség alsó korhatára 1 millió év körül alakul.

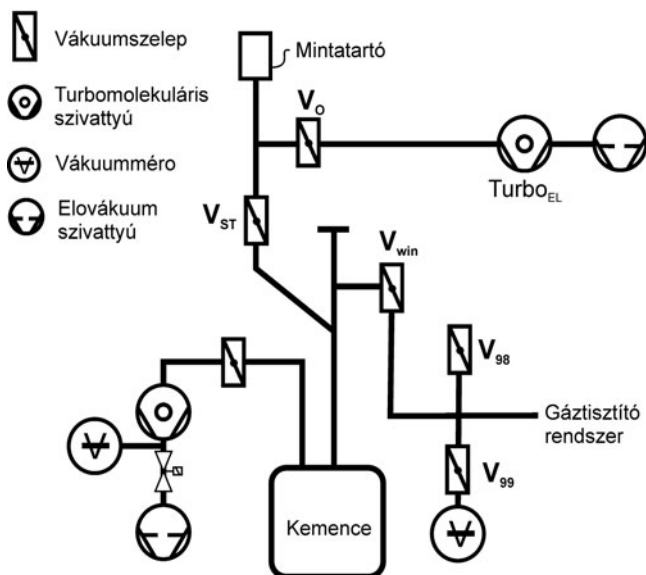
### 2.2. A Cassignol-Gillot módszer

A módszert Charles Cassignol és Pierre-Yves Gillot dolgozta ki. Kifejlesztése elsősorban a tömegspektrométerek fejlődésének és mérés technikai fejlesztésnek köszönhető: 1) getter (gáztisztító kompozit) behelyezésével megszűnik a spektrumon a csúcsok driftje; 2) a <sup>38</sup>Ar spike elhagyása növeli a mérés pontosságát, csökkenti a hibát; 3) nagyobb érzékenységű detektorok (pl. elektronsokszorozó) alkalmazása; 4) több detektor szimultán használata; 5) egyéb nemesgázok elkülönítése (He, Ne, Kr, Xe) kifagyasztó csapda segítségével. Mindezen változtatások eredménye folytán a csúcsok helye stabilizálódik és szükségtelemmé válik a „spike” <sup>38</sup>Ar használata. Az ismert mennyiségű <sup>38</sup>Ar spike elhagyása ellenére azonban továbbra is szükséges a <sup>40</sup>Ar\* meghatározása. A csúcsok helye stabilizálódásának köszönhetően, ez ismert mennyiségű atmoszférikus Ar beengedésével lehetséges. Amennyiben ismert a beengedett levegőmennyiségben található <sup>40</sup>Ar<sub>atm</sub> mennyisége, az arányosítható lesz a mintában mért <sup>40</sup>Ar\* mennyiségével és így a <sup>40</sup>Ar\* mennyisége is megadható. A rendszerbe beengedett levegő mennyiségét szabályozni lehet ismert térfogatú gázpipetta segítségével, amelynek mennyisége nemzetközi sztenderdek alkalmazásával kalibrálható. A berendezés nagyobb érzékenységének, az analitikai hiba csökkentésének és az bepipettázott Ar, mint viszonyítási pont szabályozhatóságának eredménye, hogy a K-Ar módszer kb. 1 millió éves alsó határa, a minta atmoszférikus kontamináltsága függvényében, akár 30 000 évre, analitikai hibája pedig akár ±2000 évre csökkenthető (Guillou et al., 2011).

### 2.3. A MAP-215 típusú nemesgáz tömegspektrométer és gáztisztító rendszer és a mérés menete

A berendezés három részre bontható. A gázok felszabadítása (1) ellenállás fűtésű, 2000 °C-ig hevithető vákuumkemencében történt molibdén téglékben (1. ábra). A felszabaduló gáz a

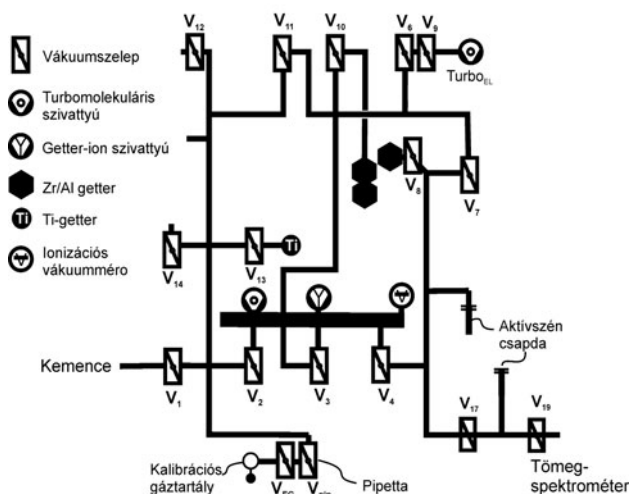
## Kigázósító rendszer



1. ábra – A MAP-215 kigázósító rendszerének sematikus ábrája

berendezés gáztisztító részében (2) 700 °C-ra hevített Ti-szivacs és Zr-Al getterek segítségével több lépcsőben tisztul meg (2. ábra). A gáztisztító rendszerben szivattyúzott hideg állapotban  $5 \times 10^{-9}$  mbar nyomás uralkodik. A gázok összegyűjtését és szeparálását aktív szén fagycsapdával, annak -196 °C-ra hűtésével lehet megoldani.

## Gáztisztító rendszer



2. ábra – A MAP-215 nemesgáz tömegspektrométer gáztisztító rendszerének sematikus ábrája

A nemesgáz tömegspektrométer (3) Nier-típusú, 90° eltérítésű nemesgáz tömegspektrométer, Faraday cellával ( $10^{10}$  Ű ellenállású) és elektronsokszorozóval felszerelve. Ar-ra vonatkoztatott érzékenysége  $4,5 \times 10^{-4}$  A/mbar. Az érzékenység 40-es tömegszámnál kisebb, mint 1 ppm  $1 \times 10^{-7}$  mbar nyomáson. A tömegspektrométer háttéré 36-os tömegszámra  $5 \times 10^{-14}$  ncm<sup>-3</sup>. Csúcstabilitása a 40-es tömegcsúcsra 50 ppm 20 percre számolva. Összehasonlítás képpen a Balogh Kadosa

által fejlesztett berendezés érzékenysége Ar-ra  $1,3 \times 10^{-4}$  A/mbar, háttéré 36-os tömegszámra  $5 \times 10^{-11}$  ncm<sup>-3</sup> (Balogh és Mórik 1978). A folyamatos műszerfejlesztésnek köszönhetően, ezek az értékek jelentősen javultak.

A kalibráció első lépésében a mintamennyiségeket olyan módon választottuk meg, hogy az 1 pipetta által a rendszerbe eresztett Ar gáz mennyiségéhez ( $1 \times 10^{-7}$  ncm<sup>-3</sup>) hasonló mennyiségű Ar-t adjanak le, azaz a bepipettázott gáz és a minta által leadott argongáz mennyisége összemérhető legyen. A mintákat Ni-fóliába csomagolva az ellenállás fűtésű kemencében 1400 °C-on 30 percig hevítve elérhető volt a minták teljes kigázósodása. A nemesgázok megtisztítása az aktív gázoktól (H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, szénhidrogének, HCl) a kigázósítással párhuzamosan a Ti- és Zr/Al getterekkel történt. A gáztisztító részben a gázok mozgatása folyékony nitrogénnel hűtött aktív szén csapda segítségével történik. A minta aktív szén csapdán történő gyűjtése 30 percig tart, majd még a gáztisztító részben megtörténik a He és a Ne elválasztása a mintáról. Az argon felszabadítása a csapdáról annak -123 °C-ra való felfűtésével történik, majd a megtisztított argon bekerül a tömegspektrométerbe. Az argon izotópjai közül a 36-os és a 38-as tömegszámú izotópok mérésének eredményeit torzíthatja a gázban maradt <sup>1</sup>H<sup>35</sup>Cl és <sup>1</sup>H<sup>37</sup>Cl, ezért a mérés során a 35-ös és 37-es tömegszámokat is detektáltuk és a számítás során korrekcióba vettük. Tapasztalatok alapján azonban az aktív gáz mennyisége elhanyagolható, a korrekció minimális. Minden mintát és kalibrációs gázt (atmoszférikus argont) 10 ciklusban vettünk fel a Nagy Dávid által kifejlesztett adatkiértékelő szoftver segítségével.

## 2.4. A két módszer összehasonlítása: előnyök és hátrányok

A Cassagnol-Gillot módszer egyik nagy előnye fentebb már említésre került, amely szerint:

- A K-Ar módszer alsó időkorlátját jelentősen lehet ezen módszer alkalmazásával csökkenteni.
- Nincs szükség <sup>38</sup>Ar spike használatára, így a berendezés alkalmas marad egyéb nemesgáz vizsgálatok elvégzésére is.
- Jelentősen csökken a mért kor analitikai hibája, de ez elsősorban az alacsony háttérű kigázósító rendszernek és tömegspektrométernek köszönhető.
- Kis mintamennyiség is elegendő a mérésekhez a nagy érzékenységű detektoroknak köszönhetően. A Balogh Kadosa által épített berendezéshez képest kb. tizedannyi (0,005-0,01 g) mintára van szükség.

Mint minden módszernek, ennek is vannak hátrányai:

- Minden mérés előtt és után szükséges egy atmoszférikus Ar vizsgálat. Jelen mérési protokoll és felépítés mellett ez nagyon jelentős időt igényel, ezért naponta csak egy atmoszférikus argonvizsgálatra került sor.
- Igen jelentős a mérések időigénye a jelen mérési protokoll alkalmazásával, így naponta legfeljebb két minta mérésére kerülhet sor.
- A detektorok nagy érzékenysége miatt idősebb (paleozoos) minták mérése problematikus: a még biztonsággal mintamennyiségből olyan nagy mennyiségű gáz szabadul fel, amely meghaladja a Faraday cellán mérhető maximális feszültség értéket.

A mérési protokoll módosításával, kisebb és egyszerűbb automatikus gáztisztító megépítésével vagy a tervezett multikollektoros nemesgáz tömegspektrométer beszerzésével a termelékenységre, azaz a mérési idő jelentősen csökkenthető lenne.

Összegezve a két módszer közötti előnyöket és hátrányokat, mindkét módszernek megvan a maga létjogosultsága, különböző típusú mintákra, valamint kitűnő ellenőrzési lehetőséget biztosít a minták korainak megbízhatóságára vonatkozóan.

Hangsúlyozandó, hogy a Cassignol-Gillot módszer elve nem, csak mérési módszertanban tér el az izotóphígításos K-Ar kormeghatározatótól, így a K-Ar-módszert zavaró földtani tényezők/hibák (mállás, átalakulás hatására történő argonvesztés, káliumdúsulás, excess Ar, jelentős atmoszférius Ar kontamináció) ezzel a módszerrel nem szűrhetők ki. Így a megfelelő mintakiválasztás a földtudományi szakember részéről változatlanul nagyon fontos.

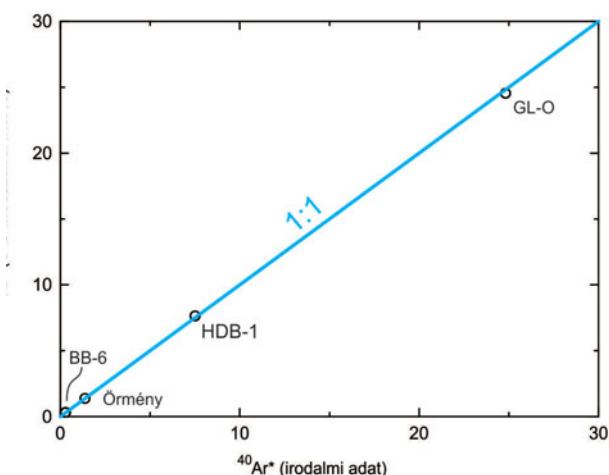
### 3. Kalibrációs mérések

A mérési időszakban négyszer történt meg az atmoszférius kalibrációs gáz mérése, a  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  arányok 296-300 között változtak, a  $^{36}\text{Ar}$  intenzitása 4%-os szórást mutatott (a hivatalos  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  érték 295,5).

Kalibrációs méréseket az alábbi nemzetközi sztenderdek felhasználásával készülték: 1) HD-B1 biotit (24,21±0,32 millió év; Fuhrmann et al., 1987); 2) GL-O glaukonit (95,03±1,11 millió év; Odin, 1976); 3) Örmény sztenderd, teljes kőzet (82 millió év; Chernysev 1995, personal communication; BB-6 teljes kőzet (Jäger et al., 1985). A mérések eredményeit az **1. táblázat** és a **3. ábra** tartalmazza.

**1. táblázat** – A kalibrációs mérések eredményei

Sztenderd	$^{40}\text{Ar}^*$ [nlg <sup>-1</sup> ] irodalmi adatok alapján	r: bedúsulás [%]	$^{40}\text{Ar}^*$ [nlg <sup>-1</sup> ] saját mérés C-G módszerrel	r: bedúsulás [%]	Hivatkozás
HDB-1	7,510 ± 0,129	90	7,630	92	Hess és Lippolt (1994)
Örmény	1,37	-	1,372	93	Chernysev (1995)
GL-O	24,854 ± 0,240	95	24,810	96	Odin (1976)
BB-6	0,2884 ± 0,008	24,03 ± 2,55	0,307	24	Jäger et al. (1985)



**3. ábra** – A kalibrációs mérések eredményei

A kalibrációs mérések az Örmény, a HD-B1 és a GL-O sztenderdek esetében 10 hibahatáron belül tökéletes egyezést mutattak az irodalmi adatokkal. A BB-6, negyedidőszaki minta (450 000 év) esetében a bemért mintamennyiségből feleannyi  $^{40}\text{Ar}^*$  gáz szabadult fel, mint a kalibrációs gázban lévő  $^{40}\text{Ar}$ , így nagyságrendileg különböző mennyiségű gázok kerültek arányításra. Ez magyarázata lehet a minta kora 4%-os túlbecslésének, amely azonban még mindig az irodalmi értékek átlagának hibahatárán belül van. Ez a jelenség rávilágít, mennyire fontos azonos mennyiségű gázokat összehasonlítani, illetve fiatal minták esetében nagy mintamennyiségekkel (150-1000 mg) dolgozni.

A kalibrációs mérések alapján a berendezés jelen körülmények között leginkább a kainozoos–mezozoos, minták mérésére alkalmas, a káliumtartalomtól függetlenül. Előnye, hogy a mért korok hibája a Balogh Kadosa féle berendezéshez képest harmad-, fele akkora.

### 4. Ismert földtani korú mintákon folytatott ellenőrző mérések

Négy rétegtanilag ismert korú mintán végeztünk ellenőrző méréseket. Két radiometrikus kormeghatározás a Mecsek-hegységi alsó-kréta bazaltos vulkanit mintáin készült (lásd Jäger és Benkó 2017, jelen kötet), két minta pedig a Tokaji-hegységből a Telkibányai vulkáni komplexum riolitos és perlitese mintáin. Mindkét esetben a korábbi K-Ar radiometrikus kormeghatározások a feltételezett illetve rétegtanilag indokolható kornál idősebb vagy fiatalabb kort adtak. A mérések eredményeit a **2. táblázat** tartalmazza.

**2. táblázat** – Izotóphígításos és Cassignol módszerrel mért minták koradatai a Mecsek-hegységből (8874-8875 sz. minták és a Tokaji-hegységből 8623-8624 sz. minták)

Kormeghatározási módszer	Mintakód	Ásvány/kőzet	K [%]	$\text{Ar}_{\text{rad}}$ [ncm <sup>3</sup> /g]	r [ $\text{Ar}_{\text{rad}}/\text{Ar}_{\text{atm}}$ ]	K/Ar kor [millió év]
Izotóphígításos	8774	teljes kőzet	5,853	2,85E-05	0,72	120,93 ± 3,91
Cassignol-Gillot	8775	teljes kőzet	6,036	2,93E-05	0,94	120,79 ± 1,82
Cassignol-Gillot	8624	perlitese riolit	1,891	8,46E-07	0,13	11,47 ± 1,77
Cassignol-Gillot	8623	horzsakő	4,036	1,82E-06	0,21	11,56 ± 1,04

A Cassignol-Gillot módszerrel a kréta bazaltmintán mért 120,93±1,86 millió éves kor jó egyezést mutat a kréta bazaltokra meghatározott 120±2,7 millió éves isochronnal (lásd Jäger és Benkó, jelen kötet), ami összhangban van a korábban ezen a képződményen meghatározott K-Ar korokkal.

A perlitese rioliton és a horzsakövön mért Cassignol-Gillot módszerrel meghatározott korok megerősítik a Telkibányai vulkáni komplexumon korábban mért K-Ar radiometrikus korokat.

### Köszönetnyilvánítás

A kutatást a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj valamint az Európai Unió és Magyarország támogatta az Európai Regionális Fejlesztési Alap társfinanszírozásában a GINOP-2.3.2.-15-2016-00009 azonosítószámú 'IKER' pályázatban.

## Irodalomjegyzék

- Balogh, K., Berecz, I., Bohátka, S. (1977): Földtani Közlöny, 107, 208–214.
- Balogh, K., Móri, Gy. (1978): Atomki Közlemények, 20, 215–228.
- Cassignol, C., Gillot, P.Y. (1982): Range and effectiveness of unspiked potassium-argon dating: experimental groundwork and applications. – In: Odin, G.S. (ed): Numerical dating in stratigraphy, p. 159–180.
- Dalrymple, B. G., Lanphere, A. M. (1969): Potassium-Argon Dating. W. H. Freeman and Company 258 p.
- Fuhrmann, U., Lippolt, H. J., Hess, J. C. (1987): Chemical Geology, 66, 41–51.
- Gillot, P., Cornette, Y. (1986): Chemical Geology, 59, 205–222.
- Guillou, H., Nomade, S., Carracedo, J. C., Kissel, C., Laj C., Perez, F. J., Hess, J. C., Lippolt, H.J. (1994): Bulletin Liais. Inform. IUGS Subcommission. Geochronology, 12, 19–23.
- Jäger, V., Benkó, Zs. (2017): jelen kötet
- Jäger, E., Ji, C. W., Hurford, A. J., Xin. L. R., Hunziker, J. C., Ming, L.D. (1985): Chemical Geology, 52, 275–279.
- Odin, G. S. (1976): Analisis, 4, 287–291.
- Torrado, Wandres, C. (2011): Quaternary Geochronology, 6, 530–538.