

Ahány kő, annyi történet

14. KÖZETTANI ÉS GEOKÉMIAI VÁNDORGYŰLÉS

ELŐADÁS- ÉS POSZTERKIVONATOK



2024. SZEPTEMBER 19–21., TELKIBÁNYA

© HUN-REN Atommagkutató Intézet, 2024

Kiadja a HUN-REN Atommagkutató Intézet

Minden jog fenntartva

Felelős kiadó

Dombrádi Zsolt

intézetigazgató

A kötetben közölt cikkek tartalmáért a szerzők vállalják a szakmai felelősséget.

Borítókép

A füzéri vár látképe (Fotó: Szepesi János)

Ahány kő, annyi történet

14. KÖZETTANI ÉS GEOKÉMIAI VÁNDORGYŰLÉS

ELŐADÁS- ÉS POSZTERKIVONATOK

2024. SZEPTEMBER 19–21., TELKIBÁNYA

Szerkesztette:

Buday Tamás, Csámer Árpád, McIntosh Richard William, Molnár Kata, Virág Attila

ISBN 978-963-8321-61-9

HUN-REN Atommagkutató Intézet

Debrecen

2024

14. Kőzettani és Geokémiai Vándorgyűlés

2024. szeptember 19–21., Telkibánya

Szervezőbizottság

Benkó Zsolt (a szervezőbizottság elnöke)

Szepesi János, Csámer Árpád, Molnár Kata, Buday Tamás,
McIntosh Richard William, Virág Attila, Palcsu László, Molnár Mihály

HUN-REN Atommagkutató Intézet, Geokronológia Laboratórium

**Debreceni Egyetem, Természettudományi és Technológiai Kar,
Földtudományi Intézet, Ásvány- és Földtani Tanszék**

Támogatók

Struers GmbH, Unicam Magyarország Kft., Vacuum Service Kft., Apokromát Kft., Auro-Science Consulting Kft, Carl Zeiss Technika Kft., Logitech Ltd., SZTE Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék, Magyarhoni Földtani Társulat - Ásványtani, Kőzettani és Geokémiai Szakosztály, Magyar Tudományos Akadémia - Geokémiai, Ásvány- és Kőzettani Tudományos Bizottság



TARTALOMJEGYZÉK

Előszó	9
Program	10
Előadás- és poszterkivonatok	15
Mohamed M. Abdelkader, Ali M.A. Abd-Allah, Waleed A.M. Ogila, Mohie Eldin Elmashad & Árpád Csámer: Investigation of the influence of clay mineral characteristics on slope stability in Mokattam area, Egypt	16
Ahmad Abudayeh, Róbert Arató & Tibor Guzmics: Magnetite-ilmenite oxybarometry in Jacupiranga carbonatite, Brazil	17
Róbert Arató, Gabriella Obbágy & Frank Melcher: What is the fingerprint of graphite concentrates?	20
Baksa Mátyás, Palcsu László, László Elemér: Időjárási hatások vizsgálata a csapadék izotóp-összetételére	21
Buday Tamás, McIntosh Richard William, Mucsi Endre Dömötör, Kyrillos Samir Ghattas & Kozák Miklós: Mechanikai és hővezetési vizsgálatok a Debreceni Egyetem „kőköcka” gyűjteményén	22
Botond Buró, Réka Hajnalka Fülöp, Anthony John Timothy Jull & Mihály Molnár: New extraction line for the in-situ C-14 at HEKAL AMS Laboratory	26
Czébely Andrea, Túri Marianna, Kiss Diána, Újvári Gábor, Kertész Titanilla, Angyal Anikó, Dönczö Boglárka & Rinyu László: Bioszferoidok, mint paleoklíma proxy? – Klímakamra kísérletek és összehasonlító mérések	27
György Csuppon, László Palcsu, Mihály Braun, Anikó Horváth, József Stieber, Yuefeng Liu & Péter Dobosy: Significance of Mg, Ca and Sr Isotopes in cave environment: preliminary results from cave monitoring in Hungary	28
Márta Csuppon-Lázár, József Kovács, Kinga Hips, Péter Dobosy, József Stieber, Péter Gruber & György Csuppon: Chemical and isotopic characteristics of the spring waters in Aggtelek Karst, Hungary	29
Csige István, László Elemér & Palcsu László: He-3 transzportja gleccserjégben	30
Abazar Mohamed Ahmed Daoud, Kadry Nasser Sediek, Mohamed Ahmed Rashed, Ahmed Mohamed Elsharief, Abdelaziz Mohamed Elamein & Péter Rózsa: Petrography and diagenesis of barite concretions from Wadi Halfa, Sudan	32
Fülöpp Szabolcs: A D” ásványfázisainak deformációs mechanizmusa és kapcsolatuk a szeizmikus anizotrópiával	33
Gál Péter, Lukács Réka, Fodor László, Pecsmány Péter, Albert Gáspár, Maros Gyula, Pál Márton & Harangi Szabolcs: A Demjéni ignimbit vulkanológiai és paleokörnyezeti rekonstrukciója a proximális előfordulások alapján	34

Kyrrilos Samir Ghattas, Tamás Buday, Richard William McIntosh & Endre Dömötör Mucsi: Soft computing analysis of mechanical and thermal properties of rocks in a thematic collection of the University of Debrecen	38
Hajdu Krisztina, Lukács Réka, Razvan-Gabriel Popa, Julien Marius Allaz, Oelberg-Pánczél Emese, Cserép Barbara, Olivier Bachmann, Pál-Molnár Elemér, Ioan Seghedi & Harangi Szabolcs: A Csomád vulkán kiömlési és robbanásos kitörései az apatit összetétel tükrében	42
Harangi Szabolcs: A petrográfia megszületésétől a kvantitatív kőzettani kutatásokig	46
Mátyás Hencz, Károly Németh, Tamás Spránitz, Tamás Biró, Dávid Karátson & Márta Berkesi: Evolution and polycyclic nature of a maar-diatreme volcano as constrained by changing external factors	49
Horváth Laura, Gelencsér Orsolya, Kővágó Ákos, Szabó Csaba & Falus György: A kvarc viselkedése sziliklasztos rezervoár kőzetekben hidrogén-tárolás szempontjából	50
Hrabovszki Ervin, Molnár Péter, Halász Amadé & Schubert Félix: Repedéskitöltések a bodai agyagkő BAF-3, -3a és BAF-4 fúrásaiban	51
Jáger Viktor, Koroknai Balázs, Török Kálmán & Kónya Péter: Palládium előfordulás a Mecsekaljában: a nemesfém és kritikus elem kutatás új eredményei	52
Janka Péter, Sági Tamás, Marjan Temovski, Benkó Zsolt, Pierre Lahitte & Molnár Kata: A Kožuf-Voras vulkáni rendszer lávadómjainak kőzettani vizsgálata	55
Karlik Máté, Lázár Anett & Németh Péter: ACC-ikait-kalcit átalakulás vizsgálata FTIR spektroszkópiával.....	56
Kereskényi Erika, Kristály Ferenc, Kasztovszky Zsolt & Fehér Béla: Kovásodott sziderit kőeszköz Észak-Magyarországról	57
Sharoz Khan, Ervin Hrabovszki, Tivadar M. Tóth, Zsolt Benkó & Félix Schubert: Gold and ore mineralization in the hydrocarbon-bearing Kantavar Formation of the Western Mecsek Mts.	60
Sharon Khan, Yana Fedortchouk, Monika Feichter & Tivadar M. Tóth: Raman study of melt inclusions in peridotite xenoliths from economic and uneconomic kimberlites from Kaapvaal Craton	62
Kocsis László: Paleoökológiai és paleokörnyezeti vizsgálatok a geokémia segítségével	63
Kovács Dániel, Gál Ágnes, Szakács Sándor, Lange Thomas Pieter, Kővágó Ákos, Szabó Csaba & Kovács István János: A dél-hargitai shoshonitok kőzettani és ásványkémiai vizsgálata.....	64
Kővágó Ákos, Kovacs Marinel, Szabó Csaba, Gergely Szilveszter & Kovács István János: Magmatic 'water' content of the calc alkaline rocks from the Oaş-Gutâi Mts.	65
Küzmös Balázs, Szabó Gergely, Ulrich Ott, Szepesi János, Molnár Kata, Christoph Hauzenberger & Benkó Zsolt: Két forró sivatagi meteorit összehasonlító genetikai vizsgálata	66
Ladányi Lili, Hrabovszki Ervin, M. Tóth Tivadar, Fernando A. Casian-Plaza, Galbács Gábor & Schubert Félix: Kalcit-érgenerációk elkülönítése lézer indukált plazma spektroszkópiai (LIBS) módszer alkalmazásával	67

Lange Thomas Pieter, Vancsó Péter, Zakhar Popov, Pósfai Mihály, Pekker Péter, Szabó Csaba, Kovács István János & Berkesi Márta: Fluidum-szilárd nanofelületek a Persány-hegység alatti litoszféra köpenyben	68
László Elemér, Zsigrai György, Novák Tibor & Palcsu László: Kozmikus jel a kárpát-medencei borokban	69
Lukács Réka, Szepesi János, Marcel Guillong, Dawid Szymanowski, Maxim Portnyagin, Józsa Sándor, Olivier Bachmann, Maurizio Petrelli, Fodor László & Harangi Szabolcs: A Tokaji-hegység vulkanizmusa: szilíciumgazdag robbanásos kitörések	70
Molnár Kata, Benkó Zsolt, Pierre Lahitte, Szepesi János, Samuele Agostini & Marjan Temovski: Geokémiai adatok és nemesgázizotópok lehetséges kapcsolata a Kožuf-Voras vulkáni rendszer példáján keresztül	72
Emanuel Mororó, Márta Berkesi & Tibor Guzmics: Rare Earth Element Transport Linked to Fluids from Carbonatite Systems	73
Németh Péter, Demény Attila, Yuri Dublyansky, Christoph Spötl, Stanislava Milovská & Rastislav Milovský: Nanoméretű amorf szilika kriogén karbonátokban	74
Oelberg-Pánczél Emese, Lukács Réka, Molnár Kata, Czuppon György & Harangi Szabolcs: A Persányi vulkáni terület kvarter alkáli bazaltjaiban lévő olivin feno-kristályok nemesgázizotóp-összetétele – következtetések a forrásközet jellegére	77
László Palcsu, Elemér László, Marianna Túri, Danny Vargas, Mihály Veres, István Csige & Marjan Temovski: Traces of the solar cycle in shallow ice layers	78
Péterdi Bálint, Kovács Zoltán & Horváth Tünde: Nefrit nyersanyagú csiszolt kőeszközök archeometriai vizsgálatának eredményei (Jevišovice-kultúra, Maria Enzersdorf–Hirschkogel lelőhely, Ausztria)	79
Polyák Péter Ábel, Kondor Henrietta & M. Tóth Tivadar: A pusztaföldvári kristályos hát petrográfiai reambulációja és térbeli korrelációs lehetőségei	82
Raucsik Béla, Varga Andrea, Benkó Zsolt & Pál-Molnár Elemér: Kréta metamorfózis bizonyítékai a Zemplénikumban: illit „kristályossági” és geokronológiai adatok a Simon-hegyi kőfejtő (Szlovákia) karbon piro-klasztitjaiból	85
Rinyu László, Czébely Andrea, Kiss Diána & Túri Marianna: Karbonát kapcsoltizotóp termometriai lehetőségek az ATOMKiban	89
Sági Tamás, Józsa Sándor, Janka Péter, Káposztás Viktória, Oelberg-Pánczél Emese, Szendrei Zsolt, Szűcs Levente Csaba & Virág Attila: Csiszolt kőeszközök nyersanyag-típusainak csoportosítása mágneses szuszceptibilitás, tömeg, térfogat, sűrűség és magasság alapján – esettanulmány Bátaszék-Alsónyékről	90
Selmeci Gergely, Cserép Barbara & Józsa Sándor: Kéamfibolok ásványkémiája és lehetséges forrásterületei a Pannon-medencében	91
Ali Shebl & Árpád Csámer: Gold and rare metals prospecting: an integrated remote sensing, geophysical, and mineralogical approach	94

Aya S. Shereif, Mohamed Th. S. Heikal, Mokhles K. Azer & Árpád Csámer: Unravelling the origins of natural radiation: a comprehensive approach utilizing geochemical analysis and radiometric measurements in Central Eastern Desert, Egypt	95
Spránitz Tamás, Lange Thomas Pieter, Hencz Mátyás, Szabó Csaba, Kovács István János, Gelencsér Orsolya, Kővágó Ákos, Palcsu László, Molnár Kata, Laura Créon, Virgile Rouchon, Tóth Ádám, Erőss Anita, Porkoláb Kristóf, Török Kálmán, Alexander Koptev, Sierd Cloetingh & Berkesi Márta: A balaton-felvidéki mélylitoszféra fluidumjai: meddig látjuk a nyomát?	96
Szabó Ábel: Új fejlesztésű EDS detektorok és kiegészítők	99
Szilágyi Veronika, Kónya Péter, Kovács Zoltán, Kreiter Attila, Simonyi Erika, Tomka Gábor & Vida Gabriella: Fehér agyag változatok a középkori-kora újkori fehér fazekasáruban	100
Szilágyi Veronika, Kereskényi Erika, Kovács Zoltán, Biró Máté, Fehér Béla & Szakmány György: Nem ofiolitos metamagmatit nyersanyagú csiszolt kőeszközök a hazai régészeti leletanyagban	101
Szives Ottilia, Makádi László & Ozsvárt Péter: Az első nannofosszília koradatok a bükki-egység mezozoos rétegsorából: új perspektívák Észak-Magyarország szerkezetalakulásához	102
Tóth Emőke, Baranyi Viktória, Xin Jin, Raucsik Béla, Rostási Ágnes, Czuppon György, Karádi Viktor, Németh Tibor & Budai Tamás: A „karni csapadékos esemény” (CPE) és utóhatásai: mikropaleontológiai és geokémiai bizonyítékok a Dunántúli-középhegység felső triász karbonátos és sziliciklasztos rétegsoraiban	103
Turi Judit, Cseresznyés Dóra & Virág Attila: A Börzsöny-hegységi Rózsabánya ércesedésének újraértelmezése többváltozós statisztikai módszerek és termodinamikai modellezés segítségével	105
Udvardy Dániel, Lukács Réka, Szepesi János & Harangi Szabolcs: A Sátoraljaújhely környéki dácitos kőzetek vulkanológiai, petrográfiai és geokémiai vizsgálata	109
Varga Andrea, Raucsik Béla & Pál-Molnár Elemér: Különleges szövetű granitoid kőzetek a Hegyes-hegységből (Kovácsi, Románia)	111
Vető István: Kén a Pannon-tóban és üledékeiben – tények és kérdések	113
Zentai Zoltán, Kovács Gábor, Szepesi János, Molnár Kata, Christoph Hauzenberger, Hámori Zoltán, Csillag Gábor & Benkó Zsolt: Egy vasszentmihályi vulkanit geológiai, geokémiai és geofizikai vizsgálatának előzetes ismertetése	114
Pál-Molnár Elemér, Szemerédi Máté, Szepesi János, Varga Andrea, Raucsik Béla, Unger János, Mód László Balázs, Bozsó Gábor, Tobak Zalán & Balla Géza: Ménes-magyarádi borvidék (DNY-Erdélyi-középhegység): terroirgeológia, történelem és borkultúra	118
Szepesi János, Molnár Kata, Lukács Réka & Benkó Zsolt: Vulkanok romjain: a Tokaji-hegység földtana és vulkanosztratigráfiája – kirándulásvezető	126

MÉNES-MAGYARÁDI BORVIDÉK (DNY-ERDÉLYI-KÖZÉPHEGYSÉG): TERROIRGEOLÓGIA, TÖRTÉNELEM ÉS BORKULTÚRA

Pál-Molnár Elemér^{1,2,*}, Szemerédi Máté^{1,2,*}, Szepesi János^{2,3}, Varga Andrea^{1,2}, Raucsik Béla^{1,2}, Unger János², Mód László Balázs^{2,4}, Bozsó Gábor^{1,2}, Tobak Zsolt⁵ & Balla Géza^{2,6}

¹ Szegedi Tudományegyetem, Ásványtani, Geokémiai és Közöttani Tanszék „Vulcano” Közöttani és Geokémiai Kutatócsoport, Szeged

² Szegedi Tudományegyetem, GeoTerroir Kutatócsoport, Szeged

³ HUN-REN Atommagkutató Intézet, Izotóp Klimatológiai és Környezetkutató Központ, Debrecen

⁴ Szegedi Tudományegyetem, Néprajzi és Kulturális Antropológiai Tanszék, Szeged

⁵ Szegedi Tudományegyetem, Geoinformatikai, Természet- és Környezetföldrajzi Tanszék, Szeged

⁶ Sapientia Erdélyi Magyar Tudományegyetem, Marosvásárhelyi Kar, Kertész-mérnöki Tanszék, Marosvásárhely

* A szerzők megosztott első szerzőként egyenlő mértékben járultak hozzá a közlemény elkészítéséhez.

* E-mail: palm@geo.u-szeged.hu, szemeredi.mate@gmail.com

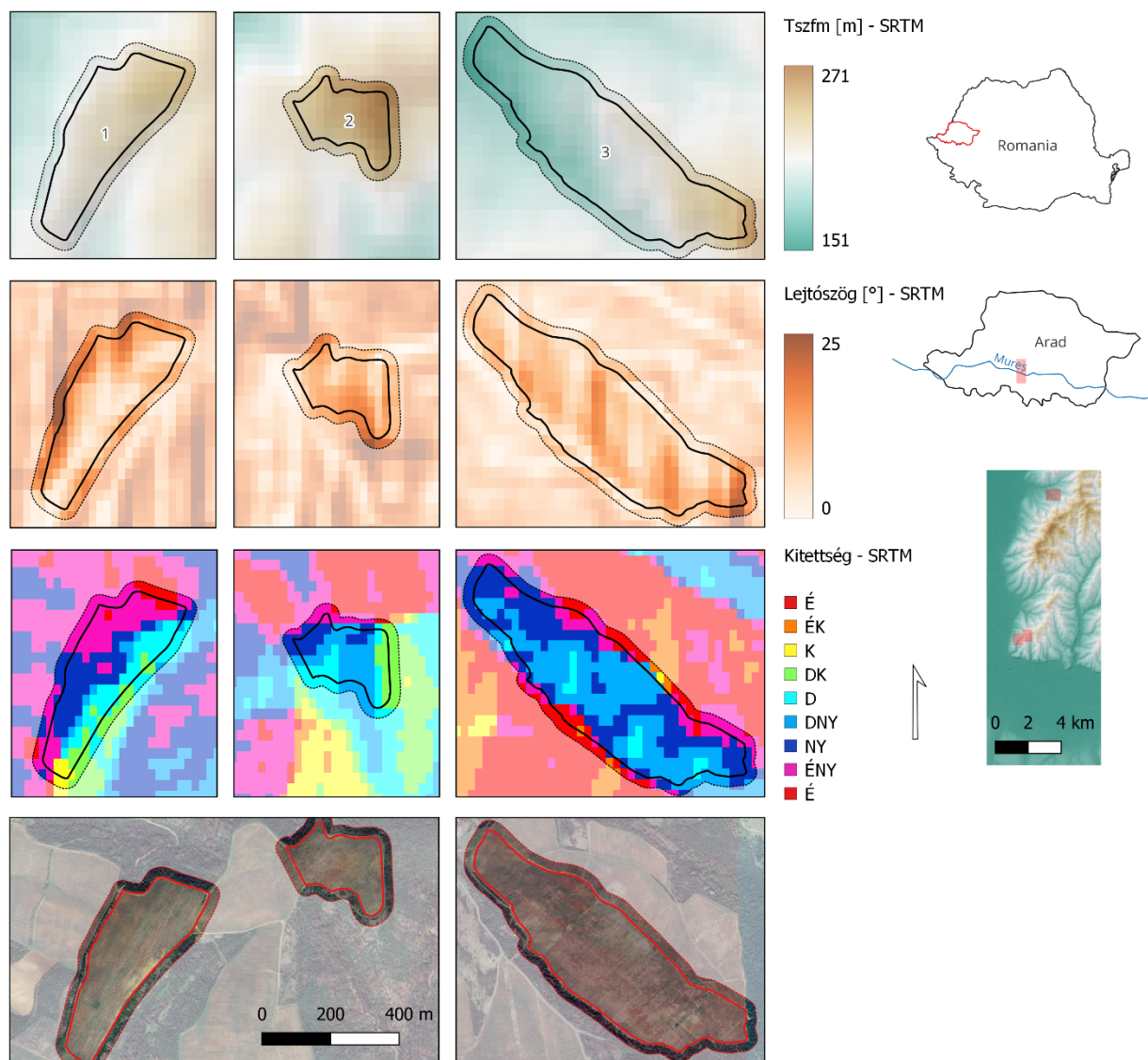
1. Földrajzi és földtani környezet

A Ménes-magyarádi borvidék a Pannon-medence keleti részén, a Hegyes-hegység (Zarándi-hegység/Hegyes-Drócsa) nyugati-északnyugati lejtőin terül el, Arad megyében, Romániában (1. ábra). Az északon a Fehér-Körös, délen a Maros által határolt borvidék az Alföld és az Erdélyi-szigethegység (Erdélyi-középhegység) találkozásánál alakult ki. Az Erdélyi-középhegység alpi szerkezetfejlődése szempontjából négy fő szerkezeti övre (zónára) osztható fel, amelyek a legalacsonyabbtól a legmagasabb szerkezeti helyzetűig: a Bihari-parautochton, a Codru-takarórendszer, a Kisbihari-takarórendszer és a Marosi-öv (Bleahu et al., 1981; Balintoni, 1997; Balintoni et al., 2009). A legfrissebb tektonosztratigráfiai munkák (pl. Schmid et al., 2008, 2020) szerint a Bihari-parautochton és a Codru-takarórendszer a Tiszai-főegység részét képezik, míg a Kisbihari-takarórendszer és a Marosi-öv a Dácia-főegységben helyezkednek el. A Ménes-magyarádi borvidék területének döntő hányada a Kisbihari-zónában található, amelynek felszínén és felszínközélen (törmelékben vagy talajképző kőzetként) az alábbi kőzettípusai az általánosan elterjedtek a borvidéken: (1) permi mafikus és felzikus mélységi magmás kőzetek (leggyakrabban metagabbro és szienogranit), (2) milonitok a területet átszelő, alpi korú Hegyes-Kisbihari nyírási övben, amelyek protolitjának eredete (üledékes vagy magmás) nem tisztázott teljes mértékben, valamint alárendelt mennyiségben (3) permokarbon vagy triász korú (meta)üledékes kőzetek (Pană, 1998; Pană et al., 2002; Ciobanu et al., 2006; Bonin & Tatu, 2016; Szemerédi

et al., 2021). Az alpi nyírási deformáció és a nyírási zónákban történt fluidumáramlás (hidrotermás metasomatikus felülbélyegzés) a terület kőzeteinek változatos jellegű és mértékű ásványtani, geokémiai és szöveti átalakulásaihoz vezettek (pl. Bonin & Tatu, 2016). A borvidék legelterjedtebb talajképző kőzetei a középső-permi bimodális Hegyesi Magmás Komplexumba sorolt mélységi magmás kőzetek (metagabbro és A-típusú szienogranit, gyakran felzikus-mafikus kogenetikus telérkőzetekkel is átjárva), amelyek egy ~270–260 millió évvel ezelőtti kontinentális riftesedéshez kapcsolódnak (Pană et al., 2002; Szemerédi et al., 2021). A milonitok (blasztomilonitos szövetű fillonitok; Bonin & Tatu, 2016) a mélységi magmás kőzetekhez viszonyítva kevésbé gyakoriak a területen, azonban néhány dűlő talajképző kőzeteként szintén előfordulnak.

2. Történelem és tájhasznosítás

A Ménes-magyarádi borvidék (történelmi nevén Arad-hegyaljai borvidékként is ismert) egyike a Pannon-medence legrégebbi borvidékeinek, amelynek első írásos említése a 11. századból származik (Csávossy, 2002). Fejlődésére kiemelt hatást gyakorolt annak földrajzi elhelyezkedése két nagytáj, az Alföld és az Erdélyi-szigethegység találkozásánál, a Magyar Királyság és Erdély történelmi határától alig 80 km távolságra nyugatra. A borvidék közvetlenül a marosi sókereskedelem útvonala mellett alakult ki – melynek emlékét a közeli Solymos vára is őrzi – ami szintén pozitív hatással volt a borvidékre, elsősorban termékeinek vízi úton történő szállítására, értékesítésére. A török hódoltság alatt a szőlőhegyek



1. ábra: A Ménés–magyarádi borvidék tanulmányunkban vizsgált 3 dűlőjének elhelyezkedése és domborzata (tengerszint feletti magasság, lejtőszög és -kitettség). 1 – Napos-dűlő, 2 – Hársfa-dűlő, 3 – Sida Lazar-dűlő

ugyan elpusztultak, a 18. században azonban újra telepítették azokat (Kovács, 2015). A középkortól a 20. század elejéig hazánk egyik legfontosabb, leginkább vörösboráról (pl. a ménési vörös aszú) ismert borvidékeként tartják számon a feljegyzések. Népszerűek voltak ugyanakkor a fehér borok is, amelyek elsősorban Magyarád környékére voltak jellemzőek. A 19. század utolsó évtizedeiben a szőlőültetvényekben óriási pusztítást végzett a filoxéra (szőlőgyökértetű), a rekonstrukció azonban sikeresnek bizonyult és a hegyoldalakat úratelepítették. Ebben fontos szerepet töltött be a Ménésen működő szőlészeti-borászati (vincellér) iskola és az országos hírvő oltványtelepek, ahonnan a szőlőbetegséggel szemben ellenálló szaporítóanyag származott. Az Osztrák-Magyar Monarchia idején, a modern turizmus megjelenésével a borvidék az aradi és szegedi polgárok fontos üdülőhelyévé nőtte ki magát, és a 20. század elejétől a régió központjával, Araddal helyi érdekű vasút is összekötötte a

„hegyalját”. A korszak emlékeit a borospincével egybeépített egykori prэшázak, az ún. kolnák még ma is őrzik a borvidék több településén, amelyek a társadalmi-közösségi élet fontos színtereiként működtek (Mód & Simon, 2021). A szocializmus államosítását és a borvidék elkerülhetetlen – de szerencsére csak átmeneti – hanyatlását követően az 1990-es évektől fokozatosan visszatértek a hazai és nemzetközi piacra a ménési borok, amelyben kiemelt szerepe van Balla Gézának és a ma már közel 150 hektárnyi szőlőterületre kiterjedő pincészetének, amely kutatásaink terepi helyszínét is biztosította.

A borvidék dűlői a Hegyes-hegység nyugati-északnyugati lejtőin helyezkednek el, a fontosabb településektől (pl. Ópálos, Gyorok, Ménés, Kovászi, Világos, Magyarád) jellemzően keleti-délkeleti irányban, 110–360 m tengerszint feletti magasságban. A dűlők talajainak fejlettségét erőteljes mértékben befolyásolja a topográfia és az abból következő lejtős tömegmozgások.

A talaj vastagsága jelentős csökkenést mutat a dűlők lábától azok teteje felé haladva, eltérő kondíciókat kínálva a dűlő különböző magasságú részeire telepített szőlősoroknak. A magasabb térszíneken (kb. 250 m felett) a talaj vastagsága minimális (sziklás váztalajok) és a szőlővesszők alatt gyakran közvetlenül a talajképző kőzet jelenik meg.

A borvidék legjellemzőbb szőlőfajtái a fehérszőlők közül a területen őshonos magyaradi mustos fehér, a királyleányka, az olaszrizling és az ottonel muskotály, valamint a kékszőlők közül a fekete leányka, a kadarka, a kékfrankos, a pinot noir, a merlot, a cabernet franc és a cabernet sauvignon.

3. Geoterroir: koncepció és alkalmazás a borvidéken

3.1. A terroir fogalma, a geoterroir koncepciója

Az a gondolat, hogy a borban valóban meg lehet kóstolni a szőlőhegy geológiáját – a *goût de terroir*-t –, részben a geológiai terminológia különböző félreértéseinek és feltehetően az ötlet puszta romantikájának köszönhető. A "terroir" (termőföld, termőhely) kifejezés a 14. és 15. században keletkezett Burgundiában, ahol egyértelműen vallássá vált és egyfajta visszanyúlást jelentett (jelent) a természet pogány tiszteletéhez. A burgundi borok termelői és szerelmesei azt keresték, hogy mi az oka annak, hogy boraik minden más borral szemben különbözőek és kivételesek. Erősen hittek a talaj és az éghajlat fontosságában, megfigyelték a talajszerkezet különbségeit, de nem rendelkeztek ismeretekkel a geológiáról, a szőlőgyökérszövet mélységéről, a talaj pH-értékéről, az agyagásványokról, a talaj vízáteresztő képességéről vagy a kationcserre kapacitásáról...

A terroir mára konkrétabb és árnyaltabb értelmet nyert: a környezet és a szőlő közötti kölcsönhatásokról szóló kollektív tudás eredménye, amelyet az emberi tevékenység közvetít, és amely a végterméknek (azaz a bornak) megkülönböztető jellemzőket kölcsönöz. A terroir nem csupán egy földrajzi hely, magába foglalja a fizikai környezetet (éghajlat, geológia, geológiai idő, kőzet, ásvány, talaj, domborzat), a biológiai anyagot, a termelési gyakorlatot és a kulturális, társadalmi-gazdasági és politikai szempontokat is.

A szőlőhegyek geológiájának – a kőzet és a felette fekvő talaj – megismerése széles körben feltételezi, segíti megmagyarázni egy adott területről származó bor jellegzetességét, bár eddig kevés elemzés született arról, hogy ez hogyan jöhet létre. A geoterroir kutatás jelentősége több dimenzióban nyilvánul meg, segít megérteni, hogy a bor jellegzetességei hogyan kapcsolódnak a termőföld geológiai és mikroklimatológiai sajátosságaihoz.

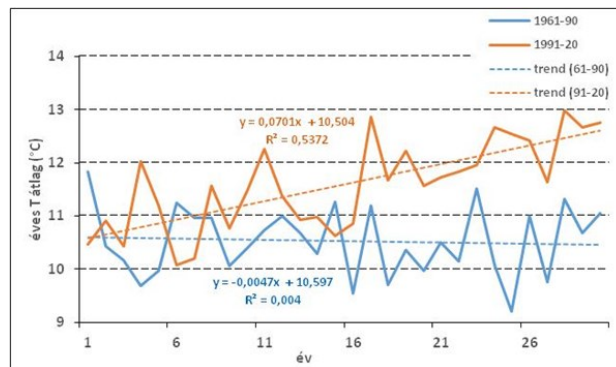
3.2. Mikroklíma

Az éghajlat alaptényező a terroir hatások folytonosságában, egy adott vidék általános borstílus a vidék általános éghajlati jellemzőinek eredményeként alakul ki. Azonban az évszakok közötti termés- és minőségi különbségeket az időjárás évről-évre történő változékonysága határozza meg (Jones, 2018).

Az optimális növekedés, a termelékenység és a minőség a szőlőnek szűk éghajlati zónáit határozza meg. A hőmérséklet a legfontosabb éghajlati paraméter, melynek legegyszerűbb típusai az éves ($T_{év}$) és a tenyészidőszaki átlaghőmérséklet (T_t). Ezek egyenértékűek a hőmérsékletmérés más formáival, de szélesebb körben elérhetőek és könnyebben használhatóak (Meinert, 2018). Globálisan olyan régiókban természetesen szőlőt, ahol a T_t több évtized átlagára vonatkozóan a 13 és 21°C között van.

Az aktualizált Köppen-Geiger éghajlati besorolás szerint a vizsgált régió a Cfa zónában található, amit meleg és párás mérsékelt éghajlat jellemez, forró nyárral és száraz évszak nélkül (Peel et al., 2007; Beck et al., 2018). A vizsgált, 1961–2022 közötti időszak éghajlati leírása a CRU TS4.07 adatbázison alapul (Harris et al., 2014), melyet ezen belül két, 30 éves klímanormál periódusra osztottunk (1961–1990, 1991–2020). Ezek a rendelkezésre álló éghajlati adatok lehetővé teszik a Ménes-magyaradi borvidék térségében uralkodó éghajlat főbb jellemzőinek hosszabb távú elemzését.

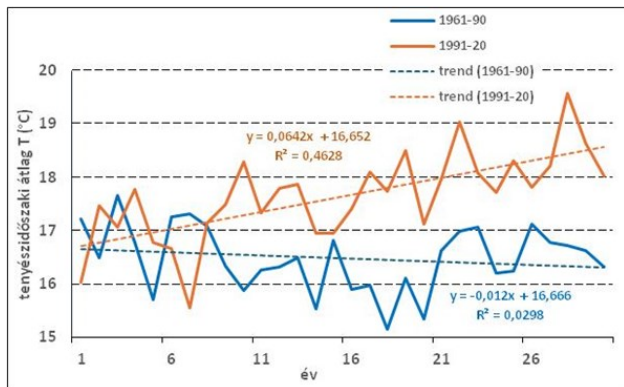
A hőmérséklet ($T_{év}$) és a csapadék ($P_{év}$) éves átlagát a szüretet követő 12 hónap havi átlagából számítottuk, míg a tenyészidőszak hőmérsékletének átlagát (T_t) áprilistól októberig (Jones, 2018; Meinert, 2018).



2. ábra: A $T_{év}$ változása és lineáris trendje a két klímanormál periódusban (1961–1990, 1991–2020)

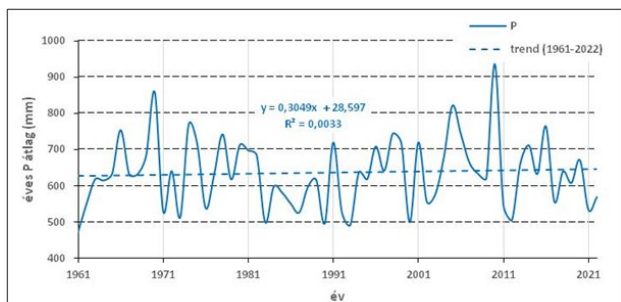
Az éves átlaghőmérséklet 1961–1990 között 10,5°C volt (1991–2020-ban 11,6°C) a térségben. A leghidegebb hónap január (-2,1°C ill. -0,4°C), míg a legmelegebb július volt (20,6°C ill. 22,2°C). A trendeket tekintve még érdekesebb a $T_{év}$ perióduson belüli változása a két időszakban: az első 30 évben gyakorlatilag nem változott (10,5°C körül ingadoznak az értékek, nincs kimutatható egyirányú változás), míg a következőben a változás egyértelmű (gyors emelkedés ~10,5-ről ~12,5°C-ra, ami 1%-os szinten szignifikáns) (2. ábra).

A tenyészidőszaki átlaghőmérséklet a két időszakban 16,5°C ill. 17,6°C volt. A trendeket tekintve az első 30 évben a T_i enyhe csökkenése tapasztalható (~16,7-ről ~16,3°C-ra, ami statisztikailag nem szignifikáns), míg a következő időszakban egyértelmű a változás (gyors emelkedés ~16,7-ről ~18,3°C-ra, ez 1%-os szinten jelentős) (3. ábra).



3. ábra: A T_i változása és lineáris trendje a két klímanormál periódusban (1961–1990, 1991–2020)

Az átlagos éves csapadékmennyiség 625 mm (653 mm) volt a térségben. A teljes vizsgált időszakban a $P_{év}$ igen szélsőségesen, ~400 mm és ~950 mm között ingadozott. Trendje szerint igen csekély növekedés tapasztalható, de ez a növekedés statisztikailag még az 5%-os szinten sem szignifikáns (4. ábra).



4. ábra: A $P_{év}$ változása és lineáris trendje a vizsgált teljes periódusban (1961–2022)

3.3. Kőzetan, geokémia és talajtan

Kőzettani, geokémiai és talajtani vizsgálatainkhoz a geoterróir szempontjából nézve három jelentősen eltérő, reprezentatív dűlőt választottunk ki a borvidékről (1. ábra). Közülük a Napos-dűlő (Ópálos) képviseli a (meta)gabbro terroirt, a Hársfa-dűlő (Ópálos) a gránit terroirt, míg a Sida Lazar-dűlő (Kovási) a fillonit terroirt (5. ábra).

A Napos-dűlő jellemző kőzete közép–durvaszemcsés, ekvigranuláris, szubhedrális szemcsés (gyakran ofitos) szövetű metagabbro, amely erőteljesen átalakult plagioklász földpátból (49–55 V/V%) és klinopiroxénből (42–49 V/V%), valamint az ezeket az ásványokat helyettesítő másodlagos elegyrészekből áll (6/a. ábra). Akcesszóriaként apatit és Fe-Ti-oxidok jelennek meg. A

plagioklász euhedrális/szubhedrális, jellemző szemcsemérete 1–2 mm, helyenként szericit és/vagy epidot-zoizit/klinozoizit helyettesíti. Több plagioklász kristály is teljes mértékben átalakult és saussuritesedett (zöldpala fáciesű, epidot-zoizit/klinozoizitból, szericitből és albitból álló áványparagenezis) pszeudomorfozáként jelenik meg. Az átalakult klinopiroxén kristályok jellemzően szubhedrálisak, átlagos szemcseméretük 1–3 mm, a maximális méretük eléri a 6 mm-t. Többségük részlegesen vagy teljes mértékben kloritosodott (leggyakrabban a magban), míg néhány piroxén kristály szegélyén barnás vagy zöldes színű, másodlagos amfibol kristályosodott. Továbbá helyenként karbonát is helyettesíti a klinopiroxént. A gabbroid kőzetek jelenlegi összetétele többfázisú posztmagmás átalakulások eredménye, amelyeken belül – szakirodalmi adatok (pl. Bonin & Tatu, 2016) és saját petrográfiai megfigyeléseink alapján – egy feltételezhetően permi korú autometaszomatózist (a kristályosodó gabbroid magmatározóból kiszorult fluidumok hatására másodlagos amfibol képződése), valamint alpi korú, zöldpala fáciesű hidrotermás metasomatikus hatásokat (másodlagos epidot-zoizit/klinozoizit, klorit és saussurit) különítettünk el.

A vizsgált gabbroid kőzetek teljes kőzet geokémiai adatsorai magas izzításos tömegveszteség (LOI) értékeket (átlagos értéke 3,1 m/m%) mutattak. A metagabbro mintákra viszonylag magas TiO_2 -, Al_2O_3 -, Fe_2O_3 -, MgO - és CaO -tartalom jellemző, valamint alacsony SiO_2 - és K_2O -tartalom. Mind a főelemeken (TAS-diagram; Le Maitre et al., 1989), mind az immobilis (nyom)elemeken (Zr/ TiO_2 vs. Nb/Y-diagram; Winchester & Floyd, 1977) alapuló kőzetosztályozás szerint gabbroid összetétel és szubalkáli karakter jellemzi a kőzeteket. Primitív köpenyre normalizált spider diagramon (Sun & McDonough, 1989) pozitív anomáliát figyeltünk meg Rb-ban, Th-ban, U-ban, K-ban és P-ban, illetve negatív anomáliát Ba-ban, Nb-ban és Sr-ban.

A Hársfa-dűlő jellemző kőzete középszemcsés, ekvigranuláris, szubhedrális szemcsés szövetű szienogranit (ritkán alkáliföldpát gránit), amelynek a fő kőzetalkotó ásványai a káliföldpát (ortoklász és alárendelt mennyiségben mikroklin, 42–52 V/V%), a kvarc (39–46 V/V%), a plagioklász földpát (5–8 V/V%) és a biotit (3–4 V/V; 6/b. ábra). Szemcsemérete átlagosan 1–3 mm, maximálisan 5–6 mm, az egyes kőzetalkotó ásványok mérete között csak kisebb különbségeket tapasztaltunk, a mikroklin és a biotit kristályok mérete nem haladja meg az 1–1,5 mm-t. Az ortoklász szubhedrális és enyhén szericitesedett, kéttágú ikresedés és kisméretű (<0,5 mm), euhedrális/szubhedrális plagioklász zárványok jellemzik. A kvarc kristályai szubhedrálisak/anhedrálisak, gyakran deformáltak, töredezetek vagy alszemcsésedtek. A mikroklin szubhedrális/anhedrális és tartan ikresedés jellemzi. A plagioklász földpát euhedrális/szubhedrális, különböző mértékben szericitesedett és poliszintetikus ikresedés jellemzi. A biotit jellemzően szubhedrális,



5. ábra: Az ópálosi Napos- (metagabbro terroir) és Hársfa- (gránit terroir), valamint a kovászi Sida Lazar-dűlők (fillonit terroir) és reprezentatív talajképző kőzeteik

helyenként Fe-oxid ásványok helyettesítik, és 1–2 mm-es méretű kristályaggregátumokat alkot. Másodlagos elegyrészként euhedrális/szubedrális muszkovit (<1 V/V%) jelenik meg, leggyakrabban a biotitos csomókban vagy az intenzíven szericitésedett részeken. A legjellemzőbb akcesszórius elegyrészek a cirkon és az apatit, de kisebb mennyiségben monacit, torit, ilmenit és Fe-oxidok is azonosításra kerültek.

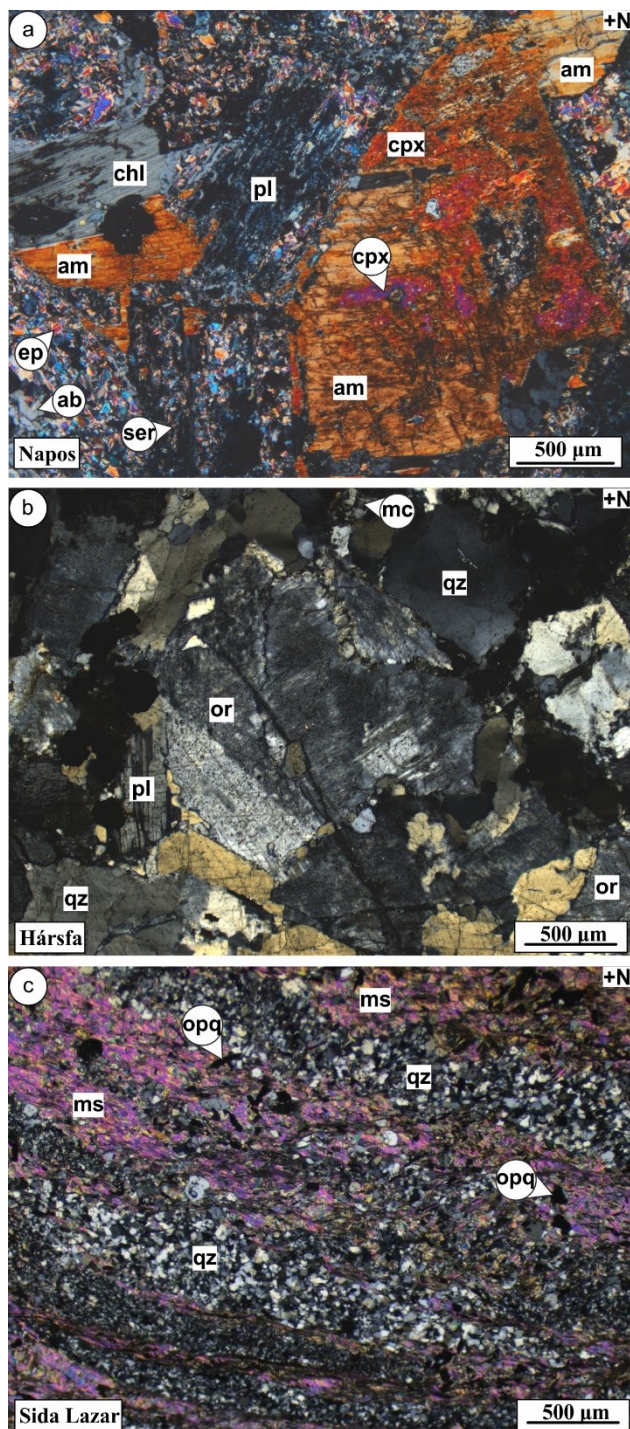
A vizsgált granitoid kőzetek teljes kőzet geokémiai adatsorai viszonylag alacsony LOI értékeket (átl. 0,8 m/m%) mutattak. A mintákra viszonylag magas SiO_2 -, Na_2O - és K_2O -tartalom, illetve alacsony TiO_2 -, Al_2O_3 -, Fe_2O_3 -, MnO - és MgO -tartalom jellemző. Főelem- és immobilis (nyom)elem tartalmuk alapján is granitoid (granodiorit–gránit) összetétel és szubalkáli karakter jellemzi a vizsgált mintákat. Primitív köpenyre normalizált spider diagramon pozitív anomáliát figyeltünk meg Rb-ban, Th-ban, U-ban és K-ban, illetve negatív anomáliát Ba-ban, Nb-ban, Sr-ban, P-ban és Ti-ban.

A Sida Lazar-dűlő jellemző kőzete egy jól foliált, átható palássággal, mm-es vagy kisebb összetételi sávossággal jellemzett, főként finomszemcsés kvarcból és muszkovitból, valamint alárendelten opak ásványokból és kloritból álló metapélit (6/c. ábra). A kőzet szövete lepidogranoblasztos, az alapvetően egyenes határvonalak mentén érintkező kvarc kristályok izometrikusak, míg a lemezes, pikkelyes muszkovit kristályok egymással közel párhuzamosan helyezkednek el. Utóbbi elegyrészek jól fejlett S-C szövetet adnak a kőzetnek. A kőzet protolitja feltételezhetően egy kevert szerkezetű agyagásványokból, kvarcból és kloritból álló finomtörmelékű kőzet (pélit) lehetett, amelyet egy metamorf (M1) és legalább két deformációs (D1–D2) esemény ért. A betemetődéssel együtt járó hőmérsékletnövekedéssel 215–230 °C-on a kevert szerkezetű agyagásványokból illit, majd a hőmérséklet további emelkedésével, 270–280 °C-on az illitből

muszkovit keletkezik (Bucher & Grapes, 2011; Sági et al., 2022). Az így kialakult muszkovit, kvarc, opak ásvány, klorit ásványegyüttes kb. 425 °C-ig (a biotit, mint indexásvány megjelenéséig) stabil (Bucher & Grapes, 2011; Sági et al., 2022), eddig a hőmérséklettartományig a vizsgált kőzet nem jutott el. Az D1 esemény az M1-gyel egyidőben vagy kevéssel azután történhetett, a D2 viszont minden bizonnyal a kőzet végleges ásványegyüttesének kialakulását követően ment végbe, hiszen az ahhoz tartozó foliációt valamennyi kőzetalkotó ásvány hordozza. Az alapvetően egyenes határvonalak mentén érintkező kvarc szemcsék egyensúlyi szövetre és progresszív metamorfózisra utalnak, míg az S-C szövet intenzív nyírásra is következtetni enged (Bucher & Grapes, 2011; Sági et al., 2022). Mindenezek alapján a kőzet egy alpi, kistokú progresszív metamorfózist és nyírásos deformációt szenvedett fillonit.

A Sida Lazar-dűlő fillonitjának teljes kőzet geokémiai adatsora magas LOI értéket (3,8 m/m%) mutatott. Kiemelten magas Al_2O_3 -, viszonylag magas K_2O - és Fe_2O_3 -, átlagos SiO_2 - és TiO_2 -tartalom, valamint viszonylag alacsony MgO -, CaO -, Na_2O - és MnO -tartalom jellemzi a vizsgált kőzetet. A fillonit adatsora több főelem esetében (pl. Si, Fe, Mg és Ti) is a másik kettő, korábban bemutatott geoterroir gabbroid, illetve granitoid kőzeteiből mért koncentrációk közötti, átmeneti értékeket mutatott. Primitív köpenyre normalizált spider diagramon pozitív anomáliát figyeltünk meg Rb-ban, Th-ban, U-ban és K-ban, valamint negatív anomáliát Ba-ban, Nb-ban, Sr-ban és Ti-ban.

A három terroir egység talajtakarójának jellemzéséhez a WRB nemzetközi talajosztályozási rendszert használtuk (Novák, 2020). Ezen alapul a Soilgrid (soilgrid.org) digitális talajterképezési referencia adatbázis is, amely a vizsgálati területen csekély szelvénydifferenciálódással rendelkező Cambisol (közepes lejtőmeredekség) és agyagfelhalmozódásos Luvisol



6. ábra: A Napos- (a, metagabbro), a Hársfa- (b, sienogranit) és a Sida Lazar-dűlők (c, fillonit) talajképző kőzeteinek reprezentatív vékonycsiszolati fotói keresztezett Nikol állásban. Rövidítések: ab – albit, am – amfibol, chl – klorit, cpx – klinopiroxén, ep – epidot-zoizit/klinozoizit, mc – mikrolin, ms – muszkovit, opq – opak ásvány, or – ortoklász, plg – plagioklász földpát, qz – kvarc, ser – szericit.

(kisebb lejtőmeredekség) talajtípusokelőfordulását jelzi. A lejtők nagyobb meredekségű részein jelentősen megnő a durva vázrész mennyisége. A finom frakció aránya a talajszelvények felső részén gyakran 20% alá csökken ami alapján Leptosol minősítést kapnak. Látványos a Sida-

Lazar dűlő, ahol egyes részekén sűrű fillonit törmelék alkotja a legfelső 20 cm-t. De hasonlóan sűrű sienogranit és metagabbro törmelék vagy akár szálkőzet jelenhet meg a másik két dűlő nagyobb meredekségű részein.

A tanulmányban vizsgált 3 terroir domborzati, kőzettani és talajtani adottságait az 1. táblázat foglalja össze.

3.4. Geoterroiron alapuló borklasszifikáció

A Balla Géza Pincészet borklasszifikációjának alapja a szőlősorok tengerszint feletti magassága (2. táblázat). A lejtők lábán, illetve az alacsonyabb lejtőoldalakon termő szőlők (kb. 100–150 tszfm.) a pincészet „Klasszikus/Classic” kategóriába sorolt boraiba kerülnek, a magasabb lejtőoldalakról (kb. 150–250 tszfm.) származó szőlők a „Kolna” névre keresztelt, a Klasszikusnál magasabb minőséget képviselő borok alapjául szolgálnak, míg a a dűlők legfelső, meredek lejtőin (>250 m tszfm.) termő szőlők a pincészet prémium, „Sziklabor” kategóriájába kerülnek feldolgozásra. Kőzettani, geokémiai és talajtani eredményeink számos olyan új információt szolgáltatnak a pincészet számára, amelyek alapján – a terroir koncepció alkalmazásával – a borklasszifikáció még tovább finomítható. Remek példa erre a Sida Lazar-dűlő, amelynek bár döntő része 150–200 m tszfm.-on helyezkedik el, ugyanakkor kőzettani és talajtani adottságai miatt (sűrű fillonit törmelék a talaj felső 20 cm-ében) a dűlő teljes területe prémium, „Sziklabor” minőséget produkál.

4. Geoörökség és -turizmus: lehetőségek

A geoturizmus a szélesebb értelemben vett földtudományi értékek (kőzet, geomorfológia, talaj, hidrológia) és a kulturális örökség komplex hasznosítását és bemutatását tűzte ki célul. Sajnálatos módon, ahogy egy nemzetközi tanulmány a közelmúltban rámutatott (Pijet-Migoń & Migoń, 2021) a borturizmus és a földtudományi örökség hasznosítása még nem találta meg a közös metszéspontokat. A vizsgálati területen összeállított földtudományi, kulturális és borturisztikai értékleltár regionális minta projektként alkalmas arra, hogy ezeket a szinergiákat megtalálja és a hasznosítás főbb célterületeit kijelölje. Ebben az egyes részterületek szerepe a következő:

- (1) Földtudományi értékek: metagabbro, sienogranit, fillonit terroir alapkőzetek, geomorfológiai formakincs, különböző talajtípusok, Maros folyó meder és partfalfejlődési formakincse, kőbányák, kilátópontok, források, vízrendezési műtárgyak.
- (2) Szőlőművelés és borászat geokulturális értékei: művelési szerkezet, borospincék, kolnák, támfalak.
- (3) Egyéb kulturális értékek: települési tájértékek, kúriák, templomok, várak.

A turisztikai hasznosítás lehetőségeit számos borvidéken a tematikus utak teremtik meg. Ezek sem a

portfóliójuk, sem a célcsoportok tekintetében nem kezelik megfelelően a területük geo- és kulturális diverzitását. Esetünkben az adatbázis főbb tematikus elemeinek a felhasználásával arra nyílik lehetőség, hogy a jellegüket tekintve egymástól kissé távolabb álló, de a komplex tájhasználat tematikájára felépítve mégis összekapcsolható elemek kerüljenek együttes

bemutatásra. Ez alapján a kulturális örökség, illetve a geo- és borturizmus szegmensek metszéspontjaiban jöhet létre komplex turisztikai termék. A turisztikai szegmens erősítése pedig elősegíti az oktatási potenciál minél hatékonyabb kihasználását. Ennek az igénynek fontos bizonyítékai a területre vezetett tudományos konferenciák és terepgyakorlatok.

1. táblázat: Összefoglalás a tanulmányban vizsgált 3 terroir domborzati, közzétani és talajtani adottságairól

Terroir	Lejtő jellege	Lejtőkitettség	Magasság	Geológia	Talaj
Napos	magasabb lejtőoldal (5–15°) meredek lejtő (>15°) és gerinc	változatos (É, ÉNy, Ny, DNy, D, DK)	210–270 m	metagabbro	Cambisol Luvisol Leptosol
Hársfa	magasabb lejtőoldal (5–15°) meredek lejtő (>15°) és gerinc	változatos (DK, D, DNy, Ny, ÉNy)	290–340 m	szenogranit	Cambisol Luvisol Leptosol
Sida Lazar	lejtőláb, alacsonyabb lejtőoldal (0–5°) magasabb lejtőoldal (5–15°)	változatos (É, ÉNy, Ny, DNy, D)	150–270 m	fillonit	Cambisol Luvisol Leptosol

2. táblázat: A Balla Géza Pincészet borklasszifikációja a domborzati viszonyok alapján

Kategória	Lejtő jellege	Magasság	Talaj
Klasszikus/Classic	lejtőláb, alacsonyabb lejtőoldal (0–5°)	100–150 m	Cambisol, Luvisol
Kolna	magasabb lejtőoldal (5–15°)	150–250 m	Cambisol
Sziklabor	meredek lejtő (>15°) és gerinc	>250 m	Cambisol, Leptosol

Irodalom

Balintoni, I. (1997): *Geotectonica terenurilor metamorfice din România*, Ed. Carpatica, Cluj Napoca. *Geotectonics of metamorphic terrains from Romania*. Carpatica Publishouse, pp. 1–176.

Balintoni, I., Balica, C., Cliveti, M., Li, L.Q., Hann, H.P., Chen, F. & Schuller, V. (2009): *Geologica Carpathica*, 60, 495–504.

Beck, H.E., Zimmermann, N.E., McVicar, T.R., Vergopolan, N., Berg, A. & Wood, E.F. (2018): *Scientific Data*, 5, 180214.

Bleahu, M., Lupu, M., Patrușiu, D., Bordea, S., Stefan, A. & Panin, S. (1981): XII Association Carpatho-Balkan Congress, Bukarest, pp. 1–103.

Bonin, B. & Tatu, M. (2016): *Mineralogy and Petrology*, 110, 447–469.

Bucher, K. & Grapes, R.R. (2011): *Petrogenesis of Metamorphic Rocks*. Springer, Berlin, Heidelberg.

Ciobanu, C.L., Cook, N.J., Damian, F. & Damian, G. (2006): *Mineralogy and Petrology*, 87, 351–384.

Csávossy Gy. (2002): *Jó boroknak szép hazája, Erdély. Hagyományok, hungarikumok az erdélyi borkultúrában*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

Harris, I., Jones, P.D., Osborn, T.J. & Lister, D.H. (2014): *Int. J. Climatol.*, 34, 623–642.

Jones, G.V. (2018): *Elements*, 14/3, 167–172.

Kovács G. (2015): *Válogatott tanulmányok*. Szabadság-Szobor Egyesület, Arad

Le Maitre, R.W., Streckeisen, A., Zanettin, B., Le Bas, M.J., Bonin, B. & Bateman, P. (1989): *Igneous rocks: A classification and glossary of terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks*. Blackwell, Oxford.

Meinert, L.D. (2018): *Elements*, 14/3, 153–158.

Mód L. & Simon A. (2021): *Arad és a Ménes-magyarádi borvidék kapcsolata*. Urbs. Magyar Várostarténeti Évkönyv, XVI, 191–209.

Novák T.J. (2020): WRB - nemzetközi talajosztályozási rendszer talajok elnevezéséhez és talajtérképek jelmagyarázatának szerkesztéséhez. Magyar Talajtani Társaság, Budapest.

Pană, D.I. (1998): *Petrogenesis and tectonics of the basement rocks of the Apuseni Mountains: significance for the alpine tectonics of the Carpathian - Pannonian region*, PhD disszertáció, University of Alberta, Edmonton.

Pană, D.I., Heaman, L.M., Creaser, R.A. & Erdmer, P. (2002): *The Journal of Geology*, 110, 341–354.

Peel, M.C., Finlayson, B.L. & McMahon, T.A. (2007): *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 11, 1633–1644.

Pijet-Migoń, E. & Migoń, P. (2021): *Geoheritage*, 13, 71.

Sági T., Szakmány Gy., Józsa S., Spráncz T. (2022): *Gyakorlati ismeretek metamorf kőzetek*

- vizsgálatához. Kőzettan-Geokémiai Tanszék, ELTE, Budapest.
- Schmid, S.M., Bernoulli, D., Fügenschuh, B., Matenco, L., Schefer, S., Schuster, R., Tischler, M. & Ustaszewski, K. (2008): *Swiss Journal of Geosciences*, 101, 139–183.
- Schmid, S.M., Fügenschuh, B., Kounov, A., Matenco, L., Nievergelt, P., Oberhänsli, R., Pleuger, J., Schefer, S., Schuster, R., Tomljenović, B., Ustaszewski, K. & van Hinsbergend, D.J.J. (2020): *Gondwana Research*, 78, 308–374.
- Sun, S.S. & McDonough, W.F. (1989): In: Saunders, A.D. & Norry, M.J. (szerk.): *Magmatism in ocean basins. Geological Society London Special Publication*, 42, pp. 312–345.
- Szemerédi, M., Varga, A., Dunkl, I., Lukács, R., Seghedi, I., Kovács, Z., Raucsik, B., Pál-Molnár, E. (2021): *Geologica Carpathica*, 72, 482–504.
- Winchester, J.A. & Floyd, P.A. (1977): *Chemical Geology*, 20, 325–343.