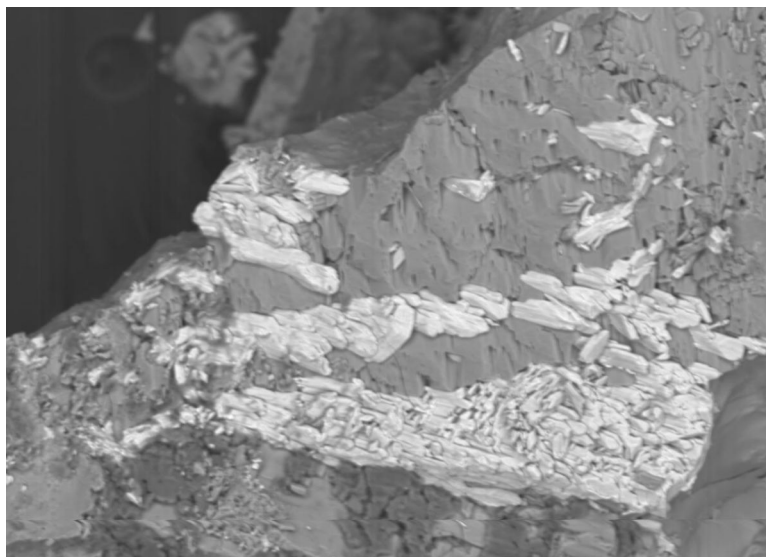




TITÁN-, NIÓBIUM- ÉS TANTÁLÁSVÁNYOK A BAGOLYHEGYI METARIOLIT FORMÁCIÓ (BÜKK) KÉPZŐDMÉNYEIBEN

TDK DOLGOZAT

GÁL PÉTER

ME-MFK, MŰSZAKI FÖLDTUDOMÁNYI ALAPSZAK
FÖLDTUDOMÁNYI SZAKIRÁNY
III. ÉVFOLYAM

TÉMAVEZETŐK:

DR. NÉMETH NORBERT

ME-MFK, FÖLDTAN-TELEPTANI TANSZÉK

DR. SZAKÁLL SÁNDOR

ME-MFK, ÁSVÁNY- ÉS KÖZETTANI TANSZÉK

DR. ZAJZON NORBERT

ME-MFK, ÁSVÁNY- ÉS KÖZETTANI TANSZÉK



2014.12.26.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	1 -
2. Kutatástörténet.....	2 -
3. Földtani áttekintés.....	4 -
4. Mintavétel.....	7 -
5. Vizsgálati módszerek.....	12 -
6. Utómagmás és metamorf elváltozások a metavulkanitokban, különös tekintettel a titán-oxidokban gazdag képződményekre	14 -
6.1. Kálimetaszomatikus folyamatokkal kísért kovásodások	15 -
6.2. Durvaszemcsés kvarc-albitos kőzetek (vagy „pegmatitos telérek”)...-	15 -
6.3. Foszfátit.....	17 -
6.4. Finomszemcsés, kovásodott képződmények	17 -
6.5. Durvaszemcsés, kvarc-földpátos kőzetek.....	18 -
6.6. Kalkopirités-galenites-szfalerites ásványtársulások	18 -
6.7. Ilmenit- (rutil)tartalmú kvarc-földpátos telérek, erek	18 -
6.8. Rutiltartalmú kvarc-földpátos telérkőzetek	21 -
7. A nióbbium és tantál ásványos megjelenésének a műszeres vizsgálata	22 -
7.1. A 983-as számú minta SEM-EDS-vizsgálata.....	23 -
7.2. A 784-es számú minta SEM-EDS-vizsgálata	25 -
7.3. A 788-as számú minta SEM-EDS-vizsgálata	31 -
7.4. A 779-es számú minta SEM-EDS-vizsgálata	32 -
7.5. A 780-as számú minta SEM-EDS-vizsgálata	32 -
7.6. A 797-es számú minta SEM-EDS-vizsgálata	34 -
7.7. A 800-as számú minta SEM-EDS-vizsgálata	35 -
7.8. A 950-es számú minta SEM-EDS-vizsgálata	36 -
8. A SEM-EDS-vizsgálatok eredményeinek összegzése	37 -
9. A titán, nióbbium és tantál elemekről és ásványaikról dióhéjban.....	38 -

10. Kémia elemzések eredményeinek összegzése.....	- 40 -
11. Diskusszió	- 43 -
12. Köszönetnyilvánítás	- 47 -
13. Irodalomjegyzék	- 48 -
14. Rövidítések	- 50 -
15. 1. Függelék	- 51 -

A kutatásom során elvégzett vizsgálatok a CriticEl- "Nemzetközi együttműködésben megvalósuló alapkutatás a kritikus nyersanyagok hazai gazdaságfejlesztő potenciáljának kiaknázására" **TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV -2012-0005** projekt keretében, az Új Széchenyi Terv keretében az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósultak meg.

1. Bevezetés

Miskolc-Diósgyőr és Bükk-szentkereszt között a felszínen húzódik egy metamorfizált vulkanitokból álló közetsorozat, amely régóta foglalkoztatja a kutatókat. A triász korú, alpi metamorfózis során átalakult, savanyú-intermedier vulkanitokból álló Bagolyhegyi Metariolit Formáció az 1920-as évektől több földtani térképezésnek adott helyszínt, majd az 1950-es évek végétől uránkutatás is zajlott a területén. Intenzív geofizikai mérések követő terepi kutatás eredményeként ismertté vált egy kisebb, foszfatit közettípushoz köthető urán- és berilliumdúsulás a Bükk-szentkereszthez közel eső Hideg-víz-patak völgyében, amelyet alapos vizsgálatnak vetettek alá. Számos közlemény, kutatási jelentés áll rendelkezésre a közettani vizsgálatokról, ércelemzési eredményekről, valamint a kezdeti földtani térképezésekről (SZABÓ és VINCZE, 2013).

A Magyar Állam és az Európai Unió által finanszírozott CriticEl - Kritikus Elemek kutatási projekt keretében, 2013 tavaszától 2014 augusztusáig a bükk-szentkereszti kutatási területen újabb terepi vizsgálatok zajlottak a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Karának kivitelezésében, a területen előforduló kritikus elemek felmérésére. A területről 45 db, az egyetemen előkészített mintáról a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet akkreditált analitikai laboratóriumában kémiai elemzések történtek, főelemekre és nyomelemekre egyaránt. A kutatás eleinte berilliumra irányult, amelynek alapjául a foszfatitos képződményben korábban kimutatott anomália szolgált.

A kutatásba az egyetem hallgatói is be lettek vonva, tantárgyi keretekben, a CriticEl alkalmazásában és egyéni kutatásként is. A CriticEl projekt alkalmazottjaként feladatomban kaptam a Bagolyhegyi Metariolit Formáció részletes terepi bejárását, mintavételezését, újabb foszfatit-feltárások keresésére. 2013 júniusában volt az első terepbejárásom, közel egy év alatt, 2014 májusáig sikerült nagyjából az egész területet bejárnom és megmintáznom, ami újabb foszfatit-feltárásokra negatív eredménnyel zárult. Az általam gyűjtött mintákból 26 db került kémiai elemzésre.

2013 őszén egy, a bükk-szentkereszti Felső-Bagoly-hegyről begyűjtött rutilszemcse elektronmikroszkópos elemzése közben egy nióbbium-oxid ásvány, a kolumbit-(Fe) lett azonosítva. A felfedezést követően alapos mintavételezés történt a szűkebb környezetben, kiderült, hogy a lejtőtörmelékben előforduló, durvaszemcsés kvarc és albitfészkekből álló kőzetben járulékosan megjelenő rutil és ilmenit nióbbium-, tantál-, volfrám- és óntartalmú, valamint önálló, különféle Nb-Ta-tartalmú ásványok is megjelennek ezekhez köthetően.

Az itteni Nb-Ta-ásványegyüttes Magyarországról egyedülállónak számít. A további kutatásaimban a titán-oxid előfordulásokra koncentráltam, hiszen ezekhez kapcsolódik a Nb-Ta koncentrációja. Az ilmenit-rutil ásványtársulás a Bükk-szentkereszt környéki metavulkanitokban ritkának számít, az elsőként leírt előforduláson kívül két különböző területen, folytonos, jól lehatárolható kiterjedésben fordul csak elő. Ezek az kvarc-albitos telérekhez köthető előfordulások alaposan meg lettek vizsgálva, és kiderült, hogy Nb-Ta-tartalom is köthető hozzájuk, csak az előzőnél csekélyebb mértékben.

A dolgozat célja az, hogy bemutassa az elektronmikroszkopos vizsgálatok és a nedveskémiai elemzések eredményeiből levonható tanulságokat, a vizsgált területen a titán-oxidok és a hozzájuk köthető nióbbium és tantál eloszlását, ásványi megjelenését a legfrissebb ismeretek alapján. További cél a különböző előfordulások egyértelmű elkülönítése, rendszerezése, és a képződés körülményeinek meghatározása.

2. Kutatástörténet

A terület részletes földtani kutatása az első világháború után kezdődött meg, SCHRÉTER Zoltán térképezte fel a területet, míg SZENTPÉTERY Zsigmond közzétett vizsgálatokat készített. SZENTPÉTERY 1917-1952 között számos cikkben publikálta megfigyeléseit, rengeteg közzétételnevezést használva. Fő kutatási területe a formáció DNy-i szegélye volt. Egyik utolsó publikációjában részletesen foglalkozott az Alsó-Bagoly-hegy ÉNy-i oldalán megjelenő, általa kvarcit, gránitpegmatit, gránitplit jellegűnek talált telérekkel, amelyek Na-ban gazdag, K-ban szegény kőzetanyagát elkülönítette a befogadó, viszonylag magas K-tartalommal jellemezhető kovásodott kőzetektől (SZENTPÉTERY, 1931, 1952). A képződmények létrejöttét FEHÉR (1999) hidrotermáknak tulajdonította.

PANTÓ Gábor az 1940-es években térképezte újra a területet, és új elképzelésekkel állt elő. Szerinte „az eruptív vonulat túlnyomórészt átalakult diabáztufából és diabázból, alárendelten átalakult kvarcporfirtufából és kvarcporfirból áll. A vonulat tufa eredetű alapanyagában a diabáz és kvarcporfir-lávatestek általában áttörés jellegűek (injekciók, közzettelérek, illetve teleptelérek).” (PANTÓ, 1951). Szerinte átalakult diabáztufa borítja a terület 3/4-ed részét, amely tengeralatti vulkanizmus terméke. Az átalakult diabáztufát szállás, finom- vagy durvaszemű, lencsés szövetű préselt kőzetként jellemezte, ami gyakran kloritosodott és miarolitokat tartalmaz, a diabázt ofitos szövetűnek és hólyagüregesnek írta le. Ezekről élesen elkülönítette a formáció délnyugati szegélymentén előforduló fehéres színű,

leveles-szálkás kvarcporfirtufát és a sötétszürke, finomszemcsés, fluidális rajzolatú kvarcporfirt.

BALOGH Kálmán Bükk-monográfiájában megállapította, hogy a piroklasztitok a lávaközeteknél nagyobb mértékben alakultak át, ezért nehéz az elkülönítésük, és hogy vannak olyan közethatárok, amelyek szögben metszik a vonulat fő csapását, utólagos benyomulás látszatát keltve. Leírása szerint a palásodott vulkanitok bázisosabb alapanyagát különböző méretű és sűrűségű savanyú közetlencsék járják át, amelyek nagysága „20-250 m-től 2-50 cm-en át mikroszkópi méretekig változik”. Kialakulásukra SZÁDECZKY-KARDOSS Elemér elméletét adja: „a tengeralatti vulkáni működés maradék-lávájából transzvizaporáció révén keletkezett, nagy gőztartalmú, mozgékony, savanyú hipoláva hatotta át a teljesen még meg nem szilárdult, bázisosabb tufaképződményt” (BALOGH, 1964). Már PANTÓ is foglalkozott vele, de BALOGH hasonlította össze először igazán a bükki triász vulkanitokat a Dél-alpi, Dinári-hegységi megfelelőjükkel.

ÁRKAI Péter a területet ért metamorfózissal foglalkozott. A metavulkaniton és a környező agyagos közeteken mért illit kristályossági fokok azonosságával bizonyította a regionális metamorfózis elméletét, amelyet prehnit-kvarc-pumpellyit fáciesűnek talált. Megállapította, hogy a közetek inhomogén jellegűek ásványi és kémiai komponensek tekintetében, részben a tengeralatti-geoszinklinális típusú vulkanizmus transzvizaporációs jellege és a vulkanoklasztit felhalmozódási körülményeinek hatására, részben a metasomatikus átalakulási jellegei miatt a vulkáni utóműködésnek (ÁRKAI, 1973).

A területen az 1950-es évek előtt kisebb próbálkozások történtek ugyan érc kutatásra, de ezek nem bizonyultak sikeresnek. Ilyen pl. a Jávor-hegy oldalában történt galenit kutatás, amelynek emlékét meddőhányója őrzi a mai napig (SZENTPÉTERY, 1947). Az 1950-es évek közepén uránkutatás indult, de a már 1956-ban terepi radiometriai mérésekkel és 1967-ben légi radiometrikus-spektrometrikus mérésekkel kimutatott anomáliákból egészen 1970-ig nem jött elő értékelhető U-érchordozó közetdarab,



1. ábra: A foszfát lelőhelye a 40-es számú nagyfeltárásban
CSÁKI és CSÁKINÉ [1973] nyomán

mígnem a Hideg-víz-folyás hordalékában egy mangános foszfátipéldány elő nem került.

Innentől számos árkolással, sekélyfúrással keresték az eredeti helyét. 1971-ben sikerült megtalálni a Hideg-víz-patak mély bevágásában, majd ott feltárást létesítve szálkőzetben is (1. ábra). Az urántartalmú foszfatit a kutatás zárójelentése szerint „kvarcporfirtufa” vetőzónáiban alkot erősen gyűrt lencséket. A foszfatitot később sikerült fúrásokban és két lemélyített aknában is megtalálni, a terepi kutatás egészen 1973-ig tartott (CSÁKI és CSÁKINÉ, 1973).

Az 1970-80-as években számos laboratóriumi vizsgálat történt, kiderült, hogy a foszfatit Be-tartalma az U-tartalommal egyenértékű, így komplex U-Be ércnek tekinthető. Az elemzések RFF-elemekre is történtek, de azokból önállóan jelentős dúsulás sem mutatkozott. Az ércesedés kialakulását a piroklasztitban kialakult törészónákban végbement utólagos tengeralatti exhalációkhoz és hidrotermák feltöréséhez vezették vissza (SELMECZINÉ, 1974). KUBOVICS és szerzőtársai (1989) megállapították kutatásukban, hogy az U-Be fluorapatithoz kapcsolódnak elsősorban. Megpróbáltak párhuzamot vonni a Spor-hegységi (Utah, USA) miocén korú riolittufában lévő Be ércesedéssel. A foszfatit U-Be-HRFF-P-Mn tartalma együttesen gazdaságosan kinyerhető lenne az elvégzett technológiai kísérletek szerint, de a foszfatit megkutatottságának elégtelensége és várhatóan gazdaságilag jelentéktelen kiterjedése, a hazai előkészítés-feldolgozás megoldhatatlansága miatt kitermelés szempontjából nem értékelhető az ércesedés (SZABÓ és VINCZE, 2013).

BALOGH (1980) a Bükk-szentkereszt környéki metavulkanitokat, a karni metabazaltokkal összevonva Óhutai Diabáz formációnak nevezte el, a savanyúbb kőzeteket elkülönítette benne Bagolyhegyi Kvarcporfir Tagozatként. SZOLDÁN később különválasztotta a metabazaltokat Szinvai Metabazalt Formációként (HAAS, 1995), innentől érvényes a Bagolyhegyi Metariolit Formáció elnevezés.

3. Földtani áttekintés

A Bükk-hegységet a Pelsői nagyszerkezeti egység Bükki egységének kőzetei építik fel. Az északi, nagyobbik részen a bükki autochton kontinentális kérgének karbon-jura képződményei találhatók, míg erre délről a Szarvaskői-takaró óceáni kérgének jura kőzetei tolódtak rá (LESS, 2011). A bükki autochtonra tengeri üledékképződés volt jellemző egy kisebb megszakítással a karbontól a középső-triászig, amikor a sekélyesedő tengerben nagyméretű karbonátplatformok alakultak ki. A késő-triászban süllyedés indult meg, a jurára már mélytengeri üledékképződés volt jellemző. A krétában területenként eltérő, anchizonális és epizonális metamorfózis zajlott (LESS és szerzőtársai, 2005).

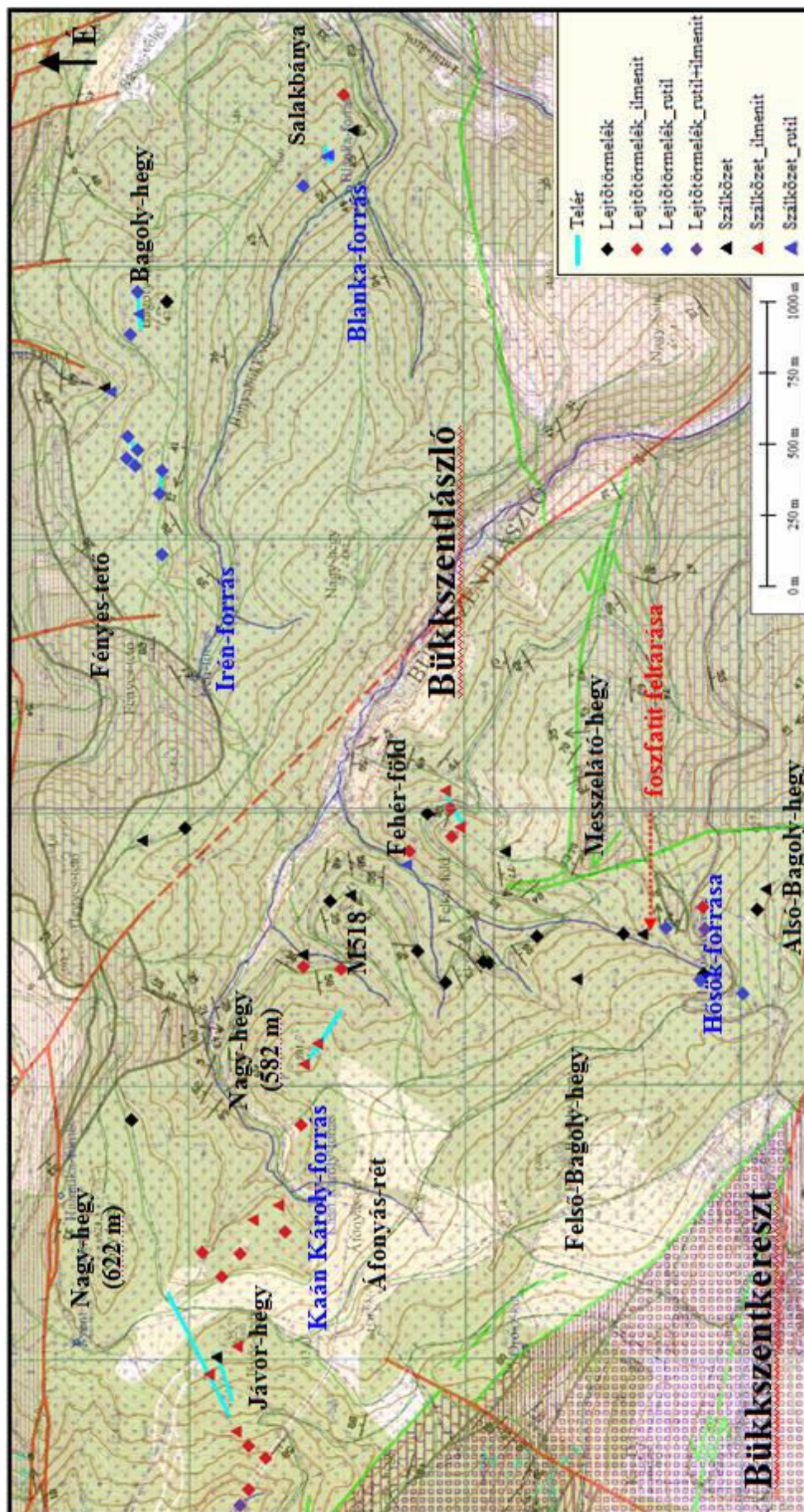
A középső-felső triász karbonátplatformjának épülését több ciklusban vulkanizmus szakította meg, a Vardar-zóna nyugati ágának kezdődő felnyílásával kapcsolatban (LESS és szerzőtársai, 2005). Az első ciklusban, a felső-anizuszi-alsó ladini korszakok között és a második ciklusban, a felső-ladini és alsó-karni korszakok között zajlott intermedier-savanyú majd inkább savanyúvá váló kitörések egy eddig ismeretlen óceáni kéreg szubdukciójával (LESS, 2011) szigetív típusú mészkalkáli vulkanizmus során történtek. A harmadik ciklusban, a karni korszakban elhúzódó bazaltvulkanizmus lemezbelső rokonságú, alkáli jellegű (LESS és szerzőtársai, 2005). A triász mészkövek, a közéjük települt különféle vulkanitokkal (Szentistvánhegyi Metaandezit, Bagolyhegyi Metariolit, Szinvai és Létrási Metabazalt) megfeleltethetők a Dél-Alpok és a Dinaridák hasonló korú képződményeivel (LESS, 2011).

A Bagolyhegyi Metariolit Formáció a felső-ladini-alsó karni vulkanizmus terméke, amely a Miskolc-diósgyőri Tatár-árok és Bükkzentkereszt között, egy zárt, összefüggő területen nyomozható a felszínen (3. ábra). Északon a Hegyestetői Mészkőre települ folyamatos rétegsort feltételezve, délen a Bükkfennsíki Mészkővel és a Felsőtárkányi Mészkővel érintkezik tektonikusan (LESS és szerzőtársai, 2005). Az összes kőzetben palásodottság figyelhető meg a területen. A legelterjedtebb kőzet zöldes színű, gyengén-erősen kloritos, lemezesre préselt vagy pados elválású, amely gyakran a mafikus kőzetalkotók mállástermékeitől Mn-Fe-oxidos elszíneződésű (2. ábra). A formáció DNy-i szegélyén egy fehéres színű, finomszemcsés, lemezesre préselt, csak kevés mafikus alkotót tartalmazó kőzet van elterjedve. A Felső-Bagoly-hegy



2. ábra: Palásodott kloritos metavulkanit, kisebb kvarcos telérekkel átjárva a Jávor-hegyen.

főgerincét egy szintén fehéres színű, durvábszemcsés, pados településű kőzet alkotja. A kőzetek kémiaiilag a bazaltostól riolitosig változnak, de a dácit-riolit tartományba esők a legelterjedtebbek (LESS és szerzőtársai, 2005). Ha csak a rétegtani viszonyokat nézzük, a vulkanitok kora ÉK-ről DNy-ra fiatalodik. A tágabb földtani környezet erőteljes redőzöttségének köszönhetően ezt nehéz pontosan megállapítani. LESS és szerzőtársai (2005) a képződményeket rétegvulkáni eredetűnek tartják a kőzetek sokfélesége miatt, de az eredeti



3. ábra: A Bagolyhegyi Metariolit Formáció (nem teljes) földtani térképe, a mintavételi pontok, nagyobb kvarcos telérek helyével.
Készült Németh [2005] és az EOTR szelvényeinek felhasználásával (1:10000)

kőzetjellegeknek a metamorfózis során bekövetkezett nagymértékű elváltozása a lávaközetek-piroklasztitok egyértelmű elkülönítését sem teszi lehetővé. Ez és a vulkáni öszlet nagymértékű deformáltsága miatt csak feltételezhető az az elmélet, amely szerint a kezdeti, leginkább eruptív jellegű andezites-dácitos-riolitos működést a vulkanizmus vége felé eruptív és effuzív riolitos működés követte. Az első működés termékei adják a formáció jelentős tömegét, a felső riolitközetek csak a formáció DNy-i szegélyén vannak, a feltételezett rétegvulkáni öszlet legfelső rétegeiben. A vulkanitok nagyobb része szubmarin eredetű, de a vulkanizmus részben szárazföldre kiemelkedett területen zajlott (PANTÓ, 1951). Később újraindult a karbonátplatform épülése, de még a vulkáni működés legvégén hidrotermás oldatok járhatták át a képződményeket, egyes részeken kálimetaszomatózis történt erőteljes kovásodás kíséretében, de más hidrotermás oldatok is jelen voltak, amelyek egy U-Be-HRFF-P-Mn-dúsulást hoztak létre (SZABÓ és VINCZE, 2013).

Az alpi orogenezis során epizonális metamorfózist szenvedtek el a képződmények, meggyűrődtek, palásodtak és a kőzetek eredeti ásványi komponensei teljesen átalakultak, így nehéz az eredeti kőzetjelleget beazonosítani (ÁRKAI, 1973). A metamorfózis sokáig eltartott, a kihűlési koradatok kb. 90 millió évvel ezelőtt befejeződött, 300 °C-nál alacsonyabb hőmérsékletű metamorfózist tanúsítanak (ÁRKAI és szerzőtársai, 1995). A metamorfózis során szintén keletkeztek kvarc-albitos lencsék, telérek, ezek elválasztása a metamorfózis előtti kovás képződményektől még nem teljesen tisztázott. Az orogenezis során és a későbbiekben zajló nagyobb tektonikai mozgások a vulkáni rétegsort a tágabb terület üledékes keretével együtt élükre állították, így a vulkáni képződmények teljes vastagságukban tanulmányozhatóak (BALOGH, 1964).

4. Mintavétel

2013 júniusa és 2014 szeptembere között 20 alkalommal jártam kint a bükkszentkereszti kutatási területen mintavételezés céljából, részben saját kutatáshoz, részben CriticEl-es vizsgálatokhoz. 41 db mintám kapott CriticEl-es számot, ebből 25 lett továbbküldve kémiai elemzésre. A mintákhoz terepen GPS-sel, egyes esetekben utólag beazonosítva EOVS koordinátákat adtam, ami alapján vissza lehet keresni ezeket a pontokat később. Utóbb a mintákhoz ilyen adatokat adtam meg: pontos lelőhely, kőzetnév, mintatípus.

A mintaszámokat, mivel a mintákat eleinte jóval a gyűjtésük után dolgoztam fel, nem megtalálásuk sorrendjében adtam, a sorszám a CriticEl-es adatbázisba írásakor adódott hozzájuk, pl. a 779-es számú mintát később gyűjtöttem, mint a 788-as számút.

A terepi vizsgálataim első szakaszában (2013. szeptember-október eleje között, 3 terepbejárás) elsősorban foszfátásványos elváltozásokat kerestem (5. ábra). Ezek a kutatások során megmintáztam a foszfatitra legesélyesebb Hideg-víz-völgyet a Hősök-forrásáig, valamint a térképemen M518-nak elnevezett, név nélküli 518 m magas hegyet és a Nagy-hegy (tszf.: 582 m) csúcsát és É-i lejtőit (778-as, 781-783-as, 793-800-as, 802-es számú minta). A mintavételezés legtöbbször lejtőtörmelékből történt, szálkőzetből legtöbbször csak a hegygerinceken volt lehetőségem gyűjteni. Szabad szemmel látható foszfátásványosodással nem találkoztam, a gyűjtött minták többségét telérkvarc kőzetdarabokból és Mn-oxidoktól

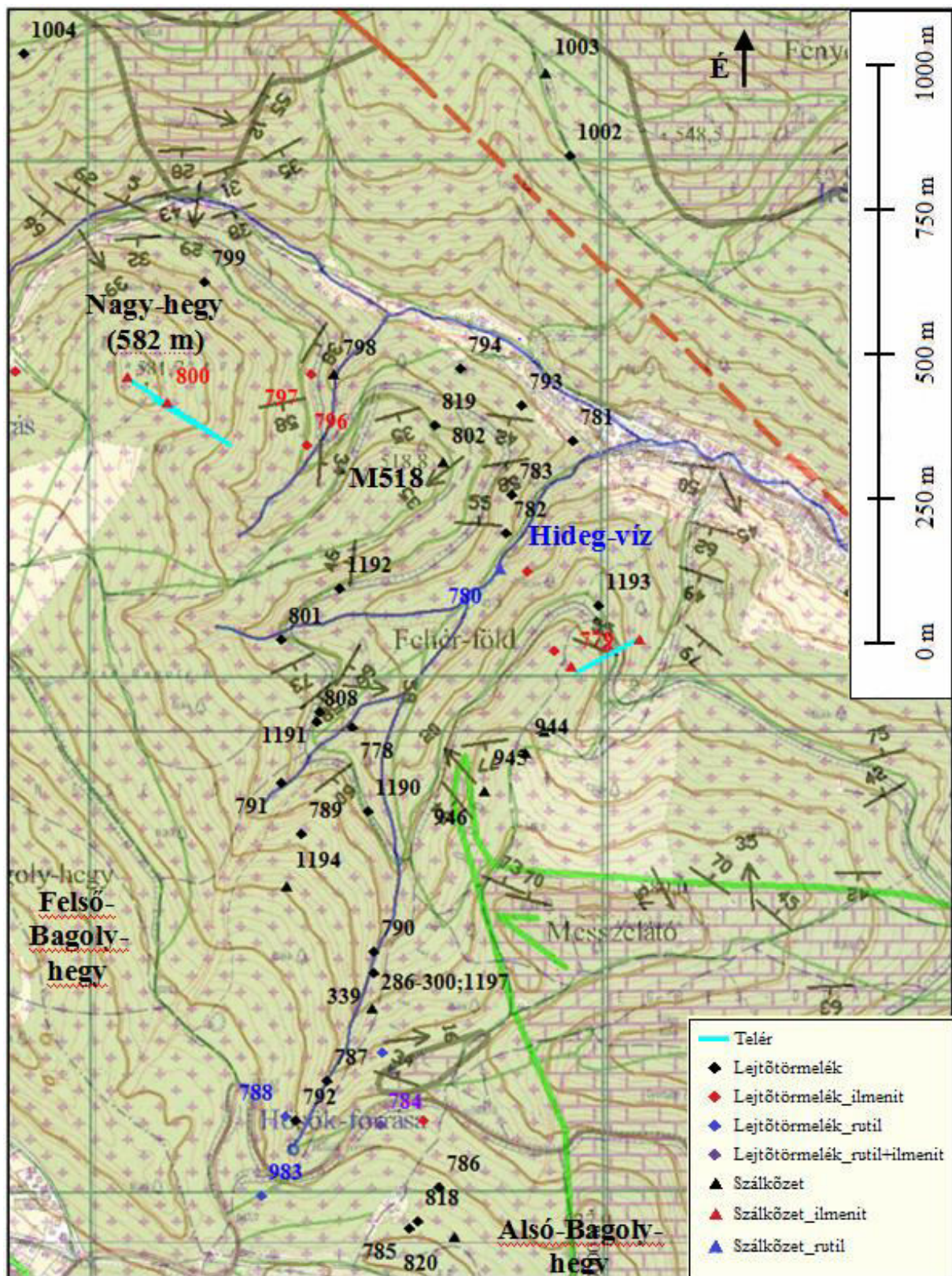


4. ábra: Durvaszemcsés kvarc-albitos telérkőzet lejtőtörmelékben a 788-as számú minta lelőhelyén

elszínezett agyagokból vettem. Már az első terepezés során, a Hősök-forrásától ÉÉNy irányban 50 méterre, egy kidőlt fának a gyökérzete helyén lévő megmozgatott lejtőtörmelékben (4. ábra) megtaláltam azt a durva-szemcsés kvarc-albitos kőzetdarabot, ami a Nb-Ta-kutatást mozdította előre (788-as számú minta). Mivel a kolumbit-(Fe) kristályait tartalmazó rutilszemcse csak októberben lett műszeresen vizsgálva, ekkor még nem koncentráltam kifejezetten a titán-

oxidokra. Még október elején felfedeztem egy új ilmenitelfordulást a Nagy-hegy (tszf.: 582 m) útbevágásában, majd a hegycsúcs szálkőzet-kibúvásában és annak nagy kiterjedésű lejtőtörmelékében (796-os, 797-es és 800-as számú minta).

A második szakaszban (2013. október közepe-december közepe között, 6 terepbejárás) először a Hősök-forrása környékét jártam be alaposan, ahol elsősorban a titán-oxidokat tartalmazó képződményeket mintáztam (4. ábra), amelyek során rutil és ilmenit került elő az Alsó-Bagoly-hegynek a Bükkszentlászló-Bükkszentkereszt között bevágása fölötti erdőirtásos részéről (784-es számú minta), valamint egy kevés rutil a korábban már felfedezett, a Hideg-víz-folyás alsó szakaszán lévő jól kipreparálódott kvarcos telérből is (780-as számú minta). Bejártam az Alsó-Bagoly-hegy É-i oldalát az előbb említett közútig (785-786-os számú minta), a Felső-Bagoly-hegy ÉK-i oldalát a Hideg-víz-völgytől az Áfonyás-rét széléig (787-



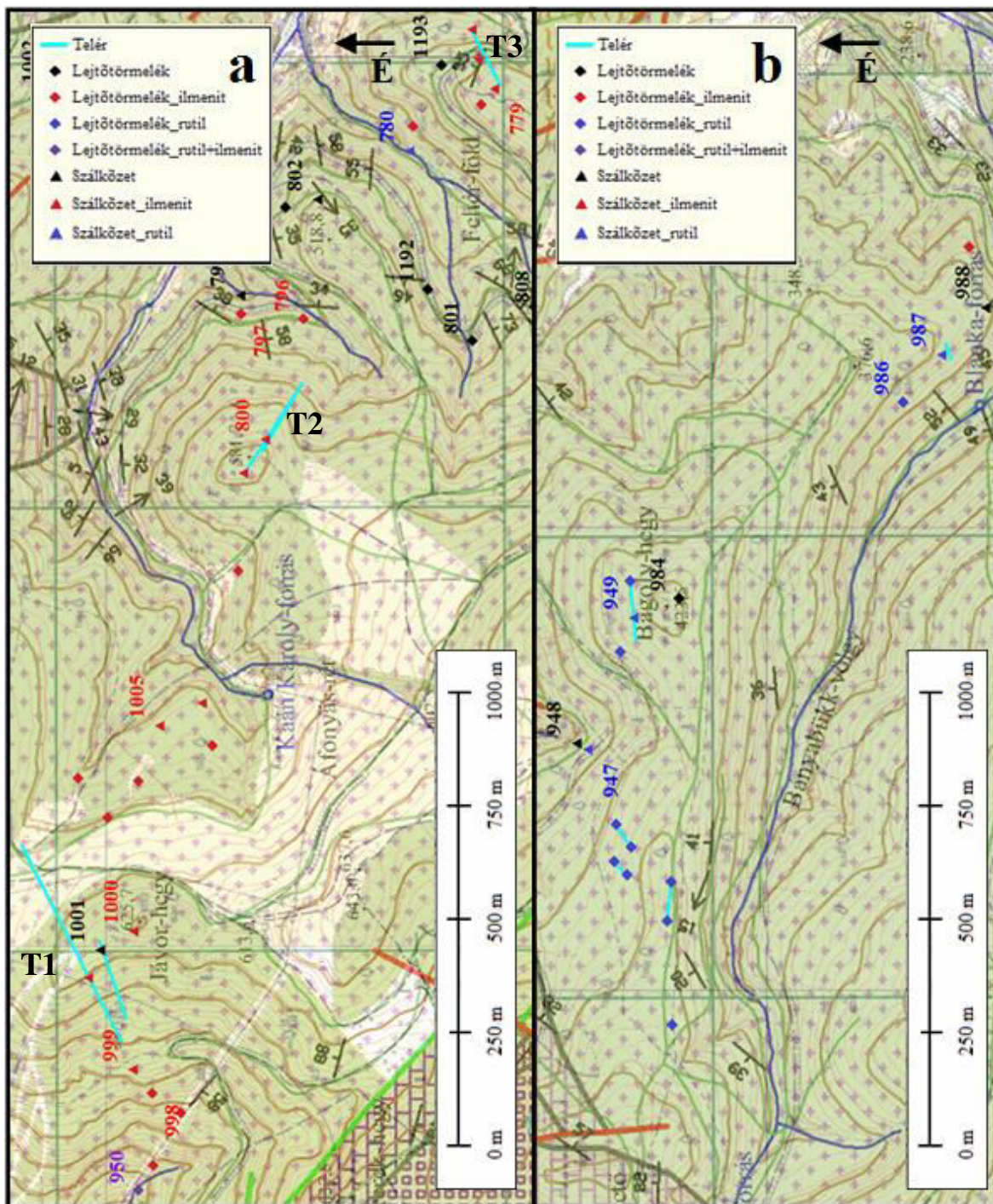
5. ábra: A Hideg-víz-völgy és környéke, a mintavételi pontok, nagyobb kvarcos telérek helyével.

Készült Németh [2005] és az EOTR szelvényeinek felhasználásával (1:10000)

791-es számú minta), de ezeken a helyeken nem találtam újabb titán-oxidos mintákat. 2013 decemberében a CriticEl kutatóit kalauzoltam végig az általam talált izgalmasabb képződményeken, ekkor történt először kémiai elemzés számára alkalmas mennyiséget (2 kg) gyűjtő mintavétel (780-as, 784-es, 788-as, 792-es, 797-es, 798-as, 801-802-es számú minta), ugyanis eddig minden mintavételi pontból csak néhány darab, jellegzetes kőzetdarabot tettem el. December közepén bejártam a Fehér-föld elnevezésű terület legmagasabb pontjától ÉK-re lévő gerincet (944-946-os számú minta). Ilmenit és egy kevés rutil került elő a gerinc É-i részén, szálkőzetben, amelyre egy árkolás települt (779-es számú minta). December végéig összesen 9 saját minta lett kémiai elemzésre előkészítve és elküldve.

A harmadik szakaszban (2014. január közepe-március vége, 6 terepbejárás) a kutatási terület Ny-i részére koncentráltam (6. ábra), először a Lillafüred D-i végéhez közeli, Jávor-hegy és Kerek-hegy közötti patak völgyet kutattam át januárban, ahol szulfidos ércnyomokat sikerült felfedezni és egy ilmenites kőzetdarabot a hordalékban. Ásványtani vizsgálatokra egydarabos mintát vettem (950-es számú minta). Legközelebb március elején jutottam ki a területre, ahol az Alsó-Bagoly-hegy környékének eddig be nem járt területeit mintáztam meg (983-as számú minta). A következő alkalommal a Diósgyőr fölötti Fényes-tető-Bagoly-hegy vonulata, valamint a Bányabükk-völgy és a formáció É-i szegélye a Nagy-hegy (tszf.: 622 m) D-i nyúlványain (4. ábra) lett bejárva a Jávor-hegyig. (947-949-es számú minta). E terepbejárás során sok mintavételi pont lett kijelölve kémiai elemzésre gyűjtendő 2 kg-os mintákra, de az elszállítási kapacitásom miatt még két alkalom kellett az összes pont megmintázásához (984-es, 986-988-as, 1002-1004-es számú minta). A begyűjtött minták részben kovásan elváltozott kőzetekből voltak, részben rutiltartalmú képződményekből. A Jávor-hegyen sikerült megtalálnom szálkőzetben az ilmenitet. Ekkor vettem fel, hogy összefüggés lehet a Nagy-hegy (tszf.: 582 m) és a Jávor-hegy ilmenites képződményei között. Ennek bizonyítására szerveztem innentől terepbejárásaimat, ez sikerült is, a vonulat az Áfonyás-rét É-i szegélye fölött, a Kaán Károly-forrás felé húzódik, majd a Nagy-hegy gerincén folytatódik. Ezen a területen ilmenitet tartalmazó kőzettípusokat mintáztam (998-1001-es, 1005-ös számú minta). A vonulaton kívül nem sikerült szabad szemmel is látható titán-oxidokat találnom, kivéve a Fényes-tető-Bagoly-hegy vonulatban és a Hősök-forrása környezetében. A gyűjtött minták a 950-es számú kivételével (16 db) kémiai elemzésre el lettek küldve.

A negyedik szakaszban (2014. április közepe-május vége, 3 terepbejárás) már nem gyűjtöttem kémiai elemzésekre mintákat, csak ásványtani vizsgálatokra. Az első terepezés a a Jávor-hegyen zajlott, majd a Hősök-forrása környezetében kutattam, miután május 20. körül



6. ábra: A Jávor-hegy-Fehér-föld közötti terület (a) és a diósgyőri Bagoly-hegy környéke (b) a mintavételi pontok, nagyobb kvarcos telérek helyével.
Készült Németh [2005] és az EOTR szelvényeinek felhasználásával (1:10000)

egy nagy szélvihar gyökerestül kifordított egy egész erdősávot a Hideg-víz-folyás felső szakaszán, eszményi feltételeket kínálva frissen felszínre bukkant kőzetanyag vizsgálatához. Az utolsó terepi munkám során geofizikai méréseket és ásási munkálatokat végeztem egy 6 tagú kutatócsoport részeként az eredeti foszfatitos feltárás környezetében, szcintillációs

detektorral. A régi, 1971-es feltárás (1. ábra) létesítése során kitermelt, majd áthalmozott kőzetanyag helyét jól kirajzolta a műszer, de új anomáliára nem bukkantunk.

2014 szeptemberében 3 napon keresztül jártam be a területet GPS-sel, néhány új titán-oxid előfordulást fel is fedeztem, de csak a két, előzőekben részletezett vonulatszerűen húzódó ilmenites-rutilos zónának a folytatásában. Számos titán-oxid előforduláshoz rendeltem koordinátát, amelyeket a 3., 5-6. ábrán mintaszám nélkül ábrázoltam. A formáció további, általam be nem járt részein nem számítok titán-oxidos előfordulásokra.

5. Vizsgálati módszerek

A minták előkészítését műszeres vizsgálatok céljára a Miskolci Egyetem Ásvány- és Kőzettan Tanszékének csiszoló-polírozó laboratóriumában végeztem. A minták kiválogatott és előkészített része az elektronmikroszkopos és röntgendiffrakciós laboratóriumokba is került.

A mintavételezések során gyűjtött mintákat (összesen 41 db) először dokumentáltam, elsősorban lelőhelyi információkkal, tárolásra elhelyeztem, majd kiválogattam közülük az ásványtani szempontból érdekesebb darabokat. A kiválogatás során voltak szabad szemmel is jól észrevehető érdekességek, de sok esetben a tanszéken használt Zeiss sztereómikroszkópot kellett használnom. Az elkülönített darabokat újra dokumentáltam, majd átkerültek másik tárlóhelyre. A 41 minta közül mintegy 25 lett elküldve kémiai elemzésére a CriticEl keretében, az MFGI akkreditált analitikai laboratóriumába. Ott Li-metaborátos feltárás után a főelemek (Al, Ba, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, S, Sr,) és a nyomelemek egy része (Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Ti, V, Zn,) ICPAES, a többi nyomelem (Ag, Be, Bi, Cs, Ga, Ge, Hf, In, Nb, Pb, Rb, Sb, Sc, Se, Sn, Ta, Te, Th, Tl, U, W, Y, Zr) pedig ICP-MS módszerrel lettek mérve (ZAJZON és szerzőtársai, 2014). A kutatásomban összesen 45 db CriticEl-es mintáról készült elemzés eredményeit használtam fel, amelyeket az összes CriticEl-es minta adatbázisából kaptam meg (1. táblázat). A továbbiakban már csak ezekkel a mintákkal fogok dolgozni.

2013. október közepétől a titánásványokat tartalmazó képződményeket vizsgáltam, terepen szabad szemmel, de sokszor 10x-es nagyítású kézilupé segítségével azonosítottam a sokszor mm alatti ilmenitlemezeket, rutiltűket a kőzetben, ami alapján kijelöltem a mintázandó elváltozott kőzettípust. A titánásványos fázisokból minden mintában elkülönítettem egy részt, amelyből később szemcse lett preparálva műszeres vizsgálatokhoz, illetve felületi csiszolatok számára is lettek kijelölve példányok. A kipreparált

szemcsék elektronmikroszkópos vizsgálatában az esetleges Nb-Ta tartalom létezésének kimutatása volt a főcél, a minták ásványtani-szöveti leírásához 6 db felületi

Minta	Kőzettípus	Lelelőhely	K ₂ O	TiO ₂	Nb	Ta
			%	%	ppm	ppm
286	metavulkanit foszfatit mellől	foszfatitos feltárás	2,26	0,05	7,62	1,72
287	foszfatit	foszfatitos feltárás	3,97	0,06	13,90	2,63
288	metavulkanit foszfatit mellől	foszfatitos feltárás	4,12	0,06	12,30	2,37
292	metavulkanit foszfatit mellől	foszfatitos feltárás	0,64	0,02	2,80	0,62
293	foszfatit	foszfatitos feltárás	2,55	<0,02	3,44	1,18
294	foszfatit	foszfatitos feltárás	0,76	<0,02	3,99	0,78
297	foszfatit	foszfatitos feltárás	4,68	0,05	10,80	2,28
300	foszfatit	foszfatitos feltárás	0,23	<0,02	3,25	0,40
339	kloritban szegény metavulkanit	Hidegvíz-folyás felső szakasza	3,87	0,04	10,10	1,77
779	ilmenites telérkőzet	Fehér-föld E-i árkolás	4,52	0,37	10,20	0,83
780	ilmenites telérkőzet	Hidegvíz-folyás alsó szakasza	4,71	0,42	14,50	1,26
784	albitos telérkőzet	Kőkapu, műút bevágás fölött	0,68	0,04	4,54	1,58
788	albitos telérkőzet	Hősök-forrása	0,80	0,02	1,32	0,39
792	albitos telérkőzet	Hősök-forrása	0,75	<0,02	1,30	0,35
797	ilmenites telérkőzet	Nagy-hegy (582 m), útbévágás	6,69	0,26	10,40	1,39
798	agyagos málladék	völgy Nagy-hegy-M518 között	1,86	1,71	9,13	0,82
801	kovás metavulkanit	Hidegvíz-folyás balról 2. völgye	8,45	0,05	9,10	1,75
802	földpátos-kloritos telérvarc	M518 gerince	1,76	0,61	12,30	1,10
808	szürke kovás metavulkanit	Felső-Bagoly-hegy É-i oldal, útról	10,80	0,05	8,86	1,88
818	kloritban szegény metavulkanit	Alsó-Bagoly-hegy	4,12	0,05	10,20	1,70
819	földpátos-kloritos telérvarc	M518 gerince	5,26	0,56	10,00	0,93
820	kovás metavulkanit	Alsó-Bagoly-hegy	8,75	0,06	9,85	1,82
944	sötét metavulkanit	Fehér föld, D-i árkolás	6,53	0,46	11,20	0,99
947	rutilos telérkőzet	Fényes-kő-völgyfő	5,60	0,27	5,23	0,54
948	fekete réteg metavulkanitban	Fényes-kő-völgyfő	6,87	1,14	14,00	1,13
949	rutilos telérkőzet	Bagoly-hegy gerince	5,92	0,44	9,87	0,82
983	albitos telérkőzet	Kőkapu	3,75	0,06	10,30	2,12
984	földpátos telérvarc	Bagoly-hegy-csúcsa	4,70	0,20	4,49	0,48
986	rutilos telérkőzet	Blanka forrás fölött É-ra	2,10	0,50	18,40	1,27
987	rutilos telérkőzet	Blanka forrás fölött É-ra	3,34	0,17	8,11	0,75
988	kovás metavulkanit	Salakbánya fölött Ny-ra	0,36	0,18	9,70	0,85
998	ilmenites telérkőzet	Jávor-hegy Ny-i oldala	2,49	0,24	8,12	0,72
999	ilmenites telérkőzet	Jávor-hegy Ny-i oldala	0,45	0,36	7,16	0,80
1000	ilmenites telérkőzet	Jávor-hegy gerince	4,41	0,31	9,19	0,84
1001	ilmenites telérkőzet	Jávor-hegy gerince	6,02	0,23	9,27	0,83
1002	földpátos telérvarc	Irén forrástól Ny-ra, KL jelzésű út	0,32	0,21	5,97	0,75
1003	kovás metavulkanit	Kohász út és KL jelű út találkozási	0,58	0,54	11,00	0,93
1004	kovás metavulkanit	Nagy-hegy (622m) D-i oldal	5,92	0,44	11,80	1,00
1005	ilmenites telérkőzet	Kán Károly forrás fölött É-ra	3,91	0,36	12,60	1,07
1190	kloritban gazdag metavulkanit	Felső-Bagoly-hegy EK-i oldal, útról	1,81	0,42	11,50	0,90
1191	kloritban gazdag metavulkanit	Felső-Bagoly-hegy EK-i oldal, útról	1,38	0,35	11,40	1,07
1192	kloritban gazdag metavulkanit	M518 K-i oldal, útbévágás	3,06	0,37	14,40	1,23
1193	kloritban gazdag metavulkanit	Fehér-föld É-i lejtő, útról	1,55	1,12	13,30	1,11
1194	kovás metavulkanit	Felső-Bagoly-hegy EK-i nyúlványa	10,10	0,06	9,46	1,63
1197	foszfatit	foszfatitos feltárás	0,68	<0,02	3,12	0,44

1. táblázat: A kémiai elemzésre küldött minták listája, egyes alkotók mennyiségének feltüntetésével, a kőzettípusoknál alkalmazott elnevezéseket a 6. fejezetben ismertetem

csiszolatot készítettem műgyantába öntött titán-oxidos közettöredékekből, amelyek pásztázó elektronmikroszkópban alaposan lettek vizsgálva Zajzon Norbert és Turi Judit által.

Az elektronmikroszkopos mérés alapját a BSE-felvételeken látható nagyobb atomsúlyú elemek jelenlétét jelző világosabb színű (fehér-szürkésfehér) ásványszemcsék keresése jelentette. A 10 µm-es, vagy annál kisebb önálló ásványfázisok pontos elemösszetételének meghatározására az EDS-elemzés nem a legpontosabb, ugyanis a kis kiterjedés miatt a környező ásványszemcsékre is kiterjedhet a mérés, így azok elemei is megjelennek a kimutatásban. Ilyen esetben elemtérképet lehet készíteni, amely a különböző elemek eltérő színezésével segít pontosan körvonalaizni a kívánt ásványt. Egy esetben volt szükségem elemtérkép készítésére. A felületi csiszolatokat 2014. április-májusban készítettem el, nedves csiszolóporral üveglapon, majd száraz csiszolópapíron, a polírozást polírozógéppel Debus Délia elkészítette nekem. Az elektronmikroszkopos vizsgálatok július-augusztusban zajlottak.

Legalaposabban a kolumbitos minta és az első, Nagy-hegyről származó ilmenites minta lett megvizsgálva, ezekről röntgen-pordiffrakciós mérések is készültek. A pásztázó elektronmikroszkopos (SEM) vizsgálatok egy JEOL JXA 8600 Superprobe elektronsugaras mikroszkopos készülékkel történtek, melyen energiadisperzív detektor (EDS) is van a kémiai összetétel meghatározására. A mérések során egyrészt SEM-felvételek készültek az egyes fázisokról, valamint EDS-elemzések is történtek a kémiai összetétel meghatározása céljából. Az egyes fázisok szerkezetvizsgálata céljából a röntgen-pordiffrakciós méréseket egy Bruker D8 Advance típusú röntgendiffraktométerrel végezte el Kristály Ferenc. A röntgen-pordiffrakciós méréseket nem fogom részletezni a dolgozatomban.

6. Utómagmás és metamorf elváltozások a metavulkanitokban, különös tekintettel a titán-oxidokban gazdag képződményekre

A vulkanitokat kialakulásuk után számos utólagos elváltozás érte, az eredetileg utómagmás átalakításokat a metamorf hatás felülbélyegezte, ezért nagyon sokszor nem lehet eldönteni, hogy a metamorfózis során vagy annál korábban jött-e létre az adott elváltozás. A jellemző kőzetek közül két csoportot érdemes kijelölni, a klorittól zöld színű változatot, amelyet a továbbiakban „kloritban gazdag metavulkanit” néven fogok nevezni, és a kloritban szegény, fehéres változatot, amelyre „kloritban szegény metavulkanit” néven fogok utalni. A

két csoportban más jellegű elváltozott kőzetek a jellemzőek, először a kloritban szegény metavulkanitokhoz tartozókat ismertetem.

6.1. Kálimetaszomatikus folyamatokkal kísért kovásodások

Az Alsó-Bagoly-hegyen és a Felső-Bagoly-hegynek a nem kovásodott gerinctől É-ra lévő lejtőin, a Hideg-víz-folyástól a Kaán Károly-forrásig több helyen láthatunk erőteljesen kipreparálódott sziklákat (3. ábra), amelyek kovásodással kísért kálimetaszomatózis során jöttek létre. Színük fehéresszürkétől a vörösesbarnáig változik. Kétféle típusú kovásodás van, az Alsó-Bagoly-hegyen egy durvaszemcsés, földpát fészkeket vagy fenokristályokat tartalmazó, repedezett kőzet van jelen (820-as számú minta), míg a Felső-Bagoly-hegyen egy finomszemcsés, sokszor folyásos mintázatú, kvarcerekkel áthálózott, nagyon tömör, szilánkos törésű kőzet van elterjedve, amelyben nincsenek szabad szemmel felismerhető ásványok. (801-es, 808-as, 1194-es számú minta) Mindkét típusra jellemzőek a finom eloszlású pirittől sötétszürke sávok. Titánásványokat makroszkópos méretben nem találtam bennük.

6.2. Durvaszemcsés kvarc-albitos kőzetek (vagy „pegmatitos telérek”)

A „pegmatitos telérek” elnevezés SZENTPÉTERY (1931, 1952) leírásaiban szerepel, aki gránitpegmatit telérkőzeteknek írta le az Alsó-Bagoly-hegy ÉNy-i oldalán előforduló durvaszemcsés szövetű kvarc-albitos kőzeteket (5. ábra). Én albitos telérkőzetnek fogom nevezni őket a továbbiakban. Ezek a kőzetek a metavulkanit közé keveredve, lejtőtörmelékben fordulnak csak elő, az Alsó-Bagoly-hegy és a Felső-Bagoly-hegy közötti területen (4. ábra) és a Hideg-víz hordalékában. (784-es, 788-as, 792-es és 983-as számú minta) Feltárás hiányában nem lehet megállapítani, hogy valóban telérkőzetekről van-e szó, vagy csak lencséről. SZENTPÉTERY az 1920-as évek elején történt nagy erdőirtások utáni állapotban vizsgálódhatott a területen, feltehetően jobb feltártsági viszonyok között, de ez nem elegendő bizonyíték a teléres megjelenés elfogadására. A pegmatit elnevezés se igazán helytálló a földtani viszonyokat ismerve. A lejtőtörmelékben, összefüggéstelenül elvegyülve a metavulkanittal leggyakrabban 10 cm-nél kisebb kődarabok formájában található meg. Helyenként, főleg erdészeti utakban és a patak völgyben 20-30 cm-es kőtömbök fordulnak elő, a legnagyobbak az 50 cm-t is meghaladják.

Ásványos felépítésük nagyon eltérő lehet. Az albittartalom általában nem közelíti meg a kvarcét, de akadnak túlnyomórészt albitos minták is. A sörl akár 8 cm-t elérő, fekete színű, oszlopos, vagy alaktalan halmazokban jelenik meg, és akár 1-2 cm-es tűs halmazok formájában (7. ábra). A többi járulékos ásvány az albithoz kötődik elsősorban. A kvarc-albitos kőzet gyakran tartalmaz kisebb-nagyobb üregeket, felnyílásokat, amelyek legtöbbször agyagásványokkal vannak bevonva és maximum 1 cm-es kvarc- és mállott albitkristályokat tartalmaznak néha. Sok kőzetdarabban, akár cm-t elérő pirit utáni goethit pszeudomorfózák jelzik az egykori piritet, és hematitos, goethites, mangán-oxidos elszíneződések jelzik más színes ásványok átalakulását. Esetenként még ép pirit is előfordul cm-es foltokban, bomlástermékekkel övezve vagy néhány mm-es kockák formájában. Egyéb



7. ábra: Durvaszemcsés, kvarcot (színtelen), albitot (fehér-sárgás), sörlt (fekete) tartalmazó kőzet, az alkotóásványok sávos irányítottságot mutatnak

Lévai Zsolt felvétele

szulfidásványok is megjelennek ritkán a kőzet felnyílásaiban, néhány mm-es halmazokban, mint arzenopirit, galenit, szfalerit. Az arzenopirit mállásából szkorodit és farmakosziderit lett azonosítva (geomania.hu). A gyakoribb járulékos alkotók közé tartozik a muszkovit „szericit” változata, gömbös halmazokként. Ritkább járulékos ásvány a klorit, a jarosit és az epidot, néhány mm-es kristályhalmazok formájában, a fluorit kockái és a fluorapatit tűi, oszlopai a 2-3 mm-t is elérhetik. Ezeknél gyakrabban, maximum fél cm-es oszlopos kristályhalmazokban, mm-es vastagságú, de akár 2 cm hosszúságú erekben jelenik meg a rutil. Az ilmenit akár cm-es, vékony lemezekből álló aggregátumaival is találkozhatunk. A turmalinos telérdarabokra kevésbé jellemző ezen titánásványok jelenléte. Amíg az eddig felsorolt ásványok szabad szemmel láthatóak, csak fénymikroszkópban ismerhetők fel az anatóz tetragonális dipiramisos, a brookit és kolumbit-(Fe) táblás, a magnetit oktaéderes, a diopszid prizmás kristályai, az arzeniosziderit gömbös aggregátumai. Az elektronmikroszkópban észlelt ásványos alkotókat a következő fejezetben fogom ismertetni. Az albitos telérkőzetben gazdag lejtőtörmelékben a kloritban szegény metavulkanitban is megjelennek vékonyka, sörl-, rutil- és ilmenittartalmú albitos-kvarcos erek.

6.3. Foszfátit

A Hősök-forrásától mintegy 350 m-re ÉK-re, a Hideg-víz patak bevágásában (5. ábra) találták meg 1971-ben a foszfátos kőzettestet szálkőzetben (287-300-as és 1197-es számú minta). A hegyoldal letakarításával kiderült, hogy 2 vagy 3, erősen redőzött és töredezett, néhány dm-es rétegről van szó (1. ábra) (CSÁKI és CSÁKINÉ, 1973, ZAJZON és szerzőtársai, 2014). Kisebb foszfátitlencsákat több kismélységű fúrásban is találtak a Messzelátó-hegy alatt. A földes és masszív tömegeket alkotó kőzettest minden bizonnyal hidrotermás folyamat eredménye, a fluorapatit mellett különféle Mn-oxidok is váltak ki. Gyakran az apatit-Mn-oxidok vékony rétegekben váltakoznak a foszfátitban. Fő tömegét a kvarc adja, a fluorapatit aránya maximum 26,2 t %, a mangán-oxidoké legfeljebb 13,2 t%. A kvarcon kívül az eredeti kőzetanyag erősen átalakult, a földpátok eltűntek belőle, a bomlásukból származó agyagásványok és csillámok nagy arányban lehetnek jelen (ZAJZON és szerzőtársai, 2014). Az apatit kristályrácsába szabálytalanul U, Be, HRFF-elemek épülnek be. Amíg a HRFF+Y aránya a Clark-érték 70-80-szorosa (ZAJZON és szerzőtársai, 2014), a Be 515 ppm, az U 632 ppm értékeket mutat az ezekben az elemekben legdúsabb mintában. E mellett egyes elemek, mint a Cd, Cu, Mo, Pb, Sn, W és egyes mintákban a Zn jelentősen feldúsulnak a metavulkanithoz képest (KUBOVICS és szerzőtársai, 1989). Szabad szemmel látható titánásványok nem kerültek elő a foszfátitból.

A kloritban gazdag metavulkanithoz teljesen más elváltozott kőzettípusok tartoznak. Ezeket a képződményeket csak kisebb mértékben érintette a kálimetaszomatózis, a kloritban szegény metavulkanittal szemben inkább metamorf eredetű elváltozások jellemzik.

6.4. Finomszemcsés, kovásodott képződmények

A diósgyőri Bagoly-hegynek a legkeletibb nyúlványában, a Salakbánya fölötti részen (988-as számú minta), a Bükkszentlászló fölötti, kék L jelzésű erdészeti út és a Kohász út kereszteződésénél (1003-as számú minta) és a Nagy-hegy (622 m) oldalában (1004-es számú minta) egymástól és környezetüktől eltérő, fehéres-szürkés színű, finomszemcsés, tömör, nem kálimetaszomatizált kovás kőzetek vannak, amelyek néhol finom eloszlású pirittől sötétszürkék. A Salakbányától Ny-ra lévő hegyoldalon egy vékony, mm-es ilmenitlemezeket tartalmazó eret észleltem (5-6. ábra).

6.5. Durvaszemcsés, kvarc-földpátos kőzetek

A formáción belül számos helyen lehet találkozni olyan durvaszemcsés kvarcos-földpátos kőzetdarabokkal, amelyek gyakran tartalmaznak vékony kalcitos ereket, piritfoltokat, pirit utáni goethit pszeudomorfózákat, muszkovitlemezkés elválási felületeket, akár 5 cm-es kloritos fészkeket (802-es, 819-es, 984-es és 1002-es számú minta), esetenként maximum néhány cm vastagságú klinozoisit ereket. Ezek a képződmények metamorf eredetűek, gyakran láthatóak szálkőzetben akár méteres vastagságú teléreként, lencséként, a palásság síkjával párhuzamosan. Rutilt vagy ilmenitet nem észleltem bennük (5-6. ábra).

6.6. Kalkopirités-galenites-szfalerites ásványtársulások

Az M518 hegy oldalában (794-es számú, nem elemzett minta) a kloritban gazdag metavulkanitban egy néhány cm vastagságú, kvarc-kalcitból álló eret találtam, galenitfoltokkal. A Jávor-hegy-Kerek-hegy közötti patak völgy hordalékában durvaszemcsés kvarc-földpátos kőzetben apró galenit- és szfaleritszemcsék vannak. A Jávor-hegyi galenitkutatás meddőhányóján malachitot és kalkopiritet észleltem a kloritban gazdag metavulkanitban (999-es számú minta). SZENTPÉTERY (1947) is említi szfalerites-kalkopirités-galenites ércnyomokat a Kerek-hegy környékéről. Ugyanezek az ásványok megjelennek a Fényes-tető-Bagoly-hegyi kvarc-földpátos telérkőzetben a cinnabarittal kiegészülve, ezt a képződményt később fogom részletezni.

6.7. Ilmenit- (rutil)tartalmú kvarc-földpátos telérek, erek

A bükkszentlászlói Nagy-hegytől (tszf.: 582 m) a lillafüredi Jávor-hegyig egy kb. 1800 m hosszú, jól lehatárolható zónában találhatók ezek a képződmények (6. ábra). A zóna közvetlen folytatásában, az M518 hegyen nem jelennek meg, de a Hideg-víz-folyás alsó szakaszán újra van egy telérkibúvás, majd a Fehér-föld gerincén is. Vetődések okozhatták a feltételezhetően összetartozó képződmények szétDarabolását.

A Jávor-hegy gerincéről két, egymással párhuzamos telér fut le hosszan a Ny-i oldalon, egymástól 70 m távolságra. Míg a kisebbik, déli telérnek csak a törmeléke van a felszínen, a nagyobbik, 3-4 m szélességű északi telér (6. ábra/T1) szálban állva is látható (8. ábra), törmeléke egészen az Áfonyás-rét Nagy-hegyi (tszf.: 622 m) szegélyéig nyomozható,

mintegy 500 m hosszúságban (1001-es számú minta). A telérekben nagyon ritkán mm-es ilmenitlemezeket észleltem. A telérközet durvaszemcsés szövetű, vasas elszíneződésű, vöröses-sárgás külsejű, benne a földpát mennyisége nem közelíti meg a kvarcét. A Jávor-hegy



8. ábra: A Jávor-hegyi nagyobbik, kipreparálódott kvarcos telér (T1)

csúcsa alatt vékony, pár mm-től néhány cm-ig változó vastagságú kvarc-albitos erek járkák át a kovásodott, padosan elváló kőzetet, amelyekben több esetben néhány mm-es nagyságú ilmenitlemezeket figyeltem meg az albitos erekben (1000-es számú minta). A Jávor-hegy meredek Ny-i lejtőjén, a galenitkutatás meddőhányója fölött, két kisebb kibúvásban dm-es kvarc-albitos telérek járkák át a zöld színű, lemezesre

préselt kőzetet (999-es számú minta). A meddőhányón lévő, kémiai elemzés alapján Na-ban gazdagnak, K-ban nagyon szegénynek bizonyult, így albitosnak tekinthető telérközet erősen goethites, mangán-oxidos, benne sokszor az albit mennyisége meghaladja a kvarcét. A kőzet nagyon mállott, gyakran jelennek meg benne kisebb üregek, mállott albitkristályokkal, egy üregben fénymikroszkóppal kb. 0,5 mm-es kékes, áttetsző, üde anatózskristályt azonosítottam. Az ilmenit 2-5 mm-es tömött kristályhalmazokat alkot az albitban. A hegyoldalon ÉNy-ra a völgy felé haladva, a törmelékben nagyobb, dm-es és kisebb, cm-es vastagságú kvarc-földpátos erek járkák át a metavulkanitot. Mind a nagyobb, mind a kisebb vastagságú erekben 1-5 mm-es lemezkéi és akár 1,5 cm-t is elérő kristályai jelennek meg az ilmenitnek, elsősorban a földpáthoz kapcsolódóan, amely meghaladhatja a kvarc mennyiségét is (998-as számú minta).

Az Áfonyás-rét K-i szegélyétől a Kaán Károly-forrásig húzódó, két kisebb patak völgy által bezárt területen kovásodott, padosan elváló kőzet található, amelyben néhány mm-től dm-es méretig változó vastagságú kvarc-albitos erek futnak (1005-ös számú minta). Szálban állva csak egy helyen jelenik meg a képződmény a területen, de lejtőtörmelékben végig nyomozható a szabad szemmel is látható, a Jávor-hegy csúcsánál észlelt képződmények folytatásának feltételezhető, albiterekhez köthető ilmenitesedés. Ezek a képződmények viszonylag üdék, az ilmenit mindig az albitban van.

A Kaán Károly-forrástól kelet felé, a Nagy-hegy (tszf.: 582 m) felé haladva lejtőtörmelékben néhol dm-es durvaszemcsés, kvarc-földpátos kőzetdarabok figyelhetők meg. Egy mintában cm-es, pirit utáni goethit átalakokra és 3-8 mm-es ilmenitlemezekre akadtam. A Nagy-hegy gerincével párhuzamosan, attól délre mintegy 10 m távolságban megjelenik egy 1 m szélességű telér szálban állva, amely később, DK-i irányba folytatódva kb. 3 m szélességet ér el (6. ábra/T2), törmelékes folytatásával együtt kb. 250 m hosszúságban (800-as számú minta). Kinézetében hasonlít a Jávor-hegyi telérekre, erősen vasas, kevésbé földpátos és csak kevés ilmenit jellemző rá. Elégé lyukacsos, üreges, a főleg pirit elbomlásából képződött üregeket a goethiten kívül jarosit és üvegopál tölti ki. A Nagy-hegy É-i oldalán számos kőzetdarab jelenik meg ennek törmelékéből, de, mint ahogy a Jávor-hegyen is, itt is megtalálhatóak az olyan kvarc-albitos, vékonyabb-vastagabb erek, amelyek ilmenitben meglehetősen gazdagok (797-es számú minta). Ezek leginkább a dózerút magasságában, és az alatt, a mély patak völgyben gyakoriak. Az albitban megjelenő ilmenitlemezek mérete elérheti az 1 cm-t is, az üregekben kevésbé elmállott albitkristályok között fenn-nőtt ilmenitlemezek is megjelenhetnek (9. ábra).



9. ábra: Ilmenitlemezek (fekete) kvarc (fehér)-albitos (sárgás) érben a Nagy-hegyi útbevágásból

A zónának innen nincs közvetlen folytatása, legközelebb a Hideg-víz-folyás alsó szakaszán találkozhatunk egy 1 méternél alig nagyobb szélességű kvarcos telérrel, amelyet a patak tár fel pár m hosszúságban (780-as számú minta). A telér kőzetanyaga kovásodott metavulkanit, amelyet sűrűn járnak át albitos-kvarcos erek és erősen lyukacsos-üreges, vasas elszíneződésű. A pirit elég gyakran alkot szürke aprókristályos fészkeket, de mm-es hexaédres kristályokban is előfordul. Apró rutiltűk is felismerhetők a kőzetben.

A Messzelátó-hegy nyúlványai közül a legnyugatibb, Fehér-föld nevű ÉK-i irányú gerincén egy árkolás egy erősen vasas, kovásodott kőzetet tár fel szálban, amelyben akár 2 cm-es, aprókristályos piritből álló fészkek, erek figyelhetők meg (779-es számú minta). A kőzet sokszor erősen mállott, elégé likacsos, üreges a kioldódott pirittól, amelyek goethittel és jarosittal vannak kitöltve. A környező lejtőtörmelékben olyan durvaszemcsés kvarc-

földpátos kőzetdarabok vannak, amelyek kisebb, 1-3 mm-es, ritkábban 5-10 mm-es ilmenitlemezeket tartalmaznak. A feltárástól ÉK-re 10 m-re indul a lejtőtörmelékben egy



10. ábra: Kvarcos telér a Fehér-földön (T3)

vasas külsejű telérkvarcos tömbökből álló vonulat, amelyet követve 150 m-re ÉK-re, a dózerút alatt egy 3 m szélességű, a Jávor-hegyre és a Nagy-hegyre nagyon hasonlító telért (6. ábra/T3) érünk el (10. ábra), minimális ilmenites nyomokkal.

Az figyelhető meg, hogy a nagyobb telérek olykor szögben metszik a palásság síkját, míg az ilmenitdúsabb, vékonyabb kvarc-albitos erek gyakran követik a palásság síkját.

A képződményre ilmenites telérkőzet néven fogok a továbbiakban utalni.

6.8. Rutiltartalmú kvarc-földpátos telérkőzetek

A diósgyőri Fényes-tetőtől a Bagoly-hegy gerincén át húzódó hegyvonulatot, egészen a Salakbányáig különféle, a palásság síkjával nagyjából párhuzamos kvarcos telérek járják át. A telérek 1-2 méter szélesek általában, a Bagoly-hegy gerincén (949-es számú minta) és a Blanka-forrás fölötti részen (986-987-es számú minta) jól ki vannak preparálódva, a Fényes-tető K-i oldalában egy útbevágás tár fel egy kb. 10 m széles telért (947-es számú minta), a Fényes-tetőn pedig 3 db telér törmelékét lehet követni a gerincen és attól északra (6. ábra). A telérek szálaban állva és törmelékben 20-30 méter hosszan nyomozhatóak.

A telérek durvaszemcsés szövetű kőzetanyagát, az előző pontban ismertetett ilmenites telérkőzethez hasonlóan a kvarc túlsúlya a földpátéhoz képest jellemzi. A rutil benn-nőtt alakú halmazai 3 cm-t is elérhetnek, de üregekben és repedésekben akár cm-t elérő fenn-nőtt oszlopok formájában is előfordul (11. ábra). Néha az anatóz mm körüli kékes kristályai is megjelennek. A telérkőzetben a kvarc gyakran sötétszürkére színeződött a finomszemcsés pirit miatt, de a pirit alkothat nagyobb fészkeket, csomókat is. A galenit, szfalerit pár mm-es fészkekben, a cinnabarit porszerű halmazokban jelentkezik. A szulfidok bomlása miatt legtöbbször likacsos a telérkőzet, a repedéseket szinte mindenhol goethit, jarosit,

plumbojarosít tölti ki, akár több cm-es vastagságú bekérgezéseként, sárgás-barnás földes halmazokként, míg a hematit finom eloszlásban vörösre színezi a kvarcot és az albitot (SZAKÁLL és szerzőtársai, 2011). Az üvegopál gömbös halmazai sem ritkák a kőzet nagyobb üregeiben. Az ortoklász adulár változata is megjelenik az albit mellett, a muszkovit csillogó, mm-es halmazai nagyon gyakoriak, néha a fuchsit változata is megjelenik fűzöld csomókban. Fénymikroszkópban felismerhető alkotói közé tartozik a barit, amelynek táblás kristályai üregeket töltenek ki ritkán, a másodlagos foszfátok köréből a kakoxén, a foszfosziderit, corkit jelenik meg, feltehetőleg apatit átalakulásából. (SZAKÁLL és szerzőtársai, 2011). A képződményre a továbbiakban rutilos telérkőzet néven fogok hivatkozni.



11. ábra: Durvaszemcsés, rutilt (sötétszürke), albitot (fehér) és kvarcot (színtelen) tartalmazó telérkőzet

7. A nióbbium és tantál ásványos megjelenésének a műszeres vizsgálata

A titánásványokhoz köthető Nb-Ta ásványok közül csak a kolumbit-(Fe) jelent meg egy mintában fénymikroszkóppal is láthatóan, az összes többi ásvány csak az elektronmikroszkópos mérések során váltak ismertté. Kutatásom során 6 db saját csiszolat mérési eredményét dolgoztam fel, valamint még 1 db, a CriticEl-es kutatásban vizsgált, 3 különböző helyről (784-es, 788-as és 797-es számú minta) származó 7 db, rutil-ilmenitszemcse miatt kipreparált kőzettöredéket tartalmazó csiszolat eredményeit. (5 db különféle szemcse van csak, mivel 2 szemcséről két töredék is lett preparálva)

Az összes minta az előző fejezetben bemutatott kőzetelváltozási típusokból származik, ugyanis ezek tűntek elsődlegesen érdekesnek Nb és Ta szempontjából. Az első, rutilon fennőtt kolumbit-(Fe) kristályok felfedezése után hamar kiderült, hogy a különféle titán-oxidokhoz kapcsolódnak a Nb-Ta-ásványok. Az elváltozott képződmények közül három találtam titánásványokban gazdagnak. Az általam vizsgált minták közül kettő az albitos

telérkőzetből került ki, öt az ilmenites telérkőzetből. A rutilos telérkőzetből egyelőre nem készítettem csiszolatokat, mert már rendelkezésre álltak olyan vizsgálati eredmények, amik nem mutattak ki Nb- és Ta-tartalmat (SZAKÁLL és szerzőtársai, 2011).

Az alábbiakban a pásztázó elektronmikroszkópos (SEM-EDS) vizsgálatok eredményeit fogom bemutatni.

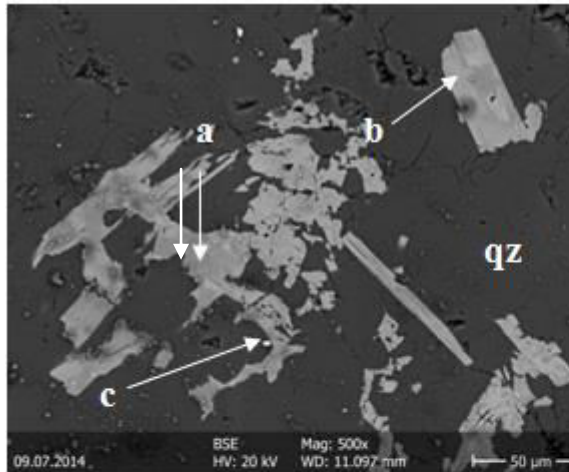
7.1. A 983-as számú minta SEM-EDS-vizsgálata

A minta az Alsó-Bagoly-hegyről származik, a Bükkszentlászló-Bükkszentkereszt között nagy kanyarját levágó erdészeti útról. Az úton a kloritban szegény metavulkanit finomabb és durvább szemcsés változata található keveredve telérkvarcos törmelékkal. A telérkvarcok ezen a részen földpáthban szegények, egy kevés albitot, rutilt, piritet, pirit utáni goethit pszeudomorfózát tartalmaznak. A vizsgált mintából készült csiszolatban fénymikroszkóppal néhány mm-es rutilhalmazok kvarc-mátrixban voltak elkülöníthetőek.

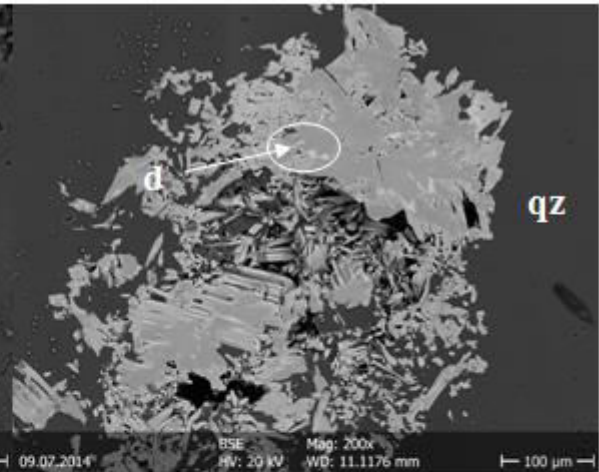
Az EDS-elemzés során egy 50 μm -es, hipidomorf fluorapatitkristály lett azonosítva. A rutilhalmazok BSE-képen azt lehetett megállapítani, hogy szabálytalan eloszlásban sötétebb-világosabb zónák váltják egymást. A mintában 4 mérés történt rutilra, a különböző árnyalatok okozóját felderítendő. Mint kiderült, a rutil a növekvő Fe-, Nb-, Ta-, W-tartalom miatt egyre világosabb árnyalatú a BSE-képen.

A 12. ábrán 50-100 μm -es idiomorf-hipidomorf, kémiaiilag zömés rutilkristályok láthatóak kvarcban (*qz*). A sötétebb zóna (*a*) majdnem tisztán TiO_2 , egy kevés Fe és Nb helyettesítéssel, a világosabb zónában (*b*) megnő a Fe-Nb aránya, és a Ta is megjelenik. Az figyelhető meg, hogy a legvilágosabb foltokban (*c*) a Fe- és Nb-tartalom tovább nő, ezzel szemben a Ta mennyisége stagnál.

A 13. ábrán látható, mintegy 450x500 μm -es rutil-kristályhalmazban szintén megfigyelhető a kémiai zónásság, a szegélyek világosabbak, mint a mag, tehát egy olyan jelenség is feltételezhető, hogy a kristály belseje felé csökken az elemhelyettesítés aránya. Megfigyelhető egy olyan jelenség, hogy a legvilágosabb fázis gyakran a belső sötétebb zónában van (*d*), ez a mag volfrámtartalmának köszönhető. A 4 mérés eredményét összevetve azt találtam, hogy a Ta-helyettesítés egy mintában sem megy 0,40 atom% fölé, míg a többi beépülő anyag aránya a világosodással együtt folyamatosan nő.



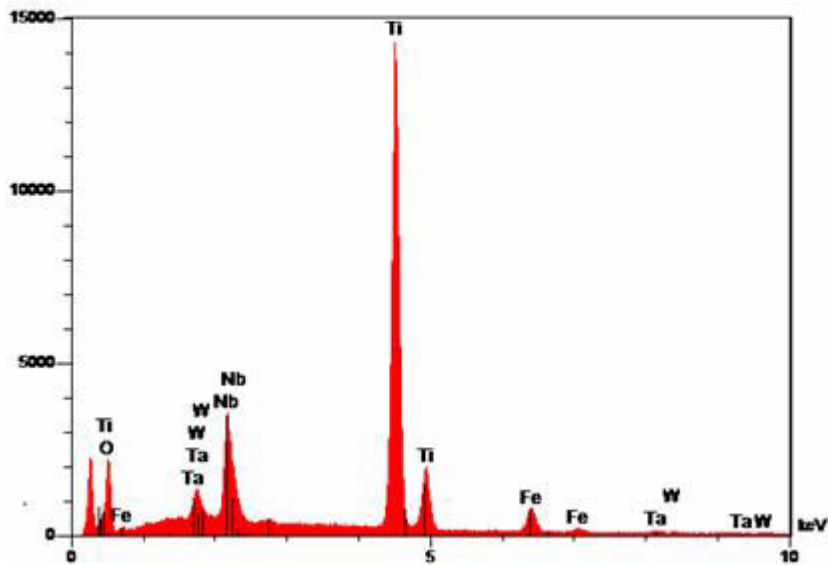
12. ábra: Nb-(Ta)-tartalmú rutilkristály
BSE-képe



13. ábra: Nb-Ta-W-tartalmú rutilkristály
BSE-képe

a	W%	A%	Oxidos forma	Ox%	c	W%	A%	Oxidos forma	Ox%
O	39,64	66,55		0	O	38,08	66,44		0
Si	0,33	0,31	SiO ₂	0,7	Si	1,81	1,8	SiO ₂	3,87
Ti	57,25	32,1	TiO ₂	95,5	Ti	47,2	27,51	TiO ₂	78,73
Fe	1,21	0,58	FeO	1,55	Fe	3,73	1,86	FeO	4,79
Nb	1,57	0,45	Nb ₂ O ₅	2,25	Nb	6,62	1,99	Nb ₂ O ₅	9,47
	100	100		100	Ta	2,57	0,4	Ta ₂ O ₅	3,14
b	W%	A%	Oxidos forma	Ox%		W%	A%	Oxidos forma	Ox%
O	38,41	66,51		0	d	W%	A%	Oxidos forma	Ox%
Si	1,19	1,17	SiO ₂	2,54	O	36,75	66,49		0
Ti	50,67	29,3	TiO ₂	84,51	Ti	46,12	27,87	TiO ₂	76,92
Fe	2,67	1,32	FeO	3,44	Fe	4,49	2,33	FeO	5,77
Nb	4,24	1,26	Nb ₂ O ₅	6,06	Nb	8,55	2,66	Nb ₂ O ₅	12,23
Ta	2,83	0,43	Ta ₂ O ₅	3,45	Ta	2,48	0,4	Ta ₂ O ₅	3,02
	100	100		100	W	1,62	0,26	WO ₃	2,05
						100	100		100

2. táblázat: A 983-as minta EDS-méréseinek az eredményei

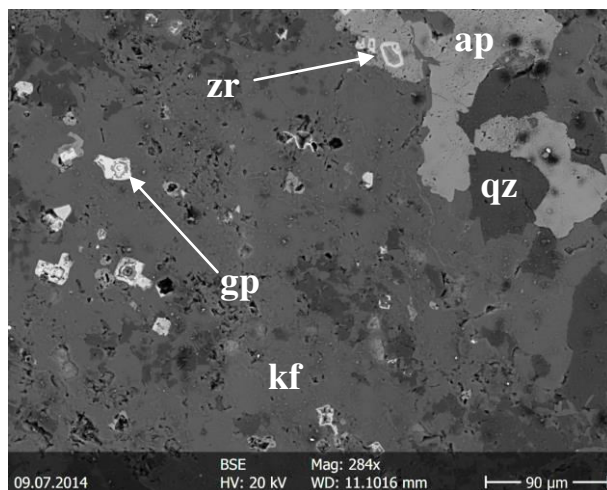


14. ábra: a d) jelű elemzés EDS-spektruma

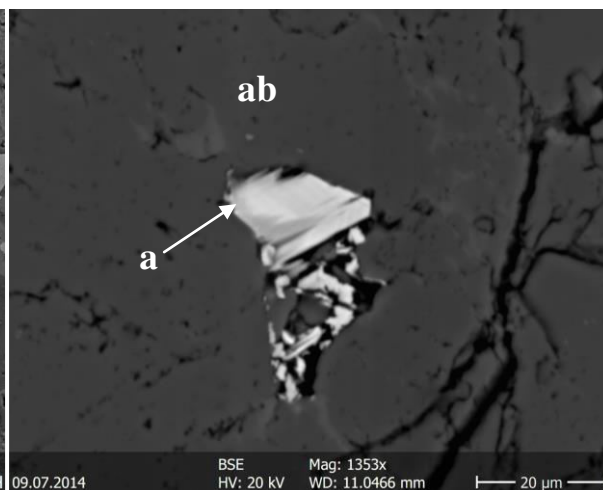
7.2. A 784-es számú minta SEM-EDS-vizsgálata

A minta szintén az Alsó-Bagoly-hegyen lett gyűjtve, lelőhelye DK-re a Hősök-forrásától a közút feletti hegyoldalban, az irtás szélén van. A „pegmatitok” ezen a részen erősen albitosak, gyakran a sörl fekete halmazai, tűi is megjelennek. A vizsgált minta egy turmalint nem tartalmazó, erősen vasas, durvaszemcsés albit-és kvarcfészkeket tartalmazó kőzet, amelyben 2-3 mm-es rutilhalmazok és 6-8 mm-es, ilmenitlemezekből álló aggregátumok fordulnak elő. Elektronmikroszkópos vizsgálattal változatos ásványparagenezis tárul fel. A 784-es mintában lett az összes vizsgált minta közül a legtöbb új ásványfázis azonosítva, ezért két csiszolat is készült róla, egy saját és a sok szemcsét tartalmazó CriticEl-es csiszolatról két szemcséről rendelkeztem mérési eredményekkel. A saját csiszolatomon egy nagy, 2 mm-es ilmenitkristály látható egy nagyobb közettöredék közepén, míg a másik csiszolaton két, 1 mm alatti kipreparált ilmenitlemez-töredék van.

A saját csiszolatomban a 15. ábrán kvarc-káliföldpátszemcsék (*kf*) összenövése között 10 µm-es pirit utáni goethit pseudomorfózákat (*gp*) láthatunk, amelyek belül gyakran üregesek. A jobb szélén 100-200 µm-es alakatlan fluorapatithalmazok (*ap*) látszanak, ebben és a káliföldpátban néha 5-10 µm-es hipidomorf cirkonkristályok (*zr*) fejlődtek ki.



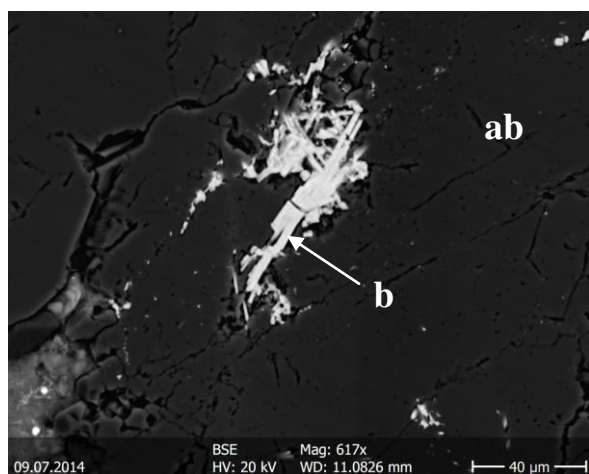
15. ábra: Jellemző alkotóásványokat tartalmazó felület BSE-képe



16. ábra: Nb-Ta-W-tartalmú rutilkristály BSE-képe

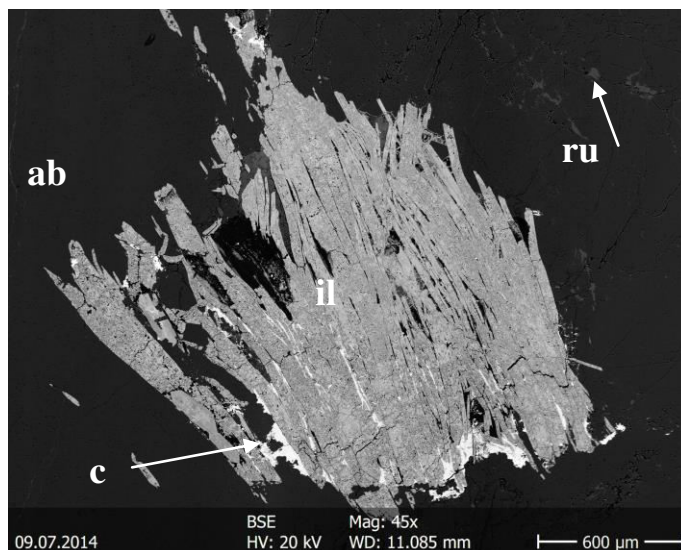
A 16. ábrán egy mintegy 20 µm-es, kémiaiag zónás hipidomorf rutilkristály (*a*) látható albitos (*ab*) közegben, a rutil kristályrácsába nagy arányban épül be a Nb-Ta-W-Fe, és Sn is észlelhető. A 17. ábrán szintén albitban alkot egy 50 µm méretű hipidomorf kristályhalmazt egy nagyon magas Nb-Ta-tartalmú ilmenit (*b*).

A 18. ábrán a nagy ilmenit kristályhalmaz (*il*) látható albitban, kis xenomorf rutilhalmazokkal (*ru*) körülveve, xenomorf, 100 µm-t meghaladó méretű, Hf-tartalmú



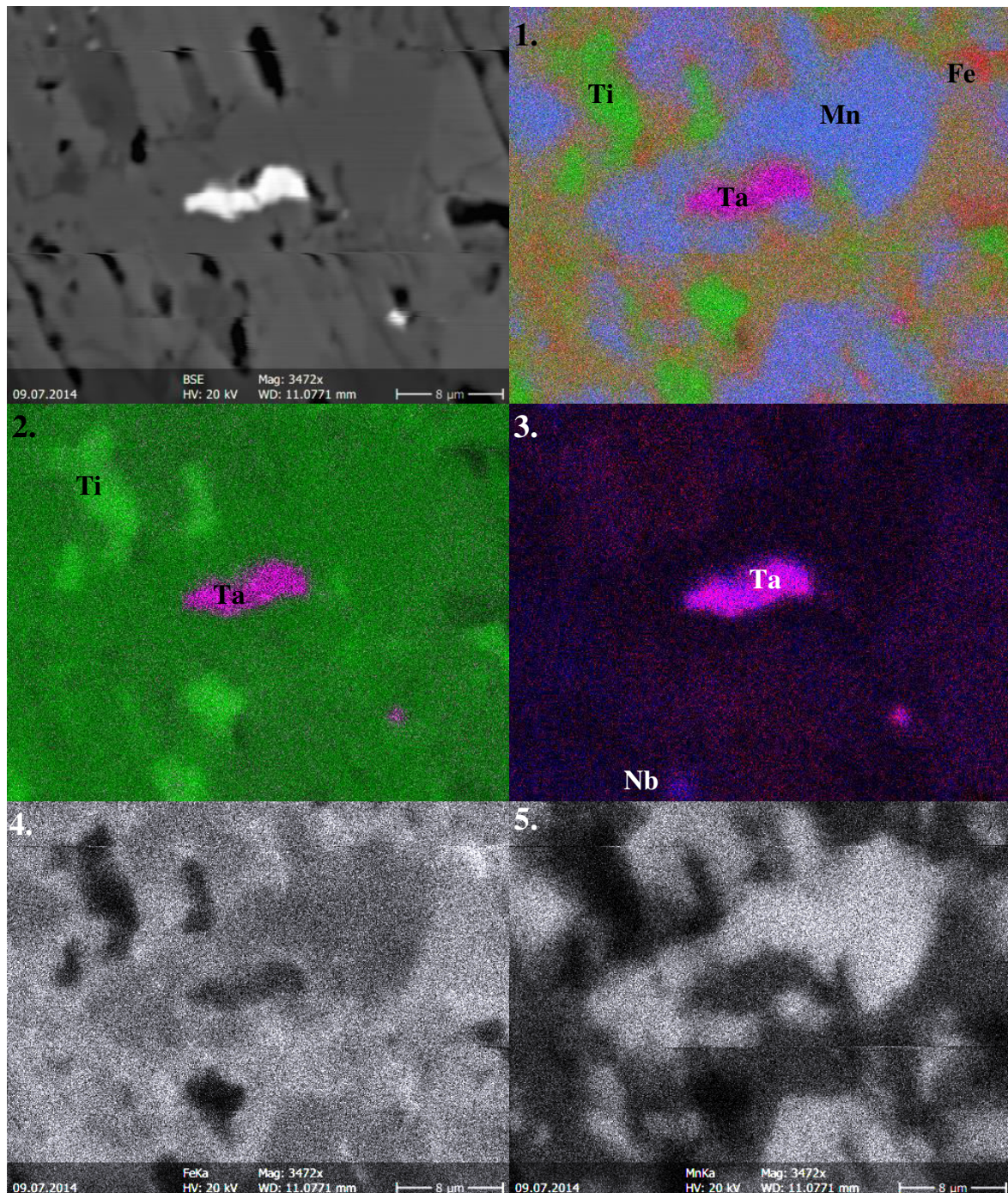
17. ábra: Magas Nb-Ta-tartalmú ilmenitkristály BSE-képe

µm-es fehér foltok a kolumbit-tantalit elegysor Ta-domináns tagjai (*e*), illetve egy Ta-Ca-Na-F-tartalmú ásvány, a fluorkalciummikrolit (*f*). A 21. ábrán az ilmenitlemezek felületével párhuzamosan kifejlődött, az ábrán világos színével kitűnő elnyúlt oszlopok a (*b*)-hez hasonló, nagyon magas Nb-Ta-tartalmú ilmenites fázisok (*il*>). Mellette a kissé sötétebb, hasonlóan kifejlődött halmazok egy Y-Nb-RFF-Ti-tartalmú ásványhoz tartoznak, amelyet a másik csiszolat vizsgálata során fogok részletezni (*h*). A tantalitos felületről elemtérkép is készült (19. ábra), amíg a sima EDS-elemzésben a környező ilmenitből belemért Ti-tartalom is szerepelt, a szemcse elemtérképén Ti-mentesnek bizonyult a terület. Mivel az EDS szerint a vas aránya meghaladja a mangánét, így tantalit-(Fe)-nak tekinthető.

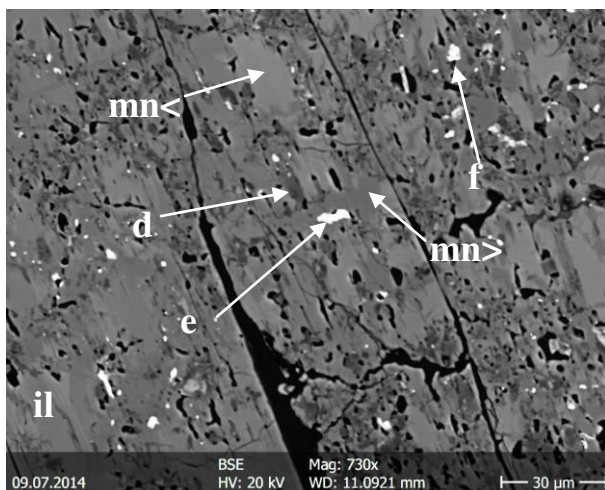


18. ábra: A nagy ilmenitkristály BSE-képe

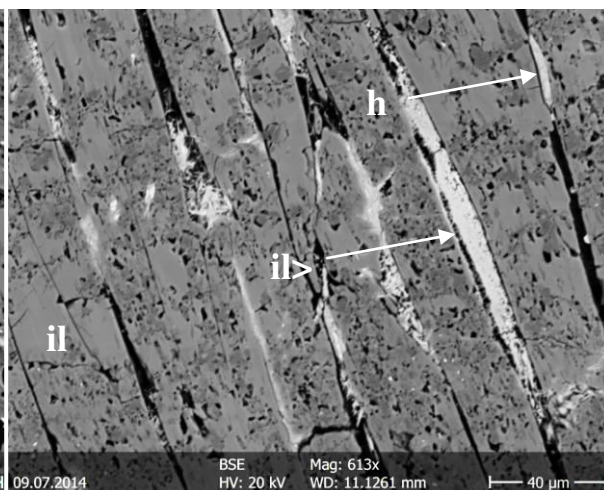
A másik, két ilmenitzemcséről készült csiszolat ásványtársulása az előző csiszolat 19. ábrájánál leírttal teljesen megegyezik, inhomogén eloszlásban tartalmaz magas Ta-Nb-Fe-tartalmú rutilt, amely kémiaiilag zónás, 100 µm-t elérő nyúlt-oszlopos kristályokat is alkot, az ilmenitben szabálytalanul oszlanak el a Mn-ban gazdagabb és szegényebb részek.



19. ábra: Elemtérkép a tantalitos felületről. Az 1. képen a Nb kivételével az összes elem szerepel, jól elkülöníthetők a rutil és a Mn-ban gazdag, illetve szegényebb ilmenit. A 2. képen jól látható, hogy a Ta-tartalom két foltba koncentrálódik, amelyekben nem jelenik meg a Ti. A 3. képen a Nb-és a Ta-tartalom közötti összefüggés figyelhető meg, miszerint a Ta-Nb-tartalom mindenhol ott van egy kis mennyiségben, de a Nb sehol sem koncentrálódik (lila), míg a Ta (rózsaszín) két foltban is. A 4. képen a vastartalom eloszlását láthatjuk, a világosodás a növekvő Fe-tartalom függvénye. A tantalitban zonalitást figyelhetünk meg az Fe-tartalom szerint, a külső részben koncentrálódik a Fe, míg belül csak egy minimális mennyiségben van jelen. Az 5. képen a mangántartalom eloszlása látható, itt is a világosodással növekszik a Mn-tartalom, a tantalitban és a rutilokban szinte teljesen hiányzik a Mn.

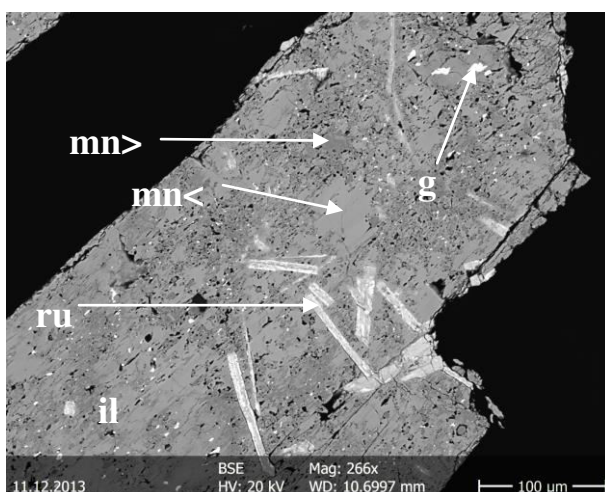


20. ábra: Tantalit és fluorkalciummikrolit ilmenitben BSE-képen

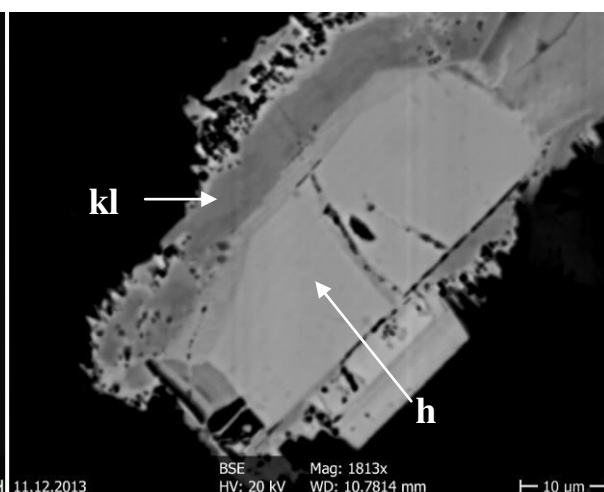


21. ábra: Magas Nb-Ta-tartalmú ilmenit és Nb-Y-RFF-Ti-oxid ásvány BSE-képen

Viszont a világos fehér, 20 µm-t el nem érő foltok nem tantalitok, hanem kolumbitok, amelyek kémiai zónásságot mutatnak a Ta-tartalom függvényében. (22. ábra). Egyes kolumbitos fázisokban a mangán mennyisége megközelíti a vasét, a kolumbit-(Mn) jelenléte sincs kizárva (g). A 23. ábrán egy kb. 20x70 µm-es Nb-Y-RFF-Ti-oxid kristály (h) látható kolumbitszegéllyel (kl), erről a fázisról WDX-elemzés is készült, amely szerint Y-gazdag piroklor lehet, a csoporton belül a még le nem írt hidroxilkenopiroklor vagy hidroxilitriumpiroklor. Viszont a kémiai elemzés szerint nioboeszkinit-(Y) is lehetne, amely hasonló környezetben megjelenhet, a kérdés eldöntéséhez szerkezetvizsgálat szükséges (ZAJZON és szerzőtársai, 2014).



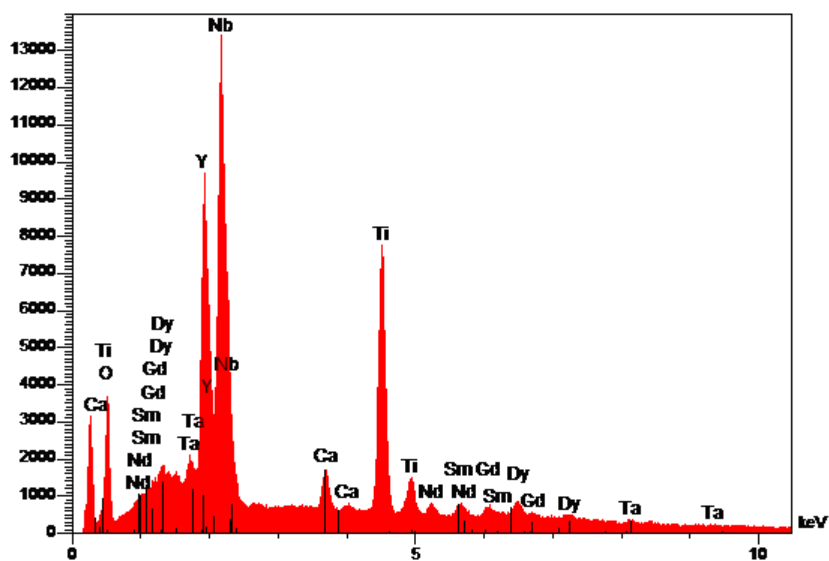
22. ábra: Magas Nb-Ta-tartalmú rutilkristályok ilmenitben, kolumbit foltokkal BSE-képen



23. ábra: Az Nb-Y-RFF-Ti-oxid ásvány kolumbit szegéllyel BSE-képen

a	W%	A%	Oxidos forma	Ox%	b	W%	A%	Oxidos forma	Ox%
O	34,8	66,65		0	O	28,39	62,91		0
Ti	40,7	26,04	TiO2	67,89	Al	1,29	1,69	Al2O3	2,43
Fe	4,99	2,74	FeO	6,41	Ca	0,5	0,45	CaO	0,71
Nb	7,54	2,49	Nb2O5	10,78	Ti	14,56	10,78	TiO2	24,29
Sn	0,79	0,2	SnO2	1,01	Mn	1,82	1,17	MnO	2,35
Ta	4,97	0,84	Ta2O5	6,07	Fe	21,34	13,55	FeO	27,45
W	6,22	1,04	WO3	7,84	Nb	17,08	6,52	Nb2O5	24,43
	100	100		100	Ta	15,02	2,94	Ta2O5	18,34
c	W%	A%	Oxidos forma	Ox%		100	100		100
O	34,42	66,37		0	d	W%	A%	Oxidos forma	Ox%
Al	0,78	0,9	Al2O3	4,19	O	33,33	66,26		0
Si	16,75	18,4	SiO2	6,21	Ti	38,39	25,49	TiO2	64,03
Ti	0,36	0,23	TiO2	1,3	Fe	6,23	3,55	FeO	8,02
Fe	0,83	0,46	FeO	1,06	Nb	4,89	1,67	Nb2O5	7
Zr	33,61	11,36	ZrO2	45,4	Ta	17,16	3,02	Ta2O5	20,95
Hf	13,24	2,29	HfO2	15,62		100	100		100
	100	100		100	f	W%	A%	Oxidos forma	Ox%
e	W%	A%	Oxidos forma	Ox%	O	21,58	59,37		0
O	23,33	66,4		0	F	1,92	4,46		1,92
Ti	6,91	6,57	TiO2	11,52	Na	3,24	6,19	Na2O	4,36
Mn	4,06	3,37	MnO	5,24	Al	1,95	3,19	Al2O3	3,69
Fe	7,57	6,18	FeO	9,74	Ca	7,13	7,83	CaO	9,97
Nb	11,99	5,88	Nb2O5	17,15	Ti	1,98	1,81	TiO2	3,29
Ta	46,14	11,61	Ta2O5	56,34	Mn	0,19	0,15	MnO	0,25
	100	100		100	Fe	1,57	1,24	FeO	2,02
h	W%	A%	Oxidos forma	Ox%	Nb	4,59	2,17	Nb2O5	6,57
O	28	66,39		0	Sn	0,66	0,24	SnO2	0,83
Ca	1,56	1,47	CaO	2,18	Ta	52,89	12,87	Ta2O5	64,58
Ti	14,97	11,85	TiO2	24,97	Pb	1,91	0,41	PbO	2,06
Y	14,16	6,04	Y2O3	17,98	U	0,4	0,07	UO2	0,45
Nb	25,64	10,47	Nb2O5	36,68		100	100		100
Nd	2,39	0,63	Nd2O3	2,79	g	W%	A%	Oxidos forma	Ox%
Sm	2,86	0,72	Sm2O3	3,32	O	27,46	65,99		0
Gd	2,81	0,68	Gd2O3	3,24	Ti	4,5	3,61	TiO2	7,5
Dy	6,05	1,41	Dy2O3	6,95	Mn	7,03	4,92	MnO	9,08
Ta	1,56	0,33	Ta2O5	1,9	Fe	9,89	6,8	FeO	12,72
	100	100		100	Nb	38,89	16,09	Nb2O5	55,64
					Ta	8,95	1,9	Ta2O5	10,93
					W	3,28	0,69	WO3	4,14
						100	100		100

3. táblázat: A 784-es minta EDS-méréseinek az eredményei

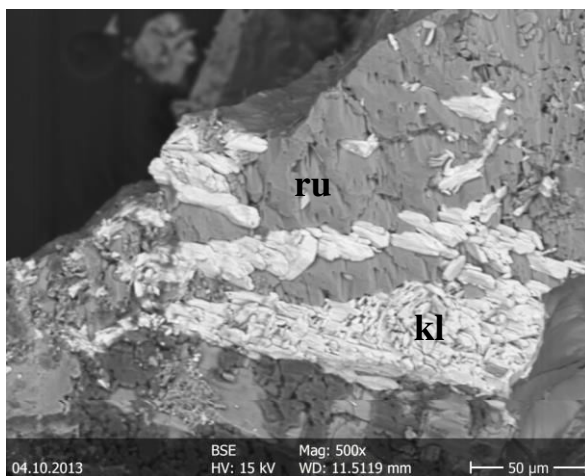


24. ábra: A (h) jelű elemzés EDS-spektruma

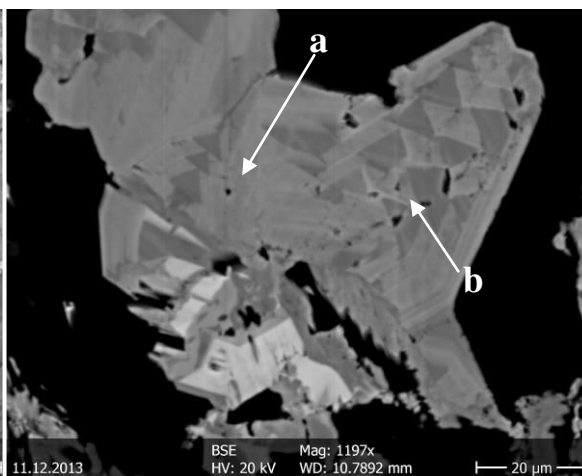
7.3. A 788-as számú minta SEM-EDS-vizsgálata

A minta a Hősök-forrásától 50 m-re ÉNy-ra lett gyűjtve, lejtőtörmelékből. Itt is sűrűn jelennek meg az albitos telérek közetdarabjai. A közet ásványtani felépítése megegyezik a 784-es számú mintánál leírtakkal. A lelőhelyről 1 db kipreparált rutilszemcse és két, a sok szemcsét tartalmazó csiszolatról származó rutilos közettöredék mérési eredményeit használtam fel.

A 25. ábrán a mintegy 1 cm-es rutil kristályhalmazról vett szemcse látszik, egy 150x50 µm-es kolumbit-(Fe)-kristályhalmazzal.

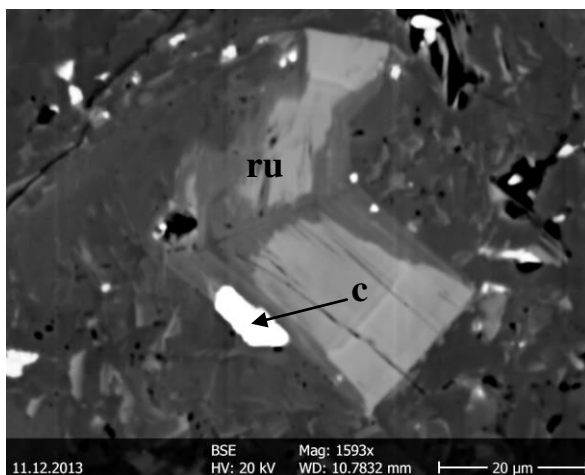


25. ábra: Kolumbittáblák rutilon, BSE-felvételen

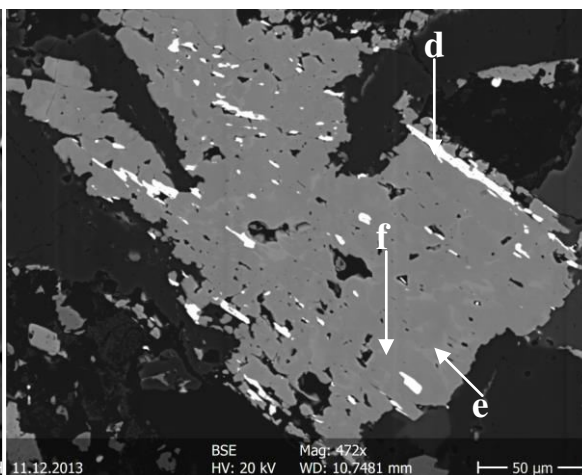


26. ábra: Nb-W-tartalmú kémiaiag zónás rutil ikerkristályok BSE-képe

A 26. ábrán olyan rutil-ikerkristályokat láthatunk, amelyek a Nb-W-tartalom szerint mutatnak kémiai zónásságot. A Nb-tartalom a világosodás felé, a magtól távolabb nő (a), ez volfrámgazdag magra enged következtetni (b).



27. ábra: Nb-tartalom szerint zónás rutil ikerkristály BSE-képe



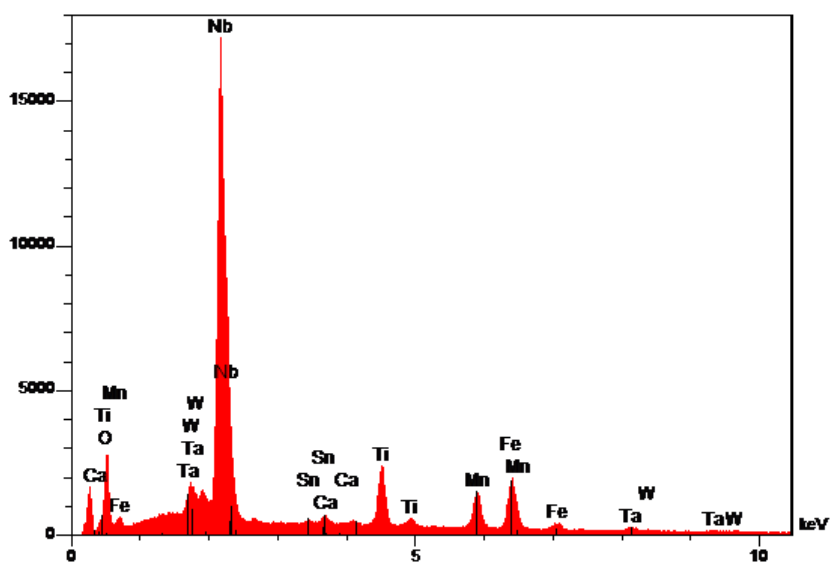
28. ábra: Kolumbitsávos rutil kristályhalmaz BSE-képe

A 27. ábrán egy Nb-zónás rutil ikerkristályt láthatunk, amelynek szegélyén egy 10 µm alatti kassziteritszemcse (*c*) is megjelenik.

A 28. ábrán egy kolumbitsávos (*d*), 150 µm nagyságú xenomorf rutilkristály látható, amely kis mennyiségben Sn-t is tartalmaz. Szabálytalan eloszlásban tartalmaz Nb-Ta-ban gazdagabb (*e*) és szegényebb (*f*) részeket.

a	W%	A%	Oxidos forma	Ox%	b	W%	A%	Oxidos forma	Ox%
O	37,23	66,66		0	O	37,21	66,66		0
Ti	49,21	29,43	TiO ₂	82,08	Ti	49,16	29,42	TiO ₂	82
Fe	2,93	1,5	FeO	3,77	Fe	2,93	1,5	FeO	3,76
Nb	4,3	1,33	Nb ₂ O ₅	6,16	Nb	4,27	1,32	Nb ₂ O ₅	6,1
Sn	1,05	0,25	SnO ₂	1,34	Sn	1,07	0,26	SnO ₂	1,36
W	5,27	0,82	WO ₃	6,65	W	5,37	0,84	WO ₃	6,77
	100	100		100		100	100		100
c	W%	A%	Oxidos forma	Ox%	d	W%	A%	Oxidos forma	Ox%
O	22,73	66,58		0	O	28,6	66,18		0
Ti	4,34	4,24	TiO ₂	7,24	Ca	0,67	0,62	CaO	0,93
Fe	0,6	0,5	FeO	0,77	Ti	6,42	4,96	TiO ₂	10,7
Nb	0,99	0,5	Nb ₂ O ₅	1,41	Mn	5,89	3,97	MnO	7,6
Sn	71,35	28,17	SnO ₂	90,58	Fe	9,13	6,06	FeO	11,75
	100	100		100	Nb	41,42	16,51	Nb ₂ O ₅	59,25
e	W%	A%	Oxidos forma	Ox%	Sn	0,97	0,3	SnO ₂	1,23
O	38,28	66,65		0	Ta	4,63	0,95	Ta ₂ O ₅	5,65
Ti	53,05	30,85	TiO ₂	88,49	W	2,27	0,46	WO ₃	2,87
Fe	1,69	0,84	FeO	2,17			100		100
Nb	3,4	1,02	Nb ₂ O ₅	4,86	f	W%	A%	Oxidos forma	Ox%
Sn	1,18	0,28	SnO ₂	1,49	O	39,64	66,62		0
Ta	1,29	0,2	Ta ₂ O ₅	1,57	Ti	57,95	32,53	TiO ₂	96,66
W	1,12	0,17	WO ₃	1,41	Fe	0,8	0,38	FeO	1,03
	100	100		100	Nb	1,61	0,47	Nb ₂ O ₅	2,31
						100	100		100

4. táblázat: A 788-as minta EDS-méréseinek az eredményei

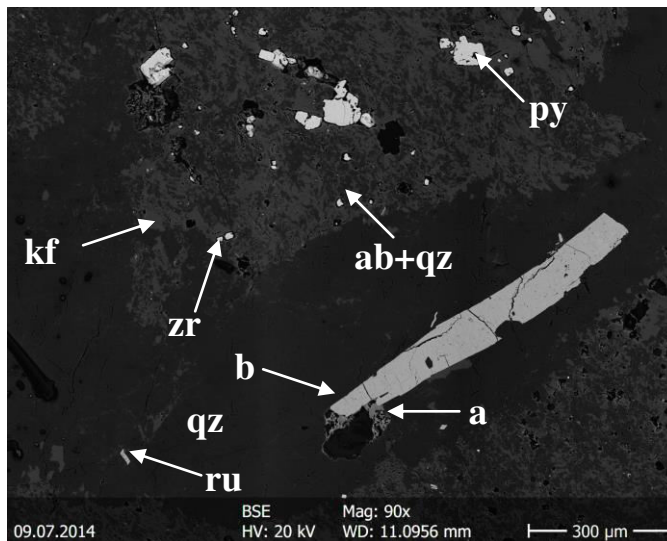


29. ábra: A (d) jelű elemzés EDS-spektruma

7.4. A 779-es számú minta SEM-EDS-vizsgálata

A mintát a Fehér-földön lévő északabbi árkolás mellől szedtem, az ilmenites telérközvet lejtőtörmelékéből. Fénymikroszkóppal egy mm alatti ilmenitkristály és apró pirithalmazok voltak láthatóak a csiszolatban.

A vizsgált kőzetdarab szövetében kvarc-albit szemcsék összefogazódását ($ab+qz$) láthatjuk, káliföldpát szemcsékkal együtt, amelyeket kvarcos erek járnak át. Az alapanyagban és az érkitöltésben is elszórva néhány μm -es idiomorf cirkon- és rutilkristályok látszanak. Gyakran láthatóak 100 μm alatti piritkockák (py) is az alapanyagban. Egy, többek között kis mennyiségben LRFF-elemeket is tartalmazó ismeretlen Al-foszfátásvány szabálytalan, 10-20 μm -es halmazai (a) jelennek meg a nagy ilmenitkristály szegélyén.



30. ábra: Jellemző alkotóásványok BSE-képe

A nagy, 600 μm -es ilmenitkristály (b) homogén felépítésű, egy kevés Mn-t tartalmaz csak a Fe-Ti mellett, homogén eloszlásban. Mérhető mennyiségű Nb-Ta-tartalom nem volt benne, akárcsak a kisebb rutilkristályokban sem.

a	W%	A%	Oxidos forma	Ox%
O	41,82	64,12		0
Al	19,23	17,48	Al ₂ O ₃	36,33
P	10,97	8,68	P ₂ O ₅	25,13
S	3,57	2,73	SO ₃	8,92
K	1,1	0,69	K ₂ O	1,33
Ca	3,28	2,01	CaO	4,59
Ti	0,85	0,44	TiO ₂	1,42
Fe	1,67	0,73	FeO	2,15
Sr	2,66	0,74	SrO	3,14
La	3,92	0,69	La ₂ O ₃	4,6
Ce	6,55	1,15	Ce ₂ O ₃	7,67
Pb	4,38	0,52	PbO	4,72
	100	100		100
b	W%	A%	Oxidos forma	Ox%
O	33,51	61,64		0
Ti	37,89	23,28	TiO ₂	63,21
Mn	2,19	1,17	MnO	2,82
Fe	26,4	13,91	FeO	33,97
	100	100		100

5. táblázat: A 779-es minta EDS-méréseinek az eredményei

7.5. A 780-as számú minta SEM-EDS-vizsgálata

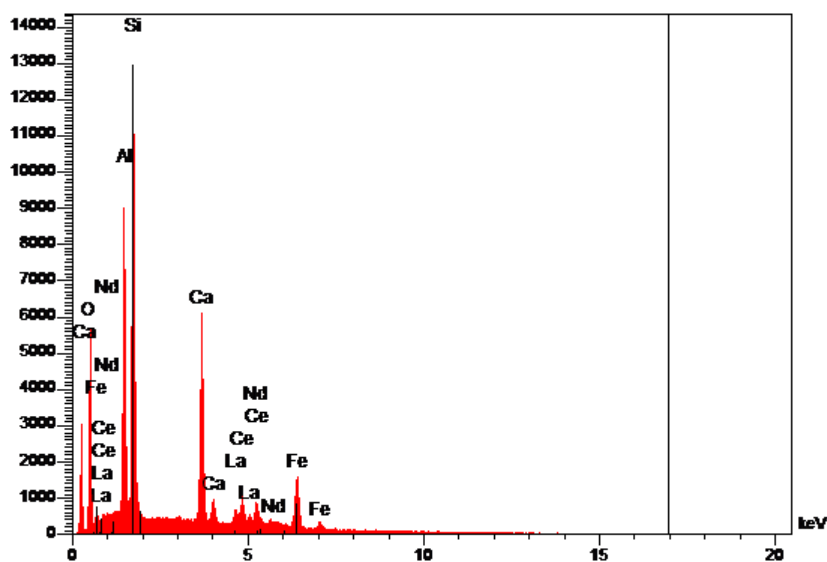
A minta a Hideg-víz-folyás alsó, Bükkszentlászló legszélső házaihoz közel eső részén, a patakon keresztül áthúzódó kvarc-földpátos, helyenként erősen piritesezett telér szálközetéből lett gyűjtve. Fénymikroszkóppal apró pirithalmazok és néhány, elszórt rutiltű látszott benne. A kőzet szövetében albit és kvarcsemmcsék összenövését figyelhetjük meg, egy kevés Ba-ot tartalmazó

szilikátásvány (a) néhány 10 μ m-es halmazai, és általában 10 μ m alatti cirkon-, xenotim-, monacithalmazok. A közetdarab szegélyén több helyen is, mintegy 50-100 μ m vastagságban jarositos bekérgezés található. A kvarcos erekhez az alapszövetben lévőkhöz képest nagyméretű járulékos ásványok kapcsolódnak. A fluorapatit 100 μ m-es kristályai nem ritkák bennük, az allanit-(Ce)-nek megállapított Ca-Al-LRFF-szilikát kristályai az 500 μ m-t is elérhetik.

- 33 -

a	W%	A%	Oxidos forma	Ox%	c	W%	A%	Oxidos forma	Ox%
O	39,43	61,21		0	O	29,88	65,99		0
Al	12,68	11,67	Al ₂ O ₃	23,96	Al	1,3	1,71	Al ₂ O ₃	2,46
Si	17,42	15,41	SiO ₂	37,27	Si	2,13	2,67	SiO ₂	4,55
Ca	10,01	6,2	CaO	14,01	P	12,88	14,7	P ₂ O ₅	29,52
Fe	7,06	3,14	FeO	9,09	Ca	1,56	1,37	CaO	2,18
La	3,71	0,66	La ₂ O ₃	4,35	Fe	1,16	0,73	FeO	1,49
Ce	6,69	1,19	Ce ₂ O ₃	7,84	La	13,67	3,48	La ₂ O ₃	16,03
Nd	2,98	0,51	Nd ₂ O ₃	3,48	Ce	27,32	6,89	Ce ₂ O ₃	32
	100	100		100	Nd	8,38	2,05	Nd ₂ O ₃	9,78
d	W%	A%	Oxidos forma	Ox%	Sm	1,72	0,4	Sm ₂ O ₃	1,99
O	41,67	62,19		0		100	100		100
Al	3,09	2,73	Al ₂ O ₃	5,83	b	W%	A%	Oxidos forma	Ox%
Si	15,81	13,44	SiO ₂	33,82	O	39,88	66,72		0
Ca	20,23	12,05	CaO	28,3	Ti	58,94	32,94	TiO ₂	98,32
Ti	19,21	9,58	TiO ₂	32,04	Nb	1,18	0,34	Nb ₂ O ₅	1,68
	100	100		100		100	100		100

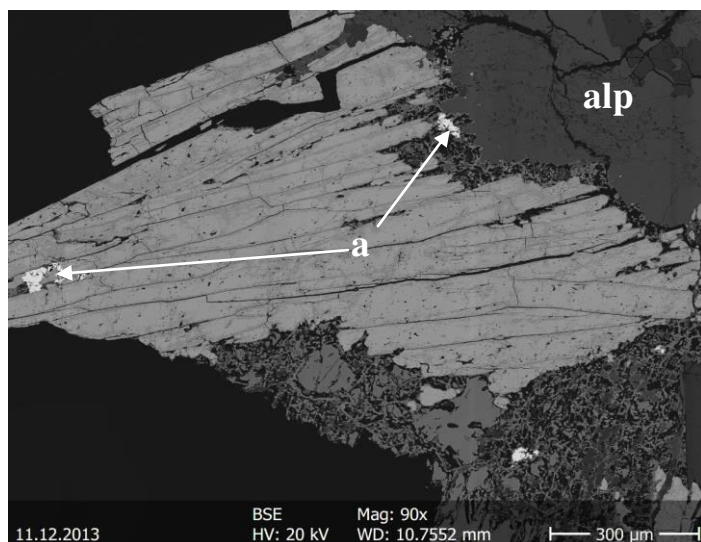
6. táblázat: A 780-as minta EDS-méréseinek az eredményei



34. ábra: Az (a) jelű elemzés EDS-spektruma

7.6. A 797-es számú minta SEM-EDS-vizsgálata

Ennek a mintának a mérése a CriticEl projekt keretében történt, a sokszemcsés csiszolaton két szemcse is erről a mintáról származik. A Nagy-hegy (tszf.: 582 m) K-i oldaláról, útbevágás által feltárt lejtőtörmelékből származó minta nagy, cm-es méretű ilmenitkristályai miatt lett bevizsgálva. A kőzet szövete, ásványi felépítése hasonlít a 779-es számú mintáéhoz. A 35. ábrán egy nagy, 1 mm-t meghaladó méretű ilmenitkristály látható, amelyet a 779-es mintánál elemzethez hasonló összetételű Al-foszfátásvány xenomorf halmazai (*alp*) szegélyeznek. Az ilmenitben és az Al-foszfátásványban néhány 10 µm-es xenotimhalmazok (*a*) vannak.



35. ábra: Nagyméretű ilmenitkristályok xenotimmal és egy Al-foszfátásvánnyal BSE-képen

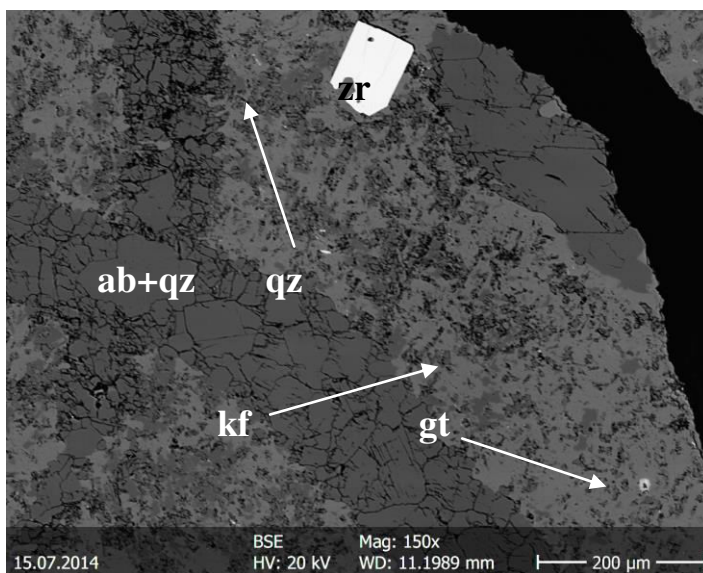
a	W%	A%	Oxidos forma	Ox%
O	34,56	67,41		0
P	18,35	18,49	P ₂ O ₅	42,05
Ca	0,18	0,14	CaO	0,25
Ti	0,34	0,22	TiO ₂	0,57
Y	30,46	10,69	Y ₂ O ₃	38,68
Gd	1,96	0,39	Gd ₂ O ₃	2,26
Dy	6,02	1,16	Dy ₂ O ₃	6,91
Er	4,7	0,88	Er ₂ O ₃	5,37
Yb	3,43	0,62	Yb ₂ O ₃	3,91
	100	100		100

7. táblázat: A xenotim EDS-méréseinek az eredménye a 797-es mintából

7.7. A 800-as számú minta SEM-EDS-vizsgálata

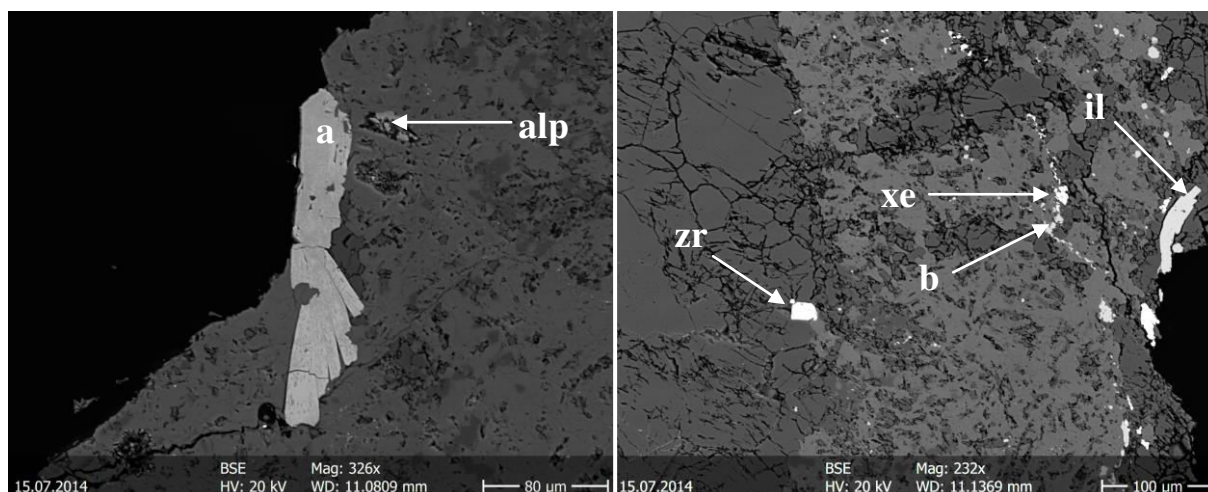
A mintát a Nagy-hegy (tszf.: 582 m) csúcsa közelében, az ottani kvarc-földpátos telér lejtőtörmelékében gyűjtöttem. A csiszolatban 1 mm alatti méretű ilmenitkristályok és cm-es nagyságú goethithalmazok voltak láthatóak fénymikroszkóppal, az egész csiszolaton látszódott a vas-oxidos elszíneződés.

A vizsgált mintának a szövetében káliföldpát- és kvarcsemcséket figyelhetünk meg, amelyeket sűrűn kvarc-albitos erek járnak át (36. ábra). A járulékos ásványok közül gyakran jelenik meg a sokszor 50 µm-t is meghaladó, idomorf-hipidomorf kristályokat alkotó cirkon, a néhányszor 10 µm-es szabálytalan halmazokat alkotó rutil és gömbszerű halmazokat alkotó goethit (*gt*), a több 100 µm-es kristályokat alkotó ilmenit. Nem ritkák a több mintában is azonosított Al-foszfátásvány és a xenotim, monacit 20 µm-nél általában kisebb méretű halmazai.



36. ábra: A kőzetdarab jellemző szövetének BSE-képe

A 37. ábrán egy nagy, 200 µm hosszúságú, kis mennyiségű Mn-t és Zn-t tartalmazó ilmenitkristály (a) látható, amelyen belül világosabb és sötétebb részek váltják egymást. A világosabb részeknek nagyobb a Mn-tartalma. Az ilmenittől jobbra a már ismertetett Al-foszfátásvány alkot egy 20 µm-es halmazt. A 38. ábrán Nb-t csak minimálisan tartalmazó rutilhalmazokat (b) és xenotimhalmazokat (xe) láthatunk hosszan elnyúlva a kvarc-kálföldpát szemcsék szegélyén, maximum 30-40 µm-es nagyságban. A fehér, 20 µm körüli hipidomorf kristály a bal szélen cirkon, a jobb szélen egy 100 µm körüli ilmenitkristály látható 10 µm körüli goethitekkel.



37. ábra: Ilmenitkristály BSE-képe

38. ábra: Rutil-, xenotimhalmazok húzódnak zsinórszerűen a BSE-képen

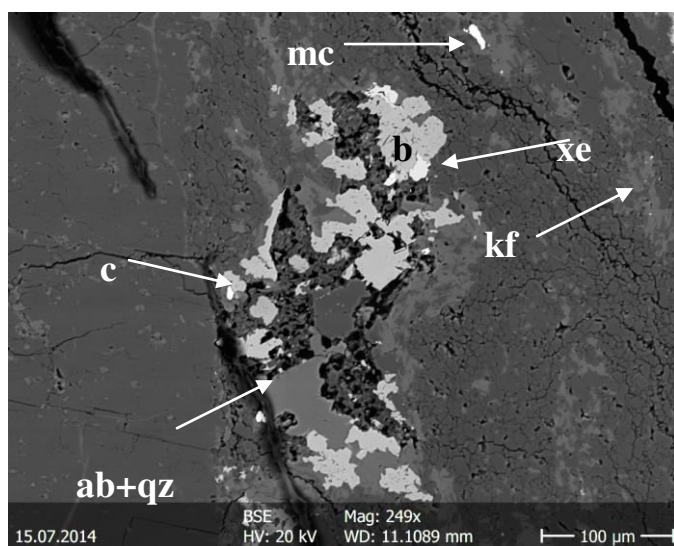
a	W%	A%	Oxidos forma	Ox%	b	W%	A%	Oxidos forma	Ox%
O	39.98	66.69		0	O	32.63	60.92		0
Ti	59.52	33.16	TiO ₂	99.27	Ti	35.01	21.83	TiO ₂	58.4
Nb	0.51	0.15	Nb ₂ O ₅	0.73	Mn	2.96	1.61	MnO	3.82
	100	100		100	Fe	28.41	15.19	FeO	36.55
					Zn	0.98	0.45	ZnO	1.22
						100	100		100

8. táblázat: A 800-as minta EDS-méréseinek az eredményei

7.8. A 950-es számú minta SEM-EDS-vizsgálata

A Jávor-hegy Ny-i lejtőjén lévő mély bevágású vízmosás a csúcs alatti telérek (998-1001-es számú minta) törmelékanyagát szállítja le a Jávor-hegy-Kerek-hegy közötti völgybe. A mintát a vízmosás és a völgy mélyén folyó kis patak találkozásánál gyűjtöttem. Fénymikroszkópban erős vas-oxidos elszíneződés és apró ilmenitlemezek voltak láthatóak a csiszolatban.

A kőzetdarab szövetében albit-, kvarc- és kálföldpátszemcsék összenövése látható.



39. ábra: Rutil- és RFF-ásványok BSE-képe

Ezek az alkotók irányítottságot mutatnak, ami metamorf hatásra utalhat. Járulékos ásványokként gyakori az ilmenit (a), néhány száz µm-es kristályok formájában és a cirkon, akár 50 µm körüli hipidomorf kristályokként. A rutil néhányszor 10 µm-es halmazai sem ritkák. A 39. ábrán egy nagy, szétszabdalt rutilfoltot (b) láthatunk, benne-körülötte 10 µm körüli RFF-ásványokkal: xenotimmal, monacittal (mc), egy ismeretlen Y-

szilikáttal (c), a 780-as mintánál is megfigyelt allanit-(Ce) társaságában. Ritkán 10-20 µm-es titanit- és jarosithalmazok (d) figyelhetők meg.

a	W%	A%	Oxidos forma	Ox%	c	W%	A%	Oxidos forma	Ox%
O	32.34	60.61		0.00	O	32.43	63.16		0.00
Ti	33.89	21.22	TiO2	56.54	Al	3.53	4.08	Al2O3	6.67
Mn	5.04	2.75	MnO	6.50	Si	16.61	18.42	SiO2	35.53
Fe	28.73	15.42	FeO	36.96	Ca	2.12	1.65	CaO	2.97
	100.00	100.00		100.00	Ti	0.79	0.51	TiO2	1.32
b	W%	A%	Oxidos forma	Ox%	Fe	2.66	1.48	FeO	3.42
O	39.97	66.69		0.00	Y	14.91	5.22	Y2O3	18.93
Ti	59.51	33.16	TiO2	99.26	Ce	1.86	0.41	Ce2O3	2.18
Nb	0.52	0.15	Nb2O5	0.74	Nd	6.25	1.35	Nd2O3	7.29
	100.00	100.00		100.00	Sm	4.70	0.97	Sm2O3	5.45
d	W%	A%	Oxidos forma	Ox%	Gd	5.67	1.12	Gd2O3	6.53
O	38.88	63.38		0.00	Dy	6.18	1.19	Dy2O3	7.10
Al	1.44	1.39	Al2O3	2.72	Er	2.29	0.43	Er2O3	2.62
P	1.96	1.65	P2O5	4.50		100.00	100.00		100.00
S	15.53	12.63	SO3	38.77					
K	5.04	3.36	K2O	6.07					
Ca	1.28	0.84	CaO	1.80					
Fe	35.88	16.76	FeO	46.15					
	100.00	100.00		100.00					

9. táblázat: A 950-es minta EDS-méréseinek az eredményei

8. A SEM-EDS-vizsgálatok eredményeinek összegzése

A 8 részletezett elemzés közül csupán háromban találtam komolyabb Nb-Ta-tartalmat (784., 788., 983.), önálló ásványi fázisban viszont csak 2 mintában volt jelen a Nb-Ta (784., 788). 5 mintában az ilmenit volt a domináns Ti-ásvány (779., 784., 797., 800., 950.), míg 3

mintában a rutil (780., 788. és 983.). Földtanilag a 784-es, a 788-as és a 983-as számú minták az albitos telérközethez kapcsolódnak, a többi az ilmenites telérközethez.

Az alapszövetben a K-Na-földpátok és egyes ásványok eloszlása alapján két típusra lehet bontani az ilmenites teléreket. A 780-as és a 950-es mintában az albit a káliföldpátnál nagyobb arányban van jelen. Csak ezekben a mintákban jelennek meg az allanit-(Ce) halmazai. A 779-es, 797-es és 800-as mintáknál a káliföldpát van nagyobb mennyiségben, és a pontosan meg nem határozott Al-foszfátásvány (wavellit?) csak ezekben a mintákban jellemző. A káliföldpát magas aránya kálimetaszomatózisra utal. Érdekes, hogy míg a „pegmatitos telérek” titánásványainak mindegyikében van kisebb-nagyobb Nb-Ta-tartalom, az ilmenites telérközetek közül 1 % fölötti Nb-tartalom csupán a 780-as minta rutiljaiban jelentkezett még.

A Nb-Ta-W-tartalmú ásványok vizsgálata során arra a következtetésre jutottam, hogy a kristálymagban koncentrálódik a volfrámtartalom, és a szegélyek felé csökken. A Nb-Ta eloszlása egymáshoz képest szeszélyes lehet, sokszor a kristályok külső zónájában dúsulnak. Egy olyan jelenséget is megfigyeltem a 784-es és a 788-as mintán, hogy az Sn-W-tartalom kizárólag a rutilhoz köthető, illetve a kolumbit-tantalit elegysor ásványaihoz.

9. A titán, nióbium és tantál elemekről és ásványaikról dióhéjban

A titán a földkéreg 9. leggyakoribb eleme, leggyakrabban oxidos formában jelenik meg a természetben, elterjedtebb oxidásványai a rutil és az ilmenit, kevésbé elterjedt az anatóz és a brookit (DILL, 2010). Fő szilikátásványa, a titanit kisebb gyakoriságú. A kutatási területemen a rutil és az ilmenit voltak a fő titánásványok, titanitot csak elektronmikroszkóppal észleltem. Fénymikroszkópos vizsgálattal anatózt azonosítottam a 790-es és a 999-es számú mintában.

A rutil (TiO_2) jellegzetes járulékos ásványa a magmás és regionálisan metamorf kőzeteknek, üledékes torlatoknak. Pegmatitokban nagyobb mennyiségben található. Nagy sűrűségű ásvány, tetragonális rendszerben kristályosodik, jellegzetesen zömök vagy nyúlt, fekete színű, gyémánt- vagy fémfényű prizmás kristályokat alkot. Színe vastartalmától függ. Jól hasad prizma szerint, törése egyenetlen. Szerkezetébe nagy arányban épülhet be Fe, Nb, Ta, és kevésbé az Sn, Cr, Mn, V. Kémiailag nagy stabilitású (SZAKÁLL, 2011).

Az ilmenit (FeTiO_3) elsősorban ultrabázisos-bázisos magmás kőzetekben és pegmatitokban alkothat jelentős előfordulásokat, de a rutilnál ismertetett képződményekben is

megjelenik. Nagy sűrűségű ásvány, trigonális rendszerben kristályosodik, általában tömeges vagy lemezes, pikkelyes, vask fekete színű, félig fémes fényű kristályokat alkot. Hasadása nincs, törése egyenetlen. Szerkezetében a vasat főleg Mn és Mg helyettesítheti. Kémiaiilag kevésbé stabilis, mállásakor titán-oxidok (pl. rutil, anatáz képződnek) (SZAKÁLL, 2011).

A monoklin titanit $[\text{CaTi}(\text{SiO}_3)]$ járulékos ásvány savanyú és intermediér, leginkább mélységi magmás kőzetekben, pegmatitokban, regionálisan metamorf kőzetekben és szkarnokban. Ék alakú, zöld, áttetsző, gyémántfényű, közepesen hasadó, kagylósan törő prizmás kristályok formájában jelenik meg elsősorban (FEHÉR, 2009).

A tetragonális anatáz (TiO_2) szintén járulékos, másodlagos ásvány a rutilnál ismert kőzetekben, dipiramisos, vörösesbarnás-kékes színű áttetsző vagy fekete opak, kitűnően hasadó, gyémánt- vagy fémes fényű kristályok formájában jelenik meg. (FEHÉR, 2009)

A nióbium és a tantál elemek nagyon hasonló kémiai és fizikai tulajdonsággal rendelkező, geokémiai szempontból inkompatibilis, litofil elemek. Az ionsugaraik azonossága folytán egymást gyakran helyettesítik vegyületeikben. Kis ionsugaruk és erős elektrosztatikus mezejük miatt ritkán épülnek csak be kőzetalkotó ásványokba helyettesítő pozícióban, viszont könnyenillókkal komplexet képezhetnek (DILL, 2010). Kiömlési, elsősorban alkáli magmás kőzetekben nagyobb arányban jelennek meg, mint mélységiekben, míg a mészkalkáli magmás kőzetek Nb- és Ta-szegények. Pegmatitokban feldúsulhatnak, ahol önálló formában nagy fajszámú oxidásványokat, illetve ritkaföldfémekkel közös ásványfázisokat alkotnak. Beépülhetnek az Sn-Ti-Zr-tartalmú ásványok kristályrácsába is (NÉMETH és szerzőtársai, 2013).

Leggyakoribb ásványai a kolumbit-tantalit elegysor tagjai, ahol a két szélső tag a kolumbit $(\text{Fe,Mn,Mg})(\text{Nb,Ta})_2\text{O}_6$ és a tantalit $(\text{Fe,Mn,Mg})(\text{Ta,Nb})_2\text{O}_6$. A Fe, Mg, Mn aránya változó lehet, a domináns kation alapján nevezik el az egyes ásványokat, pl. kolumbit-(Fe), kolumbit-(Mn), kolumbit-(Mg). Rombos kristályrendszerű, zömök prizmás vagy táblás, fekete színű, félig fémes fényű, jól hasadó kristályokat alkotnak jellemzően (NÉMETH és szerzőtársai, 2013). Kutatásomban a kolumbit-(Fe) $[(\text{Fe,Mn})(\text{Nb,Ta})_2\text{O}_6]$ és a tantalit-(Fe) $[(\text{Fe,Mn})(\text{Ta,Nb})_2\text{O}_6]$ lett azonosítva.

A sok ásványt tartalmazó piroklor-csoport tagjai kevésbé elterjedtek, a mikrolit $[(\text{Ca,Na})_2(\text{Ta,Nb})_2\text{O}_6(\text{O,OH,F})]$ és a piroklor $[(\text{Ca,Na})_2(\text{Nb,Ta})_2\text{O}_6(\text{OH,F})]$ a leggyakoribbak. Izometrikus termetű, szabályos kristályrendszerű, sárga színű, rosszul hasadó üvegfényű kristályokat alkot (NÉMETH és szerzőtársai, 2013). Gyakran épülnek be szerkezetükbe U-, Y- és RFF-elemek. Kutatásomban a fluorkalciummikrolit $[(\text{Ca,Na})_2(\text{Ta,Nb})_2\text{O}_6\text{F}]$ került elő, és

egy Nb-Y-RFF-Ti-ásvány, amely jelen ismereteink szerint nem kizárt, hogy hidroxilitriumpiroklor vagy hidroxilkenopiroklor lehet (ZAJZON és szerzőtársai, 2014).

Az eszkinit-csoport ásványai eléggé ritkák, rombos kristályrendszerű, alaktalan, nem hasadó, fekete, gyémántfényű kristályokat alkotnak. Kémiaiilag eléggé változatosak lehetnek (FEHÉR, 2009). A kutatásomban a kérdéses Nb-RFF-Ti-ásvány, - a mikroszondás elemzést figyelembe véve - nioboeszkinit-(Y) $[(Y,Ca,Ce,Nd,Th)(Nb,Ti,Ta)_2(O,OH)_6]$ is lehet. A kérdést szerkezetvizsgálattal lehet eldönteni (ZAJZON és szerzőtársai, 2014).

10. Kémia elemzések eredményeinek összegzése

A Ti-Nb-Ta geokémiai eloszlásának vizsgálatához a Bagolyhegyi Metariolitból 45 db (ebből 25 általam gyűjtött), a Szinvai és Létrási Metabazaltból 10 db CriticEl-es mintának a teljes kémiai elemzést használtam fel. Összehasonlításképp DILL (2010) és SZOLDÁN (1990) elemzéseit is felhasználtam a nióbiumra és a tantálra vonatkozóan.

A kémiai elemzések adatait felhasználva számos eltérést lehet észrevenni a formáció különböző képződményei között (10. táblázat). A legszembetűnőbb különbség a TiO_2 -tartalomban van. A kloritban gazdag metavulkanit összes közettípusáról, beleértve a kovásan elváltozott típusokat is, elmondható, hogy egy nagyságrenddel magasabb a TiO_2 -tartalmuk, mint a kloritban szegény metavulkanitnak és annak különféle elváltozásainak. Érdekes módon a szabad szemmel is látható titán-oxidokat tartalmazó elváltozott kőzetmintákban, mind a kloritban gazdag, mind a kloritban szegény metavulkanit esetében a TiO_2 -tartalomban nem látszik növekedés a szabad szemmel észlelhető titán-oxidokat nem tartalmazó minták TiO_2 -tartalmával szemben. Az erősen kloritos mintáknak van a legmagasabb TiO_2 -tartalma. Mindezek erősen arra utalnak, hogy a kőzetek kimutatott TiO_2 -tartalma kevésbé függ a különféle titán-oxid ásványoktól, sokkal inkább a vulkáni kőzetek eredeti mafikus ásványainak (amfibolok, piroxének, biotitok) szerkezetébe beépült titántól, amelyek nagyjából klorittá alakultak át a metamorfózis során. A kloritban szegény metavulkanitoknál és azoknak a kálimetaszomatózis által érintett kovás elváltozásainál nincs különösebb változás a TiO_2 -tartalomban. Az albitos telérközethez és a foszfathoz sokszor a 0,02 % kimutatási határ alatti TiO_2 -tartalom rendelhető, de akadnak nagyobb, a kloritban szegény metavulkanitra hasonlító értékek is.

A Nb-tartalma a kőzeteknek nagyjából ugyanakkora a kloritban gazdag metavulkanitban és a kloritban szegény metavulkanitban. Mint látható, a kloritban gazdag

metavulkanitnak és ennek az elváltozott képződményeinek a Nb-tartalma közel hasonlít egymáshoz, az Irén-forrástól Ny-ra és a Bagoly-hegy-csúcsán lévő durvaszemcsés kvarc-

Átlagértékek különféle kőzetekből (elem ezetető) [darabszám]:	TiO ₂ [%] (között-között)	Nióbium [ppm] (között-között)	Tantal [ppm] (között-között)
Bazaltok (Dill, 2010)	-	47	3,5
Andezitek (Dill, 2010)	-	63	11,2
Riolitok (Dill, 2010)	-	37	9,8
Alkáli kiömlési magmás kőzetek (Dill, 2010)		204	14,4
Kami metabazaltok (CriticEl) [10]	1,220 (0,556-2,120)	25,30 (6,95-48,90)	1,71 (0,65-3,09)
Szentistvánhegyi Metaandezit (Szoldán, 1990) [3]	-	8,00 (5,00-14,00)	0,97 (0,80-1,10)
Kloritban gazdag metavulkanit (CriticEl) [4]	0,400 (0,346-0,462)	12,13 (11,20-14,40)	1,05 (0,90-1,23)
Ilmenittartalmú kvarc-földpátos elváltozások (CriticEl) [8]	0,318 (0,232-0,419)	10,18 (7,16-14,50)	0,97 (0,72-1,39)
Rutiltartalmú kvarc-földpátos elváltozások (CriticEl) [4]	0,345 (0,172-0,502)	10,40 (5,23-18,40)	0,85 (0,54-1,27)
Kloritban gazdag metavulkanit egyéb elváltozásai (CriticEl) [5]	0,464 (0,179-0,608)	10,96 (9,70-12,30)	0,96 (0,85-1,10)
Irén-forrástól Ny-ra és Bagoly-hegy- csúcsán lévő durvaszemcsés kvarc- földpátos kőzet (CriticEl) [2]	0,206 (0,203-0,208)	5,23 (4,49-5,97)	0,62 (0,48-0,75)
Erősen kloritos kőzetdarabok (CriticEl) [3]	1,323 (1,120-1,710)	12,14 (9,13-14,00)	1,02 (0,82-1,13)
Kloritban szegény metavulkanit (kálimetaszomatikus kovásodásokat is beleértve) (CriticEl) [7]*	0,050 (0,044-0,056)	9,70 (8,86-10,30)	1,81 (1,63-2,12)
Foszfát (CriticEl) [9]	(<0,020-0,061)**	6,80 (2,80-13,90)	1,38 (0,40-2,63)
Durvaszemcsés albit-kvarcos kőzetek (CriticEl) [3]	(<0,020-0,041)**	2,39 (1,30-4,54)	0,77 (0,35-1,58)

* a 983-as mintába vegyesen került a világos metavulkanit és a durvaszemcsés albit-kvarcos kőzet, a kémiai elemzésben a világos metavulkanit hatása érvényesül jobban.

** több minta TiO₂-tartalma a kimutatási határérték alatt van, ezért nem lehet átlagot számolni ezekben az esetekben

10. táblázat: A Ti-Nb-Ta-tartalom eloszlása különféle kőzetekben

Nb-tartalom változása a kloritban gazdag metavulkanitban és elváltozott képződményeiben nincs jó összhangban a TiO₂-tartalom változásával (40. ábra). A kloritban szegény metavulkanitnál ellenben a Nb együtt változik a TiO₂-vel, kivéve a foszfátot, ahol rendszertelen az eloszlásuk (41. ábra).

A Ta-tartalomban már kevesebb változatosságot lehet felfedezni. Kijelenthető, hogy a legalacsonyabb Ta-tartalma a durvaszemcsés kvarc-földpátos képződményeknek van, mind a kloritban gazdag, mind a kloritban szegény metavulkanitnál. Elmondható az is, hogy az előbb felsoroltakon kívül a kloritban szegény metavulkanitnak és elváltozott kőzettípusainak nagyobb a Ta-tartalma, mint a kloritban gazdag metavulkanitnak és elváltozott

földpátos kőzettől eltekintve. A

kloritban szegény metavulkanit és a

kálimetaszomatikus kovásodásai között

nincs különbség a Nb-tartalomban, míg

a foszfátinál kevésbé, és az

albitos telérközetről jobban lecsökken a

Nb-tartalom.

Érdekes hasonlóság figyelhető meg az 1

%-nál nagyobb SO₃-tartalmú minták

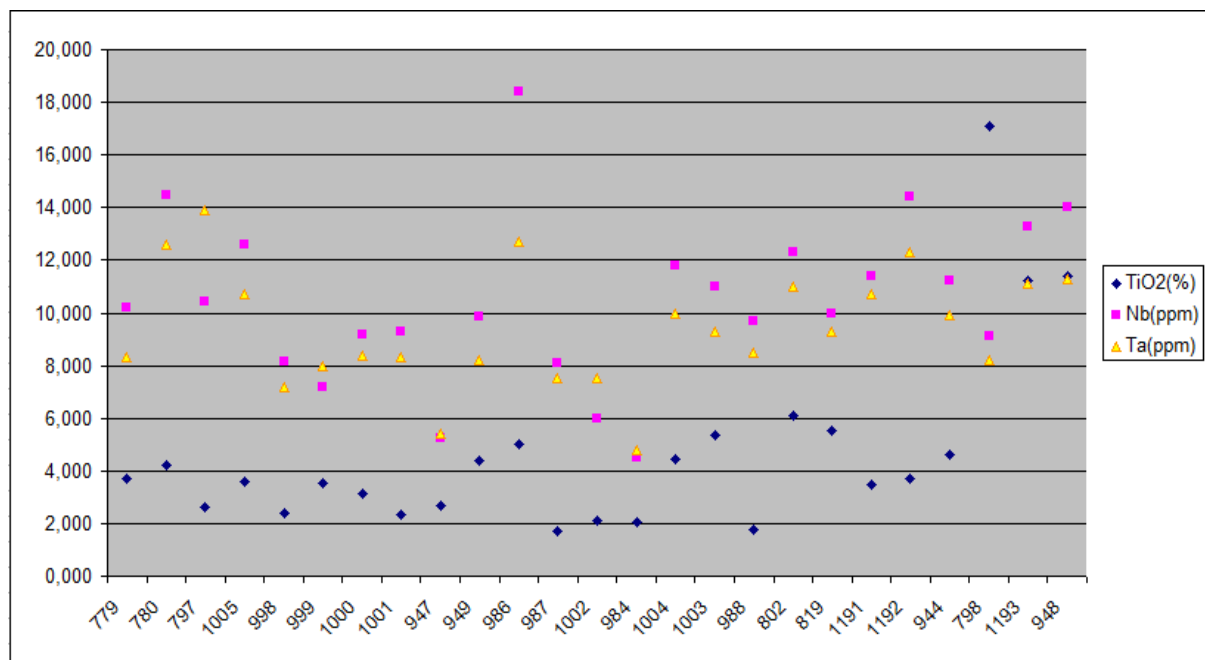
esetében (a 780-as és a 986-os számú

minta), ezekben a Nb-tartalom kiugró,

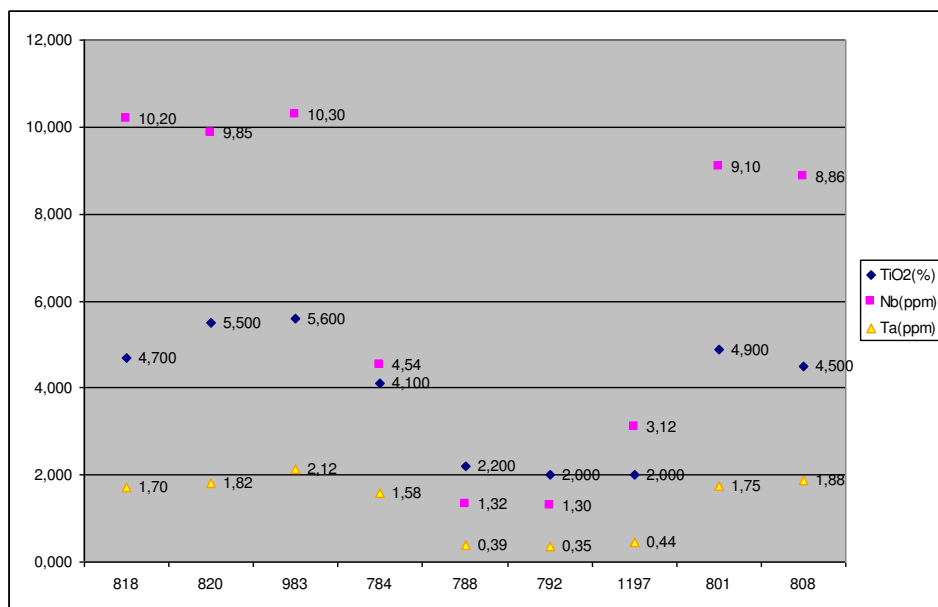
14,5 és 18,0 ppm-es

értékeket vesz fel. A

kőzettípusainak. A Ta-és a TiO_2 -tartalom közötti összefüggés a kloritban szegény és a kloritban gazdag metavulkanit esetében is megegyezik a Nb-tartalomnál leírtakkal.



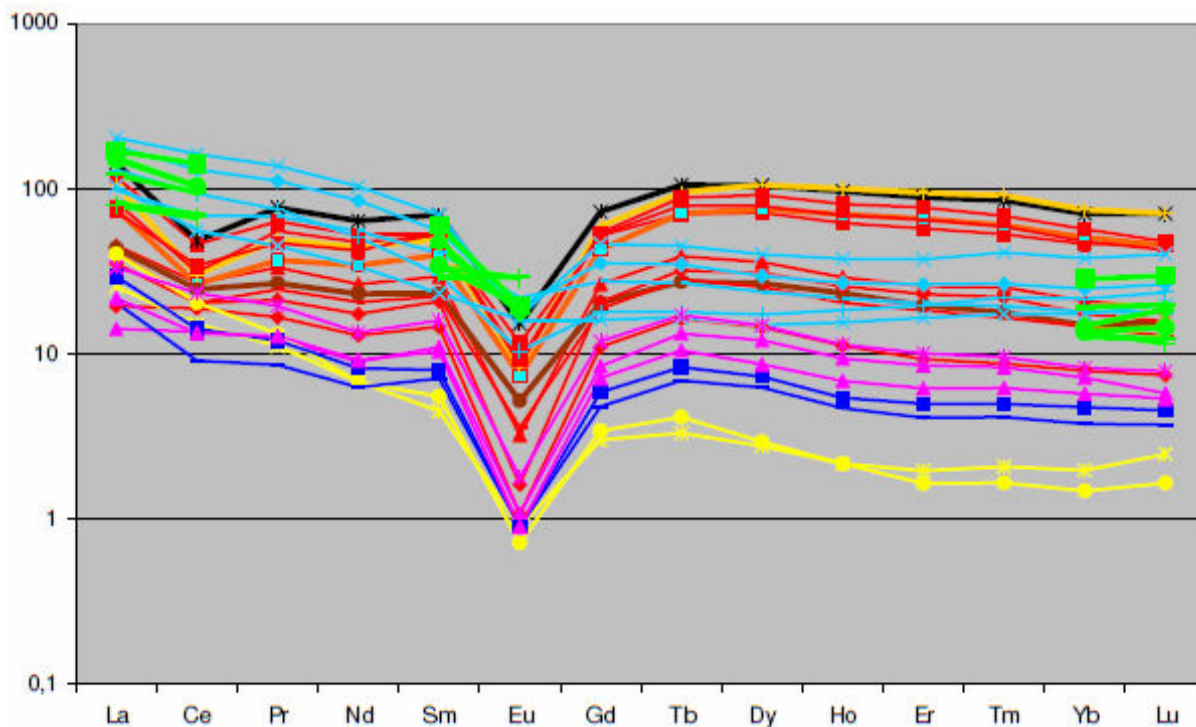
40. ábra: A kloritban gazdag metavulkanitnál a TiO_2 -Nb-Ta-tartalom kevésbé változik együtt, a TiO_2 - és Ta-értékeket tízszeresére növeltem a jobban ábrázolhatóság végett



41. ábra: A kloritban szegény metavulkanitnál a TiO_2 -Nb-Ta-tartalom együtt változik, a TiO_2 -értékeket százszorosára növeltem a jobban ábrázolhatóság végett

A kloritban gazdag és kloritban szegény metavulkanitok között segít különbséget tenni az Eu eloszlása a többi ritkaföldfémhez képest. Míg a kloritban szegény metavulkanitnál az

Eu tartalom változása a többi ritkaföldfémhez képest (42. ábra) jelentős esést mutat, egy „Eu-gödör” kirajzolva, a kloritban gazdag metavulkanitnál nem látszik ez az „Eu gödör”, sőt egyes mintákban megnő az Eu mennyisége a többi RFF-elemhez képest (ZAJZON és szerzőtársai, 2014). Ez is megerősíti a két eltérő kemizmusú vulkáni működést.



42. ábra: A RFF-elemek közül az Eu-tartalomban eltérés mutatkozik a kloritban gazdag és a kloritban szegény metavulkanitoknál, az „Eu-gödör” csak a kloritban szegény metavulkanitoknál mutatkozik (sárga: albitos telérközvet, sötétkék-rózsaszín: kálimetaszomatizált sziklák, narancssárga-piros-fekete: foszfatit, világoskék: kloritban gazdag metavulkanit, zöld: Szentistvánhegyi Metaandezit)
ZAJZON és szerzőtársai [2014] nyomán

11. Diszkusszió

Országos szinten egyedülállónak mondható a Hősök-forrása környezetében felfedezett, titán-oxidokhoz kapcsolódó nióbbium-és tantálásványosodás. Az elektronmikroszkópos vizsgálatok során leírt ásványfázisok eddig Magyarországról ismeretlenek voltak. Az elsődlegesen makroszkóposan látható titán-oxidokra koncentrááló kutatásomban három, különböző típusú titánásványokban gazdag képződménnyel találkoztam. Az első képződmény az albitos telérközethez köthető, az ezekből készült csiszolatokban a rutil és ilmenit mellett gyakran sikerült kimutatni a kolumbit-tantalit elegysor tagjait. Szintén újdonságnak számít a ritkábban előforduló fluorkalciummikrolit és egy,

pontosabban meg nem határozott ásvány, ami vagy Y-tartalmú piroklor vagy nioboeszkinit (Y) lehet. A titán-oxidok közül a rutil dominál ebben a képződményben. A rutil és ilmenit is gyakran mutatott kémiai zónásságot a ritmikusan változó W-, Nb- és Ta-tartalom alapján. A második képződmény az általam leírt, Fehér-föld és Jávor-hegy között megtalálható ilmenites telérközet, amelyben viszont nem jelentkezett érzékelhető Nb-Ta-tartalom a titán-oxidokkal együtt sem. Jellemző ásványai alapján két típusra bonthatjuk a teléreket, egy káliföldpáthban gazdagabb, Al-foszfátásványt tartalmazóra, és egy albitban gazdagabb, allanit-(Ce)-t tartalmazóra. Fő titánásványa az ilmenit, de elektronmikroszkópban egyes mintákban viszonylag sok rutilt észleltem, ami az ilmenit mállásából származhat. A harmadik előfordulással, a Diósgyőr fölötti, rutilos telérközetekkel már SZAKÁLL és szerzőtársai (2011) is foglalkoztak, de elektronmikroszkópos vizsgálataik során nem találkoztak Nb- és Ta-ásványokkal a rutilhoz köthetően. A titán-oxidok tehát nemcsak gyakoriságukban, a rutil/ilmenit megjelenésének változatosságában, hanem a Nb-Ta-tartalom eloszlásában is nagy különbségeket mutatnak.

Az első EDS-mérések eredményeivel és az egyes képződmények makroszkóposan jelentősnek tűnő titánásvány-tartalmával azt lehetett feltételezni, hogy a Ti és azzal együtt a Nb-Ta dúsulása várható bennük. A későbbi EDS-mérések a Nb-Ta szempontjából számításba vehető képződményeket a Hősök-forrása környékének albitos telérközetére (784-es, 788-as és 983-as számú minta) szűkítették. A nedveskémiai elemzések adatai azonban nem támasztották alá a dúsulásokba vetett hitet, sőt a legreménytelibb mintában (788-as számú) lett a legalacsonyabb Nb-Ta-koncentráció mérve, az egyik legkisebb Ti-tartalommal. A kémiai elemzések adatai egyértelművé teszik, hogy a Bagolyhegyi Metariolit Formáció kőzeteinek a Nb-Ta-tartalma jóval kisebb a kiömlési magmás kőzetektől elvárhatóaktól, és a Ti-tartalomban sem figyelhető meg dúsulás (10. táblázat).

A nióbium- és tantálszegénység okáért a teljes kelet-bükki triász metavulkanit sorozatot vizsgálnunk kell. SZOLDÁN (1990) megállapította kutatásában, hogy ezekből az elemekből hiány van a kelet-bükki metaandezitekben/riolitokban (Szentistvánhegyi Metaandezit), ami Nb-Ta-hiányos magmát jelenthet. Ez a hiány általános jellemzője a szubdukciós zónák mészsalkáli magmás kőzeteinek (DILL, 2010). Feltételezem, hogy a Bagolyhegyi Formáció kőzetanyaga ugyanilyen magmából táplálkozó kitörésekben jöhetett létre a későbbiekben. Az alsó-karniba is átnyúló működés termékeit ezek az alacsony értékek egyértelműen elkülönítik az ugyanekkor kialakuló, tűzköves mészkőbe települt, Szinvai (és Létrási) Metabazalt Formációba sorolt alkáli bazaltos metavulkanitoktól, ugyanis azok Nb-

Ta-tartalma, bár széles skálán mozog, a bazaltokra jellemző átlagértékeket gyakran eléri, többször meg is haladja (10. táblázat).

A kloritban gazdag metavulkanit TiO_2 -tartalma nagyjából a mafikus ásványi alkotók metamorfózisából származó klorithoz köthető, csak kismértékben (kevesebb, mint 10 %-ával a TiO_2 -tartalomnak) függ a titán-oxid ásványoktól és egy nagyságrenddel nagyobb a kloritban szegény metavulkaniténál, amelynek a TiO_2 -tartalma mafikus ásványok hiányában a titán-oxid ásványokban dúsul (ilmenit, rutil). A kloritban gazdag metavulkanit andezites és dácitos összetételű lehetett részben, a mafikus ásványok nagyobb részaránya erre utal, míg a kloritban szegény metavulkanit csak riolitos összetételű. A formáció fiatalabb, DNy-i részének kloritban szegény metavulkanitján és a többi terület idősebb kloritban gazdag metavulkanitján mért nagy különbségek a TiO_2 -tartalomban megerősítik azt a feltételezést, hogy a kezdeti, kevésbé savanyú működést a későbbiekben teljesen savanyú működés váltotta fel, több vulkáni szint települt egymásra. A TiO_2 -tartalomban nincs nagymértékű változás a metavulkanitok és a különféle elváltozott kőzettípusok között, ezért feltételezhető, hogy az utómagmás és metamorf folyamatok során kialakuló oldatok, bár mobilizálták a Ti-tartalmat, nem tudták messzire elszállítani, a kvarc-földpáttal együtt telérközetekben koncentrálták azt, ilmenit és rutil formájában.

Ezek a kvarc-földpátos telérközetek jellemzően kisfokú metamorfózis termékei. A Hősök-forrása környéki albitos telérközetnél metamorf hatásra utalhat a főbb kőzetalkotó ásványok (albit, kvarc, sörl) gyakran irányított, sávokba rendeződött szövete (7. ábra). A nagyobb telérek és lencsék, valamint a kisebb, alapkőzetet szabálytalanul behálózó kvarc-albitos erek eszerint a metamorfózis vége felé, az addigra erőteljesen deformálódott kőzet törésvonaljaiban és vékonyabb repedéseiben mozgó, nátriumban gazdag oldatokból válhattak ki az alapkőzetből mobilizálódott Ti-tartalommal együtt. FEHÉR (1999) viszont a turmalinon végzett ásványtani vizsgálata alapján a hidrotermás eredet mellett foglal állást. Az is elképzelhető, hogy a sörlt létrehozó elváltozások még a metamorfózis előtt történtek, majd a metamorfózis során kvarc-albitos teléreként nyerték el végső formájukat.

A Jávor-hegy és a Fehér-föld közötti ilmenites telérközeteket metamorf eredetűnek gondolom, a törésvonalakban mozgó oldatok a telérek kívül kovás átitatásokat és kisebb kvarc-albitos ereket hoztak létre, amelyek gyakran követik a palásság síkját, ami származhat az oldatoknak a palásodás okozta felnyílásokba való könnyebb behatolásától.

A Fényes-tető-Bagoly-hegy közötti rutilos telérközet eredete metamorfózis utáni hidrotermás folyamatokra vezethető vissza. A metamorfózis következtében kialakult kvarc-albitos elváltozási zónák később epitermás oldatoknak tulajdonított adular-szericites

kőzetátalakulást szenvedtek el, amelyhez szulfidok és rutil kiválása kapcsolódott (SZAKÁLL és szerzőtársai, 2011). A telérek nagyjából követik a palásság síkját, ez a metamorfózis utáni áthatások mellett foglal állást. Az elsődleges ásványok javarészt átalakultak, többek között másodlagos szulfátokká/foszfátokká (SZAKÁLL és szerzőtársai, 2011).

A kloritban szegény metavulkanitnál a Nb-Ta mennyisége együtt változik a TiO_2 -tartalommal (41. ábra), így valószínűsíthető, SEM-felvételekkel is bizonyíthatóan, hogy a kémiai elemzésekben mért Nb-Ta-tartalom a titán-oxid ásványokban vagy hozzájuk kapcsolódva koncentrálódott. A kloritban gazdag metavulkanitnak, a jelentősen nagyobb TiO_2 -tartalom ellenére sem növekszik jelentősen a Nb-Ta-tartalma a kloritban szegény metavulkanitéhoz képest, ezért feltételezem, hogy mivel a teljes TiO_2 -tartalomnak csak kis része kapcsolódik a titán-oxidokhoz, a Nb-Ta-tartalom java része is ezekben lehet, ezért nincsen benne növekedés. A kloritban gazdag metavulkanitnak az ilmenit-rutiltartalmú elváltozásairól készült csiszolatok pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálata során legfeljebb nagyon alacsony Nb-Ta-tartalom lett mérve a titán-oxidokhoz, viszont mennyiségre sokkal több titán-oxid ásvány jelenik meg a csiszolatokban, mint a kloritban szegény metavulkanit albitos telérközeténél, ahol jóval kisebb mennyiségben, de nagyobb méretben ismertek a magas Nb-Ta-tartalmú titán-oxidok. A kémiai elemzések szerint azonban az ilmenites telérközetnek nem csökkent le a Nb-Ta-tartalma a kloritban gazdag metavulkanithoz képest, addig a kloritban szegény metavulkanithoz képest jelentős csökkenés látszik a Nb-Ta-tartalomban az albitos telérközetnél.

Feltételezésem szerint a Nb-Ta-tartalom mind az utómagmás, mind a metamorf folyamatokban, oldatba kerülés esetén javarészt elszállítódott, kivéve egy kis részét, amely a titán-oxidokhoz kapcsolódva kivált. A kloritban gazdag metavulkanitnál a kvarc-földpátos telérközetekben koncentrálódott a mafikus ásványokból származó Ti-tartalom, amely ezekben már túlnyomórészt ilmenit vagy rutil formájában vált ki. Az ilmenites-rutilos kiválásokkal együttjáró kis mennyiségű Nb-Ta-tartalom az ilmenitnek és rutilnak a kloritban gazdag metavulkanithoz képest megnövekedett mennyiségének köszönhet, hogy nem történt komolyabb változás a két képződmény Nb-Ta-tartalmában. Mivel csak nagyon finom eloszlásban vált ki a Nb-Ta-tartalom, önálló ásványi fázisok létrehozására nem volt képes. Azoknál a durvaszemcsés telérközeteknél, ahol valamilyen kevesebb titán-oxid vált ki, a Nb-Ta-tartalom is láthatóan lecsökkent. Egyes metamorf elváltozásoknál meg úgy tűnik, hogy nem mobilizálódott a Ti-Nb-Ta-tartalom. A kloritban szegény metavulkanit elváltozásainál, az albitos telérközetben csupán az eredetileg is túlnyomórészt titán-oxidokból származó Ti-tartalom vált ki újra rutil és ilmenit formájában. A kálimetaszomatózis során úgy tűnik, hogy

nem mobilizálódott a Ti-Nb-Ta-tartalom. Mivel a titán-oxid-tartalomban nem következett be dúsulás a telérekben, a nagyobbbrészt elszállítódott Nb-Ta-tartalom nem tudott pótlódni, viszont a kevés kivált titán-oxid ásványhoz jelentős mennyiségben épült be, sokszor önálló ásványi fázisok létrehozására alkalmas mennyiségben. Ezzel magyarázható lenne, hogy az albitos telérközethozatnak miért van olyan alacsony, míg a rutilos-ilmenites telérközethozatnak miért van olyan magas Nb-Ta-tartalma ahhoz képest, hogy semmi sem látszott belőle a vizsgálatok során.

A kloritban gazdag metavulkanit kissé magasabb Nb-értékeket mutat, mint a kloritban szegény metavulkanit, ellenben a Ta-tartalomban fordított a helyzet (10. táblázat). Ez arra utal, hogy a Ta és a Nb nem mindig mozognak együtt.

A kutatásom során nem derült fény arra, hogy egyértelműen utómagmás vagy metamorf eredetűek-e a képződmények, és hogy miért az ilmenit vagy a rutil válik ki nagyobb mennyiségben a telérekben. Ezek a nyitott kérdések további vizsgálatokat igényelnek. A ritkaföldfémek további vizsgálatával is számos magmagenetikai kérdésre választ lehetne kapni. A foszfátos képződmény jobb megismeréséhez is hozzá fognak járulni az elvégzendő vizsgálatok véleményem szerint.

12. Köszönetnyilvánítás

A kutatásom során az Ásványtan-Földtani Intézet számos munkatársától kaptam segítséget. Elsőként meg szeretném köszönni a segítséget Németh Norbertnek, akire mindig számíthattam szakmai kérdésekben és szakirodalom gyűjtésében, feldolgozásában, terepen megmutatta nekem a mintavételi szempontokat és az ott végezhető méréseket. Az elektronmikroszkópos vizsgálatok java részét Zajzon Norbert végezte el nekem, aki segített kiértékelni az EDS-elemzések eredményeit és a képződmények kialakulásával kapcsolatban javaslatokkal látott el. Szakáll Sándor számos szakmai kérdésben volt segítségemre és javaslatokkal, észrevételekkel támogatta a munkámat. Továbbá szeretnék köszönetet mondani Debus Déliának, aki a csiszolatok elkészítésénél nyújtott segítséget és a polírozást is elvégezte helyettem, Szilágyi Péternek, aki a CriticEl-es adatbázisból látott el adatokkal, Turi Juditnak, aki több esetben is elektronmikroszkópos vizsgálatokat végzett nekem, Kristály Ferencnek, aki a röntgendiffrakciós vizsgálatokat végezte, Kasó Attilának, aki megtanított a Global Mapper térképszerkesztő szoftver használatára, Tóth Szabolcsnak, aki számos mintavételi pontomból mintát vett egy terepezés alkalmával és Lévai Zsolt ásványgyűjtőnek, aki néhány terepbejárásomon elkísért és új feltárásokat mutatott meg nekem.

13. Irodalomjegyzék

- ÁRKAI P. (1973): Pumpellyite-prehnite-quartz facies Alpine metamorphism in the Middle Triassic vulcanogenic-sedimentary sequence of the Bükk Mountains, Northeast Hungary. *Acta Geologica Hungarica*, 17, 67-83.
- ÁRKAI P, BALOGH Kad. és DUNKL I. (1995): Timing of low temperature metamorphism and cooling of the Paleozoic and Mesozoic formations of the Bükkium, innermost Western Carpathians, Hungary. *Geologische Rundschau*, 84/2, 334–344.
- BALOGH K. (1964): A Bükkhegység földtani képződményei. A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve, 48/2, 422-428.
- BALOGH K. (1980): A magyarországi triász korrelációja. *Általános Földtani Szemle*, 15, 5-67.
- DILL H. G. (2010): The “chessboard” classification scheme of mineral deposits: Mineralogy and geology from aluminum to zirconium. *Earth Science Reviews*, 100, 1–420.
- CSÁKI F. és CSÁKI F.-né (1973): Összefoglaló jelentés a bükkszentkereszti kutatási területen 1969-1973 között végzett kutatómunkáról. (Mecseki Érckutató Vállalat, Kővágószőlős, 1973), 1-176.
- FEHÉR B. (1998-99): Hidrotermális turmalin Bükkszentlászlóról. *Folia Historico Naturalia Musei Matraensis*, 23, 5-15.
- FEHÉR B. (2009): Ásványkalauz. (Magyar Minerofil Társaság, Miskolc, 2009) 27., 376., 517.
- HAAS J. (szerk.) (1995): Magyarország litosztratigráfiai alapegységei. Triász. (Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 1995) 278.
- KUBOVICS I, NAGY B, NAGY-BALOGH J. és PUSKÁS Z. (1989): Beryllium and some other rare element contents of acid volcanics (tuffs) and metamorphites in Hungary. *Acta Geologica Hungarica*, 21/1–2, 219–231.
- LESS Gy, KOVÁCS S, PELIKÁN P, PENTELÉNYI L. és SÁSDI L. (2005): A Bükk hegység földtana. Magyarázó a Bükk hegység földtani térképéhez (1:50000). (Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, 2005) 17-60.
- LESS Gy. (2011): Magyarország földtana. URL: www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0033_SCORM_MFFTT600231/adatok.htm, letöltés dátuma: 2014.09.10.
- NÉMETH N. (2005): Földtani térkép a részletesen vizsgált területéről. "A Bükk délkeleti részének szerkezetföldtani viszonyai" című értekezés 2. számú melléklete (1:25000)

- NÉMETH N, MOLNÁR J. és TOMPA R. (2013): Nióbium és tantál. In: LESS Gy. (szerk.): Stratégiai fontosságú ásványi nyersanyagok II. (Miskolci Egyetem, Miskolc, 2013) 89-117.
- PANTÓ G. (1951): Az eruptívumok földtani helyzete Diósgyőr és Bükkzentkereszt között. Földtani Közlöny, 81/4-6, 137-145.
- SELMECZI B.-né és ANTAL P. (1974): A bükkzentkereszt kutatási terület mintáinak anyagvizsgálati eredményei (összefoglaló dokumentáció). (Mecseki Érckutató Vállalat, Kővágószőlős, 1974) 48-49.
- SZABÓ I. és VINCZE J. (2013): A bükkzentkereszt riolit (kvarcporfir)-tufa Mn-ércesedéssel társult U-Be tartalmú foszfátásványosodása. Földtani Közlöny 143/1, 3–28.
- SZAKÁLL S. (2011): Ásvány-és Kőzettan alapjai. URL: www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0033_SCORM_MFFAT6101/adatok.html, letöltés dátuma: 2014.10.03.
- SZAKÁLL S, KRISTÁLY F, ZAJZON N, NÉMETH N. és FEHÉR B. (2011): Másodlagos foszfátok és szulfátok a diósgyőri Fényeskő-völgy kovásodott metariolitjában. A Herman Ottó Múzeum Évkönyve, 50, 35-46.
- SZENTPÉTERY Zs. (1931): A Bagolyhegy quarzporphyryja, Lillafürednél. Acta Chemica, Mineralogica et Physica, 2, 81–108.
- SZENTPÉTERY Zs. (1944-1945): Bükkhegységi Kerekhegy eruptívumai. Földtani Közlöny, 73–74, 11–21.
- SZENTPÉTERY Zs. (1952): Az Alsóbagolyhegy kvarcporfirja a Bükkhegységben. Földtani Közlöny, 82/10-12, 368–373.
- SZOLDÁN Zs. (1990): Middle Triassic magmatic sequences from different tectonic settings in the Bükk Mts. (NE Hungary). Acta Mineralogica-Petrographica, 31, 25–42.
- ZAJZON N, NÉMETH N, SZAKÁLL S, GÁL P, KRISTÁLY F, FEHÉR B. és MÓRICZ F. (2014): Ritkaföldfémek a bükkzentkereszt Mn-U-Be geokémiai anomáliában. In: SZAKÁLL S. (szerk): Ritkaföldfémek magyarországi földtani képződményekben. (Miskolci Egyetem, Miskolc, 2014) 91-108.
- Egységes Országos Térképrendszer (EOTR) M = 1: 10 000 felbontású szelvényei (87-244, 88-131, 88-132, 88-133, 88-134, 88-314, 88-311, 88-312). (Földmérési és Távérzékelési Intézet, Budapest)
- geomania.hu: Alsó-Bagoly-hegyi, Kőkapu-i kutató-árkok és a Hideg-víz-patak völgye, Miskolc-Bükkzentlászló, Bükk és Upponyi-hegység. Letöltés dátuma: 2014.10.15. URL: www.geomania.hu/lelohely.php?lelohely=274

14. Rövidítések

RFF: ritkaföldfémek

HRFF: nehéz ritkaföldfémek (Dy, Er, Eu, Lu, Tb, Tm, Yb)

LRFF: könnyű ritkaföldfémek (Ce, La, Nd, Pr, Sm)

É: észak

K: kelet

Ny: nyugat

D: dél

tszf.: tengerszint felett

albitos telérközet: durvaszemcsés szövetű kvarc-albitos kőzet, „pegmatitos telérek”

ilmenites telérközet: ilmenittartalmú kvarc-földpátos telérek, erek

rutilos telérközet: rutiltartalmú kvarc-földpátos telérek

ab: albit

al: allanit

alp: alumínium: foszfát

ap: apatit

gp: goethit pszeudomorfóza pirit után

gt: goethit

il: ilmenit

il>: magas Nb-Ta-tartalmú ilmenit

kf: káliföldpát

kl: kolumbit

mc: monacit

mn>: mangánban gazdagabb

mn<: mangánban szegényebb

py: pirit

qz: kvarc

ru: rutil

xe: xenotim

zr: cirkon

15. 1. Függelék

Feladatom a kutatás elején (2013. októberig): A CriticEl kutatási projekt keretein belül a Bagolyhegyi Metariolit Formáció részletes terepi bejárása, mintavételezése, újabb Be-anomáliák felderítésére.

Feladatom az első kolumbitos példány felfedezése után: elsősorban a titán-oxidos ásványtársulást tartalmazó kőzetek felderítése, megmintázása.

A mintavételezések helyét GPS segítségével tároltam, kb. 2 kg kőzetmintát gyűjtöttem egy pontról. A mintavételezést, ahol arra lehetőség volt, igyekeztem szálkőzetből végezni. A gyűjtött mintáknak minden esetben dokumentáltam a származási helyét és kőzettípusát.

A nagyszámú minta miatt a formáció számos elváltozott kőzettípusáról készülhetett kémiai elemzés. Az elemzések feldolgozása során két kőzetcsoporthoz jelöltem ki, amelyek kémiai összetételében jelentős különbségek vannak (ritkaföldfém-összetétel, titán-oxid tartalom).

Térképeket készítettem a Global Mapper szoftver alkalmazásával, amelyek során a formáció részletes földtani térképét ráillesztettem az EOTR szelvényeire, majd az így kapott térképen a mintavételezési pontok felvételével kijelöltem a titán-oxid ásványokban gazdag zónákat.

Egyes ásványfajok elterjedését önállóan is ábrázoltam a térképeken (turmalin, ilmenit, rutil, Cu-Pb-Zn-szulfidásványok).

A térképeken ábrázolt rutil- és ilmenitelőfordulásokban is vonulatszerű összefüggést fedeztem fel, amely jelentősen megkönnyítette az újabb előfordulások felfedezését.

A rutilos-ilmenites telérközetek elterjedését a formáción belül pontosan lehatároltam.

A terepen 10x-es nagyítású lupé használatával nagyjából megbízhatóan fel lehetett ismerni a keresett rutil-ilmenit ásványokat a kőzetben, de néhány esetben fénymikroszkópos vizsgálatra is szükség volt.

6 db titán-oxid ásványokban dús mintát előkészítettem felületi csiszolatok készítésére.

A műgyantába öntött mintákat megcsiszoltam.

A csiszolatokról készült elektronmikroszkópos mérések során megfigyelt jelenségek alapján a rutil és ilmenit Nb-Ta-tartalmának eloszlását is leírtam. Megállapítottam, hogy kizárólag a Hősök-forrása környékéről származó durvaszemcsés albit-kvarcos telérközetben lehet számítani magasabb Nb-Ta-tartalmú ásványokra. A térképen le is határoltam a képződményt.