



POMÁZI XENOLITOK ÁSVÁNYTANI VIZSGÁLATA

OTDK dolgozat

Szeleccki Balázs

G27UDU

ME-MFK, KÖRNYEZETMÉRNÖKI ALAPSZAK

III. ÉVFOLYAM

TÉMAVEZETŐK:

Dr. Szakáll Sándor

Leskóné Majoros Livia

ME-MFK, ÁSVÁNY- ÉS KÖZETTANI INTÉZETI TANSZÉK

MISKOLC, 2022. JÚNIUS 06.

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS	1
2. KUTATÁSTÖRTÉNET	2
3. FÖLDTANI ÁTTEKINTÉS	3
3.1. Dobogókői Andezit Formáció	4
3.2. Holdvilágárki Dácittufa Formáció	5
4. TEREPEJÁRÁS ÉS MINTAGYŰJTÉS	6
5. MINTÁK MAKROSZKÓPOS LEÍRÁSA	8
5.1. Salabasina-árok.....	8
5.2. Klanác-hegy	10
6. MINTAELŐKÉSZÍTÉS	12
6.1. Fedetlen polírozott vékonycsiszolat készítése polarizációs mikroszkópos és SEM-EDS vizsgálatokra	12
6.2. Porítás XRD-vizsgálatra	12
7. VIZSGÁLATI MÓDSZEREK	13
7.1. Polarizációs mikroszkóp	13
7.2. Pásztázó elektronmikroszkóp (SEM-EDS).....	13
7.3. Röntgen-pordiffrakció (XRD)	13
8. POLARIZÁCIÓS MIKROSZKÓPI ÉS SEM-EDS VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI.....	14
8.1. Salabasina-árok.....	14
8.2. Klanác-hegy	20
9. RÖNTGEN-PORDIFFRAKCIÓS (XRD) VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI....	30
9.1. Kis-Csikóvár völgye.....	30
9.2. Salabasina-árok.....	31
9.3. Klanác-hegy	32
10. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS GENETIKA	35
11. ÖSSZEFOGLALÁS	45
12. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	46
13. IRODALOMJEGYZÉK	46
14. MELLÉKLETEK.....	48

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

A TDK dolgozatom választott témája a pomázi (Pilis hegység) miocén piroklasztitokban található xenolitok ásványtani vizsgálata volt. A témaválasztás okát a lakóhelyem közelsége a vizsgált területhez, illetve a minták ásványtani érdekessége döntően meghatározta. Bár korábban néhányan már foglalkoztak a témával, a publikációk száma minimálisnak mondható. Az egyik témavezetőm, Dr. Szakáll Sándor tanár úr által javasolt téma így felkeltette az érdeklődésemet. A pomázi xenolitokat korábban elsősorban polarizációs mikroszkóppal vizsgálták, de részletesebb ásványtani vizsgálatokat nem végeztek. Ezért dolgozatom célja ezeknek a hazai viszonylatban különleges közetzárványoknak a röntgen-pordiffrakciós és pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálata volt. Céлом volt, hogy ezek segítségével a xenolitok ásványos összetételét minél pontosabban megállapítsam. A fázisok meghatározása mellett fontos célkitűzés volt, hogy a kiválási sorrendre is felvilágosítást nyerjek.

Dolgozatomban a Pomáz és Pilisszentkereszt közötti felszíni feltárásokban található xenolitok közül döntően a kalcium-szilikátokban gazdag szkarnos típusokra koncentráltam. A területen 3 mintavételezési helyszínem volt, a Klanác-hegy, a Salabasina-árok és a Kis-Csikóvár völgye feltárásaiban. Mintegy 15 mintából készítettem polírozott fedetlen vékonycsiszolatokat, melyeket polarizációs mikroszkópban, illetve energiadiszperzív spektrométerrel felszerelt pásztázó elektronmikroszkópban vizsgáltam. Így információkat nyertem a minták ásványtani, kémiai és szöveti jellemzőire. Két egzotikusabb ásványt tartalmazó minta esetében pedig kiegészítő mérésként a pozsonyi Földtani Intézetben hullámhosszdiszperzív mikroszondás elemzés, valamint az ELTE Ásványtani Tanszékén Raman-spektroszkópos mérés készült a dolgozatomba. A fenti vizsgálatokat – a fő fázisok pontosabb meghatározása céljából – röntgen-pordiffrakciós mérésekkel egészítettem ki. Az ásványtani és szöveti észlelésekből megállapításokat tettem a xenolitok ásványos összetételére, az uralkodó, járulékos és ritka komponensek ismeretében. Az ásványegyüttes alapján következtetéseket tettem a xenolitok keletkezésének körülményeire.

2. KUTATÁSTÖRTÉNET

A terület kőzetzárványaival korábban Lengyel Endre foglalkozott. A Visegrádi-hegység andezitjében fellelhető zárványokat két csoportra különítette el. Endogén zárványokra, amelyeket a magmából származó idősebb kristályosodási anyagból származtatott, illetve exogén eredetű zárványokra, melyek a mellékkőzettel történt kölcsönhatás eredményeként válhattak ki. Ezen zárványok a litoszféra minden idősebb kőzettípusából származhatnak (Lengyel, 1951). Megfigyelése szerint főként fiatalabb, bázikus andezitek tartalmaznak a régi kitörések kőzeteiből zárványokat. A hipersztén-amfibolandezitek és piroxénandezitek magukkal ragadtak a régi kitörésekből származó kőzetdarabokat, melyeknél nincs kontaktudvar vagy csekély mértékben figyelhető meg. Ez a magmás test alacsony hőmérsékletére és az ásványképzők hiányára utalhat (Lengyel, 1951).

Üledékes kőzetek kontaktmetamorf termékei, amelyek mérete a centimétertől egészen a deciméteres nagyságig változik. Megfigyelt cordierit-szirtet, cordierit-andaluzit-szirtet, sillimanitot, illetve kristályos mészkő, dolomit és meszes homok átalakulását. A dolgozat szempontjából a cordierit-szirt, illetve a kristályos mészkő és dolomit érdemel figyelmet. Előfordulásai között szerepel a pomázi Holdvilág-árok, itt megjelenésük lehet szürke, fehér, sárgászöld, melyeket fél centiméteres kontaktudvar határol. A szemcsék számára nem áll rendelkezésre elegendő hely a kikristályosodáshoz, illetve a zárványok belsejét kitölti a kalcitkristályok halmaza. Az érintkezési zónákban epidotról, labradoritos plagioklászról, diopszidról és wollastonitról tesz említést Lengyel (1951).

A cordierit-szirt eredeti kőzete agyag vagy agyagpala lehetett. Nagy mélységből származik és ásványképzőkben (könnyenillókban) gazdag magas hőmérsékletű magmával érintkezett. Így az magas Al-tartalmú kontaktmetamorf ásványokká alakult át. Cordierit, andaluzit, sillimanit, korund, illetve epidot, zoisit, spinellek, gránátok, wollastonit és vezuvián jelenlétét figyelte meg (Lengyel, 1951).

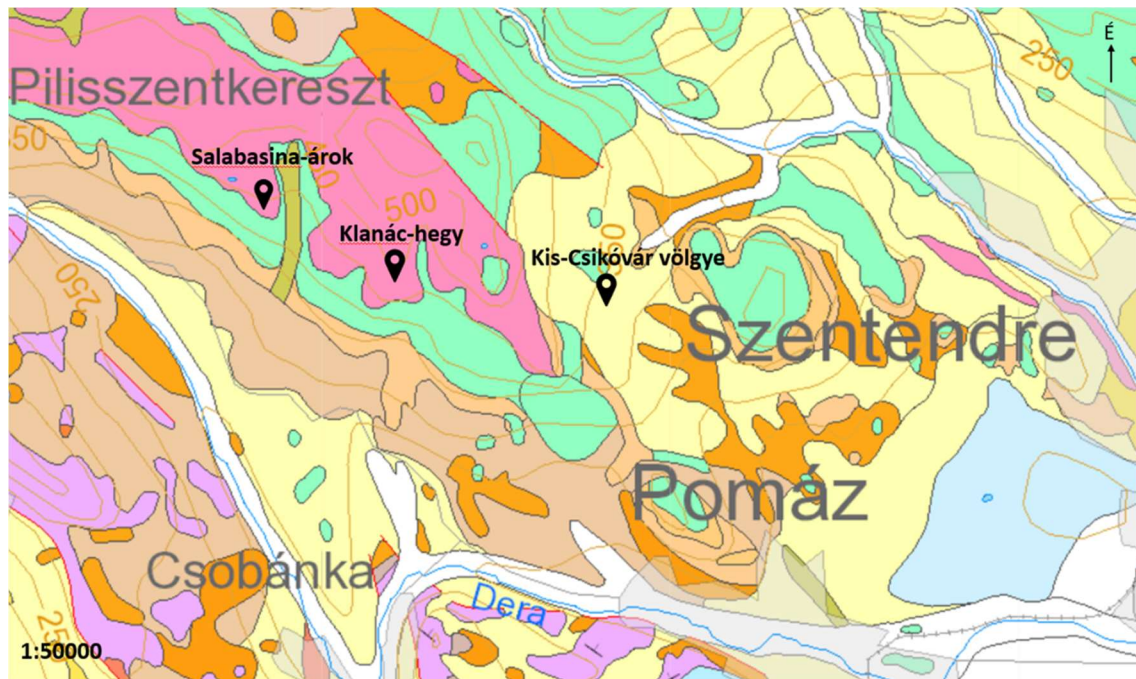
A 90-es évek végén az ELTE Kőzettan-Geokémiai Tanszékén működő vulkanológiai kutatócsoport terepi vizsgálatokat végzett a pomázi Holdvilág-árokban. Ennek során tanulmányozták a piroklasztitok kőzettani-vulkanológiai sajátosságait. Megállapították többek között az ignimbrit jelenlétét. A kutatásokból néhány publikáció született (Badics és társai, 2000; Bendő és társai, 2000). Munkájukban azonban nem tesznek említést xenolitok vizsgálatáról. Az első modern ásványtani vizsgálatok a xenolitokkal kapcsolatban a ritka gehlenites xenolitokról készültek (Fehér, 2000). A gehlenit jellemzése kapcsán Fehér kitér a

képződési viszonyokra, és megállapítja, hogy a SiO_2 -ban telített andezites magmából az alacsony Al/Si arány miatt ritkán kristályosodik gehlenit, ezzel szemben éppen ez eredményezi a gránátok gyakoriságát a Klanác-hegyi szkarnos xenolitokban. Később Fehér (2004) a Salabasina-árok hordalékából előkerült törmelékes clintonitot vizsgálta. Egyúttal ebben a tanulmányában említést tett a Klanác-hegy diopszidos xenolitjában talált clintonitról is. Végül Karátson és társai (2007) részletesen jellemzik a hegység vulkanizmusát. Ennek során megállapítják, hogy a fő eruptív centrum feltehetően a Keserűs-hegy térségében volt.

3. FÖLDTANI ÁTTEKINTÉS

A minták származási helye nem tekinthető homogénnek, illetve pontszerűnek, mivel a vizsgálati területen belül több mintázási pontra különülnek el. Ennek következtében a terület általános földtani bemutatásra kerül. A minták gyűjtési pontjait földtani térképen ábrázoltam (1. ábra). A Visegrádi-hegység domborzata nem különíthető el északi szomszédjától a Börzsöny hegységtől, amellyel közös eredetük miatt szoros földtani kapcsolat áll fenn. A hegységet tömör kőzetek jellemzik, így a lávaárak, lakkolitok keménységükből adódóan a hegység gerinceit képzik, míg az erózió a puhább kőzetekben indult meg, melyekből völgyek alakultak ki (Lengyel, 1953).

A paleocénben megindult tufaszórást követően gázszegény, savanyú, alacsony hőmérsékletű láva lakkolitos alakban érte el a felszínt. Ilyen volt például a Pomáz-pilisszentléleki riolitos külsejű gránátos és gránátmentes idősebb biotitandezitje. A magmás test a boltozatosan megemelt burkoló rétegeket enyhén megégette. Ez a savanyú idősebb andezit jellemzi a harmadidőszak első szakaszában kezdődött vulkáni tevékenységet, mely a hegység Ny-i feléről K-re kezdett átcsoportosulni. A hegység központi részében bázisosabb biotit- és biotitamfibolandezit képződött, míg Pilisszentkereszt és Pomáz területén fehér horzsaköves, gránáttartalmú andezittufát találunk, amiben szögletes, zöldesszürke agyagpala, sötétszürke és rózsaszínű mészkő és szürke vagy fehér kvarckavics zárványok jelennek meg. A középső-miocén kitöréseit egy bázikusabb piroxénos és amfibolos piroxénandezit jellemzi, melyet jelentős mennyiségű agglomerátumos tufa kísér. A Visegrádi-hegység vulkáni működését két hegységképző-fázisra és négy kitörési szakaszra tudjuk bontani az oligocéntől egészen a miocénig (Lengyel, 1953).



1. ábra: A Salabasina-árok, Klanác-hegy és Kis-Csikóvár-völgyének földtani térképe, a mintázási területek jelölésével (Gyalog, Síkhegyi 2005)

Földtani térkép jelmagyarázata:

- Proluviális-deluviális üledék
- Budafoki Formáció
- Deluviális agyag, homok
- Dobogókői Andezit Formáció
- Homokos lösz, löszös homok
- Törökbálinti Homokkő Formáció
- Holdvilágárki Dácittufa Formáció

3.1. Dobogókői Andezit Formáció

Cserhegyi Andezit tagozat tagja. Jellemzően durvatörmelékes piroklasztikumok jelennek meg benne, míg a lávapadok, vulkáni-üledékes, üledékes kőzetek nem lelhetők fel benne. Ezen piroklasztikus árok amfibol-piroxénandezitből épülnek fel, mátrixa salakos andezithomok. Öt változata figyelhető meg salakos, hólyagos-üreges, breccsás, kristályos, üveges. Oszlopos, izometrikus szubvulkáni kőzettestek vastagsága 100-3000 méter között

váltakozik a Visegrádi-hegység északi és középső részein. A mátrix és törmelék vélhető aránya 3:1-1:1 között mozog. Megfigyelhető az aktív kontaktusok övében 1-2 méteres sávban karbonátosodás és kristályossági fokokban történt változás. Előfordulnak néhány centimétertől egészen deciméteres méretű endomagmás eredetű zárványok. Szubvulkáni központokként a visegrád-nagymarosi, dömör-kapui és pomázi előfordulások ismeretesek (Gyalog, 2005).

3.2. Holdvilágárki Dácittufa Formáció

A Csódihegyi Dácit és Apátkútivölgyi Andezit tagozat tagja. Több vulkáni egységből épül fel, kezdetben andezites, aztán dácitos piroklasztikum. Jelentős mértékben tufás kőzet, csekély mennyiségű sekélytengeri üledékkel. Kialakulásuk négy vulkáni fázishoz kapcsolódik. Első lépésben hullott andezittufa keletkezett lapillikkal és járulékosan litikus elegyrészekkel. Második lépcsőben freatomagmás összetételű, melynek felsőbb rétegeibe keresztrétegzett völgykitöltő üledék vágódott be, amely idegen mészkő és andezit anyag volt, amire tömeges rétegezetlen horzsakövek és gránátos biotitdácit litoklasztokat tartalmazó réteg épült. Harmadik lépésben egy vékony rétegződésű jól osztályozott amfibolandezit-tufa, amire blokk- és hamuár-üledék, utoljára áthalmozott piroklasztitok települtek. Negyedik lépésben horzsakövek és andezit lapillik üledéke kristályos üvegtufa mátrixszal. Erre piroxénandezit összetételű horzsakő- hamuár üledék, a végén pedig áthalmozott piroklaszt-árüledékek kerültek (Gyalog, 2005).

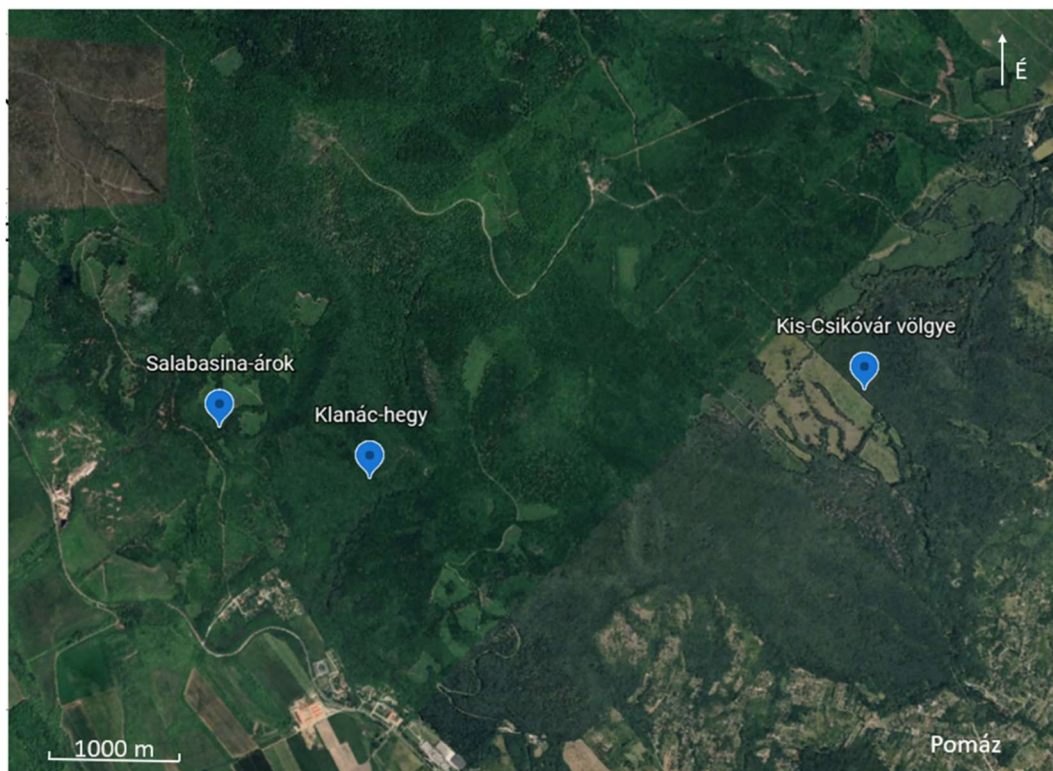
A terepi megfigyeléseink szerint a szkarnos xenolitok osztályozatlan piroklasztitokban találhatók, melyek feltehetően a Karátson és társai (2007) által említett Keserűs-hegy térségi fő eruptív centrum kalderájából származhatnak. A kis távolságú szállítást látszik alátámasztani a xenolitok mérete, mely számos esetben akár 40-60 cm-t is elérte.

4. TEREPEJÁRÁS ÉS MINTAGYŰJTÉS

Pomáz környékén a következő három lelőhelyet jártam végig mintákat gyűjtve: a Salabasina-árkot, a Klanác-hegyet és a Kis-Csikóvárat (2. ábra).

A Salabasina-árokban a mintagyűjtést egy, az árok környezetében elhelyezkedő erdészeti út mentén található útbevéágásokból, valamint egy időszakos vízmosás felszíni feltárásaiból végeztem (3. ábra). Azonban magában a Salabasina-árokban is előfordulnak ilyen típusú kőzetek, így onnan származó múzeumi példányokat is megvizsgáltam a teljességre törekedve.

Klanác-hegyről származó minták múzeumi leletanyagból és ásványgyűjtők gyűjtéséből származnak. Leírásaik alapján a minták előkerülési helye szinte azonos a Salabasina-árokban származó mintákkal, mert a hegy nyugati oldala egybefügg a Salabasina-árokkal így a határunk pontosan nem azonosítható be.



2. ábra: A gyűjtési terület műholdfelvétele, a mintázási pontok jelölésével (Google Earth 2021)

A Kis-Csikóvár környékén gyűjtött minták egy időszakos vízfolyás völgyéből származnak (3. ábra). Az itteni minták torlatok bevágásaiból és lemosódásokból kerültek elő. A patak völgye gazdag volt fosszilis leletekben, például Ostrea és egyéb kagylók vázaival.

Klanác-hegy közvetlenül a Salabasina-árok mellett található, a Holdvirág-árok közelében emelkedik. A Salabasina-árok felőli oldalán, főleg az erdészeti út bevágásaiban lehet gyűjteni agyagásványosodott piroklasztitokból a xenolitokat. Itt mintagyűjtés nem történt, azonban múzeumi példányokat vizsgáltam erről a lelőhelyről.



A) Salabasina-árok menti feltárás



B) Kis-Csikóvár völgyében lévő feltárás



C) Kis-Csikóvár völgyében lévő feltárás

3. ábra: A terepbejárások során készített felvételek. A – Salabasina-árok, B – Kis-Csikóvár völgye, C – Kis-Csikóvár völgye

5. MINTÁK MAKROSZKÓPOS LEÍRÁSA

A terepbejárások során gyűjtött xenolit-mintáim mellett megvizsgáltam a miskolci Herman Ottó Múzeum Ásványtárának, illetve Gyombola Gábor budapesti magángyűjtő anyagának a vizsgált területről származó példányait is. Ilyen módon több mint 100 példányt szemrevételeztem szabad szemmel és sztereómikroszkóppal. Végül mintegy tizenöt minta került további feldolgozásra, amelyek közül a legtöbb információt tartalmazók kerülnek a dolgozatban ismertetésre. A minták makroszkópos leírásait lelőhelyük szerinti rendszerezésben ismertetem.

5.1. Salabasina-árok

Po6 számú minta: A minta sötétszürke, fehér bekéregzéssel. Szöveti irányítottság is megfigyelhető. Idiomorf fekete kristályok vannak a mintában (4. ábra).

Po7 A mintában mélyzöld, hosszúkas, pálcika alakú kristályok, valamint kalciterek láthatók. Barna és fekete idiomorf kristályok is észlelhetők rajta (5. ábra).

Po8 A minta mátrixa nagyon finom szemcsés, amelyben nagyobb, idiomorf zöld és sárgás kristályok vannak gránátok(?) (6. ábra).

Po9 A mintában kalciterek futnak végig. A finom szemcsés mátrixban idiomorf, barna-zöld kristályok helyezkednek el (7. ábra).

Po13 A mintában a finom szemcsés zöld mátrix az uralkodó, amiben egy nagyobb egybefüggő kalcitér van. A mátrixban barna, idiomorf és hipidiomorf gránát(?) kristályok vannak. Ezek mellett még nyúlt vagy tűs, idiomorf halmazok is megfigyelhetők (8. ábra).

Salabasina-árok



4. ábra: A Po6-os minta kézipéldánya



5. ábra: Po7-es minta



6. ábra: Po8-as minta



7. ábra: Po9-es minta



8. ábra: Po13-mas minta

5.2 Klanác-hegy

Po12 A mintát finom szemcsés mátrix alkotja, amelyben kis, fekete spinellek helyezkednek el. Helyenként apró zöld, hexagonális idiomorf ásványok is láthatók. A mintán kalciterek is megfigyelhetők. A mátrix mellett hosszúkás vezuvián(?) kristályok is láthatók (9. ábra).

Po14 A mintában kalcit álalakok figyelhető meg. Fekete spinellek és fémes fényű szürke színű ásvány is látható (10. ábra).

Po17 A mintában tűs-sugaras ásványok, minden bizonnyal vezuviánok vannak. Nagy hipidiomorf kristályok uralják a mátrixot (11. ábra).

Po18 A mintában nagy, barna idiomorf gránátok(?) vagy vezuviánok (?) láthatóak. Fehér kalcitok színezik a mintát és hosszúkás zöld diopszid szemcsék is megfigyelhetők (12. ábra).

Klanác-hegyi minták



9. ábra: Po12-es minta



10. ábra: Po14-es minta



11. ábra: Po17-es minta



12. ábra: Po18-as minta

Az 1. táblázat összesíti, hogy melyik minta honnan származik, valamint, hogy milyen vizsgálat készült rajta.

1. táblázat: A vizsgált minták összesítése az elvégzett vizsgálatokkal jelölve

Minta szám	Lelőhely	SEM-EDS	XRD	Polarizációs mikroszkóp
Po2	Kis-Csikóvár völgye		X	X
Po5*	Klanác-hegy			X
Po6	Salabasina-árok		X	X
Po7	Salabasina-árok		X	X
Po8	Salabasina-árok	X		X
Po9	Salabasina-árok	X	X	X
Po12	Klanác-hegy	X	X	X
Po13	Salabasina-árok	X		X
Po14	Klanác-hegy	X	X	X
Po16*	Klanác-hegy			X
Po17	Klanác-hegy	X	X	X
Po18	Klanác-hegy	X	X	X

*A minták vagy a mérési eredményeik nem lettek részletesen ismertetve a dolgozatban.

6. MINTAELŐKÉSZÍTÉS

6.1. Fedetlen polírozott vékonycsiszolatok készítése polarizációs mikroszkópos és SEM-EDS vizsgálatokra

A múzeumi, illetve a terepi gyűjtésből származó mintákból összesen 14 darab vékonycsiszolatot készítettem a Miskolci Egyetem Ásvány- és Kőzettani Intézeti Tanszék laboratóriumában Bulátkó-Debus Délia Henrietta irányítása mellett polarizációs mikroszkópos és pásztázó elektronmikroszkópos (SEM-EDS) vizsgálatokra.

A vékonycsiszolatok elkészítéséhez először a levágott kőzetmintákat Araldite 2020 kétkomponensű műgyanta használatával beágyaztam. A három napos száradási idő után a megkötött mintákat 200-as, 400-as és 800-as csiszolópor, valamint 1000-es és 2000-es Si-karbid csiszolópapíron megcsiszoltam. Minden egyes váltásnál a mintákat kiultrahangoztam és desztillált vízben lemostam.

A folyamat végén elkészített felületet ezután felragasztottam egy vékony üveglapra (tárgylemezre). A ragasztó megszáradása után a minták levágásra kerültek, majd újabb csiszolással (200-as, 400-as és 800-as csiszolópor, valamint 1000-es és 2000-es csiszolópapír felhasználásával) a preparátumokat $\sim 30\text{ }\mu\text{m}$ -re vékonyítottam. Minden váltásnál a mintákat kiultrahangoztam és desztillált vízben megmostam.

Csiszolás után a mintákat RotoPol-35 gépen políroztam. A folyamatot $6\text{ }\mu\text{m}$ -es, $3\text{ }\mu\text{m}$ -es, $1\text{ }\mu\text{m}$ -es, valamint $\frac{1}{4}\text{ }\mu\text{m}$ -es gyémánt szemcséket tartalmazó polírozó anyagokkal végeztem el. A polírozókendőt vízbázisú kenőanyaggal nedvesítettem, továbbá az egyes polírozó anyagok váltásánál a mintákat kiultrahangoztam, és desztillált vízzel lemostam.

6.2. Porítás XRD-vizsgálatra

A röntgen-pordiffrakciós vizsgálat elvégzéséhez a kijelölt mintákat elő kellett készíteni porítás segítségével. A dolgozatomban a 3 lelőhelyről származó kőzetmintákat készítettem elő a vizsgálatra mintaszámuk szerint: Po2-es, Po6-os, Po7-es, Po9-es Po12-es, Po14-es, Po17-es, Po18-as.

A szárítószekrényben 60°C -on kiszárított minták acélbetétes mozsárban feladásra kerültek, ahol 1 mm alatti szemcseméretre törtem. Ezt követően a mintákat porcelán mozsárba helyeztem, ahol tovább porítottam. A megfelelő minőség elérését követően az

anyagot feladtam achátmozsárba. A mintákat achátmozsárban 4-5 μm alá porítottam. Az elkészített minták megfelelő minőségűek voltak az XRD vizsgálathoz.

7. VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

7.1. Polarizációs mikroszkóp

A vékonycsiszolatok vizsgálata a Miskolci Egyetem Ásvány- és Kőzettani Intézeti Tanszéken Zeiss AxioCam MRc5 nevű kamerával ellátott Zeiss Imager.A2m AXIO polarizációs mikroszkóppal történt, Leskóné Majoros Livia doktorandusz segédletével. Egy részüket emellett átnéztük az ELTE Kőzetan-Geokémiai Tanszéken is, ehhez Dr. Józsa Sándor nyújtott segítséget.

7.2. Pásztázó elektronmikroszkóp (SEM-EDS)

Az energiadiszperzív spektrométerrel felszerelt pásztázó elektronmikroszkópos (SEM-EDS) vizsgálatok az Ásvány- és Kőzettani Intézeti Tanszéken, JEOL JXA-8600 Superprobe elektronmikroszkóppal, 20kV gyorsító feszültséggel, 20 nA mintaárammal és 60 s-os spektrumok mérésével történtek, Dr. Szakáll Sándor tanár úr segítségével. Ennek során nemcsak a közhatszövetre nyertünk információkat, de az egyes fázisok kémiai összetételét is vizsgáltuk. A dolgotatot visszaszórt elektronképekkel és EDS-elemzési táblázatokkal tettük gazdagabbá.

7.3. Röntgen-pordiffrakció (XRD)

Ezek a vizsgálatok az Ásvány- és Kőzettani Intézeti Tanszéken Bruker D8 Advance (CuK α sugárzás, 40 kV, 40 mA) műszerrel történtek, Bragg-Brentano geometriával, Vantec-1 helyzetű érzékelő detektorral (1° ablaknyílással). A kiértékelést Diffraction Plus EVA szoftverében, Search/Match algoritmussal, az ICDD PDF2 2005 adatbázisa alapján végeztem. A vizsgálatok elvégzésében és a kiértékelésben Dr. Kristály Ferenc tudományos főmunkatárs és Leskóné Majoros Livia segített. Az elkészült diffraktogramok fontos információkat adtak az ásványos összetételre vonatkozóan.

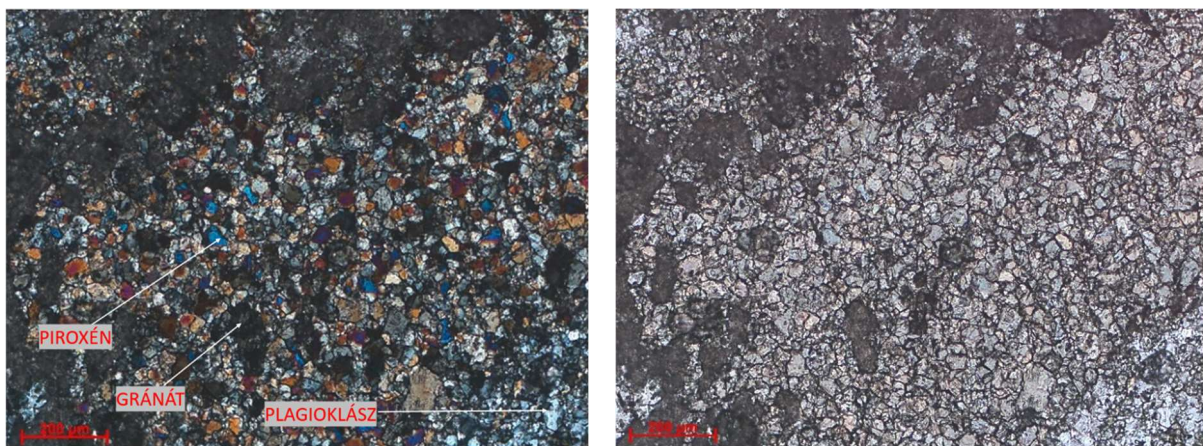
8. POLARIZÁCIÓS MIKROSKÓPI ÉS SEM-EDS VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI

8.1. Salabasina-árok

A következőkben mintánként mutatom be a Salabasina-árokban gyűjtött minták vizsgálati eredményeit és felvételeit.

8.1.1. Po6 számú minta

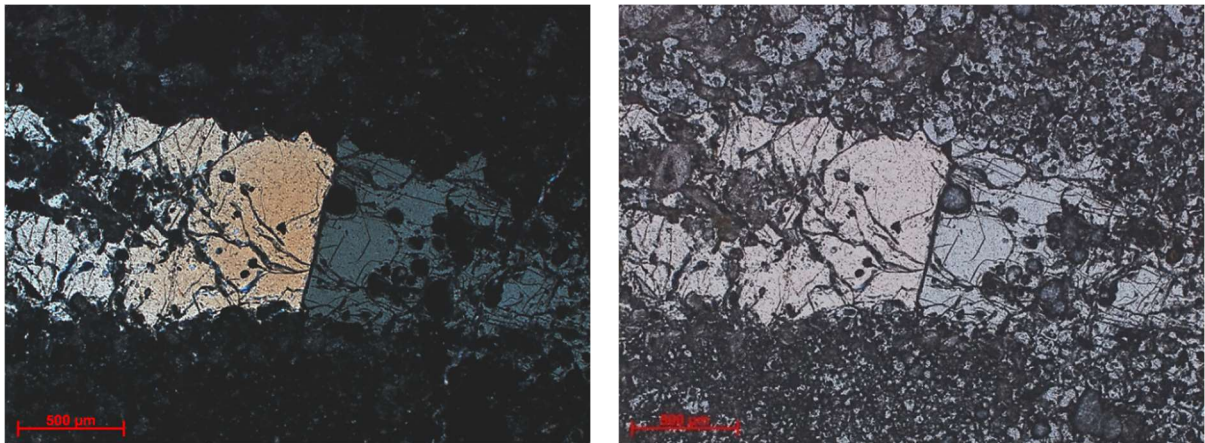
Optikai mikroszkópos vizsgálat alapján a mintában döntően színes piroxének találhatók, amelyek klinopiroxének lehetnek, optikai sajátságaik alapján a hedenbergithez közelítenek az interferenciaszín alapján (13. ábra). A vezuvián is megjelenik szürke interferenciaszínnel. Megjelennek továbbá plagioklászok is a piroxének között, amelyek ikresedést is mutatnak. Megjelennek az aprószemű 50 μm -es gránátok is. A mintában fellelhetők 20 μm -es sárgászöld diopszidok, amelyek csekély átmenetet mutatnak a hedenbergit felé. A diopszid-plagioklász szövet sávosan elkülönül.



13. ábra: Piroxének, plagioklászok és gránátok áteső fényben (balra +N, jobbra 1N)

8.1.2 Po7-es minta

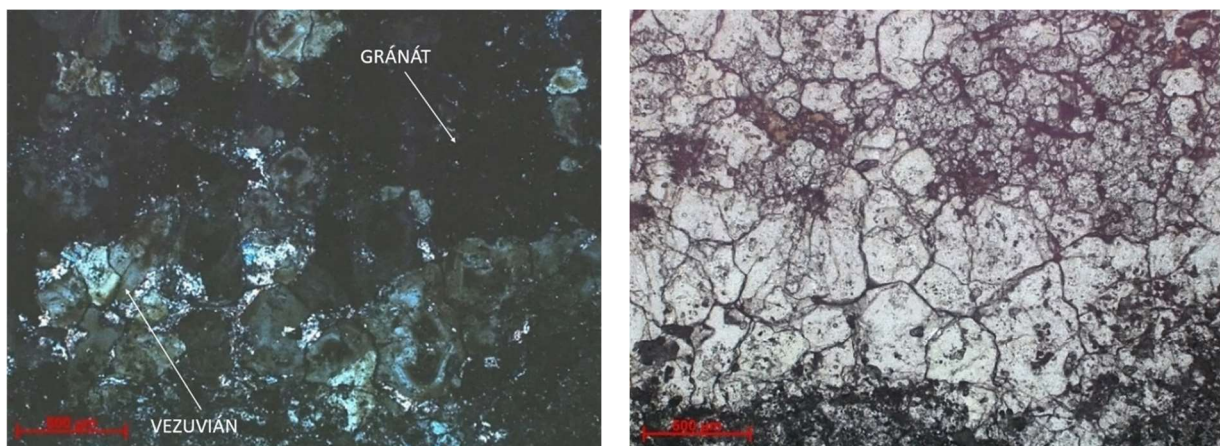
Optikai mikroszkópos vizsgálat során a mintában az átalakok dominálnak: például a piroxének esetében, amelyek kalcitá alakultak át. A mintában tömeges piroxén-zóna is található (14. ábra). A mintát a kalcit uralja, de közöttük fellelhetők gránátok is.



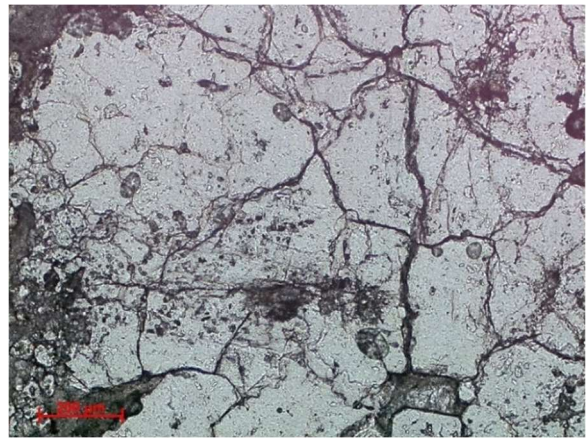
14. ábra: Izotróp, hipidiomorf, izometrikus bontódott piroxén látható a képen. A mintában sok a kalcittá alakult piroxén-álalak (balra +N, jobbra 1N)

8.1.3 Po8-as minta

Optikai mikroszkópos vizsgálat során a mintában a vezuvián és a gránát közösen is megtalálható (15. és 16. ábrák). A vezuvián barna, nagy 200 µm-es szemcsék és egy helyen tűs-sugaras alakban is megtalálható. A mintában feltehetően plagioklászok utáni átalakok is vannak, amelyeket kalcit tölt ki. A diopszidban lévő repedésekben vezuvián van. A minta egyik sarkában gránátok, kvarc, piroxén, amely második generációs, továbbá szintelen plagioklászokon belül diopszid-pálcikák találhatóak. A mintán belül selymes barna szemcsék is vannak, melyek valószínűleg szennyezett vezuvián szemcsék.

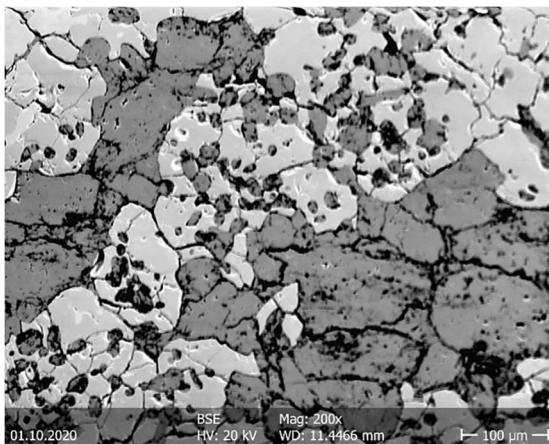


15. ábra: Gránát és hipidiomorf, zónás, szürkésbarna vezuvián szemcsék (balra +N, jobbra 1N)

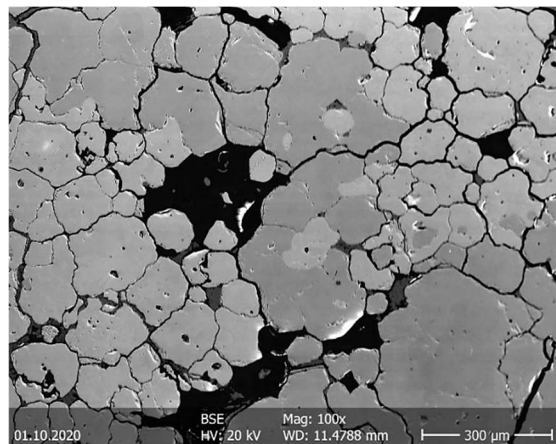


16. ábra: Zónás gránatkristályok (balra +N, jobbra 1N)

A visszaszórt elektronképeken a mintát részlegesen bontódott grosszulár-kristályok dominálják, amelyeket kalcit kezdett kitölteni (17. ábra). A grosszulár-kristályok mellett vezuvián is megtalálható (19. ábra), amely feltehetően a grosszulár után képződött, a szöveti adottságokból következtetve (18. ábra). A mintáról készültek gránát és vezuvián elemzések a 2. és 3. táblázatban láthatóak.



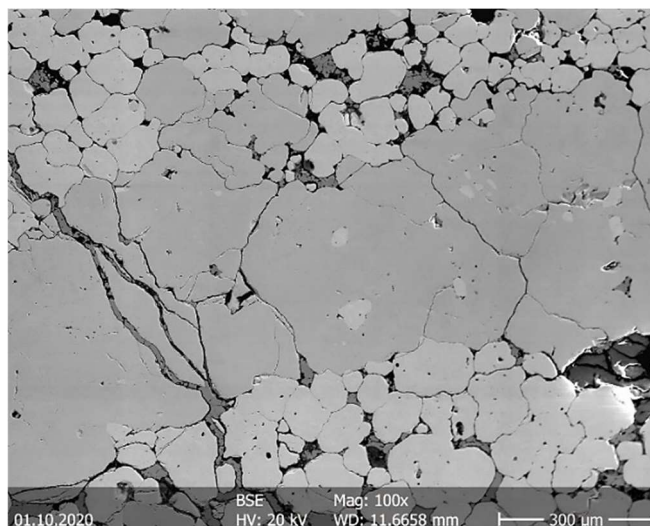
17. ábra: Grosszulár-kristályok szoros összenövése és felemésztődése. Jól látható az így képződött lyukak tömege, amit kalcit tölt ki. Visszaszórt elektronkép.



18. ábra: A képen világosszürke grosszulárt még világosabb vezuvián kíséri szoros együttesben. A szövet alapján grosszulár → vezuvián kiválási sorrend valószínűsíthető, mert a gránátok felszíne legtöbbször visszaoldódott reliefet mutat. Visszaszórt elektronkép

2. táblázat: Gránát összetétele, Po8-as minta (nem standardizált EDS mérés, tömeg%)

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	MnO	FeO
0,05	0,48	13,49	39,77	0,05	34,47	0,04	11,65



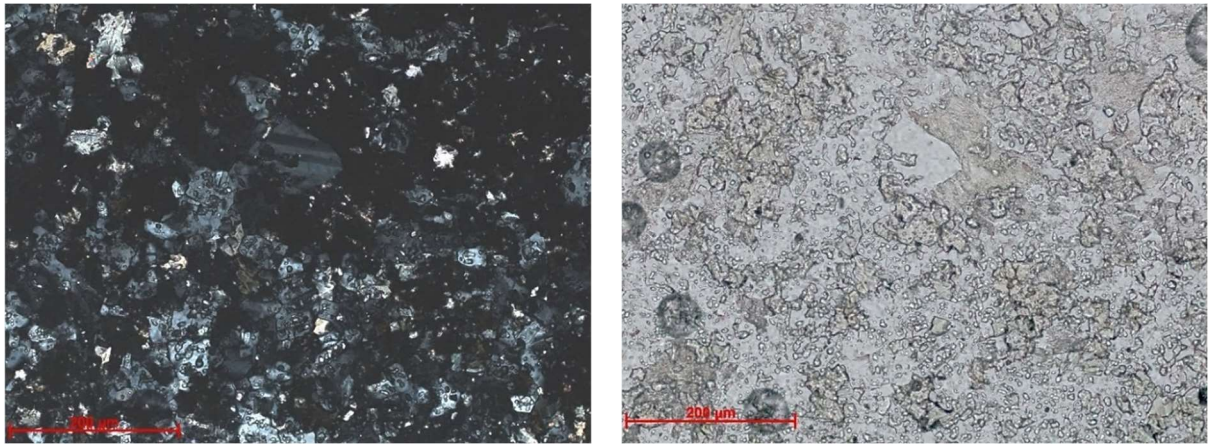
19. ábra: Sávos kiválású grosszulár-vesuvián együttes. Sem a gránát (középszürke), sem a vezuvián (világosszürke) nem mutat kémia zónásságot. Kései kiválásként az üregekben és repedésekben kalcit látható (a képen sötétszürke színű)

3. táblázat: Vezuvián kémiai összetétele (nem standardizált EDS mérés, tömeg%). Po8-as minta

MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	MnO	FeO
3,66	17,69	38,62	0,03	35,23	0,04	4,74

8.1.4. Po9-es minta

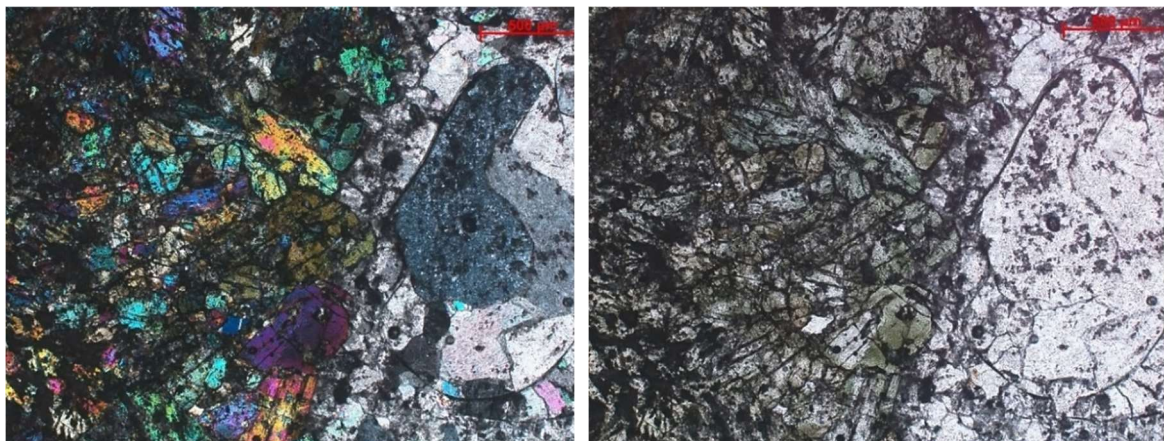
Optikai mikroszkópos vizsgálat során a mátrixban szöveti irányítottság figyelhető meg. A minta teljes anyaga nagyon finomszemcsés. Ikresedett plagioklászok észlelhetők benne. A mintán keresztül fut egy kalcitér. A mintán belül bontódott gránátok is megfigyelhetők. A 20. ábrán láthatóak a gránát, piroxén és anortit kristályok



20. ábra: Hipidiomorf-idiomorf anortit-kristályok (1N-al fehérek, +N-al szürkék) esetenként jól látható ikerképződéssel. Az anortit szorosan össze van nőve piroxénnal (+N-al színesek) és gránátokkal (+N-al fekete vagy sötétszürke). +N (bal oldali kép), 1N (jobb oldali kép)

8.1.5. Po13-as minta

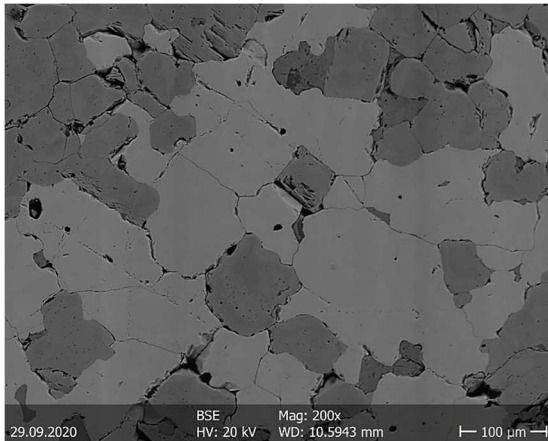
Az optikai mikroszkópos vizsgálat során a mintában feltehetően egy teljesen átalakult amfibol volt megfigyelhető. Sárgászöld megnyúlt és színzónás piroxének is észlelhetők a mintában (21. ábra). Vaszgadzag diopszid-gránát együttes is található a mintában.



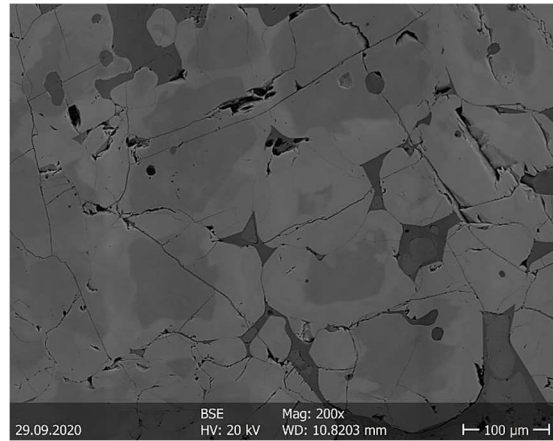
21. ábra: Oszlopos piroxénkristályok bal oldalon, +N-nál erős interferenciaszínekkel, mellettük jobbra kalcit látható (balra +N, jobbra 1N)

Pásztázó elektronmikroszkópos felvételeken kémiaiag zónás idiomorf és hipidiomorf diopszidok, amelyek között grosszulárok figyelhetőek meg a 22. és 23. ábrákon.

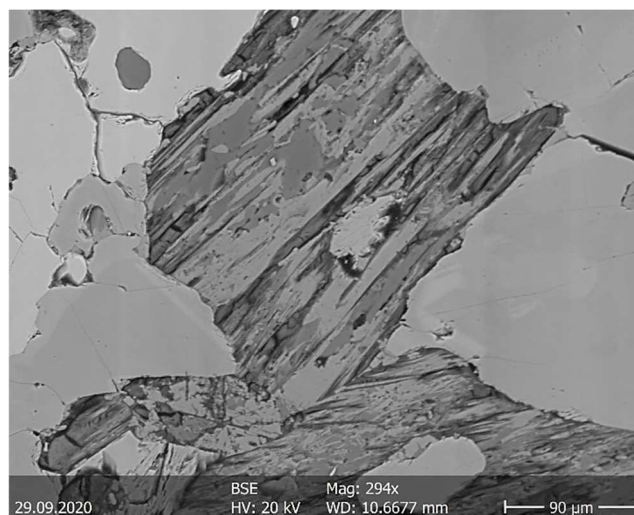
A minta szövete durva szemcsés, diopszid-gránátos. Az üregeket kalcit-kvarc-szmektit együttes tölti ki (24. ábra). A gránát és piroxén elemzések a 4. és 5. táblázatokon láthatók.



22. ábra: Idiomorf vagy hipidiomorf diopszidok között a fiatalabb grosszulár tölti ki a teret. A diopszid kémiai zónás, általában a mag magasabb Mg-tartalmú (a képen sötétebb színű), a szegéllyel ellentétben. Későbbi kiválásként kalcit (a képen sötétszürke) van a kisebb üregekben. Visszaszórt elektronkép



23. ábra: Hipidiomorf diopszid-kristályok kémiai zónásságot mutatnak. A sötétebb zónák magasabb Mg-tartalmúak, míg a világosabb zónáknak a Fe-tartalma magasabb. A kristályok közötti kis tereket anortit és kalcit tölti ki. Visszaszórt elektronkép



24. ábra: Diopszidos-gránátos szövetben, feltehetőleg anortit-kristályok utáni üregeket másodlagos kalcit-kvarc-szmektit együttes tölti ki, sávos-ritmikus szerkezettel. Visszaszórt elektronkép

4. táblázat: Gránát kémiai összetétele (nem standardizált EDS mérés, tömeg%), Po13-as minta

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	FeO
0,06	0,64	14,36	39,5	0,04	33,48	0,44	0,03	11,46
0,06	0,64	14,36	39,5	0,04	33,48	0,44	0,03	11,46

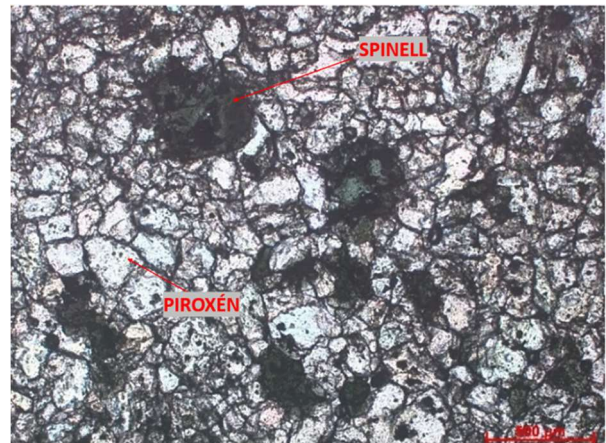
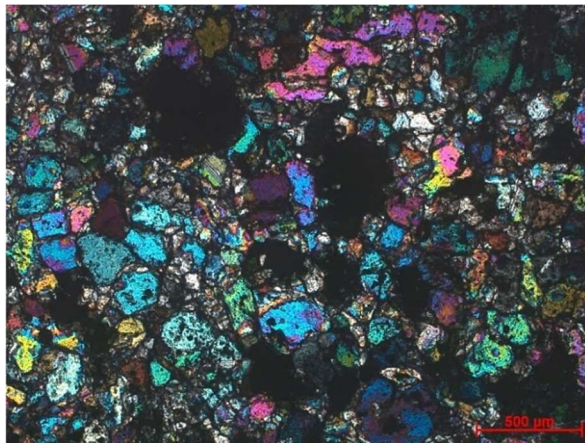
5. táblázat: Piroxén kémiai összetétele (nem standardizált EDS mérés, tömeg%), Po13-as minta

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	MnO	FeO
0,21	14,64	6,81	49,31	0,06	23,87	0,03	5,08

8.2. Klanác-hegy

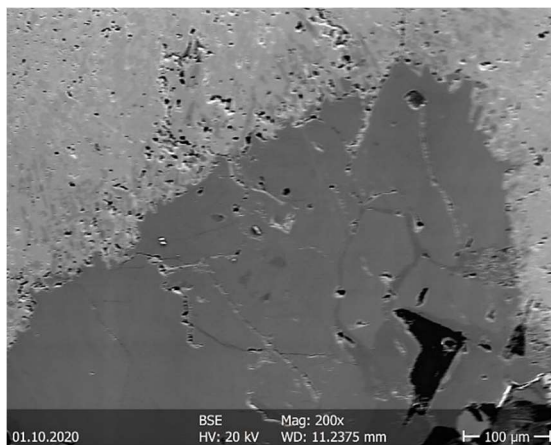
8.2.1. Po12(3)-es minta

A minta 2 fő részre bontható. A felső rész maga az anyakőzet, vagyis az andezit, amelyben nagyobb amfibol és plagioklász szemcsék figyelhetők meg. Az alsó része a xenolit, amelyet ekvigranuláris szemcsék alkotnak, amelyekben nagyobb, 1N-nál palackzöld, +N-nál izotróp, hipidiomorf vagy xenomorf alakú spinell szemcsék vannak a 25. ábrán látható.

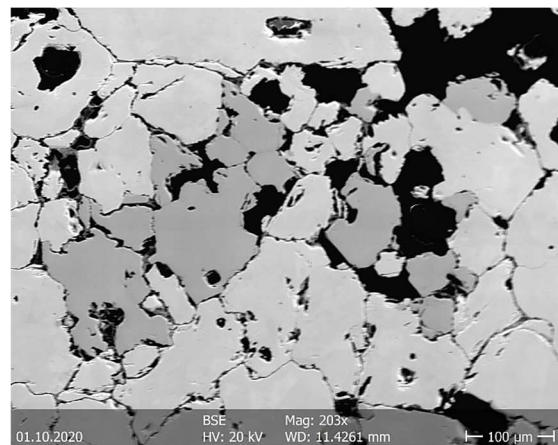


25. ábra: A képen ekvigranuláris tömött szövet látszik, amelyet hipidiomorf és xenomorf klinopiroxén szemcsék alkotnak. A szín másodrendig megy, jó hasadásúak. A szöveten belül xenomorf és hipidiomorf 1N-nál palackzöld, nem pleokroós spinell kristályok vannak, amelyek +N-ban izotrópok. Balra +N, jobbra 1N.

Pásztázó elektronmikroszkópos felvételeken inekvigranuláris szövetű andezit (26. ábra) és spinellek (27. ábra) figyelhetők meg, amelyek kémiai összetételre történő mérései a 6. és 7. táblázatban láthatóak.



26. ábra: Inekvigranuláris szövetű andezit (alul) és finom szemcsés, ekvigranuláris szövetű szkarnos xenolit érintkezési zónája. Visszaszórt elektronkép



27. ábra: Spinell (a képen szürke színű) visszaoldódott felületű xenomorf kristályait diopszid övezi. A szövet spinell → diopszid kiválási sorrendet jelez. Visszaszórt elektronkép

6. táblázat: Spinell kémiai összetétele (nem standardizált EDS mérés, tömeg%), Po12-es minta

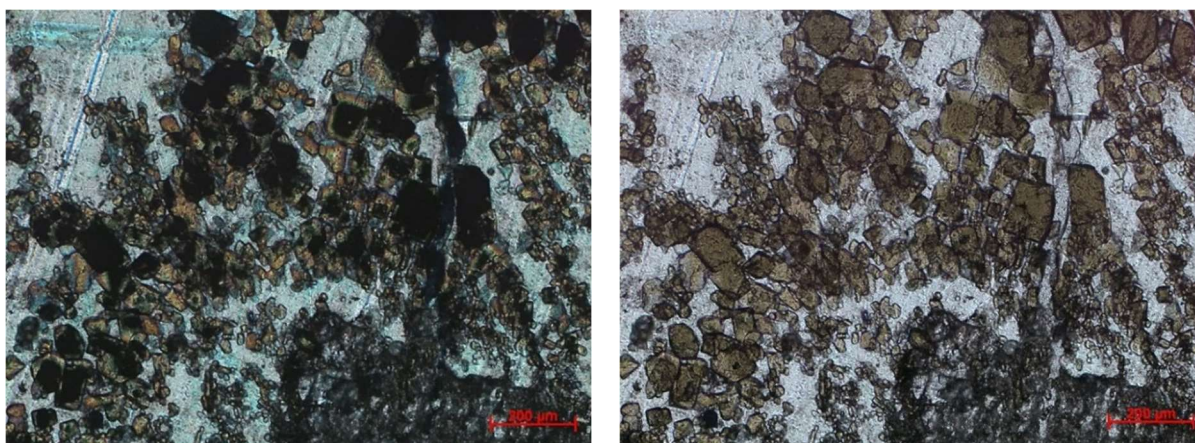
MgO	Al ₂ O ₃	FeO
27,76	70,61	1,63

7. táblázat: Apatit kémiai összetétele (nem standardizált EDS mérés, tömeg%), Po12-es minta

SiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₂	CaO
7,77	45,19	3,39	43,65

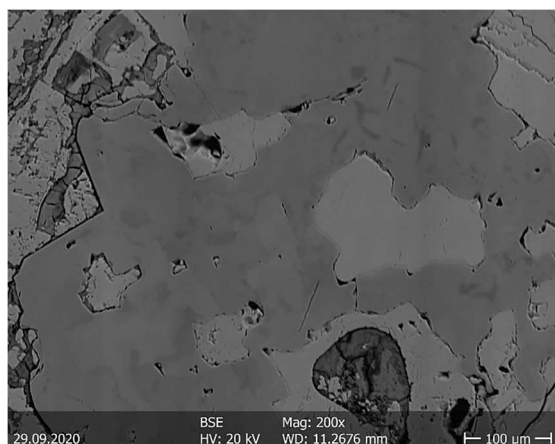
8.2.2. Po14-es minta

A mintában kétgenerációs kalcit található. Sok bontott, idiomorf plagioklász látható, a helyüket már kalcit töltötte ki. A mintában jelentősen dominálnak az 1N-al sárga spinellek, melyek valószínűleg krómot vagy vasat tartalmaznak. De a mintában szintelen maggal rendelkező spinell is van, ami lehet tisztán magnéziumos. A spinellek izotrópok, de itt vannak anizotrópok is. A mintán belül a spinellek olykor sávosan helyezkednek el, amiben a nagyobb kristályoktól az igen aprókig változik a méretük 50-200 µm között (28. ábra). A spinellek társaságában ritkán akadnak perovszkit idiomorf-hipidiomorf kristályok is.

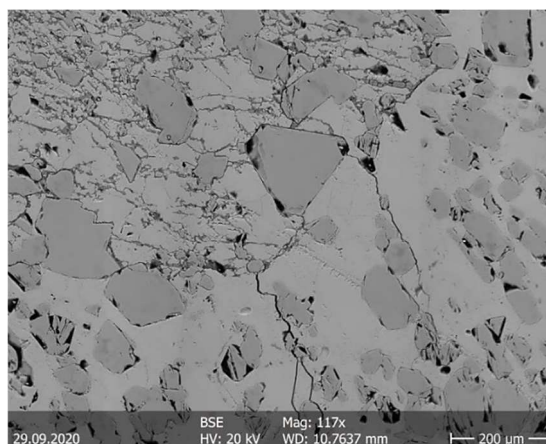


28. ábra: 1N-nál olívaöld, izotróp, háromszög átmetszetű, kémiaiilag zónás spinellek, +N-ban elsőrendű interferencia szín. Megfigyelhető még kétgenerációs kalcit, és átalakos plagioklászok, helyüket kalcit tölti ki. +N (bal oldal), 1N (jobb oldal)

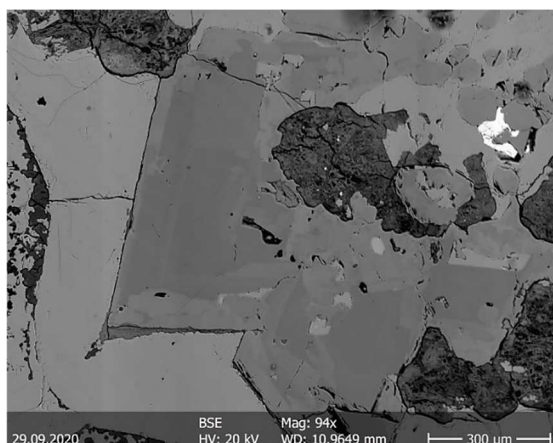
A SEM-EDS felvételen kémiai inhomogén spinellek figyelhetők meg, amelyeknél az inhomogenitást a Mg-Fe helyettesítés okozza. Ezeken kívül idiomorf és hipidiomorf, kémiai homogén spinellek is észlelhetők. A minta alapanyagát kalcit tölti ki (29-32. ábrák). A mintáról készült kémiai összetétel méréseket a 8-11. táblázatokban ismertetem.



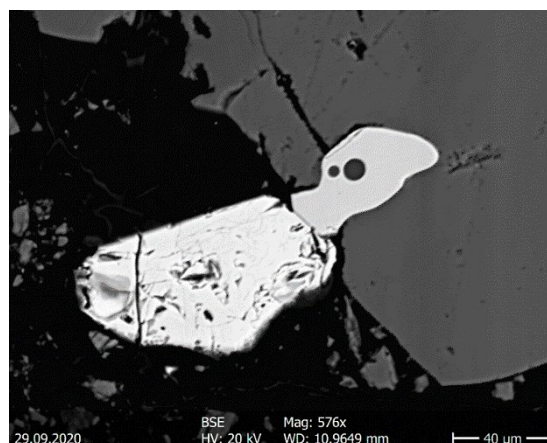
29. ábra: Kémiai felhősen inhomogén spinellek, kalcittal körülvéve. A kémiai inhomogenitást a Mg-Fe helyettesítés okozza. Visszaszórt elektronkép



30. ábra: Kalcit alapanyagban idiomorf (oktaéderes) vagy hipidiomorf spinell-kristályok helyezkednek el. A spinellek döntő része kémiai homogén, esetenként figyelhető meg felhős inhomogenitás. Visszaszórt elektronkép



31. ábra: Idiomorf (oktaéderes) spinell kémiai zónássággal (a világosabb zónák magasabb Fe-tartalmúak, a sötétebb zónák Fe-szegények). Körülötte kalcit tölti ki a teret. A spinellben Ti-tartalmú magnetit 10-30 μm-es xenomorf aggregátumai láthatók (a képen fehér színű). A képen sötét színű fészkek szmektitiek. Visszaszórt elektronkép



32. ábra: Spinellben csepp alakú zárványként (a képen fehér színű) magas Ti-tartalmú magnetit, összenőve alacsonyabb Ti-tartalmúval. A képen a sötét színű foltok szmektitiek. Visszaszórt elektronkép

8. táblázat: Spinell kémiai összetétele (nem standardizált EDS mérés, tömeg%), Po14-es minta

MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	FeO
27,83	58,91	0,66	1,29	11,31

9. táblázat: Perovszkit kémiai összetétele (nem standardizált EDS mérés, tömeg%), Po14-es minta

P ₂ O ₅	CaO	TiO ₂	FeO
1,22	42,17	55,43	1,19

10. táblázat: Ilmenit kémiai összetétele (nem standardizált EDS mérés, tömeg%), Po14-es minta

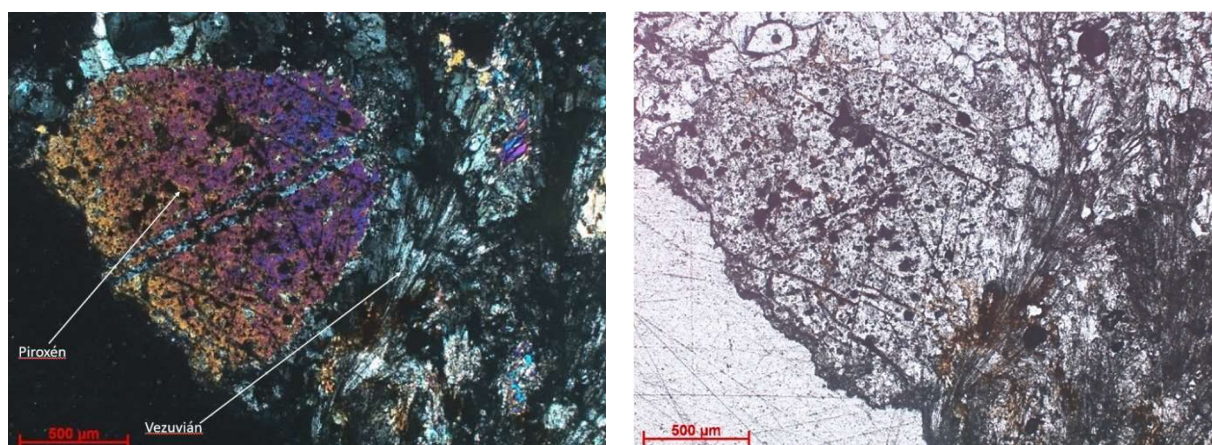
MgO	TiO ₂	FeO
4,86	44,17	50,97

11. táblázat: Ti-gazdag magnetit kémiai összetétele (nem standardizált EDS mérés, tömeg%), Po14-es minta

MgO	Al ₂ O ₃	TiO ₂	FeO
4,28	5,84	11,28	78,6

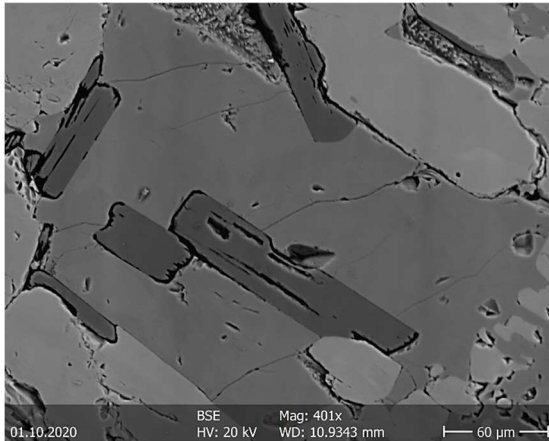
8.2.3. Po17-es minta

Optikai mikroszkópos vizsgálat alapján a mintában 1N-ban halványzöld színű csillámok vannak, melyek +N-ban élénk interferencia színnel rendelkeznek. A mintát a vezuvián uralja, amiben rendellenes zónák és foltok vannak. A piroxének monoklin szimmetriát mutatnak. Sugaras piroxén-aggregátum egy helyen jelenik meg a minta alján. A többi sugaras rész vezuvián, ami valószínűleg a tús-sugaras piroxénekre nőtt rá utólag (33. ábra).



33. ábra: 700×1000 µm-es nagyságú, erősen bontódott, diopszid-halmaz. Mellette sugaras vezuvián egyenes kioltással, ami a sugaras piroxénre nőtt rá. 1N-nál színtelen fehér, +N-nál megtartja fehér színét, a tús kifejlődés miatt undoláló kioltást mutat. +N (bal oldal), 1N (jobb oldal)

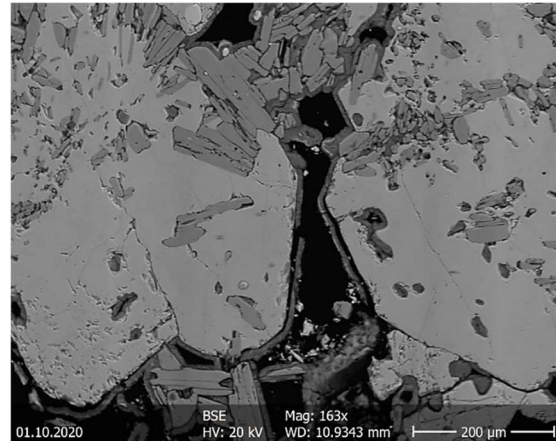
A visszaszórt elektronképeken enyhén zónás idiomorf diopszidot, a diopszidban elhelyezkedő clintonitot és a diopszid körül vezuviánt lehet megfigyelni. A kristályok felületén bekérgezett szmektit található (34. és 35. ábrák). A mintában lévő ásványok feltételezhető kiválási sorrendje clintonit → diopszid → vezuvián (36. ábrán). Klinopiroxénben táblás clintonitkristályok figyelhetők meg (37. ábra). A mintáról készült kémiai összetétel mérések 12-14. táblázatokon láthatóak.



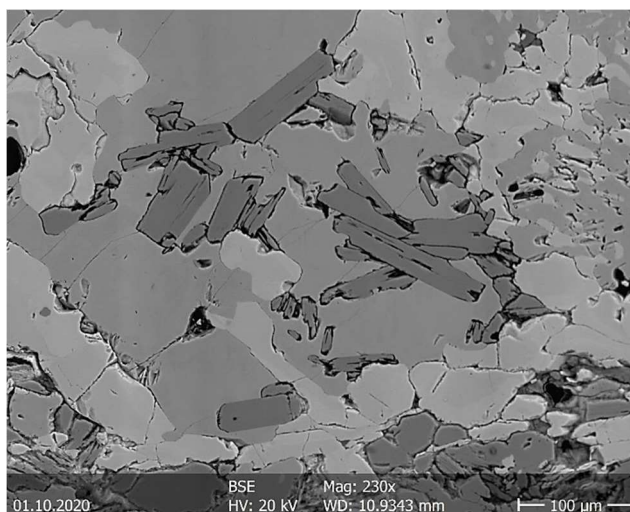
34. ábra: Diopszidban vastag táblás clintonit-kristályok (sötétszürke a képen).

A diopszid enyhén kémiai zónásságot mutat. A diopszidot vezuvián veszi körül.

Visszaszórt elektronkép



35. ábra: Idiomorf diopszid-kristályok sűrűn elhelyezkedő clintonit-lemezekkel, jól látható rajtuk a *c*-tengelyre merőleges kitűnő hasadás. A kristályok felületén bekérgezésenként szmektit látható (a képen sötétszürke). Visszaszórt elektronkép



36. ábra Diopszidban látható benn-nőtt, vastag táblás clintonit-kristályok (sötétszürke a képen). A hipidiomorf-xenomorf diopszidokat vezuvián veszi körül. A kiválási sorrend a szövet alapján: clintonit → diopszid → vezuvián. Visszaszórt elektronkép

12. táblázat: Vezuvián kémiai összetétele (nem standardizált EDS mérés, tömeg%), Po17-es minta

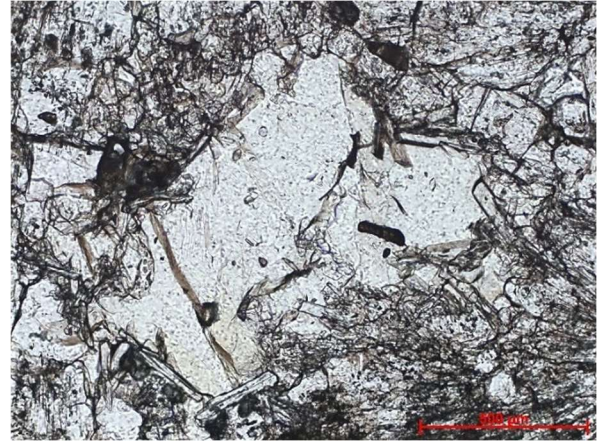
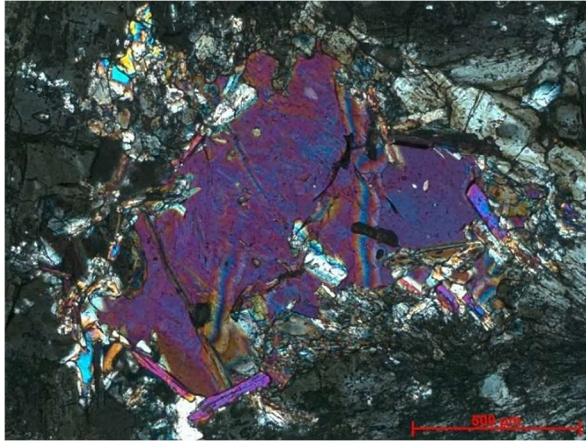
MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	FeO
3,59	17,83	38,79	0,04	35,76	0,43	3,56

13. táblázat: Clintonit kémiai összetétele (nem standardizált EDS mérés, tömeg%), Po17-es minta

MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	FeO
23,49	44,12	18,44	12,18	1,77

14. táblázat: Gránát (grosszulár) kémiai összetétele (nem standardizált EDS mérés, tömeg%), Po17-es minta

MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	FeO
1,67	24,81	36,37	35,6	1,52



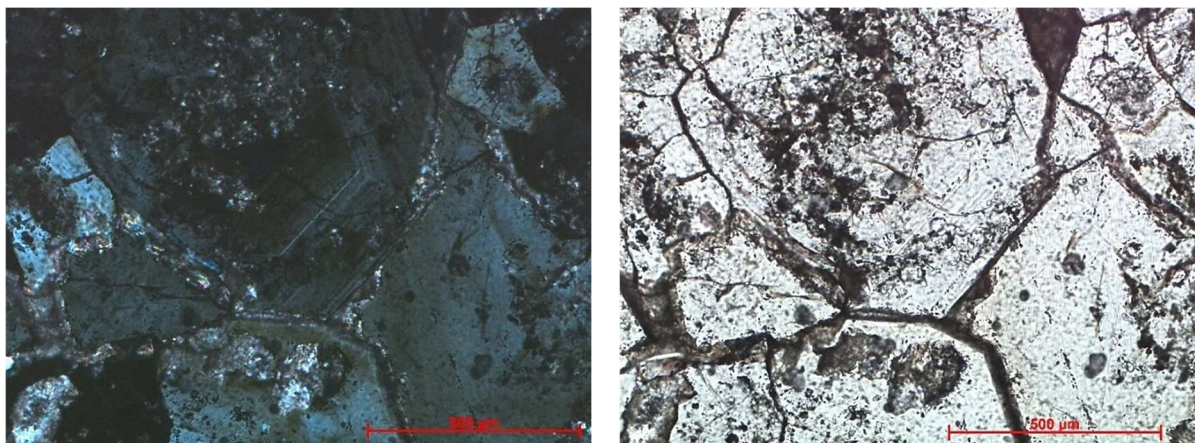
37. ábra: Clintonit táblás kristályai klinopiroxénben benn-nőve, főleg egy nagy aggregátum szegélyén, körülvette kisebb méretű gránátokkal és vezuviánnal. +N (bal oldal), 1N (jobb oldal)

8.2.4. Po18-as minta1

Optikai mikroszkópos vizsgálat során megállapítható, hogy a mintát gránát dominálja. A gránát-kristályok repedéseit kalcit tölti ki. A mintában vezuvián is megtalálható a gránát-szemcsék közelében. A vezuvián szemcsékre undoláló kioltás és kémiai zónásság jellemző (38-39. ábra). A minta aljában feltehetően kloritos zöld színeződés látható. A mintáról készültek kémiai összetétel mérések (15-16. táblázatok).



38. ábra: Zónás, undoláló kioltású, barnásszürke idiomorf vezuvián. Az 1N-nál idiomorf barna kristály gránát. +N (bal oldal), 1N (jobb oldal)



39. ábra: Idiomorf, zónás, szürkés-kék vezuvián. +N (bal oldal), 1N (jobb oldal)

15. táblázat: Gránát (grosszulár) kémiai összetétele (nem standardizált EDS mérés, tömeg%), Po18-as minta

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	FeO
-	1,88	19,66	39,81	-	33,65	-	5,01
0,09	0,57	17,47	40,07	0,04	34,17	0,29	7,73

16. táblázat: Vezuvián kémiai összetétele (nem standardizált EDS mérés, tömeg%), Po18-as minta

Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	FeO
0,12	4,45	17,47	39,18	0,02	34,56	0,29	3,92
-	5,65	17,01	38,85	-	34,5	-	3,99

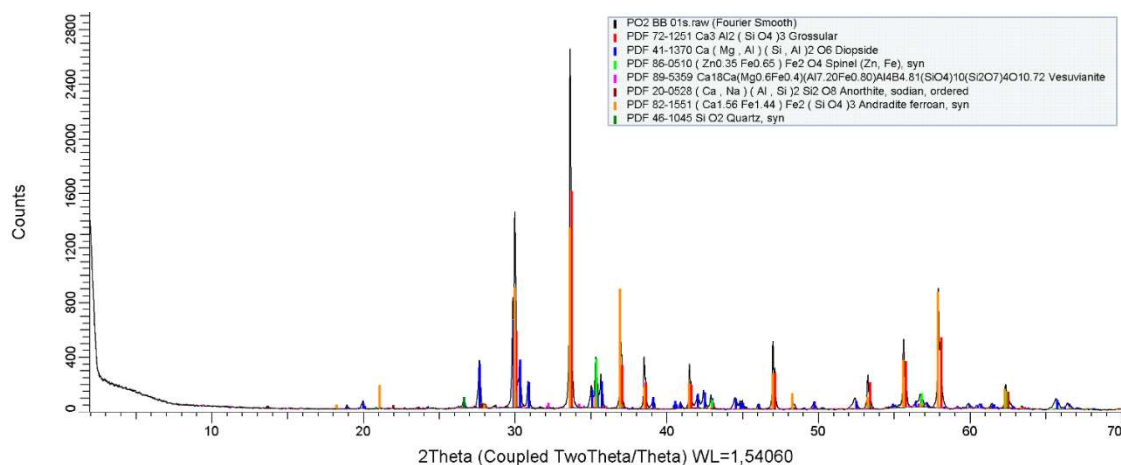
9. RÖNTGEN-PORDIFFRAKCIÓS (XRD) VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEI

Lelőhely szerinti sorrendben ismertetem a röntgen-pordiffrakciós vizsgálat során kapott eredményeket. Először a főkomponenseket, utána a mellékes elegyrészeket.

9.1. Kis-Csikóvár völgye

9.1.1. Po2-es minta

Az XRD diffraktogramon uralkodó mennyiségben grosszulár, andradit és diopszid figyelhető meg, mellettük spinell, vezuvián, anortit és kvarc jelenik meg (40. ábra).

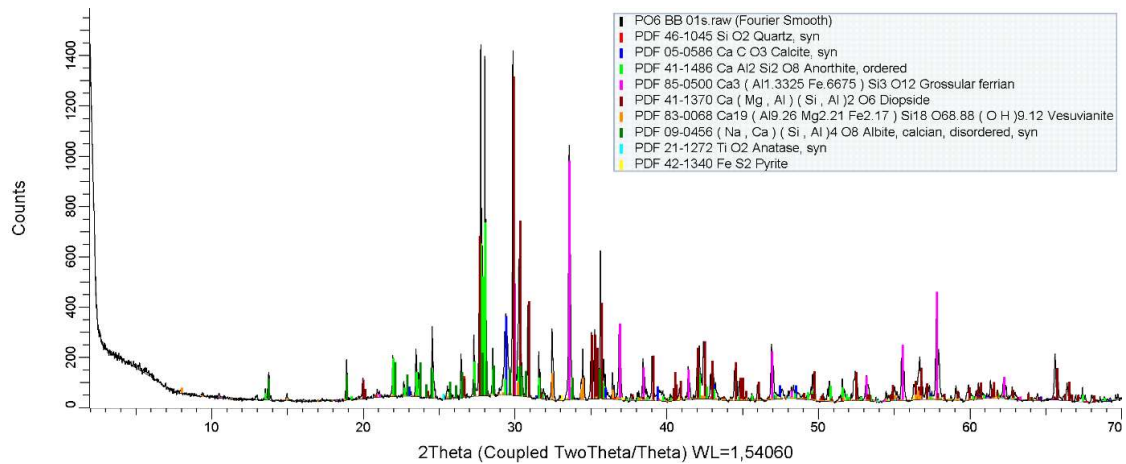


40. ábra: Po2-es minta XRD felvétele

9.2 Salabasina-árok

9.2.1. Po6-os minta

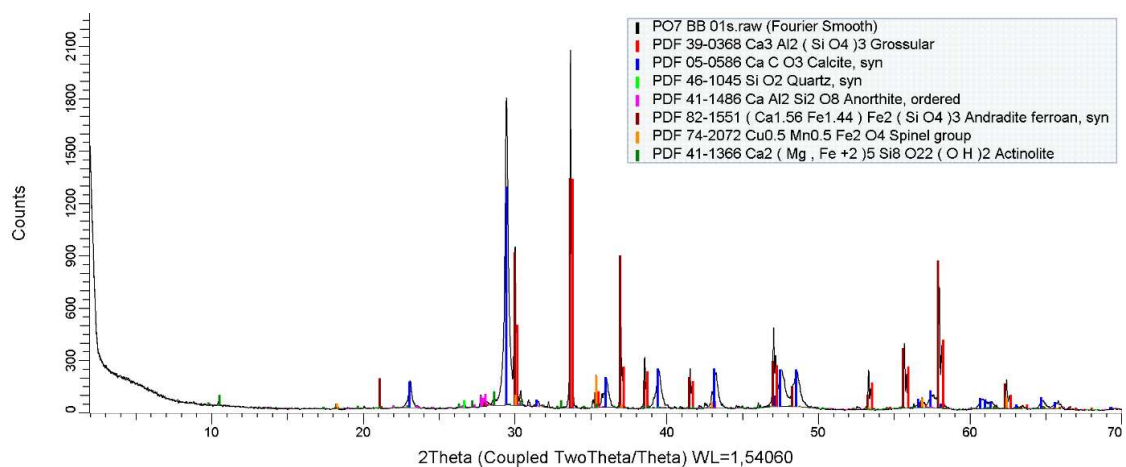
A diffraktogramon uralkodó mennyiségben grosszulár, anortit és kvarc figyelhető meg, mellettük kisebb arányban még vezuvián, pirit, anatóz, albit, kalcit, diopszid jelenléte igazolható (41. ábra).



41. ábra: Po6-os minta diffraktogramja

9.2.2. Po7-es minta

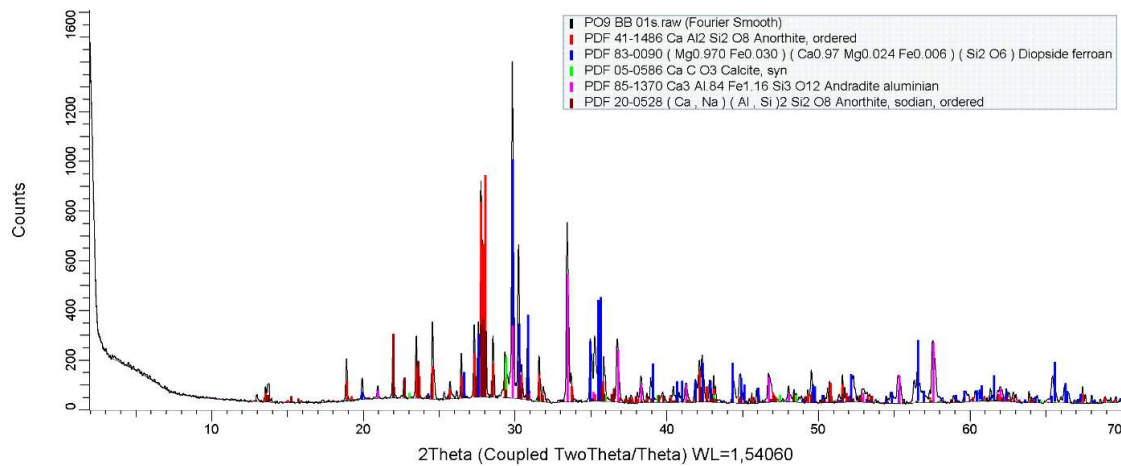
Az XRD felvételen uralkodó mennyiségben grosszulár és kalcit figyelhető meg, mellettük kvarc, anortit, andradit, spinell, és aktinolit (amfibol) jelenik meg (42. ábra).



42. ábra: Po7-es minta diffraktogramja

9.2.3. Po9-es minta

A diffraktogramon észlelhető mennyiségben anortit, andradit és a diopszid figyelhető meg, mellettük kalcit jelenik meg (43. ábra).

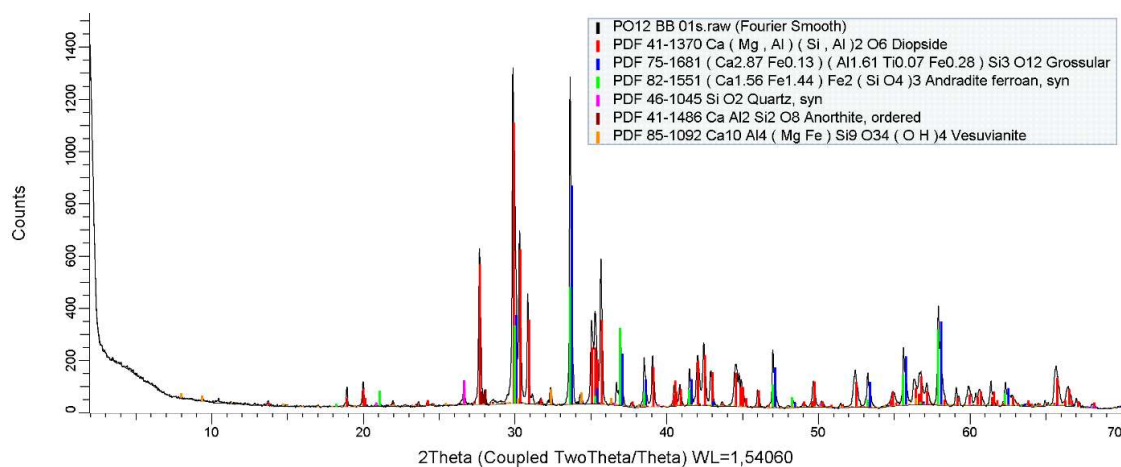


43. ábra: Po9-es minta diffraktogramja

9.3 Klanác-hegy

9.3.1. Po12-es minta

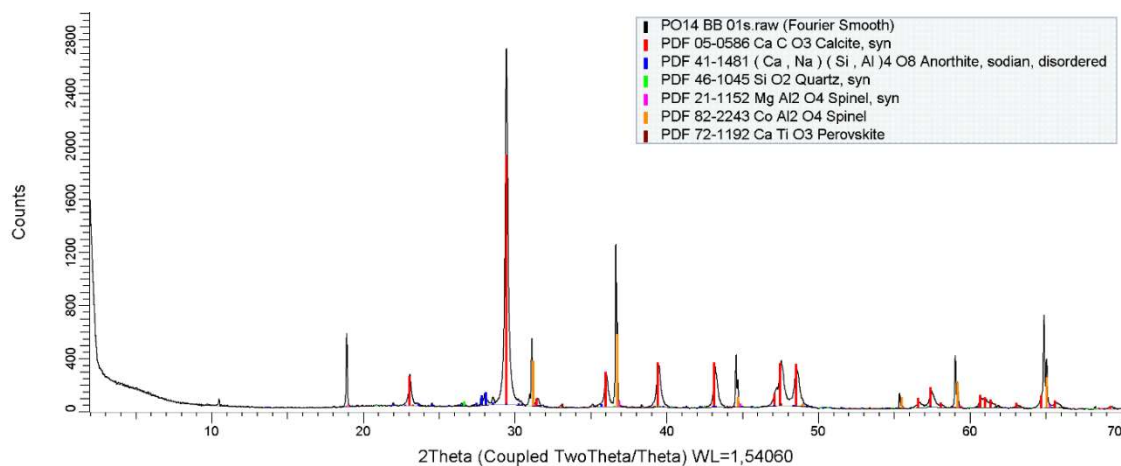
Az XRD felvételen uralkodó mennyiségben grosszulár, andradit és diopszid figyelhető meg, mellettük vezuvián, anortit és kvarc jelenik meg (44. ábra).



44. ábra: Po12-es minta diffraktogramja

9.3.2. Po14-es minta

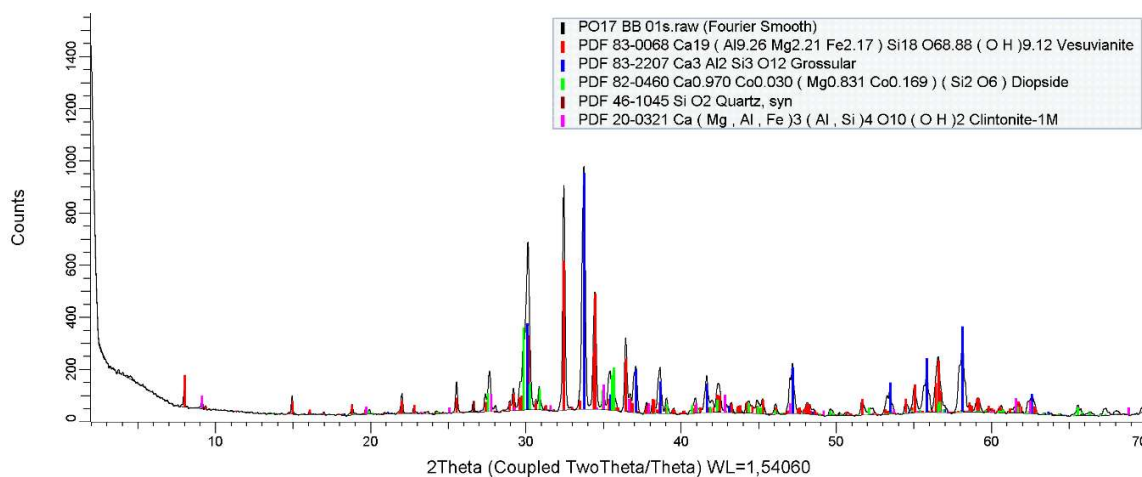
A diffraktogramon azonosítható mennyiségben a kalcit és a spinell figyelhető meg, mellettük még perovszkit, anortit és kvarc jelenik meg (45. ábra).



45. ábra: Po14-es minta diffraktogramja

9.3.3. Po17-es minta

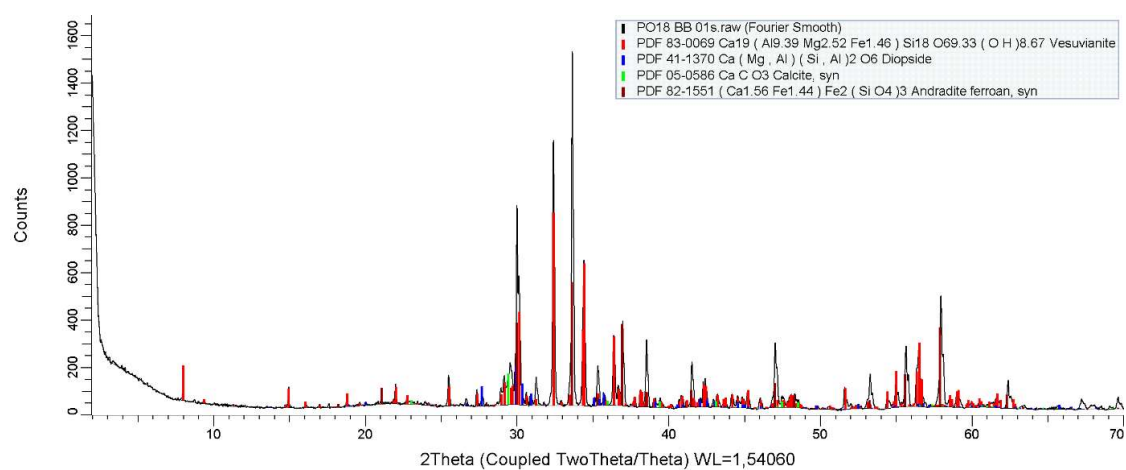
Az XRD felvételen uralkodó mennyiségben grosszulár és vezuvián figyelhető meg, mellettük clintonit, diopszid és kvarc jelenik meg (46. ábra).



46. ábra: Po17-es minta diffraktogramja

9.3.4. Po18-as minta

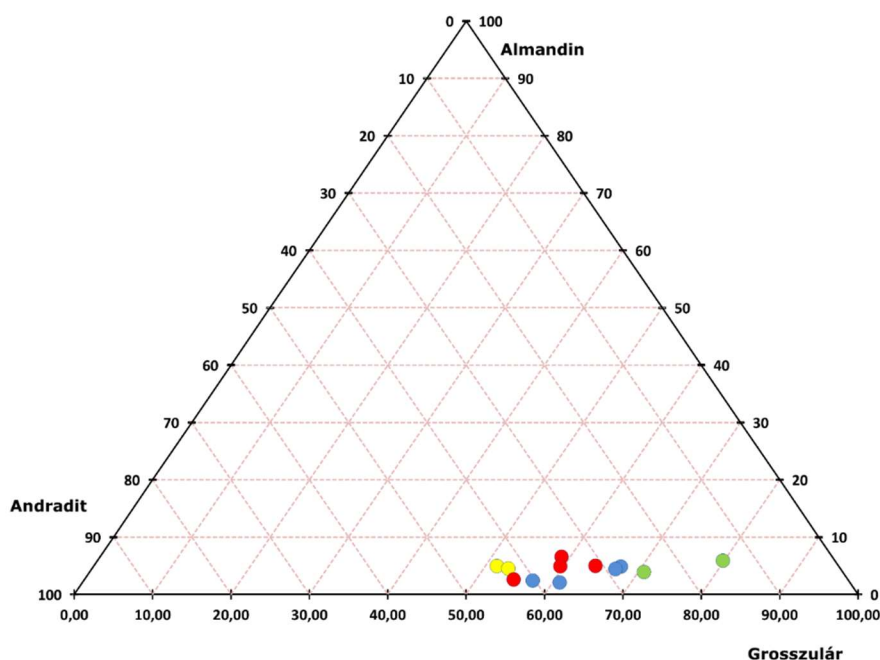
A diffraktogramon észlelhető mennyiségben a vezuvián figyelhető meg, mellettük kalcit, andradit, diopszid és kvarc jelenik meg (47. ábra).



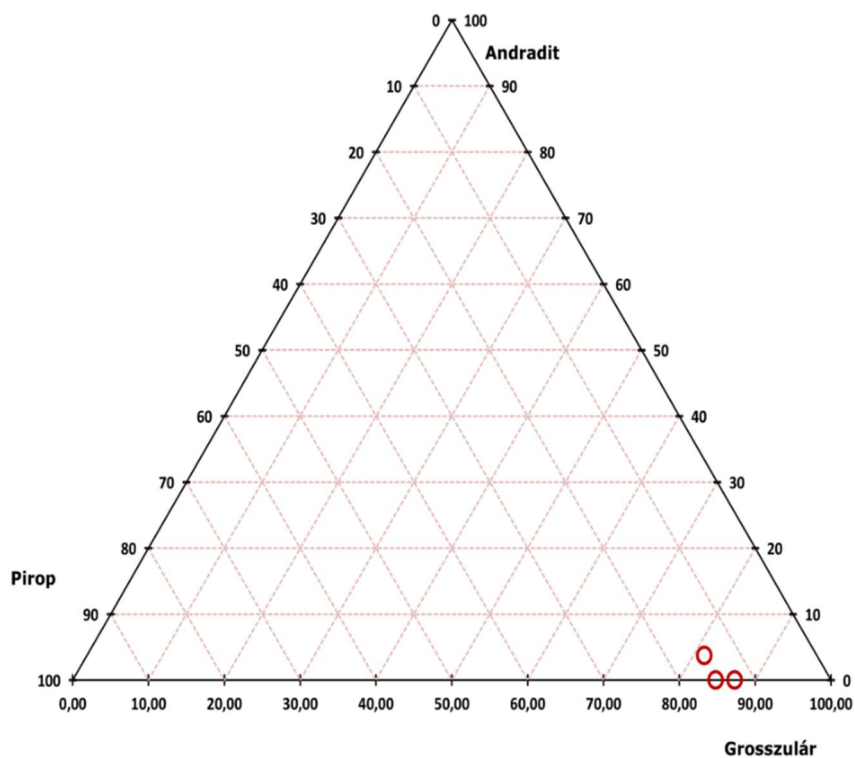
47. ábra: Po18-as minta diffraktogramja

10. KÖVETKEZTETÉS ÉS GENETIKA

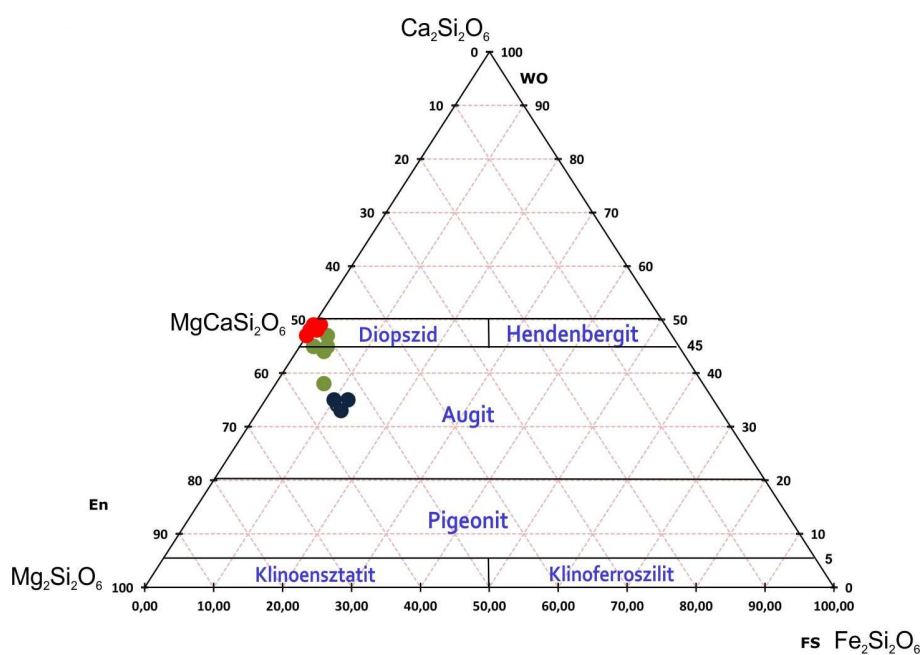
A SEM-EDS elemzések alapján a fajbesorolást megállapítandó számításokat végeztem a gránátokra és piroxénekre, melyek eredményeit háromszögdiagramokon mutatom be a 48-49. ábrákon (gránátok), illetve az 50. ábrán (piroxének). A gránátokra vonatkozó számításokat a Po8, Po9, Po13, Po17, Po18-as minták adatain végeztem. A piroxénekre vonatkozó számításokat pedig a Po9, Po13 és Po17-es minták adatain végeztem. A számítások részletei a mellékletben találhatók meg. A gránát háromszög diagramjainak ábrázolásához használt Excel számításokat Locock (2008) leírásai alapján végeztem.



48. ábra: A Po8-Po9-Po13-Po18-as minták gránátjai a háromszög diagramon. A kék körök a Po8-as; sárga körök a Po9-es; piros körök a Po13-as; a zöld körök a Po18-as minták eredményeit jelzik



49. ábra: A Po17-es minta gránátjai a háromszög diagramon



50. ábra: A Po9-Po13-Po17-es minták piroxénjei háromszög diagramon (Wo – wollastonit, En – ensztatit, Fs – forsterit). A Po9-es mintákat sötétkékkel; Po13-as mintákat zölddel; Po17-es mintákat pirossal jelöltem a diagramon

Fentiek alapján megállapítható, hogy a gránátok kémiai szempontból két csoportba sorolhatók, egyik a grosszulár-andradit elegysor tagjai, de egyértelmű grosszulár dominanciával. Másik típus is grosszulár-domináns, de mindkét kationpozícióban kisebb-nagyobb helyettesítéssel. A klinopiroxéneket a diopszid és az augit képviseli. A BSE képek alapján sokszor kémiai zónásság figyelhető meg a kristályokban. Döntően a mag Fe-szegény, míg a szegély Fe-gazdag.

A spinellek is sokszor mutatnak kémiai zónásságot, melyek egyrészt az oktaéderlappal párhuzamosan, határozott sávokként jelentkeznek, - tehát a kristály növekedése során történt a rendelkezésre álló fluidumokban kémiai változás, - másrészt foltosan-felhősen. Általános jelenség a Fe kisebb-nagyobb mértékű helyettesítése a Mg pozícióban, esetenként pedig Ti is beépül a szerkezetbe.

Az ásványos összetétel alapján a következő xenolit-típusokat figyeltem meg a területen (a karakterisztikus fázisokkal jellemezve): 1) klinopiroxén-gránátos; 2) gránátos-vezuviános; 3) klinopiroxén-clintonitos; 4) gehlenites; 5) spinell-perovszkitos, végül 6) márvány-xenolitok. Az első három típus alapvetően az uralkodó komponensek, - gránátok, klinopiroxének, vezuvián és anortit - arányaiban különböznek egymástól. A harmadik típust a clintonit jelenléte jellemzi. Járulékos vagy ritka fázisokként spinell, apatit, anatóz, és a szekunder eredetű kalcit és kvarc nyert kimutatást. A negyedik típusban a gehlenit az uralkodó fázis, kis mennyiségben jelenik meg a Ca-gránát és a szekunder mikrokristályos kvarc. Az ötödik típus, - ellentétben az előző Ca-Mg-Al-Fe-szilikátos xenolitoktól, melyek a szkarnokat képviselik - jelenleg döntően oxidokból és kalcitból áll. A nagy mennyiségű kalcit minden bizonnyal az anortit hidrotermás mállásának eredménye. Ki kell emelni, hogy ezekben a spinell-perovszkitos xenolitokban két cirkónium-tartalmú fázist is sikerült kimutatni. Egyik a baddeleyit, másik a kalcirtit. Az utóbbit WDS elemzés (17. táblázat) és Raman-spektroszkópos felvétel támasztja alá. Ezek, valamint a perovszkit jelenléte bázisos vagy alkáli magma hozzájárulását is jelezhetik a környezetben.

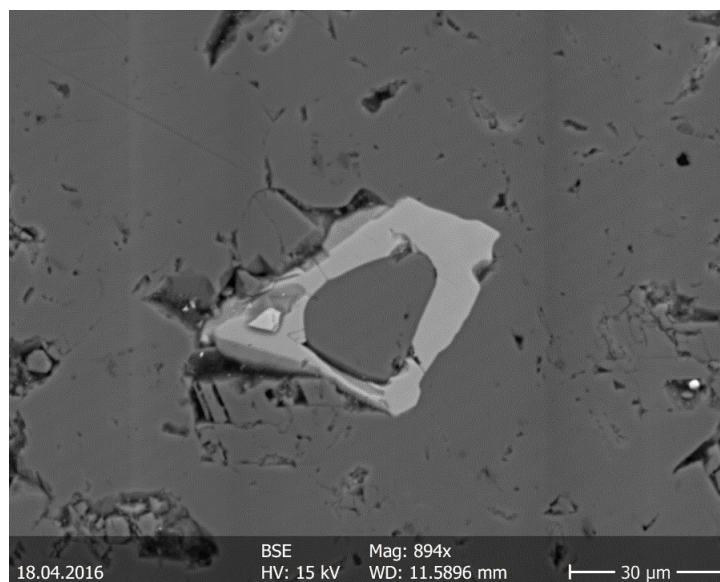
17. táblázat: Kalcitit elektronmikroszkondás (WDS) elemzése tömegszázalékban.

SiO ₂	0,00	0,02
TiO ₂	16,16	16,41
ZrO ₂	68,92	67,13
Al ₂ O ₃	0,05	0,07
Fe ₂ O ₃ *	0,56	0,59
MgO	0,00	0,00
CaO	12,80	12,80
MnO	0,00	0,01
SrO	0,10	0,07
Na ₂ O	0,01	0,00
Összesen	98,60	97,10
Kationszámok 16 oxigénre		
Si	0,00	0,00
Ti	1,83	1,89
Zr	0,07	0,00
Al	0,01	0,01
Fe ³⁺	0,06	0,07
ΣC	1,97	1,97
Zr	5,00	5,00
ΣB	5,00	5,00
Mg	0,00	0,00
Ca	2,07	2,09
Mn	0,00	0,00
Sr	0,01	0,01
Na	0,00	0,00
ΣA	2,08	2,10

* Összes vas Fe₂O₃-ként mérve.

(A mérés a pozsonyi Földtani Intézetben készült Viera Kollárová által)

A hatodik típust (a márvány-xenolitokat) szinte 100%-ban kalcit alkotja, és csak ritka fázisokként találhatók benne a spinell-csoport ásványai. A magnetit és a Ti-gazdag magnetit mellett viszont sikerült a ritka magnezioferritet is kimutatni. Ezek vázkristályok formájában észlelhetők (51. ábra). A meghatározás alapja WDS-elemzés (18. táblázat).



51. ábra: Magnezioferrit vázkristály kalcitban. Visszaszórt elektronkép.

18. táblázat: Magnezioferrit elektronmikroszondás (WDS) elemzése tömegszázalékban.

SiO ₂	0,01	0,00
TiO ₂	4,37	5,69
Al ₂ O ₃	9,59	9,61
V ₂ O ₃	0,20	0,18
Cr ₂ O ₃	0,00	0,01
Fe ₂ O ₃ *	62,99	60,50
MgO	21,63	22,19
CaO	0,46	1,08
MnO	0,16	0,10
NiO	0,00	0,00
ZnO	0,08	0,07
Összesen	99,49	99,43
Kationszámok 4 oxigénre		
Si	0,00	0,00
Ti	0,10	0,13
Al	0,35	0,35
V	0,01	0,00
Cr	0,00	0,00
Fe ³⁺	1,48	1,42
ΣB	1,94	1,90
Mg	1,01	1,03
Ca	0,02	0,04
Mn	0,00	0,00
Ni	0,00	0,00
Zn	0,00	0,00
ΣA	1,03	1,07

* Összes vas Fe₂O₃-ként mérve.

(A mérés a pozsonyi Földtani Intézetben készült Viera Kollárová által)

Az alábbi, a xenolitok genetikájára vonatkozó megállapítások döntően Deer és társai (1997a, 1997b), illetve Bowles és társai (2011) összefoglaló művei alapján születtek. A vizsgált xenolitok ásványegyüttese alapján bizonyos, hogy a szkarnos típusok - többféle Ca-Al-Fe-Mg-tartalmú szilikátokkal képviselve - a földkéregbe benyomuló szubvulkáni-vulkáni test mészkővel és/vagy dolomittal érintkező zónájában képződtek termális (kontakt) metamorfózis eredményeként. A helyszín - az alaposan tanulmányozott Vezúv analógiáját alapul véve - lehetett akár egy vulkáni képződmény magmakamrája is (Fulignati és társai, 2004). Az analógia annyiban megállja a helyét, hogy a heves explóziós tevékenységeről híres Vezúv piroklasztitjai sokféle xenolitot tartalmaznak és közöttük szintén gyakoriak a szkarnos típusok. A pomázi piroklasztitokban lévő magmás közetzárványok alapján a metamorfózist egy intermedier magmás test és egy karbonátos közet (mészkő és/vagy dolomit) kontaktusa eredményezte, melyeket döntően Ca-szilikátokkal jellemezhető szkarnos xenolitok képviselnek. A kontaktmetamorfózis során létrejött uralkodó Ca-Mg-Fe-Al-szilikátok (gránát-vezuvián-klinopiroxén, esetenként gehlenit) arányát sokféle folyamat kontrollálhatta. A hőmérséklet mellett legfontosabb talán a metamorfózist kísérő fluidummozgás (egyúttal kémiai elemek mozgása), mely a metasomatózis végtermékét, - a xenolit ásványos összetételét - eredményezi. Valójában egy-egy xenolit ásványos összetétele a magmás test és a kísérő karbonátos (vagy más típusú) közet kölcsönhatásának egy pillanatát rögzíti, így ez egy folyamat pillanatképét örökíti meg számunkra. A metasomatózist létrehozó fluidumok magas Si/Al aránya például a gránátok/vezuviánok képződését segíti elő, ezzel szemben az alacsony Si/Al arány a melilitok képződését. Más szóval az alumínium hozzáférhetősége a melilitok, míg relatív hiánya a gránátok/vezuviánok képződését segíti. A hasonló kémiai összetételű gránátok és vezuviánok létrejötte általában hasonló stabilitási viszonyok között történik, a vezuvián képződése viszont előnyben van, ha a gőzfázis vízben gazdagabb. A diopszid képződéséhez ezzel szemben az Mg-tartalmú dolomit jelenléte szükséges feltétel.

A területen ritkábban található spinell-perovszkitos xenolitok a fentiekkel szemben magas Al-tartalmú, minden bizonnyal pélites üledékkel történő érintkezés eredményei. Ezek magmához közeli kontaktuson, feltehetően 700-800 °C körüli hőmérsékleten keletkezhetnek. Feltehetően ezt támasztja alá a spinell relatíve magas Fe-tartalma. A márvány-xenolitok ezzel szemben feltehetően a kontaktustól távolabb, alacsonyabb hőmérsékleten, minimális fluidummozgással a mészkő termális metamorfózisának termékei. Ezért található bennük minimális mellékes komponens.

Tovább bonyolítja a képet, hogy számos xenolit-típuson valószínűleg hidrotermás eredetű, retrográd folyamatokra utaló átalakulások figyelhetők meg. Az első négy típusnál ennek eredményeként mikrokristályos kvarc (kalcedon) és/vagy opál keletkezett. Az eredeti szilikátos fázis anortit vagy wollastonit lehetett, amit az átalakok is sejtetnek. Feltehetően wollastonit utáni átalakok azok a hófehér, léces vagy tűs kristályok, melyek az első két típus durva szemcsés szövetű példányaiban, annak üregeiben láthatók. Számos esetben figyeltünk meg fehér, halványsárga, tűs-sugaras halmazokat is ezekben a xenolitokban, de wollastonitnak nyomát (sem XRD, sem SEM-EDS vizsgálattal) nem találtuk. Ezzel szemben ezek a retrográd fázisok kalcittal és/vagy kvarccal azonosíthatók. Hasonló retrográd folyamatokat hasonló fázisokkal Dunkl és társai (2003) is említene a polgárdi Szár-hegy kontaktmetamorf eredetű szkarnos közeteiben. Ilyen szempontból kiemelhető még a spinell-perovszkitos típus is, itt az átalakok formájából egyértelműen anortit utáni kalcit, illetve kalcit-kvarc-szmektit átalakokkal találkoztunk. Végül a felszín közelében még mállási folyamatokkal is számolhatunk, melyek az agyagászványok létrejöttének is kedveztek. Bár az agyagászványok képződése, - lásd a fenti példát - már a korábbi retrográd folyamatokkal is elkezdődhetett. Ebben az erősen agyagászványosodott andezittufában helyezkednek el a fent tárgyalt xenolitok, melyek az egykori explóziós vulkáni tevékenység eredményeként kerültek a felszínre és más vulkáni törmelékekkel együtt halmozódtak fel.

19. táblázat: A vizsgálataim alapján megfigyelt ásványok ismertetése képlet és kristályrendszer szerint. Szakáll (2005) alapján

	Név	Képlet	Kristályrendszer
Oxidok	anatáz	TiO ₂	tetragonális
	baddeleyit	ZrO ₂	monoklin
	kalcitrit	CaZr ₃ TiO ₉	rombos
	kvarc	SiO ₂	trigonális
	hematit	Fe ₂ O ₃	trigonális
	magnezioferrit	MgFe ₂ ³⁺ O ₄	köbös
	magnetit	Fe ²⁺ Fe ₂ ³⁺ O ₄	köbös
	opál	SiO ₂ *nH ₂ O	amorf
	perovszkit	CaTiO ₃	rombos
	spinell	MgAl ₂ O ₄	köbös
Szilikátok	aktinolit	Ca ₂ (Mg,Fe ²⁺) ₅ (Si ₈ O ₂₂)(OH) ₂	monoklin
	albit	NaAlSi ₃ O ₈	triklin
	andradit	Ca ₃ Fe ₃ ²⁺ (SiO ₄) ₃	köbös
	anortit	CaAl ₂ Si ₂ O ₈	triklin
	augit	(Ca,Na)(Mg,Fe ²⁺ ,Fe ³⁺ ,Al,Ti) ₂ ((Si,Al) ₂ O ₆)	monoklin
	biotit* ¹	KMg ₃ (AlSi ₃ O ₁₀)(OH) ₂	monoklin
	clintonit	CaMg ₂ Al(Al ₃ SiO ₁₀)(OH) ₂	trioktaéderes
	diopszid	CaMg(Si ₂ O ₆)	monoklin
	gehlenit	Ca ₂ Al(AlSiO ₇)	tetragonális
	grosszulár	Ca ₃ Al ₂ (SiO ₄) ₃	köbös
	szmektit* ²	A _{0,2-0,6} M ₂₋₃ (Si,Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₂ *nH ₂ O	monoklin
	titanit	CaTi(O(SiO ₄))	monoklin
	vezuvián	Ca ₁₀ Mg ₂ Al ₄ (SiO ₄) ₅ (Si ₂ O ₇) ₂ (OH) ₄	tetragonális
Foszfát	hidroxilapatit	Ca ₅ (PO ₄) ₃ (OH)	hexagonális
Szulfid	pirit	FeS ₂	köbös
Karbonát	kalcit	CaCO ₃	trigonális

*¹: flogopit van feltüntetve a képletben (annit esetén a Mg₃ helyett Fe₃²⁺ helyettesíti a képletben).

*²: A (rétegek közötti kationok) = Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Li⁺; M: (oktaéderes pozíciók kationjai) = Al³⁺, Mg²⁺, Fe³⁺, Cr³⁺, Zn²⁺, Cu²⁺; Szakáll (2005).

20. táblázat: Mintákban észlelt ásványok összesítése SEM-EDS, XRD és optikai mérések alapján

Minta szám	SEM-EDS	XRD	Optika
Po2	*	grosszulár, andradit, diopszid, spinell, vezuvián, anortit, kvarc	gránát, spinell, vezuvián, diopszid, kvarc
Po5	*	*	plagioklász, gránát, kalcit
Po6	*	anortit, grosszulár, diopszid, vezuvián, albit, anatóz, pirit	diopszid, vezuvián, plagioklász, kalcit, diopszid, gránát
Po7	*	grosszulár, kalcit, kvarc, anortit, spinell, amfibol	gránát, kalcit, piroxén,
Po8	vezuvián, grosszulár, kalcit	*	vezuvián, gránát, diopszid, kalcit, kvarc
Po9	anortit, grosszulár, augit	anortit, kalcit, andradit, diopszid	plagioklász, kalcit
Po12	spinell, diopszid, apatit	diopszid, grosszulár, andradit, kvarc, anortit, vezuvián	gránát, kvarc, vezuvián, diopszid
Po13	diopszid, grosszulár, kalcit, kvarc, szmektit, anortit, diopszid	*	piroxén, kalcit, kvarc, gránát, diopszid, augit
Po14	Ti-magnetit, szmektit, spinell, perovszkit, ilmenit	kalcit, plagioklász, kvarc, spinell, perovszkit	kalcit, spinell, amfibol, plagioklász, perovszkit
Po16	*	*	kalcit, kvarc, plagioklász
Po17	diopszid, clintonit, vezuvián, szmektit	vezuvián, grosszulár, diopszid, clintonit	vezuvián, diopszid, piroxén
Po18	grosszulár, vezuvián	vezuvián, diopszid, kalcit, andradit	gránát, kalcit, diopszid, vezuvián

*A minták vagy a mérési eredményeik nem lettek részletesen ismertetve a dolgozatban.

11. ÖSSZEFOGLALÁS

A TDK dolgozatomban a pomázi piroklasztitokból származó xenolitokat vizsgáltam ásványtani szempontból. A feldolgozott minták a terepbejárásokból származó saját gyűjtésekből, illetve Gyombola Gábor ásványgyűjtő és a miskolci Herman Ottó Múzeum Ásványtárából kerültek feldolgozásra. A minták lelőhelye: Salabasina-árok, Klanác-hegy és a Kis-Csikóvár völgye. A mintákról első lépésben makroszkópos leírásokat készítettem lelőhely szerinti csoportosításban. Ezeket polarizációs mikroszkópos és SEM-EDS vizsgálatokra használtam fel, hogy megállapítsam az egyes alkotókat, azok egymáshoz viszonyított elhelyezkedését, a minta szövetét. A SEM-EDS vizsgálatokkal azonban nemcsak a minták szövetére, de az egyes fázisok kémiai összetételére is adatokat nyertem. Röntgen-pordiffrakciós felvételekkel az ásványos összetételt tovább finomítottam. A SEM-EDS mérésekből fajbesorolást megállapítandó számításokat végeztem a gránátokra és piroxénekre. A kémiai elemzési eredmények alapján két csoportra bonthatók a gránátok: egy grosszulár-andradit típusra grosszulár dominanciával, illetve egy grosszulár-domináns csoportra. A klinopiroxéneket a diopszid és augit képviseli.

Az ásványos összetétel alapján a következő xenolit-típusokat figyeltem meg a területen (a karakterisztikus fázisokkal jellemezve): 1) klinopiroxén-gránátos; 2) gránátos-vezuviános; 3) klinopiroxén-clintonitos; 4) gehlenites; 5) spinell-perovszkitos, végül 6) márvány-xenolitok. Az első három típus uralkodó komponensei gránátok (grosszulár), klinopiroxének (augit, diopszid), vezuvián és anortit, melyek főként az arányokban mutatnak különbséget. A klinopiroxén-clintonitos típust a clintonit jelenléte jellemzi. Ritka fázisokként megjelenik a spinell, apatit és anatóz. Negyedik típusban uralkodó fázis a gehlenit és kis mennyiségben jelen van az andradit. Az ötödik típus spinellekből, perovszkitból és kalcitból áll, utóbbit az anortit hidrotermás mállása eredményezhette. Ezekben a spinell-perovszkitos xenolitokban két ritka cirkónium-tartalmú fázis is megfigyelhető. A márvány-xenolitokat közel 100%-ban kalcit alkotja, amelyben Ti-gazdag magnetit és ritka magnezioferrit is megfigyelhető, utóbbi vázkristályként jelenik meg. Az 1-4. szkarnos típusokat többféle Ca-Al-Mg-tartalmú szilikátok képviselik, melyek egyértelműen a termális metamorfózis során képződtek. Számos xenolit-típuson valószínűleg hidrotermás eredetű retrográd folyamatok termékeit lehet megfigyelni, ilyenek a mikrokristályos kvarc (kalcedon) és opál kiválások, illetve az anortit utáni kalcit.

12. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretném kifejezni köszönetemet témavezetőimnek Dr. Szakáll Sándornak és Leskóné Majoros Líviának, akik segítségével nagyban hozzájárultak a dolgozatom létrejöttéhez. Szeretném megköszönni Bulátkó-Debus Délia laboránsnak a segítséget a csiszolatok és porítások elkészítése során. Köszönetet mondok Dr. Kristály Ferencnek, hogy segített az XRD vizsgálatok elvégzésében. A terepbejárás és mintagyűjtés során megköszönöm a hasznos útmutatásukat Fehér Bélának a miskolci Herman Ottó Múzeum Ásványtárának vezetőjének és Gyombola Gábor ásványgyűjtőnek, illetve a miskolci Herman Ottó Múzeum Ásványtárának, hogy számos mintát a rendelkezésemre bocsátott. Köszönöm az ELTE Közettan-Geokémiai Tanszékén Dr. Józsa Sándornak a segítségét a polarizációs mikroszkópos vizsgálatokért. Külön köszönöm Fehér Bélának az Ásványtár tárvezetőjének a kémiai elemzések értelmezéséhez nyújtott útmutatását.

13. IRODALOMJEGYZÉK

- Badics, B., Bendő, Zs., Gméling, K., Izing, I. és Harangi, Sz. (2000): An ignimbrite deposit from the Holdvilág creek, Visegrád Mountains, Hungary. *Acta Mineralogica-Petrologica*, Szeged, Tomus XLI, Supplementum, 8.
- Bendő, Zs., Gméling, K., Badics, B., Izing, I. (2000): Ignimbritek a Holdvilág-árokban. A Holdvilág-árok részletes vulkanológiai vizsgálata. Tudományos Diákköri Dolgozat. ELTE-TTK, Budapest.
- Bowles, J.F.W., Howie, R.A., Vaughan, D.J., Zussman, J. (2011): Non-Silicates: Oxides, Hydroxides and Sulphides. Rock-forming minerals. Vol. 5A. London, The Geological Society. 920p.
- Deer, W.A., Howie, R.A., Zussman, J. (1997a): Orthosilicates. Rock-forming minerals. Vol. 1A. London, The Geological Society. 919p.
- Deer, W.A., Howie, R.A., Zussman, J. (1997b): Single-Chain Silicates. Rock-forming minerals. Vol. 2A. London, The Geological Society. 668p.
- Dunkl, I., Horváth, I., Józsa, S. (2003): A polgárdi Szár-hegy andezittelérei és szkarnos képződményei. *Topographia Mineralogica Hungariae VIII*. Herman Ottó Múzeum, 55–86.
- Fehér, B. (2000): Gehlenitic xenoliths from the Klanác Hill, Pomáz, Visegrád Mountains, Hungary. *Acta Mineralogica-Petrographica*, **41**, Supplementum, 39.

- Fehér, B. (2004): Clintonit, egy trioktaéderes merevcsillám a pomázi Salabasina-árokából. *Földtani Közlöny*, **134**, 29–39.
- Fulignati, P., Marianelli, R., Santacrone, R., Sbrana, A. (2004): Probing the Vesuvius magma chamber – host rock interface through xenoliths. *Mineralogical Magazine*, **141(4)**, 417–428.
- Gyalog, L., Síkhegyi, F. (2005): Magyarország földtani térképe M=1:100000. Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa. Budapest.
- Karátson, D., Oláh, I., Pécskay, Z., Márton, E., Harangi, Sz., Dulai, A., Zelenka, T., Kósik, Sz. (2007): Miocene volcanism in the Visegrád Mountains (Hungary): an integrated approach to regional volcanic stratigraphy. *Geologica Carpathica*, **58(6)**, 541-563.
- Lengyel, E. (1951): A Dunazúghegységi andezitek zárványai és magmatektonikai jelentőségük. *Földtani Közlöny*, **81**, 119–130.
- Lengyel, E. (1953): A Dunazughegység andezitterületének felépítése. Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1951. évről, 17–29.
- Locock, A. J. (2008): An Excel spreadsheet to recast analyses of garnet into end member components, and a synopsis of the crystal chemistry of natural silicate garnets. *Computers and Geosciences* **34**, 1769–1780.
- Szakáll, S. (2005): Ásványrendszertan. Miskolci Egyetemi Kiadó.

14. MELLÉKLETEK

I. melléklet: Gránát korrigált oxidos tömegszázalék

Elemzés (tömeg%)	Po8-1	Po8-2	PO8-3	Po8-4	Po9-1	Po9-2
SiO₂	39,77	39,90	39,76	39,67	38,79	38,68
TiO₂					1,24	1,38
Al₂O₃	13,49	15,94	15,73	14,23	12,29	12,55
MnO	0,04				0,10	0,07
MgO	0,48	0,69	0,66	0,48	0,62	0,58
CaO	34,47	34,31	34,32	34,78	33,41	33,58
Na₂O	0,05	0,06	0,07		0,05	0,03
*korr. FeO	2,26	2,24	2,07	2,02	3,26	3,23
*korr. Fe₂O₃	10,43	7,54	8,13	9,75	11,32	10,94
Total	100,99	100,68	100,74	100,93	101,08	101,04

*korr: A számítások során a mért vas-oxid mennyiségét újra kellett számolni Fe²⁺ és Fe³⁺ kationok között, ezért korrigált az FeO és Fe₂O₃ értéke

II. melléklet: Gránát korrigált oxidos tömegszázalék

Elemzés (tömeg %)	Po13- 1	Po13- 2	Po13- 3	Po13- 4	Po17- 1	Po17- 2	Po17- 3	Po18- 2	Po18- 6
SiO₂	39,50	39,72	39,61	39,74	36,37	37,38	39,06	40,07	40,03
TiO₂	0,44	0,20	0,35	0,13			0,04	0,29	0,23
Al₂O₃	14,36	13,11	14,16	15,23	24,81	23,61	20,82	17,03	19,15
MnO	0,03	0,03	0,03	0,05					0,03
MgO	0,64	0,65	0,63	0,66	1,67	1,88	3,14	0,57	0,89
CaO	33,48	34,07	34,20	34,18	35,60	35,42	35,59	34,17	33,72
Na₂O	0,06	0,07	0,05	0,06				0,09	0,10
*korr. FeO	3,28	2,51	2,48	2,34	0,00	0,00	0,00	2,96	2,79
*korr. Fe₂O₃	9,09	10,66	9,37	8,41	1,69	1,70	1,32	5,30	3,23
Total	100,8 8	101,0 2	100,8 8	100,8 0	100,1 4	99,99	99,97	100,4 8	100,1 7

*korr: A számítások során a mért vas-oxid mennyiségét újra kellett számolni Fe²⁺ és Fe³⁺ kationok között, ezért korrigált az FeO és Fe₂O₃ értéke

III. melléklet: Gránát korrigált kationszám 12 oxigénre

	Po8-1	Po8-2	Po8-3	Po8-4	Po9-1	Po9-2
Si	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Al	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ΣT	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Al	1,23	1,44	1,43	1,30	1,13	1,16
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,08
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe³⁺	0,61	0,44	0,47	0,57	0,67	0,64
Fe²⁺	0,08	0,00	0,00	0,07	0,07	0,08
ΣB	1,92	1,88	1,90	1,93	1,94	1,96
Fe²⁺	0,07	0,14	0,13	0,06	0,15	0,13
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
Mg	0,06	0,02	0,03	0,06	0,04	0,05
Ca	2,86	2,82	2,83	2,88	2,80	2,81
ΣA	2,99	2,99	2,99	3,00	2,99	3,00

IV. melléklet: Gránát korrigált kationszám 12 oxigénre

	Po13-1	Po13-2	Po13-3	Po13-4	Po17-1	Po17-2	Po17-3	Po18-2	Po18-6
Si	3,00	3,00	3,00	3,00	2,71	2,79	2,91	3,00	3,00
Al	0,00	0,00	0,00	0,00	0,29	0,21	0,09	0,00	0,00
ΣT	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Al	1,31	1,20	1,29	1,38	1,88	1,86	1,74	1,54	1,72
Ti	0,03	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe³₊	0,53	0,62	0,55	0,49	0,09	0,10	0,07	0,31	0,19
Fe²₊	0,02	0,08	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00
ΣB	1,88	1,92	1,87	1,88	1,98	1,96	1,81	1,93	1,91
Fe²₊	0,20	0,08	0,15	0,15	0,00	0,00	0,00	0,12	0,18
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,02	0,08	0,01	0,02	0,16	0,17	0,16	0,07	0,06
Ca	2,78	2,83	2,84	2,82	2,84	2,83	2,84	2,80	2,75
ΣA	2,99	2,99	2,99	2,99	3,00	3,00	3,00	2,99	2,99

V. Ábrázolt Gránát-molekulaszám

	Po8-1	Po8-2	PO8-3	Po8-4	Po9-1	Po9-2
Spessartin	0,09%				0,22%	0,15%
Pirop	1,85%			1,84%		
Almandin	2,37%	4,81%	4,44%	2,09%	4,92%	4,48%
Grosszulár	57,32%	67,35%	66,83%	60,91%	51,47%	53,15%
Andradit	30,43%	21,80%	23,53%	28,36%	33,29%	32,16%

VI. Ábrázolt Gránát-molekulaszám

	Po13-1	Po13-2	Po13-3	Po13-4
Spessartin	0,07%	0,07%	0,07%	0,11%
Pirop		2,51%		
Almandin	6,54%	2,64%	4,91%	5,02%
Grosszulár	58,93%	54,75%	59,59%	64,01%
Andradit	26,47%	31,12%	27,29%	24,39%

VII. Ábrázolt Gránát-molekulaszám

	Po17-1	Po17-2	Po17-3	Po18-2	Po18-6
Spessartin					0,06%
Pirop	5,39%	5,63%	5,35%	2,17%	
Almandin				3,92%	5,91%
Grosszulár	84,81%	87,32%	81,43%	70,76%	79,82%
Andradit			3,71%	15,27%	9,25%

VII. melléklet: Piroxén korrigált oxidos tömegszázalék

	Po9-1	Po9-2	Po9-3	Po9-4	Po13-1	Po13-2	Po13-3
SiO₂	47,37	46,08	45,89	45,89	49,31	50,86	51,69
TiO₂	0,54	0,56	0,66	0,57	0,00	0,00	0,00
Al₂O₃	8,1	9,72	9,54	9,67	6,81	5,69	4,37
Cr₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe₂O₃	2,85	3,91	4,28	4,59	4,43	1,84	2,27
FeO	7,04	5,83	6,27	5,25	1,1	2,64	1,62
MnO	0,06	0,06	0,1	0,08	0,03	0,00	0,05
MgO	10,89	10,49	10,06	10,6	14,64	15,08	16,00
CaO	23,23	23,56	23,35	23,6	23,87	23,92	24,03
Na₂O	0,17	0,16	0,23	0,18	0,21	0,12	0,16
K₂O	0,02	0,03	0,06	0,03	0,06	0,03	0,03
Total	100,28	100,39	100,44	100,46	100,45	100,18	100,22

VIII. melléklet: Piroxén korrigált oxidos tömegszázalék

	Po13-4	Po13-5	Po17-1	Po17-2	Po17-3	Po17-4	Po17-5
SiO₂	49,39	46,46	49,72	52,46	50,51	51,28	50,63
TiO₂	0,00	0,15	0,13	0,00	0,13	0,07	0,07
Al₂O₃	7,15	10,28	7,39	3,71	5,74	5,12	6,52
Cr₂O₃	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe₂O₃	3,02	4,12	2,68	1,64	3,15	2,5	2,09
FeO	2,39	3,86	0,17	0,61	-0,01	-0,02	0,26
MnO	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MgO	14,35	11,77	15,71	17,23	16,37	16,75	16,36
CaO	23,9	23,59	24,43	24,39	24,39	24,5	24,24
Na₂O	0,1	0,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K₂O	0,00	0,04	0,03	0,03	0,03	0,05	0,04
Total	100,30	100,41	100,27	100,16	100,32	100,25	100,21

IX. melléklet: Piroxén korrigált kationszáma 6 oxigénre

	(Po9-1	Po9-2	Po9-3	Po9-4	Po13-1	Po13-2	Po13-3
Si	1,773	1,722	1,720	1,714	1,801	1,857	1,881
Ti	0,015	0,016	0,019	0,016	0,000	0,000	0,000
Al	0,357	0,428	0,421	0,426	0,293	0,245	0,187
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe³⁺	0,080	0,110	0,121	0,129	0,122	0,051	0,062
Fe²⁺	0,220	0,182	0,196	0,164	0,033	0,081	0,049
Mn	0,002	0,002	0,003	0,003	0,001	0,000	0,002
Mg	0,608	0,584	0,562	0,590	0,797	0,821	0,868
Ca	0,931	0,943	0,938	0,944	0,934	0,936	0,937
Na	0,012	0,012	0,017	0,013	0,015	0,008	0,011
K	0,001	0,001	0,003	0,001	0,003	0,001	0,001
Total	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000

X. melléklet: Piroxén korrigált kationszáma 6 oxigénre

	Po9-1	Po9-2	Po9-3	Po9-4	Po13-1	Po13-2	Po13-3
Si	1,808	1,719	1,803	1,899	1,831	1,856	1,832
Ti	0,000	0,004	0,004	0,000	0,004	0,002	0,002
Al	0,308	0,448	0,316	0,158	0,245	0,218	0,278
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Fe³⁺	0,083	0,115	0,073	0,045	0,086	0,068	0,057
Fe²⁺	0,073	0,119	0,005	0,019	0,000	-0,001	0,008
Mn	0,000	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Mg	0,783	0,649	0,849	0,930	0,885	0,904	0,882
Ca	0,937	0,935	0,949	0,950	0,948	0,950	0,940
Na	0,007	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
K	0,000	0,002	0,001	0,000	0,001	0,002	0,002
Total	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000

XI. melléklet: Ábrázolt piroxén-molekulaszám

	Po9-1	Po9-2	Po9	Po9	Po13	Po13	Po13
Ensztatit	0,345	0,342	0,331	0,47	0,452	0,447	0,468
Forsterit	0,125	0,106	0,116	0,096	0,019	0,044	0,027
Wollastonit	0,529	0,552	0,553	0,556	0,529	0,509	0,505

XII. melléklet: Ábrázolt piroxén-molekulaszám

	Po13	Po13	Po17	Po17	Po17	Po17	Po17
Ensztatit	0,437	0,381	0,471	0,490	0,483	0,488	0,482
Forsterit	0,041	0,070	0,003	0,010	0	0	0
Wollastonit	0,523	0,549	0,526	0,501	0,517	0,513	0,513