

ZALALÖVŐRŐL SZÁRMAZÓ RÓMAI KORI MALOMKÖVEK ARCHEOMETRIAI VIZSGÁLATI EREDMÉNYEI

RESULTS OF ARCHAEOMETRICAL ANALYSIS OF ROMAN MILLSTONES FROM ZALALÖVŐ

SZAKMÁNY GYÖRGY¹ – NAGY-SZABÓ TIBOR²

¹ELTE Közettan-Geokémiai Tanszék, Budapest, e-mail: gyorgy.szakmany@geology.elte.hu

²E-mail: savim@freemail.hu

Abstract

109 pieces of Roman age millstones from Zalalövő (Roman name is Salla) were studied archaeometrically. Authors made detailed macroscopic and polarising microscopic description moreover representative samples were chemically analysed. The most important raw materials of the millstones are vesicular basalt, originated highly probably from Ság-hegy (near Celldömölk). Other important raw materials were potassic volcanic rock types, andesite-trachandesite-latite, these raw materials originated from Gleichenberg (Steyr-basin, Austria). The origin of the raw materials of rarely occurred basaltic tuff is questionable.

The archaeometric results have high importance in archaeological point of view, namely these raw materials were imported from quite close geological localities, which show local commercial procedures as regards millstones. Possibly the millstones were finally formed in the quarries, and the ready millstones were delivered to the town, but there are no archaeological proofs for this due to the later intensive quarrying of the raw materials.

Kivonat

A szerzők a Zalalövő (római kori nevén Salla) lelőhelyről előkerült 109 db római kori malomkő archeometriai vizsgálata során részletes makroszkópos és polarizációs mikroszkópos petrográfiai leírást adtak, valamint reprezentatív mintákból kémiai elemzéseket végeztek. A vizsgálatok szerint a malomkövek legjelentősebb csoportjának nyersanyaga hólyagüreges bazalt, amely nagy valószínűséggel a Ság-hegyről származik. A másik jelentős nyersanyag típus a kálíkőzetek csoportjába tartozó andezites-trachandezites-látitos kőzetváltozatok, ezek nyersanyaga a Stájer-medencéből, Gleichenberg környékéről származik. Az elvétve előforduló bazaltos kőzettörmelékes tufa nyersanyaglelőhelye egyelőre kérdéses.

Régészeti szempontból ennek az eredménynek nagy jelentősége van, ugyanis arra enged következtetni, hogy a malomköveket – illetve azok nyersanyagát – viszonylag közletről szerezték be, vagyis a helyi kereskedelem jelentősége e nyersanyagcsoportnál meghatározó volt. A közép-olaszországi orvietói kőfejtő leletei alapján akár azt is feltételezhetjük, hogy a malomköveket már a kőfejtőkben kifaragták, s a kész árut szállították a városba, bár erre egyértelmű régészeti bizonyítékot feltehetően kevés eséllyel lehet találni, figyelembe véve a lehetséges nyersanyag lelőhelyek későbbi használatát.

KEYWORDS: MILLSTONE, PETROGRAPHY, BULK ROCK CHEMISTRY, RAW MATERIALS, PROVENANCE

KULCSSZAVAK: MALOMKŐ, PETROGRÁFIA, KÉMIAI ÖSSZETÉTEL, NYERSANYAG, SZÁRMAZÁSI HELY

Bevezetés

Malomkövek az őskortól használatosak voltak, hiszen az őrlés igénye már ekkortól előtérbe került. Jelentős számú malomkővet tartalmazó leletanyag archeometriai szempontból történő feldolgozása azonban magyarországi leletanyagon eddig még csak elvétve történt (Péterdi et al. 2009), jóllehet nemzetközi irodalomban számos példát találunk a malomkövek és nyersanyagaik részletes archeometriai szempontból történő feldolgozására, elsősorban a mediterrán területekről (pl. Antonelli & Lazzarini 2010). Mivel a malomköveket egykor kizárólag kőzetekből faragták, vizsgálatuk leginkább kőzettani és geokémiai módszerekkel a legcélravezetőbb.

A Zalalövön fellelt római kori malomkövek archeometriai vizsgálatának a célja egyrészt a malomkövek kőzettípusainak megállapítása, azok részletes leírása, másrészt a nyersanyagok származási helyének lehetőleg minél pontosabb meghatározása volt. E kérdések megválaszolásához petrográfiai (makroszkópos és polarizációs mikroszkópos), valamint reprezentatív mintákon teljes kémiai elemzést végeztünk. Az eredmények értékeléséhez irodalmi adatokat, továbbá az ELTE Közettan-Geokémiai Tanszék kőzetgyűjteményéből származó, összehasonlító mintákat és azok vizsgálati eredményeit használtunk fel.

Régészeti háttér

Zalalövő a Zala folyó partján fekszik, Zala megye székhelyétől, Zalaegerszegtől nyugatra, az egykori Borostyánkőút mentén. A régészeti kutatásokat Mócsy András kezdte meg, s sikeresen azonosította a mai Zalalövő alatti települést a római kori Salla városával. Az ásatásokat 1973-1975 között Mócsy András, 1976-1989 és 1999-2005 között Redő Ferenc vezette. A kutatások felszínre hozták egy Kr. u. I-IV. században élt római kori település, valamint egy korábbi, kelta megtelepedés szórványos emlékeit (Redő 2003). Az eddigi feltárásokon előkerült 109 darab római korú malomkővet Nagy-Szabó Tibor dolgozta fel szakdolgozat formájában (Nagy-Szabó 2008). A leletek mindegyike forgómalomhoz köthető szerkezet része volt, s ezek közül 7 darab feltehetően vízimalomban szolgált, a többi mérhető paraméterekkel rendelkező darab pedig kb. 30-46 cm átmérő közötti kézimalomhoz tartozott. A malomkövek és a lelőhelykörnyezetükben előkerült keltező erejű leletek aprólékos összevetése még nem történt meg, de az előzetes vizsgálatok alapján egyelőre úgy tűnik, hogy a malmok zöme a II-III. században volt használatban. Továbbá figyelemre méltó leletek egy pékműhelyként azonosítható – csak részlegesen feltárt – épület maradványai, amelynek lelőhelykörnyezetéből a malomkövek mintegy egyharmada származott.

Módszerek

A malomkő mintákat azok makroszkópos leírása után közettípusok szerint csoportosítottuk, majd további részletes vizsgálatokat az egyes csoportok reprezentatív, lehető legűdőbb példányaiból végeztünk. A mikroszkópos vizsgálatokhoz ezek alapján 9 mintát választottunk ki, azokból vékonycsiszolatot készítettünk, és Leitz Laborlux 11 Pol S típusú polarizációs (petrográfiai) mikroszkópban vizsgáltuk. A mikroszkópos leírások során választottuk ki azt a 3 db reprezentatív mintát, amelyből a Tübingeni Egyetem Geokémiai Tanszékén XRF módszerrel teljes kémiai elemzés (fő- és nyomelemek) történt, a vizsgálatot Heinrich Taubald végezte Bruker AXS S4 Pioneer típusú készülékkel, Rh anód használatával. A mintaelőkészítés során achátmozsárban porított bazalt közetmintákból 1,5 g pormintát 7,5 g ömlesztőanyaggal („Spectromelt Fluxing agent”, Merck A12, lítiumtetraborát/lítium-metaborát (66:34) kevert, majd 1200 °C-on megolvasztotta és az így nyert anyagból homogén tablettákat készített. A mérési eredmények kiértékeléséhez a „Traces” szoftvert, a kalibrációhoz 32 sztenderdet használt. Az összes Fe mennyiségét Fe_2O_3 formában adta meg. Az izzítási veszteség („Loss on ignition”, LOI) a porminta 1000 °C-on, egy órán keresztül hevítése után került meghatározásra.

Petrográfia

A makroszkópos és mikroszkópos vizsgálatok eredménye alapján a Zalalövőről előkerült római korú malomkövek kizárólag vulkáni eredetű kőzetekből készültek, megjelenésük, ásványos összetételük és szöveti jellegeik alapján négy típusba soroltuk őket: trachiandezit-látit, piroxén-biotitandezit, hólyagüreges bazalt valamint bazalttufa.

Makroszkópos jellemzés

Trachiandezit-látit („Andezit1” típus)

Üdén szürke, az átalakulástól függően gyakran sárgásszürke, lilás-vörösseszürke színű kemény, rücskös felszínű vulkanit. Benne viszonylag nagyméretű, 0,5-1 cm-es idiomorf-hipidiomorf porfiros elegyrészek láthatók, ezek fehér, gyakran szabad szemmel is felismerhetően zónás plagioklász, üvegfenyű, szintelen, táblás káliföldpát, fekete vagy esetenként zöldes-sárgás barna piroxén, és néhány fekete, illetve rozsdabarnára színeződött biotit. Az alapanyag szürke-lilásszürke, esetenként az alapanyagban apró, fehér, tús plagioklászok láthatók. A kőzet ritkán nagyobb, az alapanyagban viszont sok kisméretű (maximálisan 1 mm átmérőjű), hólyagüregeket tartalmaz, melyekben gyakori a sárgás színű átalakulási termék. (1. ábra)

Piroxén-biotitandezit („Andezit 1a” típus)

Közepesen sötétszürke, az átalakult részekben lilásszürke, kemény, rücskös, de nem hólyagüreges kőzet. Szabad szemmel is megfigyelhető a nagyon sok, általában 1-3 mm-es szemcseméretű porfiros elegyrész, amelyek szintelen (vagy ritkán) fehér, nyúlt földpátok, viszonylag sok fekete, sajátalakú biotit, és kevesebb fekete piroxén.



1. ábra: Trachiandezit-látit („Andezit1” típus) anyagú malomkő makroszkópos fényképe; 62. számú minta.

Fig. 1: Macrophoto of trachiandesite-latite (type Andesite1) millstone; sample 62.



2. ábra: Piroxén-biotitandezit („Andezit1a” típus) anyagú malomkő makroszkópos fényképe; 80. számú minta

Fig. 2: Macrophoto of pyroxene-biotiteandesite (type Andesit1a) millstone; sample 80.



3. ábra: Hólyagüreges bazalt anyagú malomkő makroszkópos fényképe; 46. számú minta

Fig. 3: Macrophoto of vesicular basalt millstone; sample 46.



4. ábra: Bazalttufa anyagú malomkő makroszkópos fényképe; 12. számú minta

Fig. 4: Macrophoto of basaltic tuff millstone; sample 12.

Az alpanyagban nagyon sok igen apró (tized mm-es) fehér földpát látható. (**2. ábra**)

Hólyagüreges bazalt

Közepesen sötét szürke, kemény, szívós, erősen hólyagüreges (átmérő 3-5 mm) kőzet. Finomszemcsés, a fenokristályok kizárólag kevés-közepes mennyiségben előforduló 1(-2) mm-es vörös, oxidált olivin, emellett, nagyon ritkán halványzöld üvegfényű piroxén. Az alpanyagban kevés, tized-milliméteres, fehér színű nyúlt plagioklász szintén látható. (**3. ábra**)

Bazalttufa

Szürke, porózus, viszonylag könnyen kipergő, általában 1-2 mm-es kissé kerekített szemcsékből és kevés kötőanyagból álló szemcsevázú kőzet. Az elegyrészek finomszemcsés, uralkodóan szürke bazalttörmelékek, ritkán zöld, vörösesbarna vagy fehér ásványtörmelékek.

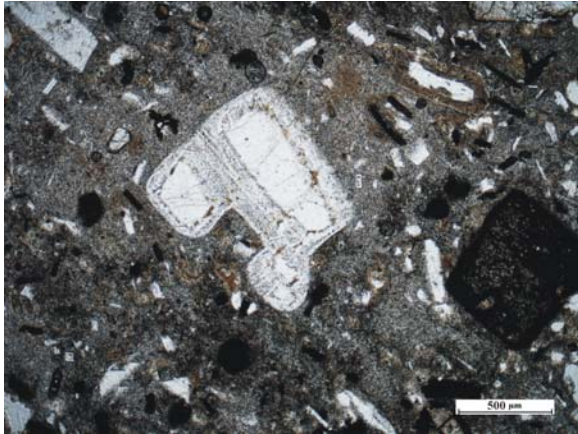
A kötőanyag zömében finomszemcsés, világosszürke, helyenként foltosan fehér, jól kristályos kalcitból áll. (**4. ábra**)

Petrográfiai mikroszkópos vizsgálatok eredményei

Trachandezit-látit (Andezit 1 típus) (34, 62, 97 minták)

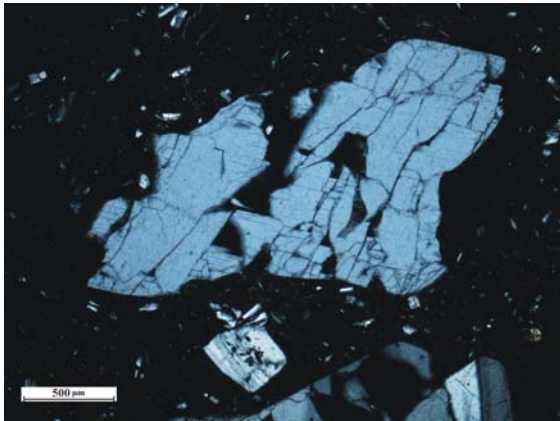
A kőzetek szövete porfiros hialopilités. Fenokristályként plagioklász, szanidin, augit és opacitosodott biotit fordul elő az erősen üveges, gyakran irányított, folyásos jellegű alpanyagban. A kőzetben endogén zárványok, magmakeveredés utaló reliktumok valamint kéregzárványok szintén előfordulnak.

A **porfiros elegyrészek** közül a **plagioklász** – nagyméretű, akár 1 cm-t is elérő, táblás, hipidiomorf, zónás, ikerlemez. Az ikerlemez határai általában elmosódtak, és gyakran a plagioklász is inhomogén, mozaikos, zavaros megjelenésű. A szemcsék külső részén (a legkülső zóna kivételével) sok apró üvegzárványt tartalmaz, ez a rész a belső, rezorpciós zárványmentes részre kristályosodott. A plagioklász legkülső zónája szintén rezorpciós jellegeket mutat. Esetenként 2-3 szemcséből álló kumulátum is megfigyelhető. Összetétele a szimmetrikus zónában mért kioltás alapján (18-22°) andezines (**5a és 5b ábra**). A **szanidin** néhány nagyméretű (3-4 mm), táblás, üde, de szegélyén visszaolvadt-rezorbeálódott, xenomorf-hipidiomorf szemcsék formájában fordul elő (**6. ábra**). Az **augit** átlagosan 0,5 mm-es (maximálisan 1 mm-es) zömök oszlopos, idiomorf-hipidiomorf, halványzöld, gyengén zónás. Gyakori a poliszintetikus iker.



5a és 5b. ábra: Rezorbeálódott plagioklász, a szegélyén sok üvegzárvánnyal, valamint csaknem teljesen opacitosodott biotit (fekete), uralkodóan kőzetüvegből álló alanyanyagban. 34. sz. malomkő; Andezit1 típus, a) 1N, b) +N.

Figs. 5a and 5b: Resorbed plagioclase with a lot of glass inclusion in its rim, and almost completely opacitized biotite (black) in predominantly glassy groundmass. Sample 34; type andesite1, a) 1N, b) +N.

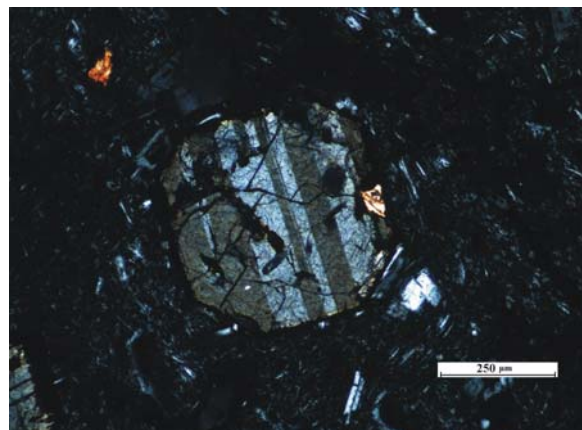
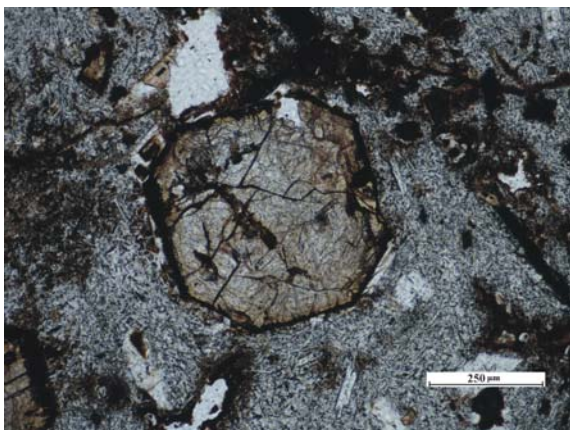


6. ábra: Nagyméretű töredezett szanidin fenokristály. 34. sz. malomkő; Andezit1 típus, +N

Fig. 6: Coarse grained broken sanidine phenocryst. Sample 97; type andesite1, +N

Néhány esetben rezorpció megfigyelhető, ennek során vagy limonitos, visszaolvadt kéreg, vagy más esetben az olvadékkal reakcióba lépve a finomszemcsés, plagioklászból és biotitból álló szegély alakul ki. Az átalakulás sokszor a hasadásokon keresztül az egész szemcsére is kiterjed. Esetenként néhány szemcse kumuloporfirt alkot (**7a és 7b ábra**).

A szinte teljesen *opacitosodott* biotit változatos méretű (0,2-1 mm) hatszöges szemcsék formájában jelenik meg, az eredeti sötétbarna-sárgásbarna pleokroizmusú biotit reliktumai csak elvétve figyelhetők meg néhány szemcse közepén (ld. **5a és 5b ábra**).



7a és 7b. ábra: Sajátalakú, ikresedett augit fenokristály. 97. sz. malomkő; Andezit1 típus, a) 1N, b) +N.

Figs. 7a and 7b: Euhedral, twinned augite phenocryst. Sample 97; type andesite1, a) 1N, b) +N.

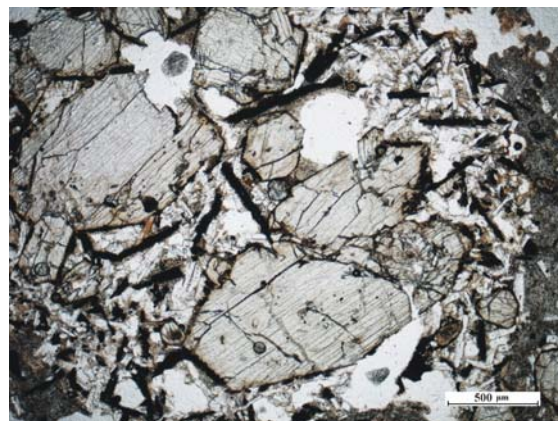
Az **alapanyag** uralkodóan kőzetüvegből áll, amelyben kisméretű (általában $<0,1$ mm) plagioklász, opakásvány (opacit), esetenként piroxén valamint ritkán apatit és cirkon fordul elő (ld. **5a és 5b ábra**). A **kőzetüveg** szürkésbarna-barnásszürke, zavaros. Egyes mintákban az üvegben homogén, feltehetően újraolvadt, teljesen szabálytalan alakú, zárványmentes narancsvörös színű (limonitos) kőzetüvegből álló részek alakultak ki, amelyek közepe gyakran üreges. A **plagioklász** üde, táblás-léces megjelenésű, kevés (3-4) ikertagból áll. A szimmetrikus zónában mért kioltás alapján ($20-24^\circ$) andezites összetételű. Az **opakásvány** általában nagyrészt teljesen opacitosodott biotit, kisebb részben ilmenit lehet. Egyes mintákban apró (<50 μm), sajátalakú, zömök oszlopos **piroxén** szemcsék is előfordulnak. Az akcessoriák közül az **apatit** a gyakoribb, idiomorf, nyúlt, vékony oszlopos megjelenésű, a **cirkon** elvétve fordul elő, a magmakeveredés csaknem teljesen felolvadt reliktumában (ld. később) található zömök oszlopos, sajátalakú, viszonylag nagyméretű ($\sim 0,1$ mm) szemcsék formájában.

Endogén zárványok viszonylag ritkák, mintegy 1 cm-es átmérőjűek. Viszonylag sok, általában nagyobb (max. 0,5-1 mm) piroxénból, és sok kisebb ($\sim 0,25$ mm), nyúlt plagioklászból álló kristályos szemcsés szövetű lekerekített, általában nem teljesen határozott körvonalú elegyrészek, esetenként erősen átalakultak (**8. ábra**).

A kőzettípusban **magmakeveredés reliktumainak** értelmeztük azokat az erősen átalakulóban levő klinopiroxénból és sötét vörösbarna-barnásfekete, homogén alapanyagból álló lekerekített, mintegy 0,5 cm-es maradványokat, amelyek a fent leírt cirkon szemcséket tartalmazzák, továbbá azokat a finomszemcsés (0,1-0,2 mm), nyúlt plagioklászból és közte narancsvörös színű homogén kőzetüvegből álló zárványokat, amelyekben néhol nagyméretű (1-2 mm-es) zónás, üvegzárványos plagioklász, vagy augit fenokristály fordul elő (**9. ábra**).

A kőzetek elvétve karbonátásványokból álló limonitos szegélyű **kéregzárványokat** is tartalmaznak.

Összefoglalóan a kőzettípusba tartozó kőzetek ásványi összetételük alapján, a szanidin mennyiségétől függően, trachandezites vagy látitos összetételűek, amelyekben számos jel utal magmakeveredésre (plagioklász ikerlemezhatárok fokozatos elmosódása, rezorpciója, üvegzárványok zónás megjelenése, piroxének rezorpciója, átalakulása, reakciószegélye, reliktn magmatit zárványok, a biotitok teljes opacitosodása). A fentiek és a piroxén-biotitandezit kőzettípus (ld. alább) azt mutatja, hogy a normál andezites összetételű kőzethez illóban és feltehetően alkáliákban dúsabb magma keveredett.



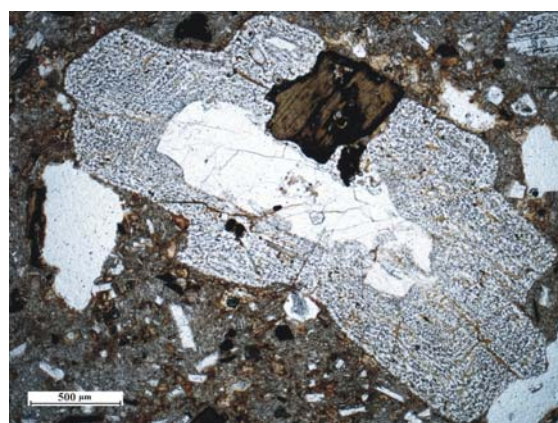
8. ábra: Augitból, plagioklászból és opak ásványból álló endogén zárvány. 34. sz. malomkő; Andezit1 típus, 1N.

Fig. 8: Endogene inclusion consists of augite, plagioclase and opaque minerals. Sample 34; type andesite1, 1N..



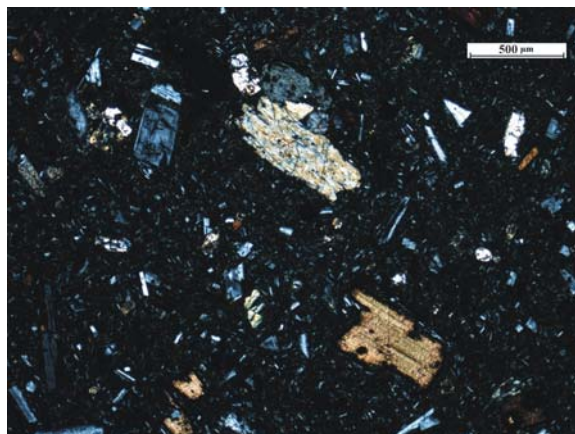
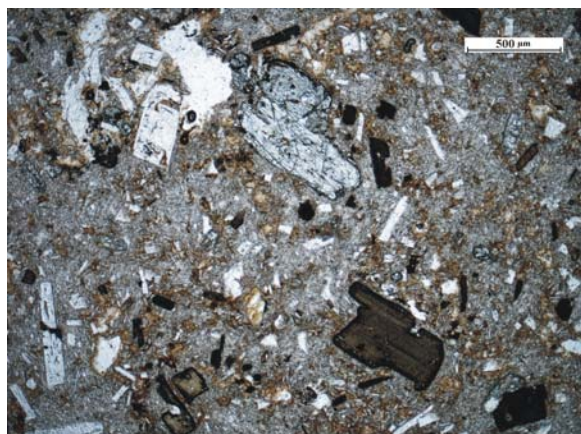
9. ábra: Plagioklászból, piroxénból és vörösbarna kőzetüvegből álló reliktn zárvány. 62. sz. malomkő; Andezit1 típus, 1N.

Fig. 9: Relict inclusion consist of plagioclase, pyroxene and reddish brown glass. Sample 62; type andesite1, 1N.



10. ábra: Sajátalakú, zónás, a szegélyén üvegzárványos plagioklász és biotit fenokristályok. 80. sz. malomkő; Andezit1a típus, 1N.

Fig. 10: Euhedral, zoned plagioclase with glass inclusion on its rim, moreover biotite phenocryst. Sample 80; type andesite1a, 1N



11a és 11b. ábra: Plagioklász, biotit és augit fenokristályok nagyrészt üveges alapanyagban, amely viszonylag sok aprószemcsés plagioklász, biotitot, klinopiroxént és opak ásványt tartalmaz. 80. sz. malomkő; a) 1N, b) +N.

Figs. 11a and 11b: Plagioclase, biotite and augite phenocrysts in predominantly glassy groundmass consists of quite a large amount of plagioclase, biotite, clinopyroxene and opaque minerals. Sample 80; type andesite 1a, a) 1N, b) +N.

Piroxén-biotitandezit (*Andezit 1a típus*) (77, 80 minták)

A kőzet szövete porfíros hialopilites, helyenként pilotaxitos felé átmenetet mutat. Emellett az alapanyagban kezdődő átkristályosodás megfigyelhető.

A *porfíros elegyrészek* közül az üde, változó méretű (1-10 mm), idiomorf-hipidiomorf táblás plagioklász az uralkodó. Zónás, jellemző, hogy belseje zárványmentes, amit kívül általában vastag, sűrűn üvegzárványos szegély övez, rezorpció nincs. Összetétele a szimmetrikus zónában mért maximális kioltási szög (24°) alapján andezines (**10. ábra**). A biotit viszonylag nagy mennyiségben fordul elő. Mérete változatos, uralkodóan 100 µm körüli, de esetenként eléri a 1,5 mm-t is (emellett lényegesen kisebb méretű biotit az alapanyagban is előfordul). Üde, sötétbarna - világos sárgásbarna, erősen pleokroós. Rezorpció ritkán megfigyelhető. Jellemzősége, hogy zárványként tűs, szagenitrácsú rutilt tartalmaz, ami mellett opakásvány és ritkán apatit is előfordul. A viszonylag kevés *augit* néhány nagyobb (1-1,5 mm) rezorbeálódott és több kisebb (100-200 µm) idiomorf, zömök oszlopos nagyon gyengén pleokroós üde szemcsék formájában jelenik meg. Ritkán több szemcse kumuloporfírt alkot (**11a és 11b ábra**).

Az *alapanyag* uralkodóan szürkésbarna, zavaros kőzetüvegből áll, amiben kevés plagioklász, klinopiroxén, biotit, opakásvány és apatit fordul elő. Az alapanyag részlegesen és gyengén átkristályosodott (ld. **11a és 11b ábra**), sok helyen azonban a „maradék helyeket” kitöltve világos, barnássárga-sárgásbarna, helyenként narancssárga üde üvegfoszlány is előfordul, amelyek közepén

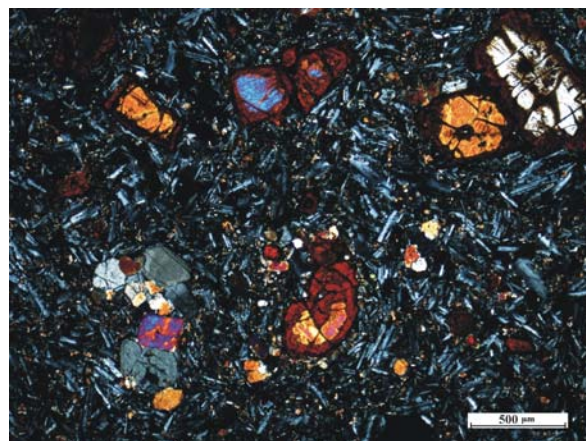
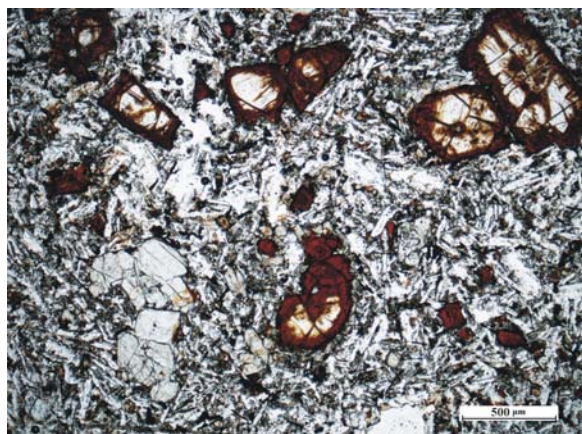
gyakran kis üreg alakult ki. Az alapanyagban emellett kevés apró, léces-tűs *plagioklász*, a fenokristályokhoz hasonló megjelenésű, de méretében lényegesen kisebb (<100 µm) *klinopiroxén* és *biotit*, valamint elvétve *opakásvány* (izometrikus magnetit, és léces átmetszetű ilmenit) továbbá nyúlt, oszlopos *apatit* fordul elő, ez utóbbi gyakori biotitban is zárványként.

Az *endogén zárvány* ritka, biotitból, plagioklászából és kevés klinopiroxénból áll.

Összefoglalóan a kőzettípus üde, üveges piroxén-biotitandezit nagyon kevés endogén zárvánnyal.

Az andezites-látitos kőzettípusok képződése

A fent leírt két kőzettípus petrográfiai vizsgálatának eredménye azt mutatja, hogy a trachandezit-látit és a piroxén-biotitandezit genetikailag összetartozó kőzettípusok a bennük előforduló kőzetalkotó elegyrészek jelentős hasonlatossága alapján, vagyis a két kőzettípus ugyanarról a lelőhelyről származhat. Ezen túlmenően azonban a piroxén-biotitandezit sokkal üdebb, mint a trachandezit-látit, nem hólyagüreges és egyáltalán nem tartalmaz káliföldpátot. Endogén zárvány csak ritka, és magmakeveredésre utaló nyomok sem figyelhetők meg benne. Miután a trachandezit-látit csoportba tartozó kőzetekben minden olyan elegyrész megtalálható, amely a piroxén-biotitandezitben is előfordul, ez utóbbi lehetett a magmakeveredés egyik résztvevője, ez képviseli az üde anyagot. Ezen kívül a trachandezit-látit típusú kőzetek kialakulása során, a magmakeveredésben résztvevő másik magmának kálium dúsabbnak és feltehetően illó-dúsabbnak kellett lennie, amire a szanidin és az erősen opacitosodott biotit jelenléte, továbbá a viszonylag nagyméretű hólyagüregek utalnak.



12a és 12b. ábra: Augit kumuloporfir és iddingzites olivin fenokristályok interszertális szövetű alapanyagban. 79. sz. malomkő; hólyagüreges bazalt, a) 1N, b) +N.

Figs 12a and 12b: Augite porphyre with the formation of their cumulate and iddingsitized olivine phenocrysts in intersertal texture groundmass. Sample 79; vesicular basalt, a) 1N, b) +N.

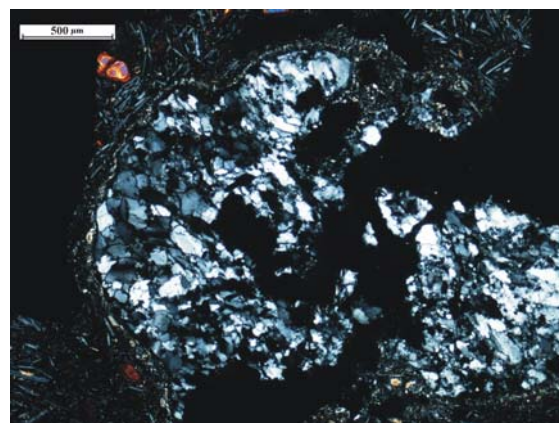
A magmakeveredés hatására az illók jelenléte és/vagy a hőmérséklet-növekedés (esetleg nyomáscsökkenés) hatására részben újraolvadás is történt, amire a plagioklász üvegzárványossága a külső zónában, a biotit erőteljes opacitosodása, a piroxén fenokristályok töredezett jellege, valamint a szanidin jelenléte utal.

Hólyagüreges bazalt (46, 78, 79 minták)

A kőzet szövete porfíros intergranuláris, illetve részben – a kőzetüvegtartalmú változatok – interszertális jellegeket mutatnak. A kőzet hólyagüreges, az alapanyag irányított, folyásos jellegű.

A *porfíros elegyrészek* közül legjellegzetesebb az *olivin*, amely iddingzites, idiomorf, zömök oszlopos szemcsék formájában jelenik meg. Uralkodó szemcsemérete 250-1000 µm közötti, maximálisan 2000 µm, de vannak kisebb, 100 µm körüli szemcsék is. Rezorpció ritkán figyelhető meg (**12a és 12b. ábra**). Esetenként az olivin kristályok csoportokban dúsulnak. Az *augit* nem minden mintában fordul elő porfíros elegyrészként. Nagyon halvány zöld-lilás rózsaszín pleokroizmusú, idiomorf-hipidiomorf zömök oszlopos. Gyakran néhány szemcse kumuloporfírt alkot, ritkán olivinnel történt összenövése is megfigyelhető (**ld. 12a és 12b. ábra**).

Az *alapanyag* irányított, uralkodóan hipidiomorf, tűs-léces, közel párhuzamosan elhelyezkedő üde, néhány ikertagból álló plagioklászokból áll (**ld. 12a és 12b. ábra**). Összetétele az albitikerlemezek szimmetrikus zónában mért kioltási szöge (26-32°), alapján bázisos andezin-labradorit. A plagioklászlecek között elsősorban apró *klinopiroxén* és nyúlt, tűs vagy izometrikus opakásvány (ilmenit, illetve magnetit) figyelhető meg. Akcesszóriaként kevés tűs *apatit* található.

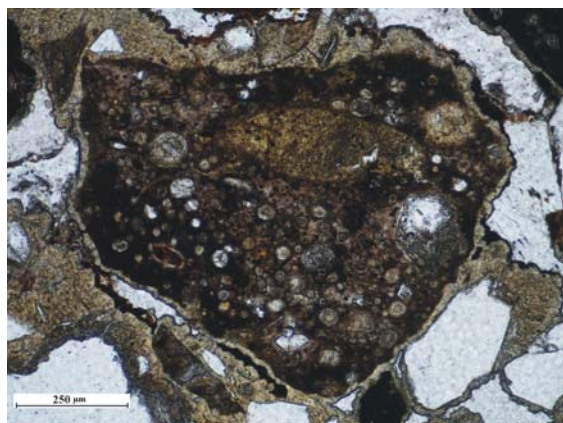


13. ábra: Kvarcit kéregzárvány bazaltban, a szegélyén finomszemcsés klinopiroxénből álló vékony reakciószegéllyel. 78. sz. malomkő; hólyagüreges bazalt, +N.

Fig. 13: Upper crust xenolith of quartzite with fine grained clinopyroxene reaction rim. Sample 78, vesicular basalt, +N.

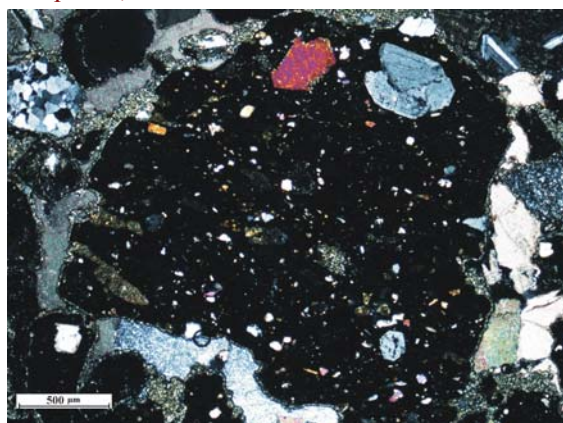
Másodlagos átalakulásként az alapanyagban az olivin fenokristályok közelében foltosan limonitosodás alakult ki. A viszonylag kevés *kőzetüveg* – amennyiben megjelenik – sötétszürke színű, zavaros megjelenésű, és a maradékhelyeket tölti ki.

Nagyon ritkán a bazaltban kéregzárvány is előfordul, amely palás szövetű (csillámos) kvarcit, szegélyén apró, tömeges piroxénkristályokból álló kéreggel (**13. ábra**). Apró piroxén szemcsékből álló aggregátumok a kőzetpéldányokban több helyen is előfordulnak.



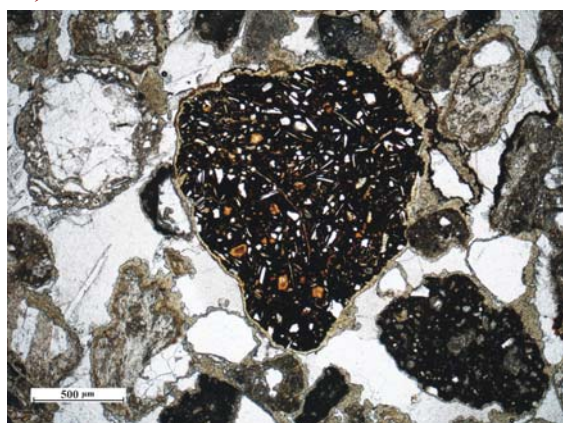
14. ábra: Hólyagüreges bazalttörmelék bazalttufában. 12. sz. malomkő; 1N.

Fig. 14: Vesicular basalt fragment in basaltic tuff. Sample 12, 1N.



15. ábra: Üveges bazalttörmelék üde klinopiroxén fenokristályokkal bazalttufában. 12. sz. malomkő; +N

Fig. 15: Glassy basalt fragment with fresh clinopyroxene phenocrysts in basaltic tuff. Sample 12, +N.



16. ábra: Intersztális szövetű bazalttörmelék bazalttufában. A kötőanyag uralkodóan durvaszemcsés kalcit. 12. sz. malomkő; 1N.

Fig. 16: Basalt fragment with intersertal texture in basaltic tuff. Sample 12, 1N.

Bazalttufa (12. minta)

Jól osztályozott, uralkodóan 500-1000 µm-es szemcsékből álló szemcsevázú tufa. A szemcsék között uralkodó mennyiségben bazaltos közettörmelékek, ritkábban ezek önállóan előforduló ásványszemcséi, továbbá kisebb mennyiségben felszakított, hozzákevert üledékes és részben metamorf eredetű ásvány- és közettörmelékek találhatóak. Az elegyrészek összetétele alapján **közettörmelékes bazalttufa**.

A gyakran irányított, folyásos szövetű bazaltos összetételű **magmás közettörmelékek** több típusát különítettük el:

Hólyagüreges, üveges bazalt – A sok, általában 20-50 µm átmérőjű hólyagüreget tartalmazó közet alapanyaga sötétbarna-vörösbarna közetüvegből áll, amiben 200-500 µm-es rezorpciós klinopiroxén, illetve teljesen átalakult olivin fenokristályok fordulnak elől (**14. ábra**).

Üveges bazalt – Erősen átalakult közettörmelék. Nagy mennyiségű halványbarna üveges mátrixban kisméretű (50-100 µm), üde klinopiroxén, általában teljesen agyagásványosodott, esetenként üde olivin és elvétve amfibol fenokristályok, illetve igen apró (10-20 µm) hólyagüregek fordulnak elől (**15. ábra**).

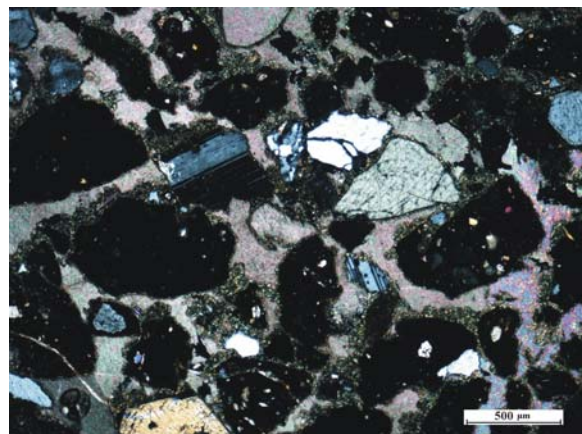
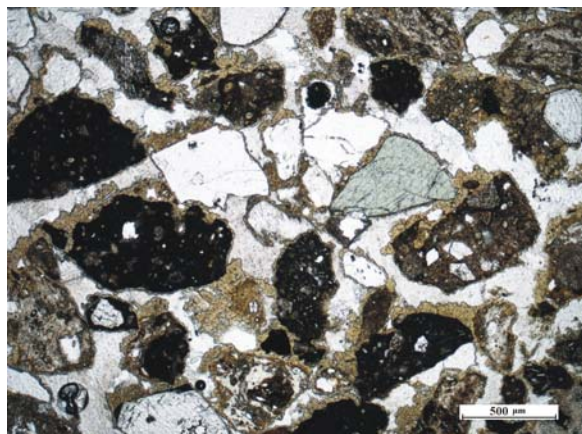
Intersztális bazalt – Uralkodóan sok, apró, tús, közel párhuzamosan elhelyezkedő plagioklászokból, és közöttük kevés közetüvegből álló törmelék (**16. ábra**).

Intergranuláris bazalt – Teljesen kristályos, finomszemcsés, uralkodóan apró plagioklász lécekből, és azok között opakásványokból, illetve valamivel durvább szemcsés klinopiroxénből vagy olivin utáni pszeudomorfózásokból álló közettörmelék.

Karbonátosodott bazalt – A fent felsoroltakhoz hasonló megjelenésű közettörmelék, azzal a különbséggel, hogy a plagioklász tük és az alapanyag is erősen karbonátosodott.

Közetüveg törmelék – Sötét szürkésbarna, zavaros megjelenésű közetüvegből álló törmelékek.

A **magmás eredetű ásványtörmelékek** közül uralkodó mennyiségben fordul elő a zömök oszlopos megjelenésű, viszonylag nagyméretű, akár 400-500 µm-es *augit*. Az *olivin* viszonylag kevés, nagyrészt üde, de esetenként teljesen karbonátosodott pszeudomorfózák formájában található. Elvétve fordul elő idiomorf, barna-sárgásbarna-zöldesbarna pleokroós, viszonylag durva szemcseméretű (200-300 µm-es) *hornblende*. A *plagioklász* kevés, általában xenomorf, az ikerlemezsége gyakran elmosódott (**17a és 17b. ábra**).

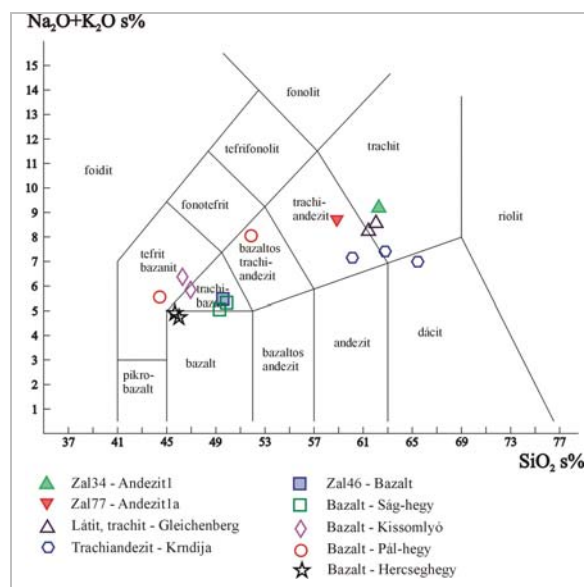


17a és 17b. ábra: Augit, plagioklász, mono- és polikristályos kvarcsemmek, valamint különböző típusú bazalttörmelék bazalttuffában. A kötőanyag uralkodóan durvaszemcsés kalcit, a szemcsék közvetlen környezetében agyagos. 12. sz. malomkő; a) 1N, b) +N.

Figs 17a and 17b: Augite, plagioclase, monocrystalline and polycrystalline quartz clasts moreover different types of basalt fragments in basaltic tuff. Cement is predominantly coarse grained calcite moreover there is clayish around the clasts. Sample 12, a) 1N, b) +N..

A robbanás során *felszakított* vagy *utólagosan hozzákeveredett ásvány-* és *kőzettörmelék* közül viszonylag gyakori az erősen hullámos kioltású, koptatatlan, szilánkos *monokristályos kvarc* (**17a és 17b ábra**). Kis mennyiségben fordul elő a szintén koptatatlan *polikristályos kvarc*, benne erősen hullámos kioltású durvaszemcsés kvarcsemmekkel, amelyek hullámosan vagy szutúrásan érintkeznek egymással (**17a és 17b ábra**). A *kvarcit kavicsok* erősen koptatott, irányított kvarcsemmekből vagy szalagos kvarcitból állnak, gyakran apró muszkovittal. Elvértve fordul elő gömbölyded, szálal *kalcedonból* álló törmelék. A *homokkő vagy aleurolit* apró (50-100 µm), uralkodóan kvarc szemcsékből álló, ritka *kőzettörmelék*. Csillámok közül mind törmelékes eredetű opacitos biotit, mind muszkovit elvértve, de előfordul. A *meszes átitatású és bekérgezéses porózus szövetű kavics* feltehetően édesvízi mészkő eredetű.

A kőzet porózus, viszonylag kevés *kötőanyagot* tartalmaz, amely elsősorban sárga-okkersárga színű, gyakran gömbölyded, ritmusos kiválású vasas-karbonátos (szideromelán), részben agyagos (feltehetően montmorillonitos). Sok helyen foltokban durvaszemcsés pátos kalcit egykristályok alakultak ki a szemcsék között, vagyis a kőzet poikilitópos szövetű (**16. ábra**). A szemcsék körül gyakran agyagos-karbonátos mállási szegély is kialakult, ami részben hozzájárul a cementációhoz. Helyenként limonitos-hematitos átitatás szintén megfigyelhető.



18. ábra: A vizsgált malomkő minták elhelyezkedése a TAS diagramon (telt jelek). A diagramon összehasonlításképpen néhány Gleichenbergből, illetve a Kisalföldről származó terepi minta (üres jelek) adatait is feltüntettük (utóbbi adatok: Harangi et al. 1995a, 1995b, Pamić et al. 1995).

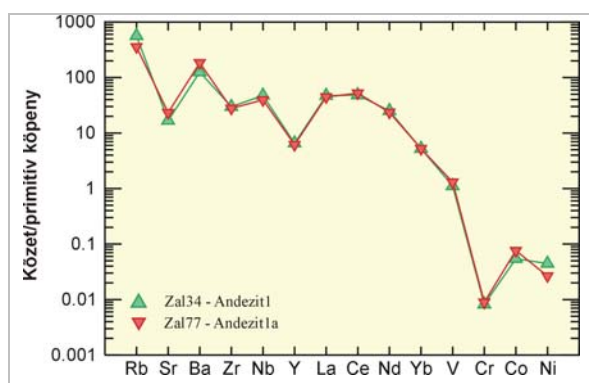
Fig. 18: TAS diagram of analysed millstone samples (full symbols) and some geological samples from Gleichenberg and Little Hungarian Plain (open symbols) (latter data from Harangi et al. 1995a, 1995b, Pamić et al. 1995).

Kémiai elemzések

A petrográfiai leírás során meghatározott három vulkanit csoport (andezit 1, andezit 1a, bazalt) egy-egy reprezentatív képviselőjéből végzett kémiai elemzés eredményeit az **1. táblázat** mutatja.

A kémiai elemzési adatokat a TAS diagramba (Le Bas et al. 1986) behelyezve a petrográfiailag láttinak meghatározott Zal34 minta a trachit, a petrográfiailag piroxén-biotitandezitnek leírt Zal77 pedig a trachandezit mezőbe, de egymáshoz nagyon közel esik (**18. ábra**). A kémiai elemzési adatok azt mutatják, hogy mindkét kőzetre jellemző a jelentős K_2O -tartalom, amely csaknem eléri vagy meg is haladja az 5%-ot, emellett a K_2O/Na_2O arány 1 és 2 közé esik. Ez alapján a kőzetek a káli kőzetek csoportjába tartoznak (Foley et al. 1987). A két minta kémiai összetételbeli hasonlóságát a primitív köpenyre normált sokelemes diagram is jól mutatja. A görbék lefutása teljesen párhuzamos, és az értékek is - a Ni kivételével - szinte azonosak. Jellemző az inkompatibilis elemek (Rb, Sr, Ba, Zr, Nb, Y) és a ritkaföldfémek pozitív és az erősen kompatibilis elemek (Cr, Co, Ni) jelentős negatív anomáliája. (**19. ábra**)

Hólyagüreges bazalt anyagú malomkőből egy kémiai elemzés készült (Zal46 minta). A TAS diagramról leolvasható, hogy a kőzet a kémiai összetétele alapján trachibazalt (**18. ábra**). A primitív köpenyre normált sokelemes diagram alapján (**24. ábra**) a kőzet viszonylag gazdag inkompatibilis elemekben (Rb, Sr, Ba, Zr, Nb, Y és a ritkaföldfémek), továbbá negatív anomáliát tapasztalunk az erősen kompatibilis (Cr, Co, Ni) elemek esetében. Érdemes megemlíteni a viszonylagos Zr és Y szegényedést. A minta kémiai összetételéből számolt mg-érték viszonylag magas, közel 58 %, a K_2O/Na_2O arány 0,57, a szilícium telítettségi index viszonylag kicsi, -0,75.



19. ábra: Az andezit1 és andezit1a minták primitív köpenyre (McDonough és Sun 1995, McDonough 1998) normált sokelemes diagramja.

Fig. 19: Primitive mantle (McDonough és Sun 1995, McDonough 1998) normalised spider diagram of andesit1 and andesit1a millstone types.

1. táblázat: A zalalövői római kori malomkövek típusainak kémiai összetétele (főelemek: %, nyomelemek ppm).

Megjegyzés: a szilícium telítettségi index (S.I.) számolásánál $Fe_2O_3/FeO = 0,15$ arányt számoltunk; szilícium telítettségi index (S.I.) Fitton et al. 1991 alapján; mg-szám:

$mg\# = Mg^{2+}/(Mg^{2+}+Fe^{2+})$ mólaránnal számolva.

Table 1: Chemical composition of the types of Roman age millstones (major elements in %, trace elements in ppm).

Remarks: we used $Fe_2O_3/FeO = 0,15$ for the calculation of saturation index (S.I.); saturation index (S. I.) on the base Fitton et al. 1991; mg-number: $mg\# = Mg^{2+}/(Mg^{2+}+Fe^{2+})$ was calculated by mol ratio

Minta	Zal34	Zal77	Zal46
Kőzettípus	andezit1	andezit1a	bazalt
SiO ₂	62,19	57,65	49,16
TiO ₂	0,72	0,96	2,22
Al ₂ O ₃	17,54	19,57	16,39
Fe ₂ O ₃	3,84	4,17	10,43
MnO	0,06	0,10	0,17
MgO	1,83	1,65	6,39
CaO	3,93	4,36	8,12
Na ₂ O	3,68	3,71	3,44
K ₂ O	5,46	4,80	1,97
P ₂ O ₅	0,58	0,95	0,90
LOI	0,91	2,06	0,85
Sum	100,76	99,98	100,05
Rb	338	214	47
Sr	335	467	799
Ba	827	1213	695
Zr	313	293	250
Nb	31	26	55
Y	28	26	32
La	31	29	40
Ce	81	88	91
Nd	31	30	41
Sm	5,7	4,1	5,7
Eu	0,9	1,2	2,2
Yb	2,3	2,3	2,3
V	91	107	208
Cr	22	23	205
Co	6	8	40
Ni	87	52	190
Zn	34	56	110
K ₂ O/Na ₂ O	1,48	1,29	0,57
mg#	51,75	47,10	57,92
S.I.	16,91	11,66	-0,75

Diszkusszió, a malomkő nyersanyagok származási helye

A petrográfiai vizsgálatok és a kémiai összetételi adatok eredményeit számos, a Kárpát-Pannon Régió hasonló típusú kőzeteinek adatával vetettük össze, majd azok együttes értékelése alapján, megkíséreltük meghatározni, illetve lehatárolni a malomkövek nyersanyagának származási területét.

Trachandezit-látit és piroxén-biotitandezit

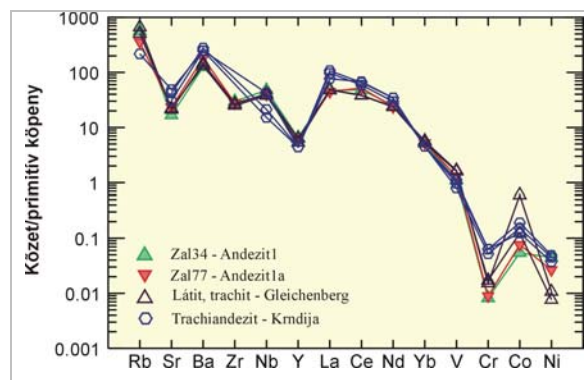
A Kárpát-Pannon térségben káli kőzetek felszínen csak elszórtan fordulnak elő. Az egyik legjelentősebb előfordulás a Stájer-medencében található, ahol miocén korú (18-13 millió éves), káli-jellegű andezitek, trachandezitek, látitok és shoshonitok találhatók a felszínen Gleichenberg és Weitendorf közelében (Scharbert et al. 1981; Krainer 1987; Harangi et al. 1995a, Harangi 2002) (**20. ábra**). Az innen származó, korábbi gyűjtésekből származó kőzetekkel történt közvetlen összehasonlítás alapján elmondhatjuk, hogy az andezit anyagú malomkő ásványos összetétele és a kőzetszövege nagyon hasonló a Gleichenbergben előforduló trachandezit-látit kőzetváltozatokhoz.

A fenti előforduláson túlmenően káli kőzetek a Kárpát-Pannon térség déli részén, a Dráva-vonal mentén a Krndija hegységben fordulnak elő. A Kárpát-Pannon régió délkeleti részén, a Hargitában, illetve északon a Közép-Szlovákiai Vulkáni Területen Ihrac és Odan közelében fordulnak elő shoshonitos és bazaltos trachandezites kőzettípusok, a Bükkalján pedig savanyú káli-dús riolitos kőzetek bukkannak a felszínre (Harangi 2002). Ezen előfordulások kőzeteinek azonban mind a petrográfiai jellegei, mind a kémiai összetétele eltér mind a Stájer-medencebeli, mind a vizsgált malomkövek kémiai összetételétől.



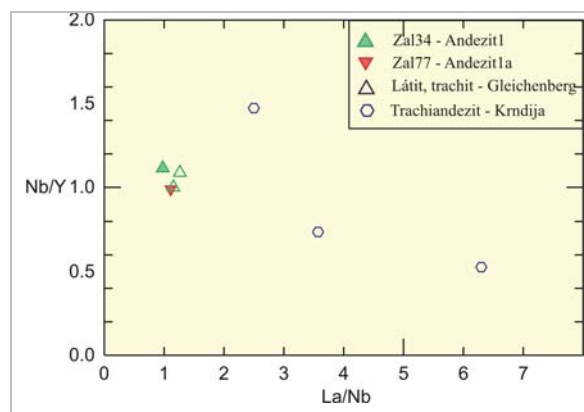
20. ábra: A malomkövek régészeti lelőhelye, továbbá a malomkövek nyersanyagának valószínűsíthető nyersanyaglelőhelyei.

Fig. 20: Locality map of studied millstones and the possible provenances of raw materials of the millstones.



21. ábra: Az andezit1 és andezit1a minták, továbbá a Gleichenbergből és a Krndija hegységből származó káli kőzetek (Harangi et al. 1995a, Pamić et al. 1995) primitív köpenyre (McDonough és Sun 1995, McDonough 1998) normált sokelemes diagramja

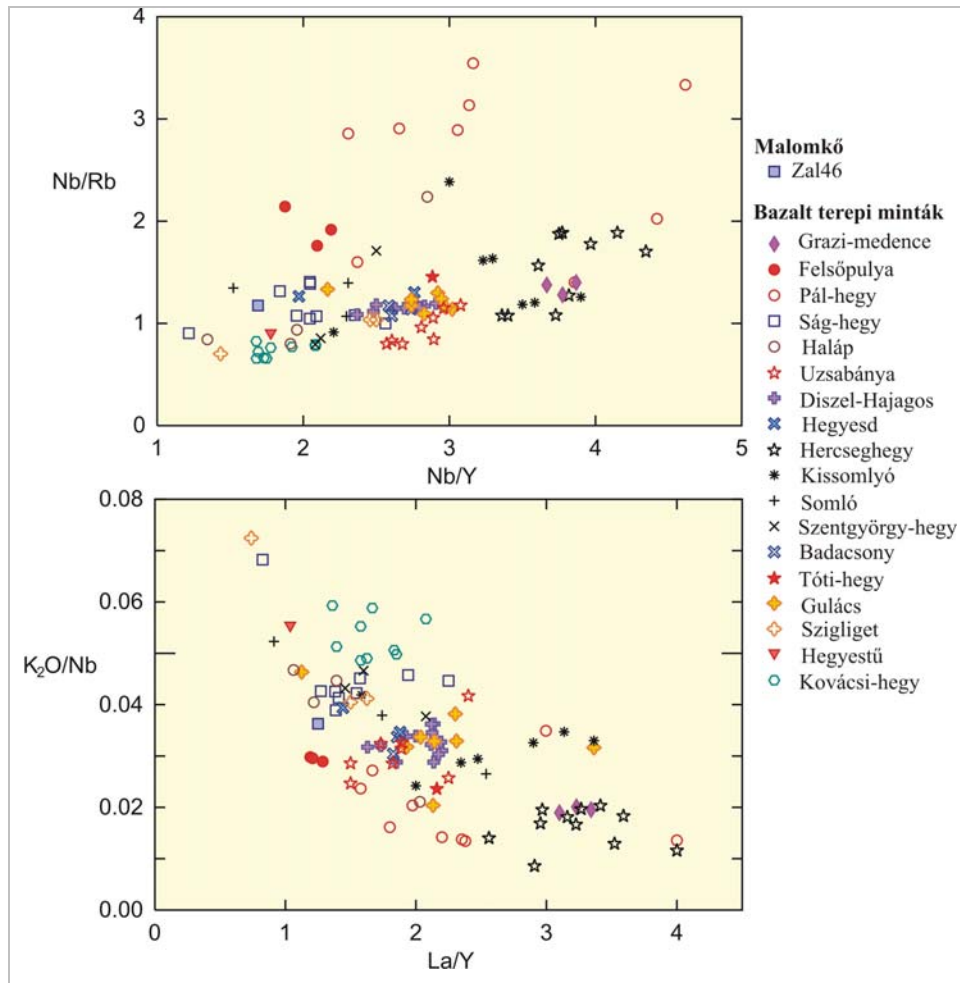
Fig. 21: Primitive mantle ((McDonough és Sun 1995, McDonough 1998) normalised spider diagram of andesite1 and andesite1a millstone types moreover potassic rocks from Gleichenberg and Krndija (Harangi et al. 1995a, Pamić et al. 1995).



22. ábra: Az andezit1 és andezit1a malomkő minták elhelyezkedése a La/Nb-Nb/Y valamint diagramon, összehasonlítóképpen néhány Gleichenbergből, illetve Krndijából származó terepi minta adatait is feltüntettük (adatok Pamić et al. 1995).

Fig. 22: La/Nb-Nb/Y bivariate diagram of analysed andesitic millstones moreover some geological samples from Gleichenberg and Krndija (data from Pamić et al. 1995).

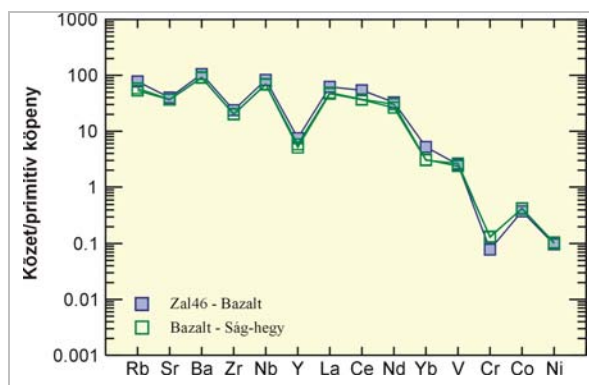
A malomkövekből készült kémiai elemzéseket közvetlenül összevetve a gleichenbergi és a Krndija hegységbeli kőzetek kémiai összetételével (Harangi et al. 1995a, Pamić et al. 1995), a sokelemes diagramon megfigyelhető, hogy a malomkövek görbéinek lefutása egymáshoz hasonló, és kémiai összetétele gyakorlatilag megegyezik a Gleichenbergből származó kőzetek összetételével, ugyanakkor sok tekintetben eltér a Krndija hegység káli kőzeteinek kémiai összetételétől (**21, 22. ábra**).

**23. ábra:**

A Zal46 jelű bazalt malomkő minta elhelyezkedése a Nb/Y-Nb/Rb valamint a La/Y-K₂O/Nb diagramokon, összehasonlításképpen számos, a Grazi-medencéből, Burgenlandból, Kisalföldről és a Balaton-felvidékről származó terepi minta adatait is feltüntettük (utóbbi adatok: Embey-Isztin et al. 1993, Harangi et al. 1995a, 1995b, Kóthay 2009).

Fig. 23:

Nb/Y-Nb/Rb and La/Y-K₂O/Nb bivariate diagrams of analysed basalt millstone (sample Zal46) moreover some geological samples from Graz-basin, Burgenland, Little Hungarian Plain and Balaton Highland (latter data from Embey-Isztin et al. 1993, Harangi et al. 1995a, 1995b, Kóthay 2009).



24. ábra: A vizsgált bazalt malomkő és a Ság-hegy bazaltjának (Harangi et al. 1995b) primitív köpenyre (McDonough és Sun 1995, McDonough 1998) normált sokelemes diagramja.

Fig. 24: Primitive mantle ((McDonough és Sun 1995, McDonough 1998) normalised spider diagram of analysed basalt millstone and basalt from Ság-hill (Harangi et al. 1995b).

A petrográfiai és a kémiai összetételbeli hasonlóság alapján tehát az ebbe a csoportba sorolt malomkő kőzeteinek nyersanyaga a Stájer-medencéből, Gleichenbergből származik.

Bazalt

A Kárpát-medencében és környezetében bazaltok jelentős mennyiségben és elterjedésben találhatók (pl. Harangi, 1994, 2001). A petrográfiai vizsgálatok alapján meghatározott ásványos összetétel és az ásványok megjelenése alapján a malomkő kőzetanyaga a plio-pleisztocén bazaltokhoz, azon belül is elsősorban a Ság-hegy kráter faciesében előforduló bazaltjához mutatnak jelentős hasonlatosságot (Harangi Szabolcs szóbeli közlés).

A bazalt anyagú malomkő kémiai összetételét összevetettük néhány jellegzetes, a térségben előforduló (Grazi-medence, Burgenlandi területek, Kisalföld, Balaton-felvidék) bazaltvulkán mintájának kémiai összetételi adataival (Embey-Isztin et al. 1993, Harangi et al. 1995b, Kóthay et al. 2009). A TAS diagramról leolvasható, hogy a malomkő összetételéhez hasonlóan trachibazaltos, részben átmeneti bazaltos összetételű például a Ság-hegy bazaltja (ld. 18. és 20. ábra). További, jellemző elemeket tartalmazó kétváltozós diagramokon szintén megfigyelhető, hogy a bazalt anyagú malomkő kémiai összetétele, valamint az ezekből számolt paraméterek (mg-szám, **szilícium telítettség** index) elsősorban a Ság-hegy

lávaközeiteiből készült kémiai elemzési adatokhoz áll a legközelebb, azokhoz nagyon hasonlít. Mindemellett azonban megjegyezzük, hogy hasonló kémiai összetételű bazaltok elsősorban a kisalföldi és a Balaton-felvidéki területen máshol is előfordulnak (**23. ábra**). A Ság-hegy bazaltjának kémiai összetételével való jó egyezést mutatja az a sokelemes diagram is, amelyen a malomkő adatai mellett a Ság-hegyről származó reprezentatív minták kémiai összetételét ábrázoltuk (**24. ábra**).

Összefoglalóan a petrográfiai és a kémiai adatok arra utalnak, hogy a bazalt malomkövek nyersanyaga nagyon hasonló a kisalföldi és Balaton-felvidéki bazaltokéhoz, azon belül leginkább a Ság-hegy bazaltvulkánjának lávaközeiteihez mutat hasonlatosságot.

Bazalttufa

Miután a bazalttufából kémiai elemzés nem készült, ezért a nyersanyag eredetére vonatkozóan csak a petrográfiai eredményekre támaszkodhatunk. A kőzet a nagymennyiségű üveges, valamint sok üveget tartalmazó törmelékek alapján freatomagmás kitörés eredménye lehet. Zalalövő környezetében bazalttufák a bazaltoknál említett fiatal bazaltvulkanizmushoz kapcsolódóan számos helyen is előfordulnak mind a Kisalföldön, mind a Balaton-felvidéken, mind a burgenlandi területen és a Stájer-medence keleti részén egyaránt. Ugyanakkor azonban petrográfiailag a Zal12 minta bazalttufája nem hasonlít a Kisalföldön (Ság-hegy, Kissomlyó, Egyházaskesző-Várkesző) előforduló bazalttufákra, ugyanis azok egyáltalán nem tartalmaznak amfibolt, és a bennük előforduló piroxén mérete is lényegesen kisebb (Harangi Szabolcs szóbeli közlés). Miután eddig sem a Balaton-felvidéken sem Burgenlandban és a Stájer-medencében előforduló bazaltos piroklasztitok részletes, mindenre kiterjedő petrográfiai feldolgozása nem történt meg, a bazalttufa nyersanyag-lelőhelyét egyelőre nem tudjuk pontosabban lehatárolni. A közeli bazaltos piroklasztit lelőhelyek közül a Kisalföld területét – jelen ismereteink alapján a fenti okokból kifolyólag – kizárhatjuk, a Balaton-felvidék egyes pannon aljzatán előforduló, illetve a burgenlandi vagy stájer-medencebeli területeken előforduló bazaltos piroklasztitok viszont szóba jöhetnek, mint származási hely. A Stájer-medence vagy Burgenland lelőhelyek mellett az szólhat, hogy a nagy káli tartalmú kőzetek erről a területről származnak.

Régészeti diszkusszió

A Zalalövön előkerült malomkövek kőzetanyagának statisztikai eloszlását a **2. táblázatban** foglaljuk össze.

2. táblázat: A Zalalövön előkerült malomkövek kőzetanyagának statisztikai eloszlása

Table 2: Statistical distribution of the rock types of the millstones found in Zalalövő

Kőzettípus	Darabszám	%-os arány
Andezit (1 és 1a típus)	33	30,3
Bazalt	75	68,8
Bazalttufa	1	0,9
Összesen	109	0

A táblázatból és a kőzetek nyersanyagának fent leírt származási helyéből arra lehet következtetni, hogy a malomkövek mintegy kétharmadát feltehetően a kisalföldi Ság-hegyről, fennmaradó hányadát pedig az ausztriai Gleichenbergről szerezték be a helyi kereskedelem révén – az egyetlen bazalttufából készült eszköz akár helyi kőzetből is készülhetett, de ez a darab statisztikai szempontból elhanyagolható.

Salla Pannonia egészének viszonylatában igen korán létrejött, s feltehetően Noricum provincia keleti határvidékéhez tartozhatott, mielőtt Pannonia provincia közigazgatását megszervezték. Ez felveti annak lehetőségét, hogy a malomköveket eleinte a gleichenbergi köfjéjtől szerezték be, s csak később aknázták ki a Ság-hegyen található bazaltkészleteket. Ugyanakkor keltezhető leleteink előzetes vizsgálata nem ezt látszik alátámasztani, mert időrendi szempontból mindkét lelőhely kőanyaga folyamatosságot mutat ahelyett, hogy két elkülöníthető horizont bontakozna ki. (A kronológiai vizsgálat tekintetében itt szeretnénk megköszönni Redő Ferenc szíves segítségét.)

Amennyiben a Ság-hegyről származó leletek koraiságát nem sikerül megcáfolni a későbbiekben, úgy felvetődik a kérdés, hogy vajon a készárut, vagy csupán a nyersanyagot szerezték be onnan; ugyanis Pannonia belseje a megszállás korai szakaszában ha közigazgatásilag nem is, de jellegében bizonyára barbár területnek számított. Mindez maga után vonja a lehetőségét annak, hogy Salla területén egy malomköveket faragó műhely működhetett, ahova a Ság-hegyi nyersanyag beérkezett – erre utaló régészeti nyomokra azonban mindeddig nem bukkantak az ásatásokon.

Végezetül szeretnénk megjegyezni azt a nagyon fontos tény, hogy a malomkő-kereskedelem nem köthető (legalábbis nem közvetlenül) a Borostyánkő úthoz, amely Salla életének egyik legfontosabb eleme volt.

Összefoglalás, következtetések

A Zalalövőről előkerült 109 darab római kori malomkő archeometriai (petrográfiai és kémiai elemzések) vizsgálatának eredményei azt mutatják, hogy a malomköveket kizárólag vulkanitból, illetve nagyon kis részben vulkanoklasztitból készítették. A nyersanyagok közül uralkodó a bazalt, amelynek származási helye igen nagy valószínűséggel a Ság-hegy, emellett viszonylag jelentős mennyiségben található a Gleichenberg környékéről származó káli kőzetekből készült malomkő is. Bazalttufából csak elvétve készült malomkő, ez utóbbi kőzet nyersanyaglelőhelyét egyelőre nem sikerült pontosítani. A fentiek alapján a malomkövek mintegy 50-60 km-es szállítás után kerültek felhasználási helyükre.

Köszönetnyilvánítás

A vékonycsiszolatok elkészítését Dr. Józsa Sándornak, a kémiai elemzéseket Dr. Heinrich Taubaldnak, a szakmai konzultációt Dr. Harangi Szabolcsnak köszönjük meg. A szerzők köszönetet mondanak Redő Ferenc és Péterdi Bálint szakmai tanácsaiért.

Irodalom

- ANTONELLI, F. & LAZZARINI, L. 2010: Mediterranean trade of the most widespread Roman volcanic millstones from Italy and petrochemical markers of their raw materials. *Journal of Archaeological Science* **37**: 2081-2092.
- EMBEY-ISZTIN, A., DOBOSI, G., JAMES, D.E., DOWNES, H., POULTIDIS, Ch. & SCHARBERT, H.G. 1993: A compilation of new major, trace element and isotope geochemical analyses of the young alkali basalts from the Pannonian Basin. *Fragmenta Mineralogica et Palaeontologica* **16**: 5-26.
- FITTON, J.G., JAMES, D. & LEEMAN, W.P. 1991: Basic Magmatism Associated With Late Cenozoic Extension in the Western United States: Compositional Variations in Space and Time. *Journal of Geophysical Research* **96** (B8): 13693-13711.
- FOLEY, S. F., VENTURELLI, G., GREEN, D. H. & TOSCANI, L. 1987: The ultrapotassic rocks: characteristics, classification, and constraints for petrogenetic models. *Earth Science Reviews* **24**: 81-134.
- HARANGI, SZ., 1994: Geochemistry and petrogenesis of the Early Cretaceous continental rift-type volcanic rocks of the Mecsek Mountains, South Hungary. *Lithos* **33**: 303-321.
- HARANGI, SZ. 2001: Neogene to Quaternary volcanism of the Carpathian-Pannonian Region – a review. *Acta Geologica Hungarica* **44**: 223-258.
- HARANGI, SZ. 2002: Új eredmények a Kárpát-Pannon-térség neogén vulkanizmusának ismeretéhez. – MTA Doktori Értekezés, Budapest

HARANGI, SZ., WILSON, M. & TONARINI, S. 1995a: Petrogenesis of Neogene potassic rocks in the Pannonian Basin. *Acta Vulcanologica* **7** (2): 125-134.

HARANGI, SZ., VASELLI, O., TONARINI, S., SZABÓ, CS., HARANGI, R. & CORADOSSI, N. 1995b: Petrogenesis of Neogene extension-related alkaline volcanic rocks of the Little Hungarian Plain Volcanic Field (Western Hungary). *Acta Vulcanologica* **7** (2): 173-187.

KÓTHAY, K. 2009: Alkáli bazaltos magma fejlődéstörténete szilikátolvadékok-zárványok vizsgálata alapján a Balaton-felvidéki Hegyestű és Haláp példáján. – PhD értekezés, ELTE TTK Közettan-Geokémiai Tanszék, 119p

KRAINER, B. 1987: Sedimentation und Shoshonit von Weitendorf, Badenian, Steirisches Becken. *Mitteilungen Österreichische Geologische Gesellschaft* **80**: 143-156.

Le BAS, M. J., Le MAITRE, R.W., STRECKEISEN, A. & ZANETTIN, B. 1986: A Chemical Classification of Volcanic Rocks Based on the Total Alkali-Silica Diagram. *Journal of Petrology* **27**: 735-750.

McDONOUGH, W. F. 1998: Earth's core. In: MARSHALL, C. P. & FAIRBRIDGE, R. W. (eds.): Encyclopedia of geochemistry. - Kluwer Academic Publishers; Dordrecht: 151-156.

McDONOUGH, W. F. & SUN, S.-S. 1995: Composition of the Earth. *Chemical Geology* **120**: 223-253.

NAGY-SZABÓ, T. 2008: A kenyérsütés emlékei Pannoniában (Zalalövői malomkövek). – Közvetlen szakdolgozat, ELTE Régészeti Intézet, Budapest

PAMIĆ, J. J., McKEE, E. H., BULLEN, T. D. & LANPHERE, M. A. 1995: Tertiary Volcanic Rocks from the Southern Pannonian Basin, Croatia. *International Geological Review* **37**: 259-283.

PÉTERDI, B., SZAKMÁNY, GY., JUDIK, K. & DOBOSI, G. (2009): Bazaltos andezit nyersanyagú szarmata szerszámkövek közettani és geokémiai vizsgálata (Üllő 5. lelőhely). - *Archeometriai Műhely*, www.ace.hu/am **VI. 2**: 43-59.

REDŐ, F. 2003: The Autonomous Towns of Noricum and Pannonia. *Situla* **41**: 190-235.

SCHARBERT, H. G., POULTIDIS, C., HÖLLER, H., KOLMER, H. & WIRSCHING, U. 1981: Vulkanite in Raume Burgenland-Oststeiermark. *Fortschritte der Mineralogie* **59**: 69-88.

Internet források

<http://www.nydregio.hu/cgi-bin/kisterseg/index.cgi?view=telepules&kistersegID=18&ID=22> (Hozzáférés: 2009. 06. 15.)

<http://www.geocaching.hu/caches.geo?id=950> (Hozzáférés: 2009. 06. 15.)

