

# **A Baksai Gneisz Komplexum posztmetamorf paleofluidum evolúciója**

*Postmetamorphic palaeofluid evolution of the Baksa Gneiss  
Complex*

**FINTOR KRISZTIÁN**

PhD értekezés tézisei

Szegedi Tudományegyetem  
Természettudományi és Informatikai Kar  
Környezettudományi Doktori Iskola  
Környezetföldtan Doktori Program

Témavezetők:

**Dr. M. Tóth Tivadar**, tanszékvezető egyetemi docens  
**Dr. Schubert Félix**, egyetemi adjunktus  
SZTE, Ásványtani, Geokémiai és Közöttani Tanszék

Doktori iskola vezetője: **Prof. Dr. Kiricsi Imre**  
SZTE, Alkalmazott és Környezeti Kémiai Tanszék

Doktori Program vezetője: **Prof. Dr. Hetényi Magdolna**  
SZTE, Ásványtani, Geokémiai és Közöttani Tanszék

Szeged 2010

## **Bevezetés**

A kristályos medencealjzati képződmények, különösen a Variszkuszi kristályos aljzati komplexumok paleohidrologiai célú vizsgálata az utóbbi évtizedekben mind alapkutatósi, mind pedig alkalmazott kutatási szempontból kiemelten fontossá vált. A kristályos aljzati képződmények hidrodinamikai jelentősége nagyban függ azok másodlagos porozitásától és fluidum áteresztőképességük speciális jellemzőitől. A kristályos kőzetek repedezett porozitásának fontos szerep jut több alkalmazott geológiai probléma esetében, mint repedezett szénhidrogén rezervoárok, geotermikus energiahasznosítás, valamint radioaktív hulladékok kristályos kőzetekben történő elhelyezése esetén.

A kristályos kőzetek fluidum visszatartó és fluidum vezető képességét alapvetően a törésrendszer szerkezeti viszonyai, geometriája, valamint a repedésekben végbement cementációs folyamatok határozzák meg. A repedéskitöltő ásványok egyrészt felelősek a kőzet porozitásának és permeabilitásának csökkenéséért, ugyanakkor fontos információt tárolnak a cementáció fizikai, kémiai viszonyairól is. Utóbbi szempontból kiemelt szerepe van a repedéskitöltő ásványszemcsékbe záródott fluidumzárványoknak, melyek megőrzik a kristály növekedésével egy időben a repedésben tartózkodó fluidum cseppeit, lehetővé téve az eredeti fluidum összetételének és a bezáródás fizikai feltételeinek meghatározását.

A repedésekben áramló fluidumok mellékkőzet átalakító tevékenységének jelentős szerepe lehet különböző geológiai folyamatok során. Amennyiben az áramló fluidum metasomatizáló hatása a mellékkőzet bizonyos ásványainak oldásával jár, az annak hatására lokálisan megnövekedett másodlagos porozitás jelentős hatással lehet az egyébként kis áteresztőképességű kristályos kőzetek hidrologiai viszonyaira. A folyamat másik lényeges aspektusa, hogy hidrotermális metasomatózis hatására lényeges ásványtelepek köztük érctelepek is képződhetnek.

Doktori munkámban a Baksai Gneisz Komplexum, mint aljzati kristályos kőzettest posztmetamorf repedésrendszerének cementációjával, paleohidrologiai fejlődéstörténetével foglalkozom részletesen. Munkámban elkülönítem a kőzettestben megfigyelhető leglényegesebb értípusokat és megállapítom képződésük egymáshoz viszonyított relatív korát. Részletes petrográfiai vizsgálatok eredményeképpen meghatározom az egyes értípusokban az érkitöltő ásványok képződésének relatív sorrendjét. Ásványkémiai, teljes kőzet kémiai, valamint fluidumzárvány vizsgálatok elvégzésével kívánok pontosabb képet vázolni az erek képződése során uralkodó fizikai, kémiai viszonyokról. A fluidumzárvány mikrotermometriai és Raman spektroszkópai eredményeket a termobarometriai adatokkal kombinálva felvázolom az érrendszerben egykor áramlott fluidumok fejlődését a  $P$ - $T$ - $X$  térben. Eredményeim összegzéseként részletesen bemutatom a Baksai Komplexum posztmetamorf paleofluidum evolúcióját.

### **Minták és vizsgálati módszerek**

Az egyes értípusok megbízható elkülönítésének és makroszkópos vizsgálatának alapját a Baksa-2 fúrásból rendelkezésre álló nagy mennyiségű magminta tette lehetővé. Részletesebb vizsgálatok céljából 31 reprezentatív mintát választottam. Az érkitöltő ásványok minőségi azonosítása, képződési sorrendjének meghatározása, valamint az erek geometriai tulajdonságainak vizsgálata céljából, a legjellegzetesebb mintákból standard ( $\sim 30 \mu\text{m}$ ) vékonycsiszolatok készültek.

A különböző ásványok szöveti kapcsolatának, valamint az egy kristályon belüli szöveti illetve kémiai inhomogenitások pontos azonosítása céljából pásztázó elektronmikroszkópos és katódlumineszcens mikroszkópos felvételek készültek. A visszaszórt elektron (BSE), és másodlagos elektron (SE) képek, valamint egyes ásványfázisok röntgen elem térképei egy Hitachi S4700 típusú pásztázó elektronmikroszkóp felhasználásával készültek a Szegedi

Tudományegyetem Környezettudományi Intézetének elektronmikroszkóp laboratóriumában. Az elektronsugár kondíciók 25 kV gyorsító feszültség, és 10  $\mu$ A áramerősség voltak valamennyi mérés során. A katódlumineszcens felvételek az MTA Geokémiai Kutatóintézetében készültek egy Nikoen Eclipse E600-as optikai mikroszkópra szerelt Reliotron hideg katódos katódlumineszcens berendezés segítségével. A mérési paraméterek 8-9 kV elektron energia, és 0,3-0,8 mA áramerősség voltak.

A tájékoztató jellegű ásványkémiai analízisek a pásztázó elektron mikroszkóp energiadiszperzív spektrométerével (EDS) készültek. Az egyes ásványok kvantitatív kémiai analízisei a lebobeni Montanuniversität (Ausztria), Ásvány- és Kőzettani Tanszékének Eugen F. Stumpfl elektron mikroszkopos laboratóriumában készültek egy JEOL JXA 8200 Superprobe elektron mikroszkopos használatával. A berendezés öt hullámhossz diszperzív spektrométerrel van felszerelve és a bórtól az uránig bármely elem mérésére alkalmas. A nagyfelbontású digitális röntgen elem térképek a WDS és EDS spektrométerek együttes használatával készültek. Valamennyi analitikai módszer teljesen automatizált, a mérések 10 nA áramerősségen, 15 kV gyorsító feszültség mellett készültek. A sugárnyaláb átmérő 1  $\mu$ m volt kivéve a földpátok esetében (5  $\mu$ m). Az akkumulációs idő 10 s volt a csúcsokra és 4 s a háttérre. Kimutatási határ 0,1-0,02 % Si, Al, Ti, Fe, Mg, Ca, Na, K, Mn, S, Co, Ni, As, Cu, Zn, Cd és Cr esetében, míg 0,2-0,07 % a Ba esetében.

A stabilizotóp geokémiai vizsgálatok a MTA Geokémiai Kutatóintézetének Stabilizotóp laboratóriumában készültek egy Finnigan delta plus XP He vivőgáz tömeg spektrométeren. A mintázás során mikrofúró segítségével 0,1-0,3 mg kalcit port nyertünk ki minden vizsgálatra kiválasztott mintából. Az így kapott mintákat vízmentes foszforsavval reagáltattuk és a felszabadult CO<sub>2</sub>-t elemeztük a tömeg spektrométerrel. A kapott  $\delta^{13}\text{C}$  (vs. V-PDB) és  $\delta^{18}\text{O}$  (vs. V-SMOW) értékek duplikátum mérések átlageredményei

valamennyi vizsgált minta esetében. A mérések pontossága  $\pm 0,1-0,2\%$  mind  $\delta^{13}\text{C}$  mind  $\delta^{18}\text{O}$  értékek esetében.

A mikrotermometriai vizsgálatok 75-150  $\mu\text{m}$  vastag, mindkét oldalon polírozott vastag csiszolatokon készültek. A méréseket Linkam THMSG 600, hűthető-fűthető tárgyasztal segítségével végeztük a Szegedi Tudományegyetem, Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszékén. A tárgyasztal hűtése folyékony nitrogén, míg fűtése elektromos fűtőszál segítségével történt. A műszer mérési tartománya  $-196$  és  $600$   $^{\circ}\text{C}$  közötti. A vizsgálatokhoz LMPlanFI 100X objektívet (Olympus) használtunk, a műszer kalibrálását szintetikus fluidumzárványok segítségével végeztük  $-56,6$ ,  $0$ , és  $374$   $^{\circ}\text{C}$ -on. A mérési pontosság hűtésnél  $\pm 0,2$   $^{\circ}\text{C}$ , fűtésnél  $\pm 0,5$   $^{\circ}\text{C}$ .

A zárványok Raman spektroszkópiás vizsgálatát a leobeni Montanuniversität (Ausztria) Ásvány- és Kőzettani Tanszékén végeztük, Jobin Yvon LABRAM márkájú konfokális Raman mikrospektroszkóppal, 100 mW teljesítményű frekvenciakétszerezett Nd-YAG lézer alkalmazásával. A besugárzásokat 532,2 nm (zöld) lézerrel végeztük mind a kvarc, mind a karbonát mintákon. A műszer spektrális felbontása  $4\text{ cm}^{-1}$ , míg térbeli felbontása néhány  $\mu\text{m}^3$ . A spektrométer kalibrálása mesterséges szilíciummal, polietilénnel, kalcittal, és természetes gyémánt kristállyal történt. A felvételi idő 100 s volt, spektrumonként 20 s-es akkumulációs periódusokkal.

Az erek menti mellékközetek teljes közet kémiai analízisei Horiba Jobin Yvon XGT 5000 röntgen fluoreszcens spektrométerrel készültek a Szegedi Tudományegyetem, Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszékén. Gyorsító feszültség 30 kV röntgensugár átmérő 100  $\mu\text{m}$  volt minden mérés esetében. Valamennyi mért elem esetében természetes ásványstandardokat használtam a standardizáláshoz.

## Új tudományos eredmények

- (1) A Baksai Komplexum kőzeteiben  $di \rightarrow ep \rightarrow sph \rightarrow ab \pm kfp \rightarrow chl1 \pm prh \pm adu \rightarrow chl2 \rightarrow chl3 \rightarrow pyr \rightarrow call \rightarrow cal2 \rightarrow cal3$  paragenetikus szekvenciát mutató Ca-Al-szilikát domináns érrendszer figyelhető meg.
- (2) A pirit kristályok jelentős nyomelem tartalma (As, Cu, Zn, Mn, Co, Ni) és Co/Ni ~1-5 aránya alapján a Ca-Al-szilikát domináns erek képződése poszt-magmás hidrotermás fluidum hatására ment végbe. Az egyes ásványok kristályosodása a diopszid  $D_1$  és az epidot  $E_1$  fluidumzárványainak mikrotermometriai adatai alapján alacsony oldott sótartalmú (0,2-3% wNaCl eq.) vizes elektrolit rendszerű fluidumból történt.
- (3) A  $chl1$  hőmérsékleti adatai és az  $E_1$  fluidumzárványok izochorjainak metszéséből adódó  $P$ - $T$  ablak azt bizonyítja, hogy a kogenetikus keletkezésű  $chl1$  és epidot fázisok <200 MPa nyomásviszonyok között képződtek. Figyelembe véve, hogy a hidrotermás fluidum cirkuláció magmás forrásának tartott aplit dájkok rendkívül gyorsan lehűlhetek a mellékkőzet feltételezett hőmérsékletére (~150 °C a  $chl3$  termometriai adatai alapján becsülve), a hőmérséklet csökkenése során közel állandó nyomásviszonyokkal számolhatunk (~100 MPa).
- (4) A közel állandó (~100 MPa) nyomás alapján ~39 °C/km paleogradiens tételezhető fel a vizsgált területen. Ez alapján a diopszid  $D_1$  zárványai  $T_t$  ~354-480 °C, míg az epidot  $E_1$  zárványai  $T_t$  ~236-475 °C intervallumban csapdázódtak. Az érkítő ásványosodás ~480 °C-ról ~150 °C-ra csökkenő hőmérsékletű hidrotermális fluidumból történt.
- (5) A Ca-Al-szilikát domináns erek mentén szimmetrikus metasomatikus sávok figyelhetők meg, melyek négy jellegzetes ásványparagenezist mutató metasomatikus zónára oszthatók fel: 1)  $ab + ttn \pm ep$ ; 2)  $ep + chl + ttn + ab \pm ser$ ; 3)  $chl + ep + ser + rt \pm ttn$ ; 4)  $ser \pm chl$ . A négy zóna által definiált

metaszomatikus oszlopban a kőzet K, Mg, Fe, és Mn tekintetében elszegényedett, míg Ca-ban gazdagodott a metaszomatózis által nem érintett mellékkőzethez viszonyítva.

- (6) A metaszomatikus oszlop oldásos üregeiben kivált epidot kristályok elsődleges fluidum zárványai a Ca-Al-szilikát domináns ereket létrehozó fluidummal azonosítható fluidum fázist csapdáztak. Az érrendszerben migráló fluidum másodlagos pórusrendszereken keresztül behatolt a mellékkőzetbe metaszomatizálva azt, és létrehozott egy propilit metaszomatikus családba tartozó kőzetet. A kvarc hiánya a metaszomatikus oszlop parageneziséből magasabb hőmérsékletű (~360-410 °C) propilitesedésre utal.
- (7) A *calc* ásványfázissal egyensúlyban levő egykori fluidum számított  $\delta^{18}\text{O}$  értékei (-4 to -12,9‰) a  $C_1$  zárványok mikrotermometriai eredményeinek (alacsony  $T_h$ : 75-124 °C; magas sótartalom: 17,5-22,6%  $w\text{CaCl}_2$  eq.) figyelembe vételével együtt arra utalnak, hogy ez a karbonát fázis a komplexumon kívülről származó, mélybe szivárgó mélymedencebeli fluidumokhoz, vagy evaporit betelepüléseken átszivárgó meteorikus eredetű fluidumokhoz köthető.
- (8) A komplexum kvarc-karbonát erei  $qtz \rightarrow dol \pm calc1 \rightarrow calc2$  érköltő szekvenciával jellemezhetők. A *qtz* fázis fluidumzárványai magas sótartalmú 20-26%  $w\text{NaCl}$ , 1,5-6%  $w\text{CaCl}_2$  só összetételű fluidumot csapdáztak, amely tartalmazott nyomnyi mennyiségű  $\text{CH}_4$ -t, és  $\text{N}_2$ -t is. A kvarc kristályosodásának nyomás-hőmérséklet viszonyai az elsődleges fluidumzárványok izokorjai és litosztatikussal illetve hidrosztatikus termobárikus gradiensek (átlagos termikus gradienst ~35 °C/km feltételezve) metszése alapján  $P \sim 20\text{-}100$  MPa, és  $T \sim 80\text{-}180$  °C intervallumban valószínűsíthetők.

## **Az értekezés témakörében megjelent publikációk**

K. FINTOR, T. M. TÓTH, F. SCHUBERT. (2010): Near vein metasomatism along propylitic veins in the Baksa Gneiss Complex, Pannonian Basin, Hungary. *Geologia Croatica*, 63/1 75-91.

K. FINTOR, R. KAMERA, T. M. TÓTH. (2009): Significance of element mobilization along fractures and shear zones in the environs of the Radioactive Waste Depository Sites of Hungary *Annals of West University of Timisoara, Series Chemistry* 18 (2) 15-22.

K. FINTOR. (2008): Examination of fluid inclusions by non-destructive methods. A Magyar Tudomány Hete 2008, „A tudomány az élhető Földért” Konferenciasorozat, Dunaújváros, Magyarország, 2008 november 10-14. *A Dunaújvárosi Főiskola közleményei* XXX/1. 143-150.

FINTOR, K., SCHUBERT, F., M. TÓTH, T. (2008): Hiperszalin paleofluidum-áramlás nyomai a Baksai Komplexum repedésrendszerében. *Földtani Közlöny* 138/3 257-278.

## **Egyéb publikációk**

### **Könyvrészlet**

FINTOR, K., M. TÓTH, T., SCHUBERT, F. (2009): A Baksai Komplexum posztmetamorf fluidum evolúciója. In: M. Tóth, T. ed.: Magmás és metamorf képződmények a Tiszai Egységben. (Postmetamorphic fluid evolution of the Baksa Complex – In Hungarian) *GeoLitera*, p. 245-258.

### **Kutatási jelentések**

M. TÓTH, T., NAGY, Á., FINTOR, K., VÁSÁRHELYI, B., VÁN, P., FÖLDES, T. (2009): Repedezett tároló modellezés; kőzetmechanikai modell-kísérletek és szeizmikus attribútum alapú modellek korrelációja. III. Kiskunhalas-ÉK. Kézirat, MOL Adattár, Szolnok, pp. 50.

CSATÓ, I., M. TÓTH, T., FINTOR, K., FÖLDES, T. (2009): Unconventional tároló üledékes kőzetek szedimentológiai és kőzetfizikai paramétereinek összehasonlító elemzése a Pannon medencében, különös tekintettel a turbidit üledékekre. Kézirat, MOL Adattár, Szolnok, pp. 56.



## Konferencia absztraktok

K. FINTOR. (2009): Isocon analysis: a practical method for modeling element, mass, and volume change during metasomatic processes – a case study. – A tudomány hete a Dunaújvárosi főiskolán konferenciasorozat. Műszaki és természettudományi konferencia, Természettudomány és környezetvédelem szekció II. Dunaújváros, 2009. November 9.

K. FINTOR, F. SCHUBERT, T. M. TÓTH. (2009): Paleohydrological communication between the Baksa Gneiss and the overlying Carboniferous sediments, SW Pannonian Basin. – XX. European Current Research on Fluid Inclusions. Granada, Spain, 2009. Abstract Volume 91-92 pages.

FINTOR K., M. TÓTH T., SCHUBERT F. (2009): Hidrotermális paleofluidum áramlás és metasomatózis nyomai a Baksai Komplexum repedezett kőzeteiben. – XI. Bányászati, kohászati, és földtani konferencia, Máramarossziget, Románia, 2009. április 2-5. Absztrakt kötet 135-138. oldal.

K. FINTOR, F. SCHUBERT, T. M. TÓTH. (2008): Hydrothermal fluid evolution in the fracture network of the Baksa Gneiss Complex, Pannonian Basin, Hungary. XIII All-Russian conference on thermobarogeochemistry in conjunction with IV<sup>th</sup> APIFIS symposium. Moscow, Russia, 2008. Abstract Volume 241-242. pages (poszter)

K. FINTOR, T. M. TÓTH, F. SCHUBERT. (2007): Fracture cementation of the Baksa Gneiss Complex: traces of paleofluids of extremely diverse origin. XIX. European Current Research on Fluid Inclusions. Bern, Svájc, 2007. Abstract kötet 154. oldal (poszter)

FINTOR K. (2005): Szélsőségesen eltérő genetikájú paleofluidumok nyomai a Baksa Komplexum repedésrendszerében. XXVII. OTDK Fizika Földtudományok Matematika szekció, Budapest, Magyarország, 2005. Abstract kötet, 58. oldal (előadás)