

A hárshgyi homokkő kovásodása és annak hidrotermális eredete*

Dr. Báldi Tamás** és Nagymarosi András**

(6 ábrával, 4 táblával)

Összefoglalás: Szerzők rekonstruálják a hárshgyi homokkő kovásodásának folyamatát csaknem 50 felszíni feltárás, 13 mélyfúrás anyaga alapján. Megállapítják, hogy a kovás kötőanyag nem antigén, hanem elég nagy hőmérsékletű, lúgos-kovás hidrotermális oldatok lehűlése és pH csökkenése révén vált ki az eredetileg savanyú porósvízű homokban a középsőoligocén elején. Magyarázatát adják a kioldási jelenségeknek is. A hárshgyi homokkő területileg is elváló két típusát különítik el. Kimutatják a kovásodás törésvonalakhoz kötött jellegét és ezzel kapcsolatban felismerik a *budai vonal* tektonogén pásztáját, amely meghatározó jelentőségű volt a hárshgyi homokkő szedimentációjában és kovásodásában. Felismerik a felsőeocén magmatitok elterjedési tengelyének és a hárshgyi homokkő kalcedonereinek azonos csapásirányát. A középsőoligocén kovásodást (hidrotermális folyamatot) a felsőeocén magmatizmussal hozzák összefüggésbe. Ennek kapcsán utalnak a Darnó-vonallal durván párhuzamos budai vonal esetleges ércföldtani jelentőségére is. Módszereik kiterjedtek a makroszkópos terepi megfigyeléstől a csiszolati-mikroszkópi, szedimentológiai, RTG-DTG, nyomelem és dekretációs vizsgálatokig.

A hárshgyi homokkő egyik szembeötlő, tercier homokköveknél igen ritka (PETTIJOHN et al. 1973) sajátosságát, kovás kötőanyagát SCHRÉTER (1912), SCHERF (1922), FEKETE (1935) és HORUSITZKY (1958) hidrotermális eredetűnek tartotta. Az utóbbi évtizedekben általánossá vált azonban az a nézet, mely a hárshgyi homokkő kovásosságát a diagenézis során végbement oldási-kiválási folyamatokkal magyarázza, a kovás kötőanyagot diagenetikus eredetűnek tartja: KASZANITZKY (1956), VADÁSZ (1960), ÁKOS (1964).

A Cserhát, Pilis és Budai-hegység területén 1973 óta csaknem 50 felszíni feltárásban, valamint 13 fúrási szelvényben tanulmányoztuk a hárshgyi homokkővet, és ennek kapcsán e kőzet utólagos elváltozásairól sokirányú anyagvizsgálattal alátámasztott képet tudunk kialakítani, sőt e kép alapján bizonyos ércprognosztikai hipotézis felvázolására is vállalkozni mertünk.

1. A hárshgyi homokkő kőzettani jellegei

Az elkovásodás megértéséhez előbb röviden át kell tekintenünk e képződmény kőzettani jellemzőit. A hárshgyi homokkővet, mint formációt, három fő kőzettípus alkotja:

* Szerzők a téma sokoldalú támogatásáért köszönetüket nyilvánítják a Magyar Állami Földtani Intézetnek, továbbá Dr. HÁMOR Gézának és Dr. ZELENYA Tibornak. Az agyagok ásványtani vizsgálatáért külön köszönetüket fejezik ki Dr. BOGNÁR Lászlónak.

** ELTE Földtani Tanszék

- a) A típusos, erősen kovásodott hárshegyi homokkő
 b) Kevésbé típusos, alig kovásodott hárshegyi homokkő
 c) Vörös-, tarka-, és tűzálló agyagok

Az *a*) és *b*) típus bizonyos mértékig földrajzilag elkülöníthető (1., 6. ábra), amennyiben a Biatorbágy—Páty—Nagykovácsi—Pilisszentiván—Pilisvörösvár—Pilisszántó—Pilisszentkereszt, nagyjából 20—200° csapásirányú vonaltól Ny-ra kizárólagos a *b*) típusú, alig vagy egyáltalán nem kovásodott hárshegyi homokkő, míg e vonaltól K-re uralkodik (bár nem kizárólagos) az *a*) típus erősen kovás homokkőve. A két típus különbsége és földrajzi helyzete már HORUSITZKY (In: SCHRÉTER et al. 1959.)-nak is feltűnt. A két típus egyidejűsége dilemmatikus. Mindkettő oligocén kori transzgressziós báziskonglomerátum, a pontos egyidejűség mellett és ellen azonban számos érv szól, melyről egy következő dolgozatunkban kívánunk részletesen beszélni. A *c*) típus (a vörös- és tűzállóagyagok) mind az *a*), mind a *b*) típushoz kapcsolódva, az említett vonal mindkét oldalán megtalálható.

A kováság mértéke az *a*) és *b*) típuson belül is eléggé változékony, kis területen, vagy akár egy szelvényen belül is nagyon különböző lehet. A kovásodás erőssége függ ui. a tektonikai helyzettől (törésvonalak mentén jóval erősebb a kovásodás), a homokszemcsék átmérőjétől és osztályozottságától (az agyagszegény, durva, jól osztályozott homokkő — jobb permeabilitása révén — jobban kovásodott), a karbonátos aljzattól való távolságtól (pH-viszonyok változása). Amikor tehát a fenti területi elkülönülésről beszélünk, átlagos, túlsúlyban levő megjelenési formákra gondolunk.

a) A típusos, erősen kovásodott hárshegyi homokkő

Azért tartjuk típusosnak, mert a Nagy-Hárshegyen is ez van. Tömegének nagy részében erősen kovásodott, igen kemény, fehéres-szürke, sárgásbarna, vagy vörösesbarna durva homokkő, konglomerátum és finom homokkő. Pados, vagy keresztretegzett. Csillámszegény, CaCO_3 -tartalma <5%, gyakorlatilag 0%. A karbonátkioldással kapcsolatos egyes rétegekben észlelhető sejtes szövete (kioldott mészkő- és dolomittörmelék), valamint a molluszkák kőbeles előfordulása (még a kalcithéjas Ostreák és Chlamysok is!). Gyakoriak a növényi törmelék és teredos uszadékfák maradványai. Sok helyen kalcedon- és bariterek járják át. A kalcedonerek iránya majdnem mindig KDK—NyÉNy (80—120 és 260—300° közötti pásztaban) és csak kivételesen található az erre durván merőleges 15—195°-os csapásban (1. ábra). Ugyanezt a csapást észlelte KASZANITZKY (1956) is a Vöröskőváron. Akárcsak a kalcedonerek, a bariterek is meghatározott törésirányokhoz kötöttek, és pedig 20—40 — 200—220° és a 135—170 — 315—350° csapású törési pásztaikhoz. Mind a kalcedon- mind a bariterek dőlésszöge 45—90° közötti lehet, az esetek többségében a 75° körüli dőlésszöget mértük.

Vékonycsiszolatban a detritális anyag mennyisége átlagban 70—90% közötti (a kimérést beosztásos okulárral a ROSIWA-elv alapján két irányban végeztük, az ásványok mennyiségét térfogatszázalékokban adtuk meg). Szélsőértékek: 45—91%. A törmelék anyaga zömében magmás és metamorf eredetű kvarcit, továbbá kvarc. Muszkovit 0,5—3,0%-os elegyítés a homokkőnek (makroszkóposan többnyire nem is észlelhető). A földpát nagy ritkaság (csak egy mintában észleltük), karbonáttörmelék egyáltalán nincs. Kiméréseink



1. ábra. A hárshegyi homokkő elterjedése a kalcodonerek és a fő litoklázis irányok csapásának feltüntetésével. Jel magyarázata: 1. Felszíni feltárás, 2. Mélyfúrás, 3. Fő litoklázis irány, 4. Kalcodonér és iránya, 5. Hárshegyi homokkő felszíni elterjedése, 6. Makrofauna.

Fig. 1. Distribution of the Hárshegy Sandstone with indication of main lithoclase strike directions. Legend: 1. Surface exposure, 2. Deep borehole, 3. Main lithoclase strike direction, 4. Chalcedony streak and its direction, 5. Surficial distribution of the Hárshegy Sandstone, 6. Macrofauna.

során észleltünk még cirkont, amfibolt, rutilt, gránátot és epidotot. Külön tanulmányozta HARTAI Éva a kavicsok anyagát. Az uralkodó kvarciton és kvarcon kívül 3—14%-nyi fekete, finoman palás szövetű grafitpala, továbbá elvétve egy-egy homokkő, csillámpala és kovás fatörzs alkotja a kavicsok anya-

gát. Azokban a rétegekben, melyek valamilyen okból elkerülték a kioldási-kovárodási folyamatot (általában a transzgresszív helyzetű bázistagozatban) nagy szárlékban találhatunk mészkő- és dolomitkavicsot illetve finomabb törmelékot. A bázisrétegek törmelékében gyakori a tűzkő.

A kötőanyagot is vékonyesizolatokban tanulmányoztuk, bár itt segítséget jelentett a röntgendiffraktométeres mérés is. Ez utóbbi segítségével BOGNÁR László a Hárshegyről, Telki-Sziklafaláról, Romhány tanácsi kőbányából néhány % kaolinitet tudott kimutatni, mely a kötőanyag részét képezi. A Pilisborosjenő-Kövesbérc 0,063 mm alatti frakciója 50%-nyi jól kristályos kaolinitet tartalmaz. A Tök-hegyen a teljes kőzet kaolinittartalma max. 20%. A kötőanyagban tehát több-kevesebb kaolinit lehet jelen. (Erre már HORUSITZKY In: SCHRÉTER et al (1959) is utal.) Egyébként négyféle kötőanyag cementálja a hárshegyi homokkőnek ezt a típusát: barit, kalcit, vasoxid, kova. A baritos és kalcitos cementáció rendkívül ritka. A pesthidegkúti Tök-hegy egyetlen mintájában figyelhetjük meg a baritos kötőanyagot, mennyisége 5%. A kalcitos cementáció a pilisszántói Hosszúhegy Martini-féle egykori kőbányájában fordul elő kovásodással együtt. A vasoxidos cementáció viszont igen gyakori, a kovásodással mindig együtt jelentkezik. Általában vörösesbarna, opak összefüggő póruskitöltéseket alkot, máskor tús kifejlődésű. Igen gyakran erekben, sávkokban cementálja és színezi a kőzetet. A pilisszentkereszti Szurdokban és Csobánka-Hosszúhegyen hidrohematitot is találtak.

A leglényegesebb kötőanyag emnél a típusnál a SiO₂. A kötőanyagban levő SiO₂ mennyisége, néhány %-tól 50%-ig terjedhet. A cementáló kovaanyag színtelen, vagy ha vassal szennyezett, sárga, sárgásbarna. Megkülönböztethető egy gyakoribb, szálal-rostos, sokszor sugaras változat, és egy tömöttebb, xenomorf szemcsékből álló változat. Utóbbi könnyen összetéveszthető a kvarccal, ettől csak aprószemcsés kifejlődésében, valamivel kisebb törésmutatójában és kettős törésében különbözik. A röntgenvizsgálat a kötőanyagot is kvarcszerkezetűnek állapította meg, de optikai jellemzői alapján a kovakötőanyag *kalcedon*. Az előbb leírt kétféle kalcedon gyakran együtt is megjelenik. Míg az első, szálal típus csak bekérgezéseket alkot a szemcséken, addig a másik változat mindig repedés-, ill. póruskitöltésként jelentkezik, mégpedig teljesen kitöltve az üreget. Együttes megjelenéskor a tömött szemcsés második változat gyakran körülnövi az elsőt.

Munkánk során vizsgáltuk azt is, vajon mutat-e a kovás cement eloszlása egy rétegen vagy szelvényen belül valamiféle szabályszerűséget. Feltételeztük, hogy az átlag-szemcseátmérő — tehát közvetve a permeabilitás — függvényében kovásodtak az egymás fölött elhelyezkedő homokkőrétegek. Eredményeink azt mutatják, hogy ilyen egyértelmű kapcsolat nincs a kovásodás mértéke és az átlag-szemcseátmérő között.

Minták	Átl. szemcse átmérő (mm)	Kvarc- törmelék %	Kovás cement %	Vasas cement %
Ezüsthegy 1.	0,125—0,063	82,7	17,2	—
Ezüsthegy 2.	0,063—0,031	84,7	15,4	—
Hosszúhajlás-hegy 1.	0,5 —0,25	81,0	19,0	—
Hosszúhajlás-hegy 2.	0,063—0,031	67,6	10,3	22,1
Nagybárhégy (alulról feléle m-ként)				
„O”	0,063—0,031	77,2	22,8	—
„A”	0,125—0,063	75,6	24,4	—
„O”	0,5 —0,25	91,4	8,6	—

Hasonlóan esetlegesnek tűnik a kova kiválása pl. egy, az esztergomi Kálvária-dombról származó minta esetében, ahol ugyanazon kőzetdarab vassal megfestett része (a.) 61,7% kvarctörmeléket, 32% karbonát kötőanyagot és -törmeléket és 6,3% vasas kötőanyagot, míg vassal nem színezett része (b.) 50,1% kvarctörmeléket, 32,5% kovás cementet és 17,4% karbonát kötőanyagot és -törmeléket tartalmaz.

Egyértelmű szabályszerűséget fedeztünk fel a kovásodás mértékében a kova szállító repedések helyzetéhez viszonyítva. A telki Sziklafal két különböző helyen gyűjtött mintáiból sorozatot csiszoltunk és ásványtani összetételt mérünk.

Minták	Kvarc (törmelék) %	Kovás cement %	Karbonát % (törmelék kötőanyag)
Telki 6. a) Közvetlenül a kovaér mellett	72,8	27,2	—
b) Kovaértől 2 cm-re	78,5	21,5	—
Telki 3. a) Közvetlenül a kovaér mellett	55,4	44,6	—
b) Kovaértől 3 cm-re	65,0	35,0	nyomokban
c) Kovaértől 6 cm-re	66,4	9,6	24,0

Kimutatható tehát, hogy a kovaértől távolodva

- egyre csökken a kovás mennyisége
- egyre nő a ki nem oldott karbonát törmelék és -kötőanyag mennyisége
- egyre nő a ki nem töltött pórustérfogat.

b) Kevésbé típusos, alig kovásodott hárshegyi homokkő

Az a) típustól abban tér el, hogy csak egyes rétegei kovásodottak, sőt a kovásodás teljesen elmaradhat, továbbá jelentősen több agyag és aleurit kísérheti a homokkövet. Felépítése ennek megfelelően finom és durva homokkő, konglomerátum és agyagos aleurit váltakozásából adódik. Változóan kemény, színe fehéres szürke, sárgás barna, vagy vörösesbarna. Vékony-lemezesen, padosan rétegzett, vagy keresztarétegzett. Makroszkóposan is gyakran észlelhető muszkovit, néha mállott biotit, glaukonit. CaCO_3 -tartalma gyakran nagyobb 10%-nál. A sejtes szövet igen ritka, a kisebb vagy nagyobb átmérőjű karbonáttörmelék viszont gyakori. Molluszkákban igen szegény, viszont sok a növényi törmelék, teredós uszadéka-maradvány, levéllenyomatok. Kalcedon- és baritér ebben a típusban nincs. Az agyagos aleurit betelepülésekből nem egy helyen *Ostracoda*- és *Foraminifera*-faunát (*Rotalia propinqua*, *Ammonia beccarii*, *Ammomarginulina*, *Ammobaculites*, *Rhabdammina*, *Hyperammmina*) mutatott ki HORVÁTH Mária. Ez a hárshegyi homokkő típus halványan emlékeztet egyes felsőoligocén homokokra, ezért felületes vizsgálat esetén össze is téveszthető azokkal.

A kevésbé kötött rétegek anyagát iszapolási — ülepítési eljárásokkal, szitálásal lehetett előkészíteni, míg a kötött homokkövet ez esetben is vékonycsiszolatokban vizsgáltuk. A legteljesebb átmenet mutatkozik a meszes agyag-aleurit-homok-kavics frakciók között. A detritális anyag mennyisége 57% körüli. A törmelék anyaga — szemben az a) típussal — a kvarc és kvarciton kívül mindig több-kevesebb karbonát. A karbonátszemcsék aránya a kvarcit-

hoz képest elérheti az 50%-ot. Fentiekén kívül több-kevesebb tűzköszemcse, néhol glaukonit, egy-egy plagioklász és csillámok észlelhetők. A kavicsanyag minősége az a) típuséhoz hasonló, mennyisége azonban kisebb az üledék tömegéhez képest.

A kötőanyag — szemben az a) típussal — többnyire kalcit és a tús, opak limonit. Csak egyes rétegekben jelentkezik a kalcitos cementációval együtt a kalcedonos poruskitöltés. Pilisszentlélekről foszforitos cementációt jelez NAGY G. (1968).

c) Vörös-, tarka- és tűzálló agyagok

A hárshegyi homokkő mindkét típusának jellegzetes kísérői. A vörösayag többnyire a homokkő bázisán jelentkezik szeszélyesen változó vastagságú, kiékelődő tömegek formájában a karbonátos fekvő mélyedéseiben. Granulometrikus vizsgálataink szerint agyag és finomhomok tartalmú aleuritnak bizonyult. BOGNÁR László röntgenográfiai és DTG vizsgálatai szerint max. 60%-ban jól vagy közepesen kristályos kaolinitből áll, melyhez kvarc, változó mennyiségű kalcit és vas (az utóbbi sokszor kimutathatóan hematit formájában) valamint Pilisvörösvártól É-ra, a Vörös-hegyen 40%-nyi böhmít társul. A transzgresszív formáció bázisán jelentkező vörösayag, mely egyes szelvényekben alig koptatott mészkő, dolomit és tűzkőtörmelékot tartalmaz lensésen kiékelődő rétegecskében — átliszapolt, áthalmazott, degradált bauxitnak vagy a korai oligocén klimatikus viszonyainak megfelelően már alig bauxitosodott, terra-rossa eredetű vörösayagnak tekinthető (VARJU 1957, valamint BARDOSSY György szóbeli közlése). Kevésbé valószínű, hogy a korábbi földtani térképek által „krétának” jelölt kor elfogadható lenne. A vörösayag eredeti anyaga az oligocén abrázió során áthalmazódott és így szervesen kapcsolódik a hárshegyi homokkőhöz. A vörösayag, ha nem is összefüggő kőzettestként, a Hárshegytől egészen Keszölcig és a Romhányi rögökig sok szelvényben megtalálható.

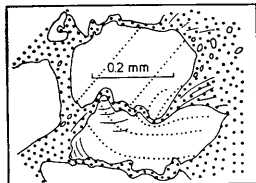
A tűzálló agyagok legdúsabb szemcsefrakciója a durva aleurit és az agyag. A vörös agyagoktól állandóan kicsi (<7%) CaCO_3 -tartalmukban és kis vastartalmukban különböznek. A tűzálló agyag Budakeszittől Romhányig ill. Piliscsabáig nyomozható szabálytalan, lensés testekben közbetelepülve a hárshegyi homokkőben. A kaolin és a hárshegyi homokkő között minden átmenet megvan. Így gyakoriak a kaolinos homokközbelepülések különösen Budakeszittől Ny-ra és a romhányi rögökben, de máshol is előfordulnak. Mint láttuk a hárshegyi homokkő kemény, kovás változatából sem hiányzik a kaolinit mint kötőanyag.

2. A hárshegyi homokkő kovásodása

FÜCHTBAUER (in FÜCHTBAUER und MÜLLER 1970) háromféle kvarcitot különböztet meg.

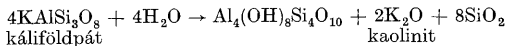
— *Metakvarcit*: homokkő rekrisztallizációja útján keletkező metamorf kvarcit. Jelen vizsgálataink szempontjából érdektelen.

— *Diagenetikus kvarcit* („Druckquarzite”, „pressolved quartzite”): réteghelése nyomás hatására egyes szemcsék részleges vagy teljes oldása (2. ábra) majd kiválása révén megkeményedett agyagos vagy csillámos homokkő. A kova kötőanyag ebben az esetben autochton, vagyis a homokkőtesten belül



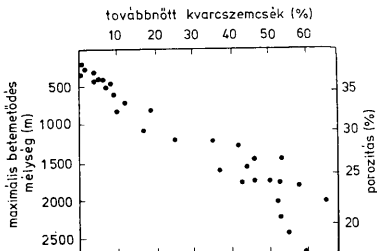
2. ábra. Nyomás hatására létrejött oldódás szomszédos homokszemcsék között (FÜCHTBAUER und MÜLLER, 1970)
Fig. 2. Dissolution between adjacent sand grains due to pressure (FÜCHTBAUER and MÜLLER, 1970)

képződött vagy az említett nyomás hatására, vagy a földpátok kaolinosodása révén:



A fenti reakció során képződő amorf csapadékból — mint kísérletek igazolják — a kaolinit és a kova ki fog kristályosodni. Az autochton (autigén) kvarc a homokszemcsék azonos optikai orientációban való (homoaxiális vagy syntaxiális) továbbnövekedéseként válik ki. A továbbnövekedett szemcsék száma a süllyedési mélységgel arányos (3. ábra). Az utóbbi idők felfogása a hárshegyi homokkővet — véleményünk szerint tévesen — idesorolta.

— „Cement”-kvarcit: a kőzettestbe kívülről behatoló, allochton SiO_2 -től elkováódott agyagszegény homokkő. A homoaxiálisan továbbnövekedett kvarc helyett itt a pórusokat rostosan-hullámosan („faserig-undulöse”) kioltó, vagy kriptokristályos kvarc tölti ki (epitaxiális ráarakódás PETTIJOHN et al. 1973 szerint). A SiO_2 ebben az esetben gyorsan vált ki. HEALD and RENTON (1966) (in FÜCHTBAUER und MÜLLER 1970) hidrotermális kísérletei szerint ez koncentrált oldatok gyors bevezetésekor következik be. A „közép-német” terciér kvarcitokat pl. opál → kalcedon → kvarc cementálja (FÜCHTBAUER und MÜLLER 1970).



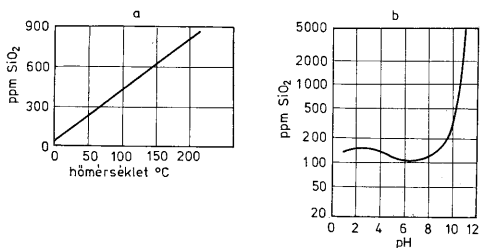
3. ábra. Kvarcsemcsék homoaxiális (syntaxiális) továbbnövekedése a növekvő betemetődési mélység függvényében (FÜCHTBAUER und MÜLLER, 1970)

Fig. 3. Homoaxial (syntaxial) over growth of quartz grains in dependence on the depth of burial (FÜCHTBAUER and MÜLLER 1970)

A hárshegyi homokkő az általunk átvizsgált, csaknem 60 db vékonycsiszolat alapján, ahol egyáltalán kovásodott, tehát az a) típus és helyenként a b) típus esetében, — egyértelműen a „cement-kvarcitok” osztályába sorolandó (vö. 1. fejezet kötőanyag leírása). Kioldási nyomok csak néhány minta kvarc-szemcséin voltak megfigyelhetők, a kioldási öblösödésekbe többnyire vasas kötőanyag hatolt be. A szemcsék felületére kivált kovakötőanyag követi a szemese körvonalát, a továbbnövekedés azonban más orientációjú, új ásvány alakjában történt. Egyetlen mintában (Hárshegy) találtunk csak egy homoxiálisan továbbnövekedett kvarckavicsot, egyébként a kötőanyag kristályorientációja mindig más, mint a szemcséké és ez kizárja a diagenetikus, „Druck-quarzit”-jellegű kovásodást.

A SiO_2 a hárshegyi homokkőbe kétségtelenül kívülről hatolt be erősen lúgos (pH 9–11) oldatokkal (4. ábra, oldh. diagr.). A homoktest durvaszemű, jól osztályozott, nagy porozitású és permeabilitású részei ez oldatok kitűnő vezetői voltak, szemben az agyagosabb rétegekkel. A SiO_2 oldat a homoktest eredeti pórusvizével reakcióba lépett. Ez az eredeti pórusvíz savanyú kellett, hogy legyen. Ez utóbbira bizonyíték a kaolinit gyakorisága a hárshegyi homokkőformációban, a kaolinit tudvalevően a savanyú vízű trópusi lagunákra jellemző és ott stabil (FÜCHTBAUER és MÜLLER 1970, KUKAL 1971, PETTIJOHN et al 1973, NEMECZ 1973). Az eredetileg is viszonylag savanyú partközeli tengervíz pH értéke a lerakódott tovább csökkent (humuszsav képződése a bomlás során). A hárshegyi homokkő pórusvize az üledék lerakódása után tehát savanyúbb volt, mint az átlagos tengeri üledékek gyengén savas pórusvize, közvetlenül az üledék felszíne alatt (KUKAL 1971). A hárshegyi homokkő pórusvize pH 6-ra becsülhető (feloldotta a karbonát kavicsokat és a molluszkaházakat). Az erősen savas jelleget bizonyítja, hogy még a dolomit-szemcsék és a kalcit-teknők is feloldódtak. Nem valószínűtlen azonban, hogy a lúgos-kovás oldatokon kívül — azokkal nem egyidőben — savanyú hidrotërma is hatott, és ez tetőzte be az agresszív kioldási folyamatot.

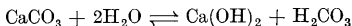
A lúgos SiO_2 -dús oldat tehát az egykori homoktestbe hatolásakor lehülve és a fenti savanyú pórusvízzel reakcióba lépve kovasav tartalmának jelentős részét leadta (4. ábra), mely utóbbi kalcedon formájában a pórusokban kivált.



4. ábra. Amorf kovasav oldhatósága (FÜCHTBAUER und MÜLLER, 1970). a = vizes oldatban a hőmérséklet függvényében, b = 25 °C-on a pH függvényében

Fig. 4. Solubility of amorphous silica (FÜCHTBAUER and MÜLLER, 1970). a = in an aqueous solution as a function of temperature, b = at 25 °C as a function of pH

Miközben a hárshegyi homokkő java tömegében a kovásodás a fenti módon lejátszódott, a homokkő bázisrétegeiben az egykori pórusvíz összefüggött a karbonátos alaphegység karsztvizével. A karsztvíz — mint ismert — lúgos, az alábbi összefüggés szerint:



melyből a $\text{Ca}(\text{OH})_2$ jobb disszociációja révén következik a rendszer lúgos pH-ja.

A lúgos karsztvíz a homokkő alsó néhány méterében a pórusvizet közömbösítette, sőt lúgosíthatta, ezért itt elmaradt a karbonát-kavicsok és molluszka-héjak kioldása és a kovasav sem vált ki nagyobb mennyiségben. Pilisvörösváron az OÉÁ irodája mögötti feltárásban („állomás-bánya”) triász dolomitra települ a hárshegyi homokkő alul 2 m vastag dolomitbreccsával, melyre 4 m vastag, barna, sejtjes kovás kvarchomokkő következik.

A breccsából és homokkőből alulról felfelé haladva vett minták CaCO_3 -tartalma a következőképp csökken: 15,3%, 6,3%, 3,1%, 4,7%, 7,1%. Hasonló a helyzet többek között a solymári Várerdőhegyen is, ahol MONOSTORI M. (1964) az ascendens kovásodás elleni érvként írta le az alsó néhány méter nem kovásodott jellegét, karbonát-törmelékességét. A kováság hiányát a fekvő rétegekben azonban itt is a karsztvíz hatásának tulajdonítjuk.

3. A cementáló SiO_2 eredete

Vékonycsiszolati mikroszkópi vizsgálataink tehát egyértelműen bizonyították, hogy a kovasav kívülről, hirtelen hatolt be a hárshegyi homokkőbe, a cementáló anyag autigén eredetét (Drucklösung) gyakorlatilag kizártuk. Felmerül a kérdés: honnan került a nagy mennyiségű kovasav a homokkőbe? Az alábbi lehetőségekre gondolhatunk: a) a medence más területén oldott SiO_2 -ben gazdag, lúgos tengervíz volt; b) a tufák (földpátok) kaolinosodása során felszabaduló kovasav (l. feljebb); c) hidrotermális oldatok kovásítottak. A következőkben bizonyítani fogjuk, hogy az első két folyamat, ha egyáltalán, akkor is igen korlátozott mértékben járulhatott hozzá a kovásításhoz.

a) Bár a hárshegyi homokkő lerakódási területén — mint láttuk — az átlagosnál savanyúbb volt a tengervíz, a vele szomszédos és durván egyidősnek tekinthető kiscelli agyag üledékgyűjtőjében a tengerek átlagára jellemző gýgen lúgos (pH 8) közeg alakulhatott ki. Ilyen közegben a nem kristályos SiO_2 (vulkáni üveg, *Diatoma*-váz) könnyen oldatba megy, hogy azután az üledék mélyebb rétegeinek savanyúbb környezetében — vagy esetleg áramlással távolabbi, savanyúbb rendszerbe kerülve — kiválják. A Kárpátok mélyebb oligocénjében elterjedt *menüitek* kovásodása így történhetett. A hárshegyi-kiscelli üledékgyűjtő esetében azonban ez kizárható, mivel az olyan kiscelli agyagban sincsenek gyakorlatilag diatomák, melyek egyéb mikroflórában illetve -faunában gazdagok és maga a kiscelli agyag sehol sem kovásodott el úgy, mint a *menüitek*.

b) A hárshegyi homokkőhöz kötöten sok a kaolinit (vö. 2. fejezet). Tufáságra utaló nyomok is akadnak egy-két helyen a hárshegyi homokkőben, mint pl. Pilisborosjenőtlől ÉNy-ra, a Fehér-hegyi árokban, ahonnan több mint 50,0% kaolinit mellett 10%-nyi montmorillonitot mutatott ki BOGNÁR L. A helyszínen is bontott tufitoknak tűnő homokkő tehát tufás volt és a halmirolizist (montmorillonit) kaolinosodás is kísérte. Tegyük fel, hogy a hárshegyi homok-

kőben is annyi tufaanyag volt eredetileg, mint az egyidős kiscelli agyagban és e tufa földpátjának kaolinosodásakor felszabaduló SiO_2 kovásított. Az átlagos kiscelli szelvényben azonban a rétegoszlopnak mindössze 2–3%-át teszik ki tufák, tuffitok, és — mint a tufákban általában — ezeknek földpáttartalma legfeljebb 20%. Az így adódó mennyiség rendkívül csekély a hárshegyi homokkővet cementáló nagy tömegű kovasavhoz képest. Tehát az eleve kevés tufából és még kevesebb földpátból kevés kova származhatott.

Azonfelül a tűzálló agyag (kaolin) lencsés, kiékelődő települése, kereszttrétezett homokkal keveredő megjelenési módja külső (extrabazinális) eredetre és behordásra utal, vagyis a kaolin javarészt nem in situ keletkezett a hárshegyi homokkőben, hanem még a lehordási területen és már kaolinitként került az üledékgyűjtőbe.

c) Már kizárásos alapon is maradna tehát a hidrotermális eredet feltevése, melyet azonban szerintünk meggyőző tényné emelnek az alábbi pozitív bizonyítékok:

- a kovásodás törésekhez kötött változékony jellege;
- a törésvonalakhoz kötött *kalcedonerek* gyakorisága;
- a *barit* gyakorisága, a hidrohematit és (az eocénben) a cinnabarit jelenléte, a Berkenye-4. sz. fúrás hárshegyi homokkővének pirites-kalcitos errei, *hinték piritessége*;
- a *nyomelemek*. Két barit-minta és egy kovaér (mindegyik Pilisborosjenő, Kövesbércről) nyomelem-tartalma a Zn, Cu, Pb figyelmen kívül hagyásával az alábbi eredményeket adta:*

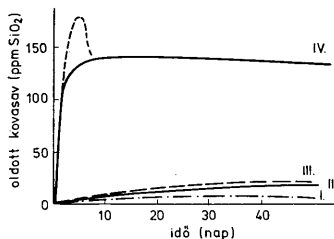
	Barit I.	Barit II.	Kovaér
B	55	100	40 ppm
Zr	190	300	36
V	18	34	7
As	180	320	30
Cr	30	28	5
Se	90	10	10
Co	58	40	43
Sr	150	250	13
Ba	sok	sok	<300

Az As, Se, Ba gyakorisága (utóbbi a kovaérben) egyértelműen hidrotermális eredetet bizonyít ZELENKA T. szerint. VITÁLIS GY. és HEGYI I. (1974) a Budapesti kovás dolomitokból a mi eredményeinkkel teljesen egyező elemzési adatokat nyert (kiemelik a Sr, Ba, As gyakoriságát, elemzésük kiterjedt az eléggé gyakorinak mutatkozó Pb, Zn és Cu-ra is). PRÉCSINÉ DONÁTH É. (1973) a felsőpetényi hárshegyi homokkőformációból és a fekvő kőzetekből a Cu, Zn, As, Ba, Sr viszonylagos gyakoriságát mutatta ki egyéb elemek mellett.

— a kovásító oldat feltűnően nagy *mezotermális hőmérséklete*. Az Országos Érc- és Ásványbánya Vállalatnál CSILLAG János mérése szerint két, a pilisborosjenői Kövesbérc kőfejtőjéből származó barit-minta dekrepitációs vizsgálata az alábbi eredményeket adta: „barit I.” = 310 °C; „barit II.” = 320 °C. E meglepően nagy értékek további vizsgálatokat tesznek indokolttá. A kalcedon kiválási hőmérsékletét eddig nem tudtuk meghatározni, de egy esetleges mezotermális hőmérséklet ebben az esetben is várható, a kalcedon ui. már 500 °C-tól kezdődően 200 °C-ig keletkezhet.

* Az elemzés a Bányászati Kutató Intézetben készült

— a cementáló kova nagy mennyisége, mely az eredeti pórustérfogat alapján kiszámítható. Jól kovásodó hárshgyi homokkő térfogatának átlag 15%-át alkotja a pórusokat csaknem teljesen kitöltő kalcedoncement. Minthogy a kvarc ($2,65 \text{ g/cm}^3$) és a kalcedon ($2,57-2,65 \text{ g/cm}^3$) sűrűsége csaknem egyenlő,



5. ábra. A SiO_2 kristályos és amorf változatainak oldódása (NEMECZ, 1973). Jelmagyarázat: I. Kvarc, II. Kristobalit, III. Opál, IV. Amorf kovasav

Fig. 5. Dissolution of the crystalline and amorphous modifications of SiO_2 (NEMECZ, 1973). Legend: I. Quartz, II. Cristobalite, III. Opal, IV. Amorphous silica

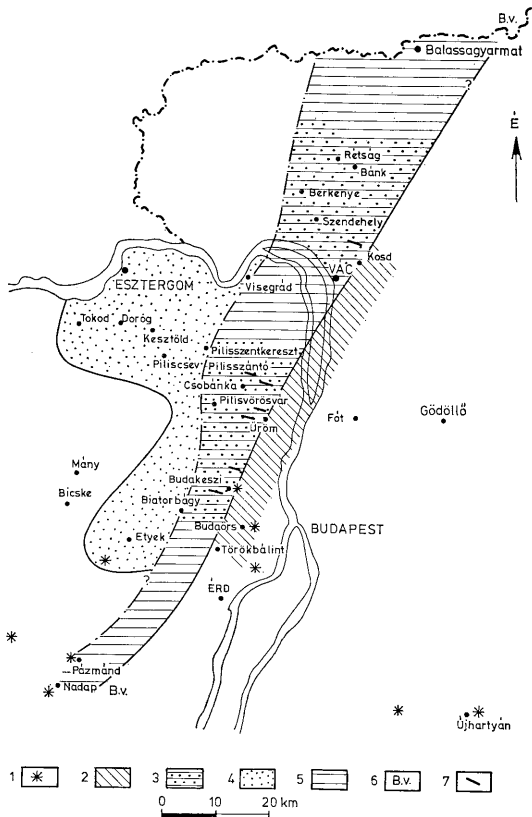
ez ténylegesen kb. 400 kg kalcedont jelent a homokkő minden m^3 -ében. Amennyiben a kalcedon a törmelékes kvarcsemcsék visszaoldása révén keletkezett volna, úgy a homokkő eredeti pórusvizének, és a benne átáramló víznek, kellett volna 400 kg SiO_2 -t feloldani a kvarcsemcsékből. Ez az érték lehetetlennek tűnik, ha tudjuk, hogy 7 pH mellett a víz 25° -on mindössze 7 g/t, 200° -on pedig kb. 50–55 g/t kvarcot old fel. A fenti hatalmas tömegű kovaanyag csakis máshonnan származó, SiO_2 -t tartalmazó oldat átáramlásával magyarázható.

4. A középsőoligocén hidrotermális tevékenység térben és időben

SCHRÉTER (1912) a budai hidrotermális folyamatot az alsó mediterránban (alsómiocénben) kezdődő és a pleisztocén travertinó képződésig terjedő egységes jelenségsorként értelmezte, nyilvánvalóan a miocén vulkanizmushoz kötve azt. SCHERF (1922) és FEKETE (1935) ugyanakkor találóan mutatott rá arra, hogy a hárshgyi homokkővet ért hidrotermális hatások a kiscelli agyag lerakódása előtt kellett, hogy bekövetkezzenek, mivel az utóbbit nem érte hidrotermális elváltozás. Valóban, ha arra gondolunk, hogy a tardi agyag a törésvonalak mentén még kovásodott, viszont a kiscelli agyag még ilyen helyeken sem, akkor a kovásító folyamat záródását a középsőoligocén elejére helyezhetjük. Ugyanez lehetett a barit nagyobb tömegű kiválásának befejező dátuma is. Az is meggyőző, hogy az egereni (felsőoligocén) nagyon hasonló fáciesű homokrétegei a kovásodás legcsekélyebb jelét sem mutatják a hárshgyi homokkővel azonos tektonogén pásztában sem.

A térképen (1. és 6. ábra) feltüntetettük az erősen kovásodott és az alig kovás hárshgyi homokkő típusok elterjedését, valamint a kalcedonerek előfordulását és csapását. A hárshgyi homokkő K-i határa, mely mentén laterálisán, hirtelen átmegy a kiscelli agyagba egy $30-210^\circ$ -os csapású, feltehetően

pireneusi (vagy még korábbi) tektonikai vonal Csitár–Nézsza–Kósd–Szentendre–Üröm–Jánoshegy–Törökbalint–Nadap vonalában. Az erősen kovácsodott, *a*) típusú hárshegyi homokkő Ny-i határa (Pilisszentkereszt – Pilisszántó – Pilisvörösvár – Nagykovácsi – Páty – Biatorbágy) nagyon durván



6. ábra. A hárshegyi homokkő és az eocén vulkanitok elterjedése a budai vonal helyzete, a kalcedonerek csapásának vázlatos feltüntetésével. Jelmagyarázat: 1. Felsőeocén vulkanit, 2. Tardi agyag, 3. Hárshegyi homokkő A-típus, 4. Hárshegyi homokkő B-típus, 5. Feltételezett hárshegyi homokkő, 7. Budai vonal, 8. Kalcedonér csapása

Fig. 6. Distribution of the Hárshegyi Sandstone and of the Eocene volcanics, the position of the Buda Line, with schematic indication of the strike directions of the chaledony streaks. Legend: 1. Upper Eocene volcanics, 2. Tardi Clay, 3. Hárshegy Sandstone, Type A, 4. Hárshegy Sandstone, Type B, 5. Supposed Hárshegy Sandstone, 7. Buda Line, 8. Strike of chaledony streak

nárhuzamos a keletivel, ilymódon a képződmény és ezzel a kovásodás egy 10—20 km széles ÉK—DNY-i csapású D-felé keskenyedő tektonogén pásztához kötődik. E pásztát és különösen annak K-i határát *budai vonalnak* nevezzük, és a hidrotermális tevékenység ennek mentén hatott (6. ábra).

A kalcedonerek eloszlása arra utal, hogy a hidrotermális befolyás nem volt azonos intenzitású a budai vonal teljes hosszában. Míg a Cserhátban kevés kalcedoneret találunk, addig a Pilis egy részében és a Budai hegységben ezek gyakoriak. Tehát a budai vonal mentén D-felé haladva a hidrotermális elváltozás intenzitásának fokozódásával számolhatunk. A budai vonal környezetében a Budai-hegységben a preligocén képződményeken észlelt hidrotermális eredetű elváltozások is jóval jelentékenyebbek és különösen markáns hidrotermális elváltozásokat mutat a Velencei-hegység, a budai vonal D-i folytatásában, gondolva itt pl. a *pázmándi kvarcitra*, mely utóbbi JANTSKY (1957) szerint is a felsőeocén magmatizmus utóhatásaként elkovácsított képződmény.

A kalcedonerek csapása meglepően állandó: KDK—NyÉNy. A priabonien andezitelfordulások, melyek erősen lepusztított és jórészt mélybesüllyedt szubvulkáni és sztratovulkáni tömegek (inkább foszlányok) formájában húzódnak a Vértes D-i előterétől és a Velencei-hegységtől a Bicskétől D-re elterülő (Csákvár 18. sz. fúrás), valamint a Budaörs—Budafok körüli területen (Budaörs-1, Budafok-1. sz. fúrások) át Sári és Újhartyán vidékéig (SZÉKYNÉ—BARABÁS 1953, JANTSKY 1957, GIDAI 1975, WEIN 1974, JUHÁSZ 1971) lényegében azonos csapásirányú tengely mentén nyomozhatók, tehát *azonos törérendszerhez kötődnek* (6. ábra).

Az idősebb oligocén hidrotermális tevékenység, a hárshegyi homokkő kovásodása is minden jel szerint a felsőeocén magmatizmushoz kötődik. Ennek bizonyítékai tehát a kovásítás kora (mivel a magasabb oligocén már nem kovásodott) csapásirányok fenti egyezése és a kovásodás térbeli helyzete (a priabonien andezitelfordulások felé való erősödése).

5. Ércfeldtani következtetések

A felsőeocén magmatizmus érchozó jellege közismert (Recsk—Darnó). A Budai-hegység vonatkozásában való ilyen jellegű jelentőségére már WEIN (1974) is utalt. *A budai vonal Cserháttól Velencei-hegységig húzódó, Darnó vonalal párhuzamos pásztája, különösen annak D-i része, ebből a szempontból mindenképp figyelemre méltó.* A budai vonal nemcsak lefutásában, de geokémiai szituációjában is emlékeztet a Darnó vonalra (mágnás tömegek és karbonátos kőzetek érintkezése). HÁMOR (1972) ércutatási perspektívából a Naszály-Berkenye között húzódó pásztát prognosztikus jelentőségűnek tartja, tehát nem hanyagolandó el a budai vonal Duna-balparti folytatása sem, különösen ha a hárshegyi homokkőben még itt is szórványosan észlelhető kalcedonérre és hintett piritesedésre gondolunk. A priabonien andezitvonulat esetleges É-i kiszögellése a Börzsöny irányában, vagy esetleg egy — a délitől független — vonulat léte ebben a térségben, még a jövő kutatásainak tárgya. VITÁLIS Gy.—HEGYI I. (1974) a triász dolomit kovásodását ugyan a miocén vulkanizmussal hozza kapcsolatba, „mélyebb szintű, metasomatikus ércesedés (magnezitesezés)” lehetőségét azonban hangsúlyozza, és rámutat a törésvonal és hidrotermális tevékenység összefüggésére.

VITÁLIS Gy. és HEGYI I. (1974), valamint saját nyomelemvizsgálataink is az As, Ba, Se, Cu, Pb, stb. gyakorisága alapján esetleges mélyebbszínti hidrottermális ércesedés lehetőségére vetnek fényt. Utalva a korábbi fejezetekben tárgyalt egyéb jelenségekre is (magas mezotermális hőmérséklet, a kovásodás nagy kiterjedése, jelentősége) a további, részletesebb kutatás ebben az irányban nem tűnik érdektelennek.

E munka zárásánál nem mulaszthatjuk el köszönetünket nyilvánítani a Földtani Tanszéken dolgozó geológus-hallgatóknak: BOLNER Katalin, HARTAI Éva, TÓTH Zsuzsa és VARGA Péternek, akik számos terepi és anyagvizsgáló munkában értékes segítséget nyújtottak.

Táblamagyarázat — Explanation of Plates

I. tábla — Plate I.

1. Pilisborosjenő, Kövesbérc. Kovaerek hárshegyi homokkőben
Pilisborosjenő, Kövesbérc. Streaks of silica in the Hárshegy Sandstone
2. Nagyhárshegy, kőfejtő. Kovaerek hárshegyi homokkőben
Naghárshegy, quarry. Streaks of silica in the Hárshegy Sandstone

II. tábla — Plate II.

1. Azonos orientációban továbbnőtt kvarcsezemések (FÜCHTBAUER und MÜLLER, 1970)
Quartz grains with over growth of the same orientation (FÜCHTBAUER and MÜLLER, 1970)
2. Külső hatásra elkovásodott homokkő (a fekete foltok opálból, a finomszemés foltok kalcidonból állnak). (FÜCHTBAUER und MÜLLER, 1970)
Sandstone silicified upon external effect (the black spots consist of opal, the fine-grained spots are composed of chalcedony) (FÜCHTBAUER and MÜLLER, 1970)

III. tábla — Plate III.

1. Sziklafal Budakeszi és Telki között. Hárshegyi homokkő kovaanyaggal cementált tektonikus breccsája. Az üledék már előbb kőzetté vált, mielőtt kovásodás érte volna
Cliff wall between Budakeszi and Telki. Tectonic breccia of the Hárshegy Sandstone, cemented by siliceous matter. The sediment had been lithified, before being affected by silicification
2. Az előző minta egyik kovás repedésének mikroszkópos képe keresztezett nikolok között. Nagyítás kb. 100×
One of the siliceous cracks in the previous sample as seen in microscope. Magnification about 100×

IV. tábla — Plate IV.

1. Felsőpetény-292. fúrás, 39,00—44,00 m. Hárshegyi homokkő mikroszkópos képe keresztezett nikolok között. Nagyítás kb. 100×. Jól látható az aprószemés kőzetanyag
Borehole Felsőpetény-292, 39.00—44.00 m. Microscopic, image of the Hárshegy Sandstone as viewed with crossed nicols. Magnification about 100×. The fine-grained rock material is clearly observable
2. Üröm—Ezüsthegy. Sugaras szálas kalcidon kötőanyag hárshegyi homokkőben. Mikroszkópos felvétel, keresztezett nikolok között. Nagyítás kb. 250×
Üröm—Ezüsthegy. Radial, broad chalcedony matrix in the Hárshegy Sandstone. Microscopic photograph with crossed nicols. Magnification about 250×

Irodalom — References

- ÁKOS É. (1964): A romhányi rög földtani és kőzettani vizsgálata. Szakdolgozat, ELTE Földtani Tanszék, Budapest, kézirat
- FEKETE Z. (1935): Adatok a hárshegyi homokkő geológiájához. Földt. Közl., 65, pp. 126—150.
- FUCHSBAUER, H. — MÜLLER, G. (1970): Sedimente und Sedimentgesteine. Teil II. Schweizerbart'sche Verl., Stuttgart, p. 726.
- GIDAI L. (1975): Az ÉK-dunántúli eocén rétegtani kapcsolatai. Földt. Közl., 105, pp. 82—88.
- HÁMOR G. (1973): A Börzsöny-hegység D-i részének ősföldrajzi vázlata. MÁFI Évi Jel. 1972-ről, pp. 23—32.
- HORUSITZKY F. (1958): 1. in SCHRETER et al. 1958.
- JANTSKY B. (1957): A Velencei-hegység földtana. Geol. Hung., 10, p. 170.
- JUHÁSZ A. (1971): A Duna—Tisza köze harmadidőszaki vulkanitjai. Földt. Közl. 101, pp. 1—12.
- KASZINTZKY F. (1956): Az alsóoligocén (hárshegyi) homokkő ásvány-kőzettani vizsgálata. Földt. Közl. 86, pp. 244—256.
- KUKAL, Z. (1971): Geology of Recent Sediments. Academia, Publ. House, Prague, p. 490.
- MONOSTORI M. (1964): Üledékföldtani vizsgálatok a Budai-hegység paleogén rétegein. Szakdolgozat, ELTE Földtani Tanszék, Budapest, kézirat
- NAGY G. (1968): Píliszentlélek. Magy. a Dorogi-med. földtani térképéhez, 10 000-es sor., MÁFI Budapest, p. 42.
- NEMECZ E. (1973): Agyagásványok. Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 507.
- PÉCSI-DONÁTH E. (1973): Geochemical Investigations of Sedimentary Rocks from the Vicinity of Felsőpetény. Annal. Univ. Sci. Bpest., sect. geol., 16, pp. 157—185.
- PETTELJOHN, F. J., PÖTTER, P. E. — SILVER, R. (1973): Sand and Sandstone. Springer V., New York—Heidelberg—Berlin, p. 618.
- SCHERF E. (1922): Hévíforrások okozta kőzetelváltozások (hidrotermális kőzetmetamorfózis) a Buda-Pílis-hegységben. Hidr. Közl., 2, pp. 19—88.
- SCHRETER Z. (1912): Harmadkori és pleisztocén hévíforrások tevékenységének nyomai a budai hegyekben. MÁFI Évkönyv, 19, pp. 181—231.
- SCHRETER Z., SZÓTS E., HORUSITZKY F. — MAURITZ B. (1958): Budapest és környékének geológiája. In Budapest természeti képe. Akad. Kiadó, Budapest, pp. 35—145.
- SZÉKÉNY FUX V. — BARABÁS A.: (1953) A dunántúli felsőeocén vulkánosság. Földt. Közl. 83, pp. 217—229.
- VARJU GY. (1957): A pílisi töbörágyag (tűzállóagyag) teleptani viszonyai, ásvány-kőzettani és technológiai jellemzői. Bány. Kut. Int. Közl., 2, pp. 133—140.
- VARJU GY. (1959): A Romhányi-rög területén levő (Bánk-petényi) tűzálló-agyag-elfordulás. MÁFI Évi Jel. 1955—56-ról, pp. 361—373.
- VITÁLIS GY. — HEGYI I. (1974): Hidrotermális kőzetelváltozások a dunai andezithegységgel határos dolomit-területeken. Hidr. Közl., pp. 562—569.
- WEIN GY. (1974): A Budai-hegység szerkezetalakulása. Földt. Kut., 17, pp. 23—34.

Silicification of the Hárshegy Sandstone and its hydrothermal origin

Dr. T. Báldi and A. Nagymarosi

The process of silicification of the Hárshegy Sandstone is reconstructed on the basis of almost 50 exposures and 13 boreholes. The authors conclude that the siliceous matrix is not authigenic, but it precipitated at the beginning of the Middle Oligocene in sands which originally carried acid interstitial water and its segregation took place as a result of cooling of alkaline-siliceous hydrothermal solutions of rather high temperature and owing to a decrease in pH. Explanation is also given for dissolution phenomena. Two types, distinct even territorially, of the Hárshegy Sandstone are distinguished. The authors show that silicification is controlled by fracture lines and in this context they have recognized the tectonogenic belt of the Buda Line which must have been determining factor in the sedimentation and silicification of the Hárshegy Sandstone. They have recognized that the axis of distribution of the Upper Eocene igneous rocks and the chalcocene streaks of the Hárshegy Sandstone have the same strike direction. Lower Oligocene silicification (hydrothermal process) is suggested to have been connected with Upper Eocene magmatism. In this connection, the possible metallogenic significance of the Buda Line, being subparallel to the Darnó Line, is also referred to. The methods used by the authors have included a wide range of techniques from the megascopic field observations to thin section microscopy, sedimentological, RTG—DTG, trace element and decrepitation analyses.

I. tábla — Plate I.

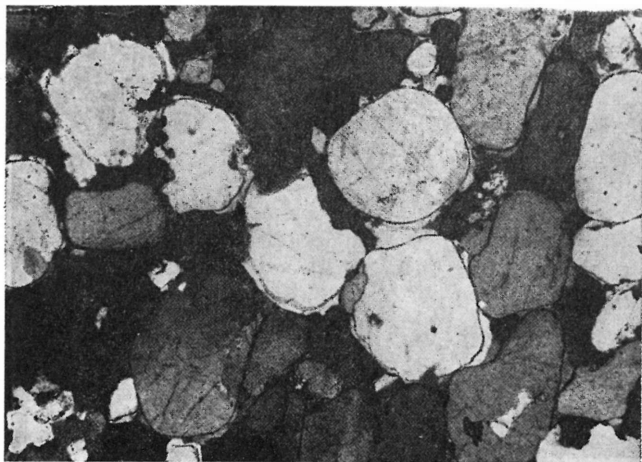


1

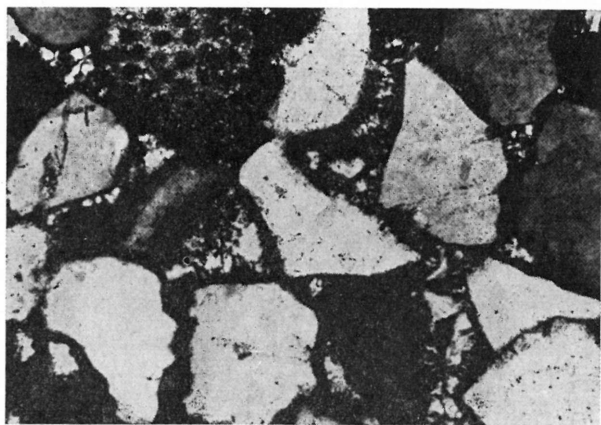


2

II. tábla - Plate II.

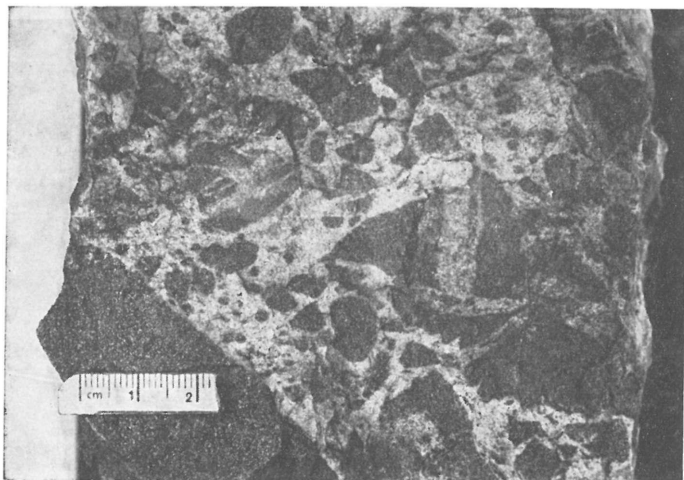


1

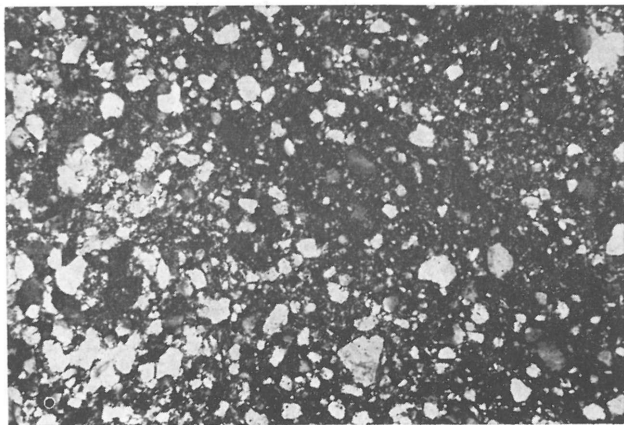


2

III. tábla – Plate III.



1

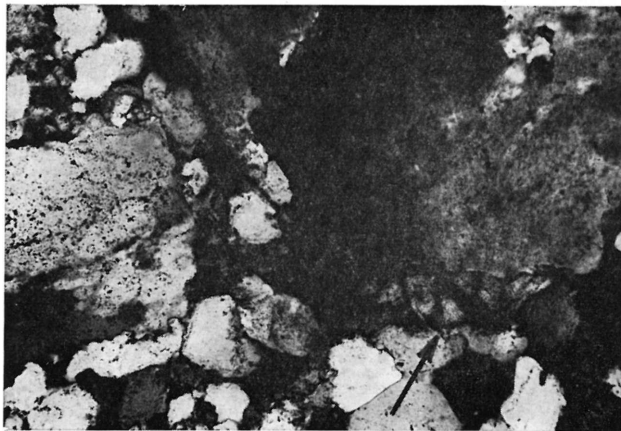


2

IV. tábla – Plate IV.



1



2