

# ÜVEGKÉSZÍTÉS MAGYARORSZÁGON A KEZDETEKTŐL A XVIII. SZÁZADIG

Fórizs István

*MTA Geokémiai Kutatóintézet, 1112 Budapest, Budaörsi út 45.*

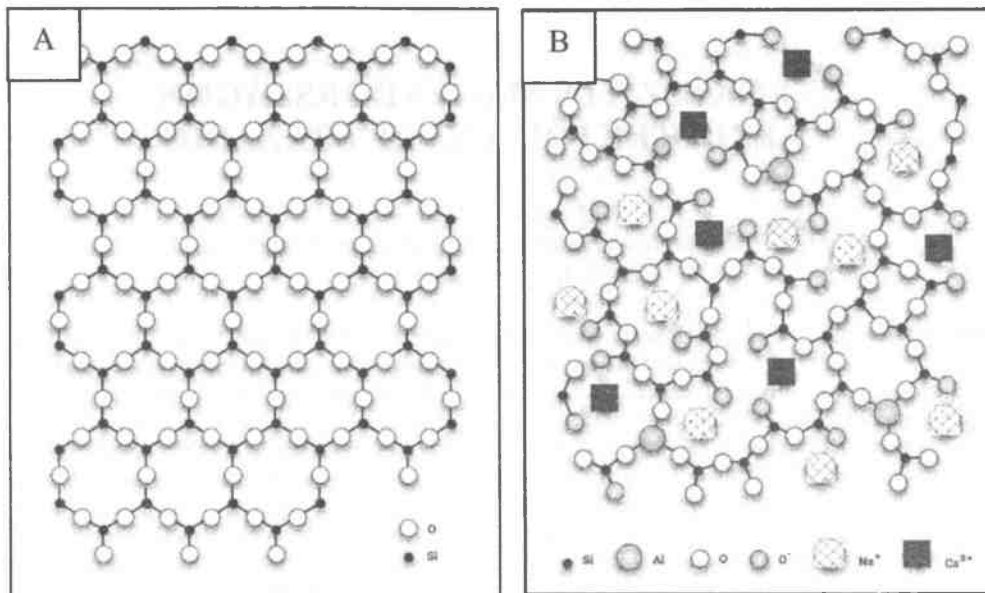
E-mail: forizs@geokemia.hu

**Abstract:** The glassmaking in Hungary from the beginning up to the 18<sup>th</sup> century are reviewed from the point of view of raw materials used for making base glass, and applied as colorants or decolourants or modifiers. Glass beads from the 8<sup>th</sup>-5<sup>th</sup> c. BC are soda-lime-silicate type glass, which can be regarded as the oldest pieces of this type in the Carpathian Basin. A Celtic glass bead (4<sup>th</sup>-1<sup>st</sup> c. BC) shows a typical mixed alkali glass composition, which was characteristic for the Western Europe glass made in the period from 14<sup>th</sup> c. BC to 1<sup>st</sup> c. AD, so Celtic people brought their traditional knowledge of glass making into the Carpathian Basin, when in the Roman Empire a different technology was used. The first millennium A.D. is characterized by the synchronous production of two types of base glasses: soda-lime-silicate and plant ash-silicate glasses, while in the Western part of Europe only the soda-lime-silicate base glass was made not regarding the last two centuries. In the Middle Ages plant ash-silicate, soda-lime-silicate, and wood ash-silicate glass types were made, but the most characteristic was that of wood ash-silicate glass.

## 1. BEVEZETÉS

### 1.1. Az üveg rövid jellemzése

Mai világunk mindennapi anyaga az üveg. Sem az építészet, sem a háztartás, de még az ipar sem tud megenni nélküle, sőt egyre több formában és funkcióban jelenik meg ez a két szempontból is különleges anyag. Anyagszerkezeti szempontból azért különleges, mert ugyan szilárd, de nem kristályos szerkezetű (1. ábra). A közönséges üveg (különleges üvegekről, mint pl. a fémüveg, itt nem lesz szó) főösszetevője a homok, ami közel 100%-ban kvarc. A kvarc kristályos szerkezetű (1A ábra) és kémiai összetétele  $\text{SiO}_2$ . Ehhez képest az üveg rövid távú periodicitásokat tartalmazó térhálós anyag, ami 70% körüli  $\text{SiO}_2$ -t, valamint egyéb oxidokat tartalmaz (1B ábra). Tulajdonképpen egy túlhűtött, megszilárdult folyadék. Részben ebből következik a másik különleges tulajdonsága. Az 1200 °C körüli olvadáspontjánál jóval kisebb hőmérsékleten, egy széles hőmérsékleti sávban, kb. 600 °C-tól fölfelé képlékeny és alakítható. Igazándiból ez a tulajdonsága segített ahhoz, hogy már az ókorban népszerűvé válhasson, hiszen a már egyszer elkészített és sok esetben színezett üveget egyszerű eszközökkel és könnyen elérhető hőmérsékleti tartományban némi gyakorlat megszerzése után – könnyen lehetett mindenféle formára és méretre alakítani, sőt a különböző darabokat egymáshoz lehetett ragasztani/forrasztani, a törött vagy sérült darabokat pedig esetenként ki lehetett javítani.



**1. ábra.** A: A kvarc (kristály)szerkezete. B: Átlagos üvegszerkezet.  
(Eredeti képek forrása: <http://pl.wikipedia.org/wiki/Szk%C5%82o>)

## 1.2. Az üvegekészítés kialakulása

Nem is gondolnánk, hogy amennyire modern anyag az üveg, annyira régi is. A felfedezése annyira távoli múltban történt, hogy bizonyosat a régészek sem tudnak mondani a felfedezés pontosabb helyéről vagy idejéről. Ugyan a hagyomány a föníciaiak találmányának tartja, a valóságban sokkal régebbi. Innen visszatekintve kb. egyszerre jelent meg a Folyamközben (Mezopotámia) és Egyiptomban úgy 5–6 ezer évvel ezelőtt apró, kőből faragott vagy agyagból égetett tárgyak mázaként, amit tágabb értelemben véve fajansznak neveznek (Nicholson & Pletenberg 2000). Feltehetően úgy fedezték föl az üvegmázat, hogy a színezést a jobb tartósság okán ráégették a szobrocska felületére, majd tapasztalták, hogy egy szép fényes réteg keletkezett a tárgy felszínén. Feltételezhető, hogy később ezzel a mázzal kísérleteztek és egy idő után önálló anyagként állították elő. Minderre a régészeti leletek időbeli sorrendjéből lehet csak következtetni, hiszen írásos feljegyzések nem maradtak.

## 2. A TÖRTÉNELMI ÜVEG ÖSSZETEVŐI

Mivel a kvarc-homokot a történelmi korokban nem tudták megolvasztani nagy olvadáspontja (1700 °C körüli) miatt, ezért ún. folyósító anyagokat kevertek hozzá, amelyek nátriumot és/vagy káliumot tartalmaztak. A keverési arány függvényében levítették az

olvadáspontot az 1000–1200 °C-os tartományba, ami már elérhető volt számukra. Az alkáliakat tartalmazó folyósító anyagok többfélék voltak (pl. natúr szóda, sőtűró növény hamuja, fahamu). Az alkáliák ugyan lehetővé tették, hogy elérhető hőmérsékleten olvadjon meg az anyag, ugyanakkor jelentősen csökkentették az üveg kémiai stabilitását, mivel az alkáliák könnyen oldódnak vízben. A kémiai stabilitás érdekében harmadik összetevőként mészkövet használtak, amiből olvasztáskor a széndioxid eltávozott. Mivel többféle alkália-hordozót is alkalmaztak, ezért az alapüvegeket összetevőik alapján típusokba sorolhatjuk.

## **2.1. Alapüveg típusok Európában**

A színezők, szintelenítők, módosítók és egyéb adalékanyagok nélküli üveget nevezzük alapüvegnek. Csak a gyakori alapüveg típusokat tárgyaljuk, a nagyon ritkán előforduló ismertetésétől eltekintünk.

### **2.1.1. Római alapüveg típus**

**Összetevők: homok – mészkő – natúr szóda.**

A homokról már említettük, hogy alapvetően kvarcból áll ( $\text{SiO}_2$ ), azonban mindig tartalmaz kevés szennyező anyagot (Ca, Fe, Mg). A mészkő alapvetően kalcium-karbonát ( $\text{CaCO}_3$ ), ami esetenként tartalmaz némi magnéziumot és/vagy mangánt. A natúr szóda egy sziksofőle, vagyis sós vizek bepárlódása útján keletkezett (evaporit) és döntő részben nátriumhidrokarbonát. Ásványtani szempontból a nátriumhidrokarbonát a környezet relatív páratartalmának függvényében kétféle lehet nátron ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \times 10\text{H}_2\text{O}$ ) vagy trona ( $\text{Na}_3\text{H}(\text{CO}_3)_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$ ), ami az üvegtés szempontjából teljesen mindegy. Mivel egy bepárlódási termékről van szó, ezért tartalmazhat más, az evaporitokra jellemző, fázisokat is, pl. klorid, szulfát. A kész üveget kémiai szempontból nevezhetjük Na-Ca-szilikát üvegnek (vagy szóda-mész-szilikát üvegnek), (Wedepohl 2000).

Ez az alapüveg típus nagyon korán megjelent, de igazán a Római Birodalomra volt jellemző, ahol kizárólag csak ilyen üveget készítettek. A natúr szódát a Nátron-völgyben (Wadi El-Natron, Egyiptom; később a nátrium elem erről a lelőhelyről kapta a nevét) és a Nílus-delta más szikes helyein (Shortland et al. 2006) bányászták felszínén, majd kereskedelem útján juttatták el a birodalom minden részébe, sőt azon túl. Bizonyára voltak más lelőhelyek is, de ezekről nem tudunk bizonyosat.

### **2.1.2. Mezopotámiai (vagy szíriai) alapüveg típus**

**Összetevők: homok – sőtűró növény hamuja (– ?).**

Ezt az üvegtípust két összetevőből készítették, bár az ékírásos szövegek egyike említ egy harmadik komponens is, amit nem sikerült azonosítani (Brill 1970, p. 109).

A sőtűró növények szikes (sós) tavak partján nőnek és a felvett sós vízben oldott anyagokat főlhalmozzák szöveteikben. Ezen növények hamuja nagyobb részt Na-karbonátból áll, kisebb részt pedig Ca-, K- és Mg-karbonátból, valamint Si- és Fe-oxidból, ill. mindig tartalmaz foszfátot, továbbá kevés kloridot és szulfátot. Kémiai szempontból ez az

alapüveg is Na-Ca-szilikát, azonban a Mg, a K, és a P-tartalma mindig nagyobb, mint a római típusé.

Ez az alapüveg típus is nagyon korán megjelent, jellemző készítési területe Mezo-potámia volt. A középkorban Szíriából vittek üveggészítő mestereket Velencébe, amivel megalapozták a híres velencei üveggészítést, ezért ezt az alapüveg típust nevezik szíriainak is. Tehát az eredeti velencei üveg mezopotámiai alapüveg. Itt már biztosan tudjuk, hogy két összetevőből készült az alapüveg. (A velencei üveg elnevezés elsősorban nem a kémiai összetételre, hanem a készítés helyére utal).

### **2.1.3. Kevert alkáli alapüveg típus**

Összetevők: **homok** – (mészkö?) – **ismeretlen** (Na≈K).

Ez az alapüveg típus térben is és időben is egy szűkebb intervallumban jelent meg. Térben a mai Írország, Franciaország és Olaszország területén mutatták ki (Henderson 1988; Brill 1992). Időben pedig a Kr. e. XIV sz. Kr. u. II. századi időszakban volt használatos (ritkán előfordult a középkorban és az újkorban is). Ide tartoztak a kelták által készített üvegek is.

Az alkáliát hordozó összetevőt a mai napig nem sikerült megfejteni, hogy mi volt, de nagyon valószínű, hogy valamilyen növény hamuja. Az üvegtárgyak kémiai összetételéből következtetnek ennek az ismeretlen anyagnak a kémiai összetételére, amire alapvetően az jellemző, hogy Na-ot és K-ot nagyjából azonos tartományban tartalmazott, azért nevezik kevert alkáli üvegnek. Nagy valószínűséggel két komponensből készült, azonban egyes esetekben olyan nagy a CaO-tartalma, hogy elképzelhető, hogy mészkövet is raktak bele. Kémiai szempontból (Na,K)-Ca-szilikát üveg.

### **2.1.4. Erdei (vagy káli) alapüveg típus**

Összetevők: **homok** – (mészkö) – **fahamu**.

Ez volt a középkor leggyakoribb alapüveg típusa. Fő jellemzője, hogy az alkáliát hordozó összetevő fahamu, ami leginkább K-ot, kisebb részt pedig Ca-ot, Na-ot, Mg-ot, P-t és Si-ot tartalmaz. Kémiai szempontból K-Ca-szilikát üveg.

A legrégebbi erdei üveg leleteket Németországban találták, amelyek a Kr.u. 800-as évekből (Wedepohl 2000) származnak. Egészen a közelmúltig készültek ilyen üvegek. Mivel a fahamu jelentős mennyiségben tartalmaz Ca-ot, ezért kezdetben nem tettek mészkövet az üveghez. A fának elég kevés hamuja van, az üveg pedig egyre népszerűbb lett, ezért hamarosan korlátozni kezdték a fakitermelést (a fa kellett mászóhoz, pl. hadihajók készítéséhez). Ennek az lett a következménye, hogy mészkövet keverték az üveghez. Így ugyanannyi fahamuból több üveg készült. A középkor vége felé azonban elkezdtek tisztítani a fahamut (a jobb átlátszóság kedvéért), aminek az lett a következménye, hogy a tisztított fahamu nagyon kevés Ca-ot tartalmazott, és ez egy másik ok volt arra, hogy mészkövet adjanak az üveghez. Mindezek következtében az erdei üvegek kémiai összetétele elég széles tartományban mozog.

### 2.1.5. Ólomüveg alapüveg típus

Összetevők: **homok – ólom.**

Ebben az üvegtípusban a folyósító anyag nem alkália, hanem ólom-oxid. Az elnevezés használata az irodalomban nem teljesen egyértelmű, ugyanis ólmot az ókorban kezdtek el rakni az üvegbe színezőként a sárga szín előállítására. Egy idő után (még az ókorban) szinte minden üvegbe tettek ólmot, valószínűleg azért, mert javította az üveg formázhatóságát (tágabb hőmérséklet-tartományban volt formázható az üveg). Egyes sárga üvegtárgyakba nagyon sok ólmot raktak, ezért ezeket az üvegeket néhányan (hibásan) ólomüvegnek hívják, pedig ekkor az ólmot még csak a szín előállítására miatt rakták az üvegbe, nem a folyósító szerepét töltötte be. Ezekben az üvegekben a Si-tartalomhoz mérten arányosan ott van a nátrium vagy a kálium is.

Ez az üvegtípus igazán a középkorban vált elterjedté.

## 3. ÜVEGEK A KÁRPÁT-MEDENCÉBEN

Alapvetően a jelenlegi Magyarország területén feltárt leletekről és azok vizsgálatából levont következtetésekről lesz szó, azonban igyekszünk kitekinteni a Kárpát-medence egyéb területeire is, hiszen ezek a történelmi Magyarország részét alkotják.

### 3.1. Korai időszakok: Kr. e. XIII–IV. sz.

Nagyon kevés adat áll rendelkezésünkre ebből az időszakból.

Bakony-vidéki (Bakonyjákó, Németbánya, Ugod) későbronzkori üveggyöngyök félkvantitatív elemzése, ill. részleges kémiai összetétele (Varga 1992; Ilon 1996; Jankovich 1992) azt mutatja, hogy azok olyan nátrium-üvegek, amelyek a római típusúnál több káliumot tartalmaznak. A bakonyjákói kék üveggyöngy  $K_2O$ -tartalma (2,49%, Varga 1992) megfelel a mezopotámiai típusúnak, azonban az Ilon (1996; 148. o.) által közölt röntgenspektrumok ennél nagyobb kálium-tartalomra is utalhatnak. Ha ez utóbbi igaz, akkor lehet, hogy ezek az üvegek is kevert alkáli üvegek, amelyeket innen nyugatra több helyen megtaláltak (Henderson 1988; Brill 1992).

Henderson (1995) közöl egy olyan ábrát, ami a Kr. e. XIII–VII. századból származó üvegleletek  $K_2O$  vs.  $MgO$  tartalmát ábrázolja és az országok között Magyarország is föl van tüntetve az ábrán, azonban nem sikerült a lelőhelyre és a korra pontosabb adatokat megtudni a szerzőtől. Az ábra szerint a magyarországi lelet (vagy leletek) ún. nagy  $Mg$ -tartalmú  $Na$ - $Ca$ -szilikát üveg volt(ak), ugyanolyan(ok), mint az abban az időben a Közel-Keleten és Egyiptomban készült üvegek.

Brill (1992) Kr. e. VIII–V századi, a Szlovákiában található Hetényben (Chotín) feltárt és tráknak azonosított sírból származó üveggyöngyök kémiai összetételéről számol be. A kilenc gyöngyből hat római típusú alapüvegből készült. Ez azért érdekes, mert jelenlegi tudásunk szerint ez az első előfordulása ennek az üvegtípusnak a Kárpát-medencében. A római alapüveg típus a Kr. e. I. évezred első felében terjedt el a kelet-mediterrán térségből (Shortland et al. 2006), a trákoknak pedig közvetlen kapcsolatuk volt

ide, hiszen ők a Görögországtól északra eső területeket lakták. Brill (1992) az általa vizsgált további három gyöngyről azt közli, hogy azok nagy vastartalmú fritt-szerű (az üvegolvasztás kezdeti terméke) anyagok, amelyeket feltehetően a vaskészítéskor keletkezett salak adagolásával állítottak elő. A Na-, K-, Ca-, Mg- és P-tartalmuk mindenesetre arra utal, hogy az alkália forrása fahamu lehetett.

A szkíta kori (Kr. e. VII–IV. sz.) leletek között nagyon gyakori az üvegtárgy. A leggyakoribb lelettípus a fölfűzhető, nyakba akasztható gyönyörű színes opak (átlátszatlan) üvegyöngy. Mind a formázás, mind a színezés magas szintű üvegekészítési tudásról árulkodik. A leletekről kémiai vizsgálat (tudomásunk szerint) még nem készült, így nem lehet tudni, hogy milyen alapüveg típusba sorolhatók.

### **3.2. Kelta kor: Kr. e. IV–I. sz.**

Több helyen találtak üvegtárgyakat ebből a korból, bár a sírmellékleteknek nem jellemzője a sok üvegtárgy. A kelta üvegek közül eddig egyetlen elemzés készült intézetünkben (publikálatlan, Keszthely-Fenekpuszta-Pusztaszentegyháza lelőhelyről). A kémiai összetétele alapján kevert-alkáli üveg, vagyis olyan típusú, amelyet ír (Kr. e. IX–VIII. sz.), francia (Kr. e. I.–Kr. u. II. sz.) (Henderson 1988), és olasz (Kr. e. X–IX. sz.; Brill 1992) területekről írtak le.

### **3.3. Római kor: Kr. u. I–IV. sz.**

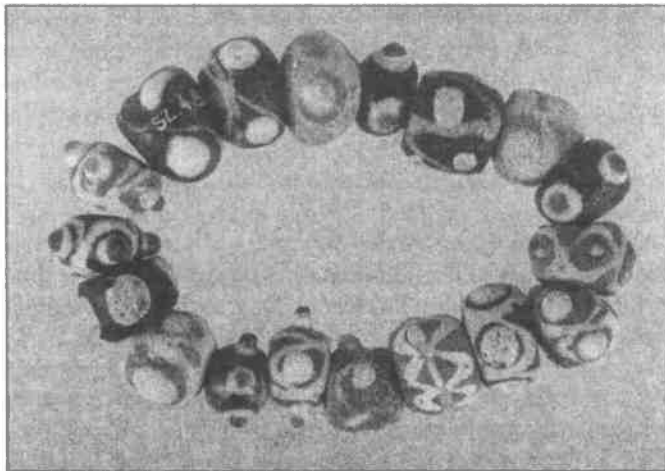
Ebben az időszakban a Kárpát-medence alapvetően két részre oszlott, ami az üvegekészítésben is jól tükröződik. A rómaiak által uralt területre (Pannónia) és a Dunától keletre és északra eső területre. Pannóniában feltételezhetően csak római típusú alapüvegből készült üvegtárgy, amit a szórványos kémiai elemzések megerősítenek (Fórizs et al. 2000a). Ha mégis előfordul más típusú üveg, akkor arról tudni lehet, hogy import áru volt, vagy egyéb úton került ide. Egyébként a római üvegekészítés az egész birodalomban nagyon fejlett volt mind a kémiai összetétel, mind a formai gazdagság és különlegesség szempontjából. A kémiai összetételük azért különleges, mert rendkívül szűk tartományban mozog. Egyszerűen nehéz elképzelni, hogy az összes üveg ugyanarról a lelőhelyről származó alapanyagokból készült volna, hiszen tudomásunk szerint csak az alkáliát tartalmazó natúr szódat árulták a kereskedők, a homokot és a mészkövet mindig a közeli területekről szereztek be az üvegekészítők. Feltételezik, hogy az üveget ún. eutektikus olvasztással készítették, vagyis részleges olvasztást végeztek, ahol az olvadék egy kristályos pufferrel volt mindig egyensúlyban, és ez biztosította a legendásan állandó összetételt (Rehren 2000). Ezt a feltételezést tulajdonképpen alátámasztja idősebb Pliniusnak az üvegekészítésről szóló leírása (Idősebb Plinius 2001).

A Dunától keletre eső területeken többféle nép élt, amelyek közül talán a legnagyobbak a keletről jött szarmaták voltak. Üvegtárgyaik egyaránt készültek római és mezopotámiai típusú alapüvegből (Fórizs et al. 2001a, 2006). Ez arra utal, mind a Római Birodalommal, mind a Kelettel élénk kereskedelmi kapcsolatot tartottak. Shortland és mtsai (2006) megjegyzik, hogy a Kr. e. V. századtól az Eufrátesztől nyugatra – Európát is

beleértve alapvetően natúr szódát használtak folyósítónak, vagyis római típusú alapüveget készítettek. A sótvörösvény hamujának alkalmazása (mezopotámiai típusú üvegek készítése) továbbra is jellemző maradt Mezopotámiában, Iránban és Közép-Ázsiában. Továbbá megjegyzik, hogy a natúr szóda alapú üvegekészítés (római típus) Levante, a Földközi-tenger vidéke és Európa területén jellemző maradt egészen a Kr. u. IX. századig. Ezt a képet nagymértékben árnyalja (módosítja) a már fent említett tény, hogy a III–IV. századi szarmata üvegek egy jelentős része mezopotámiai típusú. Ez arra utal, hogy a szarmaták a Kárpát-medencébe való letelepedésük után is tartották a kapcsolatot a közép-ázsiai térséggel és a folyósító anyag egy részét onnan szerezték be. Hall (1998) a Kr. e. IV. sz.–Kr. u. II. sz. időszakból származó dél-oroszországi szarmata üvegyöngyöket kémiai összetételük alapján öt csoportba sorolja, ahol az 5. csoport összetétele rendkívül hasonlít a Főríz et al. (2001a) által közölt szarmata és avar üvegyöngyök azon részére, amelyek mezopotámiai típusú alapüvegből készültek. E megfigyelés erősíti azt a feltételezést, hogy a szarmaták (és később az avarok is) kereskedelmi kapcsolatban voltak a Kárpát-medencétől keletre eső területekkel egészen Közép-Ázsiáig. Ugyanakkor a szarmaták a Római Birodalommal is aktív kereskedelmet folytattak. (Ez utóbbira bizonyíték a fehér opak üvegekről szóló, későbbi fejezetben lesz olvasható.)

### **3.4. Avar kor: Kr. u. VI–IX. sz.**

Az avar kori sírok rendkívül gazdagok üvegyöngyökben (2. ábra), amelyek mind formájukban, mind színükben nagyon változatosak. Szerkezetüket illetően kétfélék, áttetszőek és opakok. Ebben az időben az avarok mellett más népek is éltek és az ő temetőikből is sok üveglelet kerül elő.



**2. ábra.** *Üvegyöngyök a Szegvár-Oromdűlő avar kori temetőből*

Erre az időszakra is jellemző, hogy mind római, mind mezopotámiai alapüveg típusok előfordulnak, azonban a szarmata üvegyöngyökhöz képest kisebb arányú a mezopotámiai típus (Dekówna 1989; Fórizs et al. 1999, 2000a, 2000b, 2001a, 2001b, 2006; Salamon et al. 1977). Már a szarmata üvegyöngyöknél is megjegyeztük, hogy a mezopotámiai alapüveg típus keleti kapcsolatokra utal, hiszen Nyugat-Európában ez a típus csak a IX. század után jelent meg (Shortland et al. 2006). Staššiková-Štukovská & Plško (1997) a Szlovákiában található Vágboriban (Borovce) feltárt, VIII–X. századra talált üvegyöngyök között több mezopotámiai alapüveg típust talált (21 mintából 10), mint rómaid (4), sőt még jelentős számban ólom-üveget (7) is. A korbesorolás alapján ugyan bizonytalan, hogy avar kor végi vagy Árpád-kor eleji mintákról van szó, azonban mindenképpen érdekes az üvegtípusok arányának változása. A kora és közép avar mintákhoz képest (ahol kb. 20% volt a mezopotámiai típusú alapüveg; Fórizs et al. 2001b) ebben az időszakban nagyon lecsökken a római típusú alapüveg. Ugyan lehet, hogy csak erre a lelőhelyre jellemző (más lelőhelyekről ebből az időszakból nincs adatunk), azonban beleillik abba a már fentebb is említett folyamatba, hogy a IX. században akadozik, ill. szinte megszakad a natúr szóda kereskedelme Európában. A Staššiková-Štukovská & Plško (1997) által közölt adatok megerősítik ezt a képet, sőt ez az első utalás arra, hogy a Kárpát-medencében is jelentkezett a natúr szóda hiánya.

Érdekes az ólomüveg megjelenése. Az ólmot már az ókortól a sárga szín előállítása mellett szinte az összes üvegbe adagolták, feltételezések szerint azért, mert javította az üveg formázási tulajdonságait (szélesebb hőmérsékleti tartományban volt képlékeny). Ólomüvegről beszélünk, amikor az alkáliák helyett ólmot használnak üvegtüskészítéshez, vagyis a kvarc-homok olvadáspontját ólom segítségével csökkentik le. Ez az üvegtípus a késő középkorban vált igazán gyakorivá. Az avar citromsárga üveget (Pb,Sn)-oxid segítségével állították elő (Fórizs et al. 2001b), aminek következtében igen nagy volt az üveg ólomtartalma, azonban ez mégsem volt ólomüveg, hiszen a szokásos Na-Ca-szilikát üveghez keverték a színező (Pb,Sn)-oxidot, míg a Staššiková-Štukovská & Plško által közölt ólomüvegben a nátrium és a kálium mennyisége elhanyagolható, csak szennyezőként van jelen, más üvegtüskészítési recept alapján készült, igazi ólomüveg.

### 3.5. Árpád-kor

Ebből a korból számos üveglelet került elő (üvegyöngyök és más üvegtárgyak), azonban a kémiai összetételek alapvetően hiányoznak, ami nagyon sajnálatos, hiszen nemcsak a magyar történelem szempontjából fontos időszakról van szó, hanem azért is, mert ebben az időszakban számos változás történt az üvegtüskészítés területén mind Európában, mind az Európával szomszédos területeken. Ekkor terjed el az erdei üveg egész Európában, aminek alapvető oka a natúr szóda hiánya (Shortland et al. 2006). Míg Nyugat-Európában a IX. századig csak római alapüveget készítettek, vagyis az alkália hordozója a natúr szóda volt, és ennek hiánya kikényszerítette más alkáliahordozók alkalmazását (fahamu és sótűró növény hamuja), addig a közép- és kelet-európai térségben elképzelhető, hogy a natúr szóda hiánya nem volt olyan nagy kényszerítő erő, hiszen itt eddig készítettek mezopotámiai típusú üveget is, vagyis nekik más alkália-forrásuk is volt. Mindez izgalmassá teszi a kérdést, hogy nálunk hogyan zajlott le az erdei üveg elterjedése.

Az előző fejezetben már idézett Staššiková-Štukovská & Plško (1997) által közölt üvegyöngyök feltételezett kora a VIII–X. századra esik. A kémiai összetétel kiértékelését lásd ott. Mindenesetre az erdei üveg akkor még nem jelent meg.

**1. táblázat.** *Wedepohl által közölt, Németországban talált üvegek típusonkénti átlagos kémiai összetétele és szórása (WEDEPOHL 2000)*

Üveg-típus	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cl
Szóda-mész-szilikát (római típus)	69,96 ±2,77	0,12 ±0,09	2,09 ±0,81	0,95 ±0,54	0,51 ±0,30	0,71 ±0,39	7,58 ±2,50	15,75 ±2,15	0,81 ±0,90	0,15 ±0,13	0,68 ±0,33
Na-hamu-mész-szilikát (mezopotámiai típus)	68,61 ±1,86	0,09 ±0,03	1,28 ±0,60	0,74 ±0,62	0,95 ±0,33	3,12 ±0,26	10,06 ±0,93	11,11 ±1,08	2,36 ±1,54	0,26 ±0,04	0,66 ±0,23
Korai fahamu-szilikát	57,70 ±2,50	0,25 ±0,18	2,97 ±1,23	0,96 ±0,56	1,24 ±0,99	3,87 ±1,09	18,90 ±3,99	1,75 ±0,79	8,52 ±3,39	2,71 ±0,67	0,33 ±0,14
Fahamu-szilikát	49,6 ±5,53	0,13 ±0,06	1,80 ±0,73	0,62 ±0,62	1,33 ±0,55	4,08 ±0,82	19,4 ±3,46	0,33 ±0,28	19,1 ±3,72	2,34 ±1,18	0,06 ±0,10
Fahamu-mész-szilikát	55,86 ±3,82	0,22 ±0,07	2,50 ±0,87	0,82 ±0,35	1,28 ±0,71	4,06 ±0,58	23,69 ±2,23	2,58 ±0,67	5,10 ±1,53	3,34 ±0,82	0,40 ±0,16

H. Gyürky Katalin (1991, p. 12) közli egy, a bélapátfalvi cisztercita kolostornál föltárt ún. golyvás palack kémiai összetételét. Ez a palacktípus bizánci eredetű és a XII. század közepétől a XIII. sz. végéig volt divatos, és példányait megtalálták Görögországban, Erdélyben, Hercegovinában, Magyarországon és Itália több részén. Ugyanazon lelőhelyről származó, szintén bizánci típusú cseppes üvegpohár kémiai összetételét is közli, amely utóbbi szinte teljesen megegyezik a golyvás palackéval. Kémiai összetételük alapján erdei üvegek, ezen belül pedig legközelebb állnak a Wedepohl (2000) által a német üvegleletek alapján föllállított erdei üveg típusok (1. táblázat) közül a fahamu-szilikát (fahamu + kvarc homok) üveg összetételéhez azzal az eltéréssel, hogy míg a németországi fahamu-szilikát üveg CaO-tartalma átlagban 19%, addig a fönti magyarországi leleteké 11–12%. Ezen alapüveg típus Németországban a régészeti leletek alapján 1000-tól fordult elő.

Gratuze és mtsai (2002) közlik egy XIII. századi, a Budai Várnál föltárt, szintelen üvegpalack összetételét. Ez is fahamu-szilikát üveg, de ez már teljesen beleesik abba az összetételi tartományba, amit Wedepohl (2000) ad meg a németországi fahamu-szilikát üvegekre (1. táblázat).

Azt ugyan nem tudjuk, hogy a főnti XIII. századi üvegleletek Magyarországon készültek-e vagy másutt, mindenesetre jelenlegi ismereteink alapján ezek az első erdei üveg leletek Magyarországon.

Rendelkezésünkre áll azonban néhány, biztosan Magyarországon készült „üveg” kémiai összetétele. Pásztón XII. századi üveghuták föltárásánál üvegtörmelékek és az üvegekészítés során keletkezett üvegszerű anyagok, „salakok” kerültek elő (Valter 2002). A salak minták közül négyet meg is elemeztek, aminek eredménye egyértelműen jelzi, hogy tényleg üvegyártásból származó „hulladéksalak”-ról van szó, másrésztől nagyon érdekes a kémiai összetételük. Mindegyik szóda-mész-szilikát üveg, vagyis római alapüveg típusú, de több elem tekintetében eltérő attól. A négyből három minta jelentős mennyiségű alumíniumot (6–9%) tartalmaz, ami egyetlen alapüveg típusra sem jellemző. Ez arra utal, hogy ezek a minták nem tiszta üvegek, hanem vagy az üvegolvasztó tégely alján maradt anyag, amiben földúsultak bizonyos elemek, esetleg olyan fázisok, amelyek nem olvadtak meg, vagy a kicsöppent/kifolyt üveg keveredett más anyagokkal. Mindenesetre mindegyik minta  $K_2O$ -tartalma (0,2–1,4%) alatta marad annak a szintnek, ami a mezopotámiai alapüvegre jellemző (1,5–3%). Érdekes még, hogy a kalcium tartalmuk széles tartományban mozog (4,4–11,9%) gyenge korrelációt mutatva a Na-tartalommal. Feltehető, hogy mind a Na, mind a Ca főrészt az üvegolvadékból származik. További érdekesség a Mg-tartalom. Három mintában 3–4% közötti, ami jellemző lehetne a mezopotámiai alapüveg típusra, azonban nem társul hozzá kálium, tehát a Mg forrása feltehetőleg nem növényi hamu, de még nem is dolomit, mert nagyon rossz a Mg-Ca korreláció, hanem valami más.

Mindezen bizonytalanságok ellenére megállapíthatjuk, hogy az üveget a XII. századi pásztói hutában feltehetőleg natúr szódával készítették (római alapüveg típus). A XIV sz. végéig szórványosan Németországban (Wedepohl 2000) és más helyeken is előfordultak ilyen típusú üvegek.

Sajnálatosan a magyarországi üvegleletekről nem áll rendelkezésre olyan áttekintő vizsgálati anyag, mint amit Wedepohl (2000) közöl, azonban intézetünk archeometriai csoportja dolgozik a magyar adatbázis készítésén és oly mértékű kiegészítésén, hogy statisztikailag használható anyag álljon rendelkezésünkre. Csak ezután lesz mód olyan jelentős kérdések megválaszolására, mint pl. import vagy helyben készült üveg, az üvegtípus pontos besorolása, szállítási útvonalak stb.

### 3.6. Késő középkor és újkor

Ebből az időszakból sok üvegtárgy ismert, emellett sikerült olyan üvegekészítő műhelyeket is föltárni, ahonnan üvegtárgyak kémiai adatai is ismertek, bár nem nagy számban.

Diósjenő mellett tártak föl több ütemben középkori üvegekészítő helyeket, ahonnan többféle üveglelet is előkerült. Az I. számú hutahely volt időben az első és valószínűleg a (XIII–)XV. században működött. Egyetlen kémiai elemzés készült egy tégelyben maradt üvegolvadék-maradványból (H. Gyürky & Miklós 1992). A kémiai összetétel tipikus mezopotámiai alapüveget mutat, ahol a szennyező  $Al_2O_3$ -tartalom (3%) egy kicsit nagyobb a megszokottnál (1–2%). Ez utóbbi a tégelyből is kerülhetett az üvegbe, de származhat a nyersanyagokból is, hiszen Gratuze és mtsai (2002, 13B, 13Y, 14, 18 sz. minta) négy olyan

mezopotámiai alapüvegű, XVI. századi, a Visegrádi Alsó-Várból származó üvegtárgy kémiai összetételét is közli, amelyeknek 3% körüli az  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -tartalma.

Érdekes kérdés, hogy honnan szerezték be az alkáliát tartalmazó anyagot, vagyis a sótűrő növény hamuját. Tudnunk kell, hogy az ún. velencei (muránói) üveghez ugyanezt a hamut használták. Jacoby (1993) írott források alapján részletesen tárgyalja, hogy a Velencei Köztársaságban az 1370–1460 közötti időben mennyire szigorúan vigyáztak arra, hogy az üvegtartásához szükséges, általuk Levantéből (főképpen Szíriából) behozott növényi hamu ne kerüljön ki a köztársaság területéről, nehogy mások is olyan jó minőségű üveget készítsenek. (Időnként persze sikerült kicsempészni). A diósjenői fentebb említett I. hutahely pedig éppen ebben az időszakban működött. Valószínűnek tűnik, hogy a magyarországiaknak valamilyen egyéb, a velencei kereskedelmet kikerülő úton sikerült beszerezniük ezt az értékes, és a velenceiek által szigorúan kezelt anyagot. Vagy velencei eredetű törött üveget olvasztottak meg, aminek kicsi a valószínűsége, de nem kizárt, hiszen a tört üveget szinte minden korban gyűjtötték és újraolvasztották (pl. Fórizs et al. 2006).

Ez azonban fölvet egy további kérdést is. A jó minőségű és nagyírú velencei üveget egy idő után utánozták (Whitehouse 2004). A hitelesség megállapításának egyik módja az üveg kémiai összetételén alapszik, hiszen az utáztatok rendszerint erdei üvegből készültek. A főnti példa pedig egyértelműen mutatja, hogy Velencén (Muránón) kívül is készültek ugyanazon összetevőkből üvegtárgyak, ami korlátozza a kémiai összetétel alapján való eredet-meghatározást. Lehet, hogy a Gratuze és mtsai (2002) által közölt LLMHA (Low lime & magnesia, high alumina) üvegek – amelyek mezopotámiai alapüvegből készültek és 3% körüli az  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -tartalmuk – már Magyarországon készültek olyan homokból, aminek a Ticino-folyóbeli kavicsnál (ezt használták a velenceiek; Jacoby 1993) nagyobb az  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -tartalma?

Diósjenő közelében a Kemence-patak mellett lévő I. hutahelyen a XV század 2. felében megszűnt a tevékenység, feltehetően ekkor alakítottak ki két új hutahelyet (II és III) egészen közel, amelyek a XV. század 2. felétől működtek. Mester és mtsai (1997) a III. hutahelyről származó zöld üveg kémiai összetételét közlik. Tipikus káliüveg (fahamu-szilikát) kiemelkedően nagy  $\text{K}_2\text{O}$ - és  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -tartalommal és meglepően kicsi  $\text{CaO}$ -tartalommal (Mester et al. 1997, p. 158, pl. az „A” elemzés:  $\text{SiO}_2 = 60,68\%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 5,16\%$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,78\%$ ,  $\text{TiO}_2 = 0,22\%$ ,  $\text{K}_2\text{O} = 26,28\%$ ,  $\text{Na}_2\text{O} = 1,71\%$ ,  $\text{CaO} = 3,85\%$ ,  $\text{MgO} = 1,16\%$ ). Ebben az időben a velenceiek már tisztították a fahamut (Gratuze et al. 2002, p. 568), aminek az volt a következménye, hogy a fahamuból nagyrészt eltávolították a kalciumot és a magnéziumot, így jelentősen lecsökkent a belőle készült üveg  $\text{Ca}$ - és  $\text{Mg}$ -tartalma. A főnti összetételre pedig éppen ez jellemző, vagyis úgy tűnik, hogy ebben az időben (XVI. sz.) már tisztították a fahamut a Diósjenő közelében lévő üvegtartó helyen.

Visegrádon az ún. Bene-telek (Fő u. 34.) Duna felőli végén egy XIV. sz. vége–XV. sz. elejére datált hutamaradványt tárt föl Gróf Péter és Gróf Dániel (Mester et al. 1997, p. 7). Innen kétféle lelet kémiai összetételét közli Mester et al. (1997, p. 161 és p. 165). 1) Az üvegcsappék (VB5-ZÜ, VB5-KÜ, p. 161) nagyon kevés alkáliát tartalmaznak (Na-tartalmat nem közölnek, K-tartalom 5,8% és 7,9%; sajnos nem egyértelmű, hogy a közölt értékek a mért elemeknek, vagy azok oxidjának a koncentrációja, ugyanis a végeredményt 100%-ra normálták). Alumínium tartalmuk viszonylag nagy (2,0% és 3,3%). Megjegyezzük, hogy hasonló mennyiségű káliumot ( $\text{K}_2\text{O} = 8,5\%$ ) és alumíniumot ( $\text{Al}_2\text{O}_3 =$

2,93%) tartalmaznak a XVI. sz. közepére datált, az angliai Wealdenben föltárt üvegek (Green & Hart 1987), valamint a Wedepohl (2000) által „korai fahamu-szilikát” kategóriába sorolt üvegek. Érdekes, hogy a Wedepohl által vizsgált korai fahamu-szilikát üvegek 800 és 1050 között fordultak elő, ugyanakkor a magyarországi lelet a XIV–XV. sz. fordulóján, míg az angliai a XVI. sz. közepén. Úgy tűnik, hogy Európa különböző részein elég nagy időkülönbséggel zajlottak le a technológiai váltások, vagy csak kevés adat áll rendelkezésünkre és még nem látjuk tisztán a folyamatokat. 2) Ugyanakkor a barna palacknyak és a kékes-zöld üveg (VB5-PN és VB5-KZB, p. 165) kiemelkedően sok káliumot ( $K_2O = 29,40\%$  és  $27,56\%$ ) és elhanyagolható mennyiségű nátriumot tartalmaz. Tulajdonképpen mind az üvegcsappék, mind az üvegtárgyak erdei üvegek, csak más típusúak. Az üvegcsappék valószínűleg fahamu-mész-kő-homok, míg az üvegtárgyak fahamu-homok alapú üvegek. Meglepő, hogy azonos helyen ennyire különböző összetételű üvegdarabok fordulnak elő, hiszen a kémiai összetételt közlő, egyben feltáró régészek szerint mindkettő helyben készült (Mester et al. 1997, p. 42–43).

Az üveghutákon kívül ebből a korból számos egyéb üvegtárgy kémiai összetétele is ismert.

A visegrádi palota ásatásakor föltárt üvegleletek közül 6 db, XIV–XV. századi velencei gyártmánynak besorolt minta kémiai összetételét közli Mester et al. (1997, p. 137–140), amelyek valóban tipikus mezopotámiai alapüveg típusból készültek, tehát tényleg velencei készítmények. Ugyanők közlik 3 ablakszem kémiai összetételét is ugyanarról a lelőhelyről, amelyek közül kettő (XV és XVI. sz.) kémiai összetétele teljesen megegyezik a velencei üvegek összetételével, egy (XVI. sz.) azonban egészen sajátos összetételű. Ez utóbbi tulajdonképpen szóda-mész-szilikát üveg, vagyis római alapüveg típusú, azonban a  $Na_2O$ -tartalma a megszokottnál (lásd 1. táblázat) nagyobb (20%). Ez az alapüveg típus ebben a korban már nagyon ritkának számít. Az ablakszemek esetében a szerzők azt sugallják, hogy azok valószínűleg helyi készítésűek. Ismét fölmerül a kérdés, hogy ha helyben készültek, akkor az első kettő ablak esetében a növényi hamut honnan szereztek be az üvegtárgy készítőik, ill. a harmadik ablaküveg esetében a natúr szódat? Erre vonatkozóan sajnos nincsenek adataink.

Gratuze és mtsai (2002) 27 db. XIV–XVI. századi budai (Vár, Királyi Palota) és visegrádi (Alsó-Vár, Palota, kápolna), alapvetően kobalt kék üveg kémiai összetételéről számol be. Az üvegek két fő csoportba oszthatók: mezopotámiai és erdei. Az eredeti mezopotámiai alapüvegű tárgyak, ahol még nem tisztították a hamut (7 minta), mind Visegrádon fordulnak elő és kivétel nélkül XIV–XV századra keltezett üvegek. A velencei üvegtárgy készítőik a XV századtól tisztították a növényi hamut, aminek következtében csökkent az üveg Ca- és Mg-tartalma. A Gratuze és mtsai által közölt, ebbe a csoportba eső üvegek (mezopotámiai alapüvegű, de a hamut tisztították, Gratuze et al.-nál LLMLA és LLMHA) előfordulnak mind a budai (2 minta), mind a visegrádi (5 minta) leletek között és a XV. sz. végére vagy a XVI. századra keltezettek. Ezek a minták valószínűleg mind Muránón (Velece) készültek, bár nem teljesen biztos, mert ezen utóbbi csoportból négy elemzésnél 3% körüli az  $Al_2O_3$ -tartalom, míg a többinél 0,6–1,4% közötti. Az eredeti velencei üvegre nem jellemző a 3% körüli Al-tartalom, legalábbis nem arra az időre, amikor már tisztították az üveg nyersanyagait. Ebben az esetben fölmerül a gondolat, hogy esetleg ezek az üvegtárgyak mégsem Muránón készültek. Ezt a gondolatot erősíti a Diósjenő I. hutahelynél

föltárt üveg kémiai összetétele is (lásd fentebb). A Gratuze és mtsai által közölt további 13 üveg erdei alapüvegű, amiből egy minta korai fahamu-szilikát, 12 pedig fahamu-szilikát (1. táblázat) és a XV–XVI. századra keltezettek.

Holl (1971) két, XVI. századra datált soproni üvegleletet ismertet, amelyek kémiai összetételük alapján a Wedepohl-féle (1. táblázat) korai fahamu alapüveg típusnak felelnek meg.

Veres (1982) négy, diósgyőri Kutrolf töredék vegyelemzésére utal, ami alapján három fahamu, egy pedig mezopotámiai alapüveg típusú. Érdekes, hogy a készítési technika és a szennyezettség alapján mind a négyet magyarországi készítésűnek gondolja.

Fórizs & Nagy (2003) egy XV–XVI. sz.-ra keltezett üvegpohár kémiai összetételét ismerteti, ami fahamu-szilikát alapüvegű, de a Wedepohl-féle (1. táblázat) összetételektől eltérő, sajátos összetételű, feltehetően hazai előállítású üveg.

Újabban egy jó állapotban megmaradt, XV századra keltezett ikerosztású üveg-készítő műhelyt tártak föl Visegrádon sok üveglelettel (Mészáros 2005; Szőke & Mészáros 2006), amelyről föltételezik, hogy Mátyás király udvarának dolgozott. Az üvegleletek vegyelemzése várhatóan sok új információval fog szolgálni.

Összefoglalva: a késő középkorban és az újkorban mind mezopotámiai alapüvegű, mind erdei üveg alapüvegű tárgyakat készítettek Magyarországon, ahol az utóbbiak nagyon változatos összetételűek, azonban nem a jelenlegi adatok alapján nem egyértelmű, hogy az erdei üvegek összetételi változékonysága alapvetően a technológiai fejlődés következménye, vagy műhelyjellemző.

## 4. ÜVEGMÁZAK MAGYARORSZÁGON

Az üvegek áttekintésekor nem hagyhatjuk figyelmen kívül a kerámiamázasakat. A máz rendszerint olyan üvegszerkezetű anyag, aminek az olvadáspontja kisebb, mint a hordozó anyagé. Az üvegmázak jelentősége abban van, hogy a kerámiából készült tárgyak felületét védi, esztétikailag pedig szebbé teszi. Használata gyakorivá a késő középkorban váltak, azonban szórványosan már korábban is előfordul. Hagyományos osztályozás szerint kétféle mázat különböztetünk meg.

*Ólomház* ólomoxidból és kvarc-homokból készült, valamint kisebb mennyiségben egyéb anyagokat is tettek bele (pl. kaolin). Az ólomház vagy átlátszó, vagy áttetsző színezett üveg. Ha színezték, akkor sárga máz készítésekor vasoxidot, zöld mázhoz rézoxidot, kék mázhoz kobalt-oxidot, barna máz készítésekor mangánoxidot kevertek bele. Az ólomház égetési hőfoka 860–1050 °C.

Az *ónház*, szemben az ólomházzal, fedőház. Az ón-oxid mikrokristályok fehér színűek, de egyéb fénoxidok hozzáadásával a fehértől eltérő színeket is ki lehet alakítani.

A különféle mázak készítésének leírása, készítéstörténeti ismertetése számos kiadványban megtalálható (pl. Csányi 1954; Voit 1955), ezért jelen tanulmányban csak azokat az eseteket nézzük át, amikor a mázról kémiai elemzés készült.

Az eddig ismert legkorábbi máz előfordulás, amiről kémiai vizsgálat készült egy avar kori üveggyöngy (Budakalász, avar kori temető; Nagy 1996), aminek a felülete eléggé mállott, azonban egy ólomoxid máz egyértelműen azonosítható rajta. Érdekessége, hogy ez a máz nem ólomoxid és kvarc-homok keverékéből készült, hanem tiszta ólomoxidból.

Magyarországon a mázak alkalmazása a XIV–XV. században terjedt el és ettől az időtől fogva gyakorinak mondható. Duma (1982) pl. nyolc Zsigmond-kori kályhacsempe mázának vegyelemzési adatait közli. Tipikus ólomházak, amelyek közül négy 3–3,5% CuO-ot is tartalmaz minden bizonnyal a zöld szín létrehozása végett (réz+ólom együtt zöld színt ad az üvegnek).

Szalontai (2007) a Diösgyöri várból származó késő reneszánsz kályhacsempék mázainak típusáról és színező fém-oxidjairól számol be. Az egyik máz típusa vegyesház, vagyis ólomházhoz ónoxidot is adtak, ami opak fehérre tette azt. Más színek esetében ólomházba tettek színeképző fém-oxidokat. Zöld szín esetében réz, sárga és sárgásbarna szín esetében vas-oxid, sötétbarna és fekete szín esetében vas- és réz-oxid adagolásával hozták létre a kívánt színt.

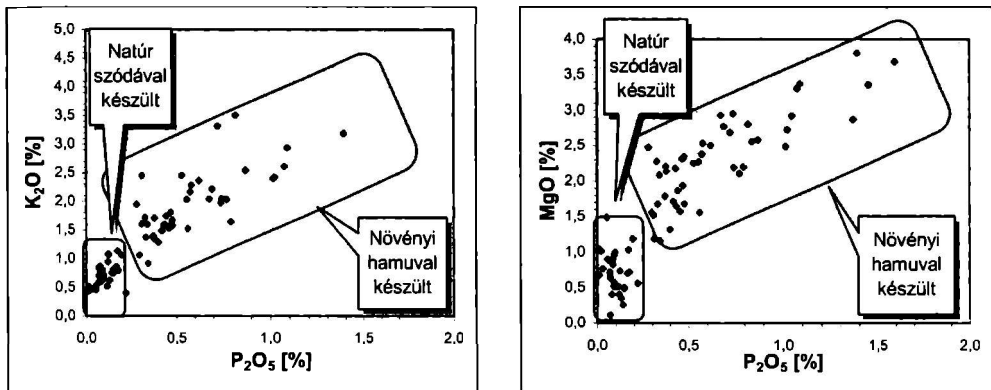
A Magyarországon készült történeti kerámiák (XVIII. század végéig) leletgyakoriságához viszonyítva nagyon kevés megbízható mennyiségi elemzés készült a mázak alap- és színezőanyagáról, pedig a jelentősége ezen adatok összegyűjtésének mind technikatörténeti mind műhely vagy mesterkéz azonosítása szempontjából nélkülözhetetlenek lennének.

## 5. ALAPÜVEG TÍPUSOK SZÉTVÁLASZTÁSA GEOKÉMIAI MÓDSZEREKKEL

Az üveg alapvető összetétele: homok–folyósító(–mészke). A mészke (főként  $\text{CaCO}_3$ ) esetleges fölhasználását a kalcium-tartalom alapján lehet megítélni. Az 5% fölötti CaO-tartalom rendszerint mészke összetevőre utal, kivéve a tisztítatlan hamuból készült erdei és mezopotámiai üveget. A fahamuban ugyanis sokszor több a Ca, mint a K (Liodakis et al. 2005; Misra et al. 1993). Továbbá a sötétűző növény hamujában is jelentős mennyiségű a Ca, és ezen keresztül a vele készült üvegben is, azonban sokkal kevesebb, mint a fahamuban (Brill 1970).

Legnehezebb a római és a mezopotámiai alapüvegek elkülönítése, azonban erre is vannak módszerek. A sötétűző növény hamujában fő kation a nátrium, ugyanúgy mint a natúr szódában, azonban a hamunak nagyobb a K-, Mg-, P- és Ca-tartalma (Brill 1970), ezért ezeket az összetevőket érdemes párosával összehasonlítani. Pl. a  $\text{MgO-K}_2\text{O}$ , a  $\text{K}_2\text{O-P}_2\text{O}_5$  vagy a  $\text{MgO-P}_2\text{O}_5$  diagramokon (3. ábra) ábrázoljuk az üvegtárgyak alapüvegének összetételét. Az alapüveg összetételét úgy kapjuk meg, hogy a teljes kémiai összetételből levonjuk a színezők, szintelenítők és egyéb adalékanyagok mennyiségét, az így maradt mennyiségeket pedig 100%-ra normáljuk.

A 2. táblázat mutatja, hogy a római és a mezopotámiai alapüvegekre milyen  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  és  $\text{P}_2\text{O}_5$  koncentráció tartományok jellemzőek. Természetesen előfordulnak átmeneti vagy kilógó összetételek. Ilyenkor egyedi értékelést kell végezni. Az átmeneti összetételek különböző típusú alapüvegek összeolvasztásából is kialakulhat. A tört üveg fölhasználása mindig is gyakorlat volt.



3. ábra. A római (natúr szódával készült) és a mezopotámiai (növényi hamuval készült) alapüvegek elkülönítése a MgO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> és a K<sub>2</sub>O-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> diagramokon

2. táblázat. A római és a mezopotámiai alapüvegekre jellemző MgO, K<sub>2</sub>O és P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> koncentráció tartományok

	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Római	0,1 – 1,5%	0,3 – 1,5%	0 – 0,2%
Mezopotámiai	1,5 – 5%	1,5 – 5%	0,2 – 2%

## 6. SZÍNEZŐK ÉS SZÍNTELENÍTŐK

### 6.1. Színtelenítők

Az üvegtésítők régi álma volt, hogy minél tisztább, lehetőleg tökéletesen átlátszó üveget készítsenek. A fölhasznált nyersanyagok azonban mindig tartalmaztak szennyezőket, amelyek között a vas okozott leginkább problémát, hiszen hiába tisztították meg idővel az üvegtésítéshez használt összetevőket, a vasat nem tudták teljesen eltávolítani. A vas pedig kis mennyiségben zöldes-kékes színt ad az üvegnek. Kezdetben antimont használtak a vas által okozott elszíneződés megszüntetésére, majd kb. a Római kor végétől a mangánt kezdték erre a célra használni.

A magyarországi leletek esetében a késő bronzkori bakonyjákói (Varga 1992) kék üvegyöngybe még egyértelműen nem tettek mangánt (350 ppm), sőt a mért 96 ppm-nyi antimont (sztibiumot) sem szándékosan tették az üvegbe, az bizonyára a színezőnek használt réz társeléme. A késő római üvegek (Szentendre, késő római temető; Főríz et al. 2000a) egy részében azonban már egyértelműen megjelenik a szándékosan adagolt mangán (>1%), míg az egykorú szarmata üvegekben csak az általános szennyezésnek megfelelő mennyiség jelentkezik (0,1–0,5%; Főríz et al. 2000a, 2001a). Az avar kori üvegekben már általános (kb. a tárgyak 90%-ában) a szándékosan adagolt mangán jelenléte (Főríz et al. 1999, 2000a, 2000b, 2001a, 2001b, 2006; Dekówna 1989; Salamon et al. 1977) és ez

hasonlóan jellemző marad a későbbi korokban is (Staššiková-Štukovská & Plško 1997; Mester et al. 1997; Holl 1971; H. Gyürky & Miklós 1992).

A mangánt, mint fémet természetesen nem ismerték, ún. barnakövet használtak, ami ásványtani szempontból piroluzit ( $\beta\text{-MnO}_2$ ). Nem zárható ki, hogy valamikor a Bakonyban (Eplény) is bányásztak barnakövet üveggéskészítés és színezés céljára (Papp 1990; Szabó 2006), azonban bizonyosat nem lehet tudni.

## 6.2. Színezők

Alapvetően kétféleképpen színezték az üveget. Az áttetsző üvegbe (4. ábra) fémekeket olvasztottak be, ahol a fémionok színcentrumokként viselkedtek. Az opak üveg (4. és 5. ábra) színét viszont leginkább az üvegszerkezetben szétszórtan elhelyezkedő kristályos fázisok szolgáltatták.

### 6.2.1. Kék üveg

A kék színt kezdetben oxidált rézzel ( $\text{Cu}^{++}$ ) állították elő. Ennek előállítása viszonylag egyszerű volt annak ellenére, hogy a réz csak ún. komplexképzők (pl. ólom, vas) jelenlétében oldódik be az üvegbe (Henderson 1985; p. 282), mivel az üveggéskészítéshez használt fő alkotók mindig tartalmaznak kis mennyiségben ilyen elemeket.

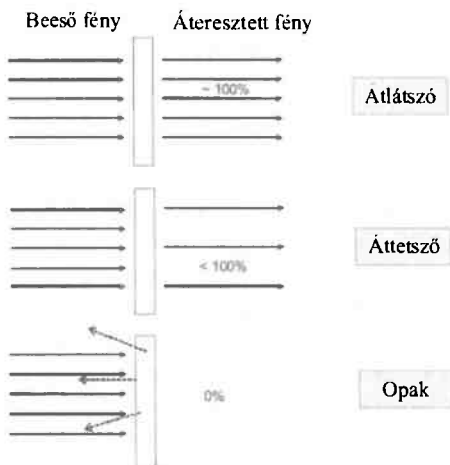
A legrégebbi időktől kezdve jellemző a magyarországi kék üvegekre, hogy rézzel színezik: késő bronzkori bakonyjáki üvegyöngy (Varga 1992), római kori üvegyöngy (Budakalász, Fórizs et al. 2000a), Kr. u. III–IV. századi vandál üvegyöngyök (Budapest, Flóran & Zimmer 1980), avar kori üvegyöngyök (Budakalász, Szegvár, Tiszaföldvár, Tiszavasvári, Fórizs et al. 2000a, 2001a, 2001b, 2006), VIII–X. századi üvegyöngyök (Vágbori (Borovce), Staššiková-Štukovská & Plško 1997).

A másik gyakori eljárás a kobalttal való színezés, aminek más az árnyalata, mint a rézzel kékre színezett üvegé, ezért is nevezik ezt kobaltkék üvegnek. A középkori Budai és Visegrádi leletek között számos ilyen üveget találtak (Gratuze et al. 2002), de Egerből is ismerünk kobalttal kékre színezett későközépkori üvegpoharat (Kocsonya et al. 2007).

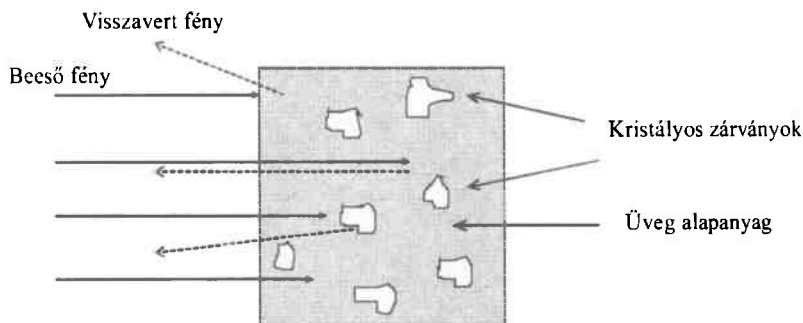
### 6.2.2. Zöld üveg

A zöld színt többféleképpen is elő lehet állítani. Az egyik a rézzel való színezés. A réz oxidációs állapotának függvényében vörös ( $\text{Cu}^0$ ,  $\text{Cu}^+$ ), kék ( $\text{Cu}^{++}$ ), vagy zöld ( $\text{Cu}^{++}$ ) színt ad. A kék és zöld szín esetében az oxidációs állapotban csak nagyon kicsi különbség van hasonlóan, mint a malachit (zöld:  $\text{Cu}_2[(\text{OH})_2\text{CO}_3]$ ) és az azurit (kék:  $\text{Cu}_3[(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2]$ ) esetében, ahol mindkettő réz-hidroxikarbonát, de egy picit eltér a rézion oxidációs állapota. Rézzel színezték pl. a XV–XVI. sz.-ra keltezett egri üvegpohár zöld karikáját (Fórizs & Nagy 2003).

Gyakran állították elő a zöld színt réz és ólom együttes adagolásával, ahol a réz kék színt, az ólom pedig sárga színt kelt, a kettő keveréke pedig zöld. Ilyenek pl. a III–IV századi vandál (Budapest, Flórán & Zimmer 1980) és a VIII–X. századi zöld üveggyöngyök (Vágbori (Borovce), Staššiková-Štukovská & Plško 1997).



4. ábra. Az átlátszó, áttetsző és az opak (átlátszatlan, homályosított) üvegszerkezetek tulajdonsága a fényáteresztés szempontjából



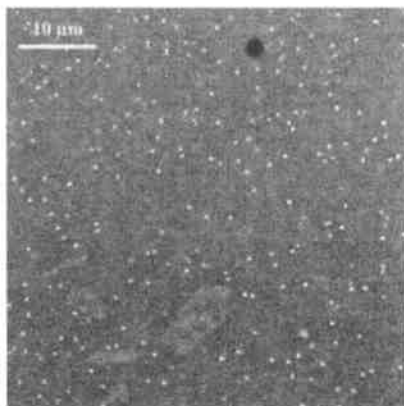
5. ábra. Az opak üveg sematikus belső szerkezete

### 6.2.3. Kékes-zöld üveg

Gyakori a nem színezett üvegek esetében, hogy kékes-zöldek. Ilyen esetben a szennyezőként jelenlévő vas okozza a színt, amit természetesen nem szándékosan hoztak létre. Szándékos színezés esetén rézzel, vagy réz és ólom együttes adagolásával érték el. Ez utóbbira példa a Vágboriban (Borovce) föltárt, VIII–X. századi kékes-zöld üveggyöngy (Staššiková-Štukovská & Plško 1997, 2. elemzés).

### 6.2.4. Vörös üveg

A vörös színt hosszú ideig részben ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) vagy teljesen redukált ( $\text{Cu}^0$ , fém) rézzel, vagy ezek keverékével állították elő (Henderson 1985). A réz redukálása meglehetősen nehéz és sokszor bizonytalan kimenetelű művelet volt (Henderson 1985; Brill 1970). A redukált réz nem marad az üvegfázisban hanem parányi, rendszerint mikrométer körüli vagy annál kisebb fémréz (vörösréz) vagy kuprit ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) formájában kikristályosodik és ezek a parányi kristályok adják az üveg színét (6. ábra). Kezdetben (és bizonyos területeken hosszú ideig) külső redukálással kristályosították ki a rezet, ami abból állt, hogy szénmonoxid dús, füstös kemencében hagyták lassan kihűlni a kész üvegtárgyat, így volt ideje a parányi kristályok képződésének (Brill & Cahill 1988). A redukálást elősegítendő belső redukálót is használtak, ami egyes területeken ólom volt (Brill & Cahill 1988), de hamar rájöttek, hogy a vas még jobb. Igaz, a vas adagolásának eredménye, hogy nem rubin vörös, hanem téglavörös színű lett az üveg. A vas tudatos adagolását és belső redukáló szerepét bizonyítja Fórizs et al. (1999) megfigyelése. Ők fém állapotú vas-zárványokat mutattak ki oxidált vas és vas-szilikát fázisok társaságában. Mivel termés vas földi körülmények között nem fordul elő (csak meteoritban), ezért a fém vas jelenléte mindenképpen tudatosságra utal.



**6. ábra.** Vörös üveggyöngy (SzO-3, Szegvár-Oromdűlő, avar kori temető) mikroszöveti képe (visszaszórt elektron kép). A kicsi fehér pöttyök a színt adó fémréz vagy kuprit kristályok, amelyek egyenletesen helyezkednek el az alapüvegen

Érdekes módon a legrégebbi olyan vörös üveg, amibe vasat is tettek a réz mellé a Kr. e. XV századból került elő a (Vandiver 1983) mai Észak-Irak területéről (Nuzi), majd fokozatosan megjelent Perszeopoliszban (Kr. e. V. sz.), utána Bizáncban és a Kárpát-medencében (Kr. u. III–VIII. sz.), később a Vikingföldön és Írországbán (VI–X. sz.) (további részletekért lásd Fórizs et al. 1999). Valószínűleg egy szárazföldi kereskedelmi útvonal mentén terjedt el ez a készítési mód.

### **6.2.5. Narancssárga üveg**

Tulajdonképpen a vörös opak változata. Kémiai összetétele ugyanaz, mint annak a vörös opaknak, amelyikbe nem tettek vasat. Feltételezések szerint a kuprit ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) kristályok méretétől függ, hogy vörös vagy narancssárga színű lesz az üveg. Brill & Cahill (1988) azt tapasztalta, hogy a narancssárga üvegekben kisebbek a kuprit kristályok mint a vörösben, azért arra következtettek, hogy a kristály növekedtével inkább vörös lesz az üveg színe. Ugyanakkor saját tapasztalatunk pont az ellenkezője. A szarmata vörös opakban elektronmikroszondával látható réz-tartalmú kristályok kisebbek, mint a narancssárgában lévőek. Brill & Cahill (1988) megjegyzi, hogy a kuprit mellett mindig találtak (röntgendiffraktometriával) fémrezt is. Feltehető, hogy a fémréz és a kuprit kristályok mennyiségi aránya is számít a színeképzésben.

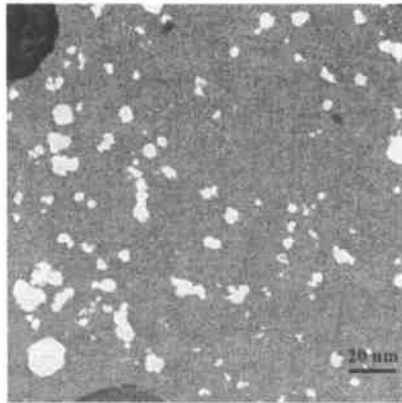
A narancssárga üvegyöngy viszonylag gyakori a szarmata leletek között (H. Vaday 1989), ugyanakkor az egyébként gazdag avar leletanyagban csak elvétve fordul elő (Pásztor 1996). Más korokra sem igazán jellemző.

### **6.2.6. Sárga üveg**

Az opak sárga üveg az avar kori üvegyöngyök között előfordul önálló monokróm testként, valamint díszként más színű üvegtesten (Pásztor 1996, Staššíková-Štukovská & Plško 1997).

Már az ókorban is divatos volt ez a szín. Szabálytalan alakú  $\text{Pb}_2\text{Sb}_2\text{O}_7$  vagy  $\text{Pb}_2\text{SnO}_4$  kristályokkal állították elő (7. ábra). Az előállítás módját Jacoby (1993) ismerteti XIV századi ó-olasz nyelvű velencei üvegtés receptek alapján. Először készítették egy ólom-szilikát (ólom+homok) alapüveget, amit porítottak. Fém ón és ólom pörkölésével fehér port állítottak elő, amit egyenletesre őröltek és összekeverték az üveggel, majd tégelyben addig melegítették, amíg éppen összeolvadt és ekkor formáztak belőle tárgyakat. Az avar korban is hasonlóan készültek, azonban ott nem ólom-szilikát, hanem Na-Ca-szilikát üveg volt az alapüveg (Fórizs et al. 2000b).

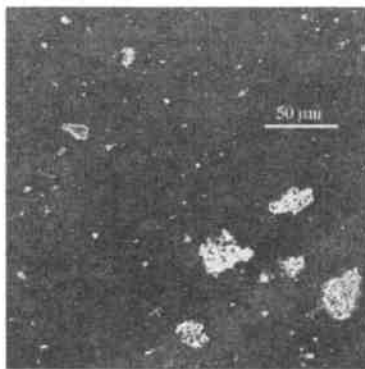
A középkorban főleg templomablakokhoz áttetsző sárga üvegeket készítettek, amelyek egyszerűen ólom-szilikát üvegek. Itt azonban nincsenek színező-homályosító szemcsék. Az ólom az üvegtésben van, és halvány sárga színt ad az üvegnek (katedrális üveg).



**7. ábra.** *Diszített üvegyöngy (SzO-3, Szegvár-Oromdűlő, avar kori temető) sárga részének mikroszöveti képe (visszaszórt elektron kép). A szabálytalan fehér fázisok (Pb,Sn)-oxid szemcsék, amelyek opak sárga színt adnak az üvegnek*

### 6.2.7. Fehér

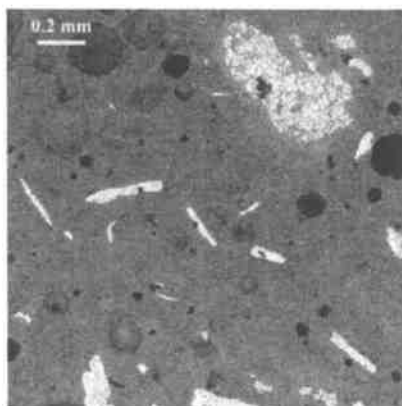
Az opak fehér üveget kezdetben antimon-oxiddal, majd ón-oxiddal homályosították és egyben színezték, mivel ezek a kicsi szemcsék fehér színűek. Az antimon használata kifejezetten jellemző volt a Római Birodalom egész területére. Ebből a szempontból érdekes, hogy a III-IV századi szarmaták, akik mind római, mind mezopotámiai típusú alapüveget készítettek, vagyis bizonyítottan nem a rómaiaktól vették az üvegyöngyöket, a fehér szín előállításához antimont használtak, amit a rómaiaktól szereztek be (Fórizs et al. 2001a). Két évszázaddal később az avarok már nem használtak antimont, hanem ónt (Fórizs et al. 2001b).



**8. ábra.** *Diszített üvegyöngy (SzO-26, Szegvár-Oromdűlő, avar kori temető) fehér részének mikroszöveti képe (visszaszórt elektron kép). A szabálytalan fehér fázisok Sn-oxid szemcsék, amelyek opak fehér színt adnak az üvegnek*

### 6.2.8. Fekete

Viszonylag gyakori szín az üveggyöngyök esetében. Vassal állították elő (9. ábra), a vas teljesen oxidált változatával (maghemit:  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ , Fórizs et al. 2001b). A III–IV. századi vandál (Flórián & Zimmer 1980), valamint az avar kori üveggyöngyök között is előfordul fekete (Fórizs et al. 2001b).



**9. ábra.** Egyszínű fekete üveggyöngy (SzK-1, Szeged-Kundomb, avar kori temető) mikroszköveti képe (visszaszórt elektron kép). A hosszúkás és a szabálytalan fehér fázisok Fe-oxid szemcsék, amelyek opak fekete színt adnak az üvegnek

### 6.2.9. Lila

Nagyon ritkán fordul elő, és mangánnal állították elő. Kis mennyiségben, 1–2%-ban a mangán színtelenítő, azonban nagyobb mennyiségben lila színt ad az üvegnek. Mind az ókori, mind a középkori leletek között előfordul.

## 7. ÖSSZEFOGLALÁS HELYETT

Talán az előzőekből is kiderült, hogy szisztematikus anyagvizsgálat és megbízható adatbázis hiányában a tárgyalt korszak üvegleleteinek, technológiáinak, felhasznált alapanyagoknak valódi jellemzését nem végezhetjük el. Tekintsük az előzőket kiindulási alpnak a jellemzés módszertanát alapozó kvázi összefoglalásnak. Reméljük, egyúttal sikerült bizonyítanunk azt, hogy minden továbblépés csak egy jól rendszerezett adatbázis segítségével történhet meg. A továbblépés mind az alapanyagok, mind a műhelyek, receptúrák, kereskedelmi útvonalak, kapcsolatok feltárását jelenti. Ennek mind régészeti, mind művészettörténeti, mind pedig technikátörténeti jelentősége nem szorul magyarázatra. Reményeink szerint intézetünk archeometriai csoportjában nem csak az alapok bővítésére, hanem rövidesen egy teljesebb áttekintés elkészítésére is sor kerülhet. Ehhez nélkülözhetetlen a témában érdekelt kutatók összefogása.

## Köszönetnyilvánítás

Ezúton köszönöm meg az egyébként nagyon nehezen elérhető adatok, közlemények összegyűjtésében nyújtott kiváló segítségüket Véninger Péternek (Budapesti Szépművészeti Múzeum), Tóth Máriának és Nagy Géának (MTA Geokémiai Kutatóintézet), Pásztor Adriennek (Kulturális Örökségvédelmi Szakszolgálat) és Váradi Adélnak (Dobó István Vármúzeum). Külön köszönöm azon múzeumok és munkatársaik szíves támogatását, akik a vizsgálati anyagokat rendelkezésünkre bocsátották. Az eddig megjelent publikációinkban név szerinti felsorolásuk tételesen megtalálható.

## IRODALOM

- Brill, R. H. 1970: The Chemical Interpretation of the Texts. In: Oppenheim, A. L. and others: Glass and Glassmaking in Ancient Mesopotamia. Corning: The Corning Museum of Glass, 103–128.
- Brill, R. H. 1992: Chemical Analyses of some glasses from Frattesina. *Journal of Glass Studies* **34**, 11–22.
- Brill, R. H. Cahill, N. D. 1988: A Red Opaque Glass from Sardis and Some Thoughts on Red Opaques in General. *Journal of Glass Studies* **30**, 16–27.
- Csányi K. 1954: A magyar kerámia és porcelán története és jegyei. Budapest: Képzőművészeti Alap.
- Dekówna, M. 1989: Herkunft der im Friedhof Zalakomár gefundenen Glasperlen im Lichte der technologischen Untersuchungen. *A Wosinsky Mór Múzeum Évkönyve* **15**, 231–242.
- Duma Gy. 1982: Középkori ólomházak. *Építőanyag* **1982/10**, 392–399.
- Flórián K., Zimmer K. 1980: Gyöngyleletek spektrográfias vizsgálata II. *Magyar Kémiai Folyóirat*, **86/1**, 35–40.
- Fórizs I., Nagy G. 2003: Karikával díszített későközépkori egri üvegkehely műszeres analitikai vizsgálata. *Agraria* **XXXIX**, 215–224.
- Fórizs I. Pásztor A. Nagy G., Tóth M. 2000a: Avar kori üveggyöngyök röntgendiffrakciós és elektron-mikroszondás vizsgálata. Alapadatok az üveggyöngyök genetikájához IV Miből és hogyan? X-ray diffractometric and electron microprobe study of the Avar Age glass beads. Basic data for the genetics of glass beads IV How and what were they made of? In: Bende L., Lőrinczy G. Szalontai Cs. szerk.): Hadak útján (A népvándorlás kor fiatal kutatóinak X. konferenciája, Domaszék, 1999. november 27–30.). Szeged, 321–340.
- Fórizs I. Pásztor A., Nagy G., Tóth M. 2000b: Avar kori üveggyöngyök röntgendiffrakciós és elektron-mikroszondás vizsgálata. Alapadatok az üveggyöngyök genetikájához III. Az üveggyöngyök zárványai? X-ray diffractometric and electron microprobe study of the Avar Period glass beads. Basic data for the genetics of glass beads III. Inclusions in the beads. *Heves Megyei Régészeti Közlemények* **2**, 147–171.
- Fórizs I., Pásztor A. , Nagy G., Tóth M. 2001a: Avar és szarmata gyöngyök Csongrád megyéből. Az anyaguk is különbözik vagy csak a típusuk? Avar and Sarmatian glass beads from the Csongrád county, Hungary. Only the style is different or the material as well? In: *A Wosinsky Mór Múzeum Évkönyve*, „Hadak Útján” Wosinsky Mór Megyei Múzeum, Szekszárd, **XXIII**, 69–89.
- Fórizs I., Pásztor A., Tóth M., Nagy G. 2001b: Avar kori üveggyöngyök röntgen-diffrakciós és elektron-mikroszondás vizsgálata. Alapadatok az üveggyöngyök genetikájához I. In: Kiss M., Lengvári P. (szerk.): Együtt a Kárpát-medencében – A Népvándorlás kor Fialat Kutatóinak VII. Összejövedele, Pécs, 1996. szept. 27–29; Pécs: Dolman 2000 Bt., 49–68.

- Fórizs I., Pásztor A., Nagy G., Tóth M. 2006: Üveganyag újrafelhasználása az avar és szarmata kori üvegyöngyök mikroszöveti és (geo)kémiai vizsgálata tükrében. *Arrabona Múzeumi Közlemények* 44/1, 141–150.
- Fórizs I. Tóth M., Nagy G., Pásztor A. 1999: Avar kori üvegyöngyök röntgendiffrakciós és elektron-mikroszondás vizsgálata. Alapadatok az üvegyöngyök genetikájához II. Vörös opak üvegek–X-ray diffractometric and electron microprobe study of the Avar Age glass beads. Basic data for the genetics of glass beads II. Red opaque glasses. In S. Perémi Á. (szerk.): A népvándorlás kor fiatal kutatóinak 8. találkozájának előadásai (Veszprém, 1997. november 28–30.). Veszprém: Veszprém Megyei Múzeumi Igazgatóság, Laczkó Dezső Múzeum, 87–110.
- Green, L. R., Hart, F. A. 1987: Colour and chemical compositions in Ancient glass: An examination of some Roman and Wealden glass by means of ultraviolet-visible-infra-red spectrometry and electron microprobe. *Journal of Archaeological Science* 14, 271–282.
- Gratuze, B., Uzonyi, I., Elekes, Z., Kiss, Á. Z., Mester, E. 2002: A study of Hungarian medieval glass composition: Preliminary results. *Archaeometry* 98. Proceedings of the 31<sup>st</sup> Symposium. Budapest, Hungary, April 26 – May 3, 1998. Ed.: Erzsébet Jerem and Katalin T. Biró. Oxford, BAR. (Archaeolingua. Central European Series 1.) (*BAR International Series* 1043(II) 2, 565–572.
- Henderson, J. 1985: The raw materials of early glass production. *Oxford Journal of Archaeology* 4/3, 267–291.
- H. Gyürky K. 1991: *Üvegek a középkori Magyarországon*. BTM Műhely 3. Budapest: Budapesti Történeti Múzeum.
- H. Gyürky K., Miklós Zs. 1992: Középkori üveghuta feltárása a Nógrád megyei Diósjenő közelében. *Archeológiai Értesítő* 119, 69–90.
- Henderson, J. 1988: Electron probe microanalysis of mixed-alkali glasses. *Archaeometry* 30/1, 77–91.
- Henderson, J. 1995: Ancient Vitreous Materials. *American Journal of Archaeology* 99/1, 117–121.
- Holl I. 1971: Sopron középkori városfalai III. *Archeológiai Értesítő* 98, 24–44.
- H. Vaday, A. 1989: Die sarmatischen Denkmäler des Komitats Szolnok. Ein Beitrag zur Archäologie und Geschichte des sarmatischen Barbaricums. *Antaeus Communicationes ex Instituto Archeologico Academiae Scientiarum Hungaricae* 17–18/1988-1989.
- Idősebb Plinius 2001: *Természetrész (XXXIII-XXXVII). Az ásványokról és a Művészetekről*. Budapest: Enciklopédia Kiadó.
- Ilon G. 1996: Későhalomsíros kora urnamezős kultúra temetője és tell-települése Németbánya határában. *Pápai Múzeumi Értesítő* 1996/6, 89–208.
- Jacoby, D. 1993: Raw materials for the glass industries of Venice and the Terraferma, about 1370 – about 1460. *Journal of Glass Studies* 35, 65–80.
- Jankovich, K. 1992: Spätbronzezeitliche Hügelgräber in der Bakony-Gegend II. *Acta Archaeologica Hungarica* 44, 261–343.
- Kocsonya A. Kovács I., Váradi A. 2007: Egy egi későközépkori üvegek hely újabb kémiai vizsgálata. *Agria* XLIII, 485–496.
- Liodakis, S., Katsigiannis, G., Kakali, G. 2005: Ash properties of some dominant Greek forest species. *Thermochemica Acta* 437/1-2, 158–167.
- Mester E., Gróf P., Gróh D., Szabó I. 1997: Középkori üvegek. *Visegrád Régészeti Monográfiái* 2, 1–169.
- Mészáros O. 2005: Visegrád XV századi üvegműhelye. *Magyar Múzeumok* 2005/3, 41–44.
- Misra, M. K., Ragland, K. W., Baker, A. J. 1993: Wood ash composition as a function of furnace temperature. *Biomass and Bioenergy* 4/2, 103–116.

- Nagy G. 1996: Jelentés avarkori üvegyöngyök elektron-mikroszondás vizsgálatáról. Kutatási Jelentés. MTA Geokémiai Kutatólaboratórium, Budapest, G. 331.
- Nicholson, P. T. & Peltenberg, E. 2000: Egyptian Faience. In Nicholson P. T. & Shaw I. (eds): *Ancient Egyptian Materials and Technology*. Cambridge: Cambridge University Press, 177–224.
- Papp G. (1990): XVIII. századi adatok a bakonyi mangánásványokról. *Folia Musei Historico Naturales Bakonyiensis*, 9, 7–9.
- Pásztor A. 1996: A magyarországi kora és közép avar kori gyöngyök tipológiai vizsgálata Typologische Untersuchung der früh- und mittelawarischen Perlen aus Ungran. *A Móra Ferenc Múzeum Évkönyve - Studia Archaeologica II.*, 195–220.
- Rehren, Th. 2000: Rationales in Old World Base Glass Compositions. *Journal of Archaeological Science* 27, 1225–1234.
- Salamon Á., Duma Gy., Ravasz Cs. 1977: Adatok a későantik színesgyöngyök készítéséhez (Sűrű hullámvonallal díszített feltületű gyöngyök tüvegszerű olvadékból). – Contribution to how the late Antique coloured beads were made. *Archeológiai Értesítő* 104, 235–245.
- Shortland, A. Schachner, L. Freestone I. Tite, M. 2006: Natron as a flux in the early vitreous materials industry: sources, beginnings and reasons for decline. *Journal of Archaeological Science* 33, 521–530.
- Staššiková-Štukovská, D., Plško, A. 1997: Typologische und technologische Aspekte der Perlen aus dem frühmittelalterlichen Gräberfeld in Borovce. In: U.v. Freedon & A. Wiczorek (ed.), *Perlen: Archäologie, Techniken, Analysen. Akten des Internationalen Perlensymposiums in Mannheim 1994*. Publisher: Dr. Rudolf Habelt GmbH, Bonn, 259–274.
- Szabó Z. 2006: Bakonyi mangánérces bányászata. Ajka: Mangán Bányászati és Feldolgozó Kft. (Úrkút).
- Szalontai G. 2007: Későreneszánsz vegyesmázás kályhacsempék restaurálása a diósgyőri várból. Diplomamunka: Magyar Képzőművészeti Egyetem. Budapest.
- Szöke M., Mészáros O. 2006: Visegrád, Rév u. 5. In: Kisfaludi J. (szerk.) *Régészeti kutatások Magyarországon 2005*. Budapest: Magyar Nemzeti Múzeum Kulturális Örökségvédelmi Hivatal, 340–341.
- Valter I. 2002: Adatok a pásztói monostor gazdasági életéhez. In: Csiffáry G. (szerk.) *Historia est... Írások Kovács Béla köszöntésére*, Eger: Heves Megyei Levéltár.
- Varga I. 1992: Későbronzkori üvegyöngy Bakonyjácóról. *Pápai Múzeumi Értesítő* 1992/3-4, 97–99.
- Veres L. 1982: XVI. századi diósgyőri Kutrolf töredékek *A miskolci Herman Ottó Múzeum Közleményei* 20, 35–42.
- Voit P., Holl I. 1956: Hunyadi Mátyás budavári majolikagyártó műhelye. Budapest régiségei XVII: 73–150.
- Wedepohl, K. H. 2000: The change in composition of medieval glass types occurring in excavated fragments from Germany. *Annales du 14e Congrès de l'Association Internationale pour l'Histoire du Verre, Italia, Venezia-Milano 1998; AIHV, Lochem 2000*, 253–257.
- Whitehouse, D. 2004: European glass in the Venetian style 1500–1750. *Magazine Antiques* 166/2, 68–75.