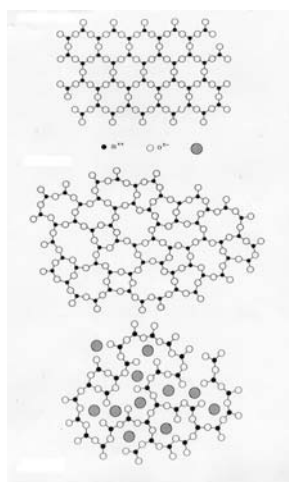


# Üveg

Archeometria, 2013. május 8.  
Szakmány György

## Üveg



Kvarc

Kvarcüveg

Alkáli üveg

Üveg: rendezetlen szerkezet (rendezettségre törekvés – devitrifikáció)

Rácsképző: kvarc  
• kvarckavics vagy homok

„folyósítók” (~20%) – olvadáspont csökkentők: 1700°C → 900-1200°C  
• Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, (PbO)

Tulajdonság módosítók (stabilizálók) (5-10%)  
• CaO, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Színezők (1-3%)  
Cu, Co, Pb, Sn, Sb, Fe, Mn, stb.

Első üveg: Mezopotámia Kr. e. 2. évezred

## Üveg – alaptípusok 1.

**Hamu típus** (Mezopotámiai (szíriai) típus):

Kvarc (homok vagy kvarckavics) + **sótűrő növények Na-dús hamuja**

- Mezopotámia
- Egyiptom Kr. e. 1500-1100
- India
- Sri Lanka



SiO <sub>2</sub>	65 %
Na <sub>2</sub> O	>15 %
CaO	8 %
MgO	>2 %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,X %

**Szóda típus** (római alapüveg típus):

Kvarc (homok vagy kvarckavics) + **szikso (szóda):**

*nátron* (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>\*10H<sub>2</sub>O), *trona* (Na<sub>3</sub>HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>\*2H<sub>2</sub>O

- Egyiptom Kr. e. 1. évezred
- Római birodalom (+ mészkő vagy kagylóhéj)
- Bizánc

Na <sub>2</sub> O	több
MgO	<1,3 %
K <sub>2</sub> O	<1,3 %
CaO	kevesebb
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	kevesebb

**Elkülönítés:** K<sub>2</sub>O + MgO > 2,6 hamu típus  
< 2,6 szóda típus



Római birodalom, Bizánc: üvegtörmelékek újrafelhasználása

## Üveg – alaptípusok 2.

**Erdei (káli) alapüveg típus:**

Kvarc (homok) + **fahamu** ± mészkő – K-Ca-szilikát üveg

- fahamu: **K gazdag** + Ca, Na, Mg, P, Si; széles összetételi változatosság
- középkor leggyakoribb alapüveg típusa; első megjelenés: Németország Kr.u.9. szd.

**Ólomüveg típus**

Kvarc (homok) + **ólom**

- ólom: folyósító
- középkorban elterjedt

## Üveg – színezők 1.

**Színezés:** különböző elemek + oxidációs–redukciós állapot  
színezők nélkül: zöld, sárgászöld, kékeszöld ( $\text{Fe}^{2+}$  tartalom)

Szintelen

**Sb** (Kr. e. 7. századtól)

**Mn** (Kr. u. 1. századtól) feltétel:  $\text{Mn} \gg \text{Fe}$

**Kék** - nagyon elterjedt

**Cu** (oxidált,  $\text{Cu}^{2+}$ ) – Mezopotámia, Egyiptom (Kr. e. 1500)

**Co** – kizárólagosan vagy rézzel együtt, Egyiptom (Kr. e. 1500-1300)

**Zöld** - elterjedt

**Cu** (oxidált,  $\text{Cu}^{2+}$ )

**Fe**

áttetsző vagy opak; opakosító: Sb vagy Sn

**Vörös** – ritka

**Cu** (redukált,  $\text{Cu}^+$ ,  $\text{Cu}^0$ ) – technológiailag problémás: Mezopotámia, Egyiptom, Földközi-tenger vidéke

Kelták: opak vörös - nagy Pb-tartalmú Cu-dús üveg

## Üveg – színezők 2.

**Narancssárga** – nagyon ritka

**Cu + Pb:** Balti tenger vidéke, hamu típusú

**sok Cu + kevés Pb, Sn, Sb** – Meroving kor (5-8 sz.), mai Németo.-Svájc

**Sárga** – viszonylag gyakori

**Pb:** pl. Egyiptom, Kr. e. 15. szd-tól

**Sb-Pb -oxidok** – erősebb sárga; D-Anglia, Kr. e. 3-1 szd.

**Sn-Pb-oxidok:** Ny-Európa, Meroving kor

**$\text{Fe}^{3+}$ -szulfid:** Mezopotámia, Kr. u. 1-5 szd.

**Barna** – ritka

**$\text{Fe}^{3+}$  és  $\text{SO}_2$**  → redukzív viszonyok, Ibériai félsziget, Kr. e. 4 - 2 szd.

**Pb, Fe, Cu,** Meroving kor

**Fehér** – viszonylag gyakori, opak üveg, csak szóda típusú alapüvegben

**Sb-oxid ± Pb**

**Sn-oxid ± Pb**

**Fekete** – ritka

**Fe**

**Mn**

## Üveg – magyarországi feldolgozások

Vizsgálati módszer: elektron-mikroszkop

Szarmata Kr.u. 2-4 szd  
Avar 6-8. szd

Nagy részt „szóda” típus, kevés „hamu” típus → üvegyártás különböző területeken



## Üveg - Irodalom

**Fórizs, I. (2008):** Üvegekészítés Magyarországon a kezdetektől a XVIII. századig –  
In: Szakáll, S. (szerk): Az ásványok és az ember a mai Magyarország területén a XVIII. század végéig. Fókuszban az ásványi anyag. A Miskolci Egyetem Közleménye A sorozat, Bányászat, 74, Miskolc, Egyetemi Kiadó pp. 113-136.

**Nagy, G – Pásztor, A. – Fórizs, I. – Tóth, M. (2010):** Szarmata és avar kori üvegyöngyök elektron-mikroszkopos vizsgálata. – Archeometriai Műhely, 7 (1), pp. 27-50.

# Festék

Archeometria, 2012. május 9.  
Szakmány György

## Festék

- **Szerves** eredetű – elsősorban növényi, ritkán állati eredet
  - Szín: vegyület elektronszerkezete – jellemző az alkotó molekulákra és azok oldataira → textíliák festése
- **Szervetlen** (ásványi) eredetű
  - Szín: kristályszerkezeti tulajdonság
  - Por formában, kötőanyaggal keverve
- **Szintetikus** - egyre inkább előtérben
  - Előállítás általában természetes anyagok feldolgozásával

## Festék – rövid történet

- Legkorábbi: sziklafestmények, Carpenter's Gap barlang (Ausztrália) - ~40000 év
- Legkorábbi európai barlangfestmények, Fumane, Chauvet, Clovis - ~30000 év
  - Vörös - Fe-oxidok
  - Fekete – faszén, Mn-oxidok
- Legkorábbi szintetikus felhasználás: Egyiptom – főleg kozmetikumok
- Legkorábbi festékfelhasználás Magyarország területén: lovasi festékbánya - ~11000-12000 év
  - okker
- Neolitik: lengyeli kultúra: festett cserépedények
- Késő neolitik - kora rézkor:
  - vörös – cinnabarit, hematit
  - sárga – goethit, jarosit ( $\text{KFe}^{3+}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ )
  - fehér – kalcit
- Római Birodalom: falfestészet – nagy területen állandó, fejlett technika
- Középkor: jelentős fejlődés a technikák és a felhasznált anyagok tekintetében
- XVIII. század: előretör a szintetikus festékek előállítása

## Festék – vizsgálati célok, kérdések

- Mi a festék összetétele, eredete?
- Milyen formában van a festék a festett felületen, hogyan kötődik ahhoz?
- A festék az eredeti formájában van meg vagy már átalakult?
- Milyen módon lehet megakadályozni/megállítani a festék kopását-átalakulását, állagának romlását, mi lehet a konzerválási stratégiája?

## Festék – vizsgálati módszerek

SEM-EDS

Elektron-mikroszkop

ásványi összetétel, kapcsolódás, kötés

XRF

AAS

ICP OES + ICP MS

kémiai összetétel

**Röntgen diffrakció (XRD)**

ásványi összetétel

IR spektroszkópia

**Raman spektroszkópia**

ásványi, molekuláris összetétel

## Ásványi eredetű festékek és néhány szintetikus változat

**Fehér** – barit, apatit (őrölt vagy égetett csont), kalcit, gipsz,  
Titánfehér: szintetikus  $\text{TiO}_2$  - 20. századtól

- **Vörös** – cinnabarit ( $\rightarrow$ metacinnabarit: feketedés), realgár (fény hatására bomlik), hematit, okker (limonit-hematit+agyag+kvarc keverék)  
Szintetikus cinnabarit (vermillion) – 12. századtól
- **Narancssárga** – krokoit ( $\text{PbCrO}_4$ )  
szintetikus okker
- **Sárga** – auripigment, massicot ( $\text{PbO}$ ), minium ( $\text{Pb}_3\text{O}_4$ ), okker (limonit-hematit+agyag+kvarc keverék), jarosit  
szintetikus greenockit ( $\text{CdS}$ ), szintetikus krokoit ( $\text{PbCrO}_4$ ),
- **Zöld** – malachit, atacamit, krizokolla, „zöldföldek” (zöld agyagok –  $\text{Fe}^{2+}$ -tartalmúak)
- **Kék** (*ritka!*) – azurit, lazurit (12. századtól)  
szintetikus lazurit: ultramarin – 19. század  
Egyiptomi kék (szintetikus) – cuprorivaít ( $\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$ ) – Kr.e. 3. évezredtől a középkorig  
Han kék (szintetikus) –  $\text{BaCuSi}_2\text{O}_6$   
Maya kék (szintetikus) – paligorszkít + indigó keveréke
- **Lila** – indigó (szintetikus) (molluszkákból kivont festékanyag: Murex, Purpura)
- **Fekete** – grafit, magnetit

## **Festék - Irodalom**

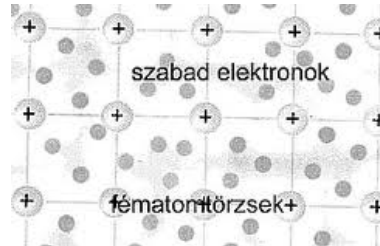
**Sajó I.** (2008): Ásványi eredetű festékek Magyarország területén. - In: Szakáll, S. (szerk): Az ásványok és az ember a mai Magyarország területén a XVIII. század végéig. Fókuszban az ásványi anyag. A Miskolci Egyetem Közleménye A sorozat, Bányászat, 74, Miskolc, Egyetemi Kiadó pp. 39-47.

## **Fémek**

Archeometria, 2012. május 9.  
Szakmány György

## Fémek

Fémrácsok, fémes kötés: rácspontokban pozitív fémionok, köztük szabadon mozgó elektronok



Plasztikus deformáció – nyújtható, kalapálható

Ötvözhetőség – több fázis keveréke → tulajdonságok javítása

## Fémek

Első természetes termésvém felhasználás: Cu ~10000 éve, Catal Hüyük

Később: további termésvém felhasználások: Pb, Au, Ag, Sn – speciális geológiai lelőhelyek

Első ötvözetek: Cu+Sb, Cu+As ~6000-7000 éve

Kr.u. 1500-ig 7 fém + ötvözetek

- Au, Cu, Pb, Ag, Sn, Fe, Hg
- rézötvözetek: Cu+As, Cu+Sn, Cu+Sn+Pb, Cu+Zn
- ezüstötvözetek: Ag+Cu, Ag+Au
- ónötvözetek: Sn+Pb
- vasötvözetek: Fe+C, Fe+P



Cél: fém kinyerése az ércből

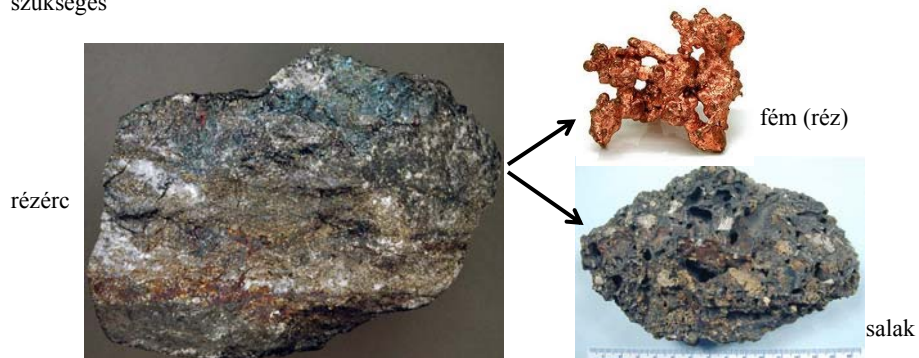
- *termésvémek* – közvetlen felhasználás, de kevés!
- *oxidos érc*: érctelepek felső, oxidációs zónájában
  - redukálás → fém
    - pl. karbonátos oxidos rézércet faszénnel történő hevítés → réz
- *szulfidérc*: érctelepek „cementációs” zónájában – jelentős fémtartalom
  - kéntartalom eltávolítása, érc oxidos formává átalakítás: pörkölés (redukáló környezetben hevítés)

## Fémek

Leletanyag –fémek előállítására bizonyíték:

- *salak* – legjobban megőrződött, nagy mennyiségű, informatív
- *fém darabok (göröngy), öntvény*
- *félkész termékek, újra felhasznált termékek* maradványai
- *eszközök-felszerelés maradványai*: törő, kalapács, fogó, kemence, tűzhely

Régészetileg a vas és az egyéb kohászat termékeket nehéz elkülöníteni → anyagvizsgálat szükséges



## Fémek – kutatási területek

- Fém összetételi csoport meghatározása
- Készítés és gyártási körülmények
  - kohászat
  - fémtárgyak, fémeszközök készítési eljárása (alakítás, öntés, kovácsolás stb.)
  - összeillesztés (hegesztés, forrasztás, ötvözés)
  - díszítés
- Nyersanyag geológiai eredete
- Fém eredeti összetétele és jelenlegi összetétel meghatározása → fémlelet állapotának meghatározása, jellemzése → restauráláshoz információk

## Fémek – vizsgálati módszerek

Archeometallurgia: fémek előállítása, elterjedése, használata az emberiség története során

- fémtárgyak elemzése
- gyártás közben képződött maradványok elemzése

Elsődleges termékek: *salak* és *érc*

kémiai elemzés (sokelemes): XRF, ICP-OES és MS

ásványos összetétel, szövet: Optikai és ércmikroszkópia, elektron-mikroszkópia

Salak – nagytömegű leletanyag – mintázás reprezentatív legyen

Olvasztótégely és egyéb eszközök: ércmikroszkóp, SEM-EDS, roncsolásmentes kémiai elemzések

**Műtárgy** elemzés - lehetőleg roncsolásmentes:

hagyományos: NAA, XRF,

újabbban: AAS, ICP-OES+ICP-MS

jövőben: Szinkrotron-XRF, PIXE-PIGE, PGAA

izotópelemzés: 1960-as évektől

Pb-izotóp arányok – kezdetektől

Sn, Cu, Os – újabbban

jelentős eredmények: kémia+izotópok

**Későbbi korokban újrafelhasználás!!!**

## Fémek - irodalom

**Molnár, F.** (2008): Ércék, salakok, fémek. - In: Szakáll, S. (szerk): Az ásványok és az ember a mai Magyarország területén a XVIII. század végéig. Fókuszban az ásványi anyag. A Miskolci Egyetem Közleménye A sorozat, Bányászat, 74, Miskolc, Egyetemi Kiadó pp. 91-111.

**Rehren, Th. – Pernicka, E.** (2008): Coins, artefacts, and isotopes – archaeometallurgy and archaeometry. – Archaeometry, 50 (2), pp. 232-248

## Habarcok és egyéb kötőanyagok

- Mész alapú
- Gipsz alapú
- Hidraulikus kötőanyagok (cement) – mészkő és agyag + egyéb



## Mész alapú habarcok

