

## Bevezetés

- Keramos (görög) – agyag → agyagból készített tárgy
- Terrakotta (terra cotta) – mázatlan; <1000°C
- Agyagedény (earthenware) – mázatlan, mázas; 900-1200°C
- Kőagyag – kőedény (stoneware) – mázatlan, mázas; 1200-1350°C (üveges fázis)
- Porcelán (porcelain) – kemény, fehér, áttetsző; 1300-1450°C

Legkorábbi:  
Dolní Věstonice –  
28000 év



Legkorábbi használati  
edények: Távol-Kelet, pl.:  
Jomon kultúra ~14000 év



Legkorábbi Kárpát-  
medencei: Körös-, illetve  
Starčevo-kultúra, 8000 év



## Agyag

### Agyag tulajdonságai, képződése:

- uralkodóan  $< 2 \mu\text{m}$  szemcse nagyság
- elsősorban agyagásványokból áll
  - szilikátok (földpátok, földpátpótlók) és kőzetüveg lebontásával és szerkezetének átalakulásával
  - mállási vagy hidrotermális folyamatok

### Osztályozás:

- Lerakódási környezet
- Szemcseméret
- Kémiai összetétel - szerkezet
- Ásványos összetétel

## Agyag - lerakódási környezet

- **Autochton** – elsődleges, mállási folyamatok során az anyakőzettel közel azonos helyzetben
  - Gyakran tartalmazza az anyakőzet összetevőit (földpát, csillám, kvarc)
- **Allochton** – áthalmozódással
  - Homogénebb
  - Szerves anyag tartalom (max. 10%)

## Agyag - szemcseméret

- Uralkodóan  $< 2 \mu\text{m}$  szemcsenagyság  $\rightarrow$  kolloid tulajdonságok
- Gyakran tartalmaz aleurit, homok vagy durvatörmelékes elegyrészeket is
- A plasztikus viselkedéshez minimum 15%-nyi  $2 \mu\text{m}$ -nál finomabb szemcse szükséges
- Finomszemcsés plasztikus agyagok képződése leginkább tavakban és folyóvízi környezetben (ártér), delta és tölcsepartokban
- Talajok: gyakori az aleuritos agyag vagy az agyagos aleurit (vályog)
- Kerámia osztályozása szemcseméret alapján
  - *finomkerámia* – max. 0,1-0,2 mm szemcsék, pórusok fazekasáru, mázas kerámiák, keménycserép, kőedény
  - *durvakerámia* – szemcsék, pórusok mérete  $> 0,1-0,2$  mm építési kerámiák, téglák, kőagyag cső

## Agyag - kémiai összetétel

- **Uralkodó összetevők**
  - Szilícium ( $\text{SiO}_2$ )
  - Alumínium ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )
  - $\text{H}_2\text{O}$ 
    - $\rightarrow$  víztartalmú alumínium szilikátok
    - eltérő Si, Al és  $\text{H}_2\text{O}$  tartalom  $\rightarrow$  különböző agyag típusok
- **Egyéb összetevők**
  - Egyéb oxidok (leggyakoribb Fe, Mg, Na, K stb.)  $\rightarrow$  kémiai összetételt befolyásolja
    - Gyakori: víztartalmú Fe-Al fázisok (trópusi-szubtrópusi területeken) – gyakran keveredik a szilikátos agyagfázisokkal

## Agyag – ásványos összetétel

### Agyagásványok alapján:

- **Kaolinites**;  $\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{SiO}_2 = 1:2$
- **Illites**
- **Montmorillonitos (szmektites)**;  $\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{SiO}_2 = 1:4$

Agyagásványok a kerámia tulajdonságait alapvetően megszabják

## Agyag – összetételi típusok kerámia gyártáshoz

- **kövér ↔ sovány**
  - megfelelő plaszticitás a formázáshoz
  - szárítás során a zsugorodáskor ne törjön össze
  - Közvetlen felhasználás vagy soványítás
- **meszes ( $\text{CaO} > 10\%$ ) ↔ nem meszes ( $\text{CaO} < 5\%$ )**
  - mésztartalom: szilárdít
  - mésztartalom (kalcit) gyakran problémás:  $\text{CaO} \rightarrow$  oltott mész  $\rightarrow$  térfogatnövekedés
  - kipattogzás
- **tűzálló (hőálló) ↔ nem tűzálló (olvadáspont  $>$  illetve  $<$   $1550^\circ\text{C}$ )**
  - hőálló: illites és kaolinites

## A kerámiák összetevői - áttekintés

kerámia – mesterséges metamorf (metaüledékes) kőzet

### Plasztikus agyag – mátrix

- részben relik, részben újonnan képződött

### Nem plasztikus elegyrészek – törmelékszemcsék, soványítóanyag

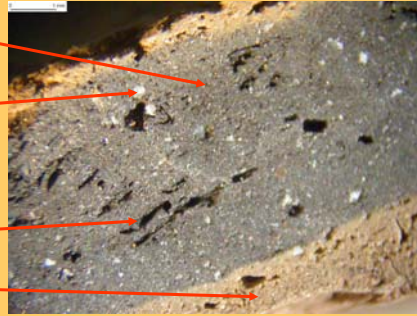
- > 15µm
- relik
- ásvány-kőzettörmelék, homok, szerves anyag (növénymaradványok, csont stb.)

### Pórus

#### Szegély (máz)

- égetés során kialakul („szendvics” szerkezet)
- mesterséges

**Másodlagos fázisok** – használat illetve betemetődés során képződnek



Vörs – neolitikum, Starčevo-kultúra

## Nem plasztikus elegyrészek - áttekintés

**Szerepe:** szerkezet fellazítása → egyenletes száradás és kiégetés → repedezés, törés valószínűségének csökkentése

- természetes eredetű törmelékszemcsék
- soványítóanyag – mesterségesen adagolt
  - homok (- apró kavics)
  - összetört kőzettörmelék
  - tört kerámia (grog)
  - grafit
  - szervesanyag (pl. pelyva)
  - csontőrlemény
  - kagylóhéj



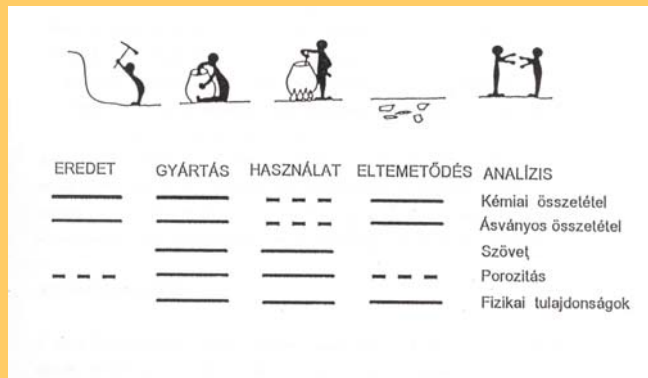
Bronzkor, Biatorbágy  
fotó: Kreiter Attila

Vizsgálat: Petrográfiai mikroszkóp (elektronmikroszkop, SEM)

## Kerámia készítés, használat, betemetődés

- nyersanyag bányászás
- nyersanyag előkészítés: iszapolás, soványítás, stb.
- formázás
- szárítás
- égetés, hőntartás
- díszítés

- *használat*
- *törés*
- *betemetődés*



Egy kerámialelet története a nyersanyag bányászatától az elemzésig (Maggetti, 1982)

## Használati cél

**Használat** → célnak megfelelő tulajdonságok → fizikai tulajdonságok → nyersanyag kiválasztása

### Vízátrolók

- Hatékony hűtőhatás
  - Jó vízáteresztő képesség (magas permeabilitás)
  - Durva soványítóanyag/"nyitott felszín"

### Főzőedény

- Jó hővezető képesség
  - vízzáró (kis permeabilitás)
    - gyantabevonat/vékonyfalú
- Gyors hőmérséklet változások elviselése
  - kis hőtágulás
  - hőállóság – durva soványítóanyag

## A megfelelő nyersanyag felkutatása

Mi a megfelelő?

Plaszticitás (képlékenység)

Zsugorodási tulajdonságok (szárítás, égetés)

Szemcseméret (és eloszlás), szemcse összetétel

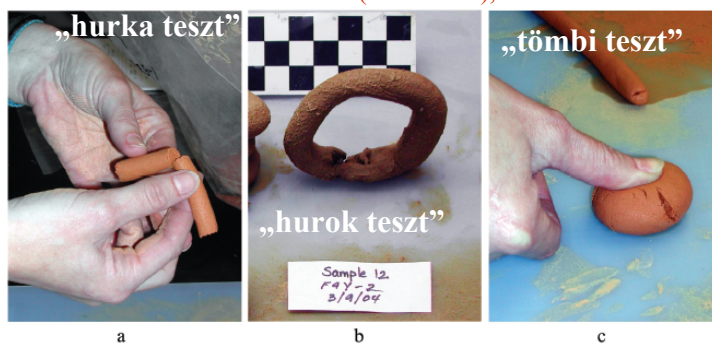


Figure 4.10. Laboratory performance tests to evaluate workability: (a) coil test; (b) loop test; and (c) ball test.

Herbert & McReynolds, 2008



Figure 4.11. A lean sample (FBR016). Note the broken coil (upper left), sagging loop (upper right), and deeply cracked ball (bottom).

Megfelelő

>>>

Alaktartó hurka

Alaktartó hurok

Ép tömbperem

**KELLŐEN KÖVÉR AGYAG**

**de: erősen zsugorodik!**

<<< Nem megfelelő

Elrepedő hurka

Nem alaktartó hurok

Berepedező tömbperem

**TÚL SOVÁNY AGYAG**



Figure 4.12. A good sample (FBR040). The coils and ball did not crack, and the loop retained its shape.

Herbert & McReynolds, 2008

## A nyersanyag előkészítése az edénykészítéshez



### SOVÁNY AGYAG

A képlékenységi tulajdonságokat javítani kell!

Pl. keverés kövér agyaggal

### KÖVÉR AGYAG

A zsugorodási tulajdonságokat javítani kell!

Pl. soványítással (homok, tört kerámia, tört kőzet, pelyva, stb.)



## Edényformálási technikák

### Az edény előformálása:

- hurka-/szalagtechnika
- egy nagyobb tömb agyagból történő kézi formálás (pl.: nyomkodás, felhúzás, sulykolás)
- lapokból történő felépítés
- formába nyomás (földbe vájt üreg)
- korongolás: kézi/lábi?  
lassú/gyors?

### Az edény további formálása:

- utánkorongolás

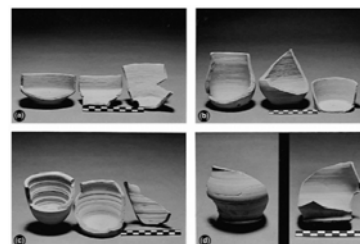
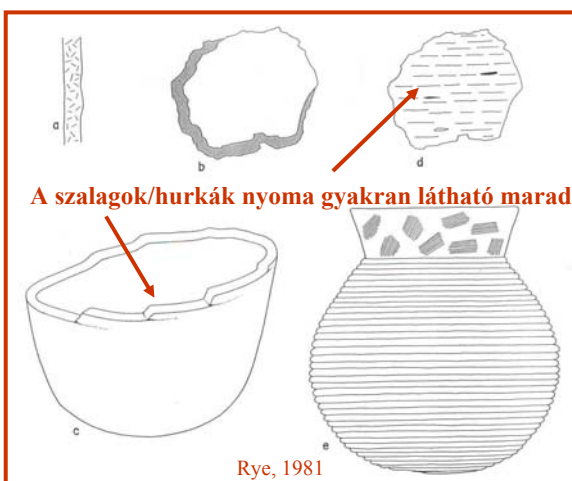


## Edényformálási technikák – I.: hurka- vagy szalagtechnika

1. talp megformálása
2. a szalagok egyenkénti gyúrása
3. szalagok talpra építése
4. az illesztések összedolgozása
5. felületi eldolgozás



## Edényformálási technikák – I.: hurka- vagy szalagtechnika



**A szalagok/hurkák illesztési határai gyengeségi felületet képeznek – gyakran azok mentén törik el az edény**

## Edényformálási technikák – II.: egy nagyobb agyagdarabból történő kinyomkodás



Csak a szabad kéz  
használatával

## Edényformálási technikák – II.: egy nagyobb agyagdarabból történő kinyomkodás



Nyomkodás vagy  
valamilyen eszköz  
használatával:  
sulykolás

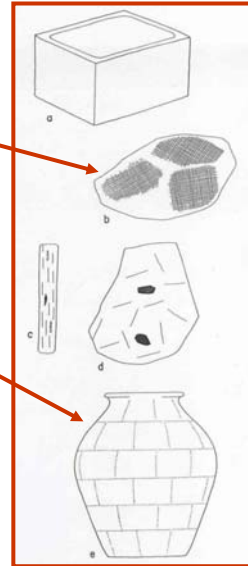


## Edényformálási technikák – III.: lapokból történő edényfelrakás



felületeldolgozás  
nyomai

a lapok  
illesztésének  
nyomai



Rye, 1981

## Edényformálási technikák – IV.: formába nyomás

Pozitív formára nyomás

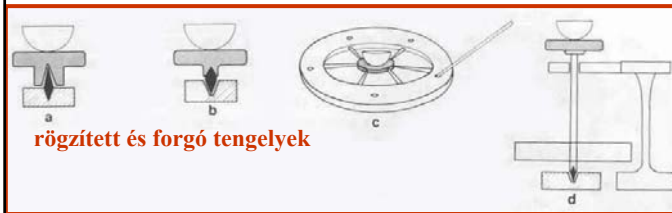
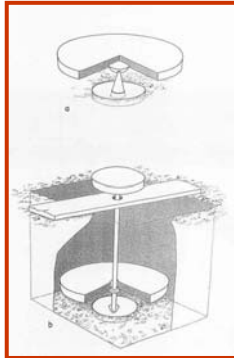


Negatív formába nyomás



## Edényformálási technikák – V.: korongolás – lassú és gyors

**Kézi/állótengelyű/  
lassú korong  
és  
lábítós/forgótengelyű/  
gyors korong**



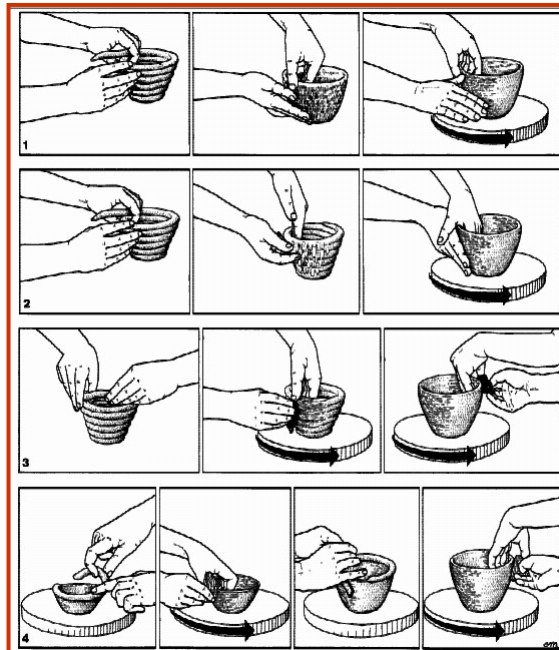
**rögzített és forgó tengelyek**



## Edényformálási technikák keveredése

Az utánkorongolás  
problémája

Az egyes  
edényformálási lépések  
más-más technikákkal is  
elvégezhetők



Courty & Roux, 1998

## Edénydíszítési technikák

### Mit értünk az egyes definíciók alatt?

Polírozás (fényezés, kavicsolás, sikálás)



Negatív díszítés:

- eszköz lenyomat (...pecsét, rádli...)
- eszközlenyomat kitöltése (pl.: mészbetétes kerámia)

Pozitív díszítés:

- rátett díszek (...borda, gomb...)
- barbotin (írókázás, gurgulyázás)



Festés:

- engób (festett agyagbevonat)
- festés
- máz



## Edénydíszítési technikák – I.: polírozás

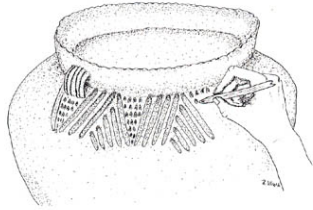


A polírozás börkemény kerámián történik!

Eszközei: kavics, bőr, csont, kemény termés

Eredménye: tömörített felületi réteg  
(nagyobb impermeabilitás, fényes felület)

## Edénydíszítési technikák – II.: negatív díszítés



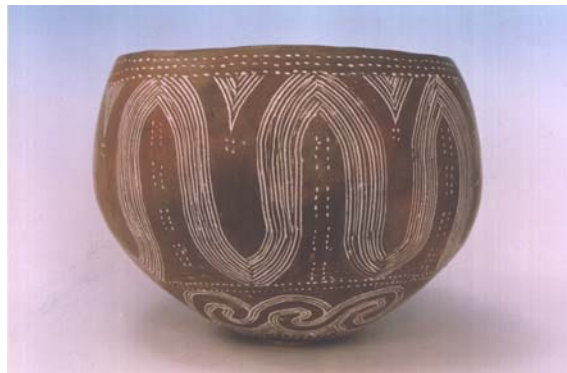
A negatív díszítés nyers vagy bőrkemény kerámián történik! (eltérő vonalprofil)

Eszközei: hegyes pálca (fa, fém, csont), rádni, pecsételő, termések-levelek

Eredménye: a felületbe bemélyedő motívumok



## Edénydíszítési technikák – II.: negatív díszítés+kitöltés



Mészbetétes kerámia: a bevésett motívumokat kitöltötték  
Pl.: csontörlemény, mészőrlemény (kagyló, mészkő)

## Edénydíszítési technikák – III.: pozitív díszítés



A pozitív díszítés nyers, de már kissé szárított vagy bőrkemény kerámián történik!

Eszközei: kézzel formált fülek, bütykök, gombok, .../híg agyagos szuszpenzió felvitele (írókázás=gurgulyázás)

Eredménye: a felületből kiemelkedő (esetleg gyakorlati funkciót nyerő) motívum



## Edénydíszítési technikák – IV.: festés-mázazás



- szlip (festetlen agyagbevonat)
- Festés:
- engób (festett agyagbevonat)
  - festés (égetés előtti/égetés utáni)
  - máz (ólom/ón)

Az engóbozás és a festés bőrkemény vagy már zsenyélt (kis T-n kiégetett) kerámián, a mázazás majdnem minden esetben zsenyélt kerámián történik!



Eszközei: vékony/hegyes eszközzel (ecset, pálca) történő híg agyagos szuszpenzió/festék paszta/máz felvitel vagy mártás

Eredménye: az eredeti felületet részben/teljesen elfedő, az edény anyagával azonos vagy attól eltérő színű és anyagú bevonat (dekoratív, nagyobb permeabilitás)

## Edénydíszítési technikák – IV.: festés

Festékanyagok:

égetés előtt felvitt és az égetéssel kialakított színek

MnO-ok  
(pl. manganit),  
faszén,  
grafit,  
goethit

hematit,  
goethit,  
lepidokrokit,  
bauxit/laterit,  
vörösre égő  
agyag/okker

limonit,  
sziderit,  
okker,  
„dudiföld”

gipsz,  
kaolinit,  
csont,  
diatóma-  
föld,  
mész



magnetit,  
grafit

malachit, azurit

cinnabarit

okker

kaolinit,  
csont,  
mész

égetés után felvitt (égetetlen) színek

+ egyéb (ásványi/növényi anyagokkal) színezett agyagok = engóbok

## Edénydíszítési technikák – IV.: mázazás

Mázanyagok:

ólommázak: átlátszó, üvegszerű máz

engób+festés > zsenyelés > máz > „mázára égetés” (alacsony T)  
színtelen

sárga (Fe), barna (Mn), zöld (Cu), kék (Co)

ónmázak: nem átlátszó, fedőmáz

majolika/fajansz = zsenyelés > máz+festés > „mázára égetés” (magas T)  
fehér, barna-lila (Mn), türkizzöld, kék (Co), sárga (Sb)



Ólommázás butellák



Ónmázás fajansz tál - habán

## Edénydísztési technikák – IV.: máztörténet

**Első mázas kerámia:** Mezopotámia ~1500 BC – összetétel kb azonos az ugyanakkor készült üvegével – alkáli mész szilika típus  
agyagtestre porrá tört üveget vittek fel és úgy égették ki (frittelés)

**Ólomház:** megjelenés: Anatólia, ~1. évszázad BC,  
PbO 45-60%  
könnyebb kezelhetőség  
repedés veszélyének csökkentése  
fényesebb

Elterjedés:

Római birodalom, Bizánc – Pb tartalmú szuszpenzió hozzákeverés  
Iszlám világ, Európa, Közel-Kelet – Pb és szilika keverék

**Ónmáz:** megjelenés:

Abbasid, Irak, 8-9 szd AD

Fatimid, Egyiptom 10-11. szd AD (+ Pb-alkália típus is)

Elterjedés: Egyiptom → Iszlám + Iszlám Ibériai félsziget → Itália (13. szd)

## Kiégetés 1. - Tényezők

**Kiégetés időtartama** – 3 periódus

- T emelkedés
  - hőntartás (maximális T-en)
  - hűlés
  - **Kiégetés hőmérséklete**
    - 600-800 °C – 1200 °C (tűzálló agyag) - 1400 °C (porcelán)
    - Egy kemencén belül akár 150°C különbség is lehet
  - **Hőntartás** – hőmérséklet és idő
    - Pl: 900°C, 1óra ~ 950°C, néhány perc
  - **Az atmoszféra típusa** a kiégetés, hőntartás és hűlés során
    - Oxidatív ↔ redukív
      - Szín: vörös ↔ fekete
      - változó: szendvicsszerkezet
- Befolyásol:
- keménység
  - zsugorodás
  - porozitás



## Kiégetés 2. - szín

Kerámia színe	Felfűtés atmoszférája	Hűlés atmoszférája	Szerves anyag tartalom
Szegély: vörös-bézs Mag: fekete	reduktív	oxidatív	nincs/kevés
	oxidatív	oxidatív	sok
Szürke-fekete	reduktív	reduktív	nincs/kevés
Vörös-bézs	oxidatív	oxidatív	nincs/elvétve
	reduktív	oxidatív	nincs

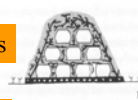
*Picon 1973, Nodari et al. 2004*

A színt további tényezők, összetevők befolyásolhatják: pl. nagyobb Ca-tartalom → világosabb szín

## Kiégetés 3. – Égetés- és kemencetípusok

1. Szabad téri égetés
2. Kemence égetés

máglyaégetés

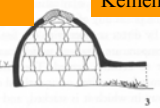


gödörégetés

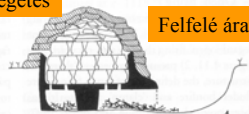


Szabályozatlan áramlás

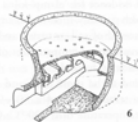
Kemence égetés



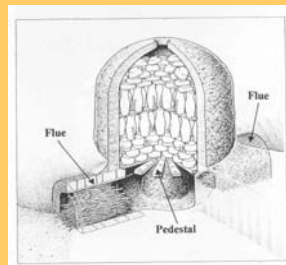
Felfelé áramló levegő



Római-kori kemencék



Középkori kemence



*Henderson, 2000*

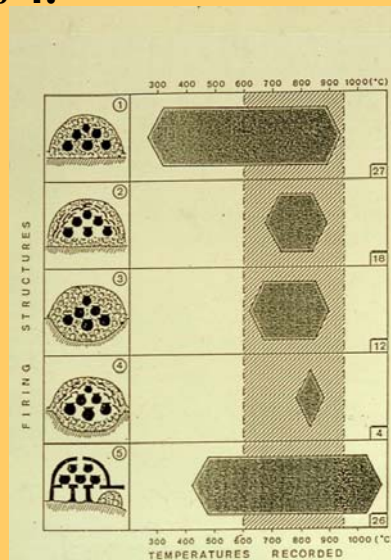
## Kiégetés 4.

**Szabadtéri égetés** (máglyaégetés: 1, 2, gödröségetés: 3, 4; a 2, 4, cserépborítással)

- Gyors felfűtés (20-30 perc)
- Rövid hűntartás, kiégési idő:
  - Máglyaégetés: 30-60 perc
  - Gödröségetés: 2-3 óra
- Alacsony maximális hőmérséklet (600-800°C)
- Oxidáló/redukáló atmoszféra; kevésbé szabályozható
- Durvaszemcsés kerámiák

**Kemence égetés (5)** – állandó minőség

- Lassú felfűtési sebesség (néhány óra)
- Hosszabb hűntartás, kiégési idő: > 7 óra
- Magas maximális hőmérséklet (700-1000°C)
- Szabályozható atmoszféra
- Finomszemcsés kerámia



Gosselain and Livingstone Smith, 1995

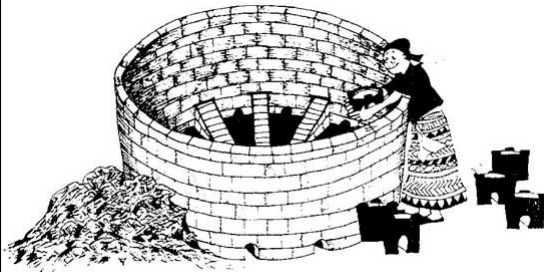
## Máglya égetés



## Gödrös égetés



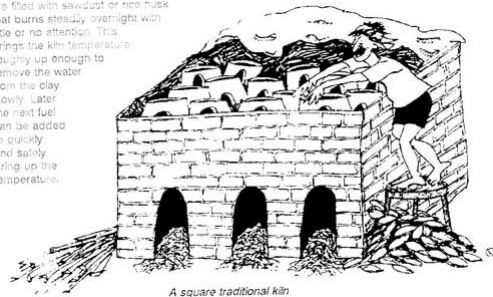
## Kemencés égetés



The round enclosed fire kiln



is filled with sawdust or rice husk  
at burns steadily overnight with  
little or no attention. This  
rings the kiln temperature  
highly up enough to  
remove the water  
from the clay  
slowly. Later  
the next fuel  
can be added  
& quickly  
and quickly  
ring up the  
temperature.



A square traditional kiln

## Kőagyag (Stoneware)

### Kőagyag

- zöldes-szürkés árnyalatú – anyaga: szeladonit
- kemény, kis porozitású
- kiégetési T: magas (1200-1350°C)
- első megjelenés: Kína, Shang dinasztia, 2. évezred BC



## Porcelán

### Porcelán

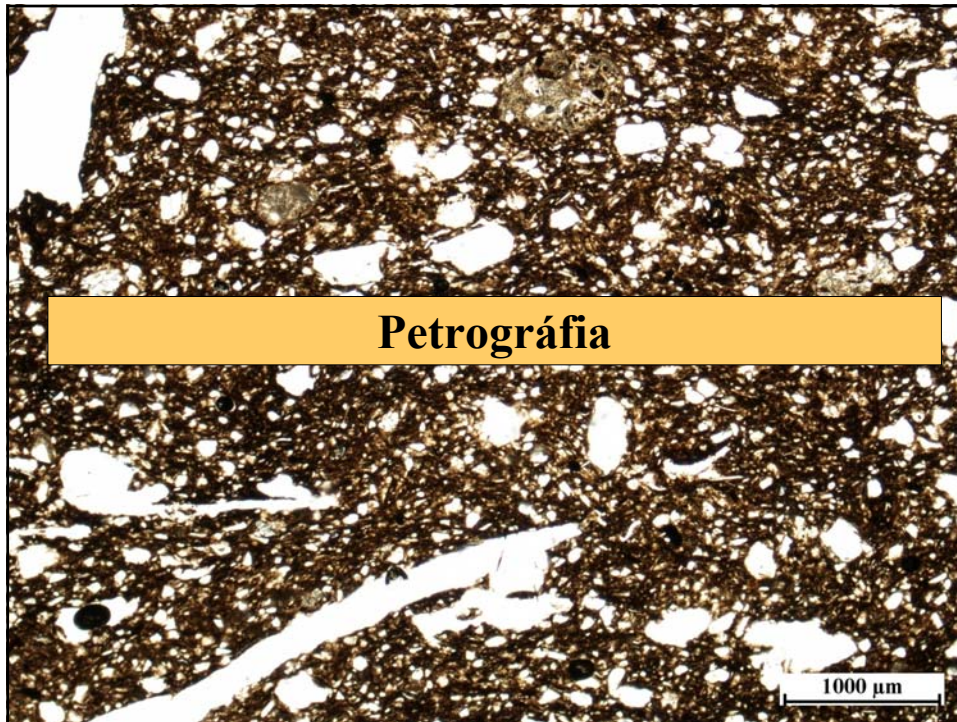
- fehér, esetenként áttetsző
- nagyon kemény, igen kis porozitású
- kiégetési T: igen magas (1300-1450°C)
- első megjelenés:
  - É-Kína: 6-7. század AD
    - nyersanyag: kaolinit
  - D-Kína: 10. század AD
    - nyersanyag: „porcelánkő”: kvarc+muskovit+albit±kaolinit
  - Európa:
    - 16. század, Itália (Medici védnökség) – gyenge minőség
    - első jó minőségűek
      - 17. század, St Cloud (Párizs mellett): „puha porcelán”
        - nyersanyag: kvarc+alkália+agyag ±mészke
      - 1708., Meissen: „kemény porcelán”
        - nyersanyag: kaolinit+kalcinált gipsz (később: +földpát )
- Modern porcelán nyersanyaga: kvarc+kaolinit+földpát (kb 1/3-1/3-1/3 arány)



## Anyagvizsgálati módszerek

Kerámia: mesterséges metamorf (metaüledékes) kőzet → vizsgálata elsősorban ásványtani, kőzettani és geokémiai módszerekkel történik

Anyagvizsgálati módszer	Vizsgálati célterület	Cél
<b>Petrográfia</b>	Soványító anyag Szövet (+mátrix) Másodlagos fázisok	Nyersanyag azonosítása Szarmazási hely Technológia Használati ill. betemetődési viszonyok
<b>Rtg-pordiffrakció</b>	Mátrix Másodlagos fázisok	Technológia (kiégetés T) Nyersanyag azonosítása Betemetődési viszonyok
<b>Kémiai elemzések</b> (fő- és nyomelemek) (NAA, XRF, ICP-MS, PGAA)	Teljes anyag (mátrix + soványító anyag)	Szarmazási hely Műhely azonosítása
<b>Egyéb</b> (Elektronmikroszkop, SEM, Mikromineralógia, katódlumineszcencia stb.)	Vizsgálati eszköztől függ	Nyersanyaglelőhely, technológia pontosítása Utóhatások



## Petrográfia: polarizációs mikroszkópi vizsgálat

- Alapvető vizsgálati módszer: nem plasztikus elegyrészek, szövet

**Mintaelőkészítés:**

vágás – csiszolás → vékonycsiszolat



Vastagsága: 30  $\mu\text{m}$  → áttetsző

**Vizsgálati eszköz:**

Polarizációs mikroszkóp



**Roncsolásos vizsgálat!**

# Petrográfia

## Nem plasztikus elegyrészek

- eredeti törmelékszemcsék
- soványítóanyag

→ *nyersanyag származási helye*

## Szöveti vizsgálatok

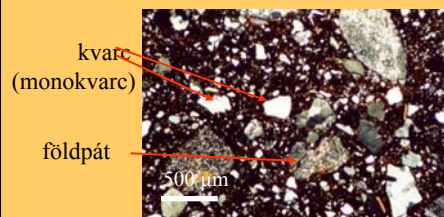
- mátrix (szín, izotropitás)
- nem plasztikus elegyrészek mennyisége, mérete, osztályozottsága, eloszlása, koptatottsága, stb.

## Porozitás

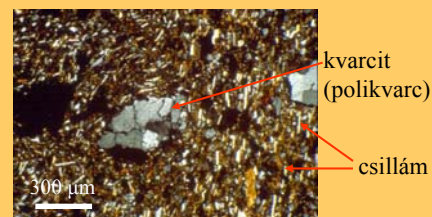
→ *készítési technológia*

## Nem plasztikus elegyrészek 1. Ásványtörmelékek

### Gyakori elegyrészek:



Szécsény, neolitikum- Zseliz kultúra

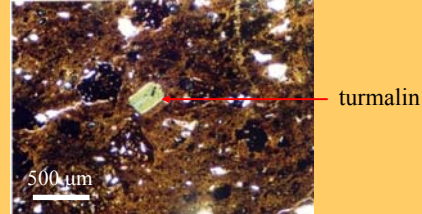


Szőny, Római kor

### Ritka elegyrészek (akcesszóriák = nehézásványok):



Szarvas, neolitikum – Körös kultúra

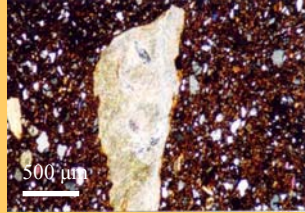


Vörs, neolitikum – Starčevo kultúra

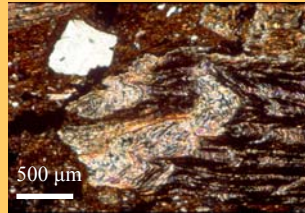
## Nem plasztikus elegyrészek 2. Kőzettörmelékek

Előfordulás: elsősorban durva kerámiákban

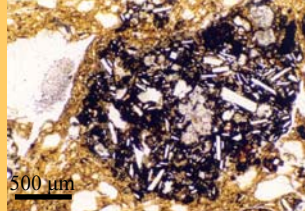
**Talkpala** - Vaskeresztes, vaskor



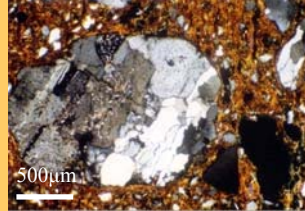
**Fillit** – Felsővadász, neolitikum, Bükki kultúra



**Bazalt** - Lovászpátona, vaskor

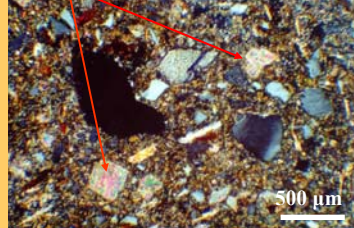


**Gneisz** – Sé, vaskor



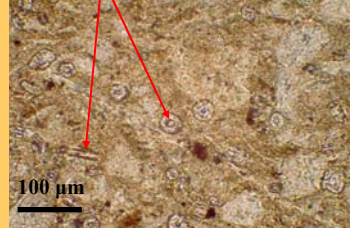
## Nem plasztikus elegyrészek 3. Mészkő, kalcit, ősmaradványok

*Elsődleges kalcit*



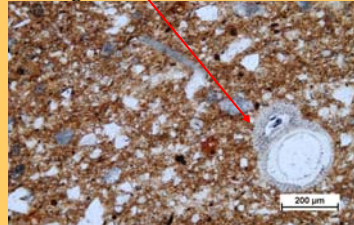
Endrőd, Neolitikum - Körös-kultúra

*Kovaszivacs*



Bicske, neolitikum -Dunántúli Vonaldíszes Kerámia

*Globigerina*



Fażana, Isztria – Római kori amphora

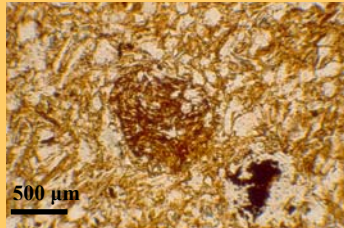
*Kovaszivacsú mészkőben*



Bicske, neolitikum – Dunántúli Vonaldíszes Kerámia

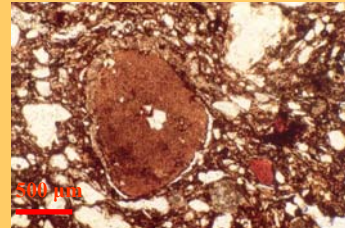
## Nem plasztikus elegyrészek 4. Agyagkőzetek, tört kerámia – Whitbread (1986)

*Agyagpellet (agyagos soványítóanyag)*



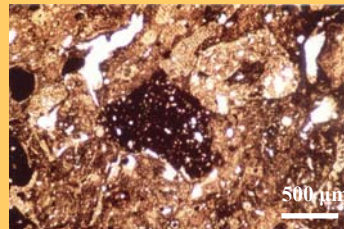
Szőny, Római-kor

*Agyagos kőzettörmelék (ARF)*

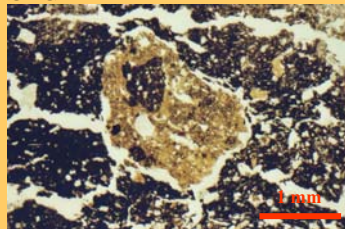


Felsővadász, bronzkor

*Kerámia töredékek (grog)*



Felsővadász, Neolitikum – Bükki kultúra



Százhalombatta, bronzkor, Nagyrév-kultúra (Kreiter A.)

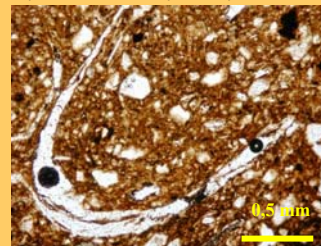
## Nem plasztikus elegyrészek 5. Szerves anyag és maradványai

*Szerves anyag*



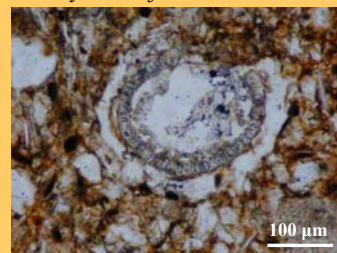
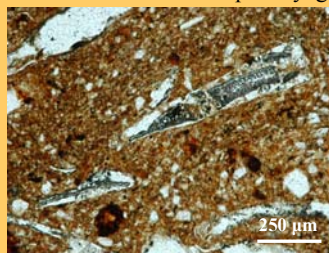
Vörs, neolitikum

*Pelyva maradványa/helye*

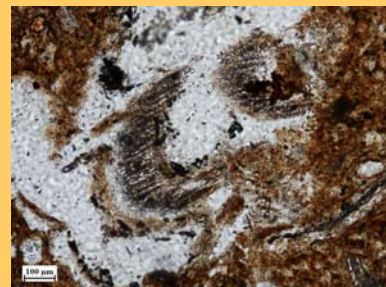
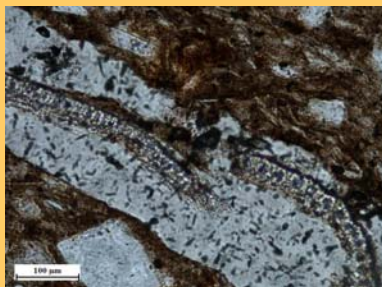
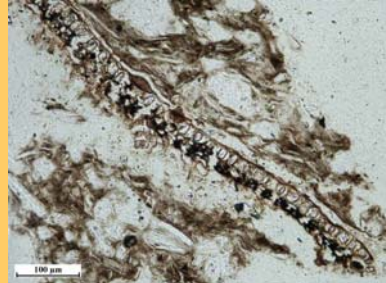
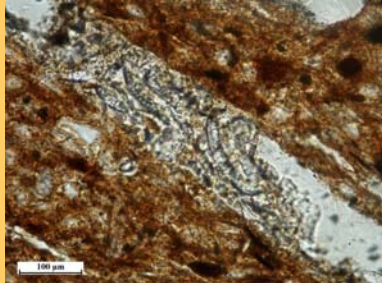


Szarvas-23 kora neolitikum

*Fitolit* – opál anyagú növénymaradványok – sejtek körül kiválás



## Fitolit (növényi opál)

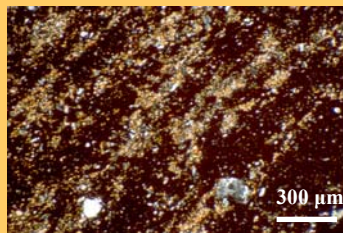


Szarvas és Endrőd, Körös-kultúra, kora neolitikum

Irodalom: Pető Ákos: AM 2009/2, 15-30.

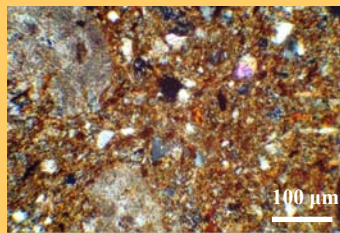
## Utólagos átalakulás - használat, betemetődés

*Karbonátos átítatás*



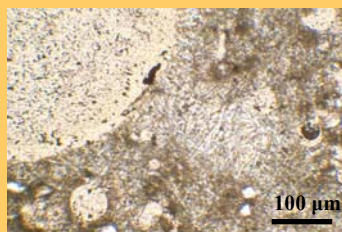
Szöny, Római-kor

*Póruskító karbonát + átítatódás*



Endrőd, Neolitikum – Körös kultúra

*Megolvadás*



Bicske, Neolitikum, – Dunántúli  
Vonaldiszes Kerámia

## **Műszeres vizsgálatok**

### **Katódlumineszcencia**

- Petrográfia kiegészítéséhez
- Különböző eredetű ásványok (kvarc, földpát, karbonátok, stb.) elkülönítése – eltérő összetétel, illetve nyomelemeik alapján → eltérő lumineszcens szín
- Egyes szöveti elemek jobb megjelenítése – soványítóanyagok színben jobban eltérnek a mátrixtól
- Kerámiákat ért utólagos hatások (mállás, oldatáramlás) kimutatása

## Mikromineralógia

Elsősorban akcesszóriák (nehézasványok) vizsgálata alapján

- Csoportosítás
- Feltételezett lelőhely(ek) anyagával összehasonlítás → nyersanyag származásának meghatározása

Hátrány:

- Nagy mennyiségű régészeti kerámia anyag szükséges hozzá (legalább (200-)300 nehézasvány szemcse)
- Munkaigényes (mintaalkészítés)

Gyakorlatban ritkán alkalmazzák, pedig jelentős többletinformációt ad

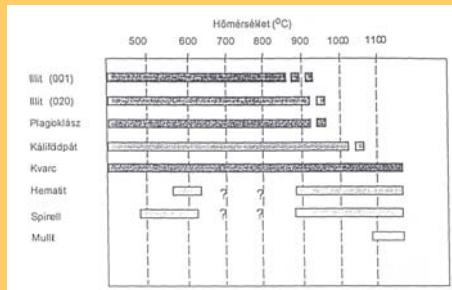
## Röntgen-pordiffrakciós vizsgálat (XRD) 1.

Alapvető vizsgálati módszer:

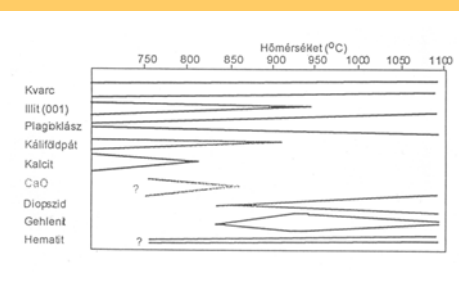
- plasztikus agyag és átalakulási termékei → **kiégetési T**
- másodlagos elegyrészek → utóhatások (használat, betemetődés)

Alap: Hőmérséklet hatására történő fázisátalakulások

Illites, nem meszes agyag:



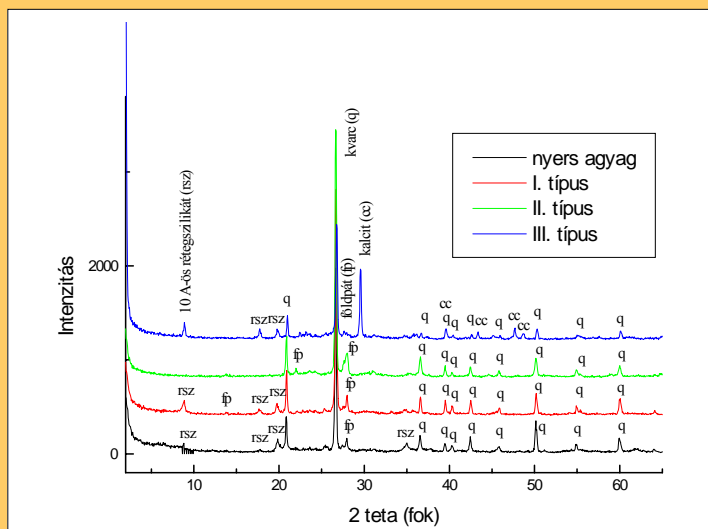
Illites, meszes agyag:



Maggetti, 1982

## Röntgen-pordiffrakciós vizsgálat – példa

Borsod X. századi kerámiák (Szilágyi V. 2004.)



A közzetani módszerrel elkülönített típusok egyértelműen azonosíthatók.

## Pásztázó elektronmikroszkópia (SEM)

Petrográfiai mikroszkópnál jobb felbontás: mikroszerkezeti bélyegek vizsgálhatók

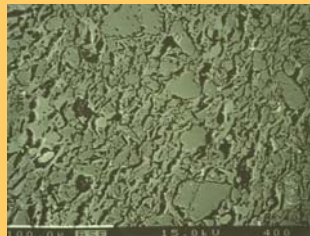
Kiégetési – hőntartási folyamatok nyomkövetése – anyag plasztikussá válásával kapcsolatos átrendeződés, üvegesedés → hőmérséklet becslése

Üvegesedés kezdete:

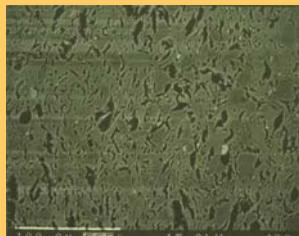
illites-montmorillonitos agyagok kerámiái: ~ 800-850 °C

kaolinites agyagok kerámiái: ~ 1000 °C

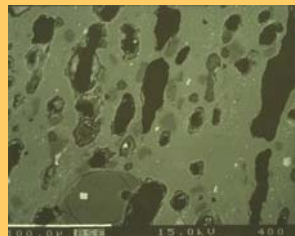
*kezdődő üvegesedés*



*előrehaladott üvegesedés*

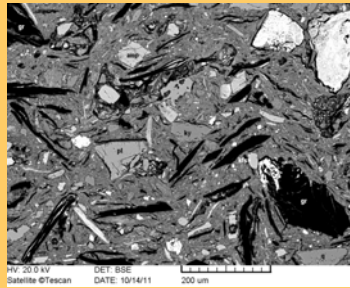
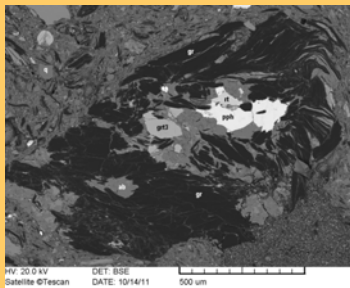
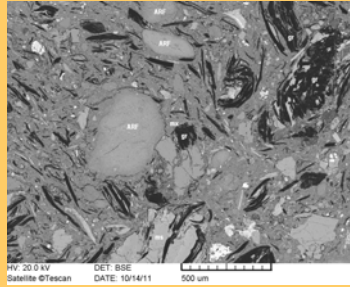
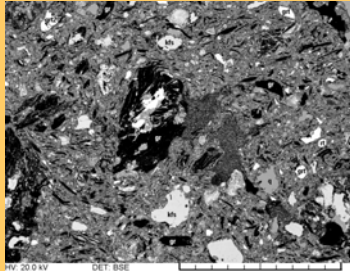


*kiterjedt üvegesedés*

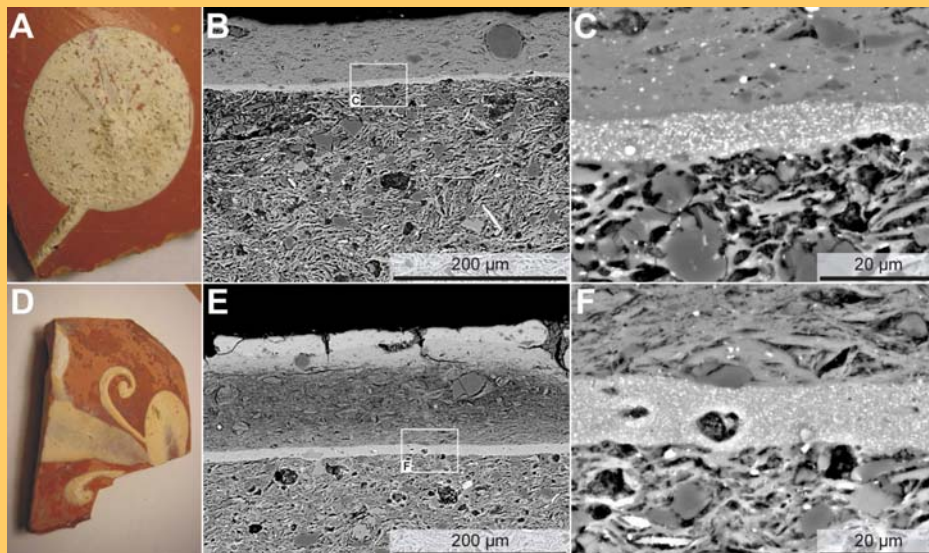


Tite nyomán

## Scanning-elektronmikroszkóp (SEM-EDX) példa 1: törmelékszemcsék, mátrix, ARF 9-11. századi grafitos kerámia, Kisalföldi lelőhelyekről



## SEM-EDX példa 2: Római kerámiák és barbotin



Irodalom: Harsányi et al. (2013): Applied Clay Science, 82, 31-46

## Geokémia 1.

Fő- és nyomelemek, ritkaföldfémek

Módszerek:

**XRF** – főelemek + sok nyomelem, (néhány RFF)

**NAA** – nyomelemek, sok RFF

kiegészítik egymást

**ICP OES + ICP MS**

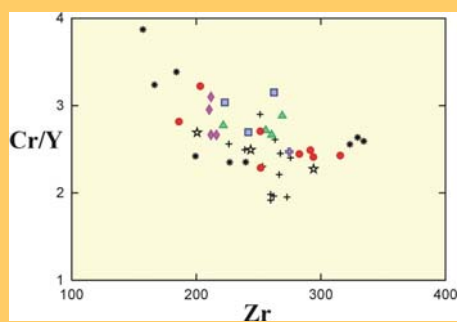
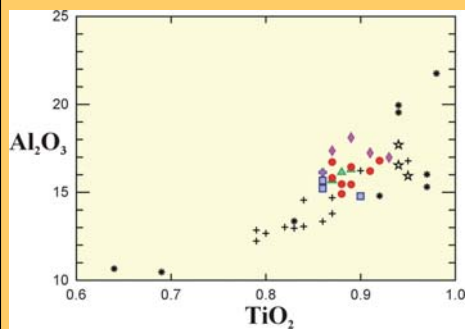
fő- és nyomelemek, teljes RFF spektrum

**PGAA**

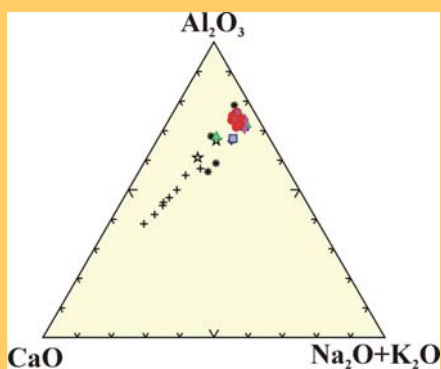
főelemek + néhány nyomelem (köztük a B), kevés RFF

**Egyéb módszerek:** pl. PIXE, AAS, stb.

Kora neolitikum, Szarvas-Endrőd



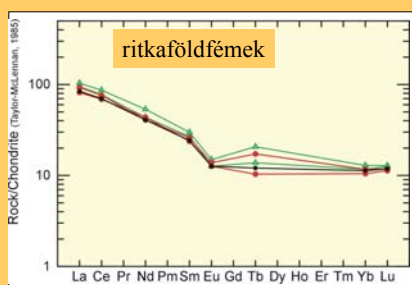
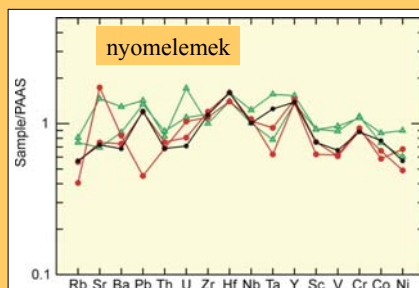
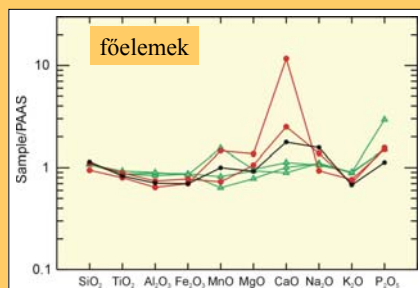
## Geokémia 2. Kétváltozós és háromszög diagramok



- ▲ Sg1a ceramic
- Sg1b ceramic
- ◆ Sg2c ceramic
- Sg2d ceramic
- ⊠ Szakálhát ceramic
- + + Holocene sediment
- • Pleistocene infusile loess sediment
- ★ ★ Pleistocene clayey or silty sediment

## Geokémia 3 - sokelemes diagramok

Kerámia – patics – helyi üledék összehasonlítása: Endrőd-39 lelőhely, Neolitikum



— kerámia  
— patics  
— helyi üledék

- A helyi üledék kémiai összetétele hasonló a kerámiák és a patics kémiai összetételéhez → **közvetlen helyi nyersanyag-felhasználás**
- A kerámiák nagyobb Al- és néhány immobilis nyomelem-tartalma → **nagyobb agyagtartalomra utal**

## Mössbauer spektroszkópia

- vas-oxidok, vas-hidroxidok, vas-oxi-hidroxidok, vastartalmú szilikátok pontos meghatározása
- vas oxidációs állapotának meghatározása, változásának nyomonkövetése
- vasásványok szerkezete, koordinációs állapotok

→ **Kiégétségi, hőtartási körülmények rekonstrukciója**

*Hátrány*

- magas költség
- utólagos oxidációs-redukciós folyamatok zavaró hatása

## Raman spektroszkópia

Információ nagyon kis területről – egyedi kis szemcsék, esetleg zárványok vizsgálata;  
pl. festék, máz

Gorzsza:



Fehér: aragonit (mollusca héj)



Vörös: okker



Fekete: szenes anyag (faszén?)

## Termikus vizsgálatok - DTA

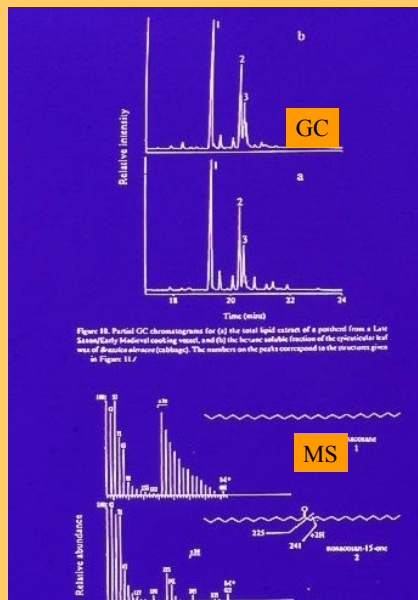
Kerámia vizsgálatoknál kevésbé elterjedt módszer

XRD vizsgálatokkal együtt jól használható

- fázisok azonosítása
- kiégetési hőmérséklet becslés

## Kerámia tartalom: szerves maradványok

- Lipidek – hidrofóbok → megmaradnak
- Oldószerrel kioldás
- Szeparálás gáz kromatográfiával (GC)
- Meghatározás tömegspektrométerrel (MS)
  
- Növényi eredetű – zsírsavak, viaszos levelek, gyanta
- Állati eredetű – zsírsavak, koleszterin
  
- Elkülönítés: zsírsavak szénizotóp arányai alapján
  - Kérődzők – nem kérődzők
  - Állati eredetű zsírok és tej származékok (zsírok)



## Összefoglalás, konklúzió 1.

- 1, A polarizációs mikroszkóppal történő (petrográfiai) vizsgálat és a röntgen pordiffrakciós vizsgálat **alapvető fontosságú** a kerámiák archeometriai vizsgálata során.
- 2, A **kémiai elemzések** a fentieken túlmenően, összehasonlító anyaggal együtt (kemence anyag, helyi agyag vagy talaj) további értékes információt szolgáltatnak.
- 3, A **SEM-EDX** és az **elektron-mikroszondás** vizsgálatok a petrográfiai vizsgálatok **kiegészítésére, pontosítására**, esetenként az **utólagos hatások** nyomonkövetésére szolgálnak.
- 4, A kémiai elemzések (fő- és nyomelemek, RFF-k) és az elektronmikroszondás elemzések a **nyersanyagok eredetéről** és a **készítési technológiáról** (pl. nyersanyagkeverés) nyújtanak információkat.

## Összefoglalás, konklúzió 2.

- 5, A soványítóanyag petrográfiai vizsgálata, továbbá a kémiai elemzések eredményei alapján
  - a **nyersanyag eredetéről** kapunk felvilágosítást, esetenként a nyersanyag **származási helyét** is azonosítani lehet.
  - nagyszámú kerámia vizsgálata során a kerámialeletek anyagi szempontból történő **csoportosítása** lehetséges.
  - elkülöníthetők a **helyben készült** kerámiák és az **idegen helyről** származó nyersanyagú kerámiák.
- 6, A petrográfiai szöveti vizsgálatok és a röntgenpordiffrakciós elemzések a kerámiakészítés **technológiájához** adnak információkat.