

Kerámiák archeometriai vizsgálata

Szakmány György – Szilágyi Veronika

Kerámiák archeometriai vizsgálata; 2016. április 19.

Bevezetés

Kerámia: *mesterséges metamorf* (metaüledékes) *kőzet*

- magas hőmérsékleten és kis nyomáson készül
- nagyon rövid idő alatt (néhány óra)

Szó jelentése: keramos (görög) – agyag → agyagból készített tárgy

Típusai:

- 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 $< 2 \mu\text{m}$ szemcsenagyság
- 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 tölcstorkolatokban
- 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 (SiO_2)
 - Alumínium (Al_2O_3)
 - H_2O
 - \rightarrow víztartalmú alumínium szilikátok
 - eltérő Si, Al és H_2O tartalom \rightarrow különböző agyag típusok
 - $\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{SiO}_2$ változása általában 1:1 – 1:4
 - $\text{H}_2\text{O} \sim 13-35\%$
- **Egyéb összetevők**
 - Egyéb oxidok (leggyakoribb Fe, Mg, Na, K stb.) \rightarrow kémiai összetételt befolyásolja

Agyag – ásványos összetétel

Agyagásványok alapján:

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

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°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 (szlip, engób, festék, máz)

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

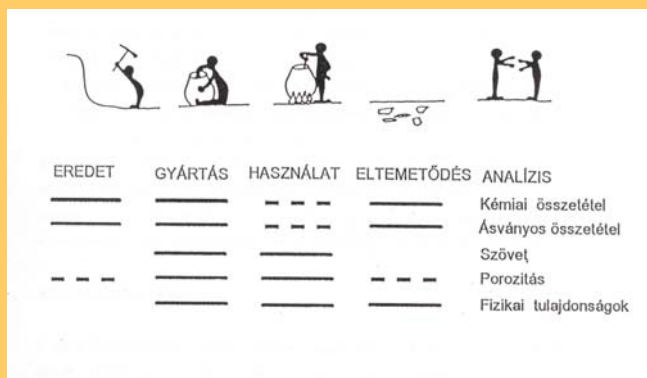
Vizsgálat: Petrográfiai mikroszkóp (elektronmikroszkop, SEM)

A régész kérdései

- Mi volt a nyersanyag (plasztikus és nem plasztikus), és az honnan származott (proveniencia)?
- Hogyan készült a kerámia? Milyenek voltak a kiégetés körülményei?
- Milyen fizikai tulajdonságai voltak? (pl. keménység, permeabilitás, hőállóság, hővezető képesség)
- Mit tartalmazott?

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

Víztárolók

- 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 (FBR015). Note the broken coil (upper left), sagging loop (upper right), and deeply cracked ball (bottom).

<<< Nem megfelelő

Elrepedő hurka

Nem alaktartó hurok

Berepedező tömbperem

TÚL SOVÁNY AGYAG

Megfelelő

>>>

Alaktartó hurka

Alaktartó hurok

Ép tömbperem

KELLŐEN KÖVÉR AGYAG

de: erősen zsugorodik!



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!

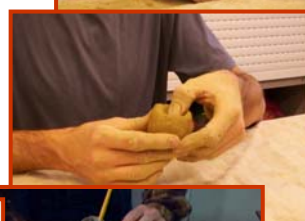
Pl. soványítással (homok, tört kerámia, tört kőzet, pelyva, stb.)



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 türeg)
- 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 – 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

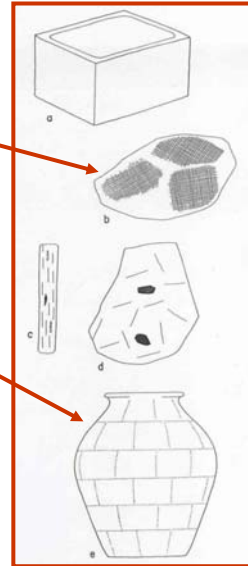


Edényformálási technikák – III.: lapokból történő edényfelrakás



felületeldolgozás
nyomai

a lapok
illesztésének
nyomai



Rye, 1981

Edényformálási technikák – IV.: formába nyomás

Pozitív formára nyomás

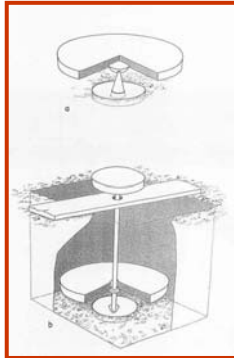


Negatív formába nyomás



Edényformálási technikák – V.: korongolás – lassú és gyors

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



rögzített és forgó tengelyek



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

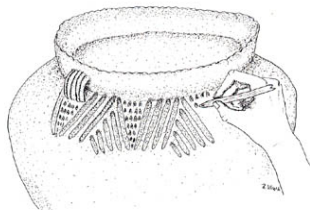


A polírozás börkemény kerámián történik!

Eszközei: kavics, bőr, csont, kemény termés

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

Edénydíszítési technikák – II.: negatív díszítés

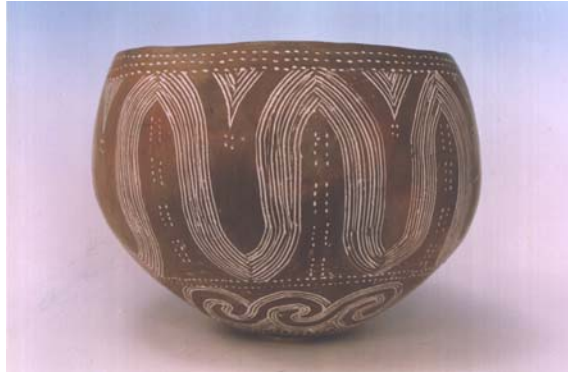


A negatív díszítés nyers vagy börkemény kerámián történik! (eltérő vonalprofil)

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, mészörlemény (kagyló, mészke)

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, limonit, gipsz,
lepidokrokit, sziderit, kaolinit,
bauxit/laterit, okker, csont,
vörösre égő „dudiföld” föld,
agyag/okker 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

engőb+festés > zsengezés > máz > „mázára égetés” (alacsony T)
színtelen

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

ónmázak: nem átlátszó, fedőmáz

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



Ólommázás butellák



Ónmázás fajansz tál - habán

Edénydíszítési technikák – IV.: máztörténet

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

Ólommáz: 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-bézs** ↔ **fekete/szürke**
 - változó: szendvicsszerkezet



- Befolyásolja: keménységet, zsugorodást, porozitást
- A reakciók oxidatív körülmények között kisebb T-n végbemennek, mint redukív körülmények között

Kiégetés 2. - szín

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

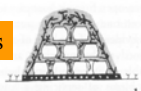
Picon 1973, Nodari et al. 2004

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

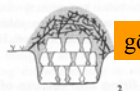
Kiégetés 3. – Égetés- és kemencetípusok

1. Szabad téri égetés
2. Kemence égetés

máglyaégetés

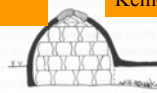


gödörégetés

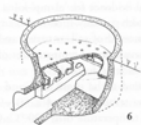
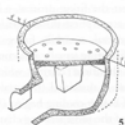


Szabályozatlan áramlás

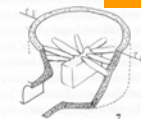
Kemence égetés



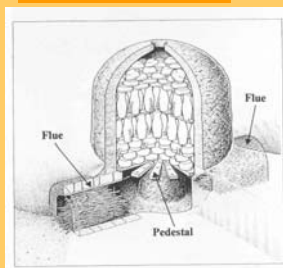
Felfelé áramló levegő



Római-kori kemencék



Középkori kemence



Henderson, 2000

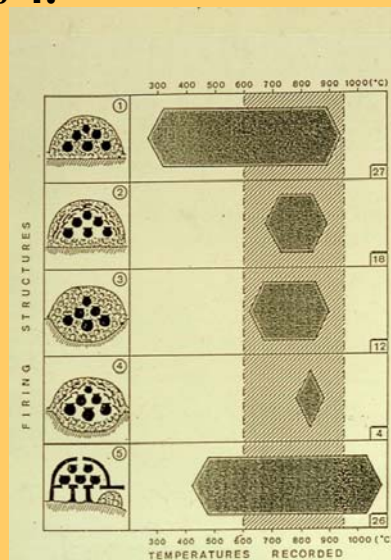
Kiégetés 4.

Szabadtéri égetés (máglyaégetés: 1, 2, gödörégetés: 3, 4; a 2, 4, cserépboritással)

- Gyors felfűtés (20-30 perc)
- Rövid hőntartás, kiégetési idő:
 - Máglyaégetés: 30-60 perc
 - Gödörégetés: 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 hőntartás, kiégetési idő: > 7 óra
- Magas maximális hőmérséklet (700-1000°C)
- Szabályozható atmoszféra
- Finomszemcsés kerámia



Gosselain and Livingstone Smith, 1995

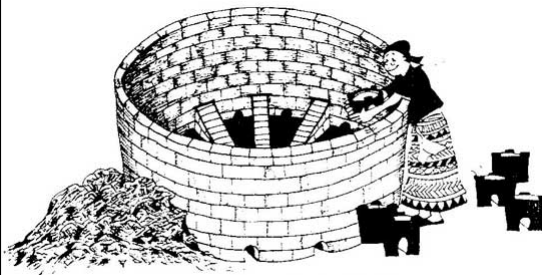
Máglya égetés



Gödrös égetés



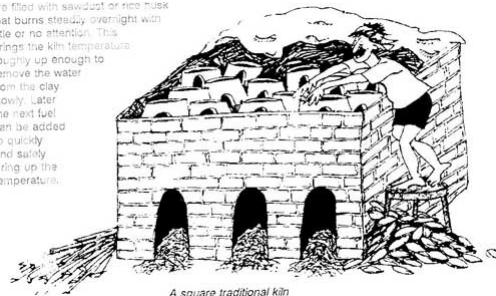
Kemencés égetés



The round enclosed fire kiln



is filled with sawdust or fire brush
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 slowly
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

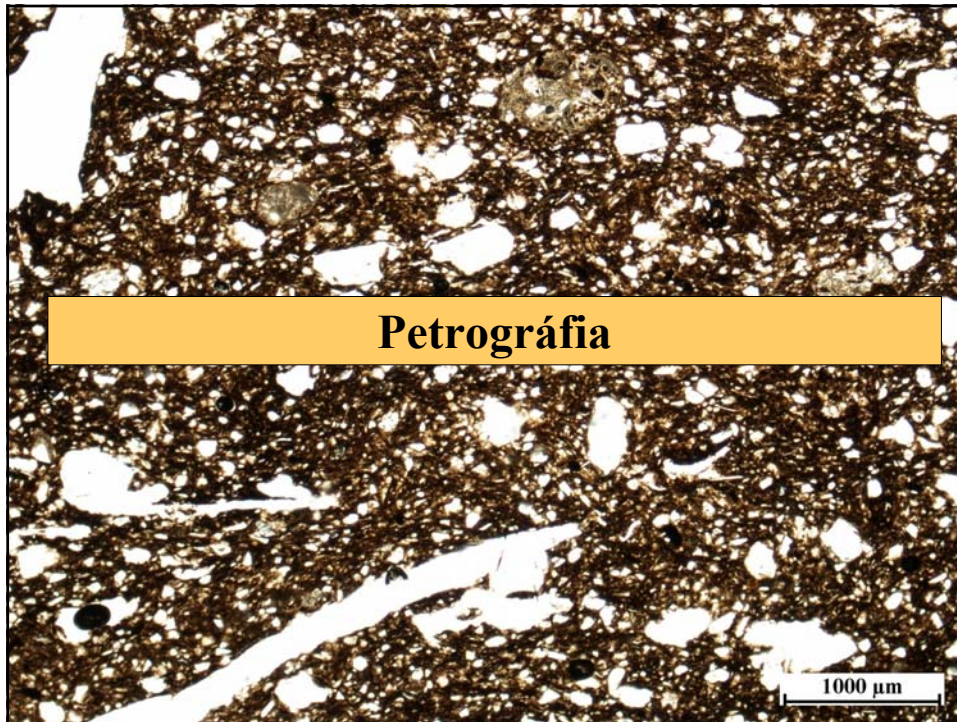
- fehér, esetenként áttetsző
- nagyon kemény, igen kis porozitású
- kiégetési T: igen magas (1300-1450°C)
- első megjelenés:
 - É-Kína: 6-7. század AD
 - nyersanyag: kaolinit
 - D-Kína: 10. század AD
 - nyersanyag: „porcelánkő”: kvarc+muszkovit+albit±kaolinit
 - Európa:
 - 16. század, Itália (Medici 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)



Kerámiák anyagvizsgálata

Anyagvizsgálati módszerek - áttekintés

Anyagvizsgálati módszer	Vizsgálati célterület	Cél
Petrográfia +elektronmikroszkópia (SEM-EDX)	Nem plasztikus elegyrészek Szövet (+mátrix) Másodlagos fázisok	Nyersanyag azonosítása és származási helye Technológia Használati ill. betemetődési viszonyok
Rtg-pordiffrakció	Mátrix Másodlagos fázisok	Technológia (kiégetés T) Nyersanyag azonosítása Betemetődési viszonyok
Kémiai elemzések (fő- és nyomelemek) (NAA, XRF, ICP-MS, PGAA)	Teljes anyag (mátrix + soványító anyag)	Kerámiák csoportosítása Műhely azonosítása Származási hely
Egyéb (mikromineralógia, katódlumineszcencia stb.)	Vizsgálati módszertől függ	Nyersanyaglelőhely, technológia pontosítása Utóhatások



Petrográfia: polarizációs mikroszkópi vizsgálat

- Alapvető vizsgálati módszer: nem plasztikus elegyrészek, szövet

Mintaelőkészítés:

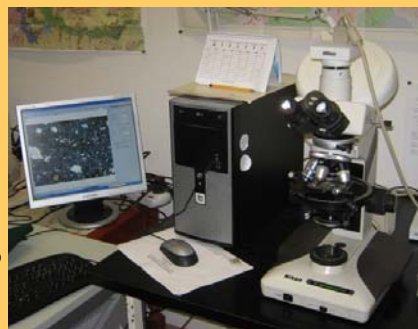
vágás – csiszolás → vékonycsiszolat



Vastagsága: 30 μm → áttetsző

Vizsgálati eszköz:

Polarizációs mikroszkóp



Roncsolásos módszer!

Petrográfia – áttekintés

Nem plasztikus összetevők

- Eredetileg az agyagos üledékben előforduló törmelékszemcsék
- Soványító anyag – szándékosan hozzáadott

→ *nyersanyag származási helye (proveniencia)*

Szöveti vizsgálatok

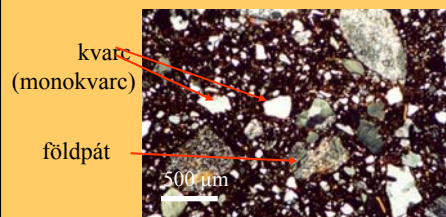
- A nem plasztikus elegyrészek mennyisége, szemcsemérete és eloszlása, osztályozottsága, koptatottsága
- mátrix (szín, optikai aktivitás)

Porozitás

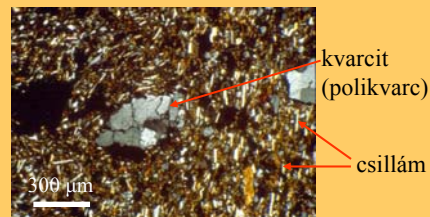
→ *készítési technológia*

Nem plasztikus elegyrészek 1. Ásványtörmelékek

Gyakori elegyrészek:



Szécsény, neolitikum- Zseliz kultúra

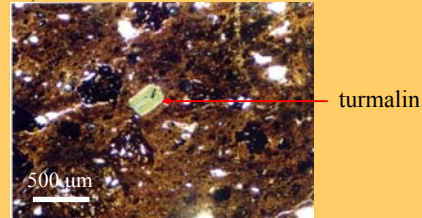


Szőny, Római kor

Ritka elegyrészek (akcesszóriák = nehézásványok):



Szarvas, neolitikum – Körös kultúra

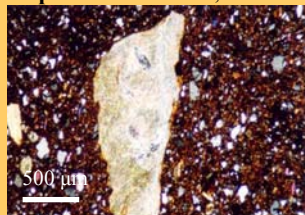


Vörs, neolitikum – Starčevo kultúra

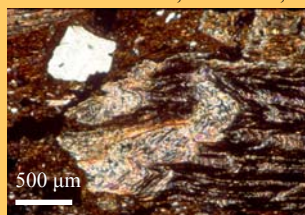
Nem plasztikus elegyrészek 2. Kőzettörmelékek

Előfordulás: elsősorban durva kerámiákban

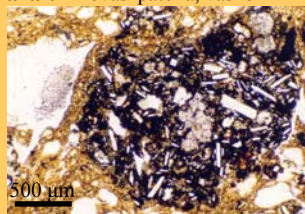
Talkpala - Vaskeresztes, vaskor



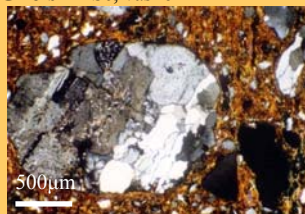
Fillit – Felsővadász, neolitikum, Bükki kultúra



Bazalt - Lovászpátona, vaskor

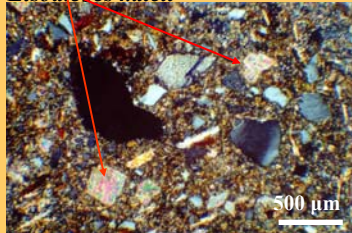


Gneisz – Sé, vaskor



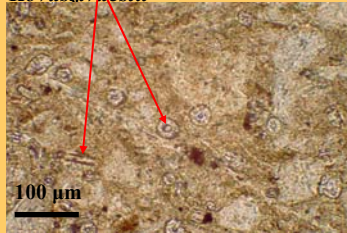
Nem plasztikus elegyrészek 3. Mészkő, kalcit, ősmaradványok

Elsődleges kalcit



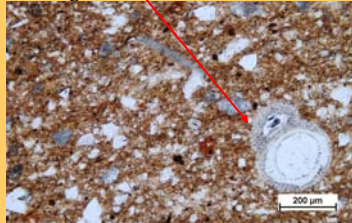
Endrőd, Neolitikum - Körös-kultúra

Kovaszivacstű



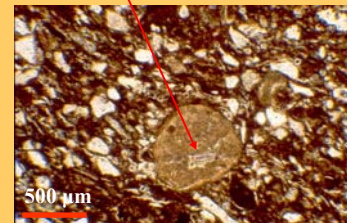
Bicske, neolitikum -Dunántúli Vonaldíszes Kerámia

Globigerina



Fażana, Isztria – Római kori amphora

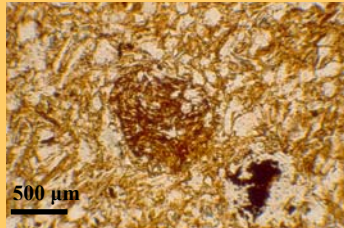
Kovaszivacstű mészkőben



Bicske, neolitikum – Dunántúli Vonaldíszes Kerámia

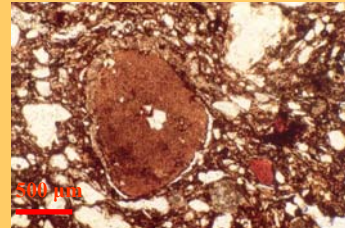
Nem plasztikus elegyrészek 4. Agyagkőzetek, tört kerámia – Whitbread (1986)

Agyagpellet (agyagos soványítóanyag)



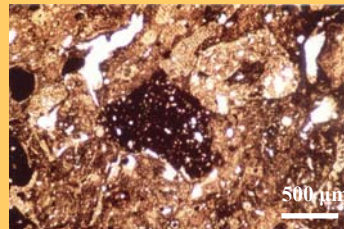
Szőny, Római-kor

Agyagos kőzettörmelék (ARF)

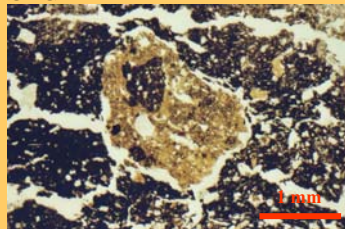


Felsővadász, bronzkor

Kerámia töredékek (grog)



Felsővadász, Neolitikum – Bükki kultúra



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

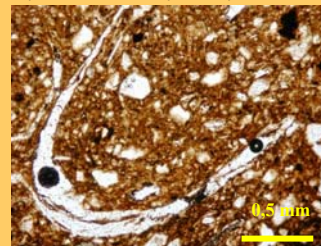
Nem plasztikus elegyrészek 5. Szerves anyag és maradványai

Szerves anyag



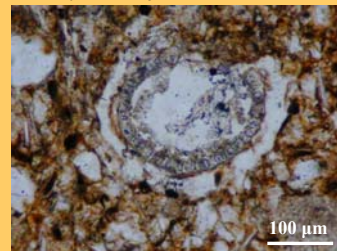
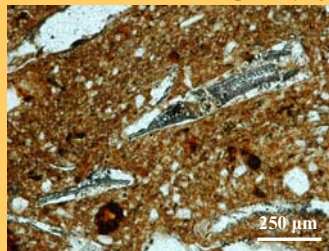
Vörs, neolitikum

Pelyva maradványa/helye

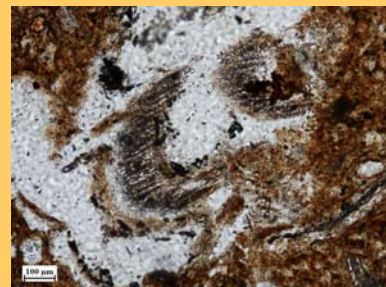
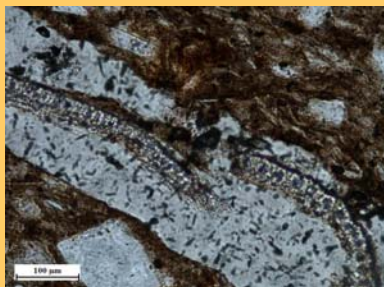
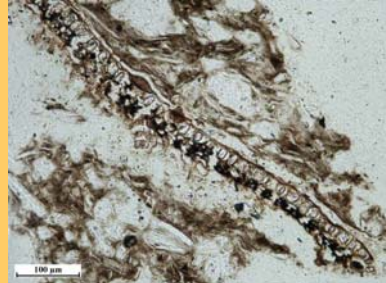
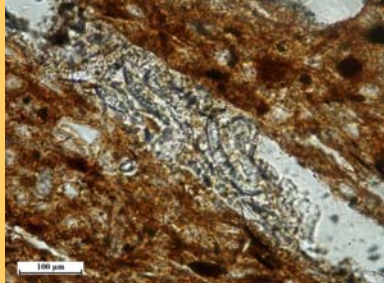


Szarvas-23 kora neolitikum

Fitolit – opál anyagú növénymaradványok – sejtek körül kiválás



Fitolit (növényi opál)

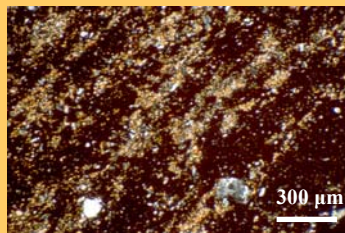


Szarvas és Endrőd, Körös-kultúra, kora neolitikum

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

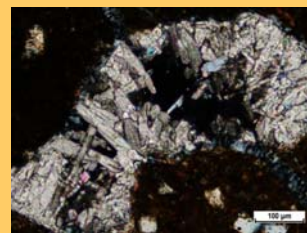
Utólagos átalakulás - használat, betemetődés

Karbonátos átítatás



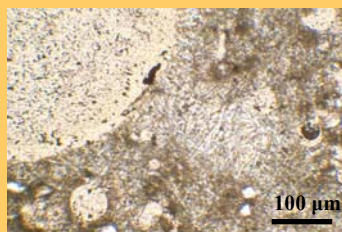
Szöny, Római-kor

Póruskitöltő karbonát



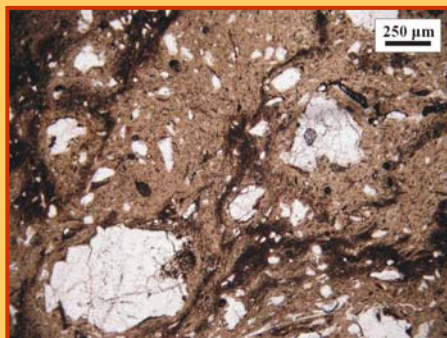
Fażana, Isztria – Római kori amphora

Megolvadás



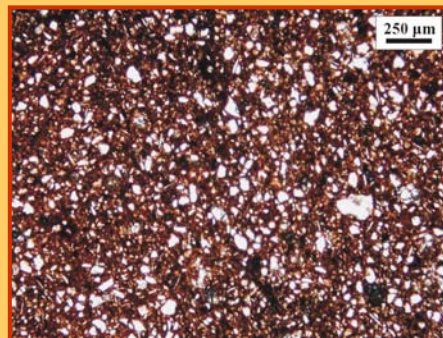
Bicske, Neolitikum, – Dunántúli
Vonaldiszes Kerámia

Szövet – az agyagok alaptípusai



↓
**Kövr, törmelékiszegény
agyag**

↓
Soványítás szükséges



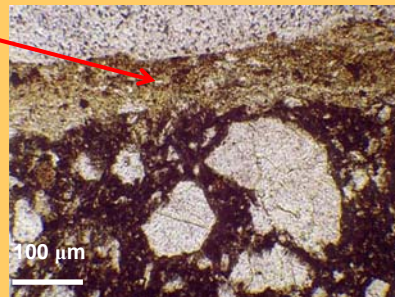
↓
Sovány agyag

Szegély, szlip, engób

Szlip, engób – vékony, agyagbevonat
(iszapolt agyag)

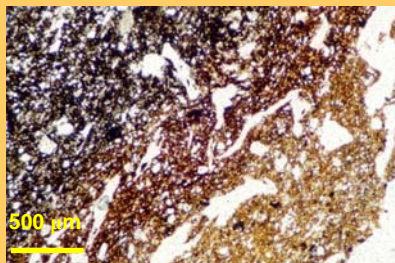
- Színtelen - szlip
- Színes - engób

Formázás után, kiégetés előtt



„Szendvics szerkezet”

Szegély kialakulása az égetés –
hőntartás során, oxidatív – redukív
körülmények változásának hatására.



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

Irodalom:

Bajnóczi et al. (2005): Archeometriai Műhely II/2, 31-41
Havancsák et al. (2009): Archeometriai Műhely VI/4, 1-14.

Mikromineralógia

Akcesszóriák (nehézasványok) elemzése – kis mennyiségben, de nagyon jellegzetesek

- Csoportosítás
- Feltételezett lelőhely(ek) anyagával összehasonlítás → **nyersanyag származási helyének lehatárolása, esetleg azonosítása**

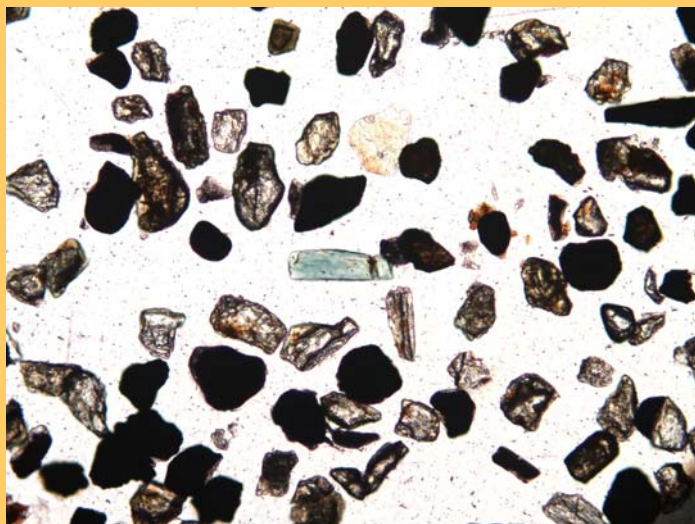
Hátrány:

- **Nagy mennyiségű** régészeti **kerámia** anyag szükséges hozzá – legalább (200-)300 nehézasvány-szemcse szükséges a biztos azonosításhoz
- **Munkaigényes mintaelőkészítés**

Kerámia archeometriai vizsgálatoknál ritkán alkalmazzák, pedig **jelentős többletinformáció**val szolgál

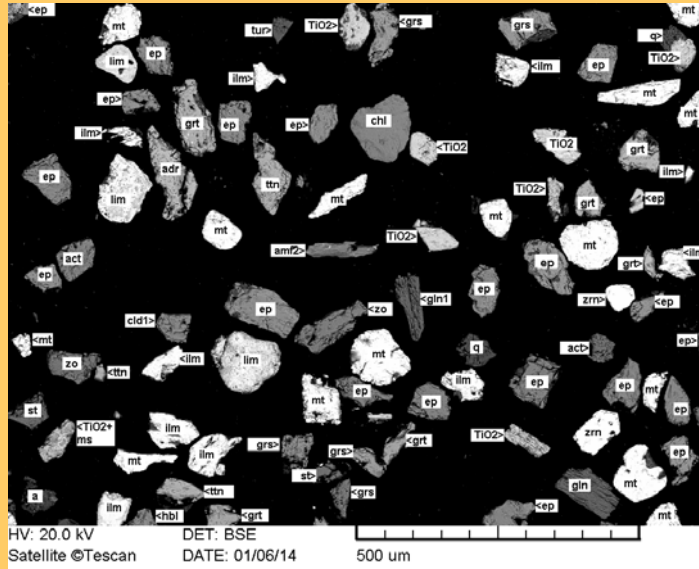
Mikromineralógia

Polarizációs mikroszkóp



Mikromineralógia

Elektronmikroszkóp



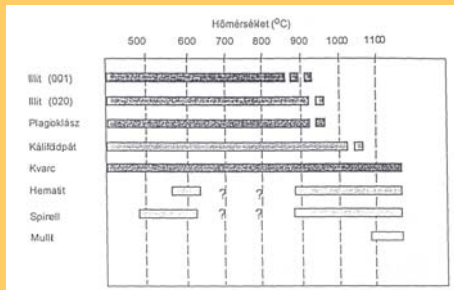
Röntgen-pordiffrakciós vizsgálat (XRD) 1.

Alapvető vizsgálati módszer:

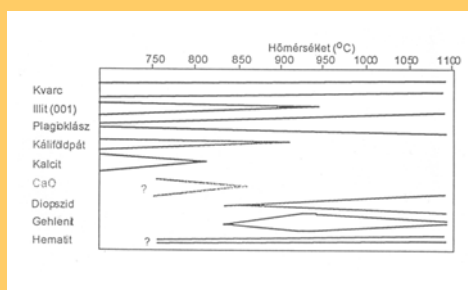
- plasztikus agyag és átalakulási termékei → **kiégetési T**
- másodlagos elegyrészek → utóhatások (használat, betemetődés)

Alap: Hőmérséklet hatására történő fázisátalakulások

Illites, nem meszes agyag:



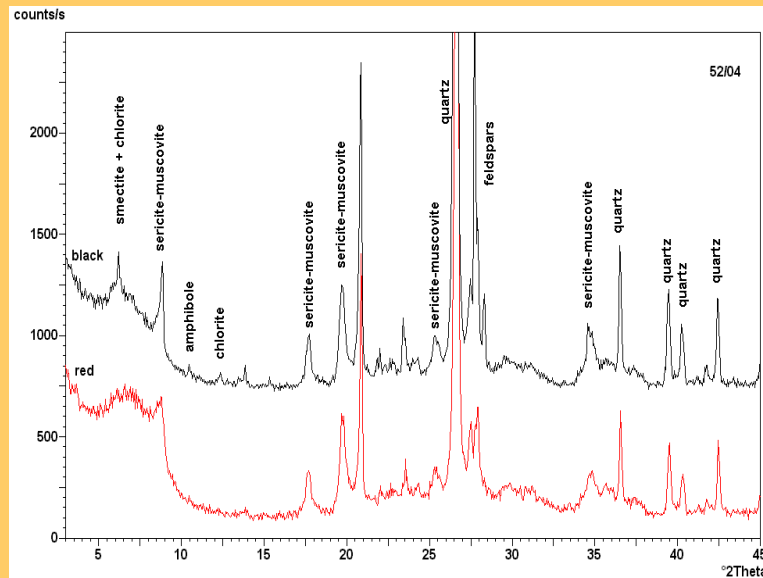
Illites, meszes agyag:



Maggetti, 1982

Röntgen-pordiffrakciós vizsgálat – példa

Ásványfázisok azonosítása – szendvics szerkezetű kerámián



Pásztázó elektronmikroszkópia (SEM)

Petrográfiai mikroszkópnál jobb felbontás: mikroszerkezeti bélyegek vizsgálhatók

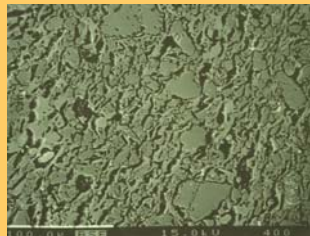
Kiégétségi – hőntartási folyamatok nyomonkövetése – anyag plasztikussá válásával kapcsolatos átrendeződés, üvegesedés → hőmérséklet becslése

Üvegesedés kezdete:

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

kaolinites agyagok kerámiái: ~ 1000 °C

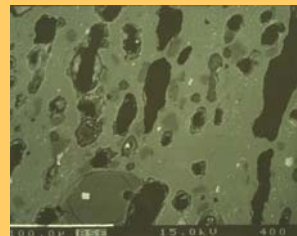
kezdődő üvegesedés



előrehaladott üvegesedés



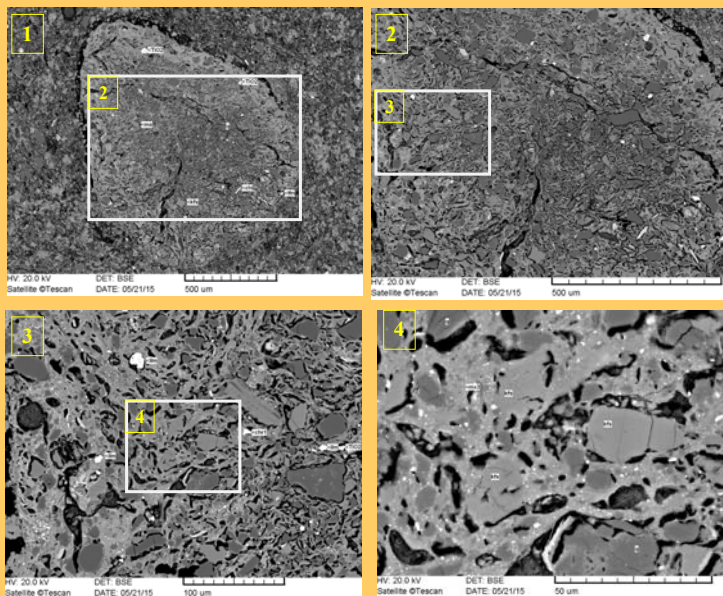
kiterjedt üvegesedés



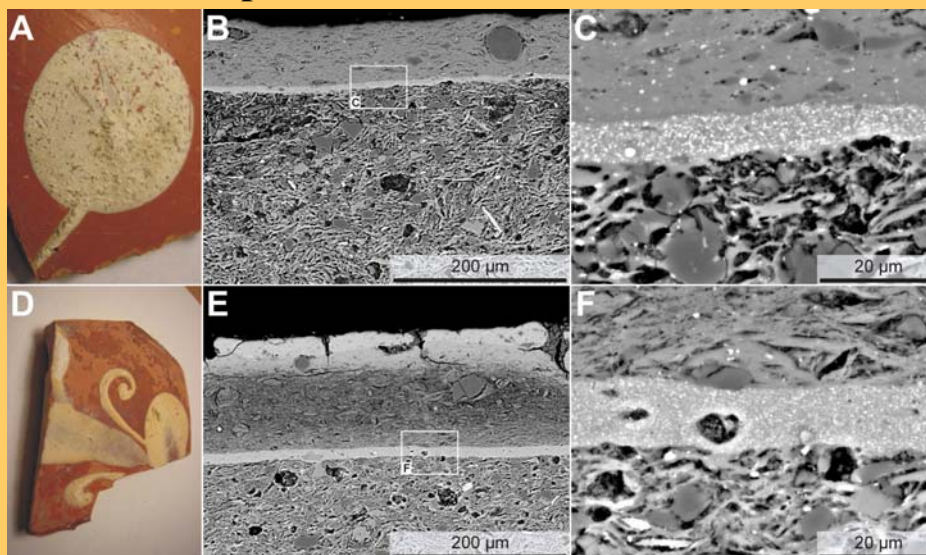
Tite nyomán

Pásztázó elektronmikroszkópia (SEM-EDX) - nem plasztikus elegyrészek és a mátrix kémiai összetétele

Római kori tegula
fokozatosan
növekvő
nagyítással



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

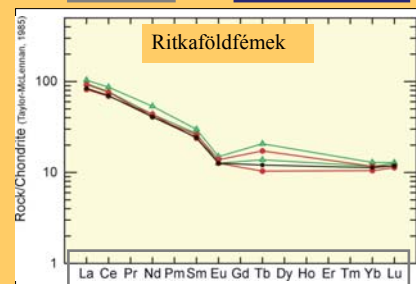
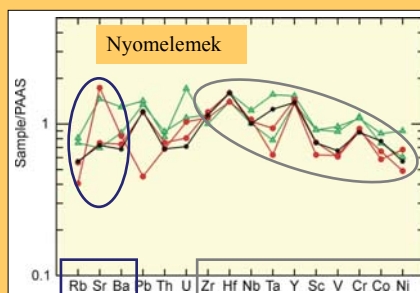
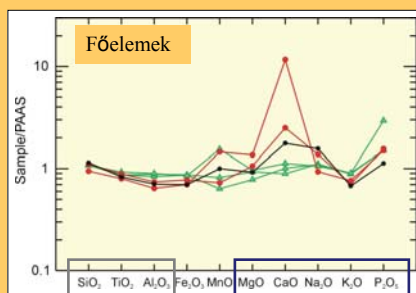
PGAA

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

Egyéb módszerek: pl. PIXE, AAS, stb.

Geokémia – sokelemes diagramok

Kora Neolitikum, Endrőd-39 lelőhely



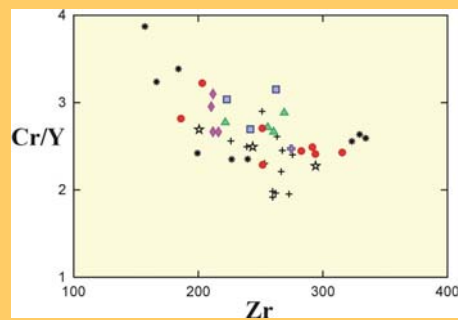
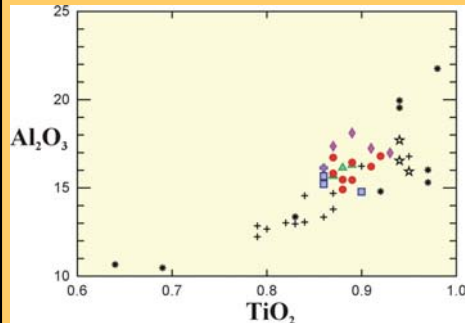
Immobilis elemek

Nyersanyag lelőhelyre jellemzők

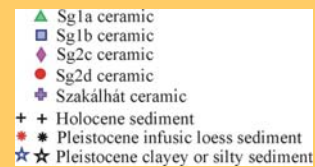
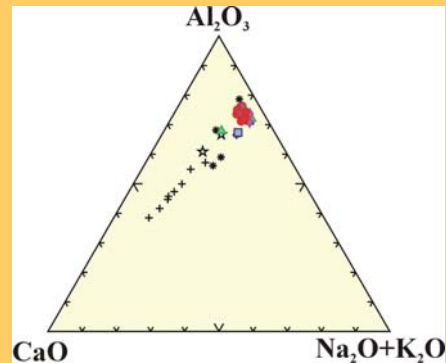
Mobilis elemek

Elsősorban a másodlagos folyamatok alakítják

Kora neolitikum, Szarvas-Endrőd



Geokémia - kétváltozós és háromszög diagramok



Mössbauer spektroszkópia

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

→ **Kiégelési, 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 – hidrofóbbok → 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)

