

## Kerámia archeometriai vizsgálata

Szakmány György

Az archeometria geológiai vonatkozásai, 2007. május 7.

## Bevezetés

- Keramos (görög) – agyag → agyagból készített tárgy
- Máztatlan (terrakotta) ↔ mázas
- Szemcseméret alapján
  - *finomkerámia* – max. 0,1-0,2 mm szemcsék, pórusok fazekasáru, mázas kerámia, keménycserép, kőedény
  - *durvakerámia* – szemcsék, pórusok mérete > 0,1-0,2 mm építési kerámia, tégl, kőagyag cső

Legkorábbi:  
Dolní Věstonice  
– 28000 év

Legkorábbi használati  
edény: Jomon kultúra  
12000 év

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



## A kerámia összetevői - áttekintés

kerámia – mesterséges metamorf (metaüledékes) kőzet

### Plasztikus agyag – mátrix

- részben relik, részben újonnan képződött

### Nem plasztikus elegyrészek – törmelék szemcsék, soványítóanyag

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

### Pórus

#### Szegély (máz)

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

Másodlagos fázisok – használat illetve betemetődés során képződnek

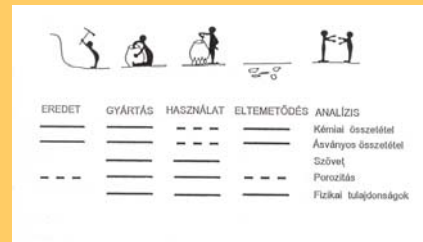


Vörs – neolitikum, Starčevo-kultúra

## Kerámia készítés, használat, betemetődés

- nyersanyag bányászás
- előkészítés, iszapolás
- formázás (korong nélkül, lassú korong, gyors korong)
- szárítás
- égetés, hőtartás: oxidatív – redukzív → szín: vörös – fekete
  - máglyaégetés (kisebb T ~ 600-800 °C, kevésbé szabályozott, gyors felfűtés)
  - kemenceégetés (nagyobb T > 700-800 °C, szabályozható, lassú felfűtés)
- díszítés

- használat
- törés
- betemetődés



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

## Agyag

### Agyag tulajdonságai:

uralkodóan < 2 µm szemcse nagyság  
elsősorban agyagásványokból áll – szilikátok (földpátok, földpátpótlók) és kőzetüveg lebontásával és szerkezetének átalakulásával képződik

- kaolinites – illites – montmorillonitos
- meszes ↔ nem meszes
  - mésztartalom gyakran problémás: CaO → oltott mész → térfogatnövekedés → kipattogzás
- kövér ↔ sovány
- tűzálló (hőálló) ↔ nem tűzálló (olvadáspont > illetve < 1550°C)
  - hőálló: illites és kaolinites
  - Magyarország: hőálló csak hegységi és hegységperemi területeken

## Magyarország agyaglelőhelyei 1.

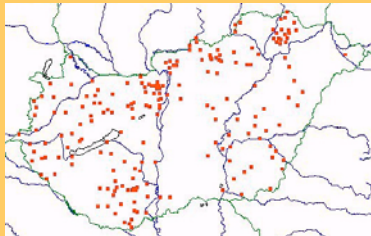
Matyasovszky-Mátyásfalvi Jakab és Petrik Lajos (1885); agyagok besorolása: 3 csoportba és 8 tűzállósági fokozatba

Kiegészítések és térkép: Kalecsinszky Sándor (1892-1905)



## Magyarország agyagbányái 2.

Legújabb, archeometriai szempontú összeállítás: Babinszky Edit (nem publikált) → térkép: *Nyersanyag atlasz – nem érces őskori nyersanyagok Magyarországon és a környező területeken* ([www.ace.hu/atlas](http://www.ace.hu/atlas))



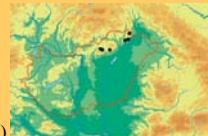
## Nemesagyag

**Nemesagyag** (kaolinit és/vagy illit) – felső miocén S magmatitok hidrotermás lebontásával

helyben képződött (autochton)

hőálló (tűzálló)

**porcelángyártás**



### Előfordulás:

Tokaji-hegység: Szegilong, Mád-Bomboly (kaolin)

Füzérradvány (illit)

Kelet-Mátra: Felnémet, Reesk, Mátraderecske

## Tűzálló agyag 1.

**Tűzálló agyag** (kaolinit és/vagy illit + olvadáspont csökkentő szennyezők – pl. kvarc, földpát, gipsz, karbonát, szerves anyag stb.)

S-N magmatitok lebontásával

áthalmazott (allochton)

mészmentes vagy nagyon kevés és finomszemcsés mészsanyag

*durvakerámia, kályhacsempé, samott, kerámit, főző-sütő edény*

### Előfordulás:

Hegységi-hegységperemi területeken → fő fazekasközpontok

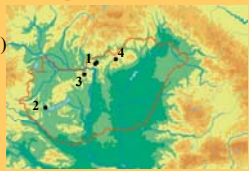
*Jelenlegi/közelmúlt legfontosabbak:*

Bánk-Felsőpetény-Romhány (K-Börzsöny) (1)

Cserszegtomaj (Keszthelyi-hg.) (2)

Sárisáp (3)

Nemti (saválló agyag) (4)



## Tűzálló agyag 2.

Régészeti kerámiák szempontjából fontosabb lelőhelyek:

**Gömör – Rimaszombat környéke**

**Miskolc környéke**

**Zemplén és Ung**

**Nagyvárad (Sebes-Körös)**

**Lippa (Maros)**

**Csákvár**



Domokos 1988-2002

## Nem tűzálló agyag

Uralkodóan montmorillonitos agyagból áll

• **tégla- és cserépagyag**

• **korsók** – mázatlan; nagyobb Fe-tartalmú, kővér agyag

• **tálatk** – mázas, XVI. szd-tól; homokos, meszes agyag is alkalmas

### Előfordulás, felhasználás:

- Kárpát medence szinte egész területén
- Nagyon sokféle, uralkodóan fiatal (oligocén-holocén) agyak, agyagos üledékek



Domokos 1988-2002

## Nem tűzálló agyag – korsós, tálas fazekasközpontok

Nagyszámú lelőhely és fazekasközpont - jelenlegiek az őskori és középkori központok helyén és hagyományokon alakultak ki

**korsósok:**

**Mezőtúr**

**Szentes**

**Nádudvar**

**Mohács**

**Korond, stb.**

**tálasok:**

**Hódmezővásárhely**

**Mezőcsát**

**Tiszafüred**

**Nagybánya**

**Sárköz (Mórág)**

**Siklós**

**Tata**

**Libetbánya**

**Alsó Garam-völgy**

**Ny-Erdély, stb.**



Domokos 1988-2002

## Nem plasztikus elegyrészek - áttekintés

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

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



Bronzkor, Biatorbágy  
fotó: Kreiter Attila

Vizsgálat: Petrográfiai mikroszkóp (elektronmikroszkop, SEM)

## Anyagvizsgálati módszerek 1.

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

## Anyagvizsgálati módszerek 2.

Vizsgált rész	Analitikai módszerek	Cél
<b>Soványító anyag</b>	Petrográfia (összetétel) (Elektronmikroszkop) (Mikromineralógia)	Nyersanyagazonosítás Szarmazási hely Technológia
<b>Mátrix</b>	Rtg-pordiffrakció Petrográfia (szövet) (Scanning elektronmikroszkop)	Technológia (kiégetési T) Technológia (készítés körülményei) Szarmazási hely (?)
<b>Soványító anyag + mátrix együtt</b>	Kémiai elemzés (NAA, XRF, ICP-MS, PGAA, stb.)	Csoportosítás Szarmazási hely
<b>Másodlagos fázisok</b>	Petrográfia Rtg-pordiffrakció Elektron-mikroszkop, SEM	Utólagos események (pl. használat, tüzesetek) Betemetődési viszonyok

## A polarizációs mikroszkópi vizsgálat

- Alapvető vizsgálati módszer: nem plasztikus elegyrészek, szövet

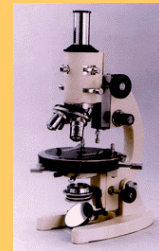
**Mintaelőkészítés:**

vágás – csiszolás → vékonycsiszolat



Vastagsága: 30 µm → áttetsző

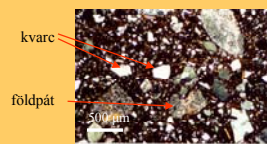
**Vizsgálati eszköz:**  
Polarizációs mikroszkóp



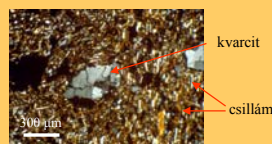
**Roncsolásos vizsgálat!**

## Nem plasztikus elegyrészek 1. Ásványtörmelékek

Gyakori elegyrészek:



Szécsény, neolitikum - Zseliz kultúra

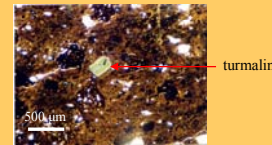


Szőny, Római kor

Ritka elegyrészek (akcesszóriák):



Szarvas, neolitikum - Körös kultúra

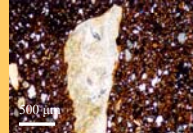


Vörö, neolitikum - Starčevo kultúra

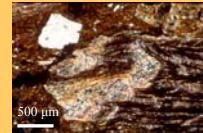
## Nem plasztikus elegyrészek 2. Kőzettörmelékek

Előfordulás: elsősorban durva kerámiákban

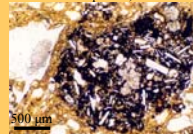
**Talkpala** - Vaskeresztes, vaskor



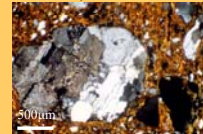
**Fillit** – Felsővadász, neolitikum, Bükk kultúra



**Bazalt** - Lovászpataka, vaskor

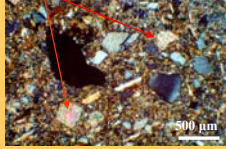


**Gneisz** – Sés, vaskor



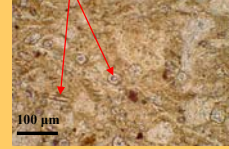
### Nem plasztikus elegyrészek 3. Mészke, kalcit, ősmaradványok

Elsődleges kalcit



Endrőd, Neolitikum - Körös-kultúra

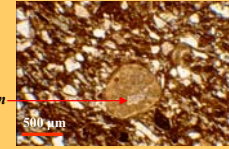
Kovaszivacstű



Bicske, neolitikum - Dunántúli Vonaldiszes Kerámia

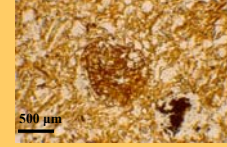
Kovaszivacstű mészkőben

Bicske, neolitikum - Dunántúli Vonaldiszes Kerámia



### Nem plasztikus elegyrészek 4. Agyagkőzetek, tört kerámia

Agyagpellel



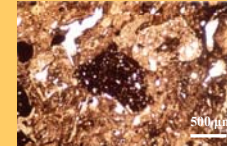
Szőny, Római-kor

Agyagos kőzettörmelék

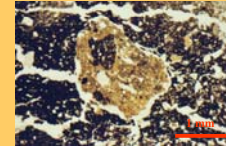


Felsővadász, bronzkor

Kerámia töredékek (grog)



Felsővadász, Neolitikum - Büki kultúra



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

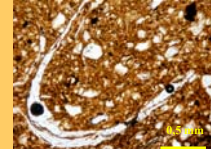
### Nem plasztikus elegyrészek 5. Szerves anyag

Szerves anyag



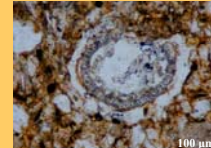
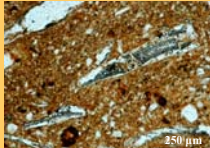
Vörs, neolitikum

Pelyva maradványa



Szarvas-23 kora neolitikum

Fitolit - opál anyagú növénymaradványok



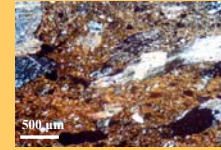
### Nem plasztikus elegyrészek homogenitása

#### Monomikt törmelékanyag

- hegyvidéki helyi anyag



Vaskeresztes, vaskor



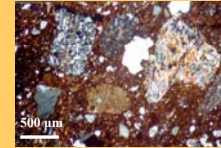
Felsővadász, Neolitikum - Büki kultúra

#### Polimikt törmelékanyag - nyersanyagkeveredés

- Természetes eredetű

- földtani helyzet - síksági folyóvízi anyag (nagyobb méretű szemcsék koptatottak)

- Mesterséges keverés - soványítóanyag



Soványítóanyag: helyi - nem helyi

Felsővadász, bronzkor

### A soványítóanyag származásának azonosítási lehetőségei 1.

A származási hely **azonosítása eredményes**: ha van olyan ásvány vagy kőzettörmelék esetleg ősmaradvány, amelyek egy adott területre jellemzőek (ld. talkpala, bazalt, fillit, gneisz, amfibol, kovaszivacstű)

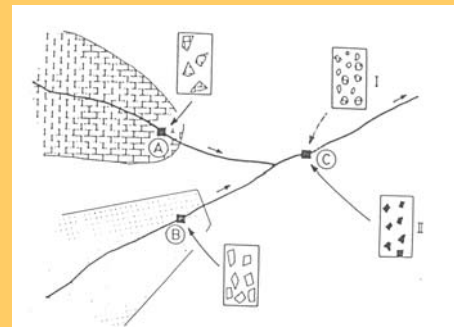
- főleg hegységi-hegységközeleli területen.
- általában **nagy mennyiségű** kerámiából

Az azonosítás sikere függ az **adott kőzet elterjedésétől**, illetve **változékonyságától**, továbbá a **terület geológiai feldolgozottságától**.

- Az azonosítást csak az adott terület földtanával - kőzettanával történt részletes egyeztetés után szabad megtenni.

Fontos eredmény lehet a nem helyben készült, „**idegen**” anyagú kerámiák kimutatása.

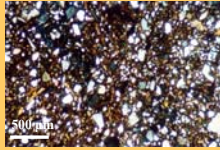
### A soványítóanyag származásának azonosítási lehetőségei 2.



Maggetti (1994)

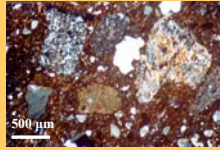
## Szöveti vizsgálatok → technológia

### Szeriális



Szarvas, Neolitikum – Körös kultúra

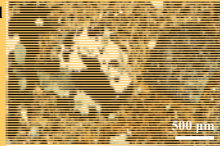
### Hiátuszos



Felsővadász, bronzkor

### Hiátuszos, koptatott elegyrészekkel

**Hiátuszos** – szándékos soványítás de: esetenként természetes üledék is lehet hiátuszos (pl. folyóvízi homok)



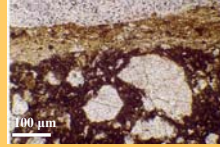
Szécsény, Neolitikum – Zseliz kultúra

## Szegély

**Slip** – vékony agyagbevonat

**Engob** – színes földfesték

Formázás után, de a kiégetés előtt (iszapolt) anyagú szegély



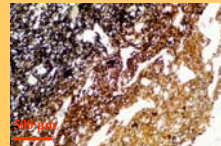
Felsővadász, Neolitikum – büki kultúra

Karbonátos, finomszemés anyagú szegély a bekarcolásokban



Felsővadász, Neolitikum – büki kultúra

Szegély kialakulása az égetés – hőtartás során, oxidatív – redukтив körülmények változásának hatására



Szarvas, Neolitikum – Körös kultúra

## Máz, festés

Technológia: többszörös égetés

**Ólomház** – átlátszó + aláfestés

**Ónmáz** – átlátszatlan fedőház – majolika, fajansz (nálunk: habának XVI-XVII. század) + fedőfestés díszítés



Habán korsó



Majolika – Iparművészeti Múzeum (T. Bruder, 2005)

**Szín, festék** - mázzal egybeolvadó, abból kivált fém-oxidok

Fe: (*hematit, limonit*): sárga, barna, (zöld)

Mn: (*piroluzit*): sötétbarna, fekete, ibolya

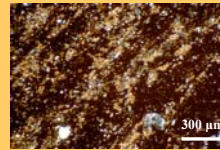
Co: kék

Cu: zöld, kék, (bíborvörös)

Cr: zöld, sárga

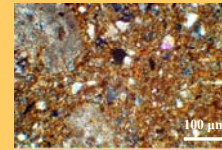
## Utólagos átalakulás - használat, betemetődés

**Karbonátos átitatás**



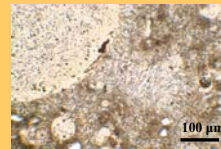
Szőny, Római-kor

**Póruskitöltő karbonát + átitatódás**



Endrőd, Neolitikum – Körös kultúra

**Megolvadás**



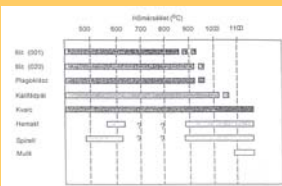
Bicske, Neolitikum, – Dunántúli Vonalászes Kerámia

## Röntgen-pordiffrakciós vizsgálat (XRD) 1.

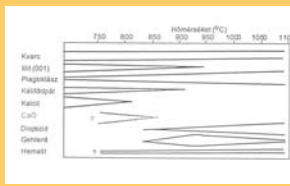
Alapvető vizsgálati módszer:

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

Illites, nem meszes agyag:

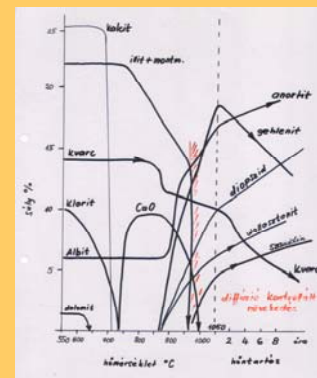


Illites, meszes agyag:

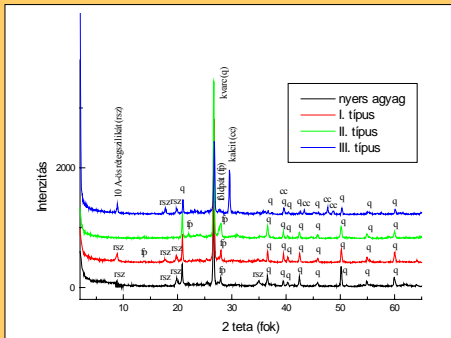


Maggetti, 1982

## Röntgen-pordiffrakciós vizsgálat (XRD) 2.



### Röntgen-pordiffrakciós vizsgálat – példa Borsod X. századi kerámiák (Szilágyi V. 2004.)



A közzeltani módszerrel elkülönített típusok egyértelműen azonosíthatók.

### Pásztázó elektronmikroszkópia (SEM)

Petrográfiai mikroszkópnál jobb felbontás: mikroszerkezeti bélyegek vizsgálhatók  
Kiegészítési – hőntartási folyamatok nyomonkövetése – anyag plasztikussá válásával kapcsolatos átrendeződés, üvegesedés → hőmérséklet becslése

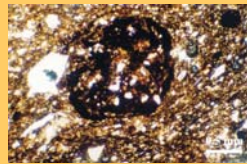
Üvegesedés kezdete:  
illites-montmorillonitos agyagok kerámiái: ~ 800-850 °C  
kaolinites agyagok kerámiái: ~ 1000 °C



Tite nyomán

### Scanning (SEM) és elektron-mikroszkopos (EDX) vizsgálat példa: Fe-gazdag konkréciók 1.

Vizsgált minták  
(Kora Neolitikum)  
Szarvas - Körös kultúra  
Vörs - Starčevo kultúra



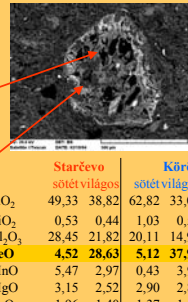
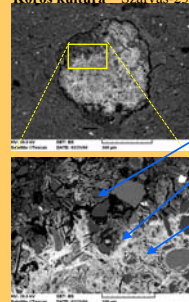
Szarvas-23 A71/a/1

Méret: 1-2 mm – 1,5 cm  
Szín: fekete – sötétbarna  
Alak: gömbölyded  
Egyéb: benne apró – elsősorban kvarc - szemcsék

### Fe-gazdag konkréciók 2.

Körös kultúra – Szarvas-23

Starčevo kultúra - Vörs



	Starčevo		Körös		
	sötétvilágos	határ	sötétvilágos	határ	határ
SiO <sub>2</sub>	49,33	38,82	62,82	33,03	15,74
TiO <sub>2</sub>	0,53	0,44	1,03	0,54	0,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	28,45	21,82	20,11	14,94	8,01
<b>FeO</b>	<b>4,52</b>	<b>28,63</b>	<b>5,12</b>	<b>37,98</b>	<b>66,17</b>
MnO	5,47	2,97	0,43	3,92	2,64
MgO	3,15	2,52	2,90	2,86	1,35
CaO	1,96	1,40	1,37	1,42	1,41
Na <sub>2</sub> O	1,51	0,00	0,00	0,00	0,00
K <sub>2</sub> O	4,05	2,58	4,35	2,25	1,11
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,04	0,82	1,87	3,06	3,57
SUM	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Hasonló konkréciók: mocsaras vagy ártéri területeken, réti talajokban

### A kerámiák archeometriai vizsgálatának további lehetőségei – Borsod példája Szilágyi V. 2004)

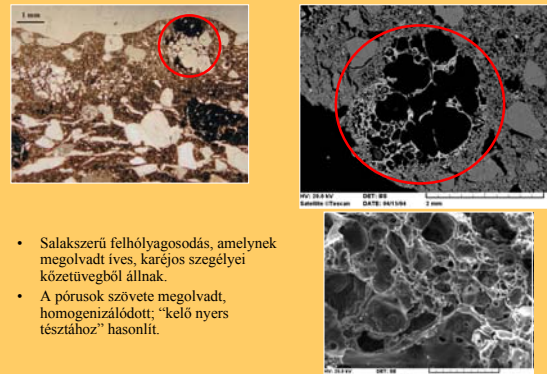
Kiegészítési hőmérséklet becslése – túlégetett kerámiák példája (SEM+EMPA)

A régészeti bizonyítékok szerint a falu leégett.  
A kerámia leletanyagban deformálódott, felhólyagosodott felszínű töredékek találhatóak.

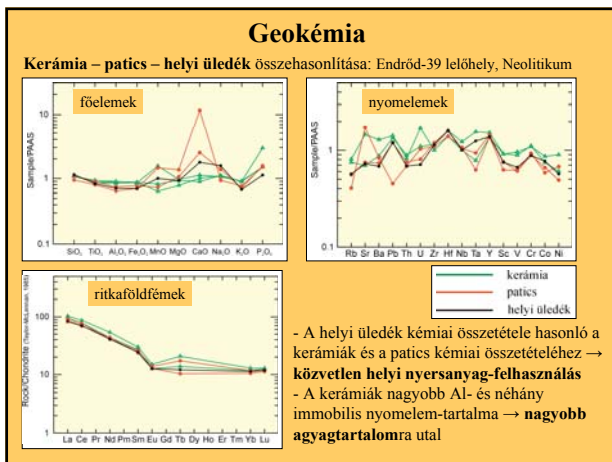
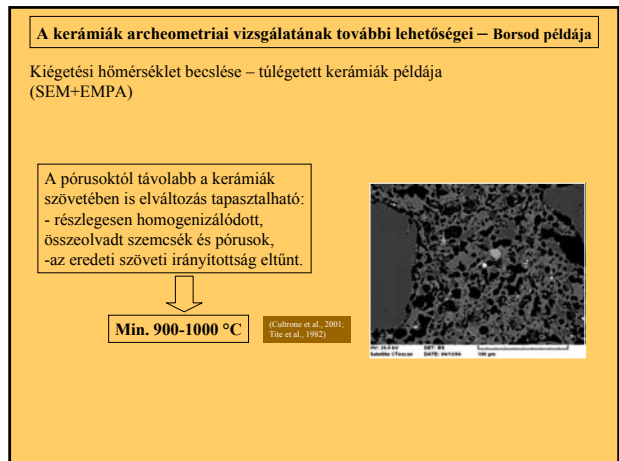
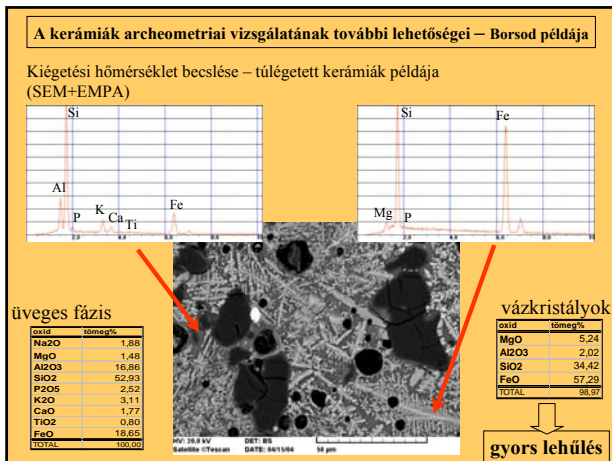


### A kerámiák archeometriai vizsgálatának további lehetőségei – Borsod példája

Kiegészítési hőmérséklet becslése – túlégetett kerámiák példája (SEM+EMPA)



- Salakszerű felhólyagosodás, amelynek megolvadt ives, karejos szegélyei kőzetüvegből állnak.
- A pórusok szövete megolvadt, homogenizálódott: "kelő nyers tészta"hoz" hasonlít.



**Mössbauer spektroszkópia**

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

→ **Kiégetési, hőtartási körülmények rekonstrukciója**

**Hátrány**

- magas költség
- utólagos oxidációs-redukciós folyamatok zavaró hatása

**Összefoglalás, konklúzió 1.**

- 1, A polarizációs mikroszkóppal történő (petrográfiai) vizsgálat és a röntgen porrdiffrakciós vizsgálat **alapvető fontosságú** a kerámiák archeometriai vizsgálat során.
- 2, A **kémiai elemzések** a fentiekén túlmenően, összehasonlító anyaggal együtt (kemence anyag, helyi agyag vagy talaj) további értékes információt szolgáltatnak.
- 3, 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 kerámialetek anyagi szempontból történő **csoportosítása** lehetséges.
  - elkülöníthetőek a **helyben készült** kerámiák és az **idegen helyről** származó nyersanyagú kerámiák.
- 4, A petrográfiai szöveti vizsgálatok és a röntgenporrdiffrakciós elemzések a kerámia-készítés **technológiájához** adnak információkat.

**Összefoglalás, konklúzió 2.**

- 5, A petrográfiai vizsgálatok meghatározó jelentőségűek a **további műszeres vizsgálatokhoz** az anyag kiválasztásában, illetve jó alapot nyújtanak a műszeres vizsgálatokkal kapott adatok **pontosabb értékeléséhez**.
- 6, A SEM és az **elektron-mikroszkopos** vizsgálatok a petrográfiai vizsgálatok **kiegészítésére, pontosítására**, esetenként az **utólagos hatások** nyomonkövetésére szolgálnak.
- 7, A kémiai elemzések (fő- és nyomelemek, RFF-k) és az elektronmikroszkopos elemzések a **nyersanyagok eredetéről** és a **készítési technológiáról** (pl. nyersanyagkeverés) nyújtanak információkat.
- 8, Megfelelően elvégzett nagyszámú, részletes feldolgozás esetén az adatok **matematikai statisztikai módszerekkel** is feldolgozhatóak.