

Forrás: <http://www.kfki.hu/chemonet/hun/olvaso/geokem/muemlek.html>

A Szerző engedélyével

## **Műemléki kőanyagok földtani-kőzettani elemzésének eredményei**

**Dr. Kertész Pál**

**(1997)**

A műemléki kőanyagok – amelyek sorába ezen elemzés szempontjából a műemlékeken, történelmi építményeken elhelyezett vagy azokról származó építő- és díszítőkövek, valamint az építmények közvetlen (például alapozási) kőzetkörnyezete tartoznak – régóta tárgyai a részletes földtani-kőzettani elemzésnek. Ilyen irányú kutatásokat a kőzetan korai szakaszából is ismerünk. E kutatások során a kőzetan számos kutatási eredménye vált ismeretessé, előbbre víve az adott műemlék ismeretét, valamint a földtudományok több részét is. Kevésbé köztudott azonban, hogy ezen elemzések olyan eredményeket is előhozhatnak, amelyek már nem tartoznak a földtudományi ismeretek körébe, és hasznos, bizonyos esetekben döntő ismereteket is feltárhatnak. A következőkben egy néhány, ilyen jellegű kutatás, illetőleg probléma részleteit kíséreljük meg áttekinteni.

A műemléki kőanyagok elemzésétől eleve elvárjuk, hogy közvetlen földtani-kőzettani adatok mellett

- a műszaki tulajdonságokra,
- a földrajzi adatokra,
- a műemlékek védelmével, fenntartásával kapcsolatos kérdésekre

választ adjanak, de bizonyos esetekben lehetőségünk nyílik

- a kulturális adatokat és összefüggéseket,
- a történelmi összefüggéseket

megismerni, vagy más érdekességekre következtetni.

A kőanyagok ilyen elemzését több szempont alapján is végezhetjük, amelyeket hozzávetőleges teljességgel a következőkben foglalhatunk össze:

1. Az építmény (műemlék) helykiválasztása, evvel a kőzetkörnyezet kijelölése
2. Az épületszerkezet és a kőzetkörnyezet közvetlen összefüggései
3. Az építőkövek főbb kiválasztási tulajdonságai:

tömbméret,  
teherbírás,  
megmunkálhatóság,  
szín, fény,  
esztétikai, ideológiai tartalom

4. A beépített kőanyagok származása:

az elsődleges és másodlagos felhasználás elválasztása  
katasztereizációk:

katasztereizáció kőtári kőelemek alapján,  
katasztereizáció a műemlékeken beépített kőanyagok alapján,  
katasztereizáció a kőbányák alapján,  
egyedi származás-kutatás (a mértékadó földrajzi tartományban)

## 5. Jelenlegi (a műemléken változott) tulajdonságok és azok megőrzése vagy javítása

mesterséges behatások

mállási folyamatok:

főleg fizikai folyamatok és következményeik,

főleg kémiai folyamatok és következményeik,

beavatkozási lehetőségek:

kőpótlás,

tisztítás,

kezelés

A fenti szempontok általában együttesen jelentkeznek és kizárólag az osztályozás áttekintése céljából választhatók el egymástól. Így például a teherbírás, a faraghatóság, a származás és a kővédelem egyetlen kutatási tevékenységbe fonódik össze. Az áttekintésnél azonban egyes példákat kell figyelembe vennünk.

---

### 1. A műemlék helykiválasztása

A helykiválasztást sok esetben a földtántól távol álló követelmények döntik el, más esetben a megfelelően teherbíró közetkörnyezet kiválasztása egyértelműen igazolható. Bizonyos esetekben azonban a helykiválasztás indokait nem tudjuk megállapítani, feltételezhetünk azonban földtani okokat is.

Példánk a mindnyájunk által ismert angliai *Stonehenge*, amely a helykiválasztás mellett a kő kiválasztás szempontjából is különlegesség. Az együttes szentély vagy csillagászati obszervatórium (esetleg mindkettő), amely a történelemelőtti időkől származik, mintegy 5000 éves. Az építmény két építési periódusa között körülbelül 500 év telt el, az írásbeliség előtti időszak ellenére az új szerkezetet pontosan a régi helyére építették, ugyanavval a középponttal. Az első periódus nehezen faragható „kék” gránitoidját (*1. fénykép*) legalább 200 km távolságból szállították. Habár e tömbök lényegesen kisebbek, mint a későbbi szürke homokkő 50 tonnás elemei, a szállítás – még kerék nélkül – igen nagy műszaki teljesítmény volt. E homokkövek sokkal közelebről származnak, jól faraghatók. Mostanáig nincs ismeretünk arra, hogy miért választották először a „kék” gránitot. A gránit általában a különböző kelta oltárok, áldozati kövek anyaga. Volt ennek valamilyen ideológiai előírása?



*1. fénykép. A Stonehenge kőanyagai: a földön fekvő kisebb tömbök gránitból, a nagyobb tömbök homokkőből állnak*



*2. fénykép. A Stonehenge együttese*

Még kevésbé tisztázott a helykiválasztás. A kérdéses terület (*2. fénykép*) nem fekszik csúcson, itt sohasem volt forrás, nem ismeretes más természeti jelenség sem. A legutóbbi geofizikai eredmények azt a sejtést ébresztették, hogy talán egy geoelektromos anomália jelölte ki a helyet. Lehet. Úgy látszik, még további kutatások szükségesek ennek tisztázására.

---

## 2. Az épületszerkezet és a kőzetkörnyezet közvetlen összefüggései

Az épületszerkezet és a kőzetkörnyezet kölcsönhatása szabja meg egy építmény állékonyságát és így a kőzetkörnyezet bizonyos mértékig megszabja az épület szerkezeti kialakítását is.



3. fénykép.

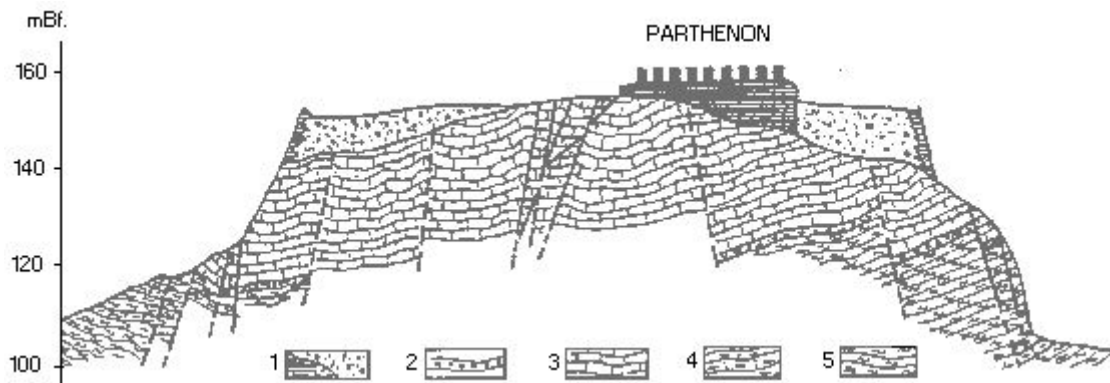
*A Parthenon az athéni Akropoliszon*



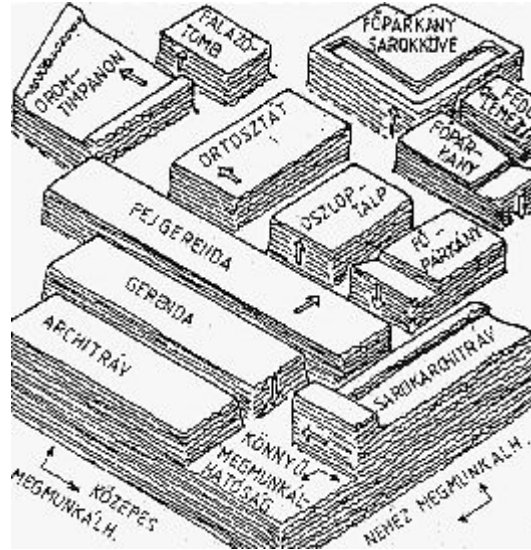
4. fénykép.

*A Parthenon alapozása: márvány-tömbök a szálban álló tömött mészkövön*

Az athéni Parthenonon (3. fénykép, 1. – 2. ábra) több jelenséget is megfigyelhetünk. A Parthenon az Akropoliszra épült, amely tektonikus sashérc. Eredeti – épület elhelyezésére alkalmas – területe nem tette lehetővé az athéniak igényeit kielégítő méretű templom építését. Ezért felszínét megnövelték. Ez az általában feltöltésnek nevezett bővítés azonban a Parthenon alatt inkább egy nagyméretű, 14 m mélyre lenyúló alaptestnek tekinthető: a mezozoos tömött mészköveket az újkori ún. pireuszi durva mészkő tömbjeivel egészítették ki. Ezt a kőzetet – párnaelemnek – akkor is alkalmazták, amikor a felszíni tömött mészkő a teherbírásra közvetlenül alkalmas volt. A nagy alakváltozás-képességű durva mészkő ekkor a terhek elosztására szolgált (4. fénykép). Az épületszerkezetet úgy alakították ki, hogy a kőzetkörnyezet különbségei semmilyen káros jelenséget nem okoztak a Parthenonban.



1. ábra. Az athéni Akropolisz földtani szelvénye



2. ábra. Az ókori pentelikoni (mai pendeli) bányá tagoltsági rendszere.  
A Parthenon megfelelő szerkezeti elemeit a munka-minimum  
és a kövesztéség-minimum elve alapján alakították ki



5. fénykép.  
Földrengés okozta elmozdulás  
a Parthenon eredeti falazatában



6. fénykép.  
Az 5. fényképen láthatóhoz hasonló  
elrendezésű falazat  
a frank építési periódusból



### 3. Az építőkövek főbb kiválasztási tulajdonságai

Az építőköveket a kornak megfelelő célszerűségi szempontok szerint választották ki. E szempontok összessége és gazdaságossága döntötte el, hogy honnan és milyen kőanyagot használtak fel.

Alapvető tényező mindenkor a kőanyag önszilárdsága; ehhez járultak a különböző egyéb sajátságok.



7. fénykép.  
*Félbehagyott Apolló-szobor  
Naxos szigetéről*



8. fénykép.  
*Nagy Teoderik mauzóleuma  
Ravennában*



9. fénykép.  
*Konstantinápolyba (a mai  
Isztambulba) szállított  
egyiptomi obeliszek*

A tagolatlan tömbméret teszi lehetővé a megfelelő monolit elem kialakítását. Nagyobb szobrok, oszlopok kialakítása kevésbé tagolt vagy tagolatlan kőelőfordulást igényel. Tagolatlan márványból kezdték kialakítani *Naxos szigetén Apolló* szobrát (7. fénykép), amely félig készen maradt ránc, mert egy rejtett tagoló felület mentén az orr egy része levált.

Hasonlóan nagyméretű tagolatlan tömb volt szükséges az isztriai tömött mészkő (ún. karsztmárvány) bányájában *Nagy Teoderik ravennai mauzóleuma* legalább 300 tonnás fedőelemének kialakításához (8. fénykép). A tömböt – úgy tűnik – készre faragva szállították az Adria túlsópartjáról. Valószínűleg hajón, bár a szállítás részleteit nem ismerjük. Feltehetjük azonban, hogy a monolit „fülek” a szállítás érdekében készültek.

Közismertek a tagolatlan tömbből faragott *egyiptomi* obeliszkek, ezek a leglátványosabb képviselői a monolit kőszerkezetnek (9. fénykép).

Az eddigi tömbök részben nehezen faragható kőanyagokból (gránit, tömött mészkő) készültek, a *márvány* speciálisan faragható és különleges fényű. Ennek oka az, hogy a márvány kalcitkristályait méretüknél fogva jól kifejlett hasadási felületek harántolják. A romboéder-felülethez kötött hasadás gyakorlatilag a tér minden irányában könnyű és kevés ütőmunkával járó faragást tesz lehetővé úgy, hogy az új felület kristálytani – és ezért tartós – felület. A márvány fénye viszont abból adódik, hogy az áttetsző kalcitkristályokba jutó fény fokozatosan visszaverődik a hasadási felületekről. Így az 5 cm-t is elérő mélységekből visszaverődő fénysugarak a márványnak minden más kőanyagtól eltérő „*márványfényt*” kölcsönöznek. A görög művészet eleinte (nagyjából a Kr.e. 6. századig) csak a jó faraghatóság miatt kedvelte a márványt, az 5. századtól kezdve a görög szobrokon már tudatosan alkalmazták a fény ilyenét játékát.

Faraghatóság szempontjából különlegesen az *indiai homokkövek*. Ezek a nagy szilárdság ellenére olyan finom faragási technikát engednek meg, ami másutt elképzelhetetlen (10. fénykép). A nagy szilárdságot bizonyítja a világon leghosszabb homokkő-gerenda (4,5 m), aminek a faragása is különlegesen finom (11. fénykép).



10. fénykép.  
*Homokkő rács a háremablakon  
(Fatehpur-Szikri, India)*



11. fénykép.  
*4,5 m hosszúságú homokkő gerenda  
Indiában (Fatehpur-Szikri)*

A faragás finomságát az indiai mesterek máig ismert igen nagy türelme mellett talán az is elősegítheti, hogy az egyébként kovás kötésű homokkővekben viszonylag sok a szericit-csillám, ami hasadásával elősegíti a faraghatóságát, de időálló felületet képez (12. fénykép).



12. fénykép.  
*Fríz az indiai Kajuraho egyik templomán*

A kiválasztásnál sok esetben játszik szerepet egy *kőzet színe, tarkasága, illetve fényezhetősége*. A kőzetek színe és fénye (fényessége) összefüggő sajátságok: legteljesebb a szín tökéletesen fényes felület esetén. Bizonyítható, hogy a fény csökkenésével (az érdesedéssel) a szín telítettsége fokozatosan csökken. Jól látható ez a gercsei (*piszkei*) *vörös tömött mészkövön* (az építészettörténet „magyar vörös márványán”). A kőzet mélyvörös színe friss, fényes felületén igen jól látszik (13. fénykép). A kőzet oldhatósága és agyagtartalma viszonylag gyors (éveken belüli) érdesedéshez vezet az időjárás hatásának kitéve. Jól látható ez a *székesfehérvári Országalma-émlékművön* (14. fénykép). Az érdesedés utáni csiszolódás szín-visszaállító hatását megfigyelhetjük *Ferrarában* (15. fénykép), ahol az érdessé vált (felületén kissé mállott) mészkő visszanyerte eredeti színét ott, ahol a rajta igen gyakran (jutalomból) lovagló gyerekek lecsiszolták. A kőzet-szín valamilyen felületi kezeléssel is helyreállítható. A 13. fénykép kútkávája a fényképezés előtt épen olyan elszíneződött volt, mint az országalma, de közvetlenül a fényképezés előtt (az 1960-as években) disznószírral kenték át.



13. fénykép.  
Eredeti Mátyás-kori kútkáva  
a visegrádi palotából



14. fénykép.  
Országalma  
Székesfehérvárott (1938)



15. fénykép.  
Oroszlán, Ferrara

Hosszú időn át folyt vita és folytattak kutatásokat a *színvesztés* természettudományos magyarázatára, de semmilyen vegyi vagy egyéb kristálytani elváltozást nem sikerült ezzel kimutatni. Az érdesedés viszont egyértelmű és ismételhető bizonyítékkal szolgált.



16. fénykép.  
Jean Moulin emlékműve, Chartres

Hasonló jelenséget figyelhetünk meg *Moulin chartres-i emlékművén*. A szobor egyfajta kőből készült. A színbeli különbség csak abból adódik, hogy a kéz és a markolat durva (érdes) felületi megmunkálású, a kard pengéje pedig fényezett (16. fénykép).

A szín más vonzatával is találkozhatunk. Ismeretes az ókor óta egy vöröses színű kőzet, amelyet olasz kőfaragó néven „*porfido rosso antico*”-nak emlegetnek. A név az összes közettani „*porfir*” elnevezés forrása, szótári értelmezése szerint inkább „*biborkőnek*” nevezhetnénk. Ez a kőanyag andezites összetételű kőzet, egyetlen bányája ismeretes a mai *Egyiptomban*. Az ókortól kezdve gyakran alkalmazták a mediterrán kultúrkörben, minden esetben valamilyen császárral, uralkodóval kapcsolatban (17., 18. és 19. fénykép). Nagy Teoderik *ravennai szarkofágja* porfir anyagú császári fürdőkád, Konstantinápolyban a koronázáskor a császár helye egy porfir körlap (rota). Még számos példát hozhatnánk fel, mindegyikre ez a jellemző. Ebből az a következtetés vonható le, hogy ezt a kőanyagot a bíbor ruházathoz hasonlóan *méltóságjelzőnek* tekintették. A „*porphyrogenetos*” (*bíborban született*) kifejezés a bizánci császári udvarban nem a ruházatra vonatkozott, hanem a bíborkővel burkolt palota-teremre! A kőzet felhasználása félbemaradt az arab hódítással: az egyetlen kőbánya nem működött tovább. A *velencei Signoria* hirdetményei azonban végig porfirtáblán jelentek meg.





17. fénykép.  
Augustus mellszobra,  
bíborkő



18. fénykép.  
Dísz tárgy  
a római császári palotából



19. fénykép.  
A tetrarchák  
(Velence, Doge palota)

Ez a jelenség még egy gondolatot ébreszt. Nem ismerjük ugyanis, hogy pontosan milyen volt az ókori bíbor szín. Nem, mert a ránk maradt ruhadarabok, foszlányok mind fakultak. A festéket adó bíborcsigát az emberi kapzsiság kiirtotta. Ha azonban nagyon sok vörös színű kőzet közül ez az egyetlen volt méltó a bíbor ruha mellett a méltóság kifejezésére, akkor talán ennek a színe felelt meg a bíbor öltözetnek.

#### 4. A beépített kőanyagok származása

Sok esetben fontos adat, hogy egy (vagy több) adott helyen beépített kőanyag kőbányája hol fekszik. Ennek eldöntése nem mindig olyan egyszerű, mint a bíborporfir esetében, a kőzetanilag azonos jellegű kőzetek között gyakran nehéz választani.



20. fénykép.  
Római kori gránitoszlop, Ják



21. fénykép.  
A 20. fénykép gránitjának megfelelő oszlop  
Ciprus szigetén

Egy építkezéshez a kőanyagot csak olyan helyről (távolságból) szállíthattak, amely az adott kor gazdasági, politikai, tulajdoni, műszaki viszonyai között elérhető volt. Ez a mértékadó földrajzi tartomány. A magyar középkor építményei márvány anyagának mértékadó földrajzi tartományába már nem illett bele a görögországi márványok területe (a kőbányák már nem működtek, a szállítást a török hódítás eleve lehetetlenné tette), e márványok a magyar épületekbe másodlagosan, római maradványokból kerültek, ezért a mértékadó földrajzi tartományt a római birodalom körülményei között kell keresnünk.

A birodalom területén a szállítás nagy távolságra is lehetséges volt. Például a Szombathelyről (Iseum) ismeretes gránitoszlopokat megtalálhatjuk másodlagosan beépítve a székesfehérvári bazilikában, újkori emlékműként is felhasználva Jákon (20. fénykép). Hasonló gránitoszloppal



a gránit nélküli *Ciprus szigetén* is találkozhatunk (21. fénykép). A birodalom idejének mértékadó földrajzi tartományát elemezve valószínűsíthetjük, hogy mindkét gránitot a mai észak-olaszországi *Baveno* környékén bányászták. A Magyarországon régebben feltételezett morvaországi kőbánya kívül esik a római limesen, ezért nem tekinthető valószínűnek.

Bizonyos esetekben nem nyilvánvaló azonnal a felhasználás másodlagos jellege. Példánk *Nagy Károly trónusa az aacheni székesegyházban* (22. fénykép). Anyaga márvány, ilyen kőanyag a távolabbi környéken sem ismeretes. Régi vita az, hogy honnan került oda a kőanyag, illetve, hogy az egész trónszéket szállították-e oda Rómából, Bizáncból vagy a Szentföldről, hiszen *Nagy Károly* a római császárok utódjának tekintette magát. Így az első kérdés az, hogy a kőanyagot elsődlegesen e célból fejtették és alakították ki, vagy pedig másodlagosan használták fel. Ennek eldöntésére egy megfigyelés segítségünkre lehet.



22. fénykép  
*Nagy Károly trónszéke,  
Aachen*



23. fénykép  
*A trónus jobb oldallemeze  
súroló fényben*



24. fénykép  
*A trónus lépcsősora*

A trón kőlapokból áll. A jobb oldali oldallemezt megfigyelve megállapítható, hogy abba egy malomjáték hálózata van belekarcolva (23. fénykép). Ez azt is jelenti, hogy az a lemez valamikor vízszintes kellett, hogy legyen, függőleges lapon a játék nem lehetséges. Ezért az a valószínű, hogy a trónt a Rajna-vidék valamely római építményének vízszintes (pl. járó-) felületéből alakították ki. A másodlagos felhasználást alátámasztja a trónlépcső: a legömbölyített alak arra utal, hogy oszlopokból alakították ki (24. fénykép).

Miután egy-egy műemlék elemzése nem világít rá az összefüggésekre, már régebben készítettek *katasztereket*, amelyek a közzétani adatokat, így az esetleges származást is tartalmazták. Jelenleg folyik *Horler M.* kezdeményezésére az összes magyarországi kőtár ilyen feldolgozása (*Lapidarium Hungaricum*), a (Trianon-előtti) Magyarország kőbányáinak áttekintését *Schafarzik F.* ismert *kőbánya-kataszterében* találhatjuk meg (1904). Több munka foglalkozott egy-egy kőzetanyag műemléki felhasználásának értékelésével.



25. fénykép.  
A simontornyai vár a reneszánsz loggiával

Érdekes eredményt szolgáltatott egy eleddig műemléki felhasználásban ismeretlen kőanyag megjelenése. Először a *simontornyai* közettani feldolgozás során került elő (25. fénykép), majd az ország számos területén megtalálták, de kizárólag a Jagelló-reneszánsz építményeiben a reneszánsz loggiák, korlátok anyagaként. Ez a kőanyag a budai márga és a bryozoás márga mészből dús padjaiból származik; előfordulásának földtani lehetősége ezen időszak mértékadó földrajzi tartományában (a Kárpát-medence távolabbi környezetében) kizárólag a *Budai-hegység*.

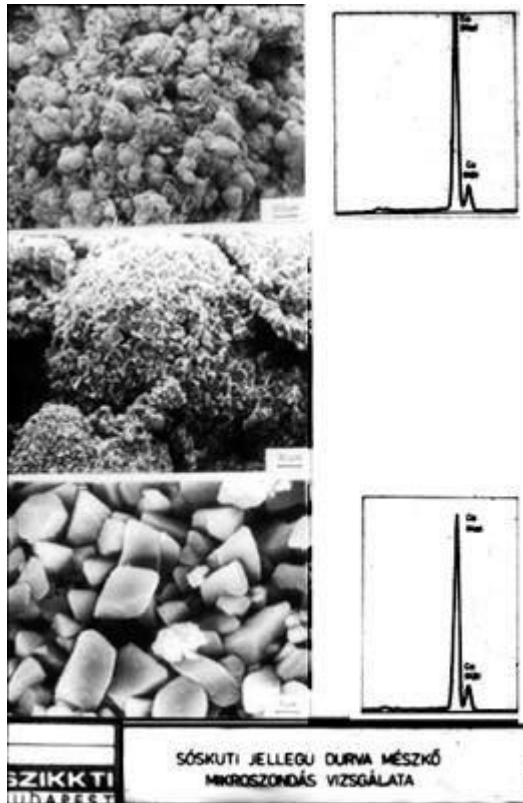
Régóta vita volt arról, hogy a *Mátyás* idejében működő központi királyi kőfaragó műhely a reneszánsz időben tovább működött-e vagy pedig a helyi kiskirályok új műhelyeket hoztak-e létre. Amennyiben a számos helyen (például Buda, Nyírbátor, Bács, Siklós, Sümeg, Esztergom reneszánsz épületén) meghatározható kőanyagot mind egyetlen budai kőbányában fejtették, nagyon valószínű, hogy a központi bánya anyagát egyetlen központi műhely dolgozta fel.

Hasonlóan értékes eredményre vezetett magyarországi (pannóniai) *mozaikok* elemzése. A *Herkules-mozaikkal* kapcsolatban merült fel a kérdés, hogy helyben készítették-e Aquincumban, vagy készen hozták ide Rómából vagy Alexandriából. Ismeretes, hogy a mozaikok fehér színét mindenütt márvány adja, ahol a márvány előfordul. E mozaikban (és más hazai mozaikokban) a fehér szín *dachsteini mészkőtől* származik. További elemzés azt mutatja, hogy a felhasznált kőanyagok együttese (pl. júra mészkő, eocén mészkő) megegyezik a dunántúli kőzetválasztékkal, így a kérdéses mozaik helyben készülhetett, esetleg rangos művész keze nyomán. Minden magyarországi mozaikban ez a helyzet, csak *Szombathelyen* jelenik meg a valódi márvány.

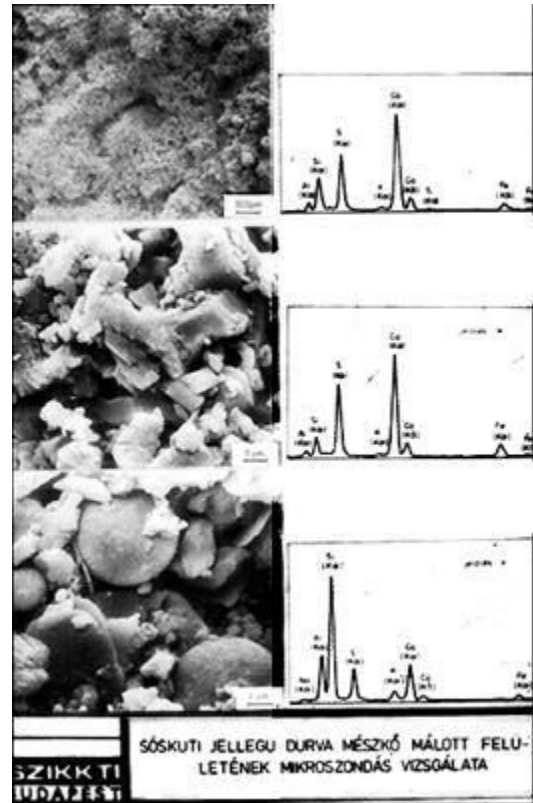
---

## 5. Jelenlegi (a műemléken változott) tulajdonságok

A kőanyagok mállását és védelmét az utóbbi években számos dolgozat taglalta és ezek újabb és újabb közettani érdekességeket is szolgáltatottak. Említettük már *fizikai hatásként* az érdesedésből származó színváltozást, kémiai-anyagszerkezeti változásként ismeretes a kalcit-gipsz átalakulás kéregképző hatása (26. és 27. fénykép).



26. fénykép  
Üde szarmata durva mészkő szövete és összetétele



27. fénykép  
Mállott szarmata durva mészkő szövete és összetétele, jól láthatók a szennyező elemek (S, Fe, Na stb.)

Helyi, vegyi *mállási* jelenséget okozhat például a pirit jelenléte (28. és 29. fénykép). A piritből kialakuló vas-oxid a kőzetet festi, a kénessav vagy kénsav a szövetet lazítva elősegíti a barnás festődés beszívódását.

A különböző beavatkozási lehetőségekről és a kőzetvédelem kérdéseiről más anyagok igen bőven szólnak.



28. fénykép.  
*Márványszobor (Ciprus) mállási folttal*



29. fénykép.  
*A 28. fénykép közelképe*



30. fénykép.  
*A Petra tou Romiou, Aphrodite születési helye*

Végül egy tektonikai érdekesség. Tudjuk, hogy a hagyomány szerint *Aphrodite* a tengerből kiemelkedve született, a ciprusiak azt is tudják, hogy ezen a mészkőszirten (30. fénykép) pihent meg először. A mészkőszirt (Petra tou Romiou) azonban az egyetlen olyan felszíni kőanyag a szigeten, amely már az afrikai táblához tartozik. Így az idegenből érkezett istennő idegen kőzetkörnyezetben jelent meg először.

Vissza a

**Noteszlapok abc-ben**

**Noteszlapok tematikusan**



**tartalomjegyzékhez**