Világítástechnikai üveghulladék tégla- és cserépipari felhasználhatóságának lehetőségei

1. rész

Laczkó László[1)] – Gyutai Zsolt[1)] – Korim Tamás[2)] – Pósa Imre[1)]

laborvezető helyettes | kutató analitikus | intézetigazgató, egyetemi docens | okl. gépészmérnök

[1)]SZIKKTI Labor Szilikátkémiai Anyagvizsgáló-Kutató Kft. (Budapest)

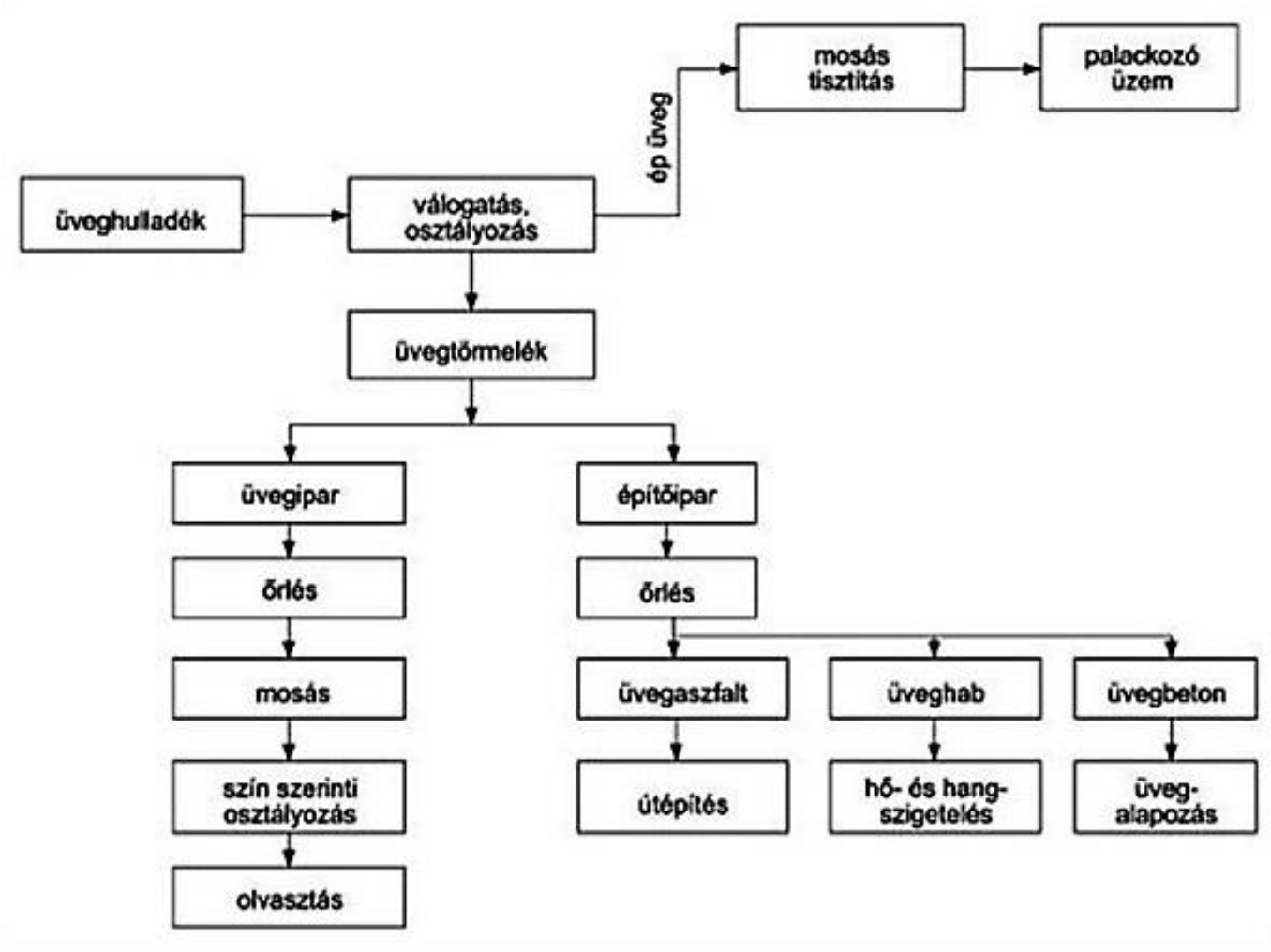
[2)]Pannon Egyetem (Veszprém) Anyagmérnöki Intézet

Célkitűzés

EU-s előírás, hogy a képződött üveghulladékot minimum 80%-ban újra kell hasznosítani. A lámpaüveg hulladék újraolvasztása környezetvédelmi okok miatt nem, vagy csak korlátozott mértékben lehetséges, ezért az építőanyag-ipar más szegmenseiben keresik az újrahasznosítási lehetőségeket.

Kísérleti munkánk célja az építőipari alkalmazás egy szegmensének az **agyagbázisú építőelemek** (tégla és tetőcserép) előállításának vizsgálata volt.

Az üveghulladék építőipari újrahasznosítása



SZIKKTI LABOR

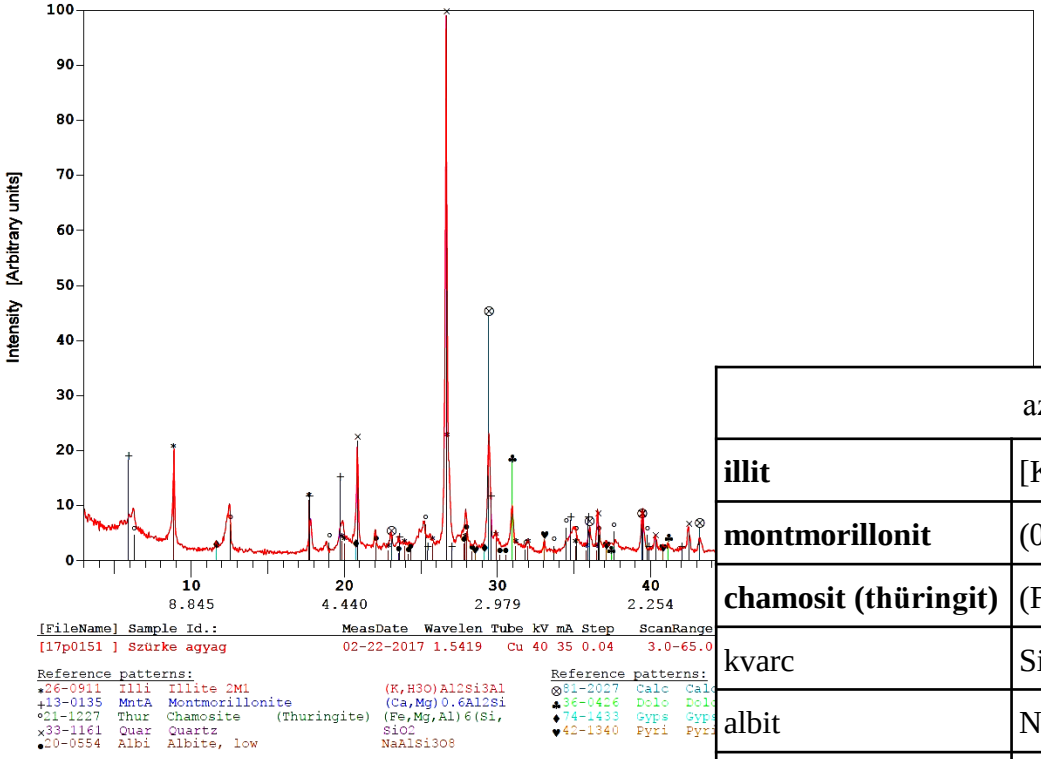
Az előadás vázlata

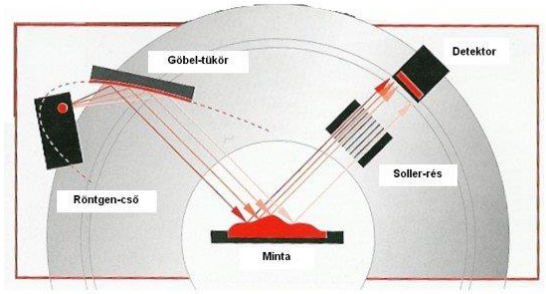
- A felhasznált anyagok jellemzése
- Formázással kapcsolatos tulajdonságok vizsgálata (megmunkálási víztartalom, Pfefferkorn-féle képlékenységi szám)
- Száradással kapcsolatos tulajdonságok vizsgálata (száradási zsugorodás, Macey-féle száradási érzékenység vizsgálat)
- Égetés utáni tulajdonságok vizsgálata (égetési zsugorodás, fáziösszetétel-változás, morfológia, testsűrűség, porozitás, hajlítószilárdság)

A kísérletekhez felhasznált agyag és üveg kémiai összetétele

	szürke agyag (Solymár)	üveg minta
	kémiai összetétel, $^{m}/_{m}$ %	
izzítási veszteség (1000 °C)	11,82	-
SiO_2	49,88	72,36
Al_2O_3	16,47	2,14
Fe_2O_3	5,53	0,13
CaO	8,06	4,89
MgO	3,06	3,26
SO_3	0,92	0,17
K_2O	2,71	0,68
Na_2O	0,57	16,23
TiO_2	0,75	0,06
Mn_2O_3	0,05	< 0,01
P_2O_5	0,12	0,01
SrO	0,05	0,04
ZnO	0,01	< 0,01
ZrO_2	< 0,01	0,03

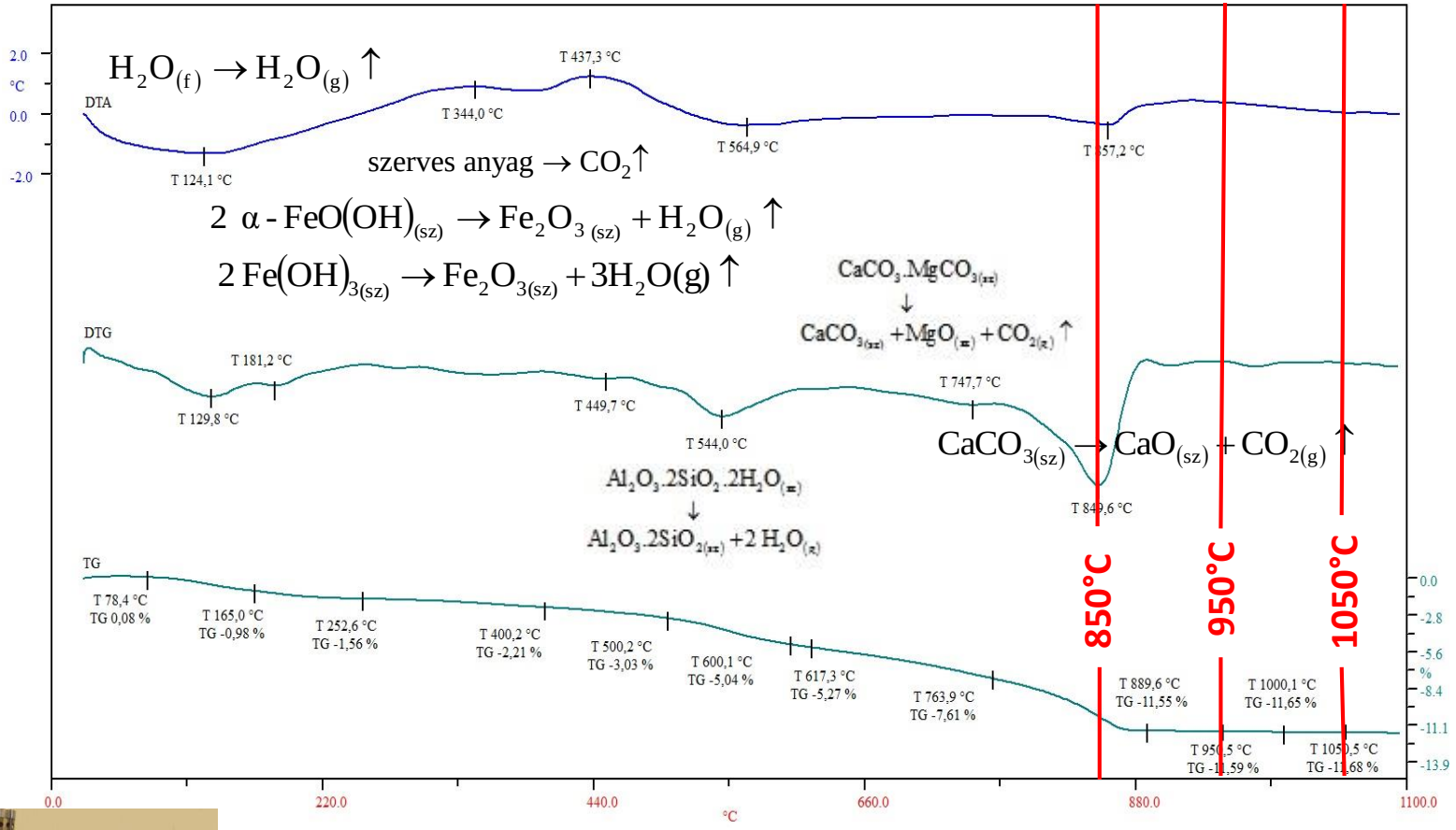
A kísérletekhez felhasznált agyag ásványi összetétele





azonosított fázisok		fázisösszetétel, $^{m}/_{m}$ %
illit	$[K(H_3O)^+]Al_2[SiO_3AlO_{10}](OH)_2$	**20**
montmorillonit	$(0{,}5Ca,Na)_{0,7}(Mg_{0,7}Al_{3,3})[(Si_8O_{20})(OH)_4]$	**25**
chamosit (thüringit)	$(Fe^{2+},Mg)_5Al(AlSi_3O_{10})(OH)_8$	**10**
kvarc	SiO_2	20
albit	$NaAlSi_3O_8$	5
kalcit	$CaCO_3$	10
dolomit	$(Ca,Mg)(CO_3)_2$	5
gipsz	$CaSO_4.2H_2O$	1
pirit	FeS_2	1
röntgenamrof	-	3

A kísérletekhez felhasznált agyag termoanalitikai vizsgálata



Masszakészítés

világítástechnikai üvegzúzalék
(egyenes fénycsőüveg)

solymári agyag

solymári agyag + üvegzúzalék

Masszaösszetételek

0% üvegzúzalék + 100 % solymári agyag	10% 0-1 mm szemcseméretű üvegzúzalék + 90 % solymári agyag	20% 0-1 mm szemcseméretű üvegzúzalék + 80 % solymári agyag	30% 0-1 mm szemcseméretű üvegzúzalék + 70 % solymári agyag	40% 0-1 mm szemcseméretű üvegzúzalék + 60 % solymári agyag

0% üvegzúzalék + 100 % solymári agyag	10% 1-2 mm szemcseméretű üvegzúzalék + 90 % solymári agyag	20% 1-2 mm szemcseméretű üvegzúzalék + 80 % solymári agyag	30% 1-2 mm szemcseméretű üvegzúzalék + 70 % solymári agyag	40% 1-2 mm szemcseméretű üvegzúzalék + 60 % solymári agyag

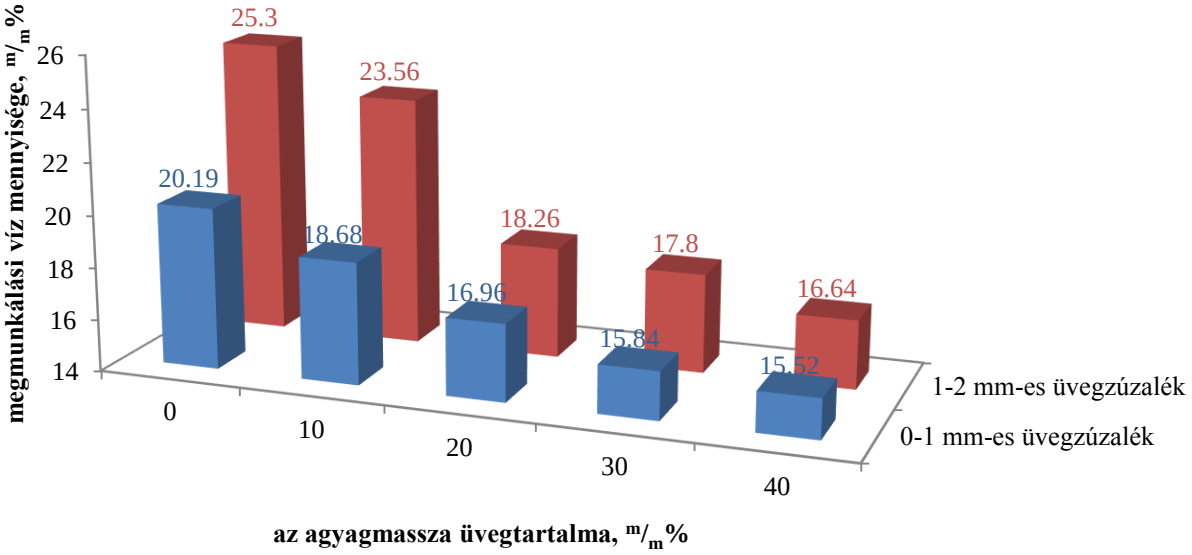
Próbatestek készítése

32 x 64 x 15 mm
élhosszúságú sablon

A sablonból kiemelt
nyersminta

Megmunkálási víztartalom

A megmunkálási víztartalom alatt az adott technológia mellett jól formázható massza nedvességtartalmát értjük, a száraz anyag tömegszázalékára vonatkoztatva.

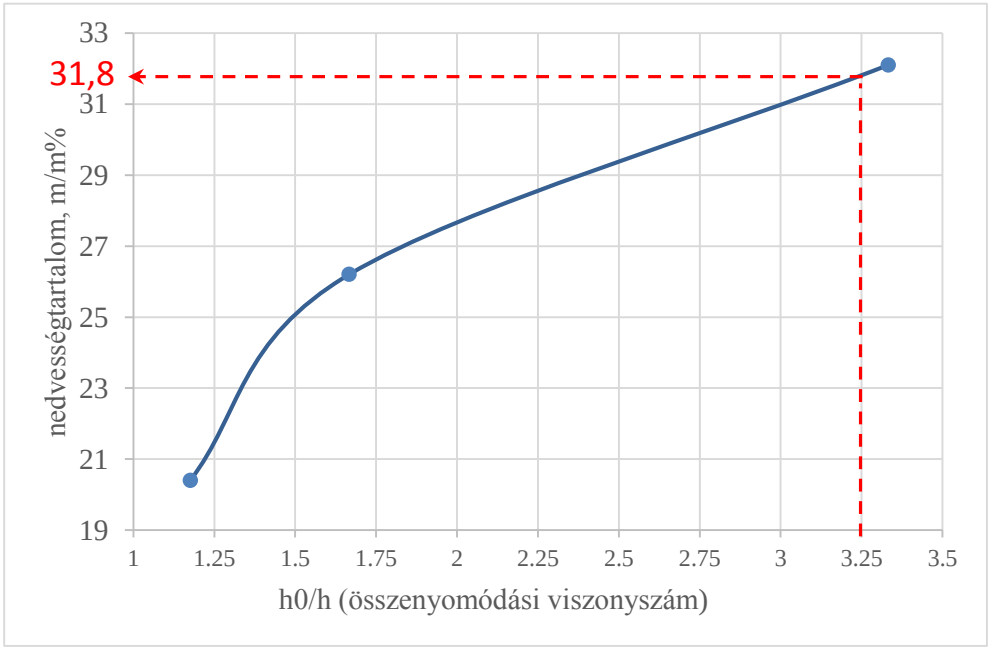


Az **üvegtartalom soványító komponensként viselkedik** az agyagmasszában, mert a megmunkálási víztartalom az üvegtartalom függvényében csökken.

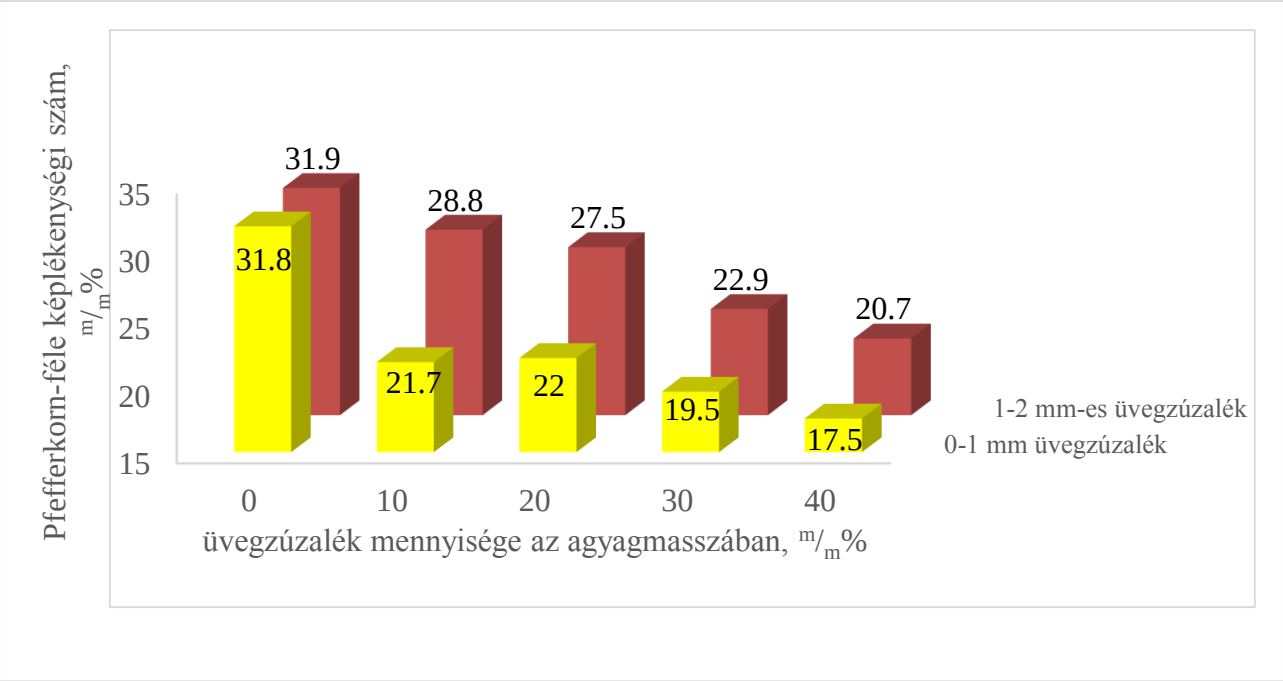
Pfefferkorn-féle képlékenység

A képlékenység szoros összefüggésben áll az agyagot alkotó agyagásványok mennyiségével, minőségével, szemcseméretével. A képlékenység számszerű meghatározására dolgozták ki az úgynevezett Pfefferkorn-féle képlékenységi vizsgálatot.

A Pfefferkorn-féle képlékenységi szám az a százalékos víztartalom, amelynél egy adott méretű agyagmassza henger meghatározott erő hatására l/0,307 (=3,25) szorosára nyomódik össze.



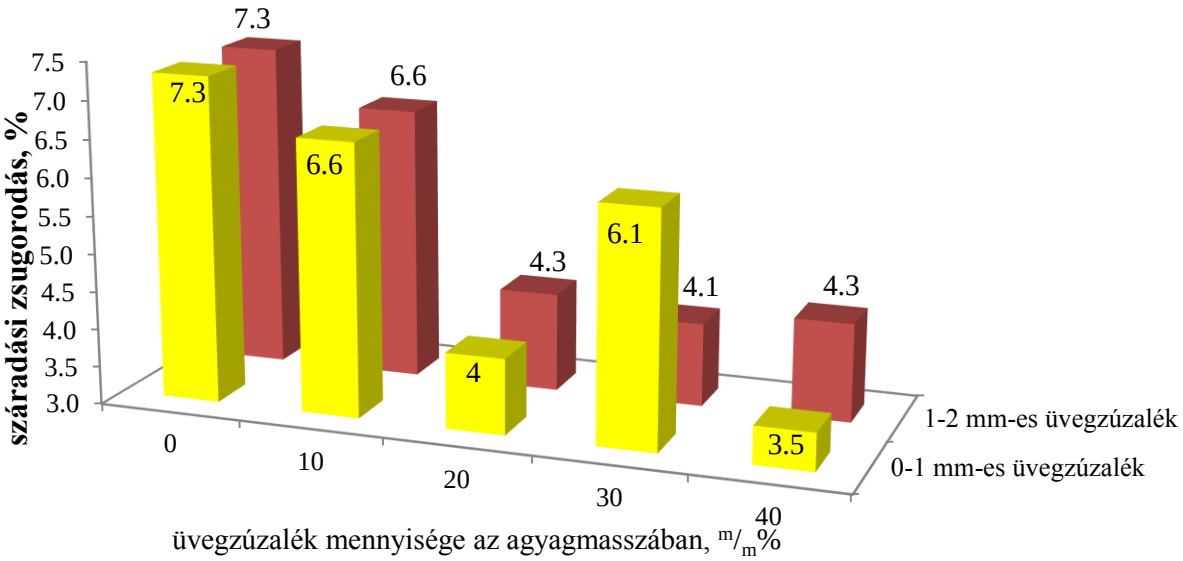
Pfefferkorn-féle képlékenység



Az üveghulladék soványító hatású, a 40 $^{m}/_{m}$ % 0-1 mm szemcseméretű üveghulladék tartalmú minta képlékenységi értéke kb. a fele, a 40 $^{m}/_{m}$ % 1-2 mm szemcseméretű agyagmassza képlékenysége kb. az 1/3-a az adalékmentes massza képlékenységi értékének.

Száradási zsugorodás

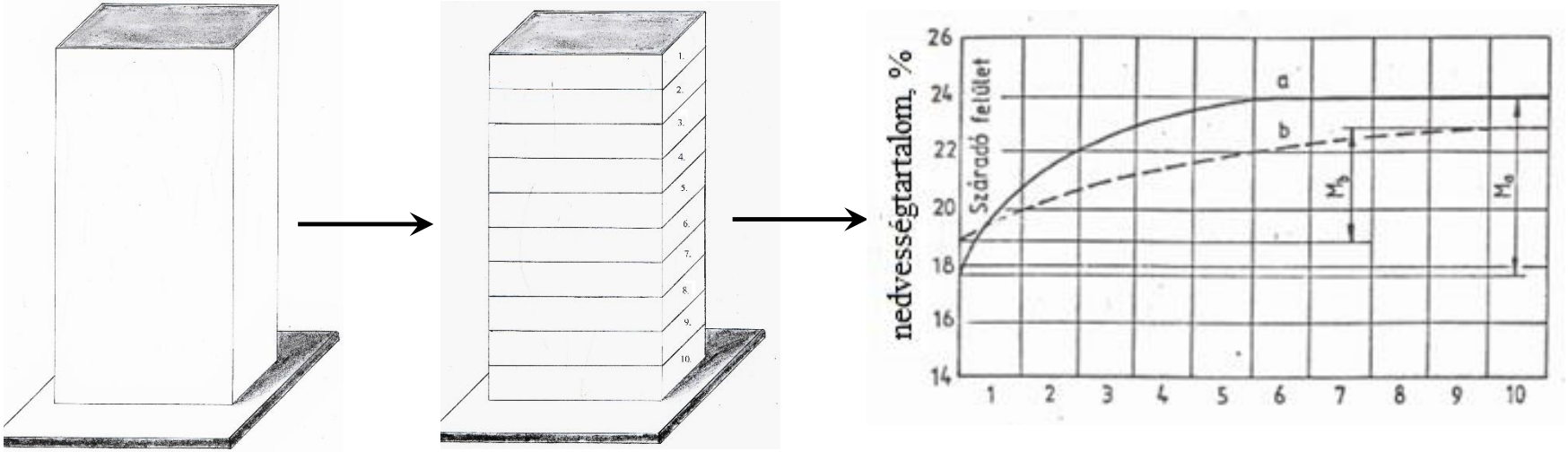
A lineáris száradási zsugorodás a próbatest valamely frissen formázott méretének és a kiszárított test ugyanazon méretének különbsége, a frissen formázott test hosszméretének százalékában kifejezve.



Száradás szempontjából az üveghulladék adagolása kedvező hatású, mivel csökkenti a késztermék méretváltozását, ezáltal kisebb az esély a deformitásra, repedezésre.

Macey-féle száradási érzékenység

Egyenlőtlen nedvességeloszlás esetén egyenlőtlen száradási zsugorodás lép fel a szárítandó termékben. Ennek hatására az elemek felületén húzó-, belsejében nyomófeszültségek keletkeznek. Ha ezek a húzófeszültségek túllépik az agyag húzószilárdságát, akkor a mintadarabok (gyártás során a nyerstermékek) megrepednek. A száradási érzékenységet a Macey-féle száradási érzékenységi számmal jellemezzük.



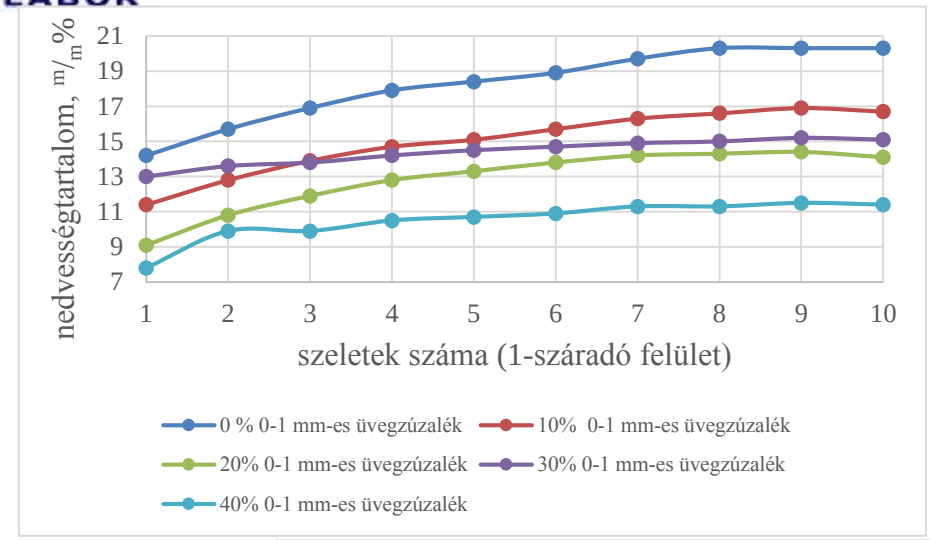
A száradásra nem érzékeny agyagoknál a Macey szám < 3,5; a közepesen érzékeny agyagoknál 3,5-7,0 % közötti, > 7,1 -nél már nagy, > 10,1 -nél a massza igen nagy érzékenységűnek mondható.

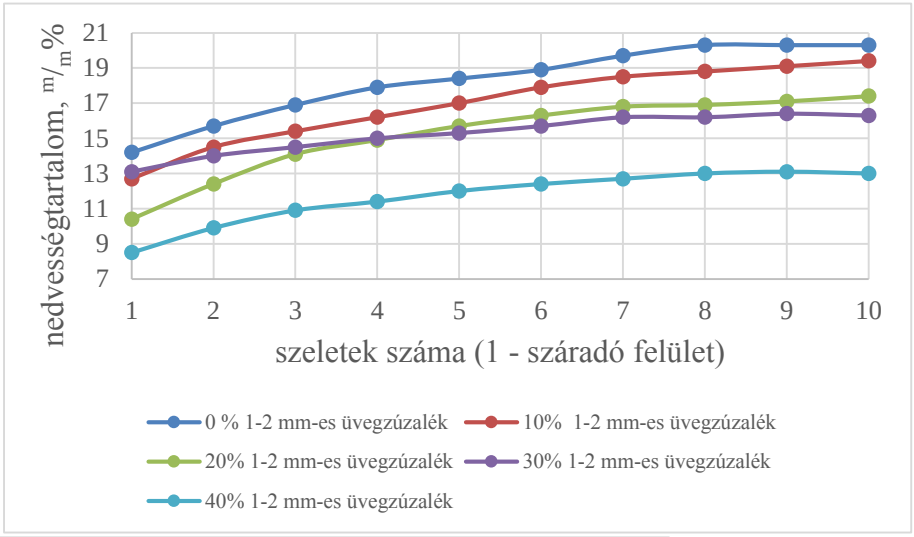
Macey-féle száradási érzékenység

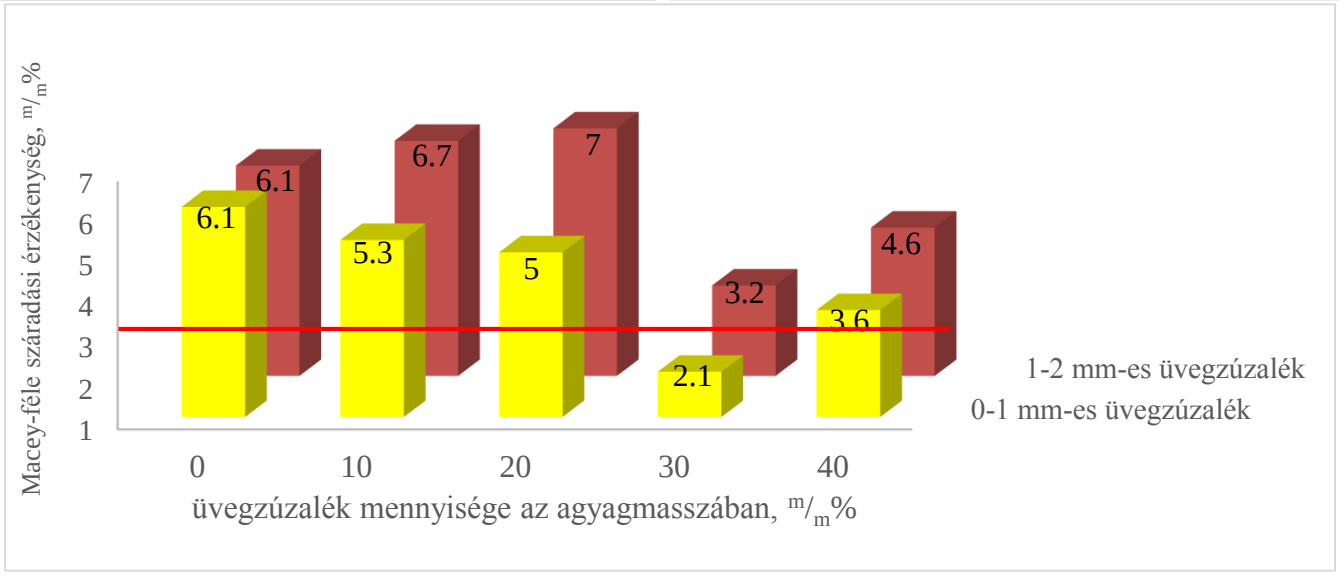
A Macey-próbatest a vízzáró réteg eltávolítása után, feldarabolás előtt, sorszámozva

A próbatest darabok 1-10-ig, a nedvességgradiens meghatározásához

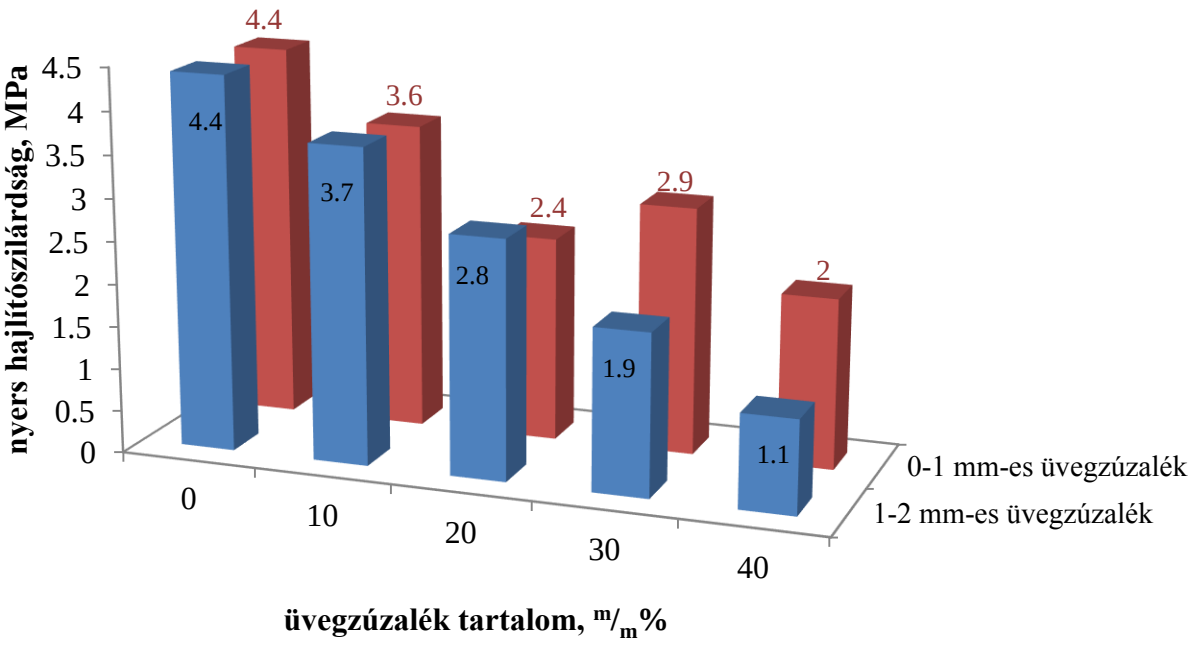
Macey-féle száradási érzékenység





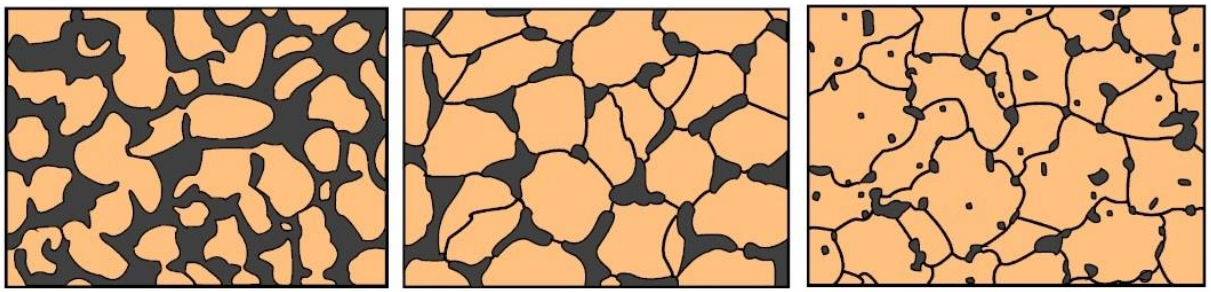


Szárított próbatestek hajlítószilárdsága



Égetés

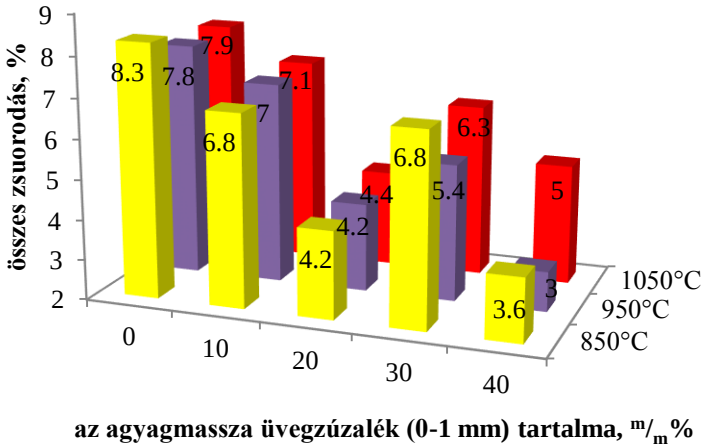
Az égetés közben a kerámiák geometriai méretei, porozitása, morfológiája, fázisösszetétele, szilárdsága jól mérhetően változik. Ezen változások nyomon követésére a próbatesteket 3 különböző hőmérsékleten égettük (850, 950, 1050 ^{0}C). A csúcshőmérséklet elérése után 2 órás hőntartást alkalmaztunk, majd a kemencében hagytuk azokat szobahőmérsékletűre hűlni.

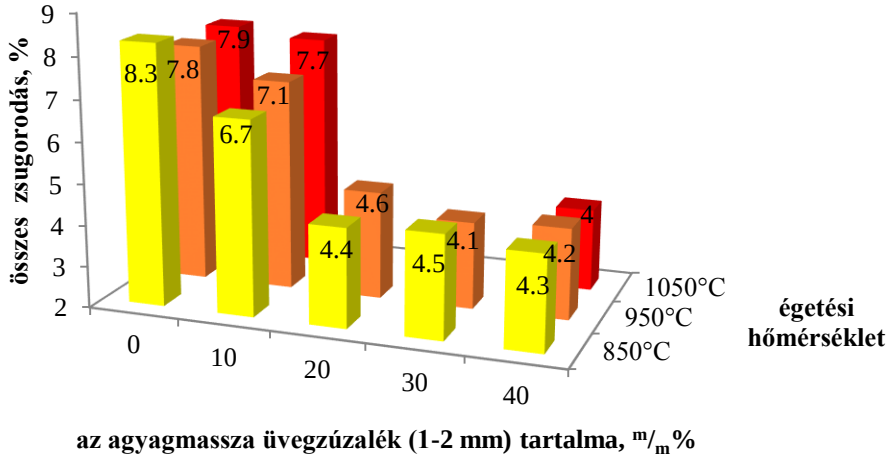


hőmérséklet növekszik

Száradási + égetési (összes) zsugorodás

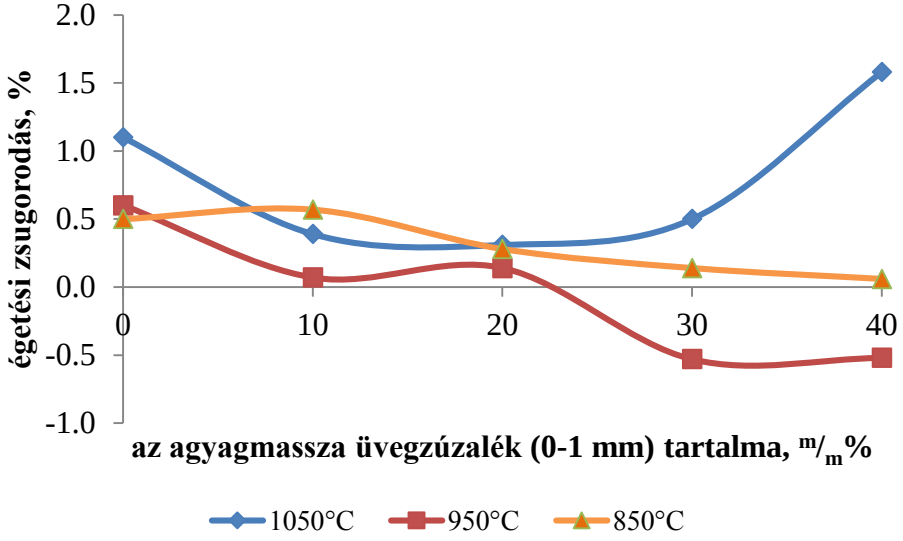
Az összzsugorodás a próbatestek teljes geometriai változását adja meg, a nedves állapottól kezdve, egészen az égetés utáni állapotig.

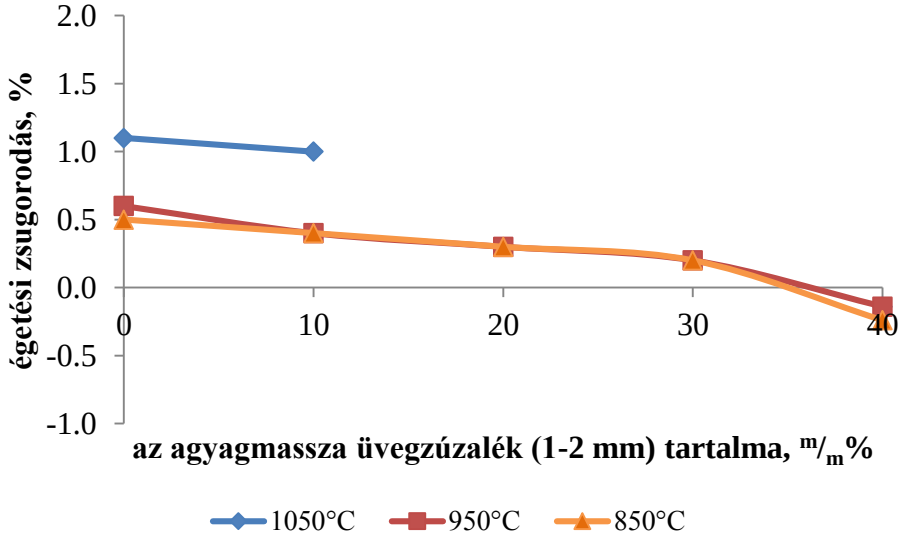




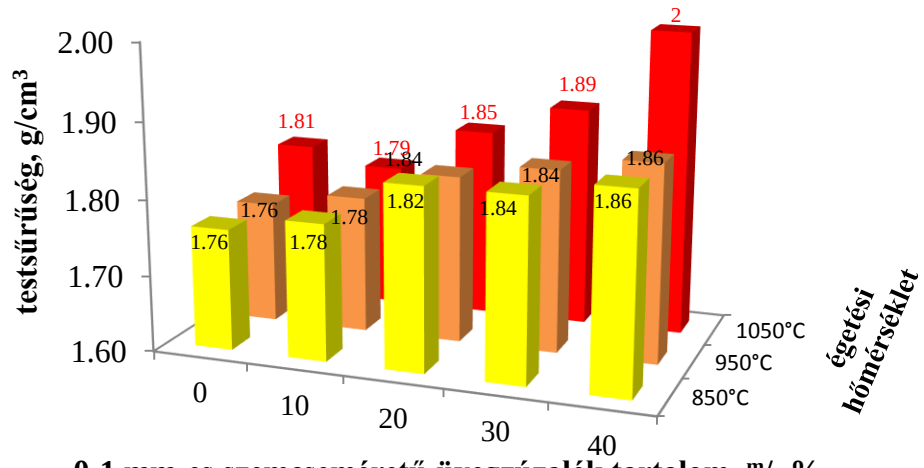
Égetési zsugorodás

Az égetési zsugorodás a száraz próbatest meghatározott hosszméretének és a kiégetett próbatest hosszméretének különbsége, a száraz próbatest hosszméretében kifejezve.

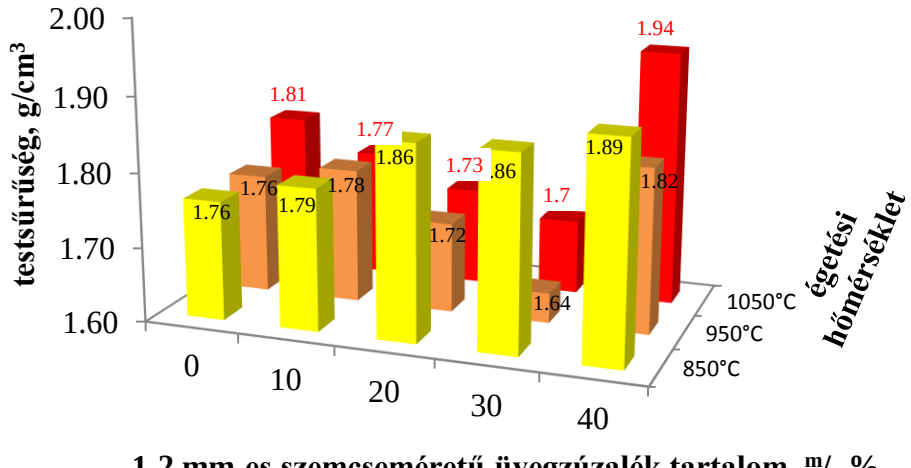




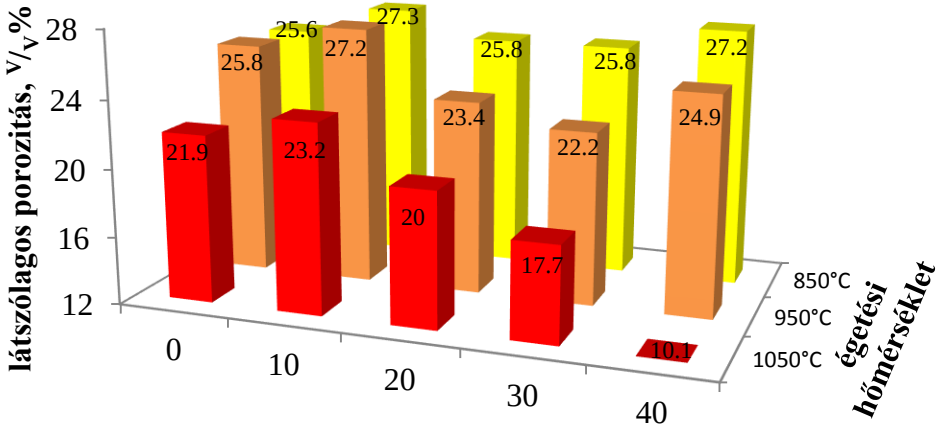
Testsűrűség, látszólagos porozitás



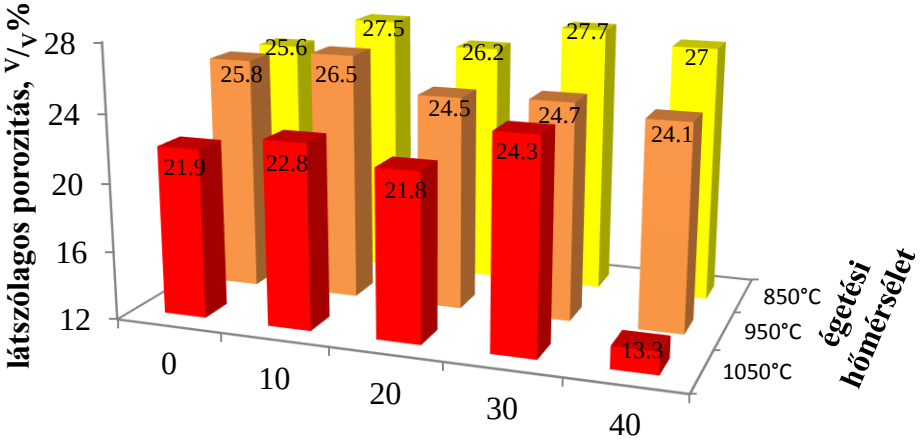
0-1 mm-es szemcseméretű üvegzúzalék tartalom, $^{m}/_{m}\%$



1-2 mm-es szemcseméretű üvegzúzalék tartalom, $^{m}/_{m}\%$

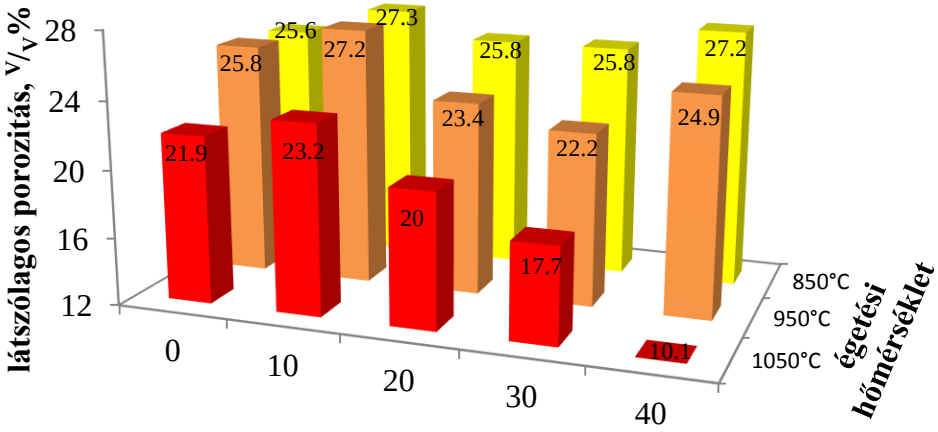


0-1 mm-es szemcseméretű üvegzúzalék tartalom, $^{m}/_{m}\%$

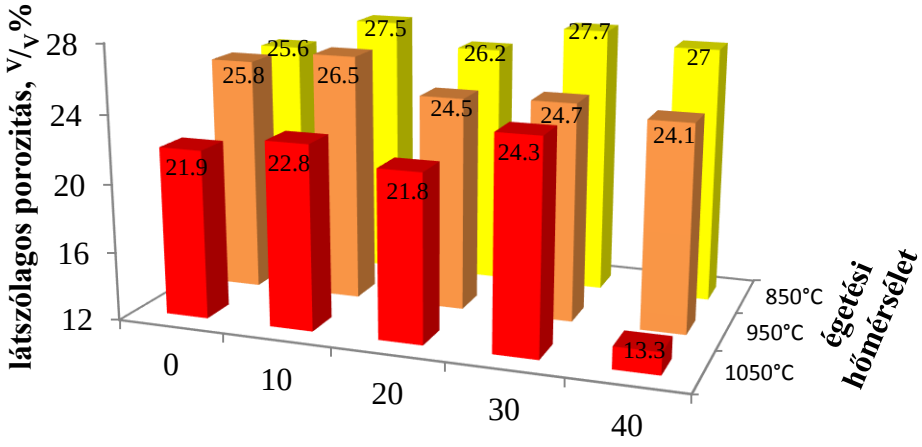


1-2 mm-es szemcseméretű üvegzúzalék tartalom, $^{m}/_{m}\%$

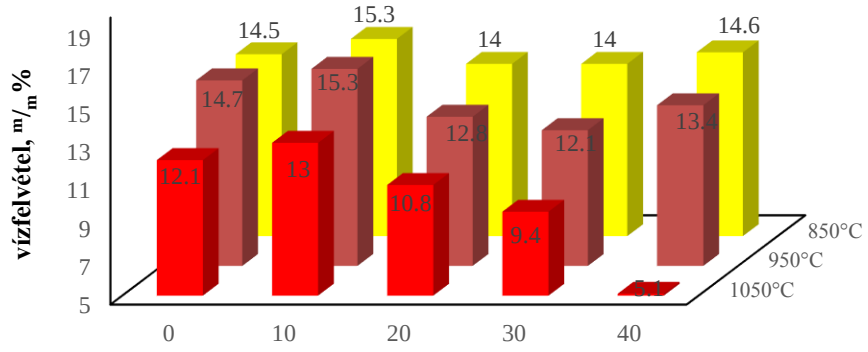
Látszólagos porozitás, vízfelvétel



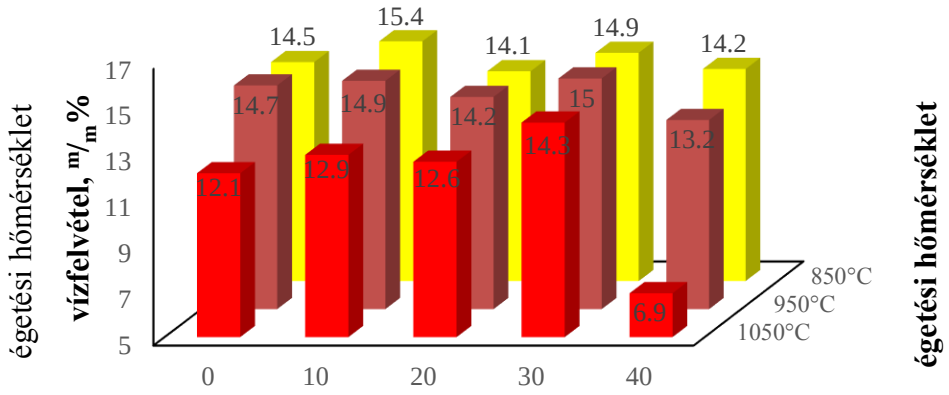
0-1 mm-es szemcseméretű üvegzúzalék tartalom, $^{m}/_{m}$%



1-2 mm-es szemcseméretű üvegzúzalék tartalom, $^{m}/_{m}$%

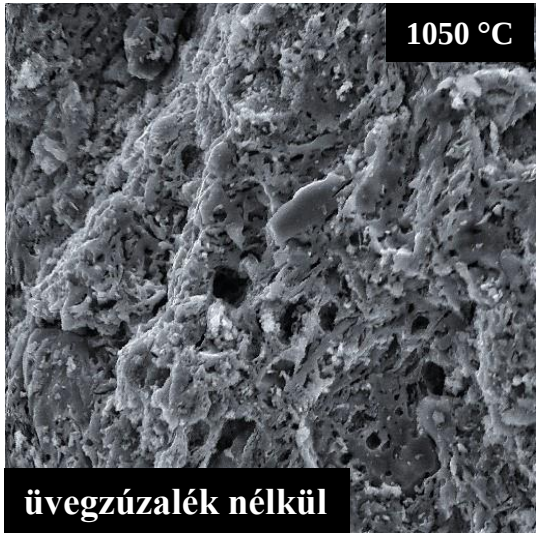


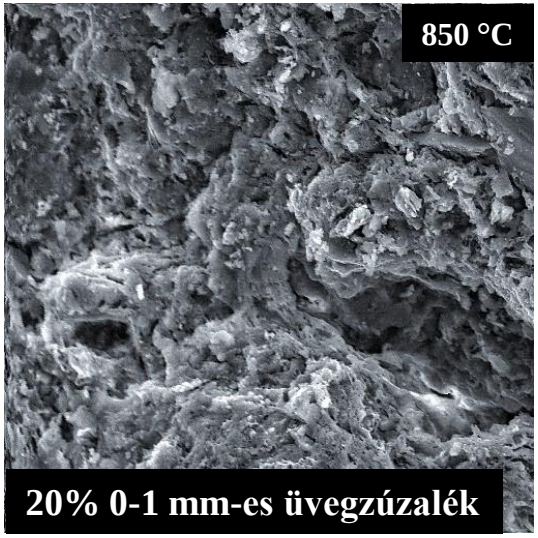
0-1 mm szemcseméretű üvegzúzalék tartalom, $^{m}/_{m}$%

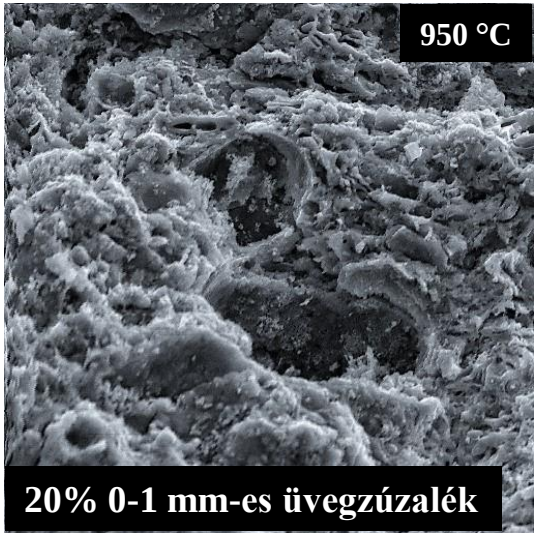


1-2 mm szemcseméretű üvegzúzalék tartalom, $^{m}/_{m}$%

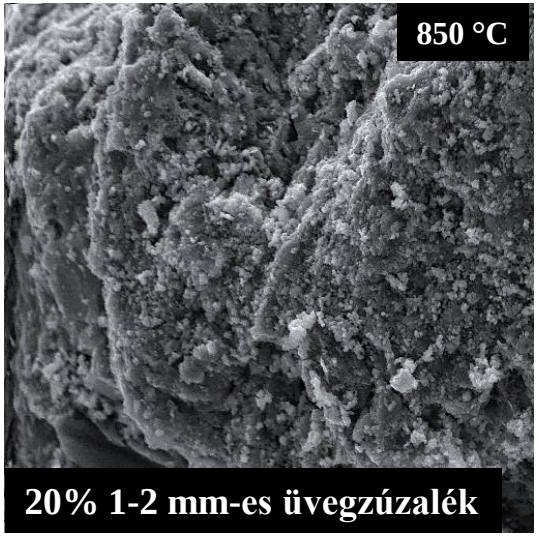
Az égetés során bekövetkező morfológiai változások

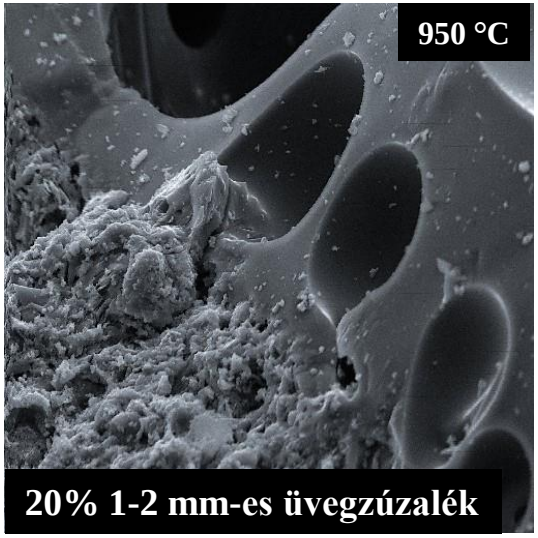


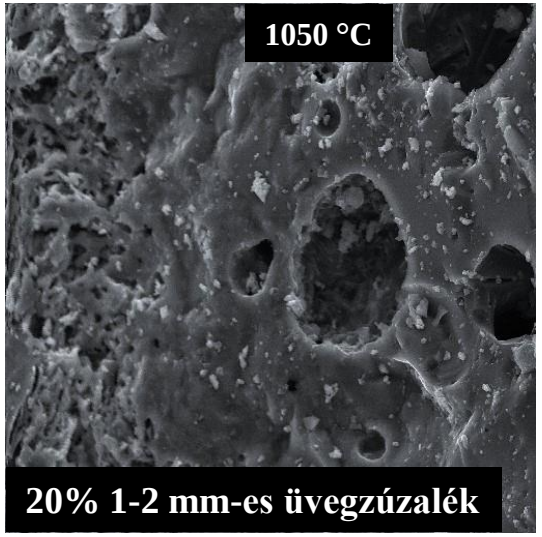




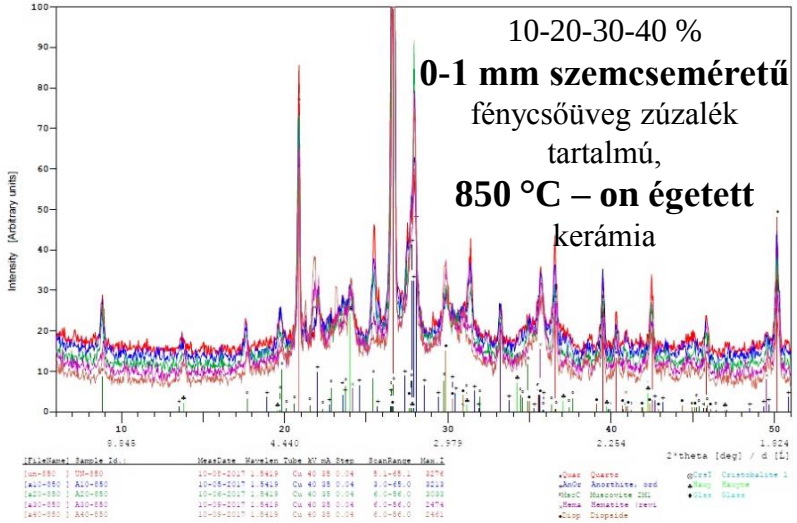
Az égetés során bekövetkező morfológiai változások

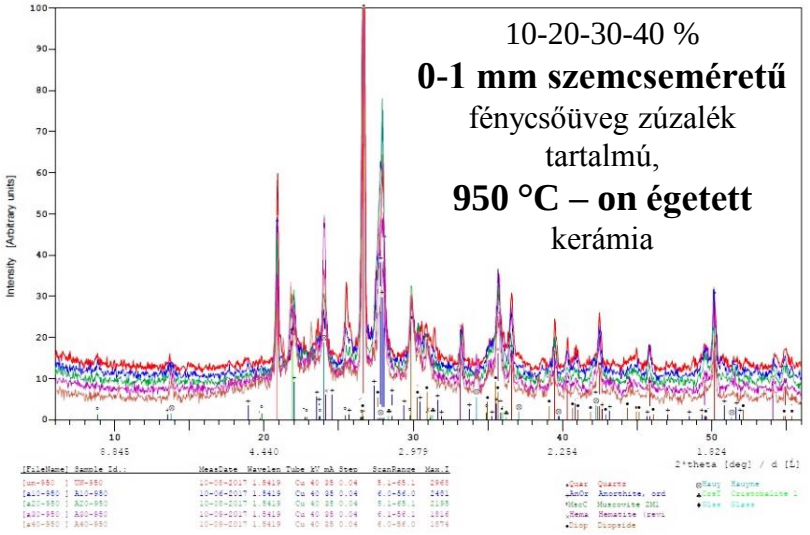


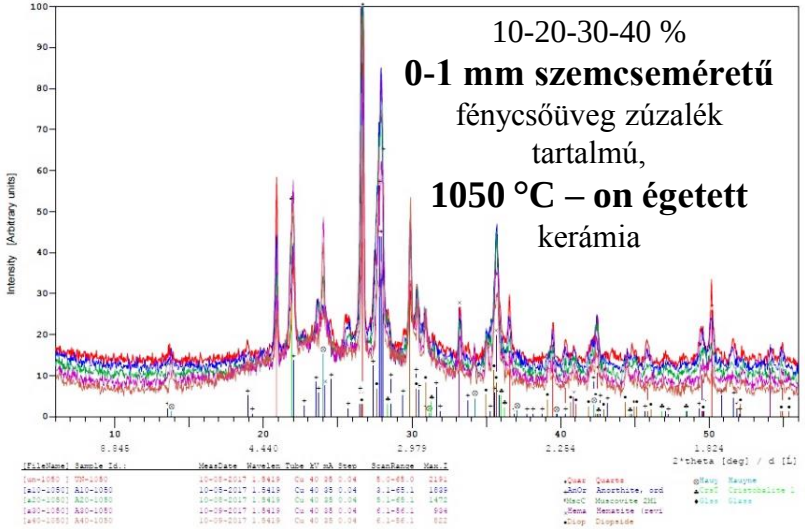




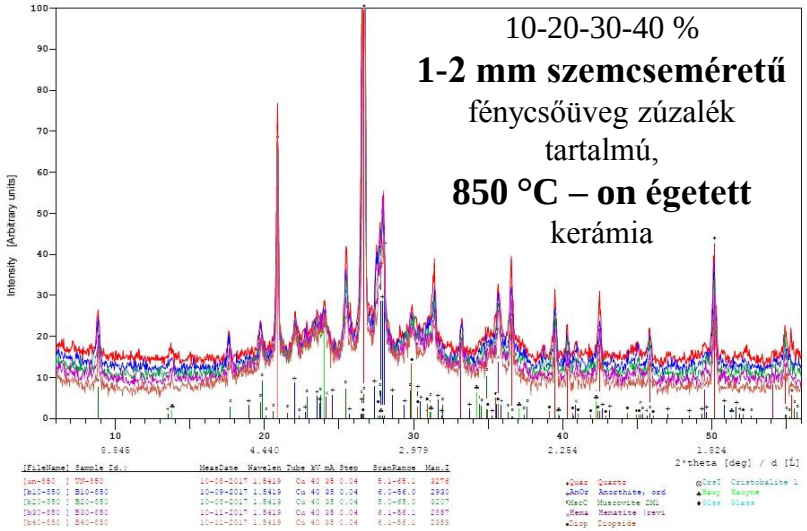
Az égetés során bekövetkező fázisösszetétel változások

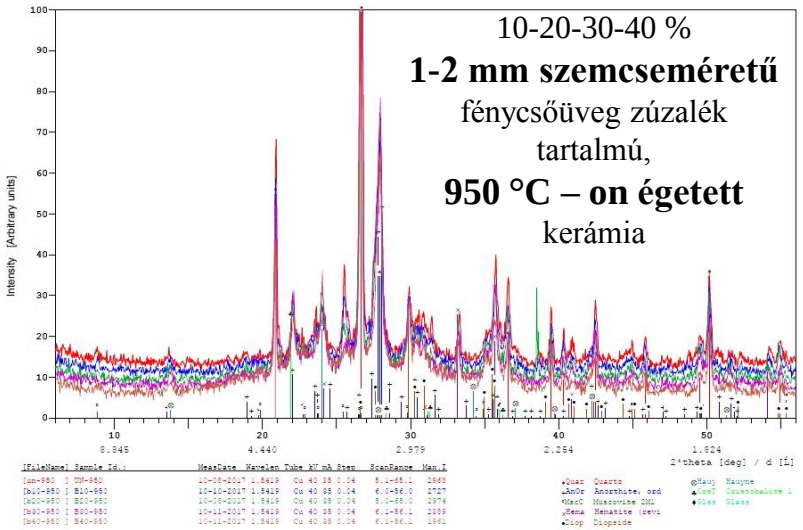


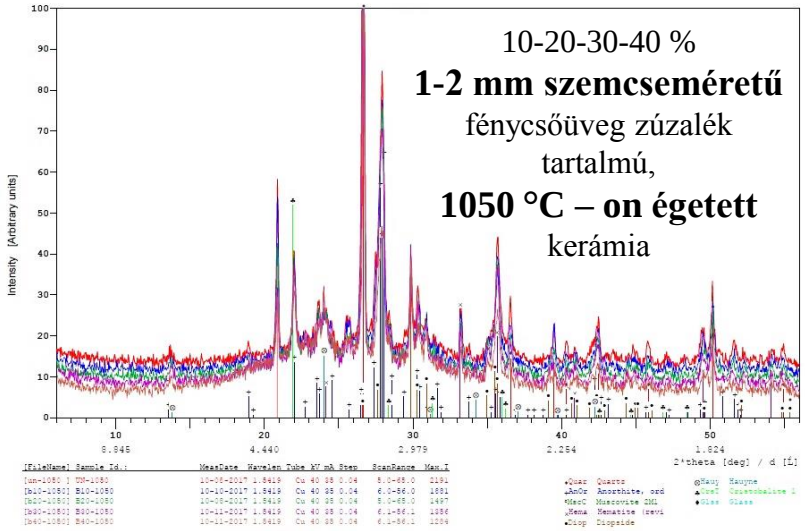




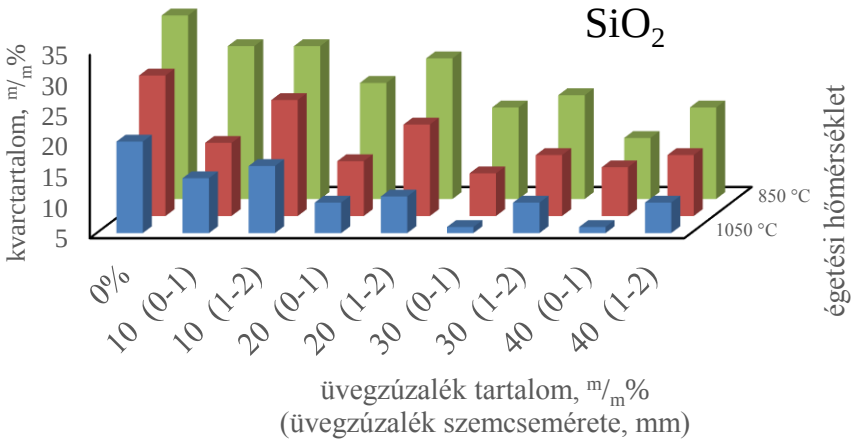
Az égetés során bekövetkező fázisösszetétel változások

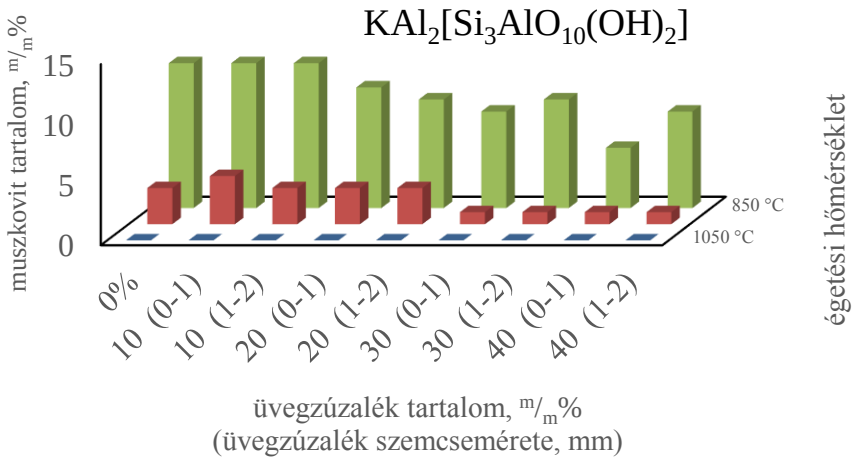


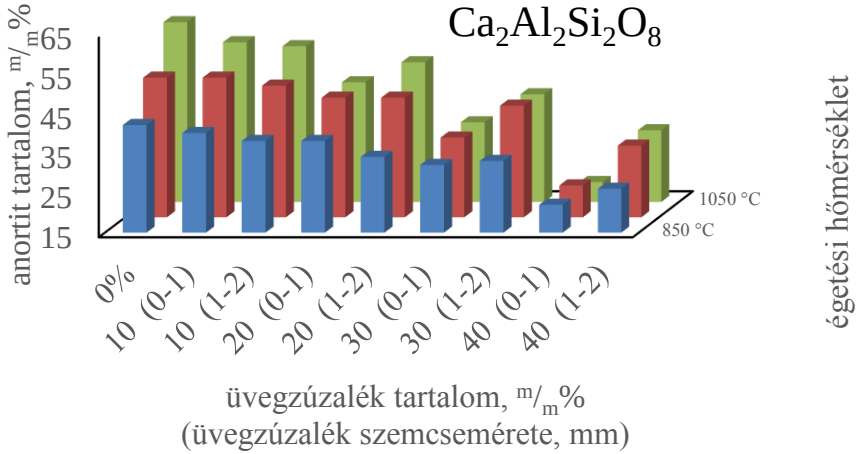




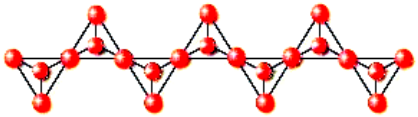
Az égetés során bekövetkező fázisösszetétel változások

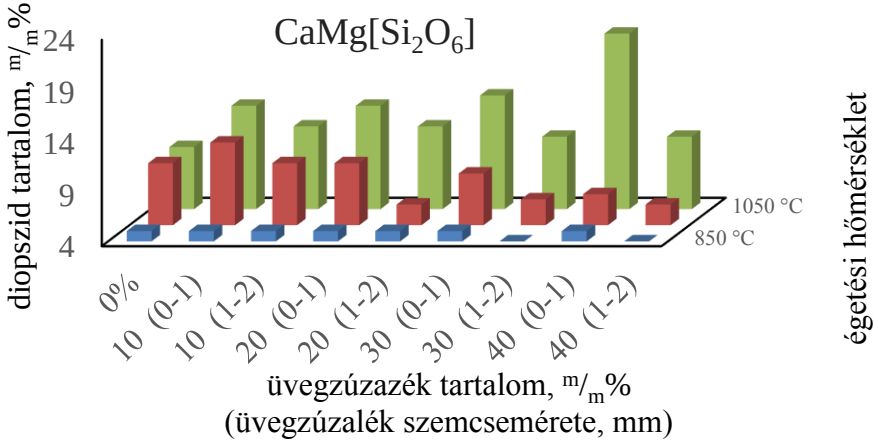


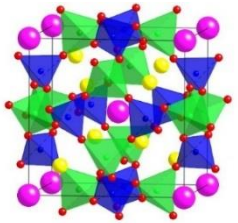


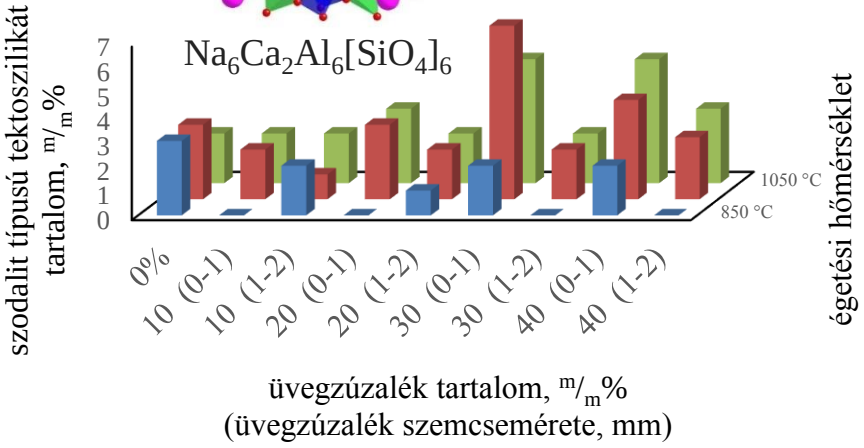


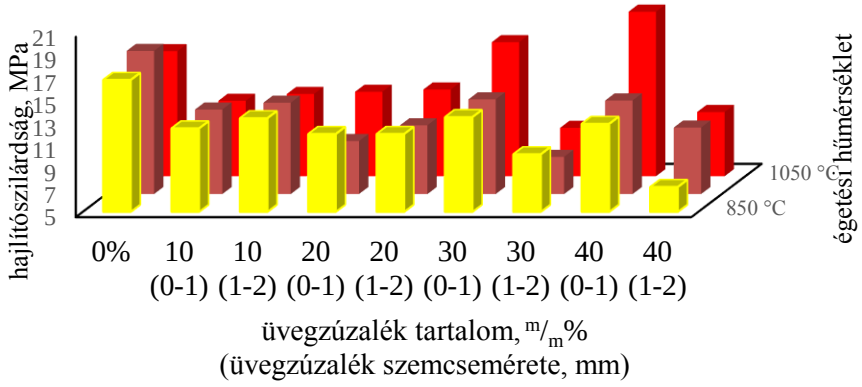
Az égetés során bekövetkező fázisösszetétel változások



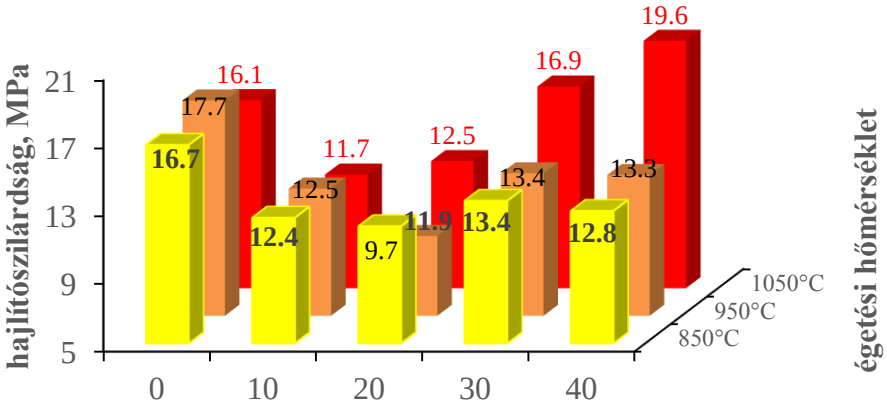




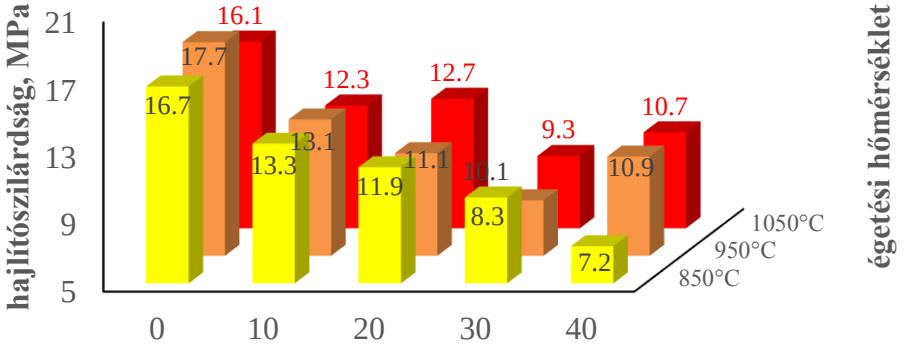




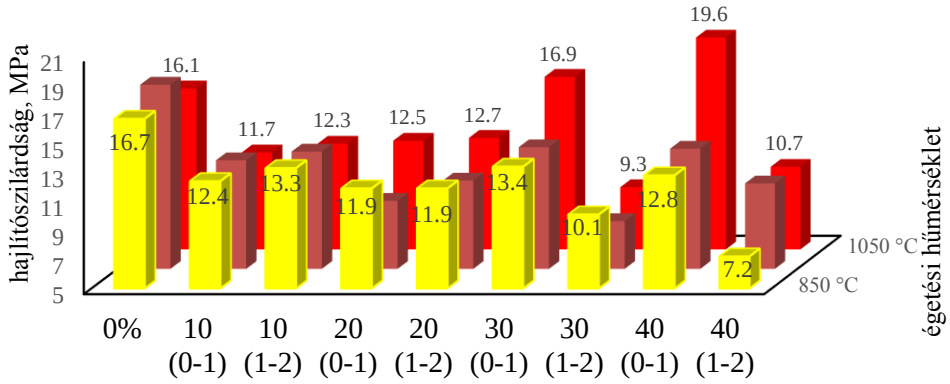
Hajlítószilárdság vizsgálatok



0-1 mm -es szemcseméretű üvegzúzalék tartalom, $^{m}/_{m}$%



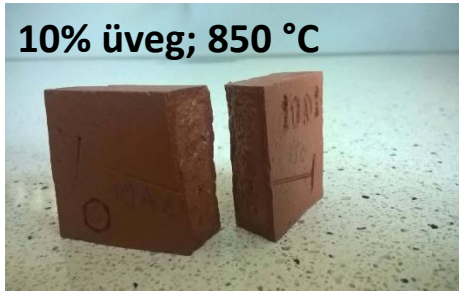
1-2 mm-es szemcseméretű üvegzúzalék tartalom, $^{m}/_{m}$%

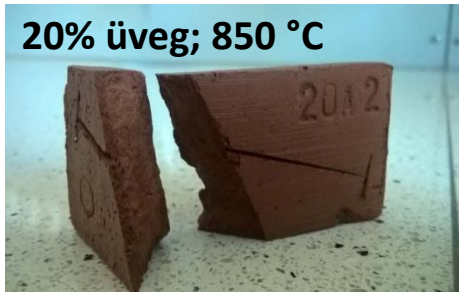


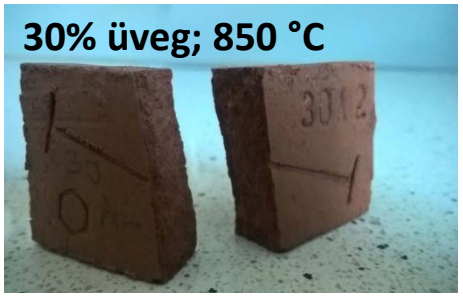
üvegzúzalék tartalom, $^{m}/_{m}$%
(üvegzúzalék szemcsemérete, mm)

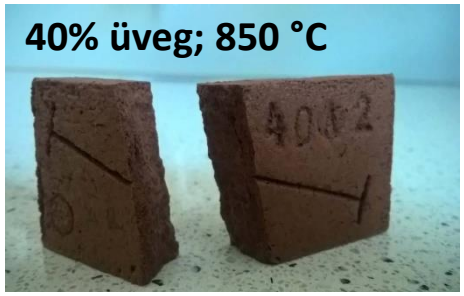
A kiégetett kísérleti termékek

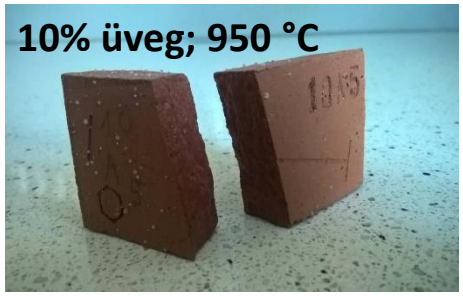
(0-1 mm szemcseméretű egyenes fénycsőüveg adalékkal)

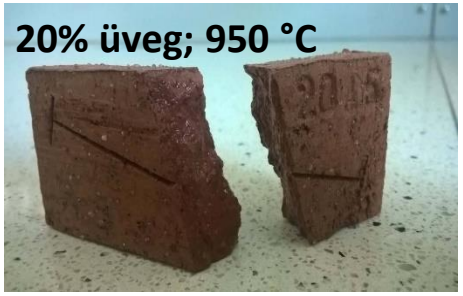


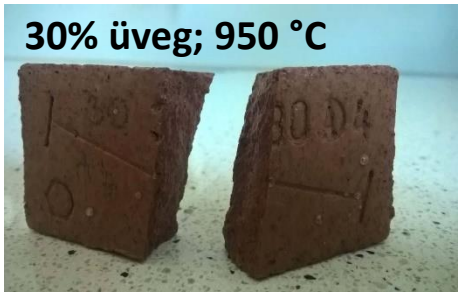


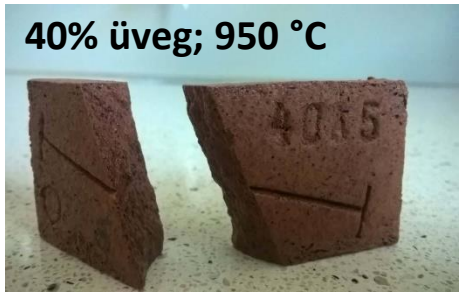


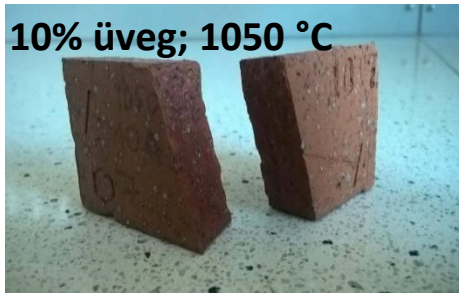


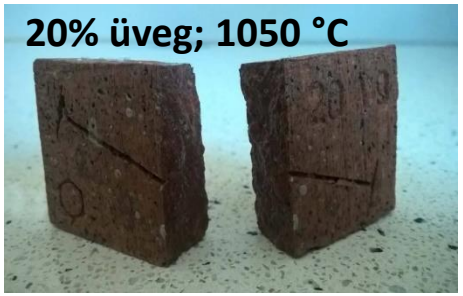


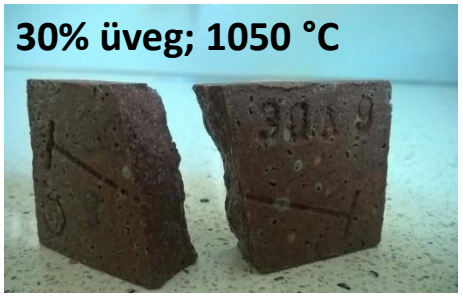


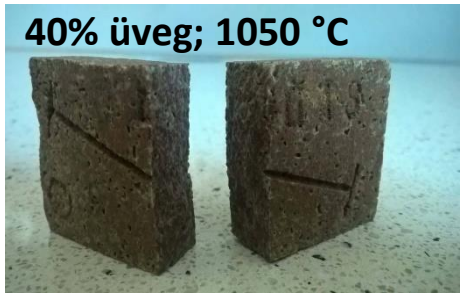




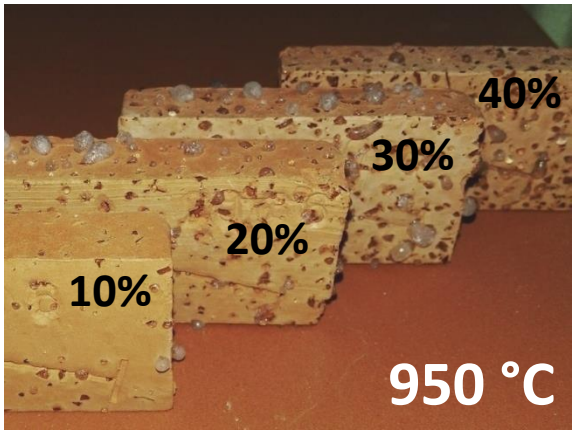


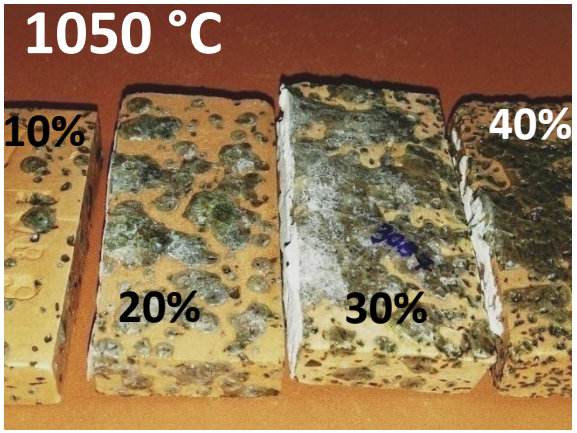


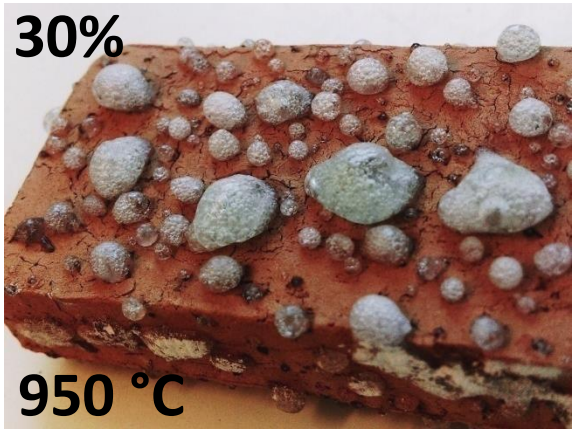


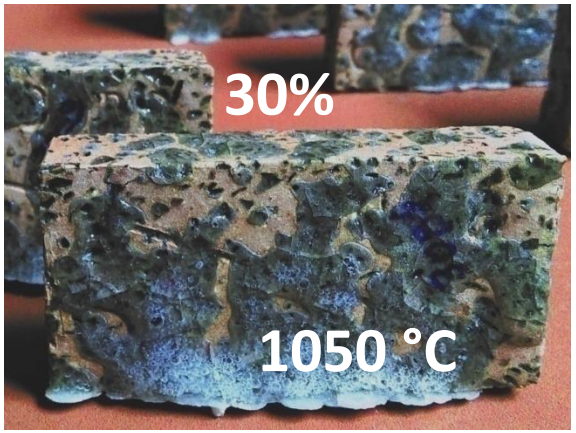


A kiégetett kísérleti termékek
(1-2 mm szemcseméretű egyenes fénycsőüveg adalékkal)









Tervezett vizsgálatok

- nyomószilárdság vizsgálatok
- kioldódó nehézfém-tartalom (Hg, Cd, Pb)
- aktív oldható sótartalom (MSZ EN 772-5)

- dilatációs vizsgálatok
- pórusméret-eloszlás

Összefoglalás

1) a 0-1 mm-es és az 1-2 mm-es szemnagyságú egyenes fénycsőüveg zúzalék mennyiségének növekedésével a **megmunkálási víztartalom** és a massza **képlékenysége** is csökken.

2) A **száradási zsugorodás, száradási érzékenység** és a **nyers hajlítószilárdság** csökkenése is megfigyelhető az üvegzúzalék mennyiségének növelésével.

3) Az **összes zsugorodás** a növekvő üvegzúzalék tartalommal csökken, a 0-1 mm szemcseméretű üvegzúzalékot tartalmazó próbatestek esetében 950 °C – nál minimumot mutat, és az égetési hőmérséklet emelésével a zsugorodás is növekszik. 1-2 mm-es szemcseméretű üvegzúzalékot tartalmazó próbatestek esetében az összes zsugorodás a növekvő üvegtartalommal és égetési hőmérséklettel csökken.

Összefoglalás

4) A minták **testsűrűsége** a 0-1 mm szemcseméretű üvegzúzalékot tartalmazó próbatestek esetén a várakozásnak megfelelően alakult, vagyis az üvegtartalom és az égetési hőmérséklet növelésével nő. Az 1-2 mm szemcseméretű üvegzúzalékkal készített minták esetében csak a 850 °C–on égetett minták testsűrűsége növekszik. 950 és 1050 °C–os égetésnél, 30% üvegzúzalék tartalom estén a testsűrűség minimumot vesz fel.

5) A minták **vízfelvétele** az égetési hőmérséklet növekedésével csökken, a legkisebb vízfelvétel a legnagyobb üvegzúzalék tartalmú (40%) 1050 °C–on égetett mintáknál mérhető.

Összefoglalás

6) A **morfológiai vizsgálatok** alapján az üvegzúzalék nélküli mintáknál az égetési hőmérséklet növekedésével tömörebb textúra alakult ki.

20% (0-1 mm szemcseméretű) üvegadalékot tartalmazó mintánál 950 °C-nál magasabb égetési hőmérérsékleten olvadék képződése jellemző. Ez különösen jól látszik a hasonló körülmények között készített, nagyobb szemcseméretű (1-2 mm) üvegadalékot tartalmazó mintánál.

7) A minták **röntgendiffrakciós vizsgálata** alapján megállapítható, hogy 30-40% üvegtartalomnál 950°C feletti égetési hőmérsékleten egyre nagyobb a diopszid (láncszilikát) és egy szodalit típusú tektoszilikát fázis mennyisége. E két ásványi alkotó jelentős mértékben hozzájárul a **szilárdság** növekedéséhez.

Köszönetnyilvánítás

a munka elvégzéséhez nyújtott segítségért:

Wojnárovitsné Dr. Hrapka Ilona

ügyvezető igazgató (SZIKKTI Labor Kft.)

Sajó István

XRD specialista (SZIKKTI Labor Kft.)

Fórizs Katalin

Laboratórium vezető (SZIKKTI Labor Kft.)

Bakos Ferencné

vizsgáló technikus (Pannon Egyetem, Anyagmérnöki Intézet)

Farda Zsolt, Vígh Krisztián

egyetemi hallgatók (Pannon egyetem)

Köszönöm megtisztelő figyelmüket!

web: **www.szikktilabor.hu**
e-mail: **laczko.laszlo@szikktilabor.hu**
tel.: **+ 36 1 388-8752**