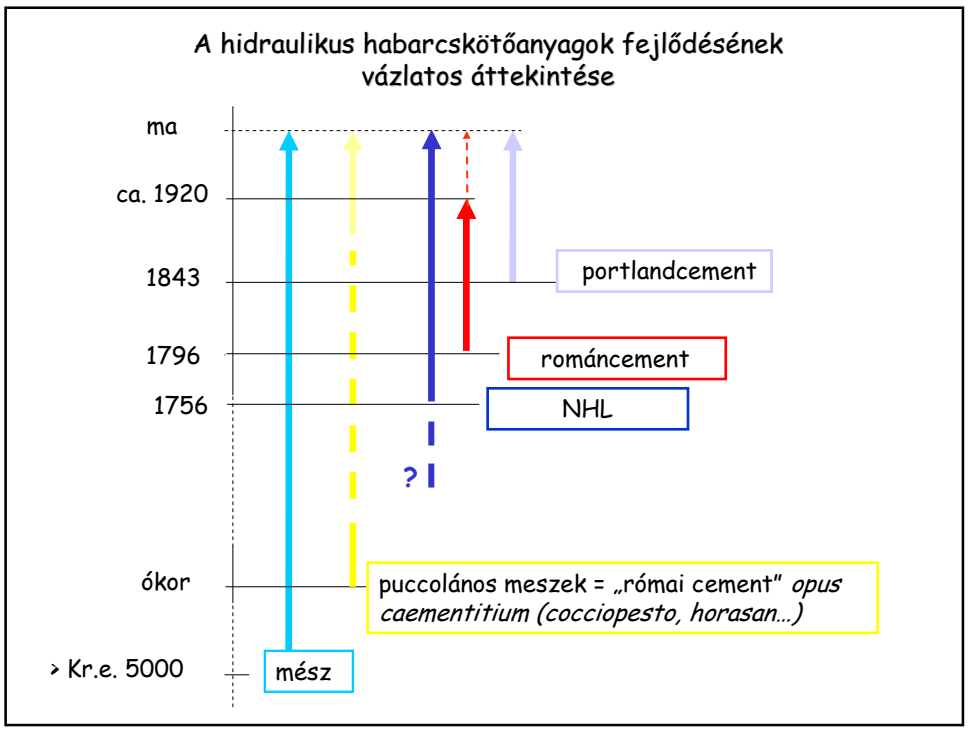
Románcement: összetétel, mikroszerkezet, tulajdonságok

Dr. rer. nat. Pintér Farkas

BDA BUNDESDENKMALAMT

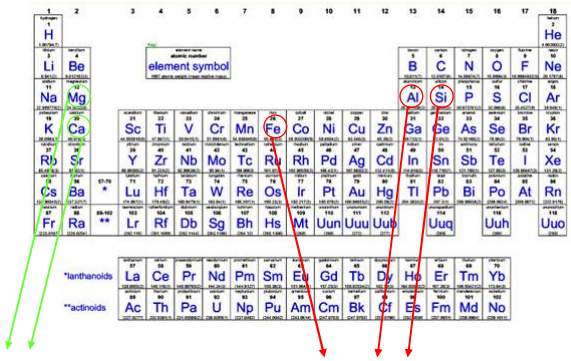
rocare ROMAN CEMENT

Budapesti workshop a ROCARE EU-projekt szervezésében
– *Info-day of the EU-project ROCARE, Budapest,* 4/5/2012



Hidraulikus kötőanyagok

Víz alatt és/vagy víz hatására kötnek -> vízálló!



kalcium (CaO)

magnézium (MgO)

szilícium (SiO_2)

alumínium (Al_2O_3)

vas (Fe_2O_3)

„hidraulikus faktorok"

A cementkémiában használatos rövidítések

$C = CaO$

$S = SiO_2$

$A = Al_2O_3$

$F = Fe_2O_3$

$H = H_2O$

$\bar{S} = SO_3$

pl. $C_3S = 3CaO{\cdot}SiO_2 = Ca_3SiO_5$

C-S-H = $1{,}7CaO{\cdot}SiO_2{\cdot}4H_2O$ Ca-szilikát-hidrát fázis

A legfontosabb cementklinker-fázisok:

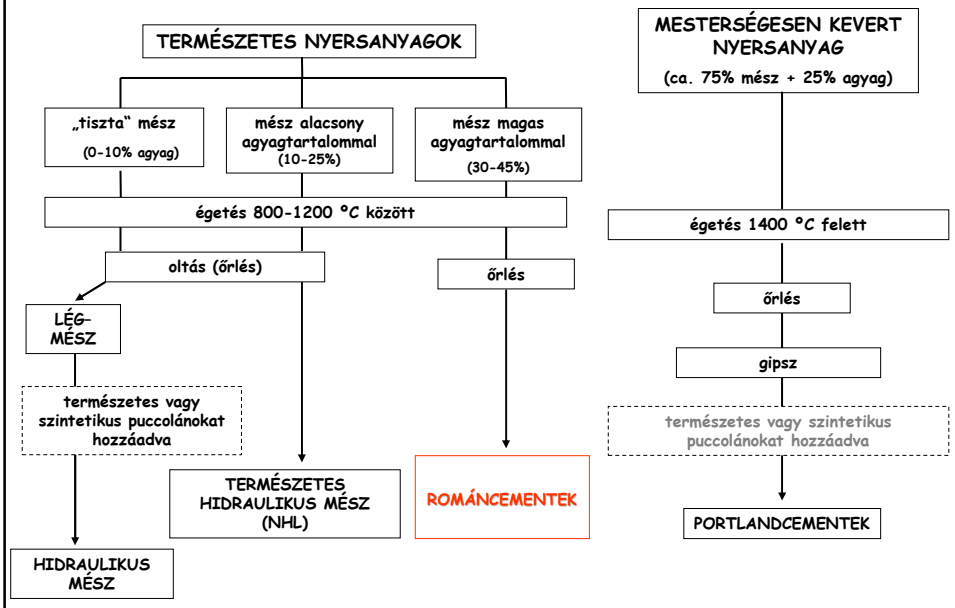
C_3S = alit (trikalcium-szilikát)

C_2S = belit (dikalcium-szilikát) ~ larnit Ca_2SiO_4

C_3A = trikalcium-aluminát

C_4AF = tetrakalcium-aluminát-ferrit (brownmillerit)

Nyersanyagok – termékek



Eltérő összetételű nyersanyag + különböző égetési hőmérséklet -> különböző végtermékek, eltérő fizikai-kémiai tulajdonságokkal

NHL	Románcement	Portlandcement
agyagos mészkő 10-30% agyagtartalom	márga 30-45% agyagtartalom	mész + agyag (3:1)
800-1200 °C	800-1100 °C	> 1400 °C
alacsony T „klinker" fázisok: C_2S, C_2A, etc. + CaO	alacsony T „klinker" fázisok: C_2S, C_2AS, C_3S_2, etc. + amorf fázis	magas T klinker fázisok: C_3S, C_3A, C_2S, C_4AF
Kötés: hidraulikus + levegőn	Kötés: hidraulikus	Kötés: hidraulikus
alacsony-közepes végső szilárdság	közepes-magas végső szilárdság	magas végső szilárdság

Románcement: definíció

- Mészmentes hidraulikus kötőanyag

  RC vs. NHL: nincs a kötésben résztvevő szabad mész

- Natúrcement

  nyersanyag: márga

- Alacsony hőmérsékletű cement

  zsugorodási hőmérséklet (« 1200 °C) alatt égetve

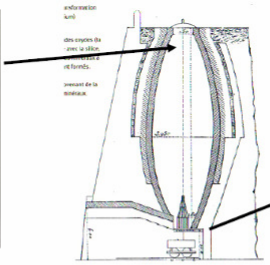
A románcement gyártásának főbb lépései



kőbánya



tört márga



aknakemence (800–1100°C)

„cementkő" (klinker)



előválogatás



őrlés



románcement

Ábra: C. Gosselin (2012) után módosítva

Nyersanyag:

Márga = mészből és agyagból álló finomszemcsés, üledékes kőzet



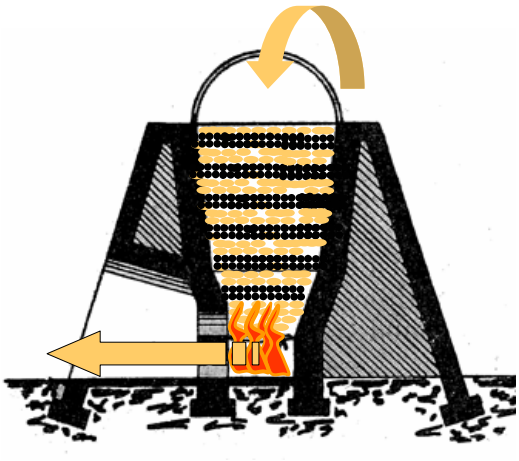
Gartenau (Sbg, A)



Lilienfeld (NÖ, A)

Égetés: aknakemencében

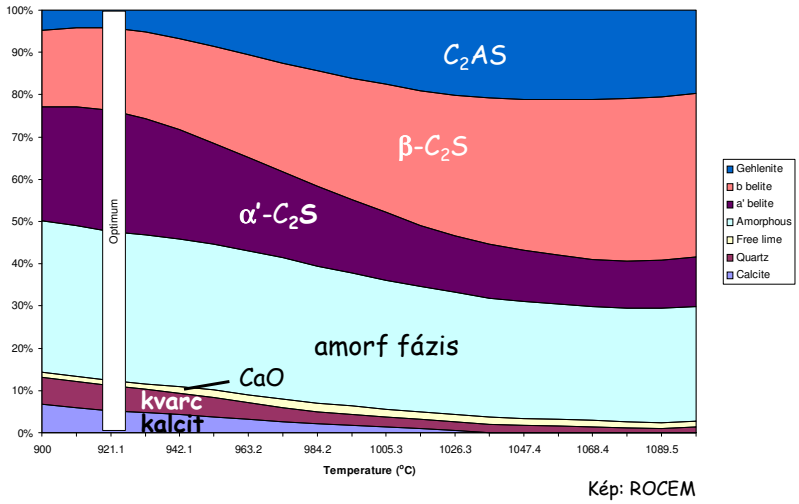
(általában folyamatos üzem során; fa- vagy széntüzeléssel)





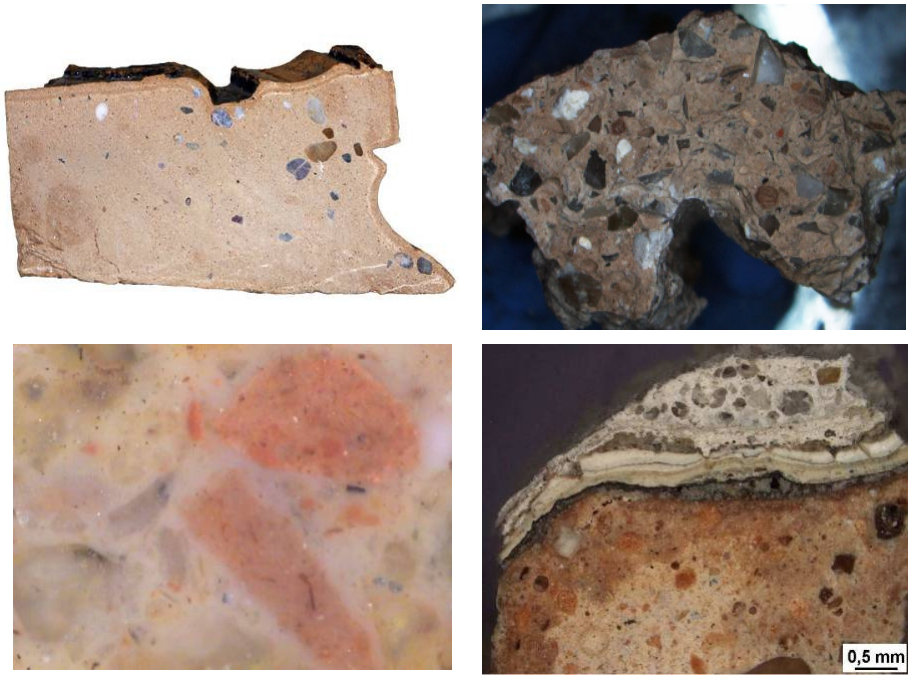
Gartenau (Salzburg)

Kisérleti RC-klinkerek fázisösszetétele

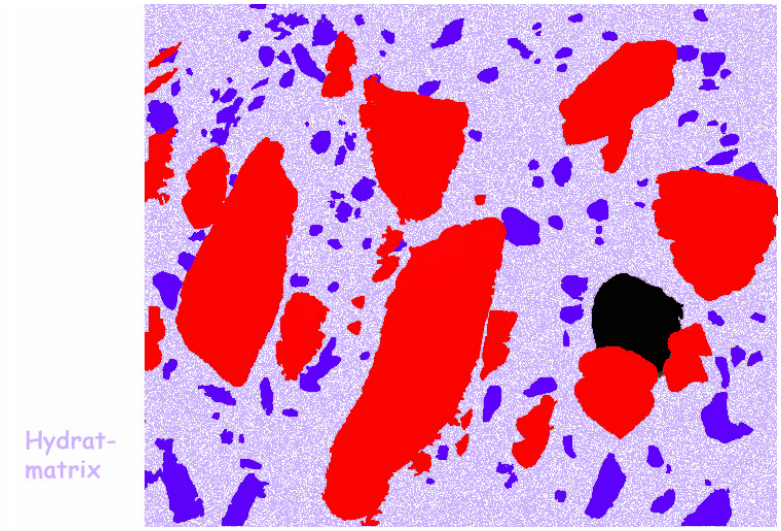


Kép: ROCEM

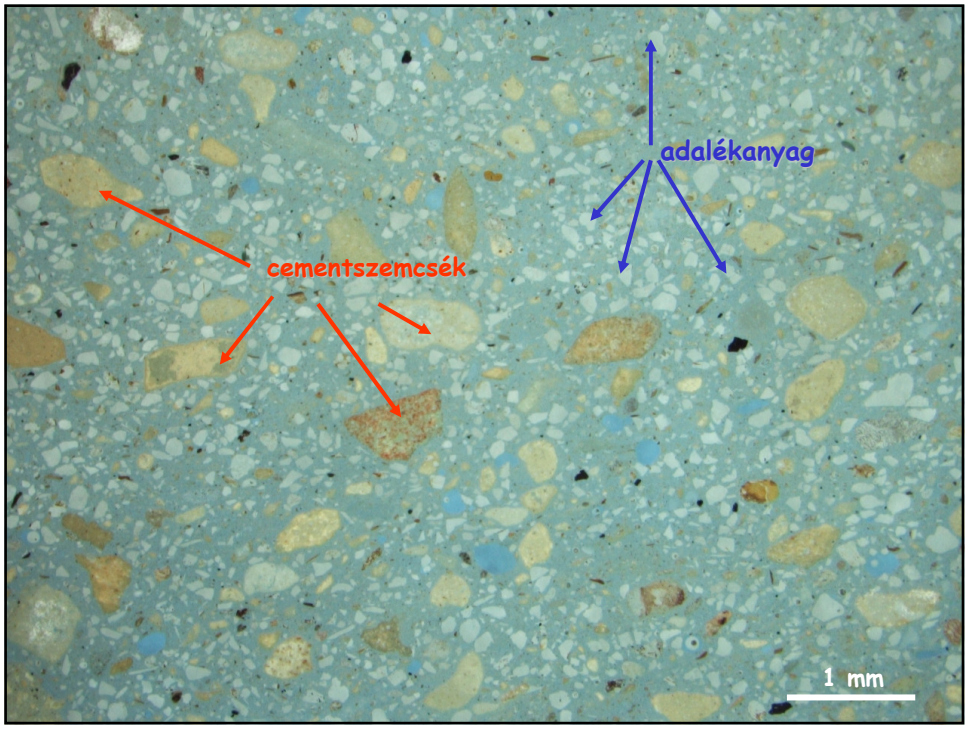
⟹ egy jellegzetes románcement különböző fokon kiégetett összetevőket tartalmaz

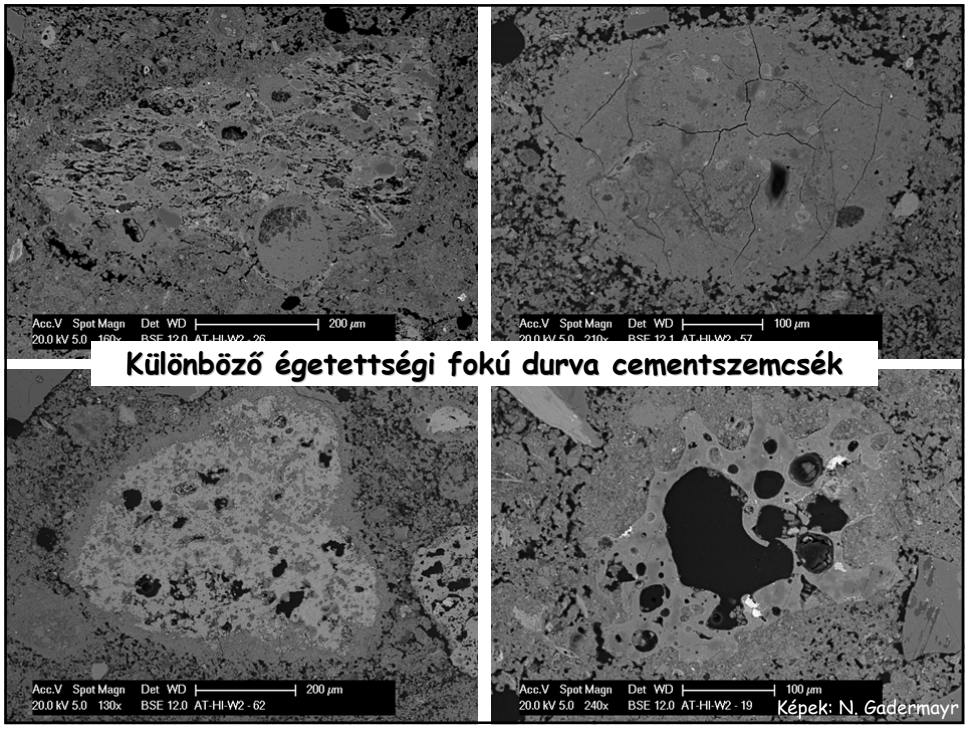


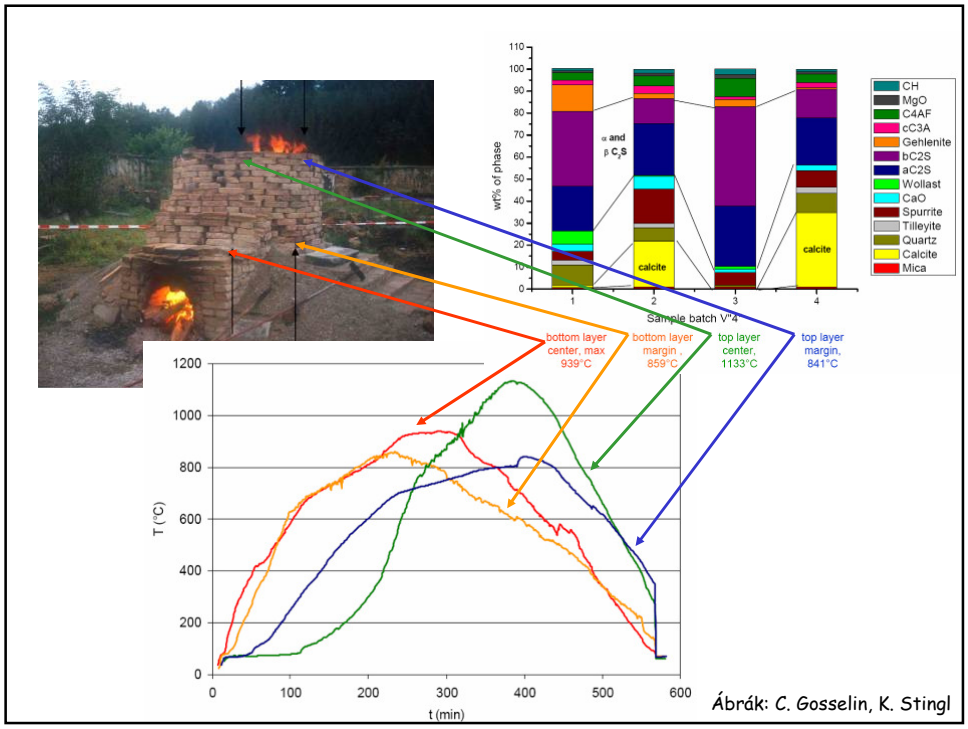
Történeti románcement szöveti képe

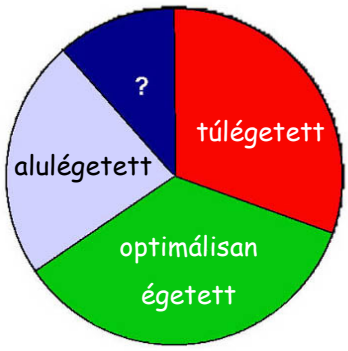


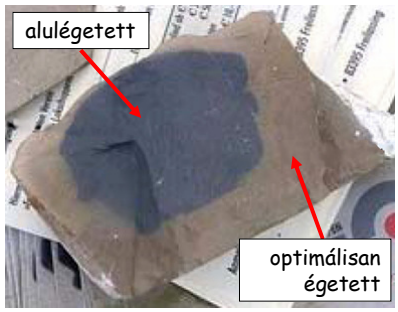
Kép.: J. Weber




Acc.V Spot Magn Det WD 200 µm
20.0 kV 5.0 160x BSE 12.0 AT-HI-W2 - 26
Acc.V Spot Magn Det WD 100 µm
20.0 kV 5.0 210x BSE 12.0 AT-HI-W2 - 57
Különböző égetettségi fokú durva cementszemcsék
Acc.V Spot Magn Det WD 200 µm
20.0 kV 5.0 130x BSE 12.0 AT-HI-W2 - 62
Acc.V Spot Magn Det WD 100 µm
20.0 kV 5.0 240x BSE 12.0 AT-HI-W2 - 19
Képek: N. Gadermayr


wt% of phase
α and β C2S
calcite
calcite
Sample batch V°4
CH
MgO
C4AF
cC3A
Gehlenite
bC2S
aC2S
Wollast
CaO
Spurrite
Tilleyite
Quartz
Calcite
Mica
bottom layer center, max 939°C
bottom layer margin , 859°C
top layer center, 1133°C
top layer margin, 841°C
T (°C)
t (min)
Ábrák: C. Gosselin, K. Stingl



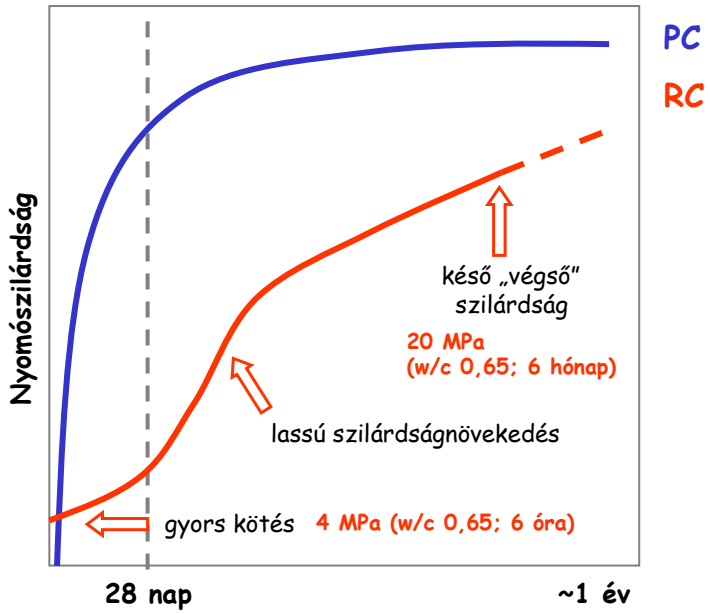


Kép: C. Gosselin

A változatos cementklinker-összetétel okai:

- alacsony égetési hőmérséklet (egyensúlyi reakciók hiánya)
- hőmérésklet gradiensek az aknakemencében
- nagyméretű nyersanyag (hőmérsékleti gradiensek minden egyes kőben)
- (inhomogén összetételű nyersanyag)

Hidratáció-kötés I.



Hidratáció-kötés II. – reakciók

I. Korai kötés (gyors kötés ~ „flash set")

Amorf Ca–(szilícium)–aluminátok + H_2O → monokarboaluminát, részben karbonátososdott Afm (+ Ca-Aluminát-(szilikát)-hidrát) fázisok

II. Késői szilárdulás

Hidraulikus kötés: (α'-β) **C_2S** + C-A-S együttes hidratációja → Al-gazdag C-S-H

Hidratáció-kötés III. – kötéslassítás

I. Kémia kötéslassítókkal

pl. citromsav, Na-glukonát

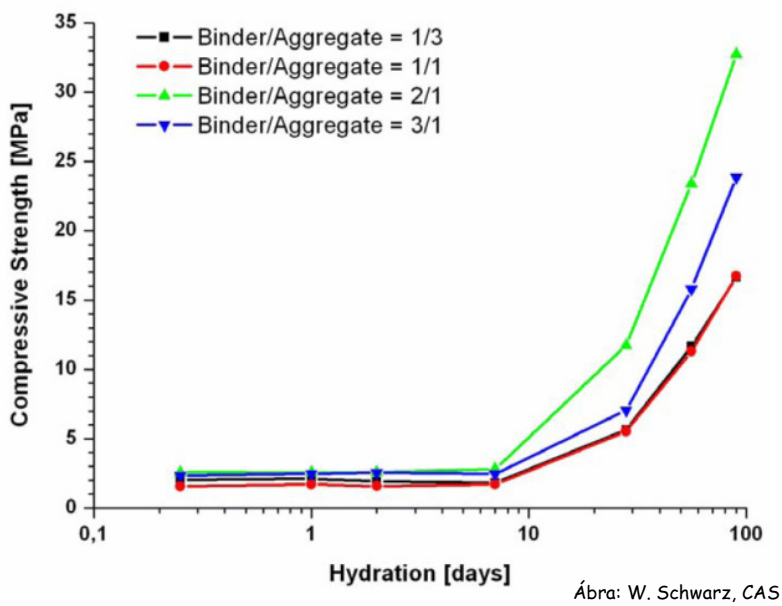
-> öntvényhabarcsok készítésére megfelelő, de vakolóhabarcsokhoz kevésbé vagy nem

II. DARC – DeAktivált RománCement (Christian Gurtner®©)

1. homok + meghatározott mennyiségű víz (bekeverés)
2. + románcement (bekeverés)
3. habarcs tárolása levegőtől elzárt tárolóedényben

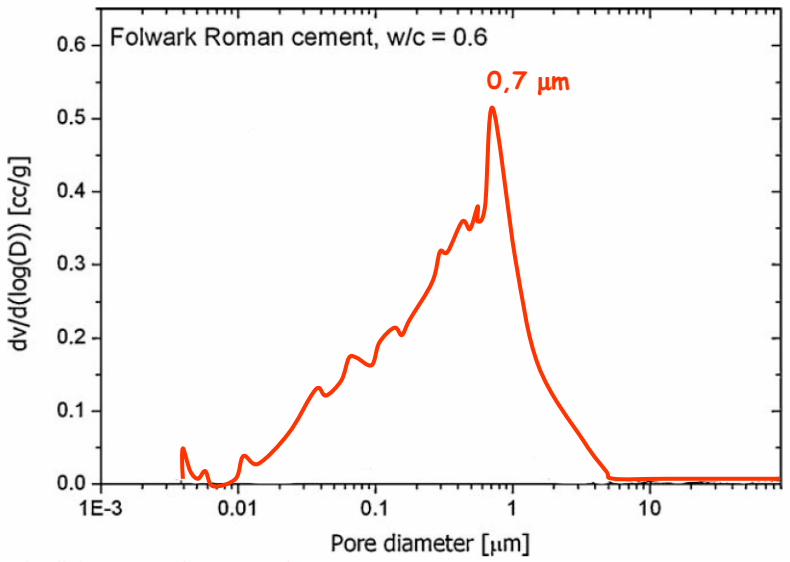
-> vakolóhabarcsok készítésére megfelelő, öntvények készítésére nem

Különböző cement/adalékanyag arányú románcement habarcsok nyomószilárdsági értékei



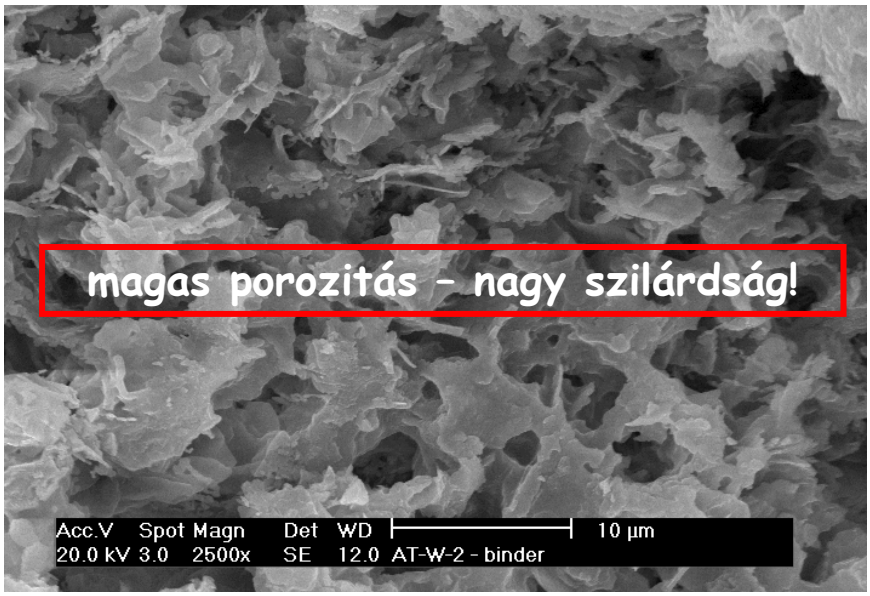
Ábra: W. Schwarz, CAS GmbH

Laboratóriumi románcement jellegzetes pórusmérte-eloszlása



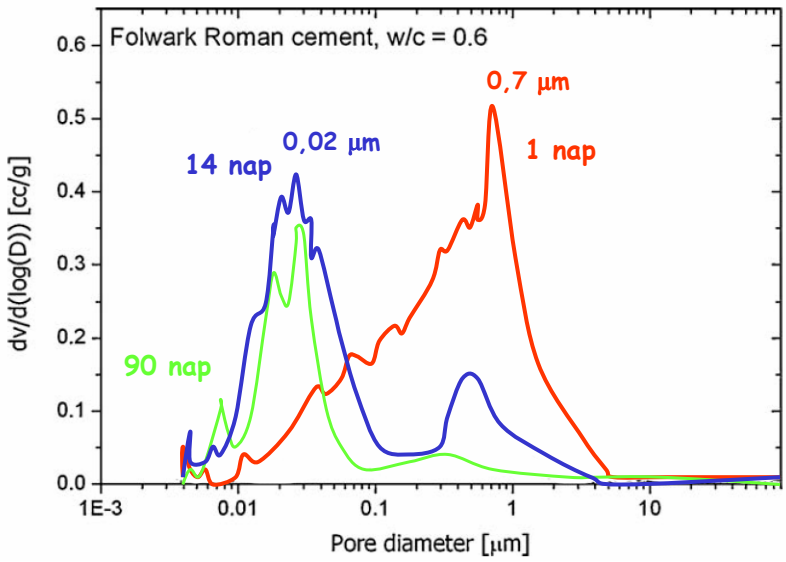
Teljes (nyílt) porozitás: 25-40%

Ábra: Klisińska-Kopacz et al., 2010 után módosítva



hidrátmátrix („kártyavár-szerkezet") egy történt románcement habarcsban

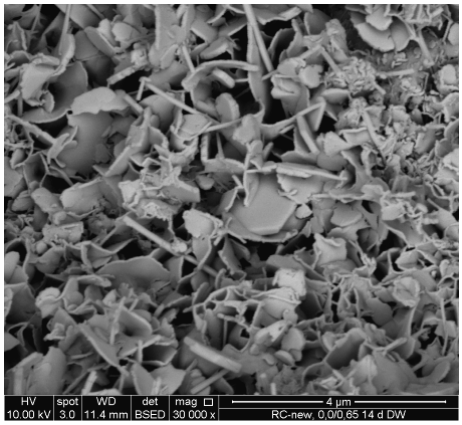
Vízben való érlelés hatása a pórusméret-eloszlásra



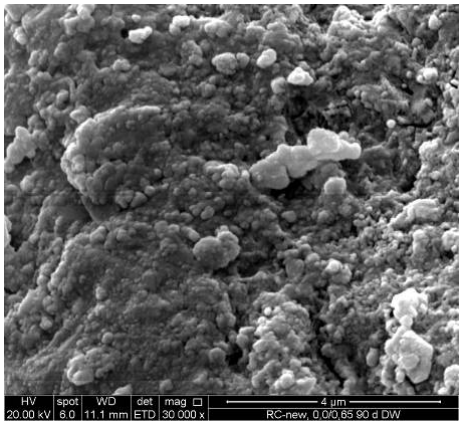
Ábra: Klisińska-Kopacz et al., 2010 után módosítva

Vízben érlelt románcementek mikroszerkezete

14 napos habarcs



90 napos habarcs



Képek: K. Bayer

Románcementek jellegzetes tulajdonságai

1. **Nyomószilárdság**:

- kezdeti szilárdság (2–4 MPa, pár óra!) gyors elérése
- lassú, de folyamatos növekedés, (rel.) magas végső szilárdsággal (20–30 Mpa)

2. **Porozitás**:

- magas teljes és kapilláris porozitás -> magas páraáteresztő-képesség, vízfelvétel-leadás
- vízben érlelt öntvények -> tömött mikroszerkezet, alacsony porozitás

3. **Kötés sebessége**:

- gyors kezdeti (kémiai adalékokkal vagy deaktiválással befolyásolható)

4. **Cement/adalékanyag arány**:

- magas (0,5–2, történeti habarcsoknál) -> cementcsomók szerepe, bedolgozhatóság, stb.

5. **Szín**: halványbézs–halványokker

Történeti románcement habarcsok

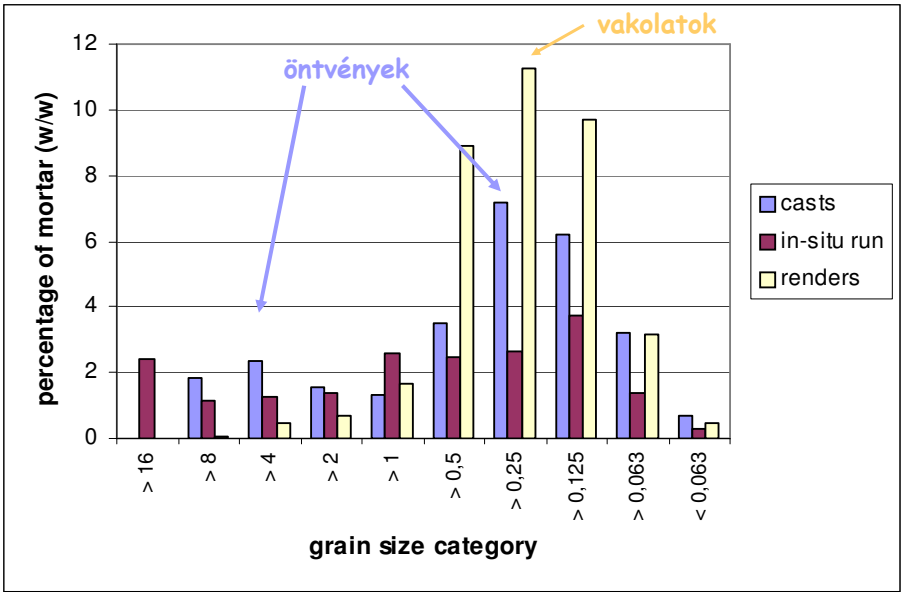
- gyakran 100-140 év elteltével is kíváló állapotnak örvendenek
- változatos, de leggyakrabban magas kötőanyag-adalékanyag arány
- nagy szilárdság mellett magas porozitás kötőanyag —> mikroszerkezet

	román-cement	homok	kavics
beton	1	2	4
falazó habarcs	1	7	-
vakolat	1	3 - 5	-
húzott stukkó	1	2 - 3	-
öntvény	1	1 - 2	-

történeti románcement habarcs recpetúrák



Adalékanyag szemcseméret-eloszlása történeti RC habarcsokban



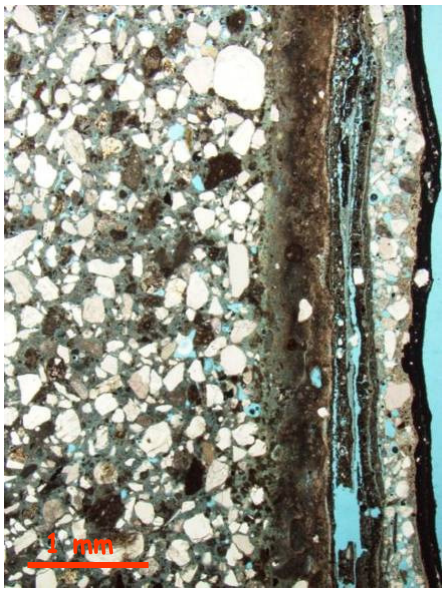
Történeti románcementek fizikai jellemzői

		öntvény	vakolat 1 (sovány)	vakolat 2 (zsíros)	vakolat 3 (román cement/mész)
Köt.a.-homok arány	w/w	1 : 0.5±0.2	1 : 1.5	1 : 0.1	1 : 0.5
Nyomószilárdság	(N/mm^2)	47.9 ± 2.5	18.4	56.8	10.7
Húzószilárdság	(N/mm^2)	3.0 ± 0.7	2.4	0. 8 (?)	0.6
Rugalmassági modulus	(kN/mm^2)	18.2 ± 1.7	31.3	11.4	5.4
Sűrűség	(g/cm^3)	1.62	1.85	1.47	1.4
Nyílt porozitás	(% v/v)	30.7 ± 2.1	19.5	37.1	39.3
Vízfelvétel	(% w/w)	18.6 ± 1.7	10.4	25.0	27.5
w-érték	($kg/m^2\sqrt{h}$)	7.0 ± 0.7	4.42	12.75	22.67
Páradiffúzió	μ	23.5 ± 0.5	28	20	18

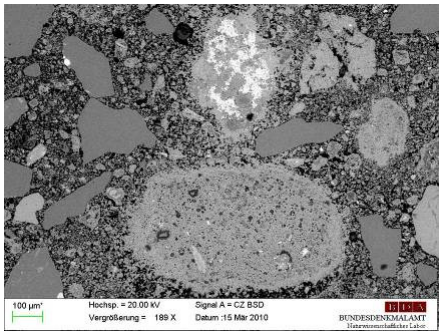
Történeti románcementek Budapesten



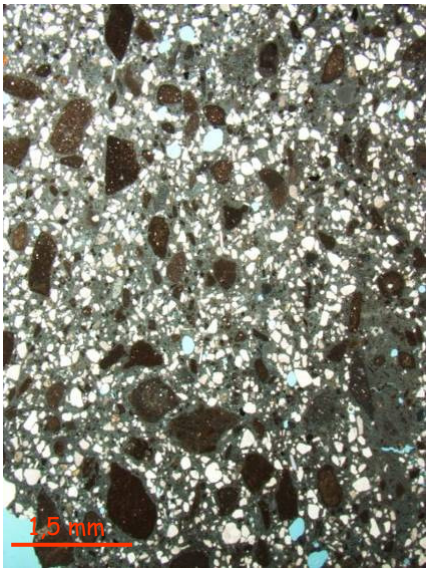
Vadász u. – Báthory u. sarok





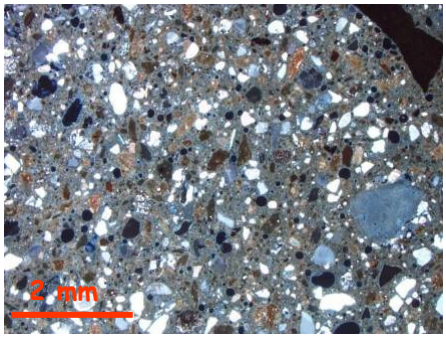


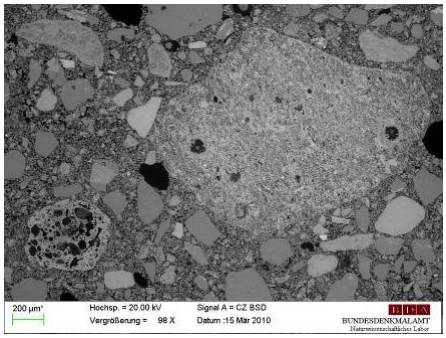
Báthory u. 16.

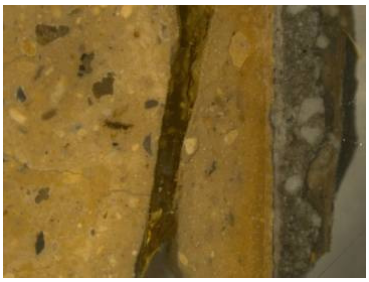




Vásárhelyi Pál u. 13.



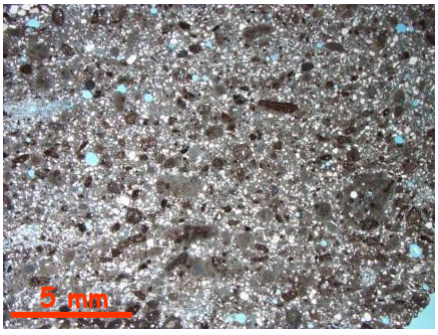


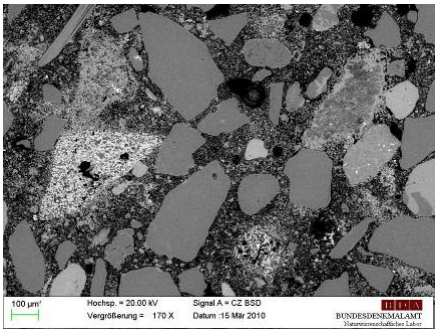






Andrássy út 19.







Krisztina tér 6.



Gellérthegy u.19.