

## Cement, mint a beton kötőanyaga

Finomra őrölt hidraulikus kötőanyag, vízzel péppé keverve levegőn és víz alatt kőszerűen megszilárdul.

### Cementek osztályozása:

#### 1. Portland vagy szilikát cementek:

- 80% mészkő + 20% agyag
- zsugorodási hőmérsékleten égetik
- kohósalak és pernye hidraulit, mészkőörlemény
- hidratációkor stabil vegyületek keletkeznek

#### 2. Aluminát cementek:

- mészkő + bauxit, ill. timföld nyersliszt
- bauxit cementben 40% CaO és 40% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- gyors hidratáció, nagy kezdőszilárdság
- instabil vegyületek keletkeznek

#### 3. Különleges cementek:

- különleges tulajdonságúak (gyorskötő)
- eltérő összetétel (fehércement, duzzadó)

## A cementgyártás fázisai:

### 1. Nyersanyag termelés

- mészkő és agyag fejtése
- alapanyagok törése

### 2. Nyersanyag előkészítés

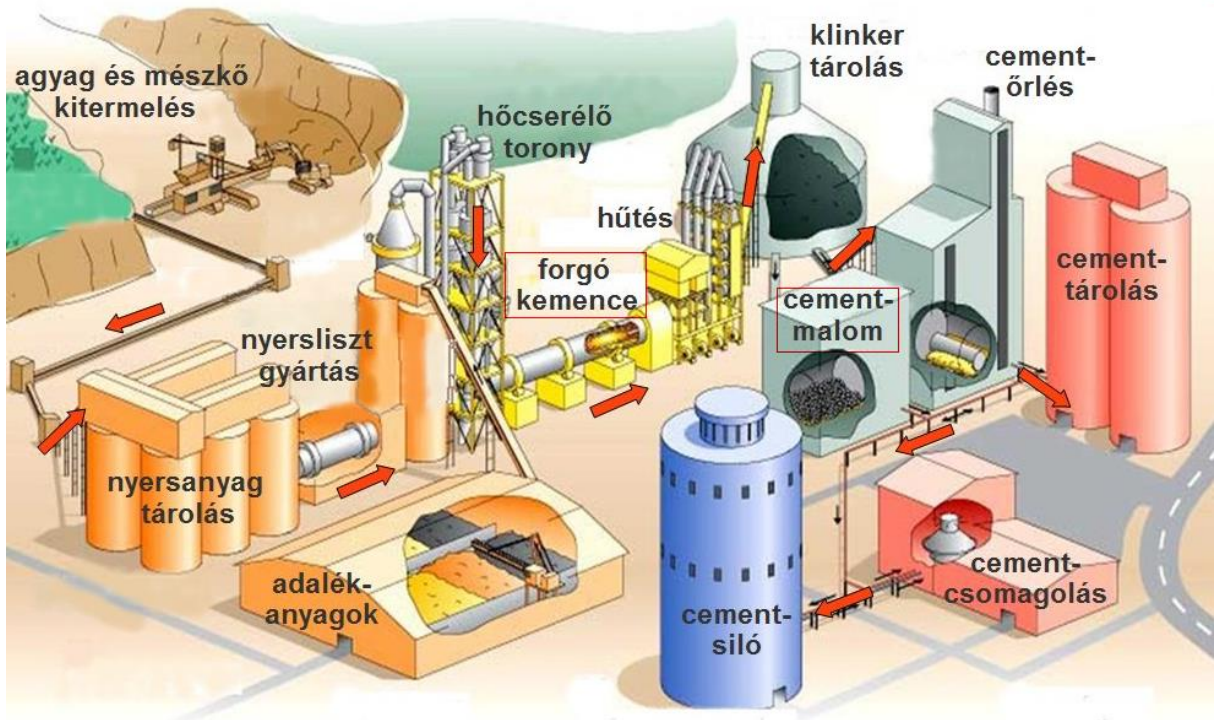
- száraz eljárás, lisztté őrlik
- nedves eljárás, iszappá őrlik
- homogenizálás, granulálás

### 3. Klinkerégetés

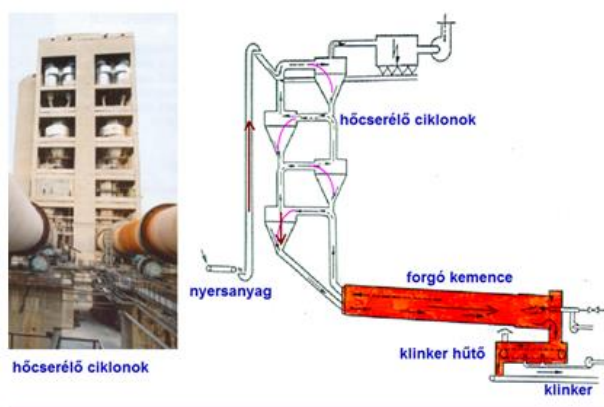
- szárítás, előmelegítés, kalcinálás
- zsugorítás (1450 ÷ 1550 °C) olvadékfázis
- hűtés (200 °C) klinker, üveges olvadék

### 4. Cement őrlése

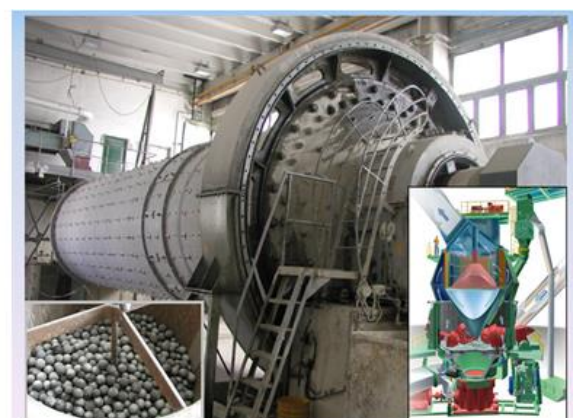
- golyós- és csőmalom
- vertikális görgős malom
- klinker + 4% gipszkő + hidraulitok + mézpor
- fajlagos felület: 240 ÷ 400 m<sup>2</sup>/kg D = 5 ÷ 30µm



**Cementgyártás technológiája**



Cementklinker előállítása Humboldt kemencében



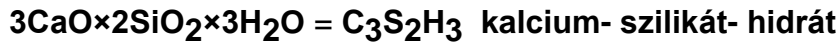
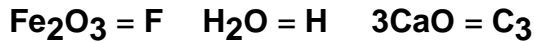
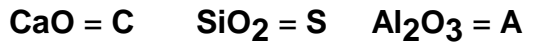
Cementklinker őrlése golyós- és görgős malomban



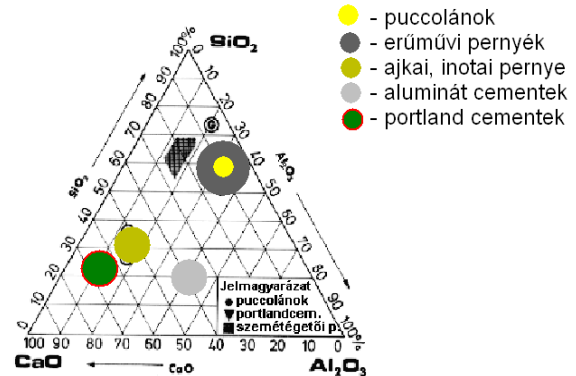
**Cementgyártás berendezései és a gyár távlati képe**

## Kémiai és ásványi összetétel

Szilikátkémiai rövidítések:



Pc. klinker oxidos összetétele:



**Cementek és hidraulitok  
a három összetevős rendszerben**

Portlandcement modulusai:

- AM aluminát modulus:  $\text{AM} = \text{Al}_2\text{O}_3 / \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,6 \div 3,5 > 0,54$

Portlandcement klinkerásványai:



nagy kezdőszilárdság, hidratációs hő



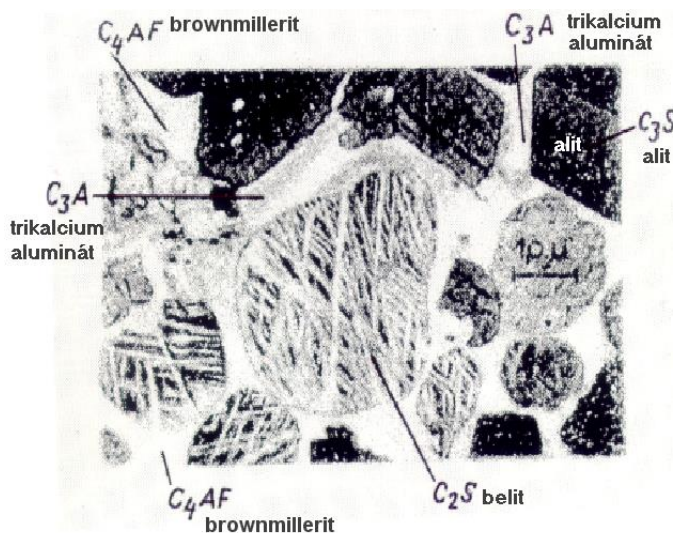
lassan szilárdul, kicsi hidratációs hő



növeli a zsugorodást és a duzzadást



kémiai ellenálló képességet növeli



**Klinkerásványok  
elhelyezkedése  
a cementcsiszolat  
mikroszkópos felvételén**

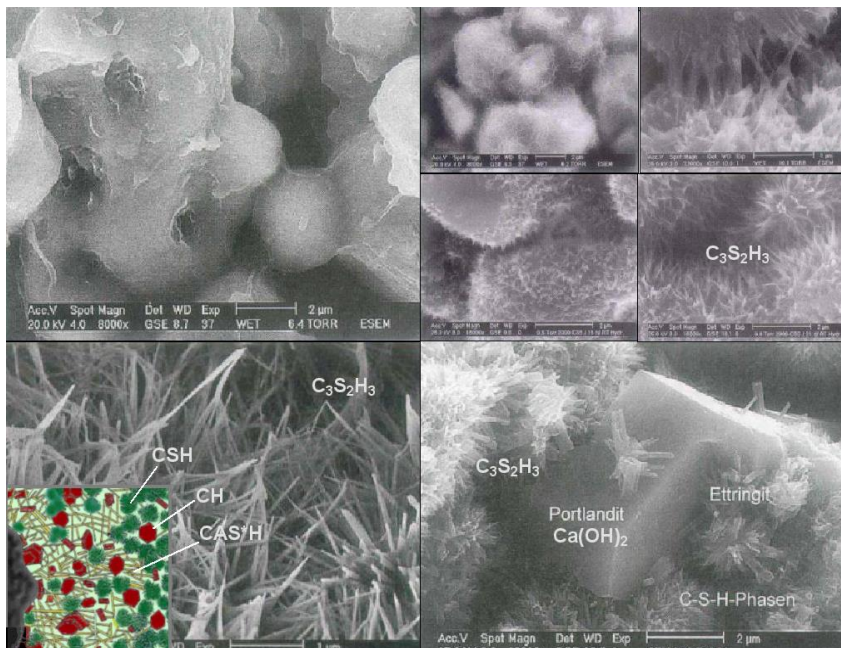
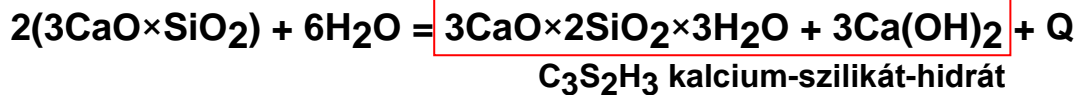


## Cementek szilárdulása

### A cement hidratációja:

- a cement kémiai reakciója vízzel
  - a klinkerásványokból hidrátok keletkeznek
  - a kémiai reakció termékei (kristályai) összekötik a cementszemcséket (kötőerő)
- hidratáció ..> kötés ..> szilárdulás (cementkő)

### Klinkerásványok reakciója vízzel:



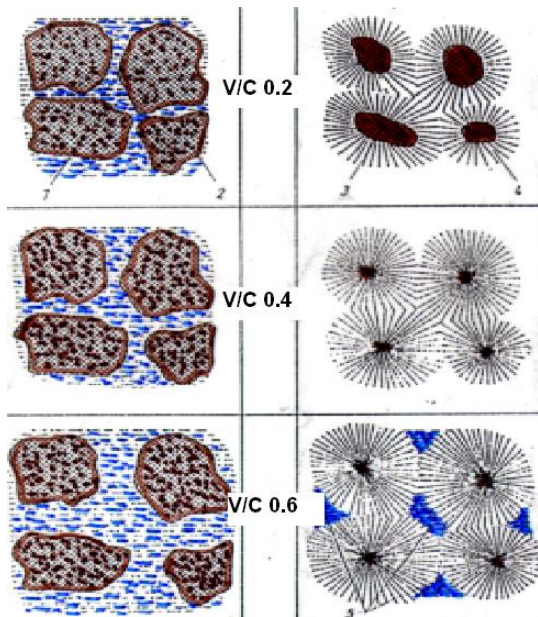
*A cementhidratáció és szilárdulás folyamatai*

### A cementhidratáció fő jelenségei:

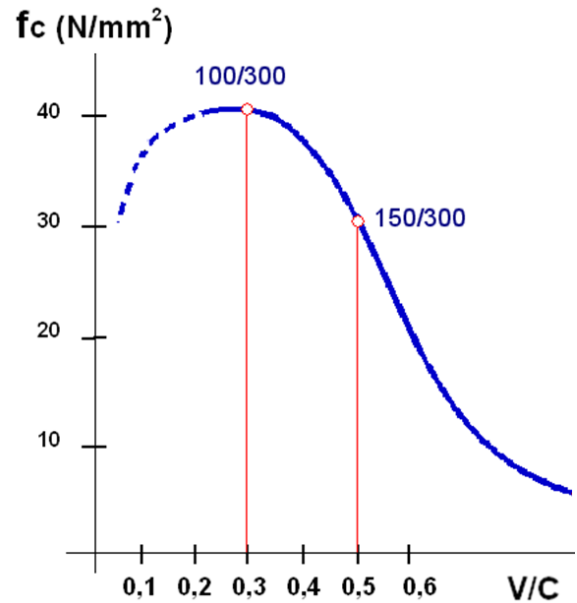
- kolloidiális oldat keletkezik
- cement felületén gélréteg jön létre
- gélrétegből kristályok válnak ki
- kristályok átfonódása, a kötés kezdete
- cementpép megdermed, kőszervé válik
- $\text{Ca}(\text{OH})_2$  szabadul fel,  $\text{pH} > 12,6$
- $\text{CaCO}_3$ ; CSH;  $\text{pH} < 11,2$  korrózió védelem!

### A cementszilárdulás hatásai:

- csökken a kapillaris porozitás
- hidratációs hő keletkezik
- kötéslassítás, gyorsítás, utószilárdulás

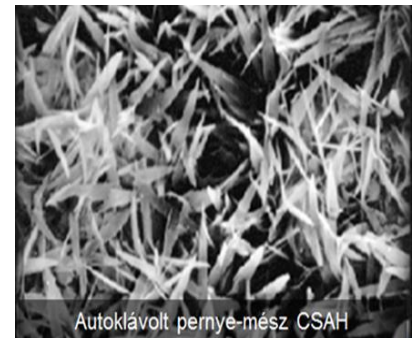
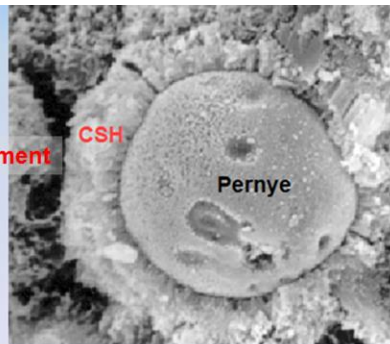
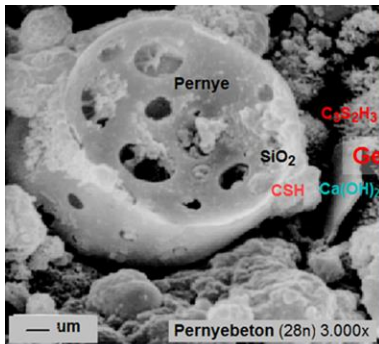


**Víz-cementtényező hatása  
cement hidratációjára**

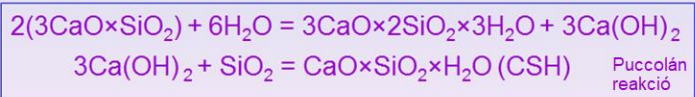


**V/C hatása a beton nyomószilárdságára**

**Erőműi pernye részvétele a cement hidratációjában**

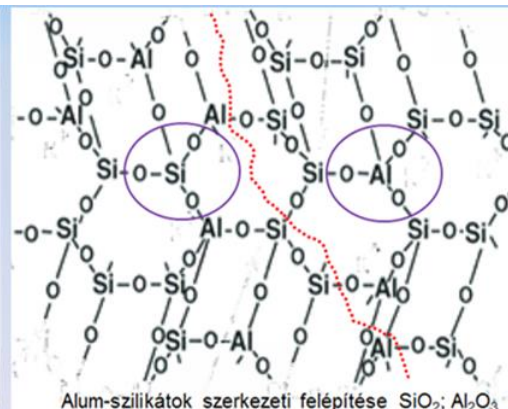
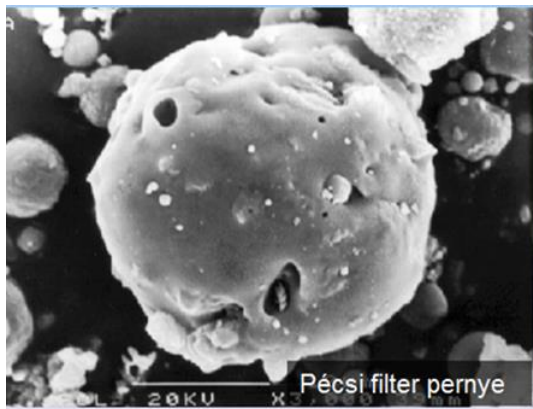


**Pernyeadalékos cement hidratációs folyamatai**



- Pernye hatása:**
- jelentős a beton utószilárdulása (utókezelés)
  - növekszik a beton végszilárdsága
  - növekszik a beton tömörsége (vízzáróság)
  - csökken a beton pH értéke (korrózióveszély)

**Őrölve és autoklávózva**



## Portlandcementek tulajdonságai

### 1. Őrlési finomság

- Blaine készülék, fajlagos felület:  $m^2/kg$
- finomsággal növekszik: vízigény, zs %, Q sebessége, kezdeti szilárdulás

### 2. Kötési idő

- Vicat féle készülék (kezdeté és vége)
- betontechnológiai szempontok ( $45p \div 12ó$ )
- befolyásolják:  $°C$  v/c  $m^2/kg$  vegyszer

### 3. Térfogat állandóság

- cementlepény (víz- és főző próba)
- zsugorodást növeli: magas  $m^2/kg$ ; v/c
- duzzadás: szabad MgO; CaO % gipsz %

### 4. Szilárdság

- hasáb próbatest:  $4 \times 4 \times 16$  cm
- 1/3 cement/homok v/c=0,5 képlékeny
- 28 napos hajlító és nyomószilárdság

CEM II/A-V 32,5  $f_{ck} = 32,5$  N/mm<sup>2</sup>



## Cementek fajtái és jelölései

Portlandcement	: CEM I 42,5N	CEM I 42,5R
Kohósalak p. cement	: CEM II/A-S 42,5N	CEM II/A-S 32,5R
Pernye portlandcement	: CEM II/A-V 42,5N	CEM II/A-V 32,5R
Kompozit p. cement	: CEM II/B-M(V-L) 32,5N	

CEM - Európai cement

I; II - cement fajta: I - portlandcement

II - kohósalak-, pernye-, mészkőliszt pc.

III - kohósalak cement

A; B - hidraulit mennyiség (> 5; >20%)

S; V - kohósalak és pernye (hidraulit)

M(V-L) - kompozit (pernye és mészkőpor)

42,5 - nyomószilárdság  $f_{ck}$  (N/mm<sup>2</sup>)

R - nagy kezdőszilárdság (Rapid)

N - normális szilárdulású

S\* - szulfátálló (AM = 0,54)

### Cementek megnevezései:

CEM I-S 52,5 R0 szulfátálló portlandcement (klinker  $C_3A$  tartalma = 0%)

CEM II/A-M(S-V-L) 32,5 R nagy kezdőszilárdságú, 32,5 szilárdsági oszt. granulált kohósalakot (S), pernyét (V) és mészkövet (L) tartalmazó komp. pc.

CEM II/B-M (S-LL) 32,5 N kompozit-portlandcement kohósalak és mészkő

CEM III/A-S32,5 LH kis hőfejlesztésű kohósalak cement

CEM III/B-S32,5 R5 szulfátálló kohósalak cement, ( $C_3A$  tartalma  $\leq 5\%$ )

CEM III/B-S32,5 N-LH/SR kis hidr. hőfejl. és szulfátálló kohósalak cement

CEM III/A-S32,5 N-MSR mérsékelten szulfátálló, norm. kezdőszil. ks. cem.



## Cementek alkalmazási területei:

### Portlandcementek:

CEM I 52,5N és CEM I 42,5N

- C25 ÷ C50 vasbeton nagy kezdőszilárdság
- vízzáró, fagyálló, kopásálló, feszített vb.

### Kohósalak portlandcement:

CEM II/A - S42,5N és CEM II/A-S 32,5R beton és vasbeton szerkezetek

- C25 ÷ C50; előregyártás, f 100, vízzáró

### Pernye portlandcement:

CEM II/A - V42,5N és CEM II/A-V 32,5R beton és vasbeton szerkezetek

- C25 ÷ C50; előregyártás, f 150, transzport

### Kompozit portlandcement:

CEM II/A - M(V-L) 42,5N beton és vasbeton szerkezetek

- vízzáró beton, víz alatti betonozás
- nyári melegben; tömegbeton; f 50

### Kohósalak cement:

CEM III/B-S32,5N

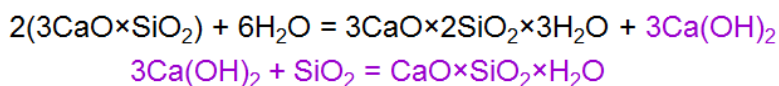
- mélyépítési műtárgyak, mérsékelten szulfátálló

### Különleges cementek:

- tűzálló, timföld cementek
- duzzadó, aluminát cementek
- légpórusos cementek
- hidrofób cementek
- kis kötőhőjű cementek
- fehér és színes cementek

### A cement kiegészítő (töltő) anyagai:

- erőműi pernyék (reakcióképes  $\text{SiO}_2$  tartalom)
- kohósalak (granulált, őrölt)
- puccolánok (természetes trasz)
- szilikapor (mikroszilika, ferroszilicium gyártásakor)
- metakaolin (égetett és őrölt kaolin,  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )



Alkalmazásukkal a cementet részben helyettesítik.

Figyelembe kell venni a „k” hatékonyságukat:

(puccolán aktivitás, mészkapacitás)

$X = V/C \rightarrow \text{Víz} / \text{Cement} + k \times \text{kiegészítő anyag tömege}$

„k” hatékonysági tényező értékei: 0,4 erőműi pernyék  
0,6 kohósalak őrlemény  
0,4 természetes puccolánok  
1,0 szilikapor  
1,0 metakaolin

