

A cementek és betonok jelölésének változásai (50 év)

1. Változott a cementek összetétele és jelölésük

C500 350kspc20 CEM II/A - S 32,5N

2. Változott a betonok konzisztencia jelölései

0, 1, 3, 10, 15, 20	AFN FN	KK	K	F	Ö	-
Roskadási osztályok:	-	S1	S2	S3	S4	S5 S6
Területi osztályok :	-	F1	F2	F3	F4	F5 F6

3. Változott a betonok minősítése (fck minősítő szilárdság)

B280 C25 C30/37

4. Változott a betonok megfelelőségének ellenőrzése (kitéti osztályok)

- teherbíró képesség alapján meghatározott nyomószilárdság
- **tartóssági követelményeket** figyelembe vevő nyomószilárdság

5. Változott a betonok jelölése (építmények betonjelölései)

B280-30/3 C25 - 24/K C25/30-XC3-XA2-XV3-16-S3

C40/50 – AC₅₀(H) - XC4 - XF4 - XV2 - 16 - F5 - CIO,1 - CEMI 52,5R - 50 év - MSZ 4798

A cement kémiai oxidos összetétele

Cement klinker oxidos összetétele:

CaO = 63 ÷ 68% Fe₂O₃ = 0,5 ÷ 4%
 SiO₂ = 20 ÷ 25% Al₂O₃ = 4 ÷ 7%

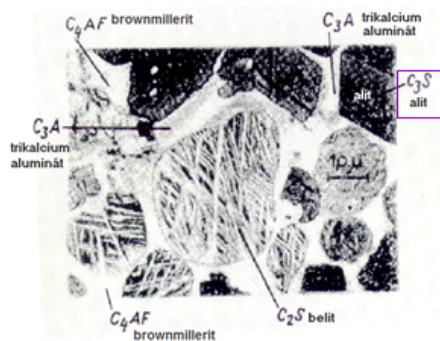
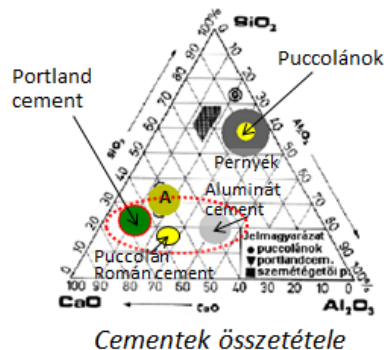
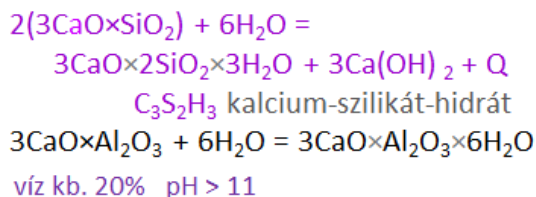
Portlandcement modulusai:

AM alumin. m. = Al₂O₃%/Fe₂O₃% (0,6÷3,5) [0,54]

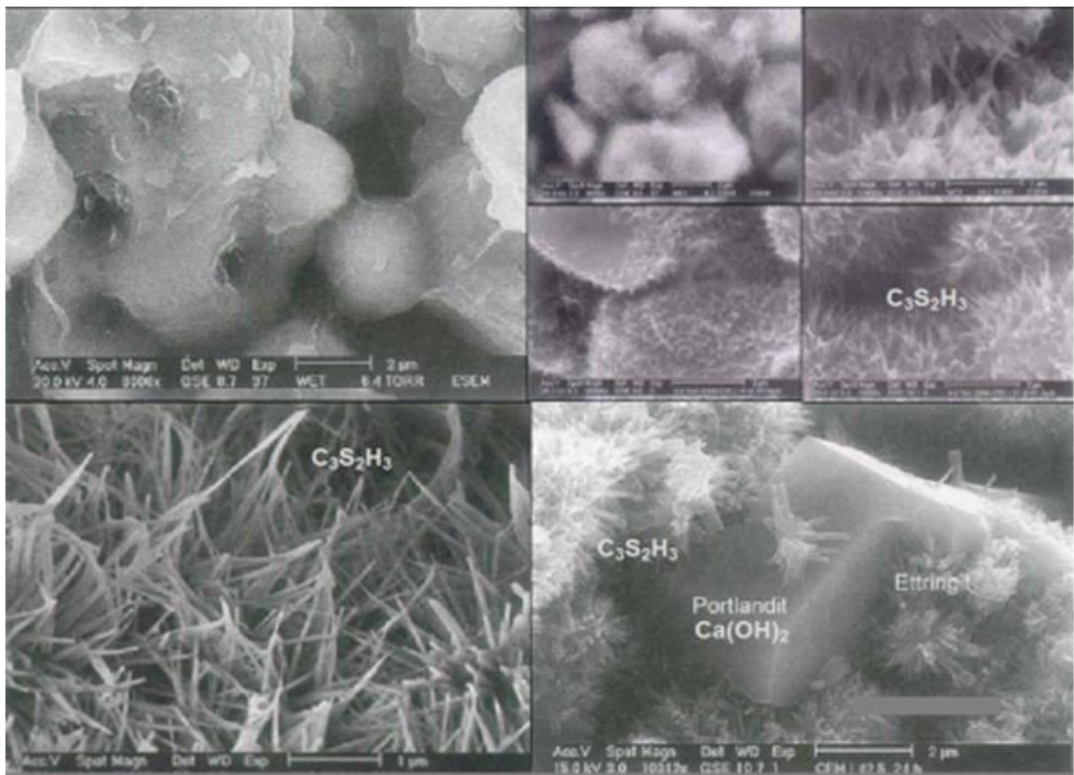
Portlandcement klinkerásványai:

- 3CaO×SiO₂ (alít) C₃S 37 ÷ 60%
nagy kezdőszilárdság, hidratációs hő
- 2CaO×SiO₂ (belít) C₂S 15 ÷ 37%
lassan szilárdul, kicsi hidratációs hő
- 3CaO×Al₂O₃ (trikalcium-alum.) C₃A 10÷12%
növeli a zsugorodást és a duzzadást
- 4CaO×Al₂O₃×Fe₂O₃ (brownmillerit) C₄AF 8÷10%
kémiai ellenálló képességet növeli

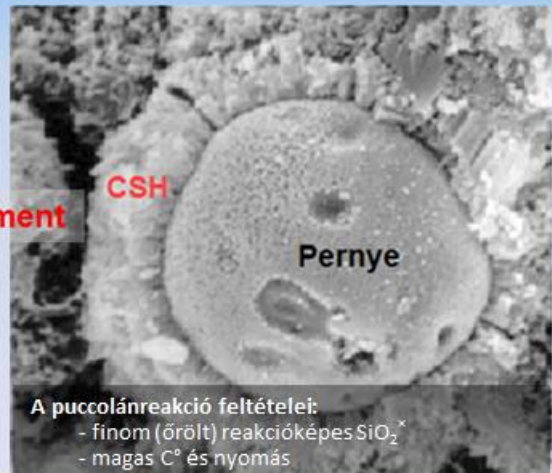
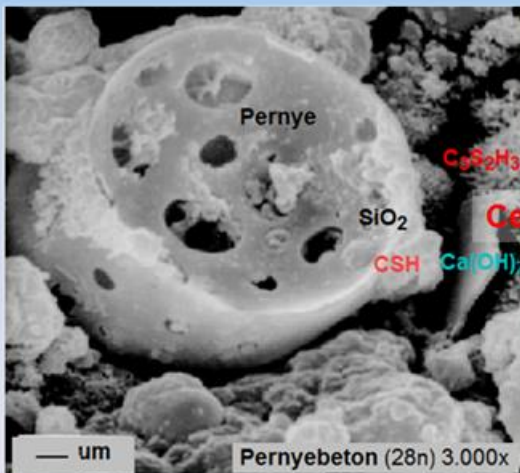
Cementek hidratációja (alít ásvány reakciója vízzel)



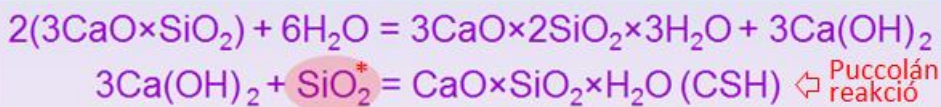
Portlandcement klinkerásványai



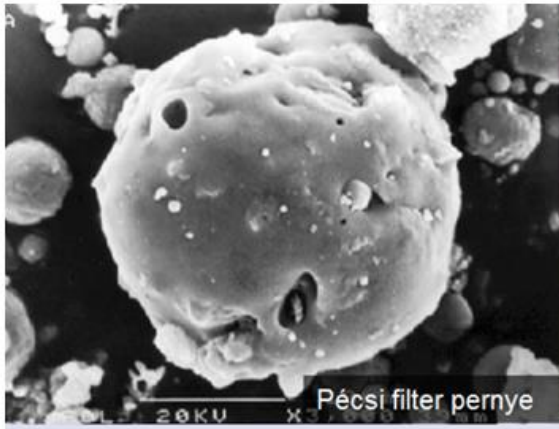
Cement hidratáció és szilárdulás folyamata



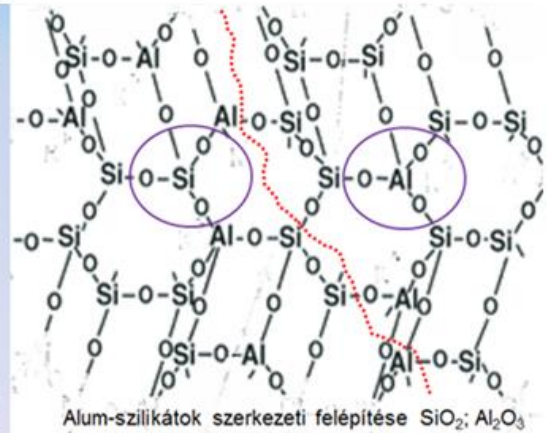
Pernyeadalékos cement hidratációs folyamatai



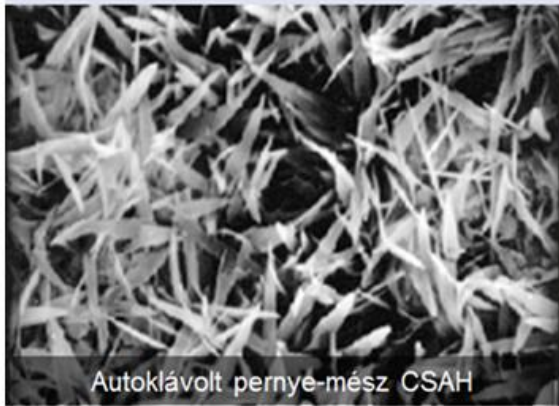
- Pernye hatása:**
- jelentős a beton utószilárdulása (utókezelés)
 - növekszik a beton végszilárdsága
 - növekszik a beton tömörsége (vízzáróság)
 - csökken a beton pH értéke (korrózióveszély)



Pécsi filter pernye



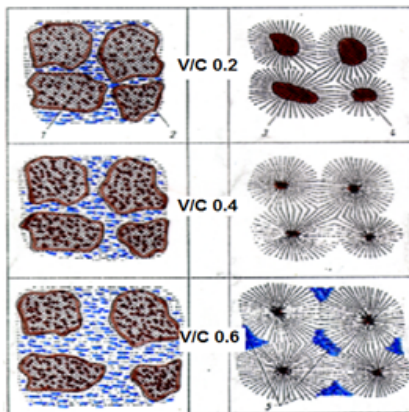
Alum-szilikátok szerkezeti felépítése SiO_2 ; Al_2O_3



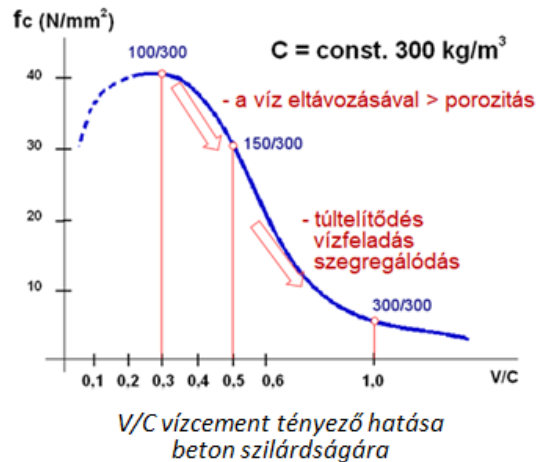
Autoklávolt pernye-mész CSAH



Autoklávolt homok- cement-mész CSH



A víz mennyiségének hatása a cement hidratációjára



V/C vízcement tényező hatása beton szilárdságára

A cementhidratáció fő jelenségei:

- kolloidális oldat keletkezik ($h = 10 \mu\text{m}$)
- cement felületén gél réteg jön létre
- gél rétegből kristályok válnak ki, melyek átfonódnak, ez a kötés kezdete
- cementpép megdermed, kőszerűvé válik
- $\text{Ca}(\text{OH})_2$ szabadul fel, lúgos $\rightarrow \text{pH} \geq 12,6$
- CaCO_3 (CO_2) és CSH (SiO_2) $\rightarrow \text{pH} \geq 11,2$
- utókezelés szükségessége és hiánya

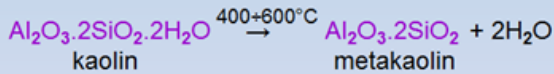
Utólagos vízadagolás és átkeverés hatása:

- A cementszemcse felszínét már CSH kristályok borítják.
- Az utólagosan adagolt víz **nem tud reakcióba lépni** a klinker-ásványokkal.
- A beton keverésekor a **CSH kristályok letöredeznek** a cementszemcse felszínéről.
- Nem kapunk homogén betonkeveréket.
- A megszilárdult betonnak nagy lesz a porozitása, zsugorodása, száradási repedései.

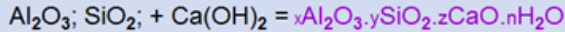
A cementek hidraulikus kiegészítő (töltő) anyagai

1. Erőművi pernyék (reakcióképes SiO_2)
2. Kohósalak (granulált, őrölt)
3. Puccolánok (természetes trasz)
4. Szilikapor (mikroszilika (ferroszilicium))
5. Metakaolin (égetett és őrölt kaolin)

Metakaolin előállítása és puccolán reakciója:



Metakaolin hidraulikus (puccolános) reakciója:



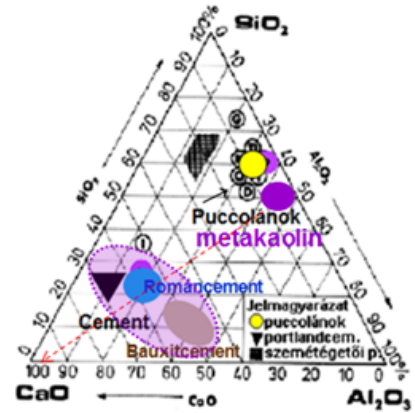
Alkalmazásukkal a cementet részben helyettesítik.

Figyelembe kell venni a „k” hatékonyságukat:
(puccolán aktivitás, mészkapacitás)

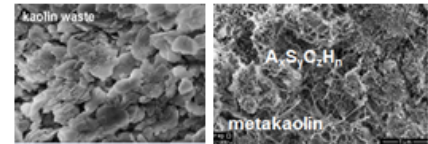
$X = V/C \rightarrow \text{Víz}/\text{Cement} + k \cdot \text{kiegészítő anyag}$

„k” hatékonysági tényező értékei:

- 0,4 erőművi pernyék
- 0,6 kohósalak őrlemény
- 0,4 természetes puccolánok
- 1,0 szilikapor
- 1,0 metakaolin (2,0)



Elhelyezkedés a 3 összetevős rendszerben



A metakaolin tulajdonságai:

- Nagyfokú mész megkötő képesség (pH!)
- Korrózió állóság és kivirágzás csökkentés
- Tömorség, szilárdság és vízzáróság növelés
- Öntömörödő és UHPC betonok adaléka
- Adagolás a cement 5 ÷ 20 m%

Cementek fajtái és jelölései

Cementek fajtái:

- CEM I - Portland cement
- CEM II - Kompozit pc. (S, V, L)
- CEM III - Kohósalak cement
- CEM IV - Puccolán cement
- CEM V - Kompozit cement

Cementek jelölései:

- CEM I 52,5 R
- CEM II/A - L 42,5 N
- CEM II/B - S 32,5 R
- CEM III/A - S 32,5 N-LH
- CEM III/B - S 32,5 N-LH/SR

Cementek betűjelölései:

- 42,5 - jellemző nyomószil. (N/mm²)
- A - hidraulit mennyisége < 20%
- B - hidraulit mennyisége > 20%
- S - kohósalak (granulált)
- L - mészkő (CaCO₃ > 75m%)
- LL - mészkőliszt
- V - erőművi pernye (savas)
- N - normál szilárdulású

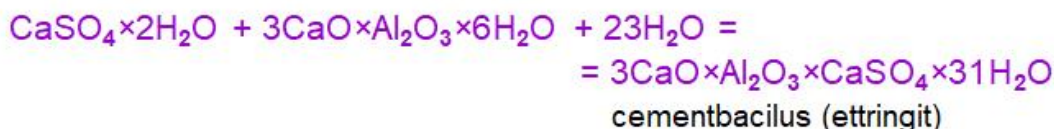
- M - kompozit (V-L)
- P - természetes puccolán
- D - szilikapor (SiO₂)
- LH - kis hőfejlesztésű
- SR - szulfátálló
- MSR- mérsékelten szulfátálló
- S - szulfátálló (AM = 0,54)
- R - nagy kezdőszilárdságú (rapid)

Cementek megnevezése és jelölése az EN 197-1 szerint:

- Portlandcementek: CEM I 52,5N és CEM I 42,5N
- Kohósalak portlandcementek : CEM II/A-S 42,5N és CEM II/A-S 32,5R
- Pernye portlandcementek: CEM II/A-V 42,5N és CEM II/A-V 32,5R
- Kompozit portlandcement: CEM II/A-M(V-L) 42,5N
- Kohósalak cementek: CEM III/A-S32,5N (36%) és CEM III/B (66%)

Betonok szulfátos korróziója (duzzadás)

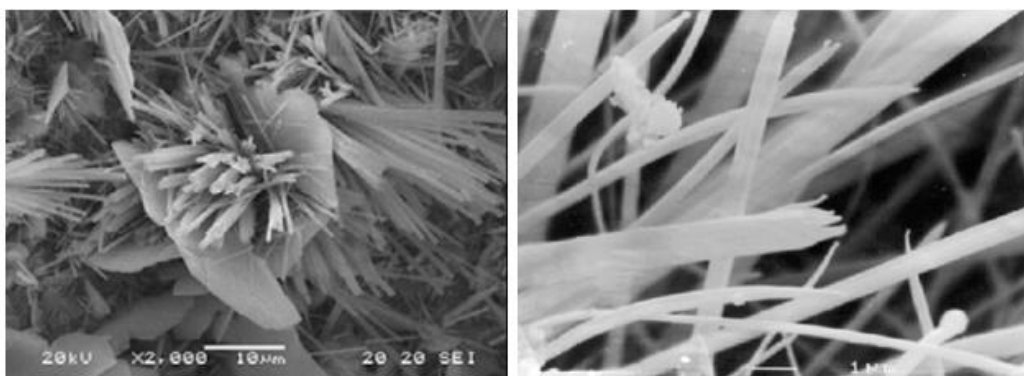
Szulfátos talajvíz hatása:



Károsodás: $\text{Ca}(\text{OH})_2$ lekötés, térfogat növekedés

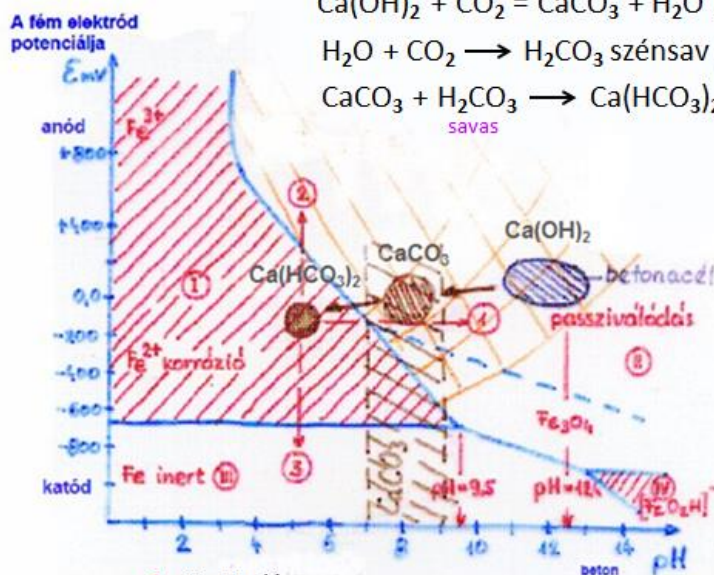
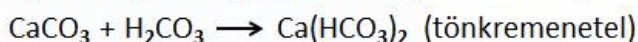
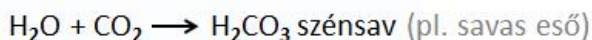
Védelem : CEM I 32,5 S* (szulfátálló cement)

AM = $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,54 < 0,6$ Al_2O_3 lekötve C_4AF által



Ettringit kristályok növekedése a betonban

Vasbeton szerkezet savkorróziója a levegő CO_2 hatására



- 1 pH növelés
- 2 Passzivitás inhibitorok alkalmazásával (NaNO_3)
- 3 Katódos védelem

A vas Pourbaix (potenciál-pH) diagramja



Adalékanyag betontechnológiai tulajdonságai

Hidrotechnikai jellemzők: - nedvességtartalom n %
- felületi nedvesség n_f %
- vízfelvétel v %
- 1 órás vízfelvétel v_{10} %

Agyag-iszap tartalom: $f < 1\%$, 3% , 6% , 10% Cl, S
Adalékanyag szerves agyag- és iszap tartalmának meghatározása homokeyenérték (HE) vizsgálattal:



Homokeyenérték (HE) vizsgálata:

A homokszennyezők (szerves agyag és iszap) mennyiségét és minőségét jellemzi.

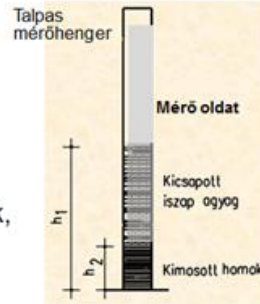
Mérőoldat: desztillált víz

 kalcium-klorid + glicerin + formaldehid

Felrázás után ülepedik a szuszpenzió.

A pelyhesedett és ülepitett finomszemcsék és a homok, éles határvonallal válik el egymástól.

$$HE \% = 100 \times h_2 / h_1 \quad h_1 \text{ és } h_2 - \text{mm-ben}$$



Betontechnológiai jellemzők:

- hézagterfogat ($225 \div 300$ liter/m³)
- fajlagos felület (vízigény)
- cementpép igény (telítettség)
- finomrész tartalom ($< 0,25$ mm) > 400 kg/m³
cement + agyagiszap + por + liszt + finomhomok
- szemalak és felület (zömök, lemez, sima)
- tömegjellemzők (testsűrűség, hézagterfogat)
- szilárdság (szétaprózódás)

A beton fagyállóság

1. Fagyállósági vizsgálat: MSZ 4719:1982

A beton belső szerkezeti sérüléseit vizsgálja

Fagyasztási-olvasztási ciklus:

egy ciklus: $+ 18^\circ\text{C}$ víz, $- 20^\circ\text{C}$; 6 - 6 óra

jelölés (ciklus szám alapján): f_{25} ; f_{50} ; f_{100} ; f_{150}

Fagyállósági követelmények:

- tömegvesztés: max 5%
- szilárdság csökkenés: max 25%

2. Fagy- és olvasztósó állóság vizsgálata: MSZ 4798-1:2004

A fagnak és olvasztósó hatásnak kitett beton felületi lehámlását

vizsgálják: - 3%-os NaCl oldat a beton felületén (3mm)

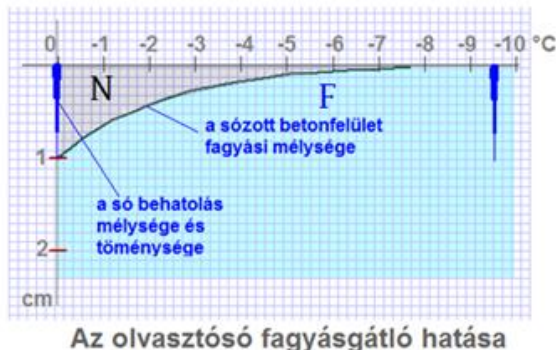
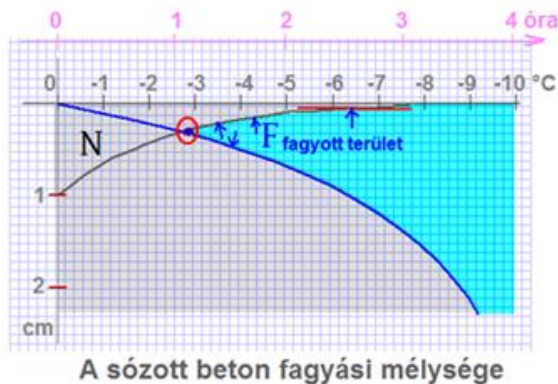
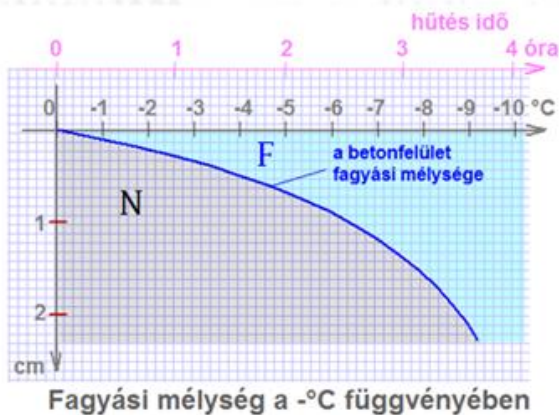
- 56 fagyasztási-olvasztási ciklus után

a beton felületi lehámlását vizsgálja (kg/m²)

3. A beton fagyállóságának megítélése

Lágyulási tényező: $lt. = f_{c, \text{telített}} / f_{c, \text{száraz}} > 0,80$ (fagyálló)

Telítési tényező: $tt. = V\% \text{ grav. telítés} / V\% \text{ nyomás alatt} < 0,80$ (f.á.)

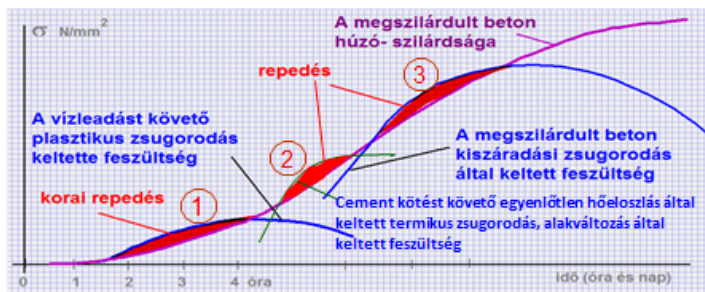


A felszíni betonréteg lehámlásának hatásmechanizmusa:

- a beton megfagyása mélységből (belülről) indul (fokozatosan a felszín felé és befelé haladva)
- a betonban megfagyó nedvesség térf. növ. fesztőhatást fejt ki a beton belsejében
- a jég fesztő hatásának zónája, hűlés közben közelít a felszínhez
- a felszínközeli belső feszültség a vékony betonréteg lehámlását idézi elő

Az olvasztósó hatására előidézett lehámlás, hatásmechanizmusa

A beton szilárdulása közbeni zsugorodási jelenségek



- 1) **Plasztikus zsugorodás**
 - gyors vízvesztés
 - töppedés,
- 2) **Termikus zsugorodás**
 - hőmérséklet különbség
 - alakváltozás $10 \text{ ó} \div 1 \text{ hét}$
- 3) **Száradási zsugorodás**
 - víz eltávozása
 - térfogat csökkenés

A beton zsugorodását befolyásoló tényezők:

- A beton víztartalma, V/C , a vízleadás mértéke és sebessége.
- Adalékanyag finomrész tartalma, cementpép telítettség.
- Betonkeverés és tömörítés, vasalás- és szálerősítés mennyisége.
- Szilárdulás közbeni egyenlőtlen hőeloszlás és alakváltozás.
- Az utókezelés mértéke, a környezet $^{\circ}\text{C}$, $\Psi\%$.

A beton zsugorodási repedéseit előidézõ okok:

- A kiszaluzást követõ vízvesztés, alakváltozás (töppedés) feszültség.
- Az adalékanyag magas agyagtartalma, a gyenge húzószilárdság.
- A dilatációképzés nem megfelelő távolsága.