

Építőanyagok 1.

Építőmérnök, építészmérnök- és építőművész szak 2025/26

Kötőanyagok, építési mész és építési gipsz	1
Cementek (gyártás, szilárdulás, tulajdonság, cementfajták)	8
A betonok adalékanyagai (tulajdonság, szemmegoszlás)	14
Frissbeton (tulajdonság, konzisztencia, vizsgálat)	19
Betonok minősítése és jelölése	25
Betonok összetételének tervezése	30
A beton előállítása és betontechnológiák	34
Beton adalékszerek (fajtái, működési elv és alkalmazás)	40
Megszilárdult beton (tulajdonság és vizsgálat)	46
Beton- és vasbeton szerkezetek korróziója	50
Betonok minősítése, megfelelősége és jelölése	53
Különleges betonok és különleges betontechnológiák	57
Hő- és hangszigetelő anyagok	67
Vízszigetelő anyagok és vízszigetelési technológiák	73
Építési kerámiák és kerámia termékek	79
Építő fák tulajdonságai, faipari termékek alkalmazási	86
Fémek és betonacélok (tulajdonság és vizsgálat)	93
Építészeti üvegek és alkalmazásuk	97
Műanyagok építőipari alkalmazása	102

Összeállította: Prof. Dr. Orbán József orban.jozsef@mik.pte.hu

Kötőanyagok

Betonok és habarcsok kötőanyagai

Pépszerű állapotból, kémiai - fizikai folyamatok hatására:

- meghatározott idő alatt szilárdulnak
- megfelelő szilárdságot érnek el
- adalékanyagot összeragasztják

Kötőanyagok osztályozása

1. Levegőn szilárduló nem hidraulikus
 - építési mész
 - építési gipsz és magnézia
2. Gyengén hidraulikus kötőanyagok
 - kohósalak és pernye (hidraulitok)
 - hidraulikus mész (márgás mészkő)
 - mész-puccolánok (mész + trasz)
3. Hidraulikus kötőanyagok (víz alatt is kötnek)
 - portland (szilikát) cementek
 - aluminát cementek
 - különleges cementek

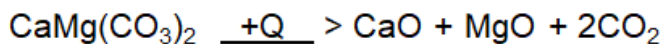
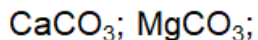
Építési mész

Előállítás: $\text{CaCO}_3 \xrightarrow{+Q} \text{CaO} + \text{CO}_2$
égetőkemencében ($900 \div 1100^\circ\text{C}$)
forgódobos- és aknakemence $\Rightarrow$



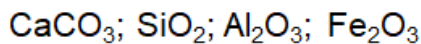
Szennyeződések:

- dolomitos mészkő (magnézium):



kiegési $^\circ\text{C}$: $\text{CaO} > \text{MgO}$ üveges fázis

- márga (agyag):



$\text{CaO} \times \text{SiO}_2$ és $\text{CaO} \times \text{Al}_2\text{O}_3$ is keletkezik

csökken a mész kiadóssága

Darabos égetett építési mész: CaO

Minőséget befolyásolja: - égetési hőmérséklet $^\circ\text{C}$
- mészkődarabok d (mm)
- szennyezettség %

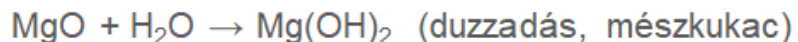
Minőségi jellemzők:

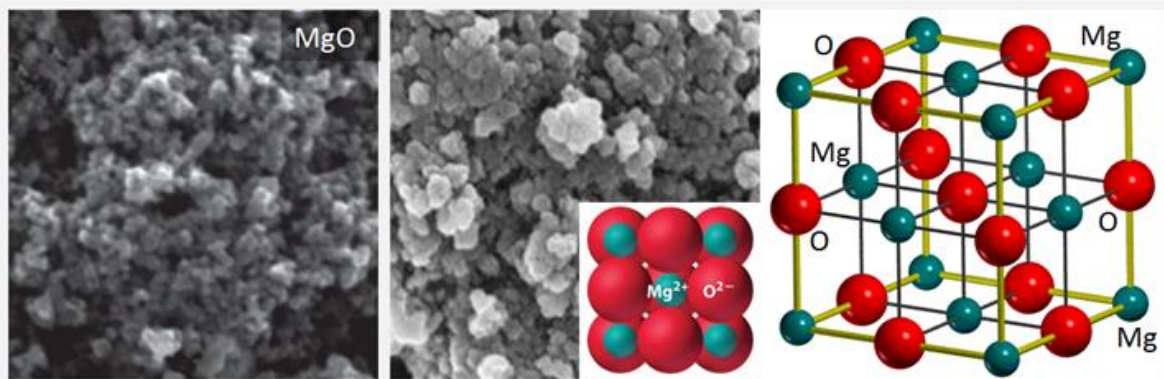
- vegyi összetétel ($\text{CaO}\%$; $\text{MgO}\%$)
- portartalom ($4\text{ mm} < \%$)
- oltási idő (perc)
- oltási maradék ($4\text{ mm} > \%$)
- mész-szaporaság ($?$ liter/10 kg))
- mészpép területe (d mm)

A mész oltása: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + Q$

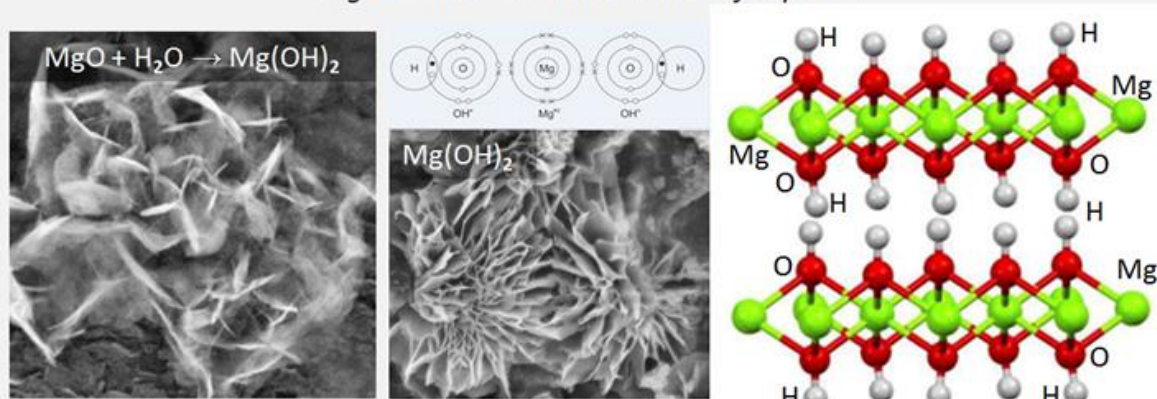
mészhidrát (tej, pép és por)

$\text{pH} = 14$ maró hatás!





MgO kubikus szerkezete és atomi felépítése



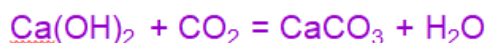
Mg(OH)₂ lemezes szerkezete és atomi felépítése

Építőiparban használt mészfajták:

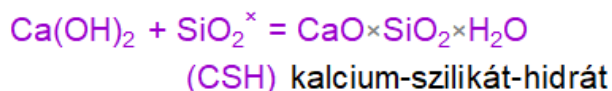
- építési mész: 28, 25, 20 liter pép/10kg
- építési dolomitos mész: 25, 20- as
- őrlt égetett építési mész
- méshidrát por
- méskő őrlemény (cement-kiegészítő)

Mész szilárdulása és kötése

Szilárdulás levegőn:

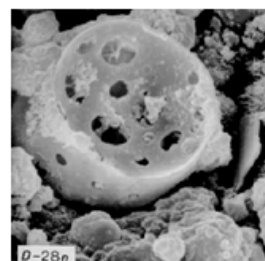


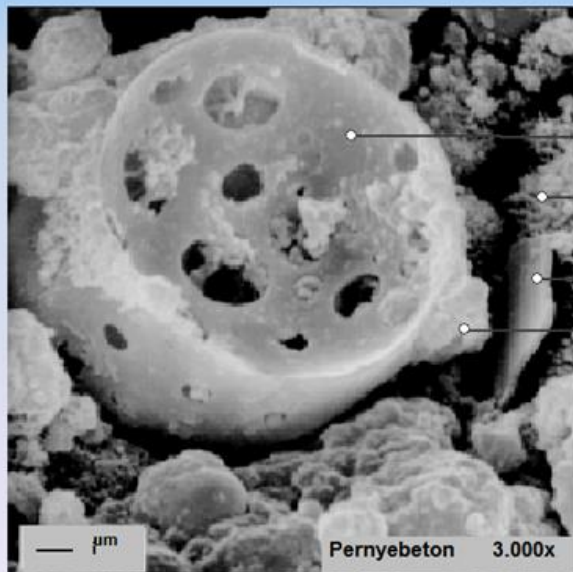
Cementszerű kötés:



A puccolánreakció feltételei:

- finom (őrlt) reakcióképes SiO_2^x
- magas C° és nyomás (autokláv)





pernye szemcse

cement (CSH)

$\text{Ca}(\text{OH})_2$

CSH termék



Pernye-mész puccolánreakció

Puccolán reakciótermékek a pernye felületén, gőzölt pernyebetonban

A mész felhasználási területei:

- falazó- és vakoló habarcscok
- sejt betonok készítése (pórus beton)
- talajszilárdítás (stabilizálás)
- mészhomok téglá
 - égetett mész + kvarchomok együttörlése
 - keverés, préselés, autoklávozás (CSH)
- cementgyártás (mészkő + agyag)
 - (cement-kiegészítő adalék)
- meszelés
- mész kötő- és adalékanyagú vakolóhabarcs



Építési gipsz

Előállítás gipszkőből:



forgókemence, autokláv (110 ÷ 180C°)

Esztrich gipsz (> 600C°): $\text{CaSO}_4 + \text{CaSO}_4 \times \text{CaO}$

lassú szilárdulás, 30 N/mm²

REA gipsz (füstgázok mészköves kénmentesítésekor)

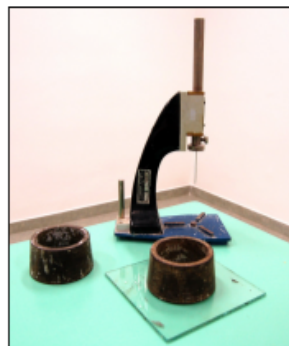
Gipsz szilárdulása és tulajdonságai



- Tulajdonságai:
- + gyors kötés és szilárdulás
 - + közepes szilárdság
 - + alacsony testsűrűség
 - + jó hőszigetelő képesség
 - + tűzállóság
 - magas vízfelvétel, oldódás, nem fagyálló
 - betonacél korrózió (pH < 9)

A gipsz minősítő tulajdonságai:

- őrlési finomság 0,2 mm szitán
(I. II. III.) durva, középfinom, finom
- kötési idő kezdete és vége (A B C)
(Vicát-készülék, 2 ÷ 20 perc) $\Rightarrow$
- gyorsan-, közepesen- és lassan kötő
- nyomószilárdság, hasábon (G-2 .. G-25)



Gipsz építőipari felhasználása:

- díszítőelemek, műmárvány
- hő- és hangszigetelő anyagok
- portlandcement kötőszabályozása
- fémszerkezetek tűzvédelmi burkolata
- gipszkarton szárazépítési rendszer
(válaszfalelem, falburkolat, álmennyezet)
- gipszes habarcsok kötőanyaga

Erőműi pernyék

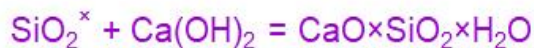
Erőműi pernyék:

- keletkezése és tárolása
- pernyék kémiai összetétele

Gyengén hidraulikus kötőanyagok

- mésszel aktivizálhatók
- nagy az utószilárdulásuk

Cementszerű kötés és szilárdulás:



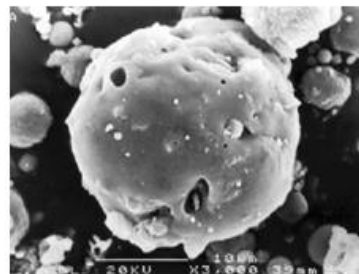
- puccolánreakció termékek

A puccolán reakció feltételei:

- reakcióképes SiO_2^x és Al_2O_3
- magas C° és nyomás (autokláv)

Pernyebeton építőipari alkalmazása

- hidraulikus cement-kiegészítő
- pernye gázbeton falazóelemek (MÁTRA, radioaktivitás!)
- pernyebetonos pincetömedékelés



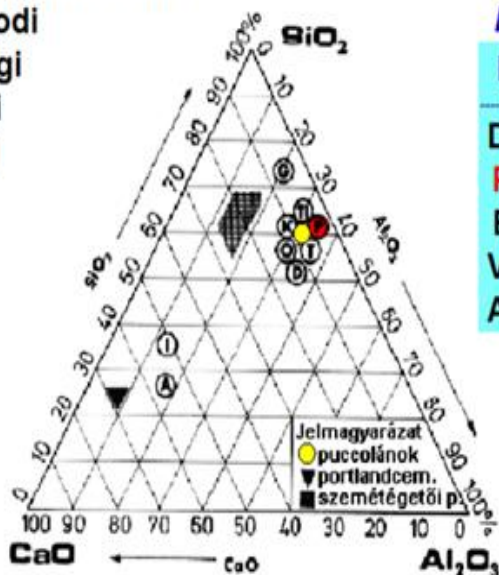
G - gyöngyösvisontai

K - borsodi

D - dorogi

P - pécsi

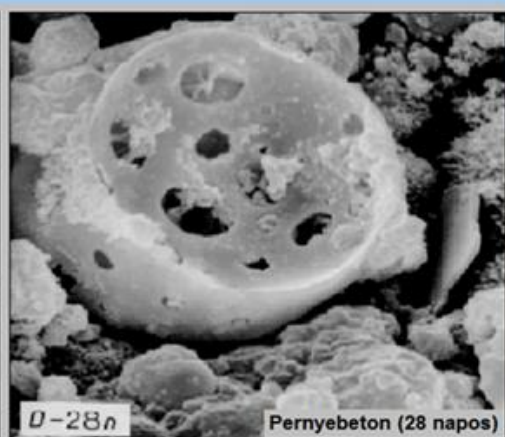
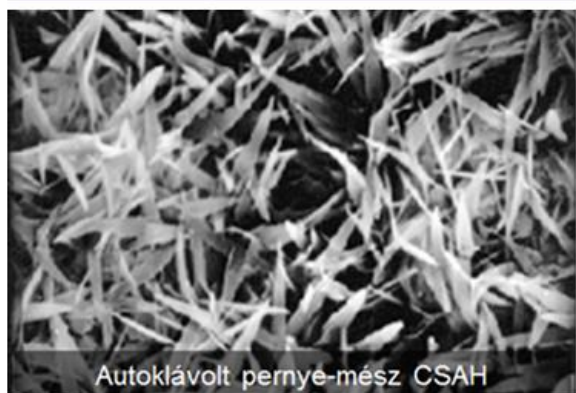
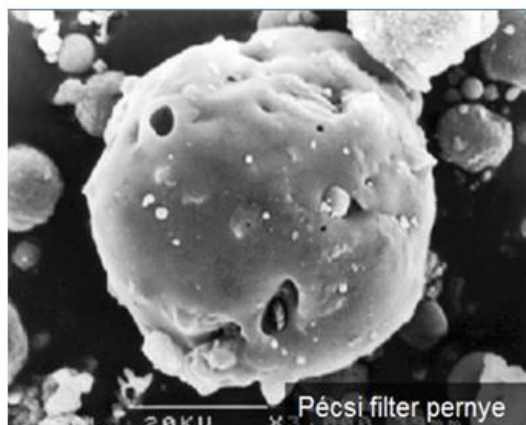
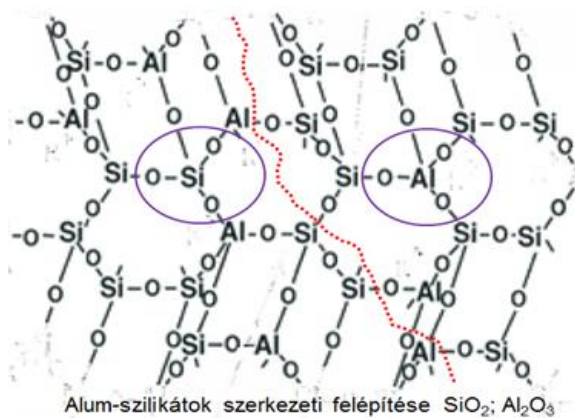
A - ajkai



Erőművi pernyék oxidos összetétele

Pernye	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	CaO%	SO ₃ %
Dorogi	40-44	28-32	6- 8	1- 2
Pécsi	50-56	24-34	1- 4	0- 1
Borsodi	49-55	21-28	5-10	1- 3
Visontai	56-60	16-18	5- 7	2- 6
Ajkai	19-25	15-26	35-43	4-10

Erőművi pernyék elhelyezkedése a háromösszetevős rendszerben



Cementek

Finomra őrölt hidraulikus kötőanyagok, vízzel péppé keverve, levegőn és víz alatt is kőszerűen megszilárdulnak.

Cementek osztályozása: (portland, aluminát, különleges)

1. Portland (szilikát) cementek:

- 80% mészkő + 20% agyag (zsugorodási hőmérsékleten égetik, klinker)
- klinker + 4 ÷ 6% gipszkő (együtt őrölve)
- kohósalak és pernye hidraulit (10 ÷ 40%)
- mészkő őrlemény (kiegészítő adalékanyag)
- hidratációkor stabil vegyületek keletkeznek: $3\text{CaO} \times 2\text{SiO}_2 \times 3\text{H}_2\text{O}$

2. Aluminát cementek:

- mészkő + bauxit-, ill. timföld nyersliszt
- bauxit cementben 40% CaO és 40% Al_2O_3
- gyors hidratáció, nagy kezdőszilárdság
- instabil vegyületek is keletkezhetnek

3. Különleges cementek:

- különleges tulajdonság (pl. gyorskötő)
- eltérő összetétel (szulfátálló, duzzadó)
- kiegészítő anyagok (légbuborék képző)

Portlandcement gyártása

A cementgyártás fázisai (gyártástechnológia)

1. Nyersanyag termelés

- mészkő és agyag fejtése
- törés és őrlés

2. Nyersanyag előkészítés

- száraz eljárás (törés, lisztte őrlés)
- nedves eljárás (iszappá őrlés)
- homogenizálás, granulálás

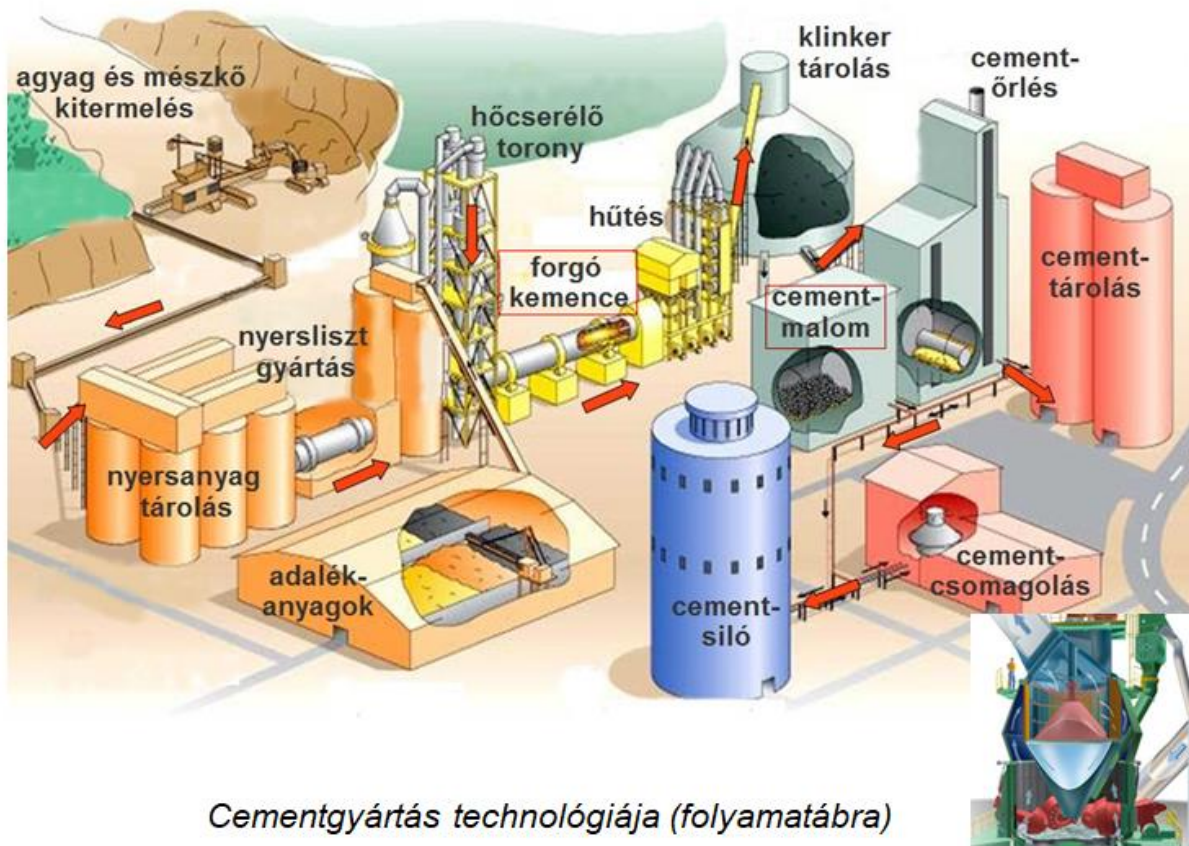
3. Klinkerégetés (forgókemencében)

- szárítás, előmelegítés (hőcserélő)
- zsugorítás ($1450 \div 1550 \text{ C}^\circ$) olvadékfázis
- hűtés (200 C°) üveges olvadék

4. Cement őrlése

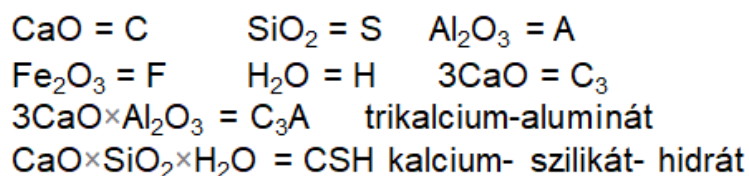
- golyósmalom, vertikális görgős malom
- klinker + gipszkő + hidraulitok
- fajl. felület: $240 \div 400 \text{ m}^2/\text{kg}$ Ø $5 \div 30 \mu\text{m}$



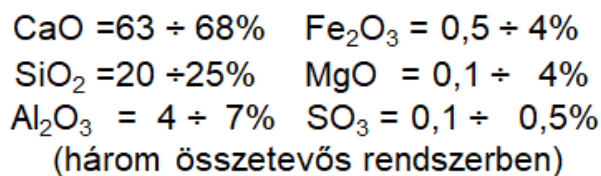


A cement kémiai és ásványi összetétele

Szilikátkémiai rövidítések (jelölések):

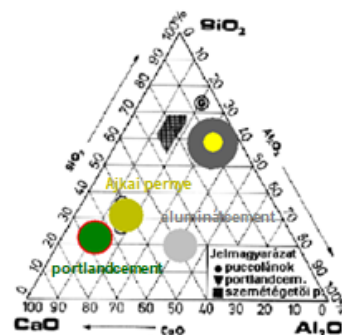


Cementklinker oxidos összetétele:



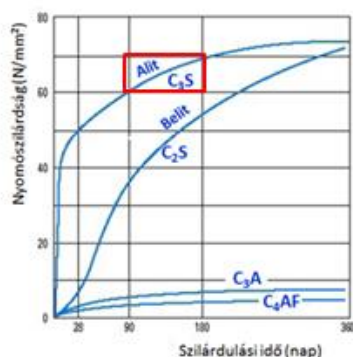
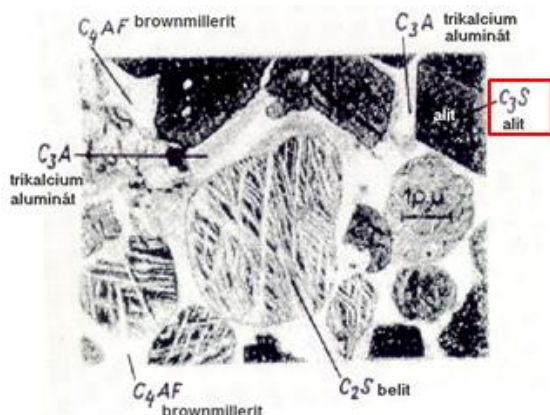
Portlandcement AM aluminát modulusa

$$\text{AM} = \text{Al}_2\text{O}_3 / \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,6 \div 3,5 (0,54)$$



Portlandcement klinkerásványai:

$3\text{CaO} \times \text{SiO}_2$ (alit)	C_3S 37 ÷ 60%
nagy kezdőszilárdság, hidratációs hő	
$2\text{CaO} \times \text{SiO}_2$ (belit)	C_2S 15 ÷ 37%
lassan szilárdul, kicsi hidratációs hő	
$3\text{CaO} \times \text{Al}_2\text{O}_3$ (trikalcium-aluminát)	C_3A 10 ÷ 12%
növeli a zsugorodást és a duzzadást	
$4\text{CaO} \times \text{Al}_2\text{O}_3 \times \text{Fe}_2\text{O}_3$ (brownmillerit)	C_4AF 8 ÷ 10%
kémiai ellenálló képességet növeli	



Klinkerásványok szilárdulása

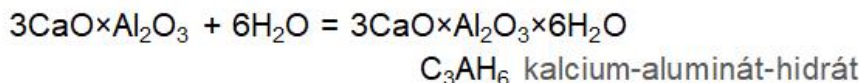
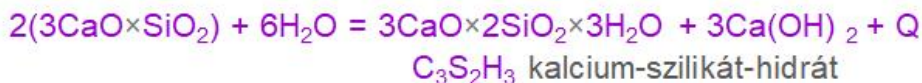
Cementek szilárdulása

A cement hidratációja:

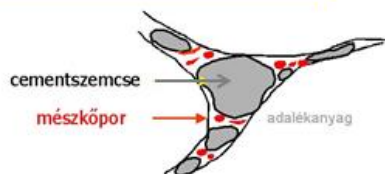
- a cement kémiai reakciója vízzel
 - a klinkerásványokból hidrátok keletkeznek
 - a kémiai reakció termékei (kristályok) összekötik a cementszemcséket (kötőerő)
- hidratáció > kötés > szilárdulás (cementkő)

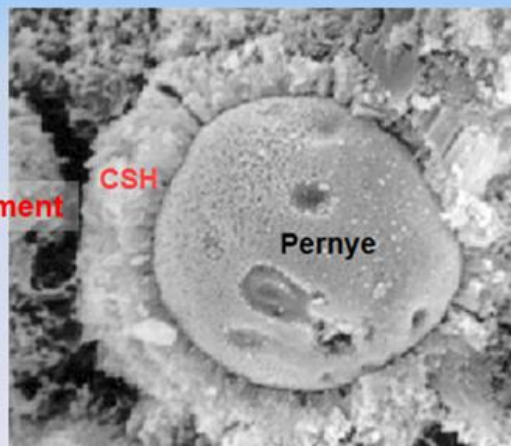
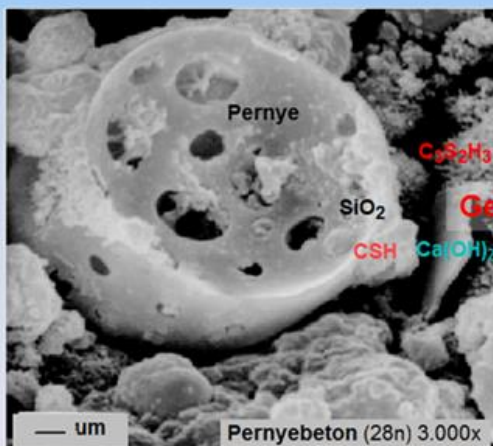


Klinkerásványok reakciója vízzel:

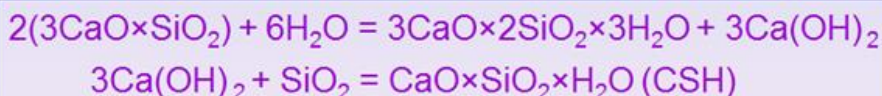


A cement hidratációs termékek kifejlődése
Mészköliszt adalékos cementek
Pernye adalékos cementek hidratációja





Pernyeadalékos cement hidratációs folyamatai

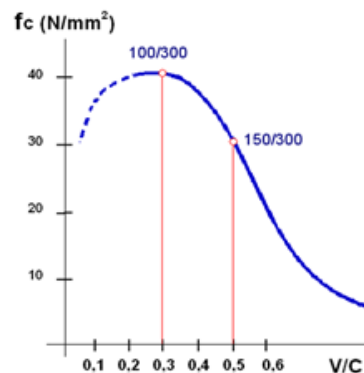


Puccolán reakció

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

A cementhidratáció fő jelenségei:

- kolloidális oldat keletkezik ($h = 10\mu\text{m}$)
- cement felületén gél réteg jön létre
- gél rétegből kristályok válnak ki, átfonódás
- 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) $\rightarrow \text{pH} \geq 11,2$



V/C hatása a beton nyomószilárdságára

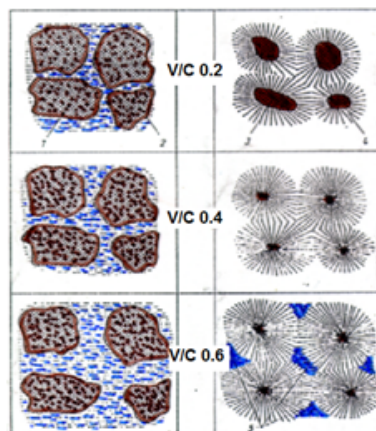
A cementszilárdulás hatásai:

- csökken a kapillaris porozitás
- hidratációs hő keletkezik
- kötés lassítás és gyorsítás
- a cement utószilárdulása

V/C hatása a cement hidratációjára

Vízcement tényező (V/C):

víz és a cement tömegaránya



Portlandcementek tulajdonságai

1. Őrlési finomság

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

2. Kötési idő

- Vicat féle készülék (kezdeti és vége)
- betontechnológiai szempontok ($45p \div 120$)
- 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: $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}$
- 1/3 cement/homok V/C=0,5 képlékeny
- 28 napos hajlító- és nyomószilárdság
CEM II/A-V 32,5N $f_{ck} = 32,5 \text{ N/mm}^2$



Cementek fajtái és jelölései

Cementek jelölése:

CEM I 52,5 N
CEM II/A - S 42,5 N
CEM II/A - V 32,5 R-S*
CEM II/B - M(V-L) 32,5 N
CEM III/B - S 32,5 N

CEM - Európai cement

I; II; III - cement fajta: I portland cement

II kohósalak-, pernye- mészkő pc.

III kohósalak cement

N - normális szilárdulás

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

S; V; P - kohósalak, pernye, puccolán (hidraulit)

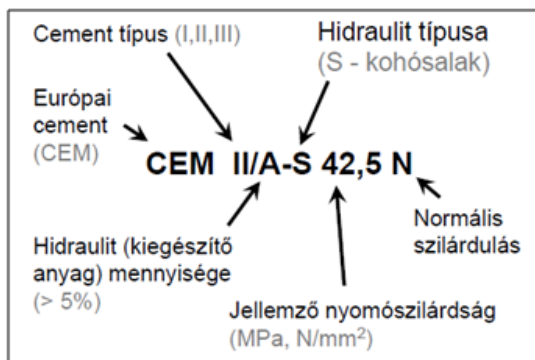
M(V-L) - kompozit (pernye-mészkő)

L - mészkő (cementhelyettesítő)

42,5 - jellemző nyomószilárdság (N/mm^2)

R - nagy kezdőszilárdság (Rapid)

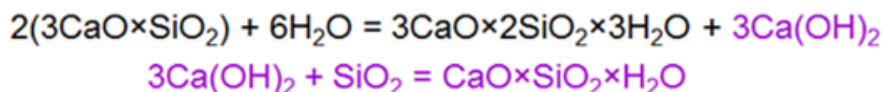
S* - szulfátálló (AM = 0,54)



A cementek kiegészítő (töltő) anyagai

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

Puccolán reakció:



Alkalmazásukkal a cementet részben helyettesítik.

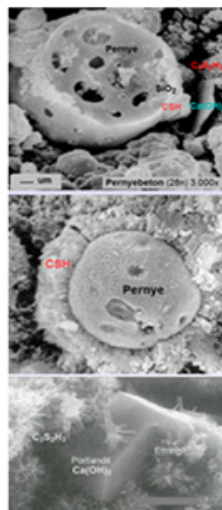
Figyelembe kell venni a „k” hatékonyságukat:

(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 puccolánc
- 1,0 szilikapor
- 1,0 metakaolin (2,0)



Cementek megnevezése az EN 197-1 szerint:

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

CEM II/A-V 42,5 R-MSR mérsékelten szulfátálló pernye-portlandcement

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
kompozit-portlandcement

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.

CEM III/B-S32,5 N-LH/SR kis hidratációs hőfejlesztésű, szulfátálló kohósalak

CEM IV/A-P32,5 SR szulfátálló puccolán cement

CEM IV/A-P32,5 N-SR természetes puccolánt tartalmazó
szulfátálló puccoláncement

CEM V/A-(S-V)32,5 N szokásos kezdőszilárdságú, 32,5 szilárdsági osztályú,
gran. kohósalakot (S) pernyét (V) tartalmazó kompozit cement

Betonok adalékanyagai

Különböző szemnagyságú kőanyagok halmaza

- folyami homokos kavics
- zúzalék (mészkő, bazalt)
- könnyű betonok adalékanyagai
- mesterséges, ipari hulladékok (kohósalak)



Szemnagyság szerinti csoportosítás:

- | | |
|---------------------|------------------------|
| - agyag | < 0,002 mm (2 μ m) |
| - iszap | 0,002 ÷ 0,02 mm |
| - por | 0,02 ÷ 0,063 mm |
| - homokliszt | 0,063 ÷ 0,125 mm |
| - finom homok | 0,125 ÷ 1 mm |
| - durva homok | 1 ÷ 4 mm |
| - apró kavics | 4 ÷ 8 mm |
| - durva kavics | 8 ÷ 32 mm |
| - nagy szemű kavics | > 32 mm |



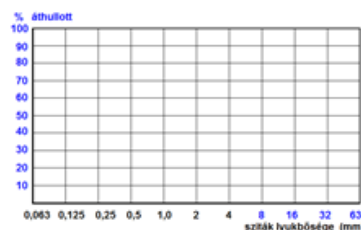
Az adalékanyag tulajdonságai:

- szilárdság (szétaprózódás)
- agyag-iszap tartalom: $f < 1\%$, 3% , 6% , Cl^- , S
- tömegjellemzők (halmazsűrűség, hézagterfogat)
- szemalak és felület (gömb, zömök, lemezes)
- víztartalmi jellemzők ($n\%$, $n_f\%$, $v\%$, $v_{16}\%$)



Adalékanyagok szemszerkezeti tulajdonságai

- szemmegoszlás (szemmegoszlási görbe)
- legnagyobb névleges szemnagyság d_{max}
- finomsági modulus (m)
- szemmegoszlási görbe lefutása (jellege)



Szemmegoszlás meghatározása szitavizsgálattal

szitasorozat: 0,063 0,125 0,25 0,5 1, 2, 4 mm
rostasorozat: 8 16 32 63 125 mm

- adalékanyag kiszárítása (10.000 g)
- rostálás, szitákon fennmaradt anyag $m\%$
- számítás (áthullott tömeg $m\%$)
- szemmegoszlási görbe (megrajzolása)

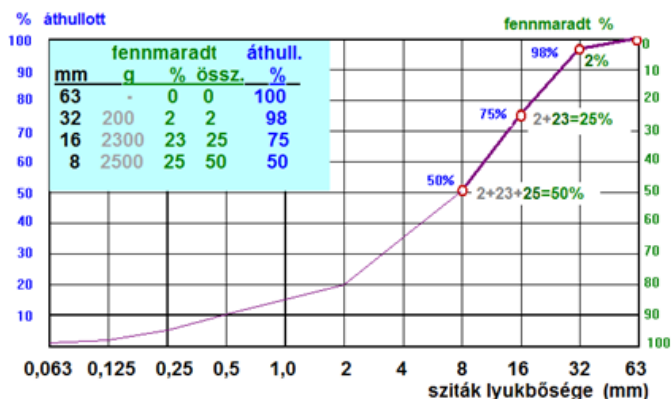


fennm.		
mm	g	%
63	-	0
32	200	2
16	2300	23
8	2500	25
4	1500	15
2	1500	15
1	500	5
0,5	500	5
0,25	500	5
0,125	300	3
0,063	100	1
0,00	100	1
-	10.000	100

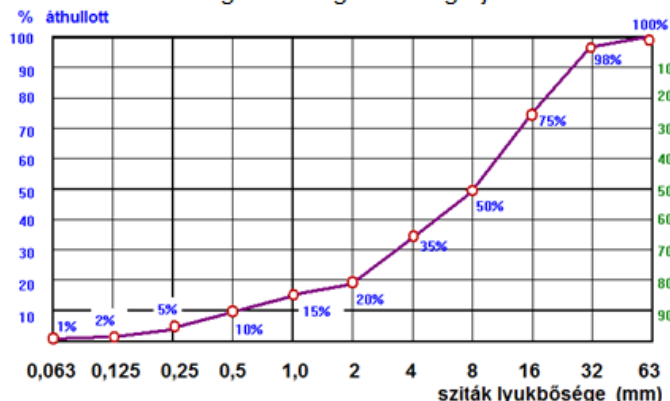
Szítavizsgálat alapján
mért- és számított értékek:

mm	fennm.	áthull.	%
	össz.		
63	0	0	100
32	2	2	98
16	23	25	75
8	25	50	50
4	15	65	35
2	15	80	20
1	5	85	15
0,5	5	90	10
0,25	5	95	5
0,125	3	98	2
0,063	1	99	1
0,00	1	100	0
-	100		

A rostákon és szítákon
áthullott adalékanyag m%-ban

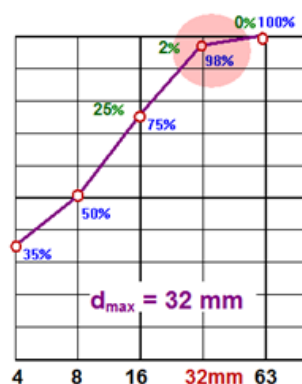
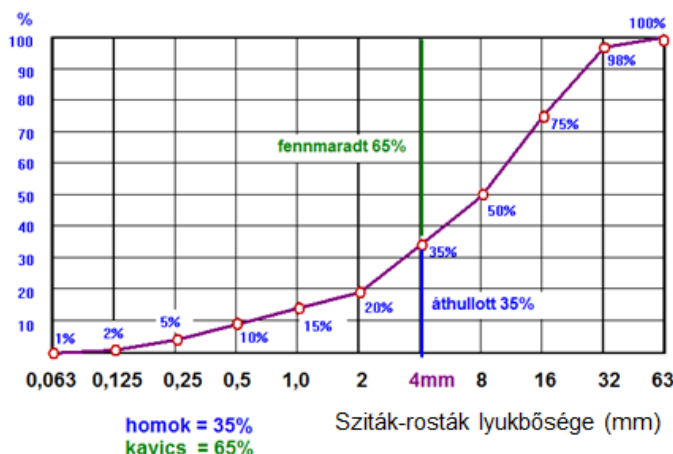


Szemmegoszlási görbe megrajzolása



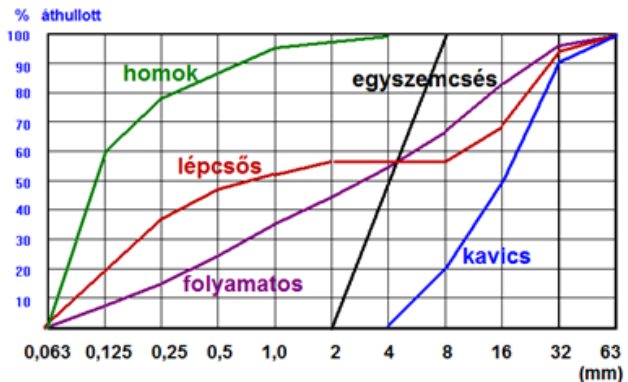
A szemmegoszlási görbe jellemzői és minősítése

1. Homok- és kavicsstartalom m% aránya a 4 mm rosta értéknél
2. d_{max} . legnagyobb névleges szemnagyság:
 - rosta méret (fennmaradt m% < 5%)
 - a legkisebb szerkezeti méret 1/3, 1/4
 - a betonacél távolság között áthullik 90%
 - feszített vb. szerkezet: $d_{max} < 24$ mm



3. Szemmegoszlási görbe (grafikon) lefutása:

- folyamatos
- lépcsős
- egyszemcsés
- homok és kavics



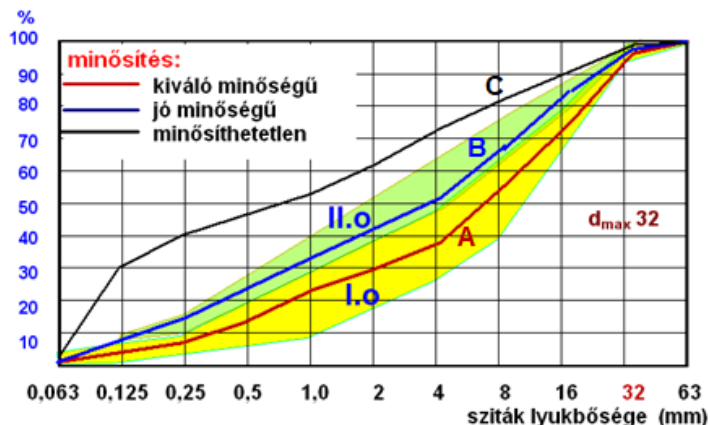
4. Betontechnológiai jellemzők:

- hézagterfogat ($225 \div 300 \text{ liter/m}^3$)
- fajlagos felület (vízigény)
- cementpép igény (telítettség)
- finomrész tartalom ($< 0,25 \text{ mm}$) $> 400 \text{ kg/m}^3$
cement + agyagiszap + por + liszt + finomhomok
- finomrész hiány pl. mosott osztályozott adalékanyag
zsugorodási feszültség ---> repedések

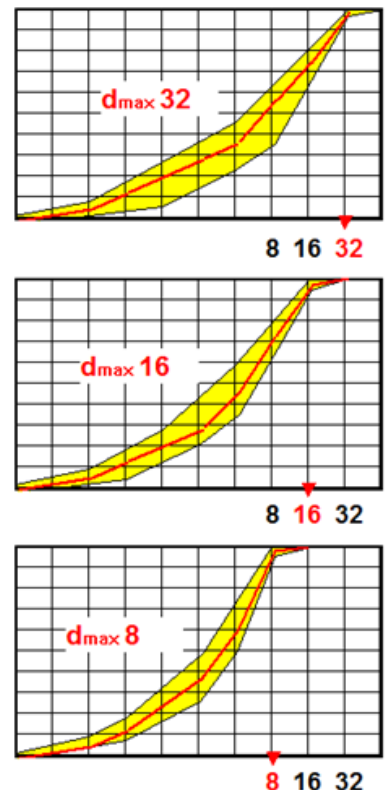
A szemmegoszlás minősítése

Minősítés határgörbék alapján:

- I. oszt. kiváló minőségű
- II. oszt. jó minőségű
- minősíthetetlen



Határgörbék d_{max} szerint:

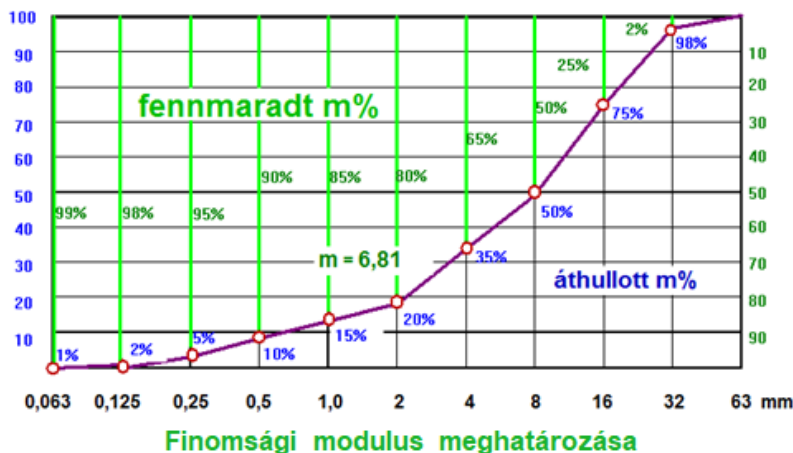


Minősítés finomsági modulus alapján:

- a szitákon fennmaradt m % -ok összege/100
- finomsági modulus „m” értelmezése

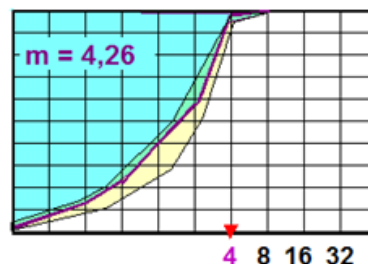
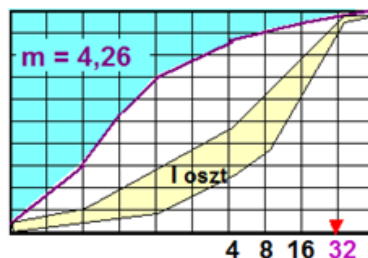
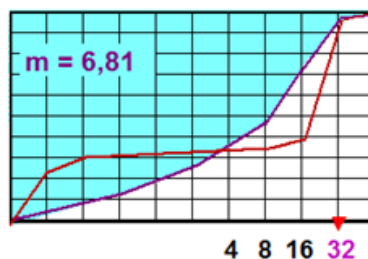
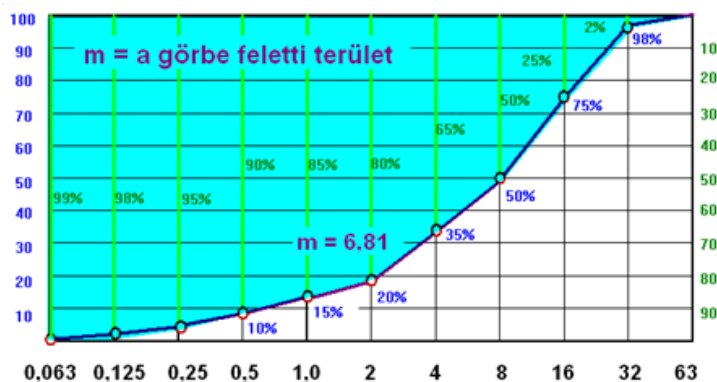
A szitákon
fennmaradt m%:

63 mm	0%
32	2
16	25
8	50
4	65
2	80
1	85
0,5	90
0,25	95
0,125	98
0,063	99
	681%



finomsági modulus: $m = \text{fennmaradt m\%} / 100 = 681 \% / 100 = 6,81$

Finomsági modulus „m” értelmezése



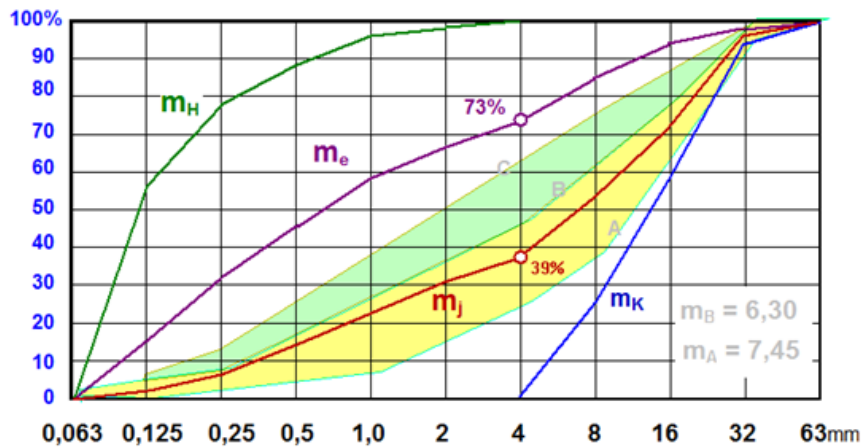
A szemmegoszlás jellemzésére

- megadandó:
- a görbe lefutásának minősége
 - m (finomsági modulus)
 - dmax

Szemmegoszlás javítása

A szemmegoszlás javításának módszerei:

1. Méreten felüli szemcsék leválasztása
2. Hiányzó frakció pótlása
3. Homok, illetve kavics hozzákeverése
4. Homok és kavics frakcióra bontással, és megfelelő arányú keveréssel
5. Előírt szemmegoszlás előállítása több frakcióból



Szerkesztés menete:

- eredeti szemmegoszlás modulusa: $m_e = 4,2$
- szétválasztás: H és K homok m_H kavics m_K
- követelmény görbe modulusa: $m_j = 6,8$
- új keverési arányok kiszámítása: a_H, a_K
- javított szemmegoszlás ellenőrzése: m_j

$$\begin{aligned} m_e &= 4,2 \\ m_H &= 2,8 \\ m_K &= 8,4 \\ m_j &= 6,8 \end{aligned}$$

$$a_H + a_K = 1 \quad 100\%$$

$$a_H \cdot m_H + a_K \cdot m_K = m_j \times 1$$

$$a_H = \frac{m_K - m_j}{m_K - m_H} = 0,39 \quad \begin{aligned} a_H &= 39\% \\ a_K &= 61\% \end{aligned}$$

Homok és kavics frakcióra bontással

Frissbeton

Betonkeverék: - megkevert nyers beton
- cementkötés még nem észlelhető
- zsaluzatba még nem dolgozták be

Frissbeton: - betömörített kiindulási anyag
- tulajdonságai befolyásolják
a megszilárdult beton tulajdonságait

A betonkeverék jellemzői: - keverési arány
- víz-cement tényező
- bedolgozási tényező
- konzisztencia

Keverési arány: A betonalkotók tömegaránya,
a cement tömegéhez viszonyítva
cement : víz : adalék = 1 : 0,5 : 5

Víz-cement tényező

A víz és a cement tömegének aránya: $X = V/C$

$$V = V_{\text{kev.}} + V_{\text{ad.fel.}} - V_{\text{ad.1ó.}} - V_{\text{pár.}} \text{ (lit./m}^3\text{)}$$

$V_{\text{kev.}}$ - betonkeveréshez használt víz

$V_{\text{ad.fel.}}$ - nedvesség tartalom V_f m%

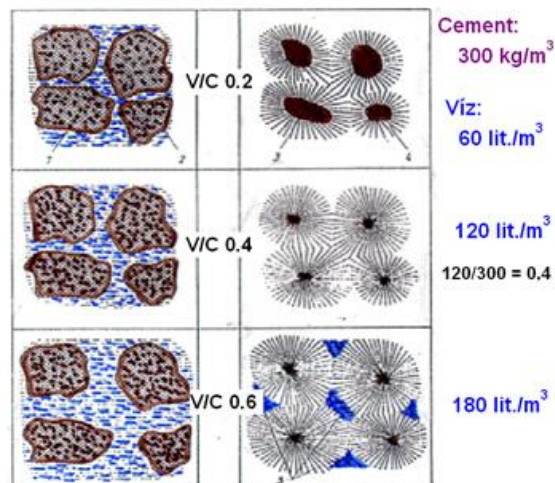
$V_{\text{ad.1ó.}}$ - 1órás vízfelvétel m%

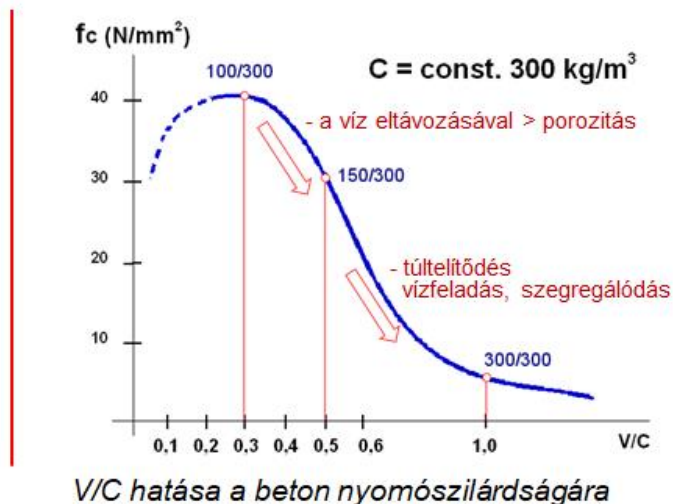
$V_{\text{pár.}}$ - párolgási veszteség (lit./m³)

C = cement tömege kg/ m³

A víz-cement tényező hatása:

- a cement hidratációjára
- a beton szilárdságára
- a beton zsugorodására





Bedolgozási tényező (β):

$$\beta = V_{\text{láda(adalék)}} / V_{\text{frissbeton}} > 1,2$$

Befolyásolják: - adalékanyag hézagterfogata
- konzisztencia (víz mennyisége)
- bedolgozás mértéke (levegő)

$$C \text{ tömörítési mérték} = V_{\text{lazabeton}} / V_{\text{tömörbeton}}$$



Utólagos vízadagolás és átkeverés káros hatása a beton tulajdonságaira

A frissbeton konzisztenciája

Konzisztencia:

- a friss betonkeverék mozgékonyága
- bedolgozási munkaigénye, folyékonyága
- mérőeszkővel vizsgálva, számszerű adat

Konzisztenciák jelölései:

~~AFN~~ - alig földnedves
~~FN~~ - földnedves
~~KK~~ - kissé képlékeny
~~K~~ - képlékeny
~~F~~ - folyós
~~Ö~~ - önthető



Konzisztencia meghatározása (mérő eszközök):

- | | |
|---|----------------------------|
| ① Abrams-féle roskadásmérő kúp | (S - roskadási mérték, mm) |
| ② Területst mérő ejtő asztal | (F - területi mérték, mm) |
| ③ Vebe méter, vibrációs átformálási idő | (V- átformálási idő, sec) |
| ④ Walz-féle tömörítés mérő edény | (C - tömörítési mérték) |



Konzisztencia	MSZ 4714 szerint	Konzisztencia osztályok MSZ 4798-1 szerint	
	Roskadás (mm)	Roskadási osztályok	Roskadási mérték, mm
1	KK 20 - 40	S1	10 - 40
	K 41 - 100	S2	50 - 90
	F > 100	S3	100 - 150
	Ö	S4	160 - 210
		S5*	220 ≤
	Terülés (cm)	Területi osztályok	Területi mérték, mm
2	FN < 35	F1*	≤ 340
	KK 36 - 42	F2	350 - 410
	K 43 - 50	F3	420 - 480
	F > 50	F4	490 - 550
	Ö	F5	560 - 620
		F6*	630 ≤
	Átformálás (sec)	VEBE osztályok	VEBE-méretes átformálási idő, s
3	AFN	V0*	≥ 31
	FN 50 - 21	V1	30 - 21
	KK 20 - 8	V2	20 - 11
	K 7 - 3	V3	10 - 6
		V4*	5 - 3
	Tömörítés	Tömörítési osztályok	Tömörítési mérték
4	FN 0,70 - 0,5	C0*	≥ 1,46
	KK 0,76 - 0,6	C1	1,45 - 1,26
	K 0,86 - 0,7	C2	1,25 - 1,11
	F 0,93 - 0,8	C3	1,10 - 1,04

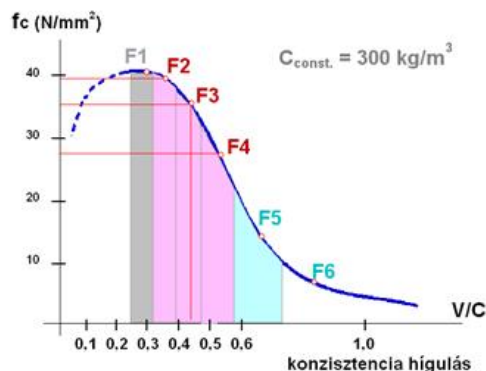
<u>Konzisztencia osztályok:</u>	AFN	FN	KK	K	F	Ö
Roskadási osztályok:		---	S1	S2	S3	S4 S5
Területi osztályok :	---	F1	F2	F3	F4	F5 F6
VEBE osztályok :	V0	V1	V2	V3	V4	--- ---
Tömörítési osztályok:		C0	C1	C2	C3	--- ---

Konzisztenciát meghatározzák:

- az alkalmazott tömörítési módszer
- vb. szerkezet mérete, alakja
- a vasalás sűrűsége
- zsaluzat (fém, fa, műanyag)

Konzisztencia hatása:

- a beton szilárdságára
- a beton bedolgozhatóságára



A bedolgozott frissbeton jellemzői

Készítési testsűrűség: ρ_t (friss)

$$\rho_t \text{ (friss)} > \rho_t \text{ (légszáraz)} > \rho_t \text{ (száraz)}$$

2380 kg/m³ 2320 kg/m³ 2290 kg/m³

Betonösszetétel: - tervezett és tényleges
- tömeg és térfogat szerinti

300 kg C
150 lit V
1.930 kg A
2.380 kg Σ

Eltávozott: 90 l víz
Cementkőben
lekötve: 60 l víz

A beton térfogat szerinti összetétele:

$$V_{\text{víz}} + V_{\text{cem}} + V_{\text{ad}} + V_{\text{lev}} = 1000 \text{ liter}$$

Víztartalom (1 kg/lit)	:	183 kg	183 lit
Cementtartalom (3,1 kg/lit)	:	367 kg	118 lit
Adalékanyag (2,63 kg/lit)	:	1.830 kg	694 lit
Levegőtartalom (5-20 lit/m ³)	:	-	5 lit
Összesen	:	2.380kg/m³	1.000 lit

A beton levegőtartalmát befolyásolják:

- a konzisztencia
- a bedolgozás mértéke
- a szemszerkezet hézagterfogata (V_h)
- a cementpép telítettsége

Zöldszilárdság:

- kohézió 0,2 ÷ 0,5 N/mm²
- S1, F1 betonok
azonnali kiszaluzása
- zsaluzat nélküli
betonelem gyártás



Szétosztályozódás: - adalékanyag leülepedése szállításkor
- szegregálódás zsaluzatba öntéskor
- cementlé felúszása vibrálásakor

Zsugorodás: plasztikus és kiszáradási (repedések)

A frissbeton telítettsége

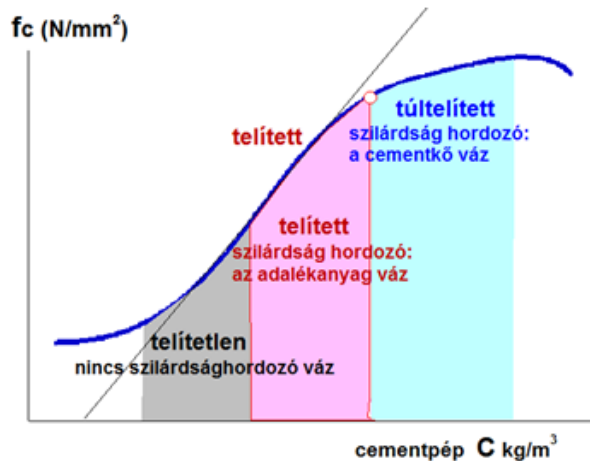
Telítettség mértéke:

- telítetlen beton (telítettség < 100%)
- telített beton (telítettség = 100%)
- túltelített beton (telítettség > 100%)

A telített frissbetonban a cementpép:

- az adalékanyag-váz hézagait éppen kitölti
- adalékanyag szemcsék felületét bevonja

*Telítettség hatása
a beton szilárdságára*



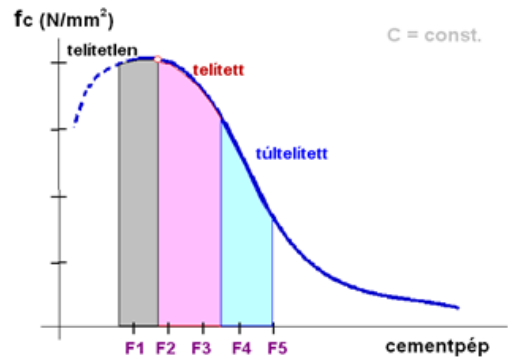
*Telítettség hatása
a beton konzisztenciájára*

Az adalékanyag hézagterfoglata
szemszerkezettől függően:

$$V_h = 220 \div 300 \text{ lit./m}^3$$

Telítetlen beton: cementpép hiány (%)

Túltelített beton: cementpép többlet (%)

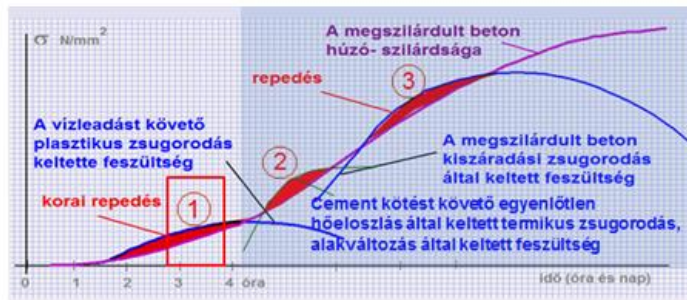


Követelmény:

A cementmárkát, a beton szilárdságához kell igazítani

- nagyszilárdságú C30/37 betonhoz CEM 52,5
CEM 32,5 alkalmazásával túltelített beton
- alacsony szilárdságú C8/10 betonhoz CEM 32,5
CEM 52,5 alkalmazásával telítetlen beton
- optimális cementpép mennyisége: kb.: 250 lit./m³
- optimális cementmennyiség : kb. 300 kg/m³

Frissbeton zsugorodása és repedése



- ① **Plasztikus zsugorodás**
 - gyors vízvesztés
 - töppedés,
- ② **Termikus zsugorodás**
 - hőmérséklet különbség
 - alakváltozás 10 óra ÷ 1 hét
- ③ **Száradási zsugorodás**
 - víz eltávoztása
 - térfogat csökkenés

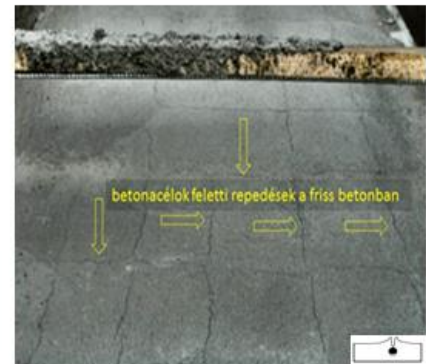
A beton kötése- és szilárdulása közbeni zsugorodási jelenségek

A korai (plasztikus) zsugorodást kiváltó okok:

- túlzott vízadagolás (magas V/C)
- a gyors vízvesztést követő térfogatváltozás
- cementpép túltelítettség (magas C)
- túlzott idejű keverés (> 2 óra és átkeverés)

Védelem:

- utóvibrálás
- fólia takarás
- felületi bedörzsölés



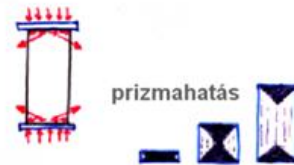
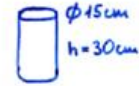
Repedések rehabilitációja és repedés mentes betonfelületek készítése

Betonok jelölése és minősítése

A **B280** és **C25/30** jelölések értelmezése:

- dimenzióváltozás (kp/cm^2 , N/mm^2)
- próbatestek alakja és mérete változott
- átlagszilárdság helyett minősítő szilárdság
- szórás érték (σ) figyelembevétele

Nyomószilárdság: f_c N/mm^2

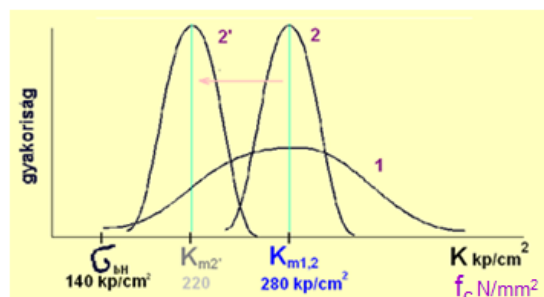
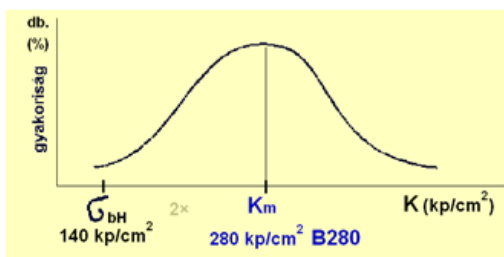


A próbatestek alakjának és méretének hatása a szilárdságra

A beton minősítése:

1. Átlagszilárdság alapján pl. **B280**

K_m – átlagszilárdság betonkockán mérve

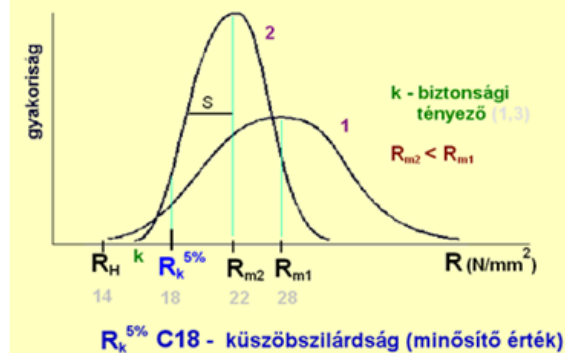


2. Minősítő szilárdság alapján ➡

pl. **C18**

$R_k^{5\%}$ - 5% küszöbszilárdság

- hengeren meghatározva
- S (szórás) figyelembevétele



$R_k^{5\%}$ **C18** - küszöbszilárdság (minősítő érték)

3. Előírt, jellemző nyomószilárdság alapján pl. **C30/37**

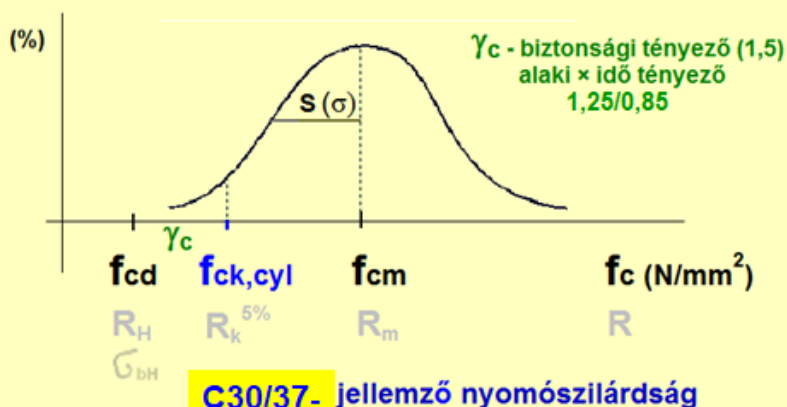
$f_{ck, cyl, cub}$ (karakterisztikus érték, henger/kocka)

f_c - a beton nyomószilárdsága

f_{cd} - tervezett nyomószilárdság (számítási érték)

$f_{ck, cyl}$ - a beton jellemző (előírt) nyomószilárdsága
5% - os alulmaradáshoz tartozó
karakterisztikus érték, hengeren vizsgálva

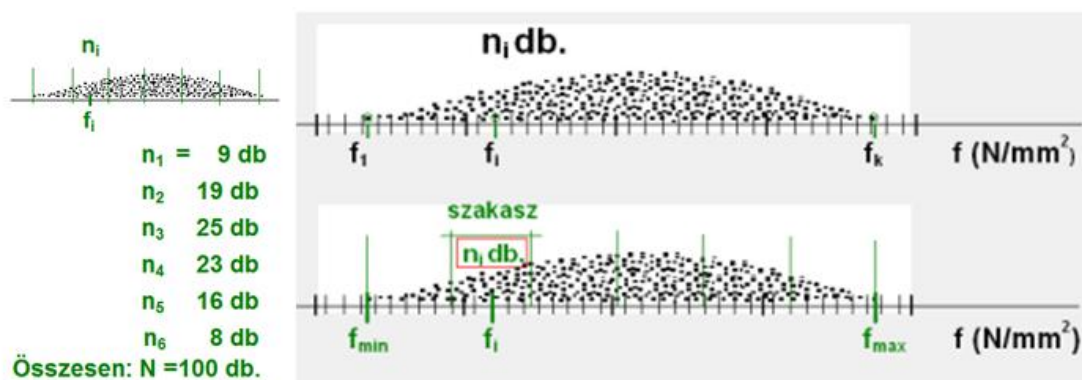
f_{cm} - a beton átlagos nyomószilárdsága



Sűrűség és eloszlás függvény

Gyakoriság vizsgálat:

$f_1 \dots f_i \dots f_k$ f_i - szilárdság N/mm²
 $n_1 \dots n_i \dots n_k$ n_i - előfordulás (db)

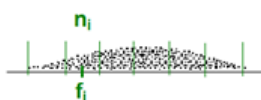


Vizsgálati eredmények kiértékelése

Sűrűség függvény (relatív gyakoriság)

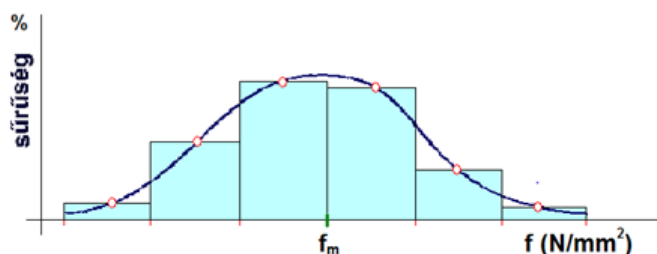
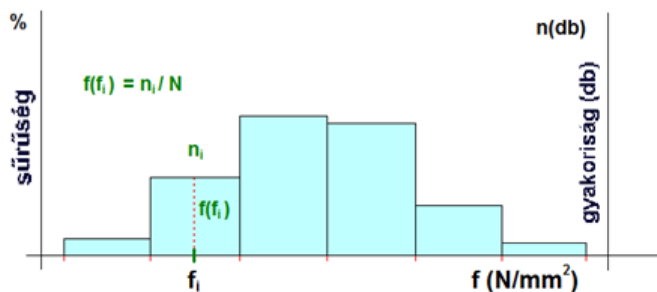
$$f_1 = n_1 / N \dots f_i = n_i / N$$

N - vizsgálat száma, összes db.



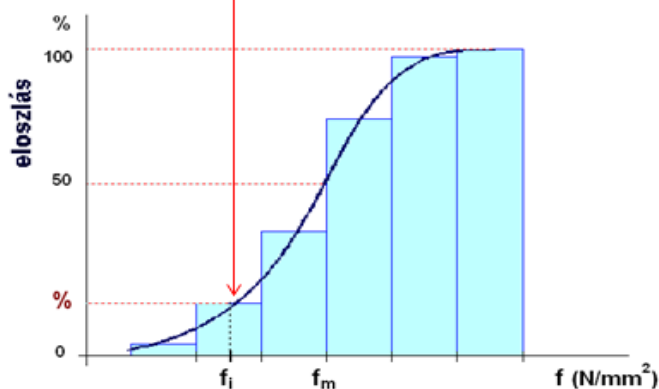
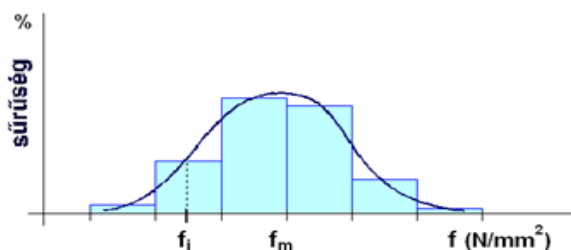
$n_1 = 9$ db
 $n_2 = 19$ db
 $n_3 = 25$ db
 $n_4 = 23$ db
 $n_5 = 16$ db
 $n_6 = 8$ db

Összesen: $N = 100$ db.



A vizsgálati eredmények gyakorisága és sűrűsége

Sűrűség és eloszlás függvény



A vizsgálati eredmények eloszlása

Jellemző nyomószilárdság

- Gauss-féle haranggörbe
- Student-féle eloszlás
- σ szórás érték

f_{ck} - jellemző nyomószilárdság

5%-os alulmaradási
valószínűséghez
tartozó szilárdság,
karakterisztikus érték

$f_{ck, cyl}$ - hengeren meghatároz.

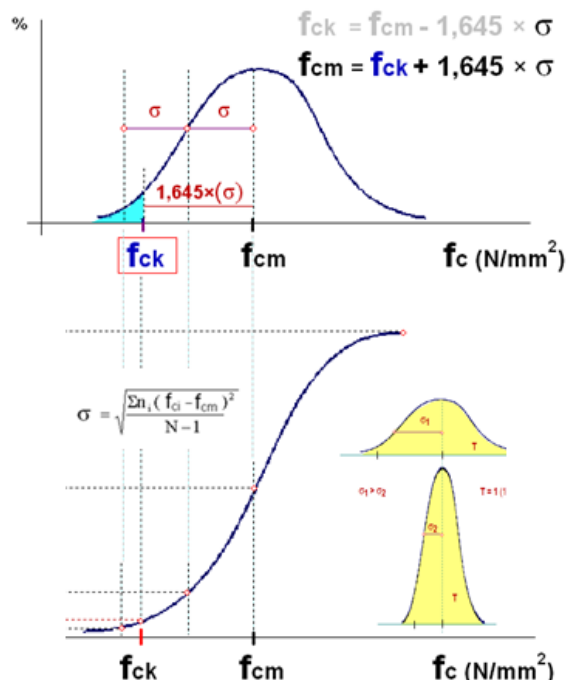
$f_{ck, cub}$ - kockán

f_{cm} - átlagszilárdság

Jellemző nyomószilárdság:

$$f_{ck} = f_{cm} - 1,645 \times \sigma$$

$$f_{cm} = f_{ck} + 1,645 \times \sigma$$



A jellemző- és átlagszilárdság összefüggése

Átlagszilárdság (f_{cm}) meghatározása az f_{ck} értékből

t - darabszám tényező

$N \geq 40$ db. $t = 1,645$

$N = 15$ $t = 1,76$

$N = 10$ $t = 1,81$

$N = 3$ $t = 2,92$

σ - szórás érték:

A m. h. $\sigma = 2 \text{ N/mm}^2$

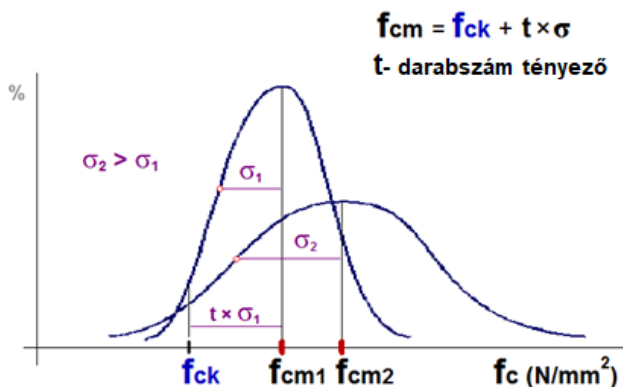
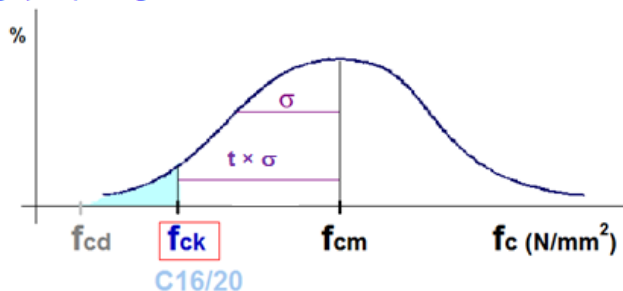
B $\sigma = 4 \text{ N/mm}^2$

C $\sigma = 6 \text{ N/mm}^2$

D $\sigma = 8 \text{ N/mm}^2$

A beton szórás értékét
befolyásolják:

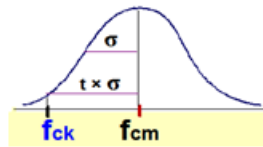
- technológiai fegyelem
- azonos tulajdonságok
- egyenletes minőség



A jellemző nyomószilárdság alkalmazása

Átlagszilárdság (f_{cm}) meghatározása az f_{ck} értékből

MSZ 4798 szerint:



$$f_{cm} = f_{ck} + t_n \times \sigma$$

($t_{Student}$: $t_n \geq 40 = 1,645$)

Egyenletes minőség: $\sigma_1 < \sigma_2$
 $f_{cm1} < f_{cm2}$ és $C_1 < C_2$

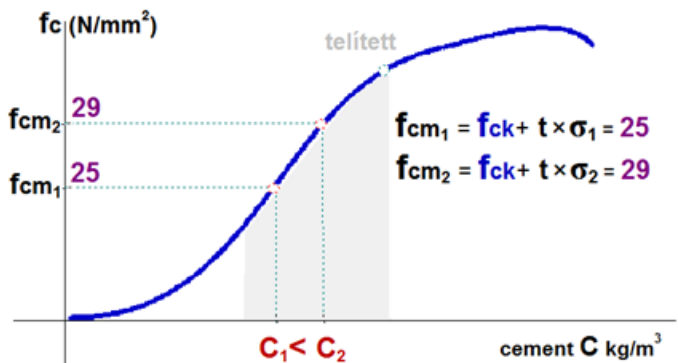
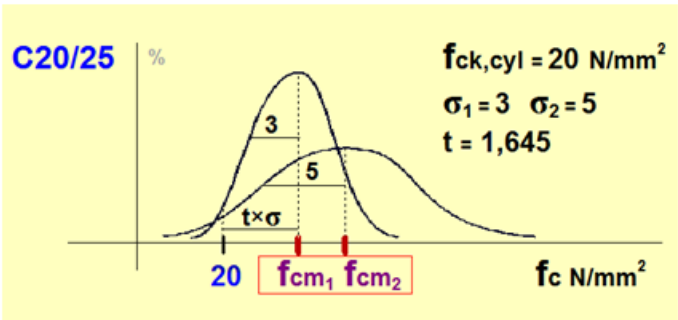
Eurocode 2 szerint:

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 \quad t = 1,645 \quad (\sigma = 5)$$

MSZ EN 206 szerint:

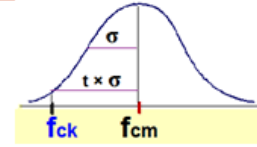
$$f_{cm} = f_{ck} + \lambda_n \times \sigma$$

(λ_{Taerwe} : $\lambda_n \geq 15 = 1,48$)
 Taerwe f. megfeleléség esetén
 $f_{cm} = f_{ck} + 4 \quad (\sigma = 3)$



A szórás (σ) hatása a beton szilárdságára (f_{cm}) és a beton cementszükségletére

MSZ 4798 szerint:



$$f_{cm} = f_{ck} + t_n \times \sigma$$

($t_{Student}$: $t_n \geq 40 = 1,645$) ($\sigma = 4$)

EuroCode 2 szerint:

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 \quad t = 1,645 \quad (\sigma = 5)$$

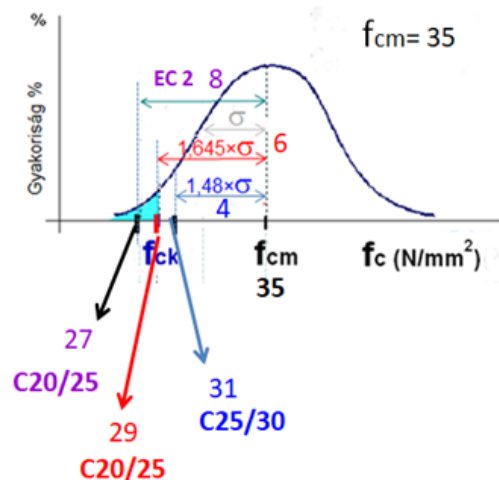
MSZ EN 206 szerint:

$$f_{cm} = f_{ck} + \lambda_n \times \sigma$$

(λ_{Taerwe} : $\lambda_n \geq 15 = 1,48$)
 Taerwe f. megfeleléség esetén
 $f_{cm} = f_{ck} + 4 \quad (\sigma = 3)$

Mintas- szám n	Student- tényező t_n	Taerwe- tényező λ_n
3	2,920	2,67
6	2,015	1,87
9	1,860	1,67
15	1,761	1,48
∞	1,645	

Minősítő szilárdság (f_{ck}) meghatározása az f_{cm} értékből



Az átadó-átvevő kockázata: 70-30% 50-50% 30-70%

Pl.: $f_{cm} = 35$ EuroC 2 $f_{ck} = 35 - 8 \quad 27 \rightarrow 20/25$
 MSZ 4798 $f_{ck} = 35 - 6 \quad 29 \rightarrow 20/25$
 EN 206 $f_{ck} = 35 - 4 \quad 31 \rightarrow 25/30$

A beton jelölése: C35/45 – AC₅₀(H)

A betonok összetételének tervezése

A beton összetételének- és keverési arányának tervezése: (1m^3)

A tervezéskor ki kell elégíteni:

- a beton meghatározott nyomószilárdsági értékét (f_{ck} , f_{cm})
- a frissbetonnal szemben támasztott követelményeket

Figyelembe kell venni:

- munkahelyi adottságokat (szórás érték)
- az adalékanyag minőségét (pépigény, $f\%$, $n\%$)
- szerkezeti méreteket és adottságokat (adalékanyag D_{max})
- a frissbeton telítettségét (cementfajta és mennyiség)
- alkalmazott betontechnológiát (keverés, bedolgozás, (konzisztencia)
- megfelelő tartósságot (környezeti hatások, korróziós hatások)
- a korróziós hatásokat, acélbetétek korrózió védelmét (cementfajta)
- szilárdulási körülményeket (és követelményeket)

Betontervezési módszerek:

- tervezés matematikai képletekkel, összefüggésekkel (egyenletek)
- MSZ 4798 szabvány szerint, a betonok környezetének (kitéti osztályok) követelményeinek figyelembe vételével
- számítástechnikai program (pl. parallel) alkalmazásával

Tervezési feltételek- és az alapanyagok meghatározása

1. A cementfajta megválasztása

- beton szilárdság biztosítása
- speciális igények kielégítése
szulfátállóság, és fagyállóság

Cél: a beton telítettségének biztosítása

Telítettséget meghatározza: - az adalékanyag hézagterfoglata
- cementpép mennyisége

2. Adalékanyag kiválasztása

- cementtakarékos betonhoz: m_{opt} . I.oszt
- agyag-iszap $1\% < f < 3\%$

Cél: minél nagyobb d_{max} alkalmazása

d_{max} meghatározása: - legkisebb keresztmetszet $1/3$,
- vasalás között 90%-os áthullás

Cél: minimális cementfelhasználás C_{min} .

C_{min} . meghatározása: - adalékanyag osztálya, d_{max}
- szerkezet védettsége, pH biztosítás

3. Konzisztencia megválasztása

- vb. szerkezet alakja és vasaltsága
- szállítás és a tömörítés módja
- adalékszerek alkalmazása

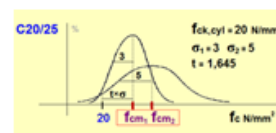
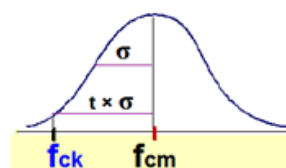
Cél: minél szárazabb (F1) alkalmazása

Területi osztályok		
Osztály	Területi átmérő (mm)	Tájékoztató megnevezés
F1	≤ 340	Földnedves
F2	350-410	Kissé képlékeny
F3	420-480	Képlékeny
F4	490-550	
F5	560-620	Folyós
F6	630 ≤	Önthető, esetleg öntömörödő beton

4. Átlagos nyomószilárdság meghatározása

- f_{ck} jellemző nyomószil. figyelembevétele
- munkahelyi szórás (σ)
- próbatestek darabszáma (t)

$$f_{cm} = f_{ck} + t \times \sigma$$



5. Ellenőrzés a kitéti osztály szempontjából

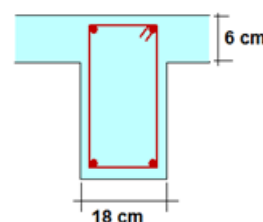
- X0 nincs korróziós kockázat
 - XC1 karbonátosodás, száraz környezet
- $C_{min} > 260 \text{ kg}$



Kiindulási adatok meghatározása

Betontechnológiai adatok:

- betonozandó: vasbeton szerkezet
- jellemző nyomószilárdsági érték: C20/25
- konzisztencia: F3 képlékeny (helyszíni)
- $d_{max} = 16 \text{ mm}$ testsűrűség: 2630 kg/m^3
- nedvesség: $n_f = 2\%$ f.modulus: $m = 5,6$
- szórás: $\sigma = 4 \text{ N/mm}^2$ $n = 10 \text{ db.}$ $t = 1,79$
- cement: CEM II/A - V32,5N
- a beton jelölése: C20/25 - 16 - F3 - XC1

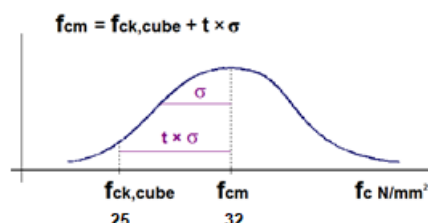


Átlagos nyomószilárdság meghatározása:

$f_{ck, \text{cube}}: 25 \text{ N/mm}^2$ (15 cm)

$$f_{cm} = f_{ck} + t \times \sigma$$

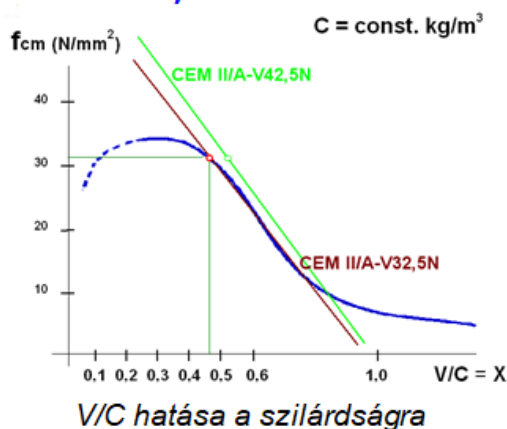
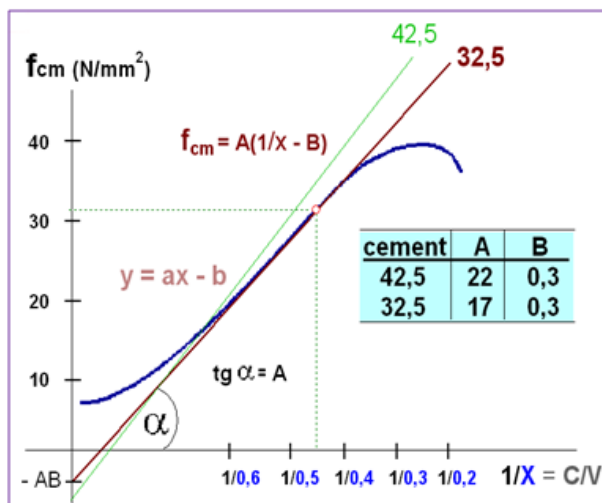
$$f_{cm} = 25 + 1,79 \times 4 = 32 \text{ N/mm}^2$$



Vízcement-tényező meghatározása (számítással)

V/C és a szilárdság összefüggése:

A beton szilárdságának változása a vízadagolás függvényében



A beton V/C és szilárdsága közötti összefüggés matematikai képlete:

$$f_{cm} = A(1/X - B)$$

(Bolomey-Palotás)

Vízcement-tényező:

$$f_{cm} = A(1/X - B)$$

$$32 = 17(C/V - 0,3) \quad C/V = 32:17 + 0,3 = 2,18 \quad V/C = X = 0,46$$

Cement és vízmennyiség:

$$F1 \text{ beton vízigénye: } V_{F1} = 0,1C_{F1} + 23(11 - m)$$

$$X = 0,1 + 23(11 - m):C_{F1}$$

Cement szükséglet földnedves betonhoz:

$$C_{F1} = 23(11 - m):(X - 0,1) = 23(11 - 5,6):(0,46 - 0,1) = 354 \text{ kg/m}^3$$

Vízszükséglet földnedves betonhoz: $X = V/C \quad V = C \times X$

$$V_{F1} = 354 \times 0,46 = 163 \text{ lit/m}^3$$

Vízszükséglet képlékeny (F3) betonhoz:

$$V_{F3} = V_{F1} \times h \quad h - \text{hígítási tényező} \quad (h_{F2} = 1,15 \quad h_{F3} = 1,25)$$

$$V_{F3} = 163 \times 1,25 = 204 \text{ liter/m}^3$$

Cementmennyiség:

$$C = V/X = 204 : 0,46 = 443 \text{ kg/m}^3 \quad (\text{ellenőrzés: } XC1 \quad C > 260 \text{ kg/m}^3)$$

Az adalékanyag mennyisége:

$$1\text{m}^3 = 1000 \text{ lit.} = V_a + V_c + V_v + L$$

$$1\text{m}^3 \text{ friss beton levegőtartalma: } L = 5 \text{ liter}$$

<u>konziszt.</u>	<u>L lit.</u>
F1	$10 \div 20$
F2	$5 \div 10$
F3	$0 \div 5$

$$V_a = 1000 - 443/3,1 - 204 - 5 = 648 \text{ lit./m}^3$$

$$\text{Adalék tömege: } a = 648 \times 2,63 = 1704 \text{ kg/m}^3 \quad (\rho_t = 2630 \text{ kg/m}^3)$$

Adalékanyag és a víz korrekciója:

$$a_{jav} = a + n_f \% / 100 \times a =$$

$$1704 + 2\% / 100 \times 1704 = 1738 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{víz az adalék felületén: } a_{jav} - a = 34 \text{ lit.}$$

$$V_{jav} = V - (a_{jav} - a) + V_p = 204 - 34 + 2,4 = 172 \text{ lit./m}^3$$

$$V_p = 0,1\%$$

A tervezett beton összetétele (1 m³):

$$\begin{aligned} C &= 443 \text{ kg} \\ V &= 172 \text{ liter} \\ a &= 1.738 \text{ kg/m}^3 \\ &2.353 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

A friss beton testsűrűsége:

Egy keveréshez szükséges alkotók:

$$\text{Betonkeverő: } V = 500 \text{ lit.} \quad \beta = 1,15 \quad V_{kev} = 0,435 \text{ m}^3$$

Keverési utasítás:

	1m ³	1 keverés
- cement:	$443 \text{ kg} \times 0,435 = 193 \text{ kg}$	200 kg
- adaléka.:	$1738 \text{ kg} \times 0,435 = 756 \text{ kg}$	785 kg
- víz:	$172 \text{ lit} \times 0,435 = 75 \text{ lit}$	78 lit

Próbakeverés:

- vízadagolás pontosítása
- konzisztencia ellenőrzése
- testsűrűség ellenőrzése

Betontechnológia (a beton előállítása)

A betonkészítés munkamenete:

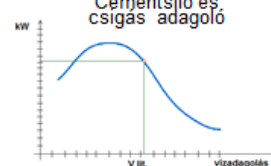
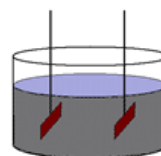
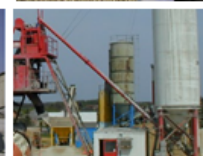
- alapanyagok (adalékanyag, cement) mérése
- a beton keverése
- a friss betonkeverék szállítása
- beton bedolgozása és tömörítése
- a beton szilárdítása és utókezelése

Betonösszetevők mérése és adagolása

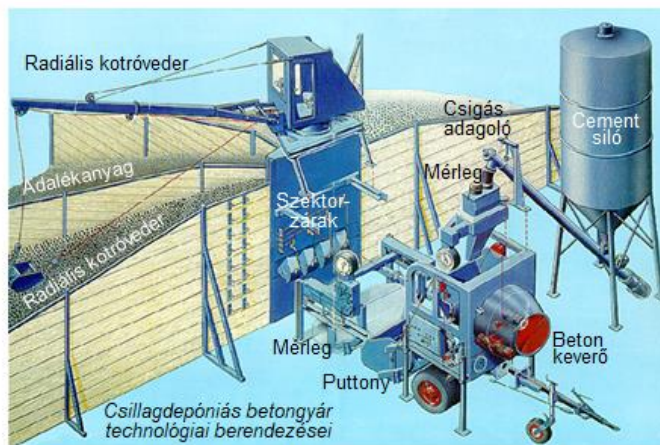
Adalékanyag: tárolás depóban és silókban
mérés térfogat- és tömeg szerint

Cement: szállítás, tartály gépkocsival
tárolás silókban
adagolás, csigas adagolóval

Víz: - automata vízmérő óra
- billenő-edényes vízadagoló
- radioizotópos mérőszonda
- elektromos műszerekkel

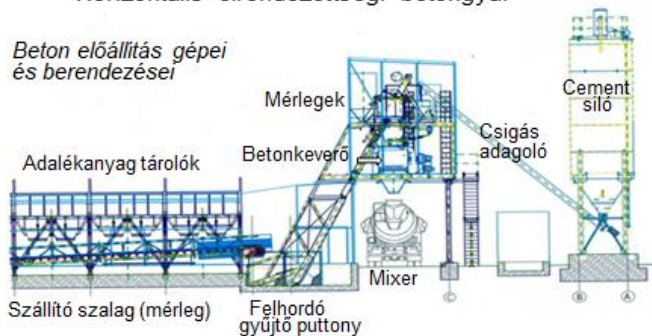


Vízadagolás automatizálása



Horizontális elrendeztségi betongyár

Beton előállítás gépei és berendezései

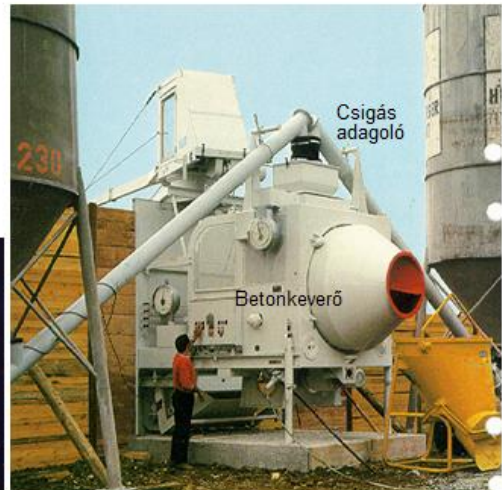
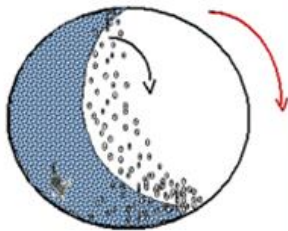


A beton keverése

A beton előállítása, keverése: - szabadon ejtő keverővel
- kényszerkeverővel

Szabadon ejtő keverők:

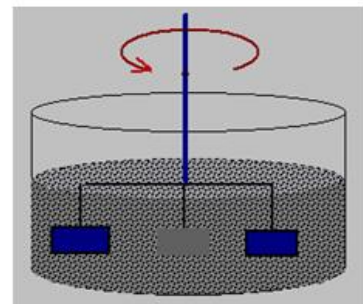
- keverés gravitációs úton
- F3 és F4 konzisztenciákhoz
- különböző d_{max} betonhoz
- adagolás sorrendje
($V_g + A_1 + C + A_g + V_1$)
- keverési idő ($2 \div 3$ perc)



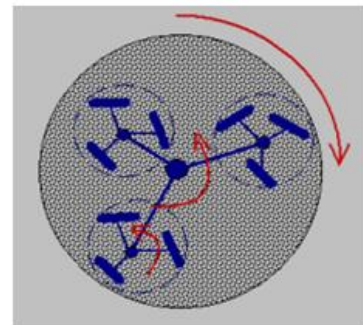
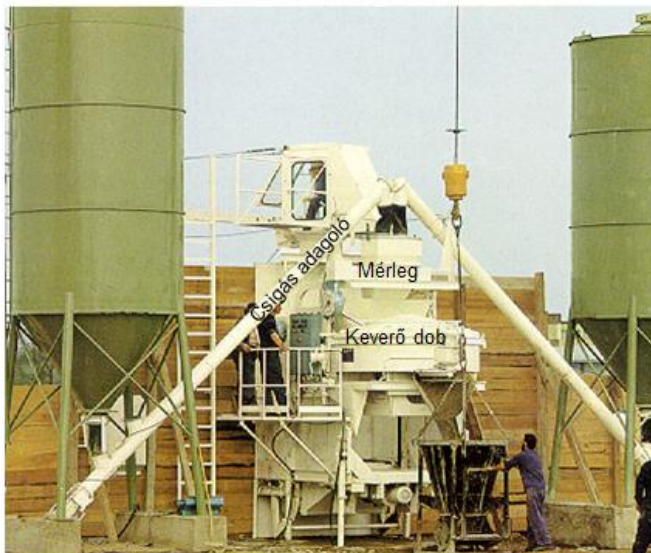
Szabadon ejtő betonkeverő

Kényszerkeverők:

- intenzív keverés ($1,5 \div 2$ perc)
- egyenletes betonkeverék ($\sigma < 4 \text{ N/mm}^2$)
- F4, F3, F2, F1 konzisztenciákhoz
- adagolás sorrendje: $A + C + V$



Kényszer betonkeverő



Forgódobos ellenáramú kényszerkeverőgép

Betonkeverő központok

Betonkeverő telepek és betongyárak:

- horizontális és vertikális elrendezés
- transzportbeton gyártás
- téliesített beton-előállítás

Betonkeverő telepek alkalm. gazd. előnyei:

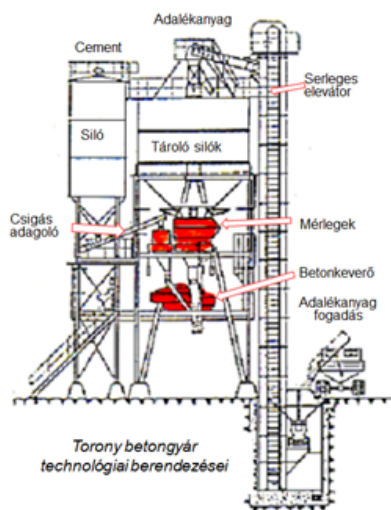
- automatizálás
- egyenletes minőség
- káló csökkentés

Betongyárak, elrendezésük alapján:

1. Vízszintes (horizontális) elrendezésű
 - csillagdepónia, radiális kotróveder
 - billenő-edényes felvonó
 - szektorzár adagolás,
 - cementsilók, csigás cementadagolók
2. Torony (vertikális) betongyár
 - adalékanyag felvonó, vedres elevátor
 - adalékanyag- és cementsilók
3. Mobil betongyár (transzportbetonhoz)



Horizontális betongyár



Vertikális betongyár

A beton szállítása

Szállítás üzemben belül:

- konténer (targonca, kötött pálya)
- szivattyú (pneumatikus cső)

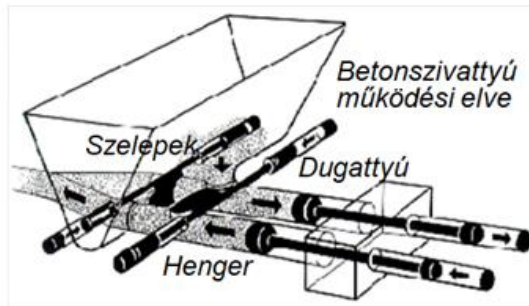
Szállítás építéshelyre (transzportbeton):

- keverő-szállító mixer gépkocsi (szállító szalaggal, szivattyúval)
- dugattyús, pneumatikus betonszivattyú
- daruzott önürítő konténer



Daruzott önürítő konténer





Autóra szerelt betonszivattyú



Mixer gépkocsi betonszivattyúval



Mixer gépkocsi betonszivattyúval

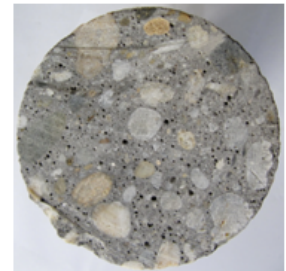
A beton tömörítése

A vibrátorok működésének elve:

- követelmény a beton bedolgozásakor tömörítéssel, minimális pórustartalom
- rezgetés hatására a beton tömörödik

A tömöríthetőséget befolyásolják:

- a beton konzisztenciája és telítettsége
- az adalékanyag alakja
- a szerkezet alakja, tömege, vasaltsága

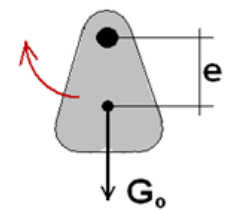


Betontömörítési eljárások:

- vibrálás, excentrikus tömeg forgatásával
- csömöszölés és döngölés
- sajtolás és préselés
- hengerlés, centrifugálás, vákuumozás

Vibrációs betontömörítés:

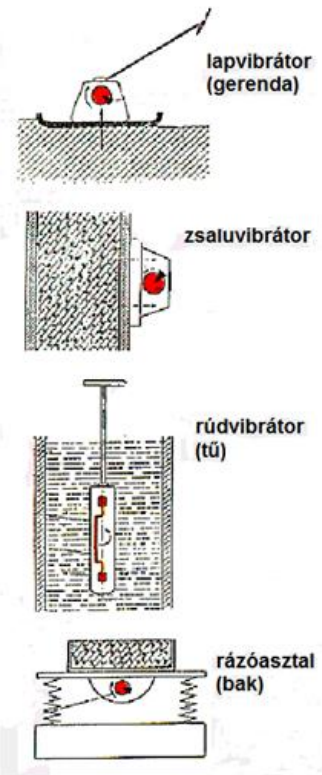
- rezgésbe hozza a beton alkotóelemeit
- lecsökken a szemcsék közötti súrlódás
- viszkózus folyadékként viselkedik a beton
- adalékanyagból tömör vázszerkezet jön létre



Vibrátor működési elve

Vibrátorok típusai (betontömörítő eszközök)

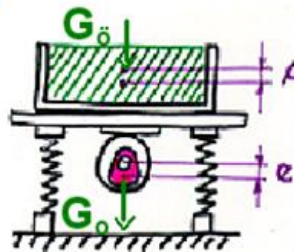
- felületi gerenda- és lapvibrátor
- zsalurázó vibrátor
- merülő tű- és rúd vibrátor
- rázóasztal és rázóasztal



Rázóasztal működési elve:

- n - rezgésszám: $2850 \div 6000$ f/min
- A - amplitúdó : $0,03 \div 0,1$ mm
- G_0 - vibrált tömeg
- G_0 - vibró tömeg (erő)
- e - excentricitás

$$G_0 \times e = G_0 \times A$$



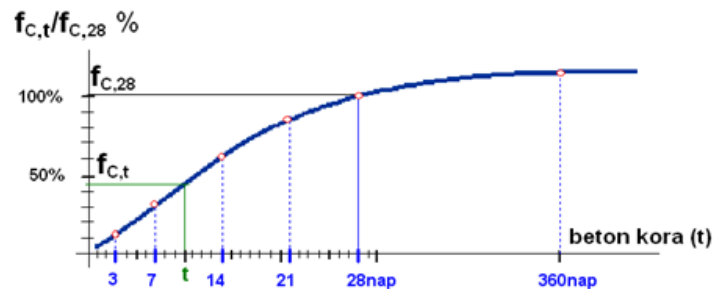
Betonszilárdítás

Frissbeton védelme:

- utókezelés
- fólia takarás
- párazáró bevonat

Beton szilárdulása:

- természetes (20°C)
- mesterséges $> 0^\circ\text{C}$



A beton szilárdulásának üteme

Természetesen szilárduló beton

28 napos szilárdsága: $f_{C,28}$

A lassú szilárdulás hátrányai: - lassú kiszaluzás- és sablonforduló
- elhúzódo építkezési ütem

Betontechnológia szilárdságok:

- kiszaluzási szilárdság: $0,3 \div 0,5 \times f_{C,28}$
- feszített szerkezetek: $0,7 \times f_{C,28}$
- szállítás és szerelés: $0,8 \times f_{C,28}$

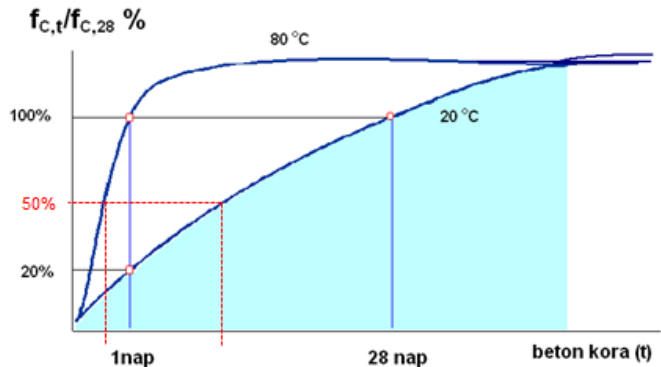
Betonszilárdítás gyorsításának módszerei

Hidegszilárdítások:

- cement mennyisége és minősége 42,5R
- V/C csökkentése, F1 alkalmazása
- vegyszeres betonszilárdítás
- adalékanyag és keverővíz előmelegítése

Hőszilárdítások: (a cementhidratáció °C függő)

- a beton melegítése (hőszugárzók, infravörös sugárzók)
- gőzölés: gőzölő akna
kamra
búra
alagút
tálcás sablon
- autoklávozás
(9 atm. 185 °C)
- elektromos áram
(fűtőkábelek)



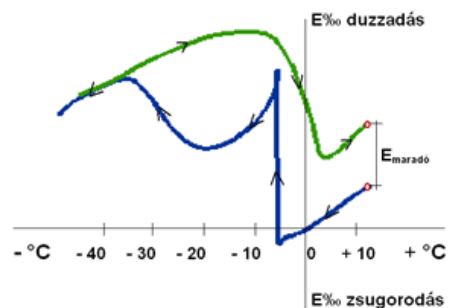
A betonszilárdulás üteme °C függvényében

Fagy hatása a beton szilárdulására

- csökken a cement hidratációja, 5 °C-on a hidratáció 10%-os
- lassul a cement kötése, megáll a beton szilárdulása (- 5 °C)
- a jég szétroncsolja a betonszerkezetet

Fagy hatása a friss betonra:

1. Kötés előtt fagy meg a beton ($t < 2\text{ó}$)
(minimális a károsodás)
2. Kötés közben fagy meg ($2 > t < 12\text{ó}$)
(maximális a károsodás)
3. Kötés után fagy meg ($t > 12\text{ó}$)
($f_{cm} > 15 \text{ N/mm}^2$ minimális károsodás)



A beton térfogatváltozása

A fagy hatásának csökkentése:

- vegyi adalékszer (kötésgyorsító)
- kis V/C alkalmazása (F1 konzisztencia)
- CEM 42,5R (rapid cement + Q)
- hőszigetelt zsaluzat (takarás)
- a szerkezet melegítése (fűtött zsaluzat)
- meleg beton készítés (termosz módszer)

Betonadalékszerek

Betontechnológiai igények:

- könnyű bedolgozhatóság, szivattyúzhatóság
- fagyállóság, vízzáróság, stb.

Felhasználásuk célja: - betonkeverék tulajdonságának javítása

- szilárdulási folyamatok befolyásolása
- a beton tulajdonságainak javítása

Adalékszerek: - megjelenés: folyadék- és por formában

- adagolás: keverővízbe és poranyagként
- mennyiség: a cement tömegének 0,1 ÷ 3%-a
- hatás: főhatás és mellékhatás
- alkalmazás: több adalékszer együtt (összeférhetőség)

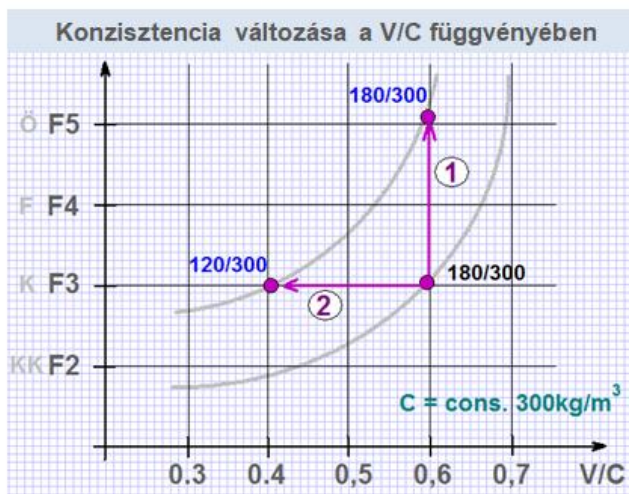
Adalékszerek főhatásuk alapján:

- konzisztencia javító anyagok
- légbuborékképző (légpórus) adalékszerek
- kötés- és szilárdulás szabályozók
- vízzáróságot fokozó és tömítő anyagok
- felületkezelő adalékszerek

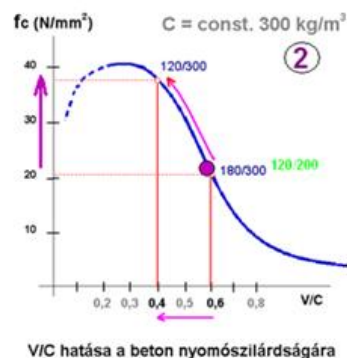
Konzisztencia-javító adalékszerek

Plasztifikátorokkal elérhető hatások:

1. Hígul a friss betonkeverék konzisztenciája, javul a bedolgozhatóság, szivattyúzhatóság
2. Azonos konzisztenciánál csökken a vízigény, növekszik a betonszilárdság és tömörség



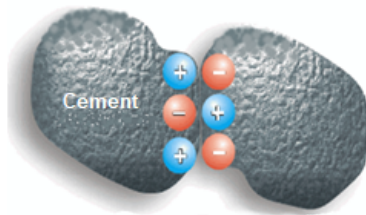
Plasztifikátorok alkalmazásának hatásai



1. Hígul a konzisztencia (szilárdság = konstans)
2. Csökken a V/C tényező (növekszik a szilárdság)

A beton konzisztenciáját befolyásoló tényezők

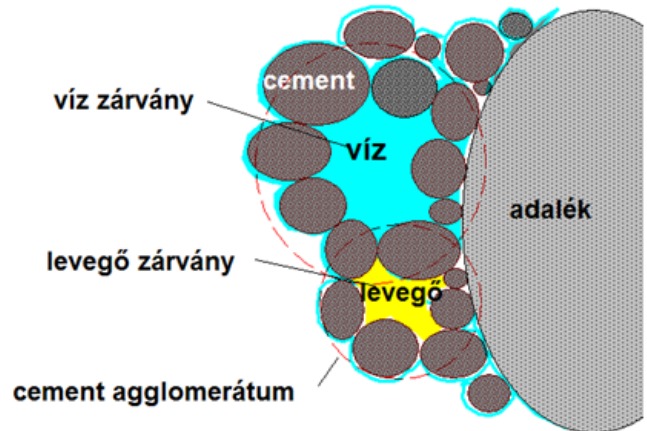
- cement szemcsék agglomerálódása (elektrosztatikus feltöltöttség)
- víz- és levegő zárványok kialakulása a friss betonban
- vastag vízréteg a cement szemcse felületén (felületi feszültség)



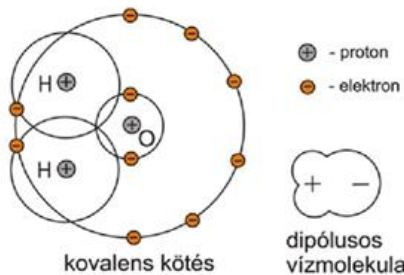
Elektrosztatikus vonzerő a cement szemcsék között



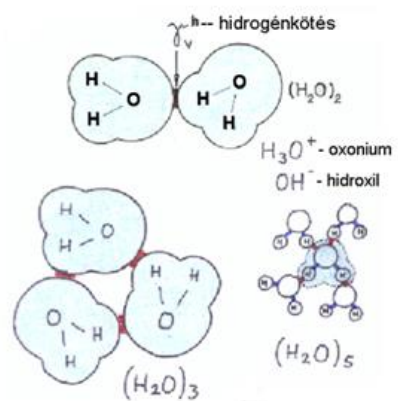
Vastag vízburrok a cement felületén



A friss betonkeverék struktúrája, cement agglomerátumok a betonban



A vízmolekulák szerkezete



Vízmolekulák közötti hidrogénkötés

γ - felületi feszültség

γ levegő

víz

hidrogén kötés

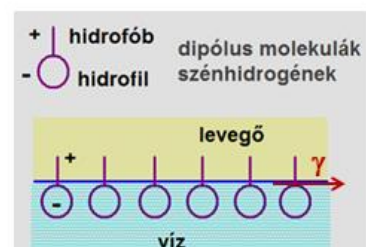
dipólus k. hatás

kohéziós erő

A kohéziós erők eredője:

$$\gamma_v^k = \gamma_v^h + \gamma_v^d$$

A vízmolekulák tulajdonságai és a víz felületi feszültsége (γ)



A plasztifikátorok működésének hatásmechanizmusa

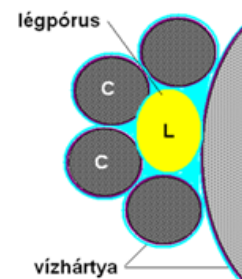
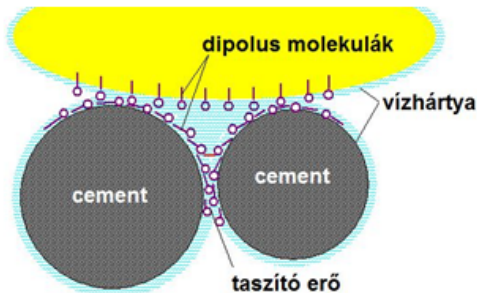
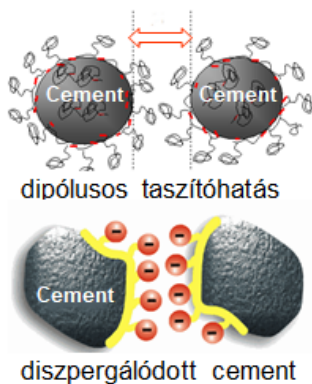
1. Csökkentik a víz felületi feszültségét
 - csökken a vízburok vastagsága
 - megszűnnek a víz-levegő zárványok
2. Megszüntetik a cement agglomerátumokat
 - diszpergálódnak a cementszemcsék
 - növekszik a beton mobilitása
3. Mellékhatásként, légbuborékok képződnek
 - hosszabb lesz a cement kötéseideje

+ hidrofób

- hidrofil

Az adalékszer felépítése:
 Kiegyensúlyozatlan villamos töltésű (+ -) vegyi anyagok.

- hidrofil (-) végük a vízben
- hidrofób (+) a cement felé nyúlik



A folyósító adalékszerek hatásmechanizmusa

Plasztifikátorok alkalmazása:

- betonszállítás szivattyúval
- betontömörítés vibrálás nélkül
- szilárdság növelés V/C csökkentéssel
- vízzáróság növelés tömörséggel



Plasztifikáló adalékszerek:

Képlékenyítők (P): Mapeplast N11; Plastol

Folyósítók (F): Dynamon; Viskoment V; Sika ViscoCrete



Légbuborék (légpórus) képző adalékszerek

Légbuborékképzőkkel elérhető hatások:

- csökken a beton vízzel való telítődése
- nő a megszilárdult beton fagyállósága
- javul a frissbeton szivattyúzhatósága

Hatásmechanizmus:

A dipólusos (hidrofil, hidrofób) molekulák légbuborékokat képeznek a friss betonban

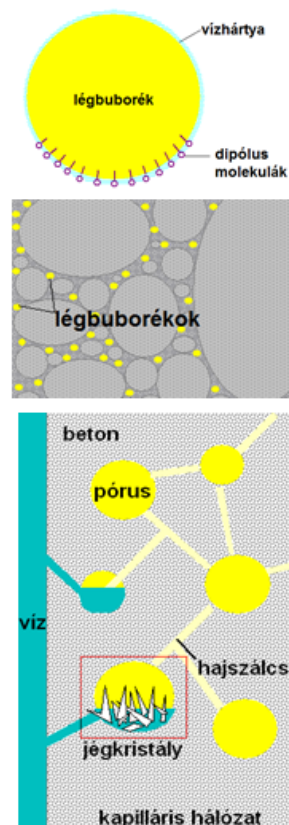
- légzárványok helyett elosztott buborékok
- a buborékok megszakítják a kapilláris hajszálcső hálózatot, gátolják a telítődést

Alkalmazási területek:

- fagyhatásnak kitett (pl. vízepítési) betonok
- állékonyság növelés, gyors kizsaluzás
- + fagyállóság 3÷6 szorosára nő (+)
- a pórustartalommal csökken: fcm (--)

Adalékszerek: Mapeair; Sika-Aer

Murexin Lp 10; BASF MICRO AIR



Kötés- és szilárdulás szabályozók:

Szilárdulás-gyorsító adalékszerek:

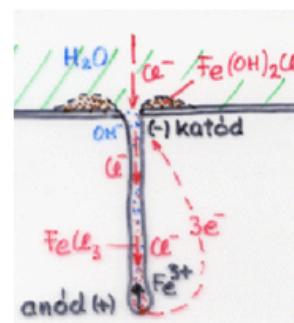
- növelik a beton szilárdulási sebességét
- a só típusúak fagyásgátló szerek is
- sók: CaCl_2 NaCl Na_2SO_4
- lúgok: NaOH NaCO_3

Hatásmechanizmus:

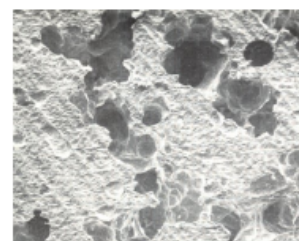
- növelik a klinkerásványok oldhatóságát
- gyorsítják az alit (C_3S) hidratációját
- a felszabaduló Ca(OH)_2 -ot lekötik (--)

Kedvezőtlen mellékhatásként növekszik:

- a cementkötés közbeni hidratációs hő
- a megszilárdult beton zsugorodása
- az acélbetétek korróziós veszélye
- a beton „kivirágzási” hajlama
- kismértékben csökkenhet a végszilárdság



Cl⁻ ion által okozott lyukkorrózió



Alkalmazási területek:

- beton és vb. elemek üzemi előregyártása
- helyszíni betonozás, télen

Alkalmazási feltételek (nem alkalmazható):

- fagypont alatti hőmérsékleten
- ha a cementkötés megkezdődik < 1óra
- elektrokémiai korrózió veszélyekor
- feszített vb. szerkezetekhez!!!
- ha a teherhordó acélbetétek $d < 7$ mm
- gőzöléses hő érleléskor



A „Magas ház”
korróziós károsodása



Adalékszerek:

- kötésgyorsítók: Sika Siquinit- AF
Murexin X3
- szilárdulás gyorsítók: Dynamon HAA;
MASTERFROST

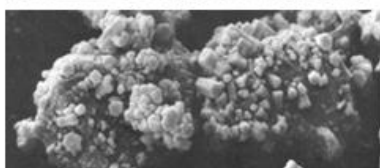
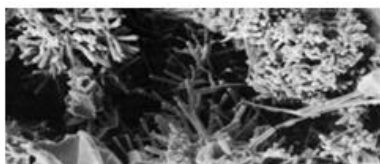
Kötéskésleltető adalékszerek

- adagolásukkal a beton kötése lelassul, utóvibrálás is lehetséges
- hosszabb időn át bedolgozható, növelhető a szállítási távolság
- kiküszöbölhető a munkahézag
- nagytömegű betonozáskor nincs repedés

Hatásmechanizmus:

- késleltetik a C_3S (alit) hidratációját
- fékezik a hidratációs hő felszabadulását
- hatóanyaguk: cukorféleségek, keményítő származékok

Adalékszerek: Mapetard; Sika Retarder, Murexin VZ



Vízzáróság fokozó- és tömítő anyagok

Tömítő adalékszerek:

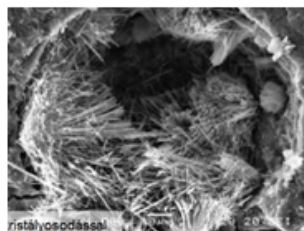
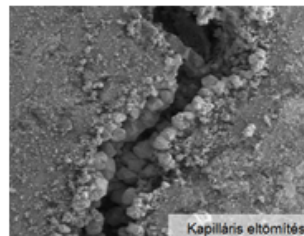
- növelik a beton tömörségét
- növekszik a beton vízzárósága

Hatásmechanizmus:

- csökkentik a keverővíz mennyiségét
- hidraulitok, Ca(OH)_2 -vel CSH-ot alkotnak
 $\text{SiO}_2 + \text{Ca(OH)}_2 = \text{CaO} \times \text{SiO}_2 \times \text{H}_2\text{O}$
- vízfelvétellel duzzadnak (tömítenek)
- műgyanta diszperziók (a pórusokat telítik)

Adalékanyagok és adalékszerek:

- plasztifikálnak: Mapeplast
- CSH -ot alkotnak: Metakaolin, pernye, trassz
- duzzadva tömítenek: Bentonit
- kristályosodva tömítenek: Idrocrete KR
PENETRON, XYPEX
EUROKALMATRON, Oxydtron



Vízzáróság fokozó- és tömítő anyagok

Tömítő adalékszerek:

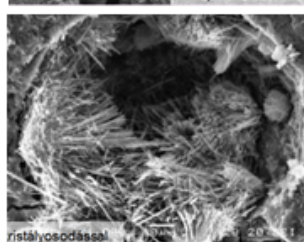
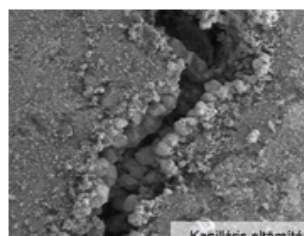
- növelik a beton tömörségét
- növekszik a beton vízzárósága

Hatásmechanizmus:

- csökkentik a keverővíz mennyiségét
- hidraulitok, Ca(OH)_2 -vel CSH-ot alkotnak
 $\text{SiO}_2 + \text{Ca(OH)}_2 = \text{CaO} \times \text{SiO}_2 \times \text{H}_2\text{O}$
- vízfelvétellel duzzadnak (tömítenek)
- műgyanta diszperziók (a pórusokat telítik)

Adalékanyagok és adalékszerek:

- plasztifikálnak: Mapeplast
- CSH -ot alkotnak: Metakaolin, pernye, trassz
- duzzadva tömítenek: Bentonit
- kristályosodva tömítenek: Idrocrete KR
PENETRON, XYPEX
EUROKALMATRON, Oxydtron



A megszilárdult beton tulajdonságai

Beton tömegével kapcsolatos tulajdonságok

A szilárd beton testsűrűsége: (C) 2001 $\pm$ 2500 kg/m³

$$\begin{array}{lll} \rho_t(\text{friss}) & > \rho_t(\text{légszáraz}) & > \rho_t(\text{száraz}) \\ 2380 \text{ kg/m}^3 & 2320 \text{ kg/m}^3 & 2290 \text{ kg/m}^3 \end{array}$$

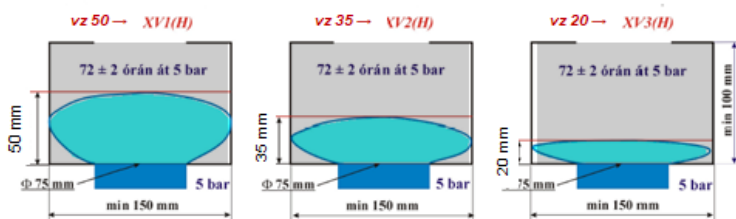
A beton hidrotechnikai tulajdonságai

1. Vízáróság és vízáteresztés: d = 75 mm; 5 bar víznyomás; 72 óra

A vízbehatolás mélysége: **vz 50** XV1 esetén legfeljebb 50 mm

vz 35 XV2 esetén legfeljebb 35 mm

vz 20 XV3 esetén legfeljebb 20 mm



2. Fagyállóság:

Fagyállósági vizsgálat:

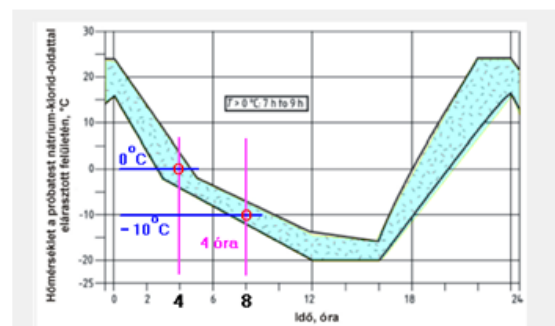
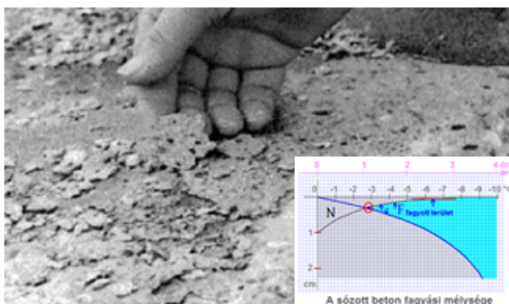
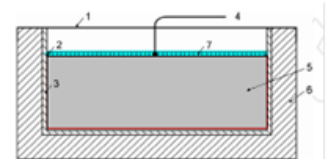
fagyasztási-olvasztási ciklus: + 18°C víz, - 20°C; 6-6 óra

jelölés (ciklus szám): f25; f50; f100; f150

Fagyállósági követelmények: tömegveszteség : max 5%
szilárdság csökkenés: max 25%

Fagy- és olvasztósó állóság:

- 3%-os NaCl oldat a beton felületén (3mm)
- 56 fagyasztási-olvasztási ciklus után
a beton felületi lehámlását vizsgálja



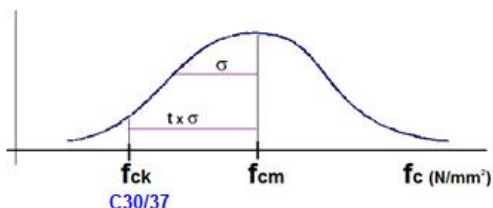
A beton szilárdsági tulajdonságai

A beton nyomószilárdsága:

Átlag és jellemző (előírt) szilárdság

$$f_{cm} = f_{ck} + t \times \sigma \quad (\text{N/mm}^2)$$

$f_{ck, cyl}$ és $f_{ck, cube}$



Értékét befolyásolják:

- a próbatest mérete és alakja
- kora (nap, év)
- nedvesség tartalma n %

prizmahatás



Nyomószilárdsági osztályok
MSZ 4798-1 szerint:

	$f_{ck, cyl} / f_{ck, cube}$		$f_{ck, cube}$
C8/10	8	10	11
C12/15	12	15	16
C16/20	16	20	22
C20/25	20	25	27
C25/30	25	30	33
C30/37	30	37	40
C35/45	35	45	49
C40/50	40	50	54
C45/55	45	55	60
C50/60	50	60	65

Nagyszilárdságú betonok:

C55/67	55	67	71
C60/75	60	75	79
C70/85	70	85	89
C80/95	80	95	100
C90/105	90	105	111
C100/115	100	115	121

xx - végig víz alatt tárolva,
nedvesen törve (28 nap)

x - 7 napig víz alatt, majd
légszárazon tárolva és törve

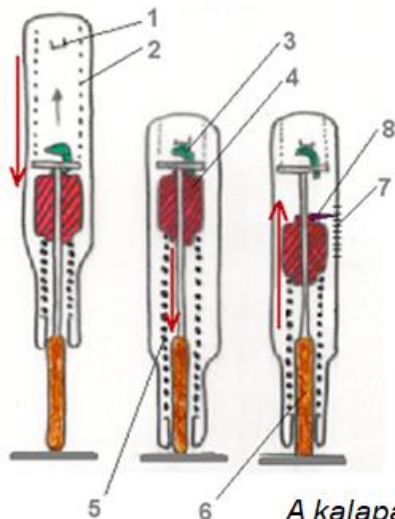
Roncsolás mentes szilárdságvizsgálatok

1. Schmidt-kalapács: (rugalmasság)

A kalapács rugalmas visszapattanását mérjük.

A visszapattanási értéket befolyásolják:

- a beton felületének keménysége
- a beton felületének rugalmassága



- nem közvetlenül mérjük a szilárdságot
- szilárdságot diagramból határozzuk meg
- vizsgálandó beton vtg. > 10cm
- ütésszám: 9 db/1dm²
- korrekció: ütésirány alapján

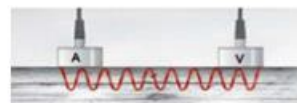
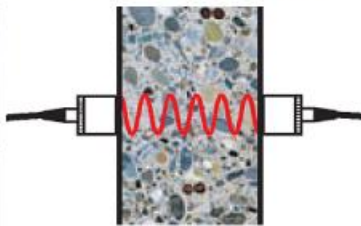
- 1 - ütköző csavar
- 2 - nyomó rugó
- 3 - kilincsmű
- 4 - kalapács
- 5 - ütőrugó
- 6 - ütőrúd
- 7 - skála
- 8 - skála mutató

A kalapács belső szerkezete



2. Betonoszkóp: (homogenitás)

- ultrahang terjedési sebessége alapján



3. Izotóptechnikai vizsgálatok: (tömörség)

- radioizotópos lap- és lyukszondák
- röntgen- és gammasugarak áthatolása

Korrektció:- beton kora
- nedvessége

4. Mikró-roncsolásos módszerek:

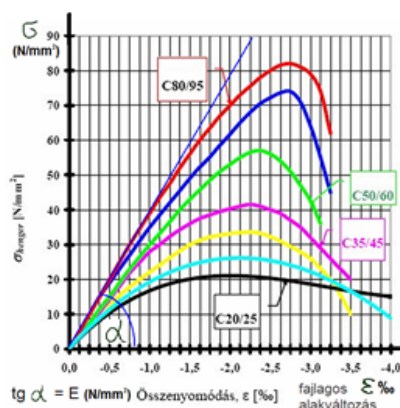
- csonka kúp henger kiszakítása
- szögbelövés (HILTI)



A beton alakváltozási jellemzői

A beton alakváltozását befolyásolják:

- beton szilárdsága (f_{cm}) és kora (nap)
- levegő relatív páratartalma %
- beton nedvességtartalma n %
- környezeti hőmérséklet $^{\circ}\text{C}$
- beton cementpép tartalma (telítettség)
- frissbeton víztartalma és V/C
- adalékanyag d_{max} és m (f. mód.)



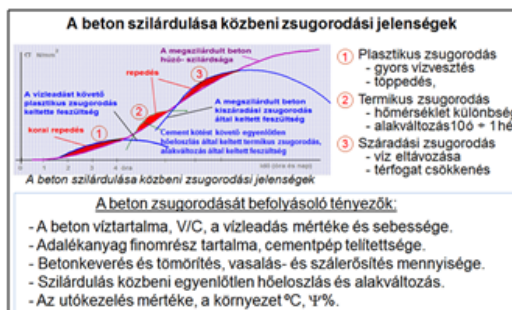
Alakváltozások:

- rövid idejű alakváltozás (terhelésre)
- lassú alakváltozás (tartós teher)
- rugalmassági modulus,
 E (N/mm^2) diagram
- zsugorodás

plasztikus és száradási zsugorod.
egyenlőtlen $^{\circ}\text{C}$ eloszlás

- hő okozta alakváltozás (dilatáció)
lineáris hőtágulási együttható

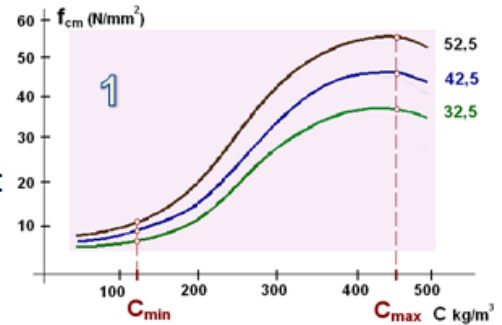
A beton rugalmassági modulusa



A beton tulajdonságát befolyásoló tényezők

1. Cementminőség és mennyiség hatása:

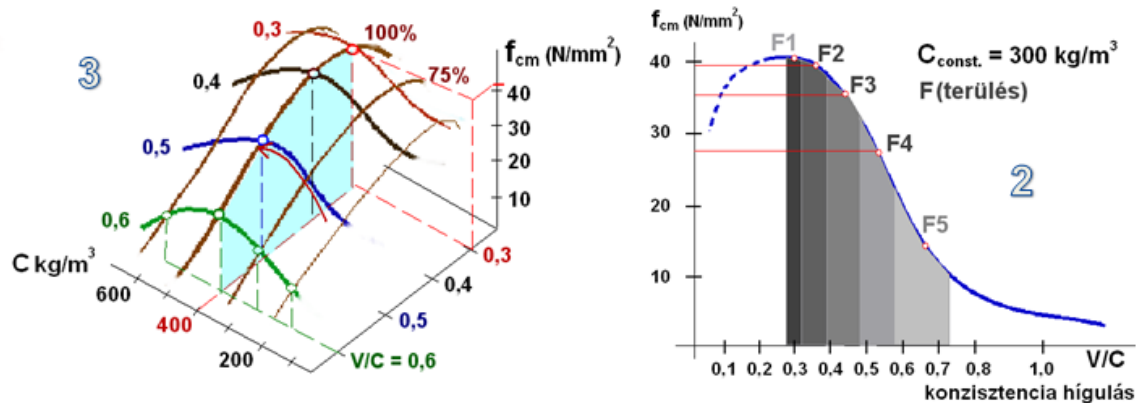
- cementminőség
- cementtartalom: C_{min} , C_{max}



2. Vízmennyiség és konzisztencia hatása:

- vízcement-tényező és konzisztencia
- vízcement-tényező és szilárdság

3. V/C és cementadagolás hatása:

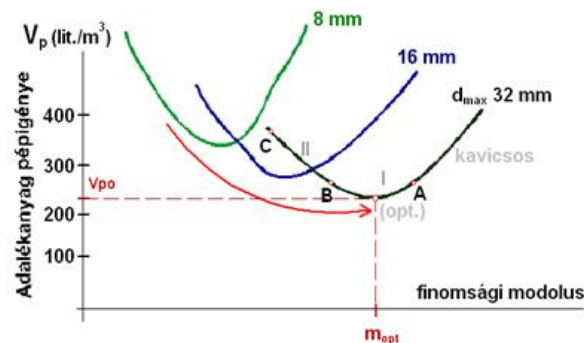


4. Adalékanyag minőségének hatása:

- szemmegoszlás, m , d_{max} , alak, $i\%$, szilárdság
- befolyásolják: bedolgozhatóságot, tömörséget, testsűrűséget, vízzáróságot, cementpép igényt



5. A d_{max} és szemmegoszlás hatása az adalékanyag cementpép igényére:



6. Betonkészítés hatása:

- betonkeverés (σ - szórás)
- tömörítés, szilárdulás, utókezelés

Beton- és vasbetonszerkezetek korróziója

Beton és vasbeton szerkezetek tartóssága.

A betonra ható káros vegyihatások: - esővíz, agresszív vizek
- széndioxid, kloridok, szulfátok

Ellenálló beton: tömör, telített, vízzáró

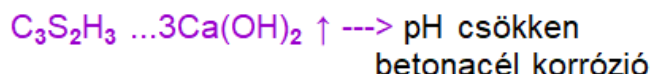
Lágú víz okozta korrózió (kilúgozódás)

Lágú vizek: esővíz, hólé, kondenzvíz

Korróziós hatások: - kioldják a Ca(OH)_2 -ot (nő a porozitás)
- csökken a pH - érték (acélkorrózió!)
- $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$ elbomlása (stabilitás vesztes)

Ca(OH)_2 kioldását befolyásolják:

- a cement fajtája és mennyisége
- az adalékanyag aktív SiO_2^* tartalma
- a beton tömörsége és kora
- a víz keménysége és mozgása



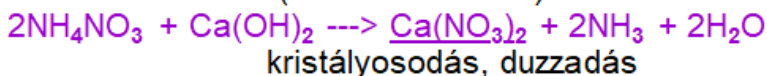
Kioldásos korrózió (cserebomlás)

A betonra ható agresszív vegyületek: - agresszív ionok: Cl^- és NO_3^-
ipari szennyvízben, talajvízben

Só hatása: $\text{MgCl}_2 + \text{Ca(OH)}_2 = \text{CaCl}_2 + \text{Mg(OH)}_2$

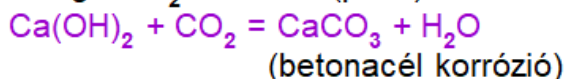
Cl^- -ionok leköttése a cement (C_3A és C_4AF) klinkerásványai által:

Nitrátos korrózió: (ammónium-nitrát)

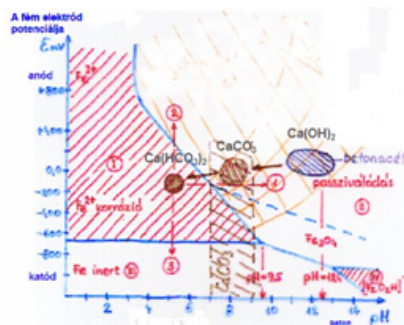
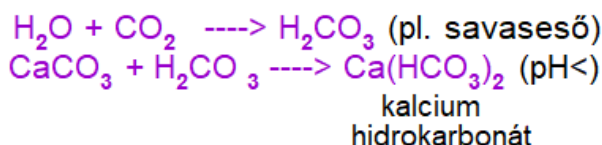


Savkorrózió:

- A levegő CO_2 hatása: ($\text{pH} < 9$)



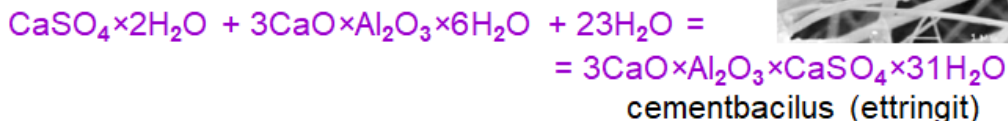
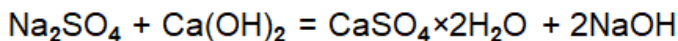
- Szénsav hatása:



Potenciál - pH
Pourbaix diagram

Szulfátos korrózió (duzzadás)

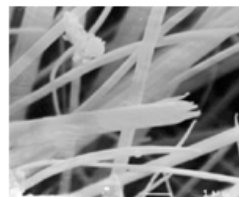
Szulfátos talajvíz hatása:



Károsodás: térfogat növekedés

Védelem : CEM I 32,5 S* (szulfátálló cement, C₄AF)

AM = Al₂O₃/Fe₂O₃ = 0,54 < 0,6 Al₂O₃ lekötve C₄AF által



A beton korrózió elleni védelme

Beton összetételének helyes megválasztása

Agresszív hatásnak ellenálló felület képzése:

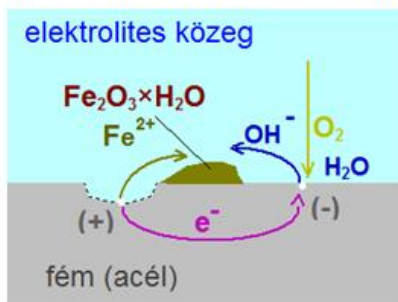
- torkretózás, lőtt betonréteg felhordása
- sav- és lúgálló műgyanta bevonatok

Szigetelő bevonatok és rétegek: - betonimpregnáló- és javítóanyagok
- vízzáróság növelő bevonat

Vasbeton szerkezetek korróziója

A betonacél korróziós jelenségei

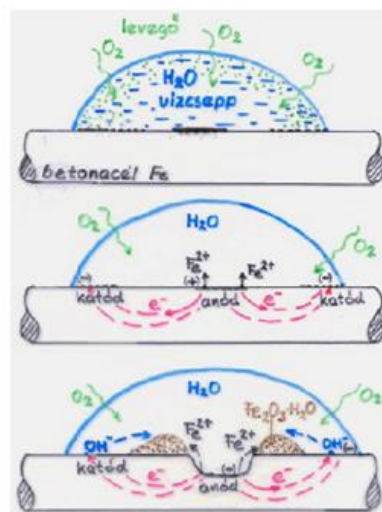
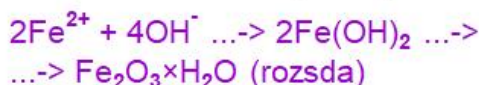
- elektron- és fémion kilépés
- oxigén, mint elektronegatív elem
- koncentrációs lokálem kialakulása
- elektrokémiai korróziós folyamatok



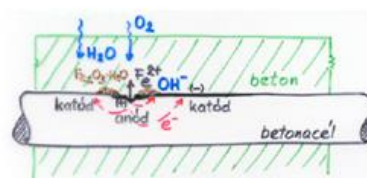
Az acél anódos korróziója

Anódos reakció : $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$

Katódos reakció: $4\text{e}^- + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{OH}^-$



Atmoszférikus korrózió

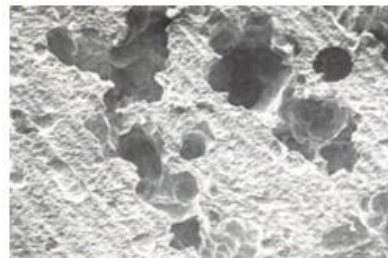
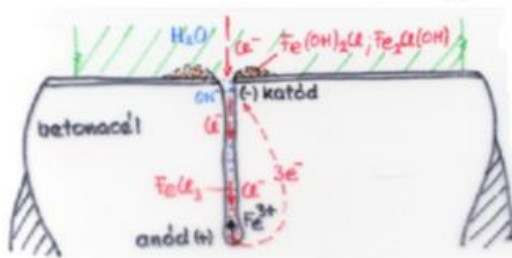


Korrózió a vasbetonban

Kloridionok korróziós hatása:

A kloridionok korróziós reakciója: $\text{Fe}^{3+} + 3\text{Cl}^- = \text{FeCl}_3$

$\text{FeCl}_3 \rightarrow \text{Fe}^{3+} + 3\text{Cl}^-$ -- disszociálódik-->



A kloridionok lyukkorróziója



Feszültség (alatti) korrózió



Korrodált vasbeton szerkezet

Vasbeton szerkezetek rehabilitációja

1. Károsodott betonfelület hántolása
2. Rozsdásodott vasalat tisztítása
3. Korrózióvédelem, rozsdá-átalakítás
4. Tapadóhid felhordása
5. Reprofillirozás, sérülések javítása
6. Védőbevonati rendszer készítése



A betonok megfelelőségének ellenőrzése

Követelmények a betonok megfelelőségének ellenőrzésében

MSZ EN 206/2002 (2018) európai betonszabvány

Az 50 évre tervezett beton tartóssági követelményeinek kielégítésére, környezeti osztályok alkalmazását írja elő.

MSZ 4798/2004 (2018) az EU szabvány Mo. alkalmazási köv. tárgyalja.

MSZ 15022 szabvány alapján tervezett szerkezetek betonját, továbbra is az MSZ 4719 és MSZ 4720 szerint kell ellenőrizni.

A nyomószilárdság megfelelőségének ellenőrzése

A beton nyomószilárdságának tervezett értékét meghatározzák:

- A betonszerkezet teherbíró képessége és a beton igénybevétele alapján meghatározott nyomószilárdság.
- A használati élettartam és a környezeti hatások alapján a tartóssági követelményeket figyelembe vevő nyomószilárdság.
- Megfelelő tartósságot és ellenálló képességet biztosító, környezeti hatásoknak megfelelő betonösszetétel.

A beton tartósságát befolyásoló környezeti hatások

Környezeti hatások kitéti osztályai

- XN - X0** **Nincs korróziós** kockázat (vasalás nélküli beton)
(vasalás nélküli beton vasalt beton, száraz helyen)
- XC - 1...4** **Karbonátosodás** okozta korrózió
(száraz váltakozva nedves és száraz)
- XD - 1...3** **Kloridok által** okozott korrózió
(mérsékelt nedves váltakozva nedves és száraz)
- XS - 1...3** **Tengervízből** származó klorid által okozott korrózió
- XF - 1...4** **Fagyási/olvadási** ciklusok által okozott korrózió
(fűtővel, sózás nélkül vízszintes, jégolvasztó só)
- XA - 1...6** **Kémiai korrózió** (agresszív vegyi hatás)
(enyhén agresszív nagymértékben agresszív környezet)
- XK - 1...4** **Koptatóhatás** okozta károsodás
(gyalogos nehéz teher és gördülő igénybevétel)
- XV - 1...3** **Igénybevétel víznyomás** hatására
(vízbehatolás: 50, 35, 20 mm)

BETON KÖRNYEZETI OSZTÁLYAI
az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány alapján ¹⁾

Alkalmazási terület	Környezeti osztály jele	Beton nyomószilárdsági osztálya, legalább ²⁾	Beton cement-tartalma, legalább, kg/m ³	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb	Friss beton levegő-tartalma ³⁾ MSZ 4798 táblázata
Környezeti hatásoknak ellen nem álló, azoknak ki nem tett beton szerkezetek					
Káros környezeti hatás nem éri a szilárdsági szempontból alárendelt jelentőségű beton	XN(H)	C8/10	165	0,90	NAD F2.
Például: Aljzatbeton, beton alapréteg, cement-stabilizáció					
Káros környezeti hatás nem éri a betont	X0b(H)	C12/15	230	0,75	NAD F2.
Például: Vasalatlan alapbeton, kitöltő és kiegyenlítő beton, üreges födémbeletést, üreges válaszfallal, üreges zsazuzóelem, kétrétegű járdalap hátbetonja, kétrétegű útburkolóelem hátbetonja, üreges járdalap hátbetonja, kétrétegű útburkolóelem hátbetonja, üreges tömör föfal-falazóelem, belső föfali tömör föfal-falazóelem					
Környezeti hatásoknak ellen nem álló, azoknak ki nem tett vasalt beton (nem vasbeton) szerkezetek					
Karbonátosodáson kívül egyéb káros környezeti hatás nem éri a vasalt betont (nem vasbetont!)	X0v(H)	C16/20	250	0,70	NAD F2.
Például: Száraz helyen lévő vasalt alapbeton, vasalt térhatároló beton					
Karbonátosodásnak ellenálló beton és feszített vasbeton szerkezetek					
Száraz vagy tartósan nedves helyen, állandóan víz alatt lévő beton	XC1	C20/25	260	0,65	NAD F2.
Például: Belső pillér, belső födém, vízszint alatti betonok					
Nedves, ritkán száraz helyen lévő beton	XC2	C25/30	280	0,60	NAD F2.
Például: Fűvel borított, szilárd, melegebb, alacsony, kővel borított					
Mérsékelt nedves helyen, nagy relatív páratartalmú épületben lévő beton	XC3	C30/37	280	0,55	NAD F2.
Például: Fűvel borított szerkezet, szabadban lévő esőtől védett szerkezetek betona					
Váltakozva nedves és száraz, vízpermetnek kitéve helyen lévő beton	XC4	C30/37	300	0,50	NAD F2.
Például: Származó, pincefal, földcölöp, cölöp-fejgerenda, mederfal, külső fal, pillér vagy födém betona					
Környezeti hatásoknak ellenálló beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek					
Mérsékelt nedves helyen, levegőből származó kloridokkal (sópárral), de jégolvadási sókkal nem érintkező beton	XD1	C30/37	300	0,55	NAD F2.
Például: Vegyipari üzem szerkezet, szabadban lévő szerkezet					
Nedves, ritkán száraz helyen, vízben lévő kloridokkal érintkező, de jégolvadási sókkal nem érintkező beton	XD2	C35/45	320	0,50	NAD F2.
Például: Alapítvány, származó, sós ásvány- és gyógyvizekkel érintkező szerkezetek, klorid-tartalmú talajvízzel érintkező szerkezetek, ha az agresszív víz klorid-tartalma $Cl^- > 500 \text{ mg/liter}$					
Váltakozva nedves és száraz helyen, jégolvadási sókkal érintkező beton	XD3	C35/45	320	0,45	NAD F2.
Például: Parkolóházak és garázsok fagyhatásnak ki nem tett betona					

BETON JELE	Nyomószilárdsági osztály	Környezeti osztály(ok)	Legnagyobb szemnagyság
Példák:	C30/37	– XC4	– 32
	C35/45 – AC30(H)	– XC4 + XA3	– 24

Alkalmazási terület	Környezeti osztály jele	Beton nyomószilárdsági osztálya, legalább ²⁾	Beton cement-tartalma, legalább, kg/m ³	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb	Friss beton levegő-tartalma ³⁾ MSZ 4798 táblázata
Függőleges felületű, függőleges beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek					
Függőleges felületű és 5%-nál nagyobb lejtésű, mérsékelt víztelítettségű, esőnek és fagnak kitéve, olvasztó sóval nem érintkező függőleges beton	XF1	C30/37	300	0,55	NAD F2.
Például: Monolit és előregyártott szerkezetek					
Függőleges felületű és 5%-nál nagyobb lejtésű, mérsékelt víztelítettségű, esőnek, fagnak és jégolvadási sók permetének kitéve függőleges beton	XF2	C25/30	300	0,55	NAD F3.
Például: Útépítési és nem teherhordó hidépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek					
Függőleges felületű és 5%-nál nagyobb lejtésű, mérsékelt víztelítettségű, esőnek, fagnak és jégolvadási sók permetének kitéve függőleges beton	XF2(H)	C35/45	320	0,50	NAD F2.
Például: Monolit és előregyártott szerkezetek, teherhordó hidépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek					
Alkalmazása út- és repülőtéri burkolati elemek esetén tilos!					
Vízszintes felületű, vízszintes beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek					
Vízszintes felületű és legfeljebb 5%-os lejtésű, nagy víztelítettségű, esőnek és fagnak kitéve, olvasztó sóval nem érintkező vízszintes beton	XF3	C30/37	320	0,50	NAD F3.
Például: Útépítési és nem teherhordó hidépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek					
Vízszintes felületű és legfeljebb 5%-os lejtésű, nagy víztelítettségű, esőnek és fagnak kitéve, olvasztó sóval nem érintkező vízszintes beton	XF3(H)	C40/50	340	0,45	NAD F2.
Például: Monolit és előregyártott szerkezetek, teherhordó hidépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek					
Alkalmazása útpályabetonok és repülőtéri burkolatok esetén tilos!					
Vízszintes felületű és legfeljebb 5%-os lejtésű, nagy víztelítettségű, esőnek, fagnak és jégolvadási sók permetének kitéve vízszintes beton	XF4	C30/37	340	0,45	NAD F3.
Például: Útpályabetonok, hidon átvezetett útburkolatok, repülőtéri burkolatok, nem teherhordó hidépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek					
Alkalmazása útpályabetonok és repülőtéri burkolatok esetén tilos!					
Talajvíz és talaj (alapvetően duzzadásos és esetleg oldódósós) kémiai korróziójának ellenálló beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek					
Enyhén agresszív talajvízzel vagy talajjal érintkező beton	XA1	C30/37	300	0,55	NAD F2.
Például: Pincek, alaptestek, fűtő és talaj-kiszorításon cölöpök, mikrocolópok, rézfalak, tőbbszintes, mélygarázsok, szilárdító-szerkezetek (keszonok), földalatti terek, alagutak, közműcsatornák					
Mérsékeltan agresszív talajvízzel vagy talajjal érintkező beton	XA2	C30/37	320	0,50	NAD F2.

Környezeti hatások kitéti osztályai

BETON KÖRNYEZETI OSZTÁLYAI

az MSZ 4798:2016 és MSZ 4798:2016/2M:2018 szabvány alapján ¹⁾

Nincs korróziós kockázat **XN-X0** MSZ 4798:2016/2M:2018

Alkalmazási terület	Környezeti osztály jele	Beton nyomószilárdsági osztálya, legalább ²⁾	Beton cement-tartalma, legalább, kg/m ³	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb	Friss beton levegő-tartalma ³⁾ MSZ 4798 táblázata
Környezeti hatásoknak ellen nem álló, azoknak ki nem tett beton szerkezetek					
Káros környezeti hatás nem éri a szilárdsági szempontból alárendelt jelentőségű beton	XN(H)	C8/10	165	0,90	NAD F2.
Például: Aljzatbeton, beton alapréteg, cement-stabilizáció					
Káros környezeti hatás nem éri a betont	X0b(H)	C12/15	230	0,75	NAD F2.
Például: Vasalatlan alapbeton, kitöltő és kiegyenlítő beton, üreges födémbeletést, üreges válaszfallal, üreges zsazuzóelem, kétrétegű járdalap hátbetonja, kétrétegű útburkolóelem hátbetonja, üreges pince-falazóelem, belső föfali üreges föfal-falazóelem, belső föfali tömör föfal-falazóelem					
Környezeti hatásoknak ellen nem álló, azoknak ki nem tett vasalt beton (nem vasbeton) szerkezetek					
Karbonátosodáson kívül egyéb káros környezeti hatás nem éri a vasalt betont (nem vasbetont!)	X0v(H)	C16/20	250	0,70	NAD F2.
Például: Száraz helyen lévő vasalt alapbeton, vasalt térhatároló beton					

Karbonátosodás okozta korrózió

A karbonátosodás kitéti osztályai:

XC1 - száraz, vagy tartósan nedves

XC2 - nedves, ritkán száraz

XC3 - mérsékelten nedves, szabadban

XC4 - váltakozva nedves és száraz

A levegő CO_2 hatása: $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

Szénsav hatása: $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$

Karbonátosodásnak ellenálló vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek					Levegőtartalom
Száraz vagy tartósan nedves helyen, állandóan víz alatt lévő beton	XC1	C20/25	260	0,65	NAD F2.
	Például: Belső pillér, belső födém, vízszint alatti betonok				
Nedves, ritkán száraz helyen lévő beton	XC2	C25/30	280	0,60	NAD F2.
	Például: Épületalap, támfalalap, mélyalap, alaplemez, kiegyenlítő lemez betonja				
Mérsékelten nedves helyen, nagy relatív páratartalmú épületben lévő beton	XC3	C30/37	280	0,55	NAD F2.
	Például: Fürdőépület szerkezete, szabadban lévő esőtől védett szerkezetek betonja				
Váltakozva nedves és száraz, vízpermetnek kitett helyen lévő beton	XC4	C30/37	300	0,50	NAD F2.
	Például: Szárnyfal, pincefal, fűtő cölöp, cölöp-fejgerenda, mederfal, külső fal, pillér vagy födém betonja				

Az XC kitéti osztály követelménye és a javasolt szilárdsági osztály

Fagyási/olvasztási ciklusok által okozott korrózió **MSZ 4798:2016/2M:2018**

Függőleges felületű fagyálló beton és vasbeton szerkezetek

XF1- Mérsékelt víztelítettség, olvasztó sózás nélküli, légbuborék nélküli

XF2- Mérsékelt víztelítettség, olvasztó sózott, légbuborék szerrel és nélkül

Vízszintes felületű fagyálló beton és vasbeton szerkezetek:

XF3- Nagy víztelítettség, olvasztó sózás nélküli, légbuborék szerrel és nélkül

XF4- Nagy víztelítettség, olvasztó sóknak kitett, légbuborék szerrel és nélkül

Alkalmazási terület	Környezeti osztály jele	Beton nyomó-szilárdsági osztálya, legalább ²⁾	Beton cement-tartalma, legalább, kg/m ³	Beton víz-cement tényezője, legfeljebb	Friss beton levegőtartalma ³⁾ MSZ 4798 táblázata
Függőleges felületű fagyálló beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek ⁵⁾					
Függőleges felületű és 5%-nál nagyobb lejtésű, mérsékelt víztelítettségű, esőnek és fagynak kitett, <u>olvasztó sózás nélküli</u> fagyálló beton	XF1	C30/37	300	0,55	NAD F2.
	Légbuborékképző <u>adalékszer nélkül</u> készül a beton. Például: Monolit és előregyártott szerkezetek				
Függőleges felületű és 5%-nál nagyobb lejtésű, mérsékelt víztelítettségű, esőnek, fagynak és <u>jégolvasztó sók</u> permetének kitett fagyálló beton	XF2	C25/30	300	0,55	NAD F3.
	Légbuborékképző <u>adalékszerrel</u> készül a beton. ⁶⁾				
	XF2(H)	C35/45	320	0,50	NAD F2.
Légbuborékképző <u>adalékszer nélkül</u> készül a beton. Például: Monolit és előregyártott szerkezetek, teherhordó hidépítési szerkezetek, útpályától legfeljebb 10 m-re lévő szerkezetek Alkalmazása út- és repülőtéri burkolati elemek esetén tilos!					

Az XF kitéti osztály követelményei és a javasolt szilárdsági osztályok

Kémiai korrózió (agresszív vegyihatás)

XA1 - enyhén agresszív kémiai környezet

XA2 - mérsékelten agresszív kémiai környezet

XA3 - nagymértékben agresszív kémiai környezet

Szennyvizek hatása:

XA4 - enyhén agresszív szennyvíz

XA5 - mérsékelten agresszív

XA6 - nagymértékben agresszív

A vegyi hatások osztályba sorolása:

Kémiai jellemzők	Kitéti (környezeti) osztályok		
	XA1	XA2	XA3
SO ₄ ²⁻ mg/l	> 200 és < 600	> 600 és < 3000	> 3000 és < 6000
pH	< 6,5 és > 5,5	< 5,5 és > 4,5	< 4,5 és > 4,0
CO ₂ mg/l	> 15 és < 40	> 40 és < 100	> 100 telítésig
NH ₄ ⁺ mg/l	> 15 és < 30	> 30 és < 60	> 60 < 100
Mg ²⁺ mg/l	> 300 és < 1000	> 1000 és < 3000	> 3000 telítésig

Minden egyes kémiai jellemzőre a legveszélyesebb érték adja meg az osztályt!

Kitéti osztályok	Cementtartalom kg/m ³ legalább	V/C vízcement tényező legfeljebb	Frisbeton pórustartalom l/m ³ legfeljebb	Szilárdsági osztály legalább (javasolt)
XA - 1 vegyi	300	0,55	25	C 30/37
XA - 2	320	0,50	25	C 30/37
XA - 3	360	0,45	20	C 35/45

A XA kitéti osztály követelménye és a javasolt szilárdsági osztály

C25/30-XC3-XF4-XA3 -16-S2-100év MSZ 4798:2018 betonjelölés

C - Concrete (norm. Beton) nyomószilárdsági osztálya

25 - 25 N/mm² f_{ck,cyl} jellemző szilárdság (hengeren)

30 - 30 N/mm² f_{ck,cube} (15 cm-es kockán)

XC3 - környezeti osztály, karbonátosodás
mérsékelten nedves környezetben (C30/37)

XF4 - környezeti osztály, fagyhatásnak kitett
fagyási/olvasadási ciklusok hatása
nagy mérvű víztelítettség + jégolvasztó só

XA3 - nagymértékben agresszív kém. környezet (C35/45)

16 - adalékanyag d_{max} (mm)

S2 - konzisztencia, roskadás 50 ÷ 90 mm

100 év - használati élettartam legalább 100 év

Mértékadó nyomószilárdsági osztály meghatározása:

Az erőtanai számítás eredménye alapján megállapított

szükséges nyomószilárdsági osztály **C25/30**

és a környezeti feltételek alapján előírt (ajánlott)

nyomószilárdsági osztályok (C30/37 és C35/45)

közül a nagyobb nyomószilárdsági osztály a mértékadó.



Különleges betonok és betontechnológiák

Különleges betonok és technológiák

Hőszigetelő könnyűbetonok

- polisztirol adalékanyagú hőszigetelő beton
- pórusbeton Xella Multipor ásványi hőszigetelő lap
- fabeton falazóanyagok (Leier fabeton, DURISOL)
- kenderbeton (monolit és falazó elem)

Különleges tulajdonságú betonok és betontechnológiák

- szálerősített betonok (fém- és műanyag szálak)
- hő-és tűzálló betonok
- vízzáró beton
- víz alatti betonozás
- duzzadó beton és habarcs (MAXDINAMIT, MAXPLUG)
- fényáteresztő betonok (Litracon, Pixel)
- öntömörödő beton
- matricás zsalutattal előállított látványbeton felületek
- különleges zsaluzási technológiák
- 3D betonnyomtatási technológia

Polisztirol adalékanyagú hőszigetelő beton



Xella Multipor ásványi hőszigetelő lap

Műszaki adatok:

Testsűrűség	$\rho_t = 115 \text{ kg/m}^3$
Hővezetési tényező	$\lambda = 0,045 \text{ W/mK}$
Nyomószilárdság	$f_{cm} > 0,35 \text{ N/mm}^2$
Páradiff. ellenállás	$\mu = 3$
Tűzállóság	A1 nem éghető
Alkalmazható	belsőoldali hőszigetelésre



Fabeton (fa adalékanyagú beton)

A fabeton elemek előállításához:

- faforgács és farost mineralizálása
fenyőfa + magnézium
nyárfa + cement kötőanyag
- vibro-préseléses tömörítés
- marásos méret- és felületképzés
- hőszigetelő betétek elhelyezése

Termékek:

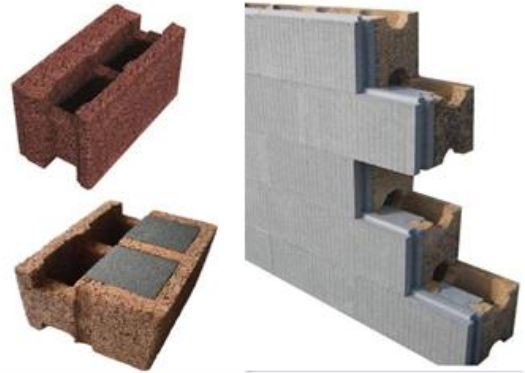
Leier (Fabeton) falazó elemek
Durisol hőszig. zsaluzóelemek
Zajárnyékoló kerítés elemek

Fabeton műszaki paraméterei:

- testsűrűség: $400-800 \text{ kg/m}^3$
- szilárdság: $f_{cm}: 2 \div 4 \text{ N/mm}^2$
- hőszig.: $\lambda = 0,10 \div 0,15 \text{ W/mK}$
- tűzvédelmi osztály: A2

A falazat tulajdonságai:

- A falazat nagy teherbírású
- Vakolattartás, hangszigetelés



Kenderbeton és alkalmazása

Kenderbeton műszaki jellemzői:

- nyomószilárdság: $0,8 \div 1,0 \text{ MPa}$
- testsűrűség: $\rho = 120 \text{ kg/m}^3$ $\lambda = 0,6 \text{ W/mK}$
- falszerk.hőátb. tényező $U = 0.15 \text{ W/m}^2\text{K}$ (40 cm)
- pára- és légáteresztő falszerkezet
- jó hőtároló képesség, tűzvédelem „B” minősítés

Beton kötőanyaga: mész és puccolán

Alkalmazási technológiák:

- faltömörítés döngölővel
- szórás-fújás, fröccsöntés
- kendertéglá falazóelem

Kenderpozdorja hőszigetelő táblák és lemezek

Nem támadják a rágcsálók, kiválóan vakolattartó



Szálerősített betonok



Szálerősítésre alkalmazott anyagok:

- acélszálak (egyenes, hullámos)
- műanyag szálak és szálvagdalékok
- üvegszálak, bazalt szálak, titanát sz.

A szálerősítésű betonok tulajdonságai:

- csökken a repedés-érzékenység
- növekszik a hajlító-húzó szilárdság

Szálerősített betonok alkalmazása:

- vízzáró betoncsövek, héjszerkezetek
- térburkolatok, útbetonok
- vékonyfalú betonelemek, lőtt beton
- nagy teljesítő képességű betonok

Hő- és tűzálló betonok

Kémények, kazánalapok, kemencefalak

Hőállóság: normálbeton 200 °C-ig

mérsékelt hőálló 200÷500 °C

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ 500 °C felett átalakul CaO

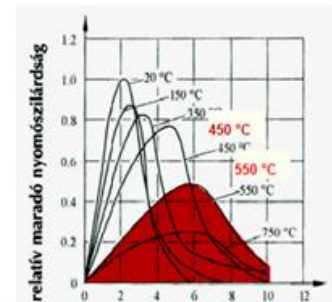
hőálló beton 500 ÷ 800 °C

tűzálló beton 800 °C felett

800 °C felett, Köttőanyag: tűzálló aluminát cement, samott liszt + bórx, vízüveg; bazalt zúzalék

Műanyag szálak alkalmazása.

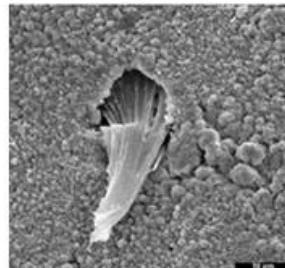
A műanyag szálak elpárolgásával kapilláris csőhálózat alakul ki a betonban, mely megakadályozza a gőznyomás kialakulását.



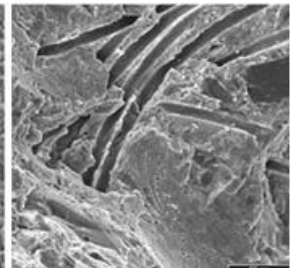
A beton $\sigma - \varepsilon$ diagramja nyomó igénybevétel esetén a °C függvényében



A beton réteges leválása



A műanyag szálak helyén maradt csatornák.



Vízzáró betonok

Alkalmazás területek: vízepítési létesítmények, csővezetékek, csatornák, víztározó medencék

Betonösszetétel és jellemzők:

- cement kötőanyag: CEM I 42,5 S $C > 350\text{kg/m}^3$
- adalékanyag: folyami kavics, $d_{\max} < V/4$; I. oszt. $m < m_0$
finomrész tartalom $\Sigma 0/0,25 > 400\text{ kg/m}^3$
- V/C és vízcsökkentő adalékszerek: plastifikátor
- tömörség fokozó adalékanyagok: tömítő anyagok

Vízzáróság fokozó anyagok

- csökkentik a keverővizet (plastifikátorok)
- kristályosodva CSH alkotnak (trasz, kaolinit)
- vízfelvétellel duzzadnak (bentonit)
- műgyanta diszperziók (pórust telítik)
- kristályosodva tömítenek (Penetron; XYPEX)

Betontechnológia: - túltelített cementpép, $V/C < 0,5$
- vibrálással tömörített
- utókezelés 14 nap, védelem

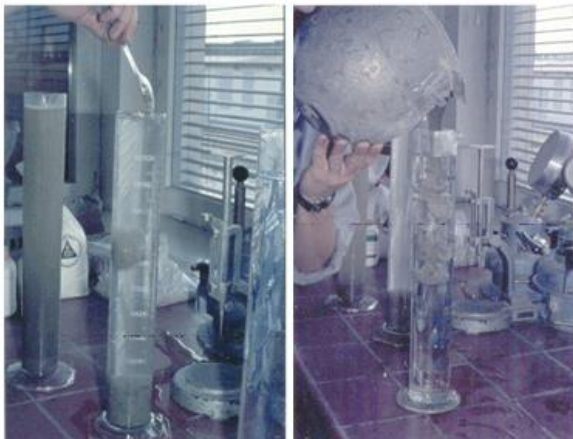


Víz alatti betonozás

Hídpillérek, gátak, folyómedrek, pincék

Betonozási módszerek:

1. Víz kiszorítás, süllyesztő konténer
2. Álló- és mozgó tölcser
3. **Kontraktor** eljárás (tömlő + szivattyú)
4. Kolkret eljárás koloid cementhabarcs kövek közé injektálása
5. **Sikotan** vegyi adalékszer alkalmazása
6. SikaUW-C kimosódást gátló adalékszer



Duzzadó betonok és habarcsok



MAXDINAMIT
duzzadó habarcs



Vasbetonszerkezetek bontása
robbantás- és réseles nélkül

A fűrt lyukak kiöntése duzzadó habarccsal

Duzzadó habarcs repesztő hatása



Szétroncsolt vasbeton szerkezet



MAXPLUG duzzadó
vízzáró tömítés

Öntömörödő beton (ÖTB)

Alkalmazási területek:

- negatív formák kitöltése betonnal
- sűrű vasalású vb. elemek betonozása
- bonyolult rajzolatú felületek képzése
- közlekedőedény-szerű zsaluzat kitöltése
- tömör és sima látszóbeton felületek képzése

Az öntömörödő beton tulajdonságai:

- mézszerű folyás, terülés, teljes üregkitöltés
- önthető konzisztencia $\neq$ öntömörödő jelleg
- vibrálás nélküli bedolgozási mód
- hosszú bedolgozhatóság és mozgásképesség



Anyagok megnevezése	A beton összetétele kg/m ³	
	Vibrált beton	Öntömörödő beton
Cement	330	330
Víz V/C = 0,55	182	175
Adalékanyag, homok 0/2	545	749
Adalékanyag 2/8	725	376
Adalékanyag, kavics 8/16	545	376
Mészkelet	---	297
Adalékszer, folyósító	---	8,5
Testsűrűség kg/m ³	2327	2312



Héjszerkezeti zsaluzatok

Frédi-Béni szendvics szerkezetű ház

- acélcső vázszerkezetre drótháló
- távolságtartóval külső drótháló
- dróthálók betonozása (lövés)
- kettős falú zsaluzatba betonöntés

Jurta jellegű ökológikus gömbház

- löttbeton héjszerkezetű ház



Estétikus megjelenésű látvány betonok

Alkalmazott betonok:

- öntömörödő és szálerősített beton alkalmazás
- habarcskimosásos, adalékszemcsés
- zsalumatricák használata
- foszforeszkáló betonfesték felületképzés

Betontechnológiai követelmények:

- egyenletes- és tartós szín (cement)
- pórusmentes és egyenletes felület
- estétikus munkahézag kialakítás
- megfelelő zsaluzat, sablonleválasztás
- betonacél távtartó és acéltakarás
- betonfelület utókezelés, védelem

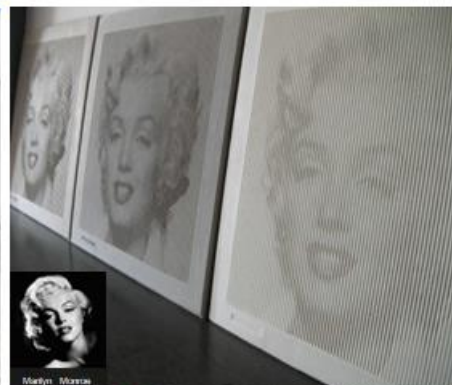


Park építési betontárgyak

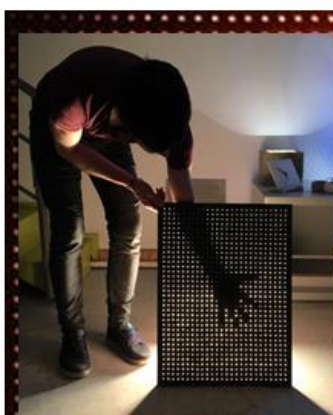




Mikro barázdás gumisablonban gyártott falpanelek



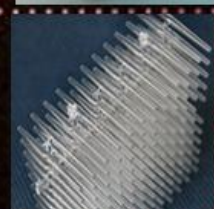
Fényáteresztő betonok



Litracon fényáteresztő beton



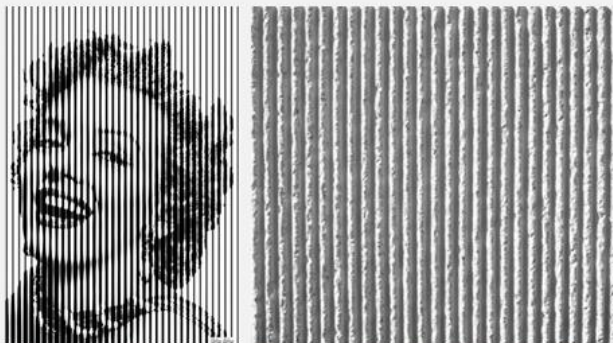
Litracon pXL Pixelbeton



Litracon pXL Pixelbeton és alkalmazása:

- transzparens műanyag szálak vezetnek a fényt
- a kép, fénypontokból (pixelekből) épül fel
- iparosítottan előállított panelelemek
- sík lapok, üreges testek, térbeli idomok
- átvilágított homlokzati- és válaszfalak
- belsőépítészeti dekorációs elemek
- belülről megvilágított szabadtéri szobrok





Matricás zsaluzattal készült látványbeton felületek



Virágok betonból. A PET palackok levágott feneké sablonként szolgált



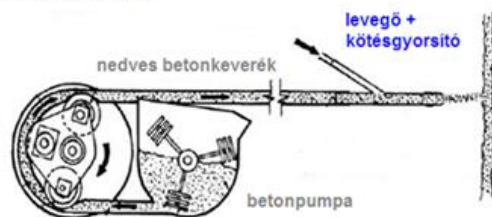
Lőtt (lövellt) beton technológia

Betontechnológia:

- száraz- és nedves lövési eljárás
- jelentős a korai szilárdság

A beton tulajdonságai:

- F1 konzisztencia, alacsony V/C
- műanyag- és acélszál erősítés
- kötőgyorsító (dermedés gyorsító)



Nedves eljárás



Száraz eljárás



Beton rehabilitáció



3D betonnyomtatási technológia

Hőszigetelő anyagok és technológiák

Igény a hőszigetelés hatékonyságának növelésére

- Energiatakarékosság az épületek hőszigetelésével.
- A kis energiafogyasztású épületek igen hatékony hőszigetelést igényelnek. (Nulla energiafogyasztású lakóépületek $U = 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- A hőszigetelő anyagok **hatékonyságának korlátai** (a levegő szigetel)
- A szigetelőréteg **vastagsága korlátozott** (műemléki épületek, belső oldali)
- Hatékony hőszigetelő anyagok: **nanotechnológia** (nano-porozitás, vákuum)



Épülethomlokzat hő térképe



Fokozott hőszigetelésű falszerkezet

Az építőanyagok hőtechnikai jellemzői:

1. Hővezetési tényező: $\lambda \text{ W/mK}$

λ az anyag hővezető képességétől függ

λ megadja, hogy mekkora hőmennyiség (J) halad át 1 m^2 felületű anyag 1 m vgt rétegén, 1 sec alatt, ha a falfelületek hőmérsékletének különbsége 1 K .

$$\lambda \text{ hővezetési tényező: } \frac{J \times m}{m^2 \times K \times s} = \frac{W}{m \times K} \text{ J/s (W)}$$

Pl.: Polisztirol: $0,03 \text{ W/mK}$

Pórusbeton: $0,15 \text{ W/mK}$

Beton: $2,00 \text{ W/mK}$

A hővezetési tényezőt befolyásolják:

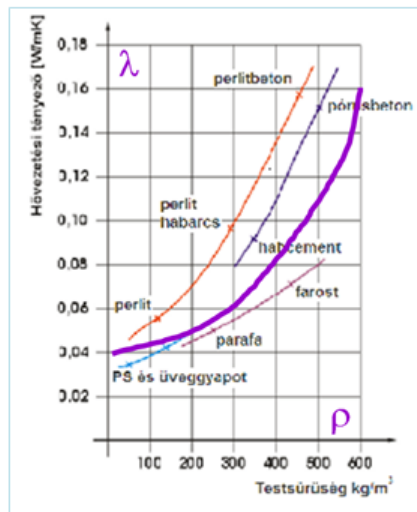
- az anyag porozitása (testsűrűség)
- nedvességtartalom (víz telítettség)
- szerkezeti felépítés (pl. rostirány)

Minél kisebb a λ , annál jobban hőszigetel.

2. Hővezetési ellenállás: $R_\lambda = d/\lambda \text{ m}^2\text{K/W}$ (hőáramlással szembeni kifejtett ellenállás)

3. Felületi hőátadási tényező: $h \text{ W/m}^2\text{K}$

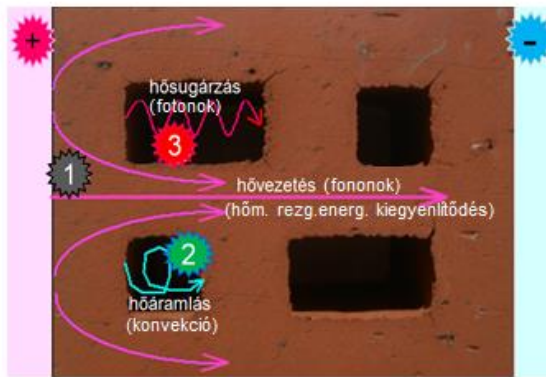
4. Hőátbocsátási tényező: $U \approx 1/R \text{ W/m}^2\text{K}$ (1 m^2 falszerkezet mennyi hőt bocsát át)



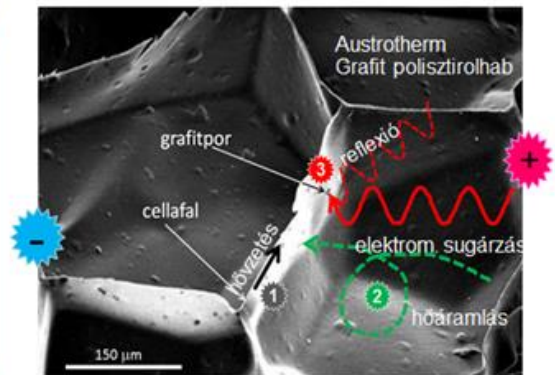
Hővezetési tényező változása testsűrűség függvényében

Részletes ismertetés az épület-szerkezettan és épületfizika tantárgyak keretében

A hő terjedésének formái az építőanyagokban



Kerámia falazóelem



A polisztirol cellaszerkezete

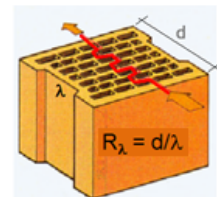
Hőtranszport folyamatok a szilárd anyagban:

Az anyag hőmérséklete: Az atomrács mechanikai rezgési-energiája (rácsrezgés).

1. **Hővezetés:** Részecskéről részecskére adódik át a hő a sz. anyagban (e. kiegyenlítőds).
A cellafal dielektrikum, a molekulák rezgőmozgása szállítja a hőt.
2. **Hőáramlás:** Mozgó anyagrészecskék, gáz- és vízmolekulák közvetítik a hőt.
A mikró méretű zárt cellákban minimális konvekciós hőáramlás.
3. **Hősugárzás:** Elektromágneses sugárzás formájában (infra) terjed a hő.
A sugárzást visszaverő grafitpor szemcsék hűtőkörként működnek.
A hősugárzás reflexiója miatt: $\lambda = 0,038 \rightarrow 0,032 \text{ W/mK}$ (-20%)

2. Hővezetési ellenállás: $R_\lambda = d/\lambda \text{ m}^2\text{K/W}$

Adott (d) vastagságú és (λ) hővezetési tényezőjű falszerkezetnek, a hőáramlással szemben kifejtett ellenállása: $R_\lambda = d/\lambda$



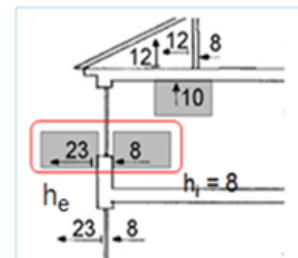
3. Felületi hőátadási tényező: $h \text{ W/m}^2\text{K}$

h_i – belső oldali

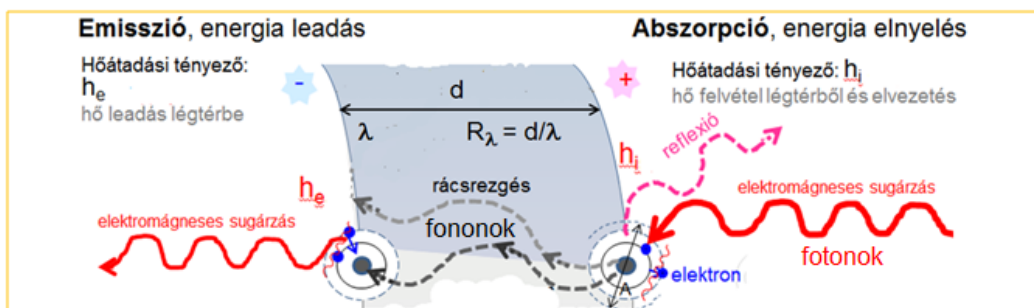
h_e – külső oldali

Befolyásoló tényező a falfelület minősége

Hőátadási ellenállás: $R_{hi}: 1/h_i$ és $R_{he}: 1/h_e$



A felületi hőátadás folyamata:



4. Hőátbocsátási tényező: U W/m²K,

Az a hőmennyiség, amelyet 1m² falszerkezet át bocsát a két légtér között.

$U = 1/R$ W/m²K, ahol az R hőátbocsátási ellenállás

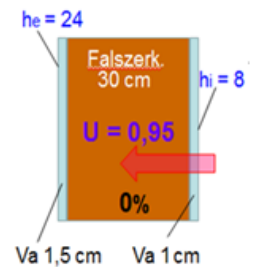
Egyrétegű falszerkezet esetén: $R = R_{hi} + R_{he} + R_{\lambda}$

Hőátbocsátási ellenállás: $R = R_{hi} + R_{he} + R_{\lambda}$

R_{hi} - belső oldali hőátadási ellenállás

R_{he} - külső oldali hőátadási ellenállás

R_{λ} - falszerkezet hővezetési ellenállása



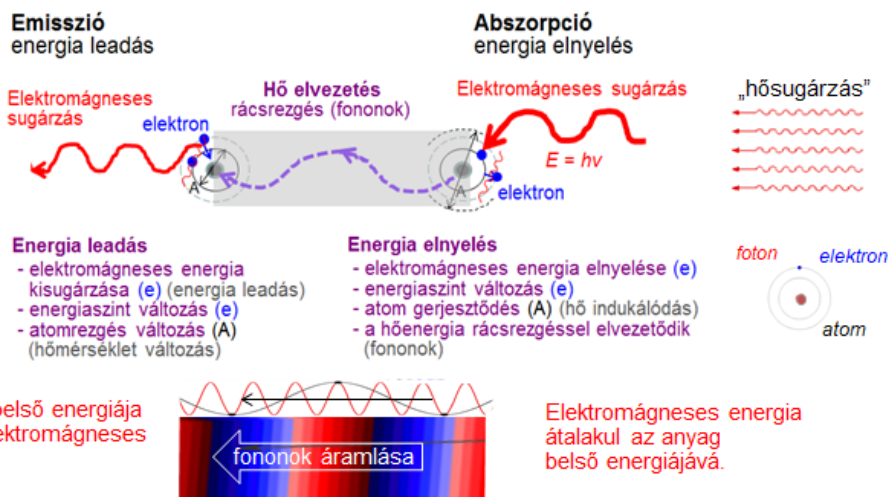
Hőátbocsátási tényező: $U = 1/R$ W/m²K

$$U = \frac{1}{\sum R} = \frac{1}{R_{hi} + R_{\lambda} + R_{he}} = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{h_e}} \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

Többrétegű falszerkezet esetén:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \underbrace{\frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + \frac{d_4}{\lambda_4}}_{R_{\lambda}} + \frac{1}{h_e}} \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Térelhatároló falszerkezetek hőátbocsátási tényezője: $U_{fal} = 0,24$ W/m²K (2018)



Abszorpció:

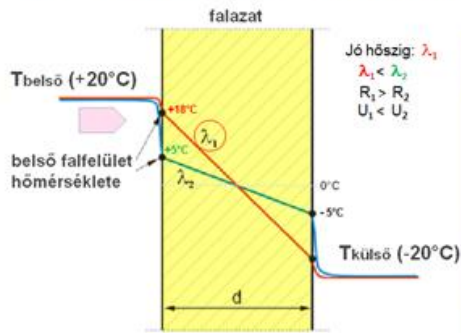
Elektronok **elnyelik** az elektromágneses sugárzást, energiaszintjük növekszik.

Az atomok **gerjesztődnek** (rezgés-amplitúdójuk növekszik) **hő indukálódik** az anyagban. A gerjesztett molekulák, rácsrezgéssel (fononok) a hőt elvezetik.

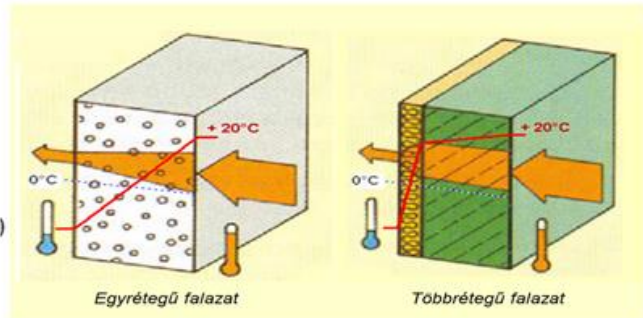
Emisszió: Elektronok az energiájukat **kisugározzák** (infravörös) energiaszintjük csökken, atomok rácsrezgése lecsökken.

Hőtranszport folyamatok az anyagban

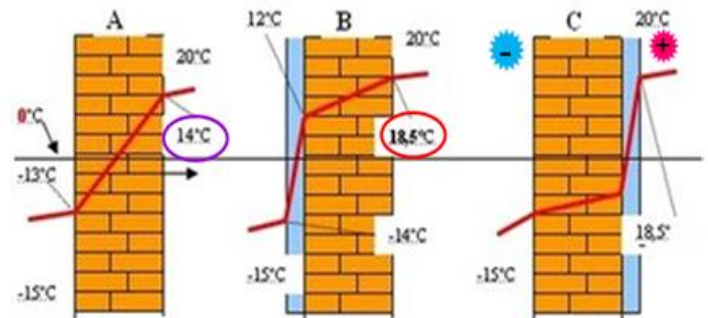
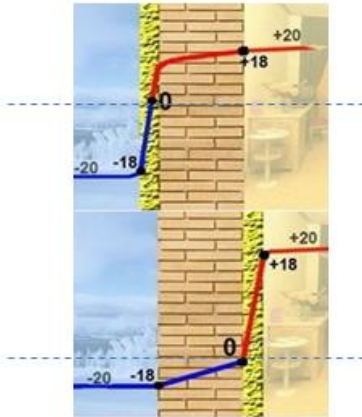
A falszerkezet hőmérséklete a hőszigetelés helyzetétől függően:



A falszerkezet hőfokelési görbéi



A falszerkezet hőmérséklet értékei



A hőszigetelt falszerkezet hőmérséklete

Hőszigetelő anyagok fajtái:

- feltöltő és kitöltő anyagok
- tömítőanyagok (ömlesztve)
- betonok és habarcsok (perlit, habbeton)
- hőszigetelő idomtestek (csőhéjak)
- lemezek (PS tábla, ásványgyapot lemez)
- paplan, matrac, zsinór, tömlő, filc
- nanostruktúrájú hővédő vékonybevonatok



Alkalmazási területek:

- térelhatároló falszerkezetek hőszigetelése
- homlokzatok hőszigetelő vakolása
- padlók és födémek hőszigetelése
- lapos tetők hőszigetelése
- tetőtér és padlásterek szigetelése
- helyszínen szórt hő- és vízszigetelés
- bent maradó hőszigetelő zsuluzat
- műemléki épületek és hőhidak szigetelése
- épületszerkezetek nyári hővédelme
- épületgépészeti, technológiai szigetelés



Hőszigetelő anyagok és termékek

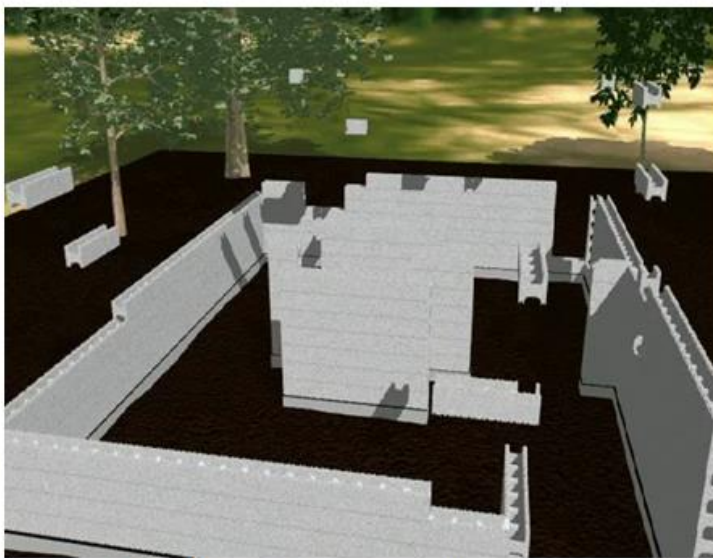
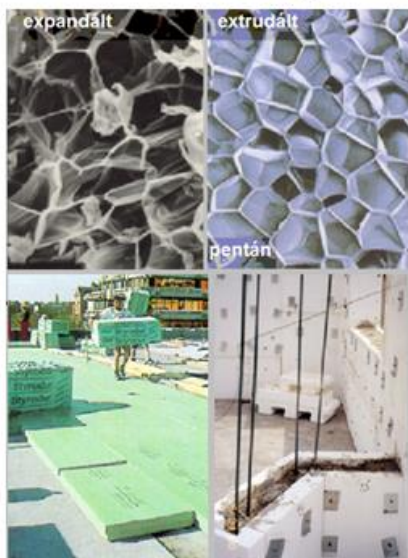
1. Szálas termékek Szilikát szálas: - kőzetgyapot (olvasztott kőzet szálak)
- üveggyapot (olvasztott üveg szálak)
Szerves szálas: - fagyapot, gyapjú, kender, szalma



2. Sejtesítéssel (gázosítás) gyártott termékek

Gázfejlődés a képlékeny állapotú anyagban, duzzasztás melegítéssel

- polisztirol (PS) hab (expandált, extrudált) $\lambda = 0,03 \div 0,04 \text{ W/mK}$
- poliuretán (PUR) hab (helyszíni rétegfelhordás)
- YTONG és MULTIPOR pórusbeton (gázképzéssel)
- duzzasztott perlit, habüveg $\lambda = 0,04 \div 0,06 \text{ W/mK}$



Polisztirol alapanyagú táblák és falazóelemek

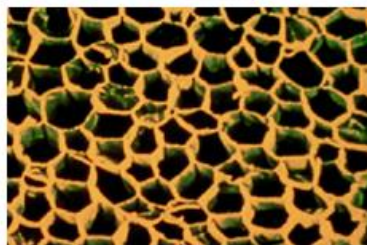
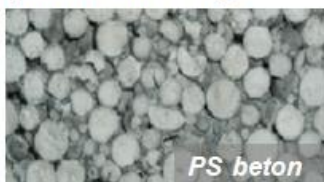
3. Habosítással gyártott termékek

- Habüveg gyöngy és tábla
- PS adalékanyagú habbeton ($\lambda = 0,1 \div 0,2 \text{ W/mK}$)



4. Porózus anyagokkal gyártott termékek

- PS gyöngy adalékanyagú beton
- THERMOFLOC fújható cellulóz
- parafa őrlemény



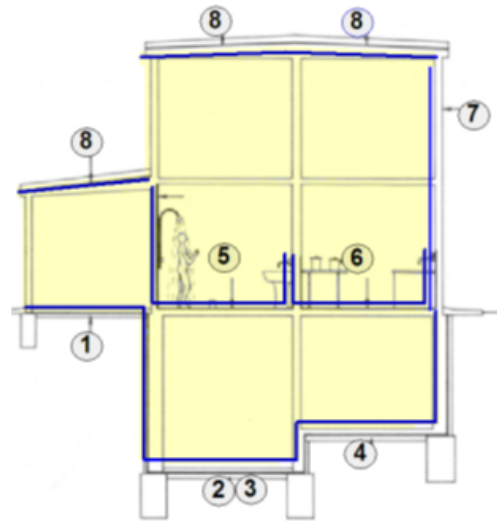
Vízszigetelő anyagok és technológiák

Az építőanyagok vízáteresztő képessége

- vízhatlan anyagok
- vízzáró anyagok
- vízáteresztő anyagok

Épületek nedvesség elleni szigetelése:

1. Talajpára
2. Talajnedvesség
3. Talajvíz
4. Agresszív víz
5. Használati víz
6. Páralecsapódás
7. Csapó eső
8. Csapadékvíz



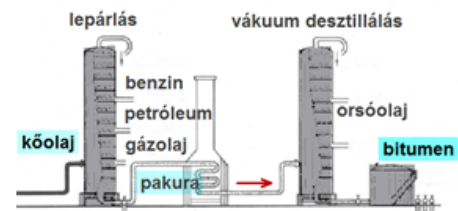
Az épületeket érő nedvesség

Az épületen alkalmazott szigetelések: - csapadékvíz elleni szigetelések
- talajvíz elleni szigetelések
- vízelvezető, szivárgó rendszerek

A bitumen előállítása és tulajdonságai

Bitumen fajtái:

1. Desztillációs bitumen
 - kőolajból lepárlással nyerik
2. Oxidációs (fúvatott) bitumen
 - desztillációs bitumenen 260 °C levegőt fúvatnak át
3. Modifikált (polimer) bitumen



A desztillációs bitument, műanyaggal keverik

- plasztomer (APP) ataktikus polipropilén
- elasztomer (SBS) stírol-butadién-stírol
- műkaucsuk (EPM) etilén-propilén-kaucsuk

A bitumen fizikai tulajdonságai javulnak

A bitumen fizikai tulajdonságai:

- folyadékokkal szemben kis reakcióképesség
- víz- átnemeresztő képesség, oldhatatlanság
- levegő (oxigén) hatására öregszik, ridegedik
- benzin, gázolaj, zsírok oldják és lágyítják
- tulajdonságai °C emelkedésével változnak

Bitumenek fajtái és tulajdonságai

Oxidált (fúvatott) bitumen

Hőállóság +70 °C
 Hideghajlíthatóság 0 °C
 Húzásra, nyomásra 80-100 % maradó alakváltozás
 Nem UV álló, gyorsan öregszik

Plasztomer bitumen

Hideghajlíthatóság -5, -10 °C
 Hőállóság +130-150 °C
 Kiváló hőállóság
 UV sugárzásnak tartósan ellenálló
 Húzásra, nyomásra 50% maradó alakváltozást szenved

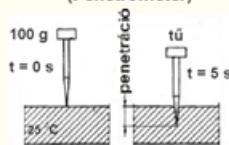
Elasztomer bitumen

Hőállóság +100-110 °C
 Hideghajlíthatóság -20, -40 °C
 Húzásra, nyomásra nincs maradó alakváltozás
 Kiváló visszarugózási és repedésáthidaló képességű
 Kiváló az anyag kifáradással szembeni ellenálló képessége

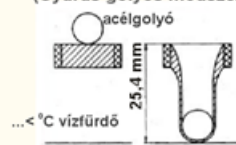
A bitumen fizikai tulajdonságainak vizsgálatai:

- penetráció
- lágyuláspont
- töréspont
- duktilitás
- lobbanáspont
- viszkozitás

Penetráció vizsgálata (Penetrométer)



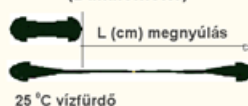
Lágyuláspont vizsgálata (Gyűrűs-golyós módszer)



Töréspont vizsgálata (Fraass-készülék)



Duktilitás vizsgálata (Duktilométer)



Bitumen fizikai tulajdonságainak vizsgálata

B-jelű bitumenek műszaki adatai:

Jellemzők	Követelmény				
	B-90	B-65	B-45	B-30	B-15
Penetráció 25 °C-on 0,1 mm	71...100	55...70	36...54	20...35	10...19
Lágyuláspont °C, legalább	46	50	53	60	70
Töréspont °C, legfeljebb	-10	-8	-6	0	3
Duktilitás 25 °C-on, cm, legalább	100	100	50	50	15

Modifikált bitumenek műszaki adatai:

Jellemzők	Követelmény	
	APP plasztomer bitumenek	SBS elasztomer bitumenek
Penetráció 25 °C-on 0,1 mm	25	35
Lágyuláspont °C, legalább	155	120
Töréspont °C, legfeljebb	- 25	- 35
Duktilitás 25 °C-on, cm, legalább	>100	>100

A modifikált bitumenek tulajdonságai:

- magas hőállóság
- jó hideghajlíthatóság
- nagy szakadási nyúlás
- UV és öregedés-állóság

A fizikai tulajdonságok összehasonlítása

A bitumen fajtái és felhasználási területei

1. Desztillációs- és oxidációs bitumen
 - útépítési- és építőipari felhasználás
 - talajvíz szigetelés, szigetelőlemez gyártás
2. Modifikált bitumen
 - szigetelő- és fedéllemezgyártás
 - bitumenes zsindelygyártás
3. Hígított bitumen
 - bitumen + gázolaj + tapadásjavító szer
 - zúzalékanyagok impregnálása, makadám utak
 - hidegaszfalt keverék gyártása
4. Bitumenemulzió:
 - diszperziós rendszer: 65% bitumen + 35% víz + emulgátor
 - zúzalék szemcsék impregnálása
 - földben lévő betonfalak vízszigetelése
5. Bitumen máz: bitumen + lakkbenzin
 - alapmázolás, ideiglenes védőbevonat
6. Aszfalt: bitumen + kőpor és közúzalék
 - útpálya szerkezeti réteg

Bitumenes vízszigetelő lemezek

- csupaszlemez (vékony)
- fedéllemez (vékony)
- hegeszthető vastag lemez
- öntapadó vastag lemez

Bitumenes páratechnikai lemezek:

- párányomás kiegyenlítő lemezek
- párazáró lemezek



Lemezek hordozó rétegei:

Papír	(I,P)
Üvegfátyol	(V, GV)
Üvegszövet	(G, GG)
Poliészterfátyol	(PV, KV)
Alumínium	(Al)
Réz	(Cu)



Vízszigetelő lemezek alkalmazási hibái
Hasznosított (zöld) tetők építése

Bitumenes tetőfedő zsindely

Zsindelyek alkalmazása és formaválasztéka



Bitumenes tetőfedő zsindelylemez és hullámlemez



Palatető felújítása zsindely lemezzel

Műanyag vízszigetelő lemezek

A műanyag lemezek tulajdonságai:

- kis vastagság, nagy szakadási nyúlás
- hideg időben is rugalmas, UV álló

A műanyag lemezek fajtái:

1. Plasztomer lemezek
 - kevésbé nyúlnak, maradó alakváltozás
 - a lemezek helyszínen hővel formálhatók
2. Elasztomer lemezek
 - jól nyújthatók, visszarugóznak
 - helyszínen nem formálhatók (lepel)

Alkalmazási területek:

- csapadékvíz elleni szigetelés
- talajvíz és üzemi víz elleni szigetelés



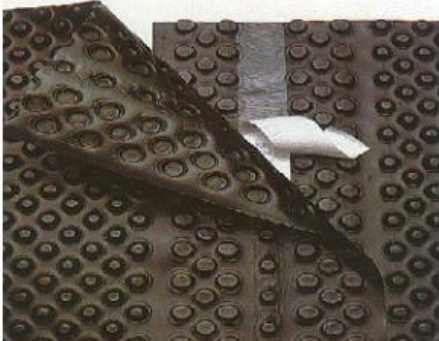
Műanyag felületszivargó lemezek

Dombornyomott műanyag lemezek

- feladatuk az építmények víz elleni védelme
- talajvíztől való védelem, víz elvezetés
- csökkentik a víz hidrosztatikai nyomását

Felületszivargók alkalmazási területei:

- alapfal-szigetelés és rétegvíz elleni védelem
- zöldtetők szivargó rétege
- szerelőbeton helyett, bent maradó zsaluzat
- nedves falak átszellőztetése



Bevonat vízszigetelési technológiák

Helyszínen kent és szórt vízszigetelések

Alkalmazási területek: - talajvíz és víznyomás elleni szigetelések
- lábazatok és pincefalak szigetelése
- kültéri teraszok és erkélyek vízszigetelése
- úszómedencék és víztározók szigetelése

1. Bitumenes kenhető vízszigetelések

- bitumenemulzió (Superflex)
- bitumenes kenhető habarcs (Bitugél)



2. Szilikát (cement) bázisú vízszigetelések

- cementkötésű habarcsok (XYPEX, Mapelastic)
- vízzárást fokozó adalékanyag (PENETRON)
- duzzadó anyagszigetelések (Bentonit)
- szilikát bázisú vízzáró habarcs (OXIDTRON)



3. Műanyag bázisú vízszigetelések

- üvegszál erősítésű műgyanták (Superflex)
- műanyag habarcsbevonatok (Mapei Planiseal)
- hő- és vízszigetelő rendszer (PUR hab)



Utólagos falszigetelő- és falszárító eljárások

1. Mechanikai módszerek

- falkibontás és aláfalazás
- falátvágás és lemezszigetelés
- műanyag- és acéllemez sajtolás



2. Vakolatszigetelések

- falszárító porózus vakolatok
- száraz szigetelő lemezek



3. Vegyi falszigetelési eljárások

- cementiszapos eljárások
- folyadék-injektálásos módszerek



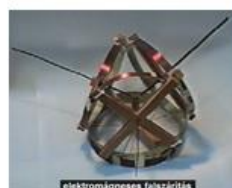
4. Elektrokinetikus eljárások

- elektro-ozmotikus módszerek
- elektrokinetikus módszerek



5. Elektromágneses eljárások

- Aquapol, Wigopol, - Hydropol



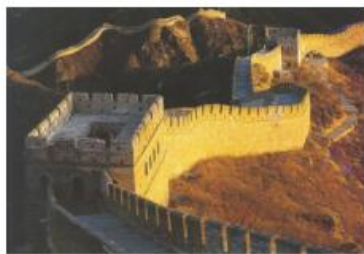
Építési kerámiák

A kerámia termékeket agyagból formázzák, majd szárítják és égetik. Égetés után kemény, kőszerű anyaggá válik.

Termékek osztályozása:

1. Termékek porozitása szerint: porózus, tömör
2. Termékek színe szerint: fehér, színes
3. Nyersanyag és technológia szerint:
 - **Durvakerámiák**: falazótéglák, vázkerámiák, tetőcserepek
 - **Finomkerámiák**: fehércsempe, pirogránit, porcelán
 - **Tűzálló kerámiák**: samott - és magnezit téglá

Kerámia termékek fejlődése és építészeti alkalmazása



Kínai szárított téglá



Görög „keramos”



Európai várak, templomok

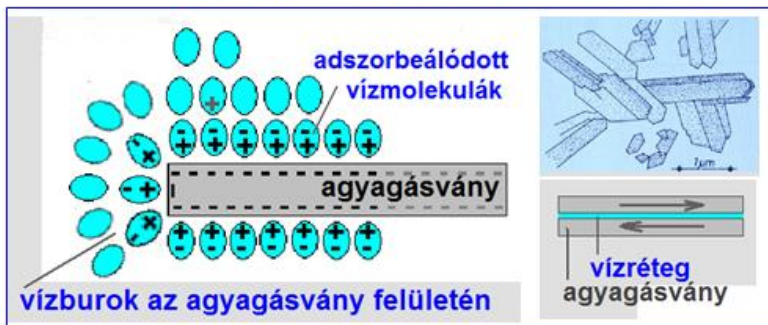
Az építési kerámiák gyártása (nyersanyag)

A kerámiák gyártásának nyersanyagai: - agyag (kövér és sovány)
- homok (soványító adalék)
- szénpor, fűrészpor $\rightarrow$ p%

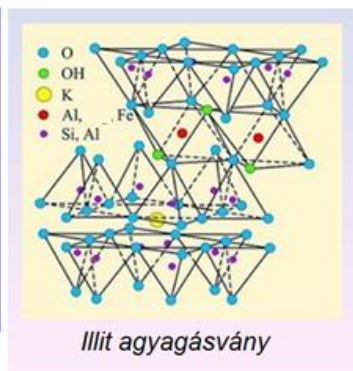
A gyártáshoz alkalmazott agyakok: - téglagyag (színesre égő illit)
- tűzálló agyag
- kaolin (fehérre égő)

Az agyag formázhatóságát az agyagásvány tartalma határozza meg.

- az agyagásványok szerkezeti felépítése
- agyakok vízfelvétele (duzzadás, zsugorodás)



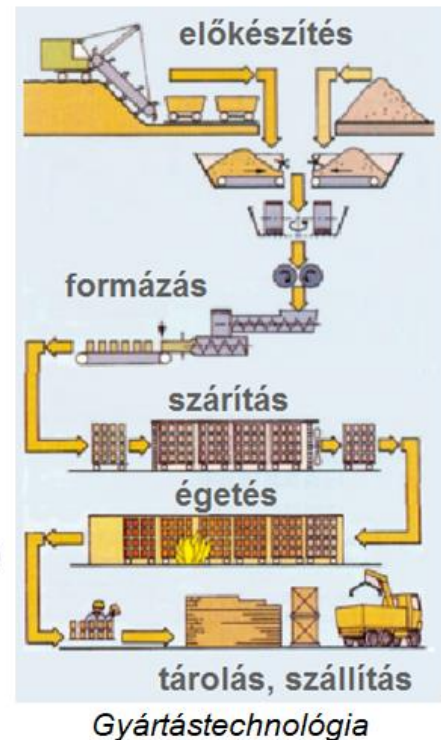
Az agyag vízfelvételének mechanizmusa



Kerámia termékek gyártása

A gyártástechnológia műveletei:

1. Nyersanyag előkészítés
 - agyag kitermelése és szállítása
 - aprítás, durva- és finom őrlés
 - keverés, nedvesítés, homogenizálás
2. Formázás
 - préselés (vákuum-csigaprés)
 - darabolás (acélhuzal vágás)
3. Szárítás
 - Vízvesztés (zsugorodási repedés)
 - szárító alagutak, csatornák
 - kamrák (szakaszos üzem)
4. Égetés
 - Zsugorodási hőmérsékleten ($1000\text{ }^{\circ}\text{C}$)
 - alagútkemence és égető kamrák
 - („mészkukac” keletkezése CaO)
5. Tárolás és szállítás
 - rakatképzés, zsugorfólia



Vákuum csigaprés



Szárító kocsi, soroló állvány



Rakatképzés



Rakat az égető kocsin



Termékek az alagútkemencében



Rakatképzés

Gyártástechnológiai berendezések és műveletek

Építési kerámia termékek választéka

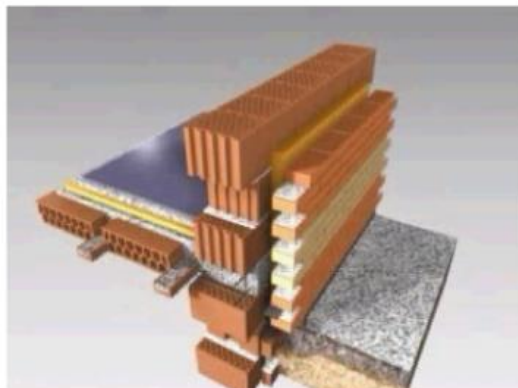
1. Égetett vázkerámia falazóelemek

- kerámia falazóelemek
- vázkerámia kézi falazóblokkok
- válaszfal téglák- és elemek

2. Vázkerámia födemelemek és béléstestek

3. Égetett kerámia tetőcserepek

4. Fal- és padlóburkoló lapok



Szerkezetbe beépített kerámia termékek



Kerámia falazó elemek



Födemelemek



Kerámia tetőcserepek



Falburkoló lapok

Külső teherhordó falak
[POROTHERM 44 N+F](#)
[POROTHERM 38 N+F](#)
[POROTHERM HS N+F](#)

Belső teherhordó falak
[POROTHERM 30 N+F](#)
[POROTHERM 25 N+F](#)
[POROTHERM 20 N+F](#)

Lakásválasztó falak
[POROTHERM 30](#)
hanggátló téglák

Válaszfalak
[POROTHERM 12 N+F](#)
[POROTHERM 10 N+F](#)
[POROTHERM 6 N+F](#)

Pincefalak
[POROTHERM 38](#)
pincetégla

Korszerű teherhordó falazó elemek
[POROTHERM 44 K](#)
[POROTHERM 44 HS Profi és kávatégla](#)
[POROTHERM 44 T Profi DRYFIX extra](#)

Kerámia alapú
Feszített födémrendszer
[POROTHERM](#)
kerámia béléstest

[POROTHERM](#)
kerámia burkolatú
vasbeton gerenda

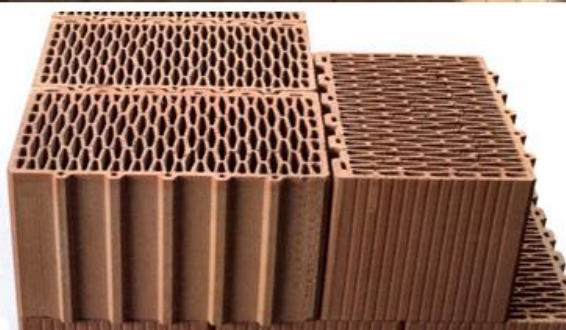
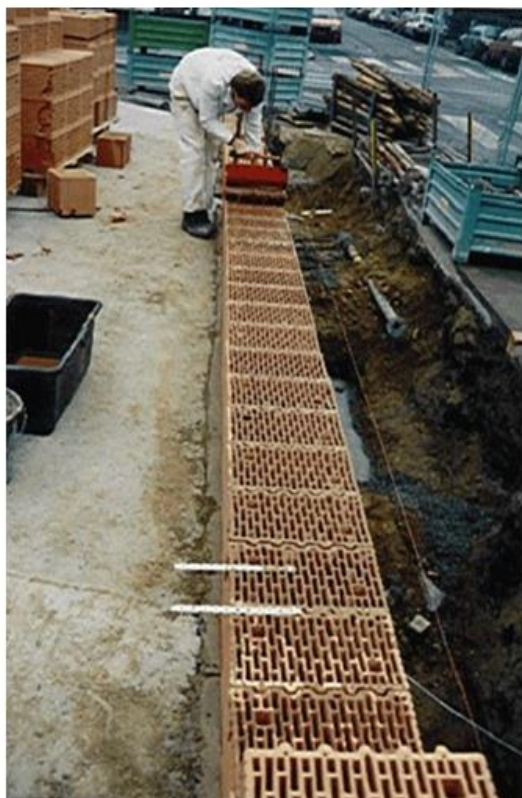
[POROTHERM](#)
nűtfédes
hőszigetelt koszorútégla

Kerámia burkolatú
nyílászathidalók
[POROTHERM](#)
áthidaló
[POROTHERM S](#)
elemmagas áthidaló

Zsaluelemek
[POROTHERM](#)
U zsaluelem



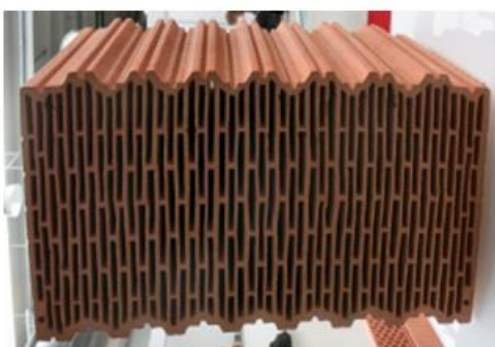
POROTHERM kerámia termékek az épületben



POROTHERM Profi termék és energiatakarékos technológia



Cella üregek kitöltése (hőszigetelése)



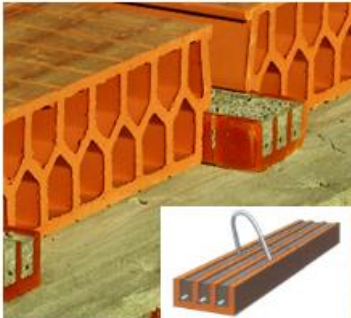
Sok üregcellás falazóelem



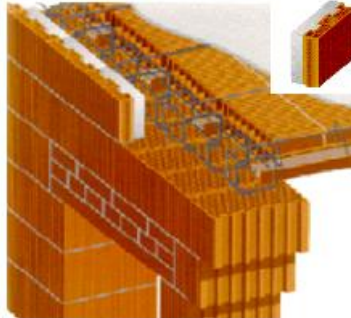
POROTHERM DRYFIX technológia

2. Födémelemek és béléstestek

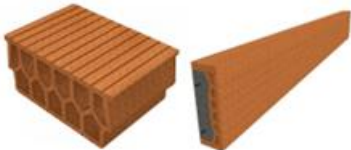
- vázkerámia födém béléstestek
- kerámia burkolatú vb. födémgerendák
- kerámia burkolatú nyílásáthidalók
- hőszigetelt koszorútéglák



Kerámia burkolatú gerenda



Hőszigetelt koszorú elemek



Vázkerámia
födém bélés



Kerámia
nyílásáthidaló



Koszorú csomópont



Vázkerámia béléstestek
gyártása

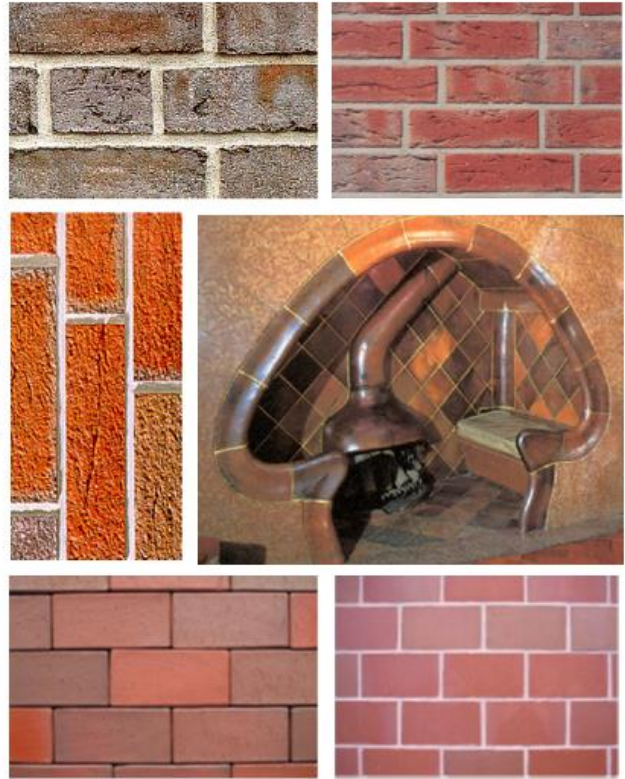
3. Égetett agyag tetőcserepek

- hódfarkú tetőcserepek
- hornyolt tetőcserepek
- sajtolt cserepek
- kiegészítők (gerinc, szellőző, hófogó)



A tetőcserepek és kiegészítő elemek alkalmazása

4. Fal- és padlóburkoló lapok



Kerámia fal- és padlóburkoló lapok (klinkertéglák)

Vályogtégla előállítás és alkalmazása

Vályogtégla összetétele:

- agyag, mint kötőanyag
- homok és kavics
- szálas és rostos anyagok pl. szalma
- szilárdság növelő: cement, mész

Tulajdonságok:

- alakíthatóság, kis energiaszükséglet
- víz érzékeny, zsugorodó (repedés)
- testsűrűség: $\rho_t = 1200 \div 2200 \text{ kg/m}^3$
- nyomószilárdság: $2 \div 4 \text{ N/mm}^2$
- hővezetési tényező: $0,5 \div 1,2 \text{ W/mK}$



Extruder prés gép



Téglagyártás prés géppel

Pyrogránit szobrász-alakítású termékek
(épületdíszítő, fagyálló kerámiák)

Zsolnay Vilmos (Pécs)

A világiállításokon (Párizs, Brüsszel)
aranyérmeket és kitüntetésekert nyert el.

Zsolnay Vilmos nagy érdeme, hogy olyan
alapanyagot és mázat fejlesztett ki,
amelyek a porcelánéval azonos minőséget
és a porcelánfestésnél gazdagabb
szín-használatot eredményezett.

Magas tűzű zománctechrikáját
"porcelánfajansz"-nak nevezték el.



Pyrogránit termékek:

- épületkerámia, homlokzatburkoló elemek
- mázas hódfarkú tetőcserepek
- tetőcserép díszítő elemek



Fák építészeti alkalmazása

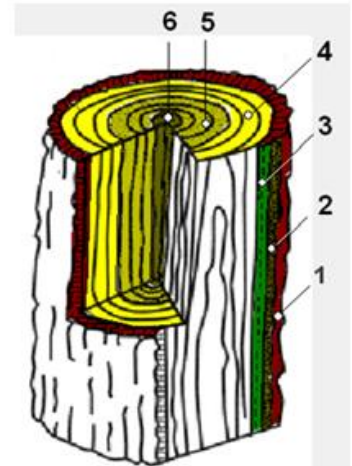
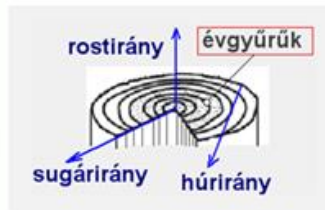
A fa építőipari felhasználása

- nyersanyag utánpótlás, erdőterület 17%
- a fa felhasználását csökkentő tényezők (vb. vázszerkezet, műanyag nyílászárók)
- a fa felhasználását növelő tényezők (ragasztott szerkezetek, fesztáv, magas tető)



A fa részei és felépítése (metszet)

1. Fa kéreg - elhalt szövetek (védőréteg)
2. Háncs - laza szövetek (hőszigetelő)
3. Kambium - osztódó szövetek (évgűrűk)
4. Szi-jács - fás szövetek (fatestet alkotják)
5. Geszt - feladata a fatest szilárdítása
6. Bél - tápanyagszállítás és tárolás



A fa szerkezeti felépítése

A fák sejtszerkezete (szövelemei)

Edénysejtek:

- megnyúlt sejtek, elhálnak, faluk elfásodik

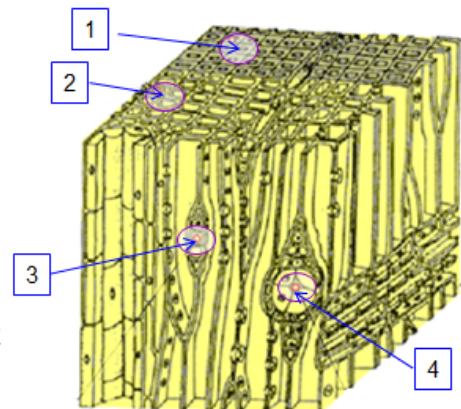
Alapsejtek:

- a kész tápanyagot raktározzák

Rostsejtek:

- lombos fák szilárdító szöveit alkotják

- A fa sejtszerkezete:
- 1 Őszi szövetsejtek
 - 2 Tavaszi szövetsejtek
 - 3 Bélsugár sejtek
 - 4 Gyantajarat



A fa szerkezeti felépítése

A fák tulajdonságai

A fák kémiai összetétele: C=50% O=43% H=6%

A fák alkotó anyagok és vegyületek:

- szénhidrátok: cellulóz (sejtfal szilárdságát adó)
keményítő (tápanyag a szi-jácsban)
- lignin (fatestek elfásodását idézi elő)
- egyéb kísérőanyagok: gyanták, fehérjék
festő- és cserző anyagok
- víz: szabad (kapilláris) és kötött (kolloidális) víz

A fa fizikai tulajdonságai

A fa fizikai tulajdonságait befolyásolják:

- rostirány
- nedvességtartalom

Testsűrűség (15% légszáraz)

- nagyon nehéz fa (cser): $800 \div 880 \text{ kg/m}^3$
ében: $1.000 \div 1.300 \text{ kg/m}^3$
- nehéz fa (bükk, tölgy): $680 \div 780 \text{ kg/m}^3$
- nagyon könnyű (cédrus): $380 \div 440 \text{ kg/m}^3$
balsafa: $100 \div 120 \text{ kg/m}^3$

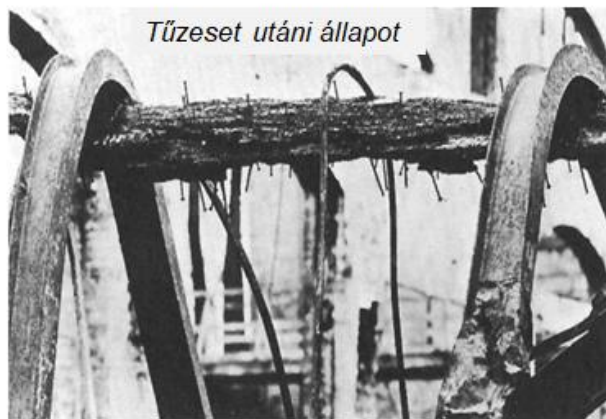


Hőtechnikai jellemzők

- hővezetési tényező
 $\lambda_{\parallel} = 0,22 \div 0,37 \text{ W/mK}$
 $\lambda_{\perp} = 0,08 \div 0,20 \text{ W/mK}$

Tűzállósági tulajdonságok

- égési hőmérséklet: 300°C
- beégési sebesség:
lucfenyő: $0,6 \text{ mm/perc}$
akác: $0,3 \text{ mm/perc}$



A fa hidrotechnikai tulajdonságai

A fa nedvességtartalma w (m%)

w = a sejtfaalakban lévő kötött víz + a sejtüregekben lévő szabad víz
a kiszáritott fa tömegére vonatkoztatva (m%)

A fák nedvességtartalma:

- élőnedves : $w > 50 \text{ m\%}$
- rosttelített : $w = 30 \text{ m\%}$
- légszáraz : $w = 15 \text{ m\%}$ ($12 \div 18\%$)
- szobaszáraz: $w = 12 \text{ m\%}$ ($6 \div 12\%$)

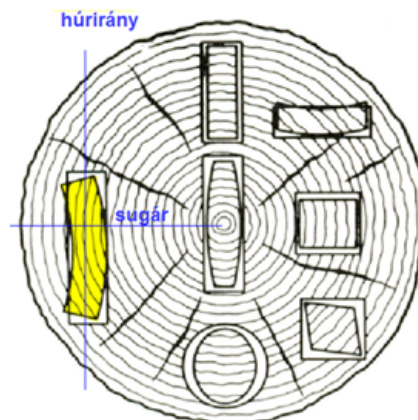
A fa vízfelvevő képessége: v (m%)

Egyensúlyi nedvességtartalom: w (m%)

Rosttelítettségi nedvességtartalom: $30 \text{ m\%}$

Az élő fa víztartalma: $w = 35 \div 130 \text{ m\%}$

- kötött (vagy kolloidális) víz
- szabad (kapillaris víz)

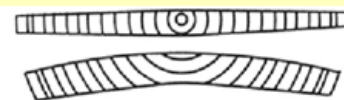


A fa alakváltozása (zsugorodás, duzzadás)

A sejtfaalakban levő kötött víz
mennyiségének változása okozza.

- rostirányban 1%
- sugárirányban 6%
- húrirányban 12%

A fa alakváltozása, zsugorodás során



A fa zsugorodása

A fa szilárdsági tulajdonságai

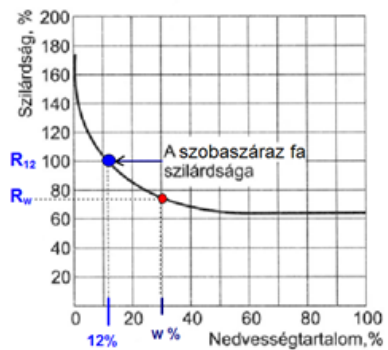
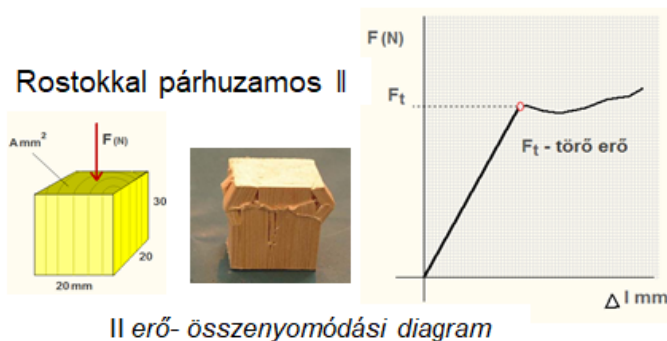
A fa szilárdságát befolyásoló tényezők:

- a fa **nedvességtartalma** (12 m%)
- az erő- és a **rostirány** hajlásszöge
- testsűrűség, méret, fahibák, stb.

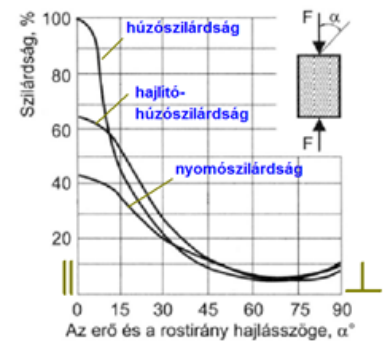
Szilárdsági tulajdonságok vizsgálata

1. Nyomószilárdság: függ a rostiránytól
 - rostokkal párhuzamos $\parallel$ ($30 \div 60 \text{ N/mm}^2$)
a *rostszárak összetöréséig terhelik*
 - rostokra merőleges $\perp$ ($5 \div 15 \text{ N/mm}^2$)

$$\text{Átszámítás: } R_{C,12} = R_w [1 + a(w - 12)]$$



A fa nedvességtartalmának hatása a szilárdságra

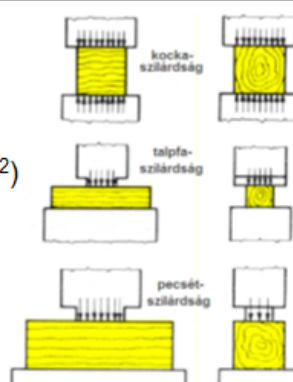
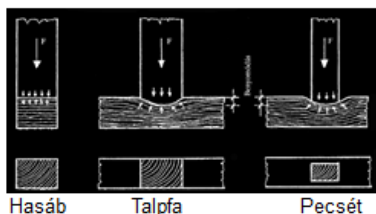


A rostirány hatása

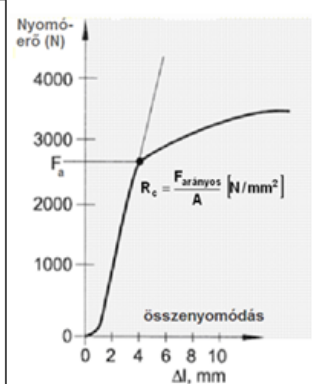
Rostokra merőleges $\perp$

Vizsgálat közben a fa rostjai törés nélkül össze tömörödnek.

Rostokra merőleges nyomószilárdság: ($5 \div 15 \text{ N/mm}^2$)



Rostokra merőleges nyomószilárdság vizsgálat



Rostokra merőleges $\perp$ erő-összenyomódási diagram

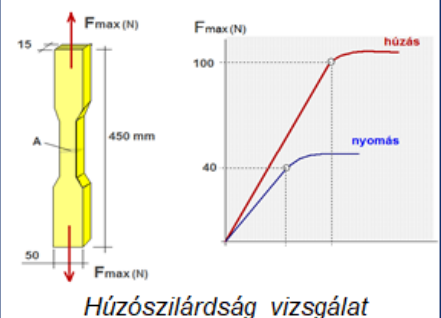
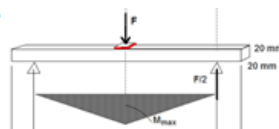
2. Húzószilárdság: rostokkal párhuzamos $\parallel$

3. Hajlítószilárdság: $R_h = M_{\max} / K \text{ N/mm}^2$
- rostokra merőleges

4. Nyírószilárdság

5. Ütő-hajlító szilárdság

6. Hasíthatóság



Húzószilárdság vizsgálat

Faipari termékek

1. Faragással készített termékek
2. Fűrészeléssel előállított termékek
3. Késeléssel, hámozással előállított
4. Ragasztással, sajtolással előállított

Faragással készített termékek

- ép- és tompa élűre faragott gerenda
- kúposan faragott gerenda (gerendaház)



Fűrészeléssel előállított termékek

- palló, deszka, lemez
- lécs és szegélyléc
- parketta, szalagparketta



Nemesített fa építőanyagok

A fa fizikai-mechanikai tulajdonságainak javítása

A fa szárítása és hőkezelése

- szárítás: $w < 15\%$ (alaktartás céljából)
- víztelenítés vákuumkezeléssel
- gőzölés: tápanyag eltávolítás

Lemezek kialakítása réteggépzéssel

- rétegelt (szendvics) lemezek
- rétegelt fa-fémlemezek

A fa impregnálása és színezése

- szilárdság növelés és színezés

A fa tömörítése

- préseléssel tömörítés, szilárdság növelés
- rétegelt fa + műgyanta + hő préselés

Ragasztott fa tartószerkezetek gyártása

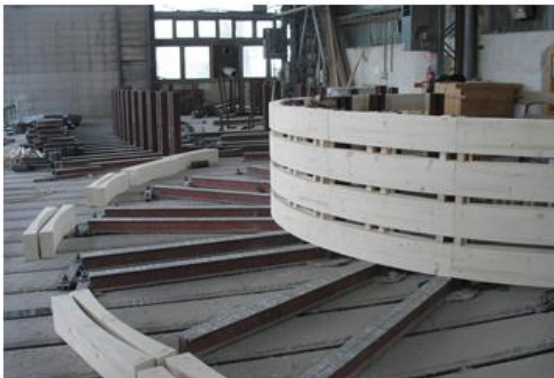
- fűrészárú méretre vágása
- elemek hossz és vtg. toldása
- tartószerkezeti elemek ragasztása
- szállítás, szerelés, szerkezetkialakítás



Víztelenítés vákuumkezeléssel



Ragasztott fatartók gyártása



Íves szerkezetek kialakítása, kalodával



Tartógerenda megmunkálása



Íves tartószerkezet szállítás

A fa építészeti alkalmazása

Ragasztott faszerkezetű épületek:

- közösségi épületek
- uszoda épületek
- fürdő épületek és gyógyfürdők
- sport létesítmények és csarnokok
- lovardák és edzőtermek
- kiállítási pavilonok és csarnokok
- panel elemekből szerelt épületek
- fa templomok





Fa tetőszerkezet égése



Fagerenda beégése



Vérfa önvédelme sérülés esetén



Dragon akác „Vérfa” megmunkálása

Fémek és betonacélok

A fémek jellemzése

Fémekre jellemző tulajdonságok:

- szilárdság, alakíthatóság, vezetőképesség
- kristályos szerkezet

Fémek felosztása és csoportosítása:

- könnyűfém (alumínium), nehézfém (ólom)
- színesfém (ezüst, arany)
- ötvözetek

Anyagok hővezetési tényezője:

Anyag:	λ W/mK
szén nanocsövek	6.000
ezüst	430
réz	400
alumínium	220
vas	80
beton	1,6
üveg	1,0
tégla	0,6
polisztirol	0,03

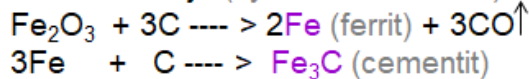
Vas és acél előállítása

Nyersvas előállítása nagyolvasztó kohóban

1. Vasgyártás alapanyagainak adagolása

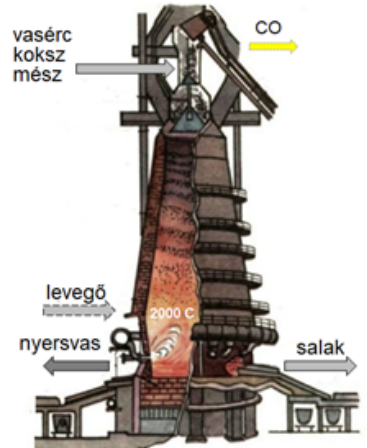
- vasérc (hematit Fe_2O_3 , magnetit)
- koks (szén)
- salakképzők (mészkő)

2. Vasérc redukciója (nyersvas előállítás)



3. Salak eltávolítása

4. Nyersvas csapolása

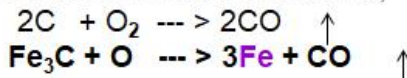


Nyersvas gyártás (kohó)

Acél előállítása nyersvasból, acélműben

1. Oxigént fúvatnak a konverterbe

(a vas széntartalmát csökkentik)

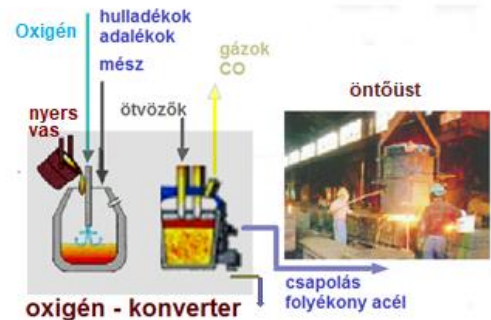


2. Ötvözetet állítanak elő (Cr, Ni, Ti, W)

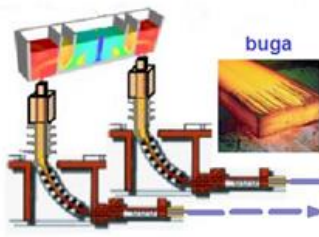
3. Eltávolítják a nyersvas szennyezőit

4. Öntőüstbe csapolják a folyékony acélt

5. Kokilákat, illetve bugákat öntenek



Kokilák öntése



Folyamatos acélöntés



Meleg hengermű

6. Lemezek meleg-és hideghengerlése

Vas-szén ötvözetek

Vas-szén ötvözetek állapotábrája

A C% tartalomtól függő acél tulajdonságok:

- szerkezeti acélok ($C < 0,6\%$)
- szerszám acélok ($0,6 < C < 2,0\%$)
- öntöttvas

Vasak és acélok megmunkálhatósága:

- hegeszthető ($C < 0,3\%$)
- edzhető ($0,3 < C < 2,0\%$)

Az építőipari acélok hőkezelése:

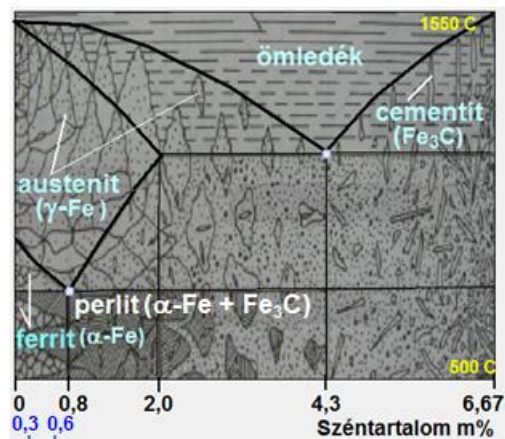
- edzés

A nagyobb keménység elérésére felmelegítik, majd gyorsan lehűtik, martenzites kristályrács keletkezik.

- megeresztés, normalizálás
- lágyítás és feszültségcsökkentés

Acélok alakíthatósága:

- hideg- és meleg alakítás
- forgácsolás



Vas-szén ötvözet ábra

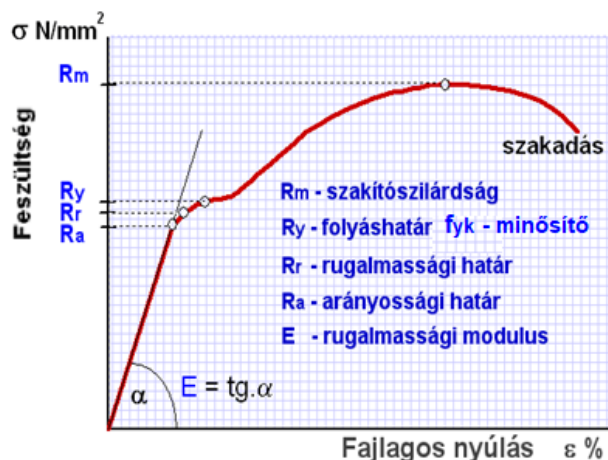
acélok	nyersvasak	
szerk	öntöttvas	feldolg. nem alkalm.
szerz		
n.e		
edzhető		
heg		
nem heg		

Széntartalomtól függő tulajdonságok

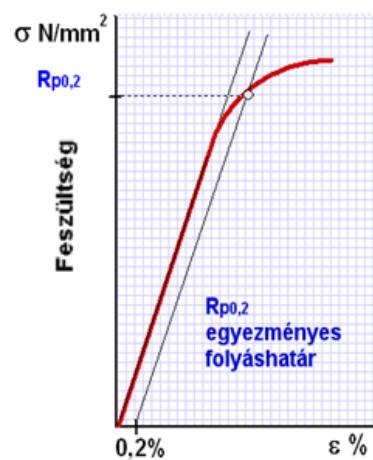
Az acél (betonacél) vizsgálata és tulajdonságai

1. Szilárdsági tulajdonságok (húzószilárdság) ($\sigma - \varepsilon$ szakítódiaagram)

σ - feszültség [N/mm^2] ε - fajlagos megnyúlás [%]



Lágyacél szakítódiaagramja



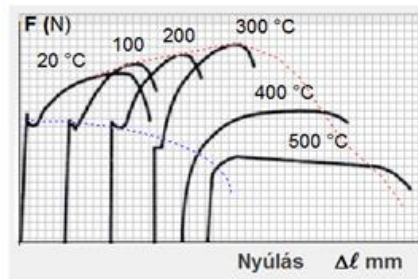
Ridegacél szakítódiaagramja

Melegen hengerelt betonacélok: **B500** B60.50 B75.50 fyk 500 N/mm^2
B400 B55.40 B60.40 fyk 400 N/mm^2
B240 B38.24 fyk 240 N/mm^2

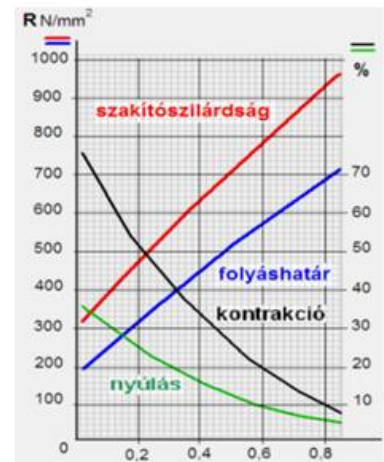
Hidegen húzott betonacélok: **B500** BHB 55.50 és BHS 55.50
 feszítőhuzalok: **Y1860S** 1860 MPa szak. szilárdság **S** – sima

A szilárdsági tulajdonságokat befolyásolják:

- az acél széntartalma
- a hőmérséklet



Hőmérséklet hatása

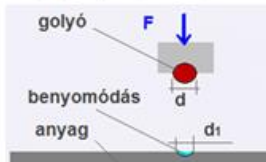


Széntartalom hatása

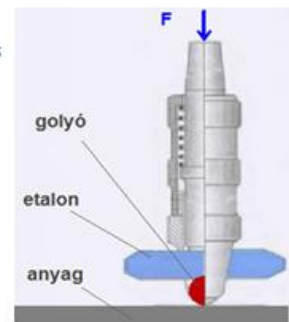
2. Keménység:

- Brinell-keménység, golyó (HB) (N/mm^2)
- Vickers- keménység, gyémánt gúla (HV)
- Rockwell- keménység, kúp (HRC, HRB)
- Poldi-kalapács, etalon, golyó (kézi)

Brinell keménység



Poldi-
kalapács



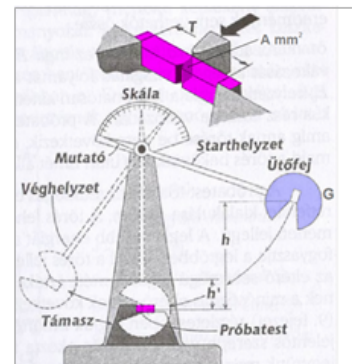
3. Ütőszilárdság

Charpy ütővizsgálattal határozzák meg. $\rightarrow$

A próbatest töréséhez szükséges munka: W [J]

$$W = G \times (h - h')$$

Fajlagos ütő- hajlító munka: W/A [J/mm^2]

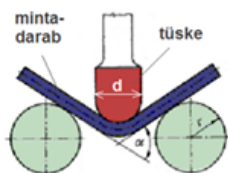


Charpy kalapács, ingás ütőmű

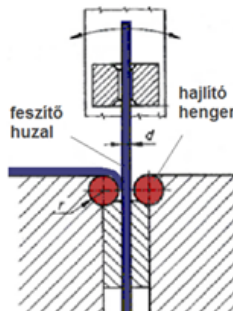
4. Technológiai próbák

A betonacélok szívóságának kimutatása,
üzemszerű igénybevétel (károsodás nélkül)

- hajlító próba
- hajtogató vizsgálat



Hajlító vizsgálat



Hajtogató vizsgálat

Vizsgálat: R: + 20 °C -on
0 : 0 °C -on
2 : - 20 °C -on
3 : - 30 °C -on
4 : - 40 °C -on

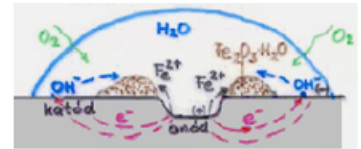
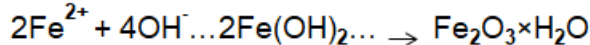
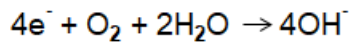
Minősítés: J - min.27 [J]
K - min.40 [J]

Jelölés: pl. JR; K2

Vizsgálati értékek jelölése

Fémek (vas) korróziója

- Atmoszférikus korrózió** (elektrokémiai)
katód (-) az elektronok $2e^-$ lépnek ki
anódos (+) helyen a fémion Fe^{2+} lép ki



Atmoszférikus korrózió

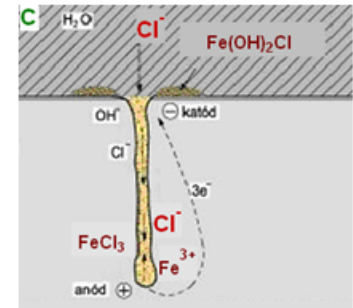
- Lyukkorrózió** (kloridion)

- a Cl^- ionok reakciója a vassal



- a $FeCl_3$ disszociálódik: $Fe^{3+} + 3Cl^-$

- a Cl^- ionok ismételt reakcióba lépnek

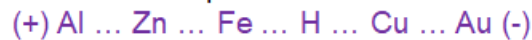


Cl^- ionok lyukkorróziója

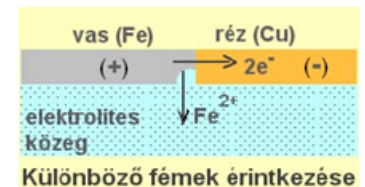
- Kontakt korrózió**

- két fém érintkezése, elektrolitos közegben

- a fémek elektródpotenciál sora



- a kevésbé nemes fém megy tönkre



Kontaktkorrózió

A fémkorróziót befolyásoló tényezők:

nedv. w %, pH, kóboráram, elektródpotenciál

Alumínium előállítása és alkalmazása

Alumínium előállítása

- Bauxitérc feldolgozása timfölddé
- Timföld feloldása kriolitban ($NaOH$)
- Fémalumínium (Al) nyerése elektrolízissel



Alumínium tulajdonságai:

- könnyen alakítható, vezetőképess
- R_m alacsony, nincs konkrét folyáshatára
- alacsony az elektródpotenciálja
- ötvözetek formájában alkalmazzák

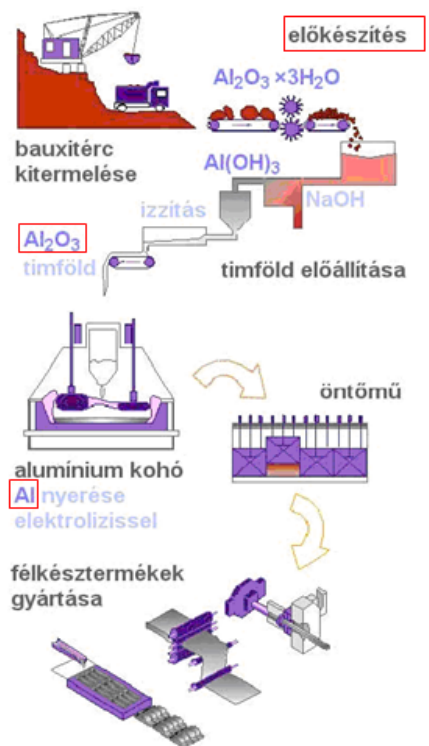
Alumínium és ötvözetek

- Színfém alumínium: Al 99,99%
- Öntési alumínium ötvözetek: Al, Si, Cu
- Alakítható alumínium ötvözetek:
 - Al Cu Mg (durál) nagy szilárdságú
 - Al Cu Ni (hegál) szerkezeti, korrodál

Alumínium építőipari felhasználása:

- hengerelt lemezek, sajtolt idomok
- húzott csövek és huzalok, profilelemek

Az alumínium előállítása



Építészeti üveg és alkalmazása

Az üveg alkalmazásának története

- üveggyártás kezdete (Mezopotámia)
- öntött üveg és üvegcsiszolás (Egyiptom)
- művészi üvegtárgyak (Szíriai föníciaiak)
- színtelen- és festett üveg (Velence)
- színes ablaküveg (középkori templomok)
- transzparens épületszerkezetek



Üveggyártás az ókori Rómában



Színes ablaküveg (középkori templom)



Transzparens üvegfalú épület

Az építészeti üveg funkciója

- térelválasztás (időjárás elleni védelem)
- fényátbocsátás és átlátszóság (vitrin)
- hő- és hangszigetelés (pl. napvédelem)
- teherbírás (válaszfalak és felülvilágítók)
- vagyon- és életvédelem (ütés- és golyóálló)



Biztonsági üveg



Téherhordó üvegtető



Ütésálló üveg

Építészeti üvegek fajtái

- húzott síküvegek: pl. tábla- és tüköruveg
- öntött és hengerelt üvegek: pl. huzalbetétes
- préselt üvegek: pl. üvegtégla, tetőcserép
- különleges üvegek: pl. biztonsági, hőszigetelő



Az üveg előállítása és formázása

Üvegolvadék (nyersanyag) előállítása
Alapanyag: kvarchomok, szóda, mészke
Képlékeny üvegolvadék 1500°C)

A síküveg formázása üvegolvadékból

Üveghúzás (húzott síküveg)

- üvegtábla előállítása húzással

Öntés és hengerlés (öntött síküveg)

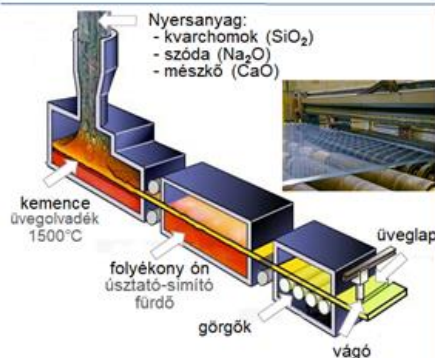
- üvegtábla előállítása öntéssel
- hengerléssel szalaggá formázzák

Húzott síküveg termékek

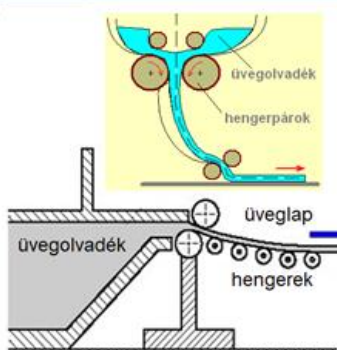
- tábla- és ablaküveg, tüköruveg
- mintás üveg (homok fúvott, maratott)
- tej- és opálüveg (eltérő törésmutatók)
- színes üveg (színező vegyületek)
- márvány üveg (színes üvegcsseppek)

Öntött és hengerelt síküveg termékek

- ornament üveg (domború mintás)
- katedrál üveg (rovátkákkal recézett)
- huzalbetétes üveg (biztonsági)



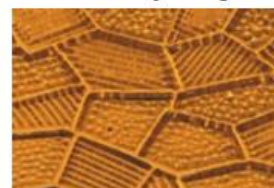
Húzott síküveg gyártása



Öntött síküveg gyártása



márvány üveg



ornament üveg

Síküvegek utólagos megmunkálása

Felületi megmunkálások

- csiszolás (tükörök, bútorlapok)
- homokfúvás (áttetsző síküvegek)
- festés (a festéket kemencében ráégetik)

Hőkezelés, edzés, hajlítás, zománcozás

Összeépítési technológiák

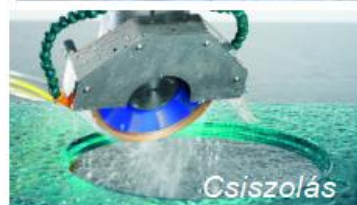
- vágás, ragasztás és összeépítés

Az üveg tulajdonságai

Fizikai: hővezetési tény. hő- és tűzállóság

Mechanikai: nyomó- és hajlító szilárdság

Kémiai: saválló, gyenge lúgállóság



Homokfúvott síküvegek



Festett és égetett üvegtábla

Építőipari üvegtermékek



Üvegtégla
falazóelem



Üveg tetőcserepek



Poraver
habosított üveggyöngy



Üveggyapot
hőszigetelő paplan



Habüveg
hőszigetelő falazóelem



Kopilit
C profil

Különleges biztonsági üvegek

Edzett üveg (hőkezeléssel előfeszített)

- lágyulásig felmelegítik, majd hirtelen lehűtik
- külső felületen nyomófeszültség keletkezik
- növekszik az ütésállóság és hajlítószilárdság

Alkalmazás: üvegfalak, bejárati ajtók, kirakatok



edzett biztonsági üveg

Ragasztott többretegű üveg

- műgyantával összeragasztott üveglapok
- fóliával laminált és ragasztott üvegrétegek
- töréskor nem esik szét (betörésbiztos)

Alkalmazás: üzletek kirakatai és falai
ajtók, válaszfalak, lépcsőházak



laminált-ragasztott üveg

Huzalbetétes üveg

- hengerelt üveg, huzalhálóval

Alkalmazás: erkélyek, tűzálló falak



ragasztott üvegtáblák



edzett és ragasztott üveg



drótbetétes üvegtáblák

Hőszigetelő üvegek (szerkezeti felépítés)

- légréteggel elválasztott többretegű üveg
- üvegrétegek között argon ($U = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- légmentes párátlanító tömítés
- hőszugárzást visszaverő hő védő bevonat

Low-e bevonat: alacsony sugárzási veszteség

- nano - vastagságú (átlátszó) fémréteg
- a távoli infra e.m. sugarakat visszatükrözi

Hőátbocsátási tényezők:

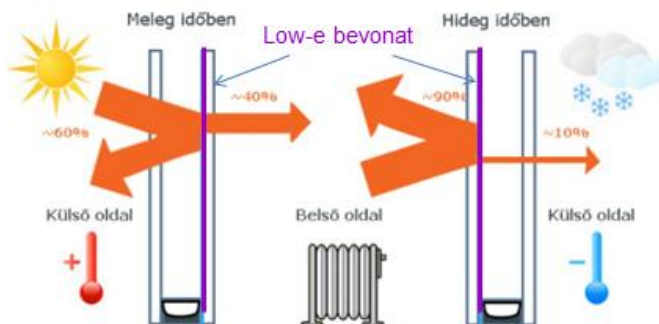
1 rétegű üveg

$$U = 5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$$

3 rétegű síküveg

$$U = 2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$$

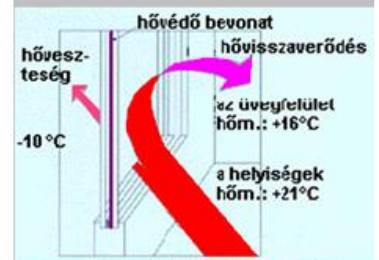
Lowe bevonat + argon: $U_g = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$



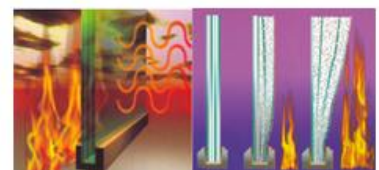
Nyáron visszaveri a nap sugarait Télen a beltérben tartja a hőt



Síküveg hőátvezetése



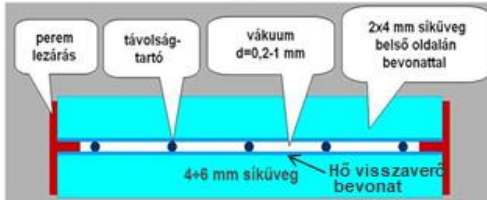
Hőszig. üveg hőátvezetése



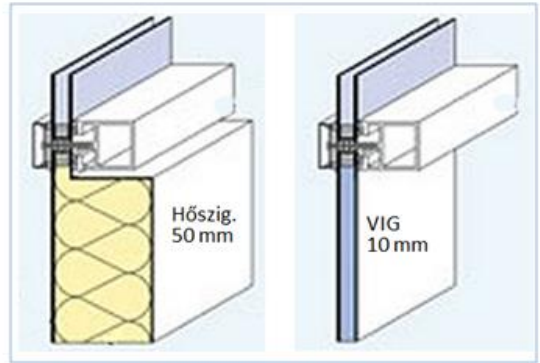
Tűzvédő üvegezés

Vákuumszigetelt üvegpanel (VIG)

Üveglemezek között nemesgáz helyett vákuum (0.001 mbar). Az atmoszférikus nyomást az átlátszóságot nem korlátozó, távolságtartó üveggolyók veszik fel.



Vákuum szigetelt üvegezés (VIG) felépítésének elvi sémája



Hőszigetelt függönyfal szerkezeti megoldása

VIG műszaki jellemzői:

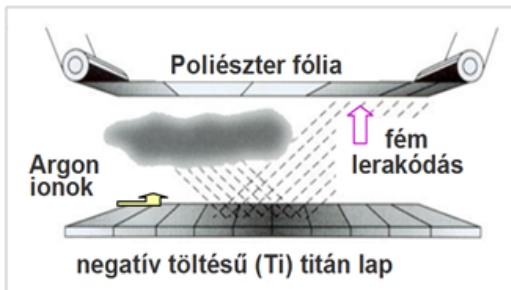
- Vákuumszigetelt panel vtg.: $7 \div 12$ mm.
- Vákuum réteg vtg.: $0,2 \div 1$ mm.
- Távolságtartó üveg elemek: 1000 db/m^2
- Üvegtáblák belső felületén hővisszaverő vékony (low-e) bevonati réteg.
- A vákuum üvegezés $U = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$



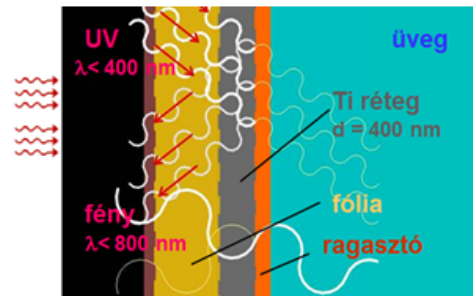
VIG üvegtáblák



A napfény UV sugárzása ellen védő üvegfóliák



Katódporlasztásos eljárással (Sputterezés) titán fémréteg beágyazása a fóliába



Az UV sugárzás reflexiója a védőfólia titánfém rétegében

Az UV sugárzást szűrő üvegfólia felépítése:

- Ti és Cu atomokat ágyaznak a fólia hordozóanyagba (Sputterezés).
- Szűrőhatás a **reflexió árnyékolási elvén** alapszik.
- A **Ti ($d = 200 \div 400 \text{ nm}$) rétegen** a látható fény ($\lambda > 400 \text{ nm}$) áthatol.
- A Nap károsító hatású UV – A, B sugárzásának megfelelő ($200 \div 380 \text{ nm}$) hullámhosszú elektromágneses sugárzást tartomány reflektálódik.
- Ennek az interferencia jelenségnek „**féműkör csapdázódás**” a neve, és hatékonyan csökkenti az UV sugárzás intenzitását.

Műanyagok építőipari alkalmazása

Tekercselt műanyag lemezek

- padlóburkoló lemezek, szőnyegpadlók
- műanyag tapéták és falkárpitok
- vízszigetelő fóliák és lemezek
- műanyag ponyvák

Műanyagkötésű táblák és lemezek

- műanyag lemezek és lapok
- műanyag bevonatú táblák
- műgyantával impregnált üvegpaplan

Műanyag csövek és szerelvények

- PVC csövek
- PE és PP csövek
- üvegszál erősítésű poliészter csövek

Műanyag tartószerkezetek és termékek

- szendvicsszerkezetek
- tetőfedő hullám- és trapézlemezek
- műanyag tartályok
- garázsselemek

Épületszerkezeti elemek

- műanyag nyílászárók
- falburkoló elemek és idomok
- lépcsőborító idomok
- esőcsatornák, felülvilágítók

Műanyag habok

- expandált és extrudált polisztirolhab
- hőszigetelő lemez, gyöngy, csőhéj
- poliuretán hőszigetelő habok
- hézagkitöltés, csőhéjak, helyszínen szórt
- polifoam hőszigetelő lemezek
- csőhéjak, tapéták, POLIFOAM

Műgyanta habarcsok és betonok

- polimerrel impregnált beton
- polimer-cementbeton, polimer beton

Hézagzáró- és dilatációs profilok

- hézagzáró műanyag kittek
- tömítő- és dilatációs profilok

Műanyag ragasztók, festékek és lakkok



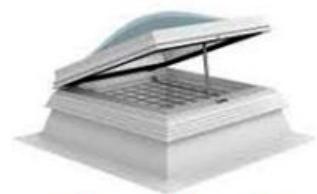
Padlóburkoló lemezek



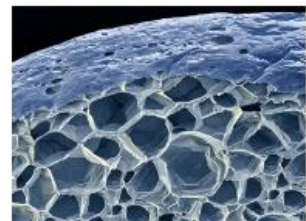
Műanyag csövek



Vízszigetelő lemezek



Műanyag felülvilágítók



Hőszigetelő habok



Helyszínen szórt hőszigetelés