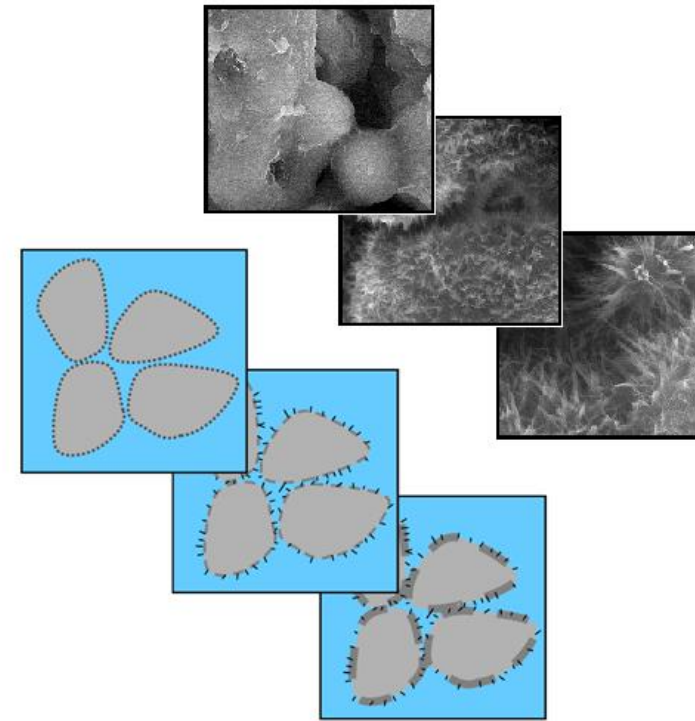


Cementhydration

Cement i Betong
Maj 2022

José Aguirre C.



Hydratation

■ Kemiska definitionen

- Reaktion av ett ohydratiserat material med vatten som genererar en ny material, en hydrat.

■ Cement definitionen

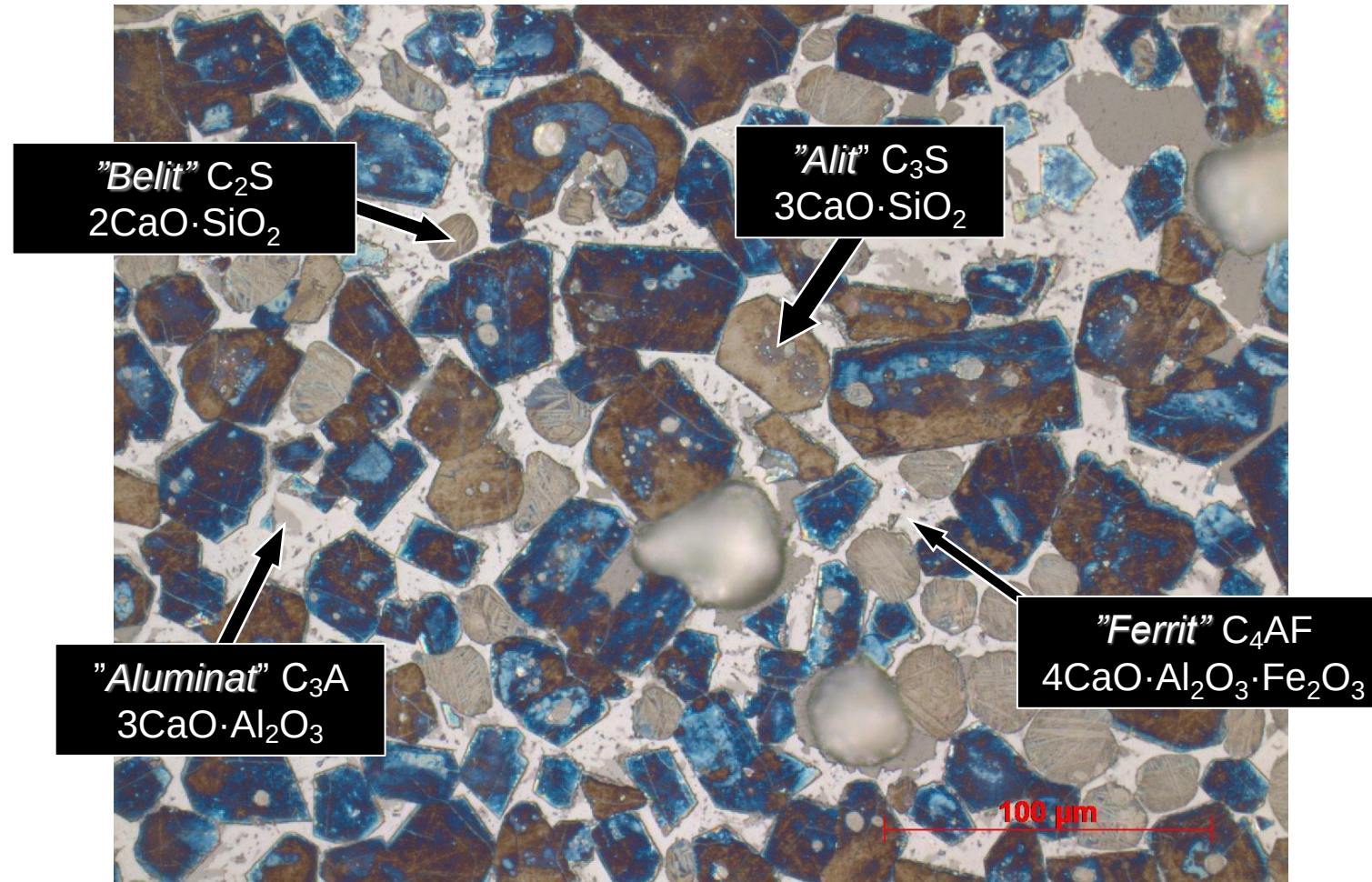
Cement är ett hydrauliskt bindemedel, dvs. ett finmalet oorganiskt material som vid blandning med vatten bildar en pasta som binder och hårdnar på grund av hydratation och som efter hårdandet behåller sin hållfasthet och stabilitet också i vatten (SS-EN 197-1:2011).



Small ELEVATION of the STONE LIGHTHOUSE completed upon the EDVSTONE in 1779

Ohydratiserat material

■ Klinker



Degerhamn Ugn 3, x500

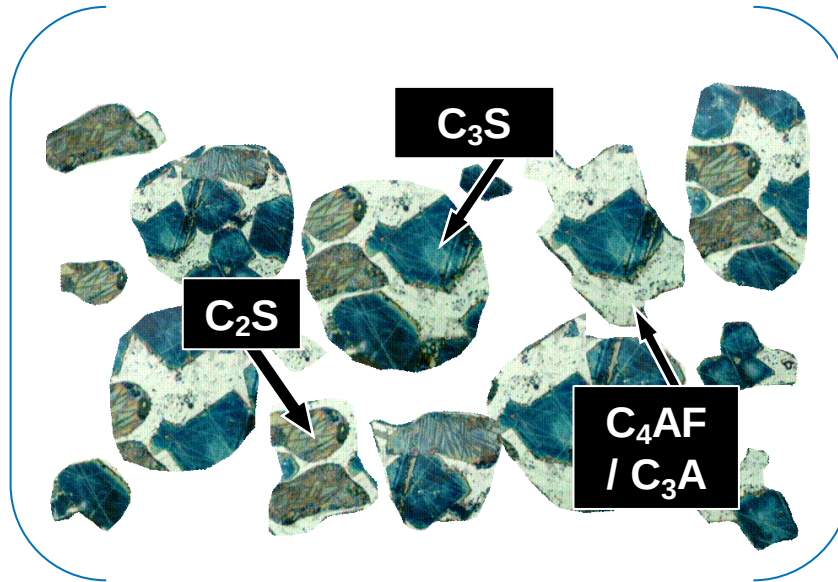
Ohydratiserat material

- Cement (klinker + sulfatkällor)

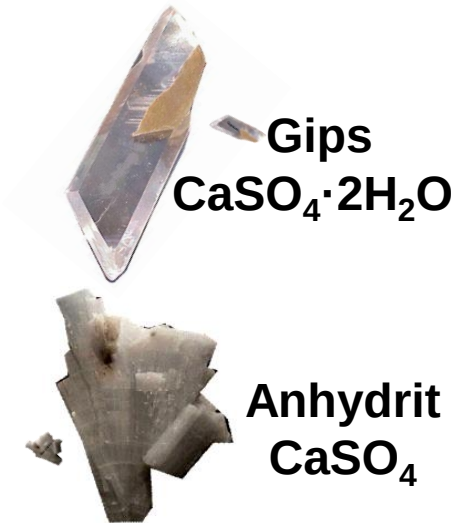


Cementklinker

Sulfatkällor

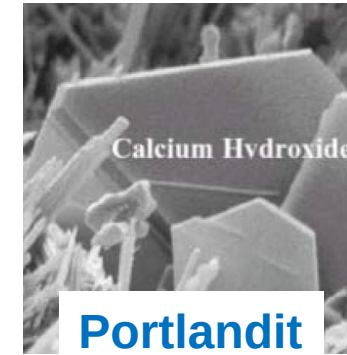


+

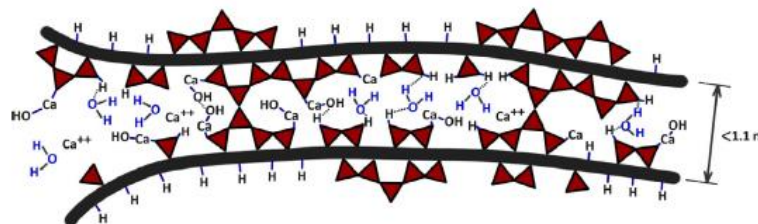
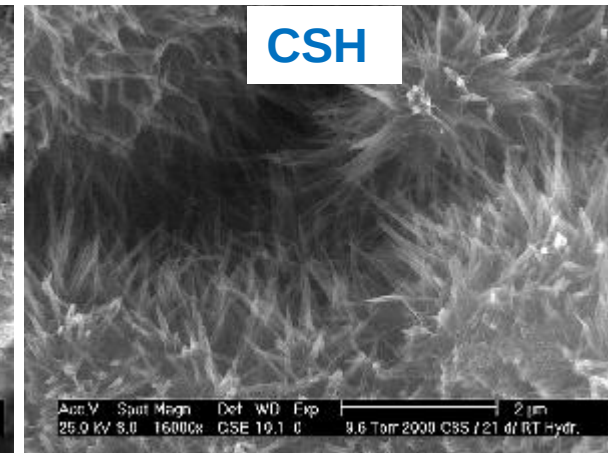
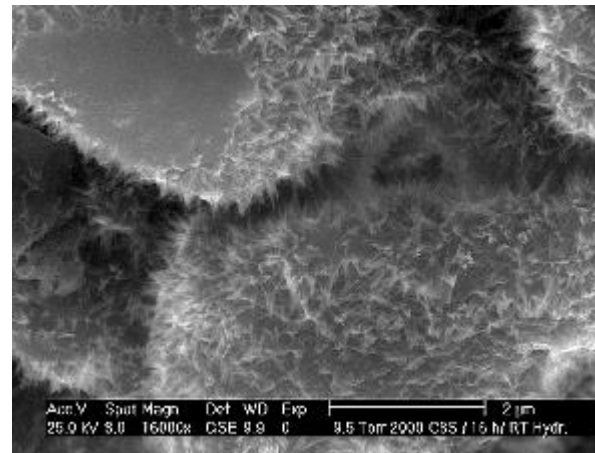
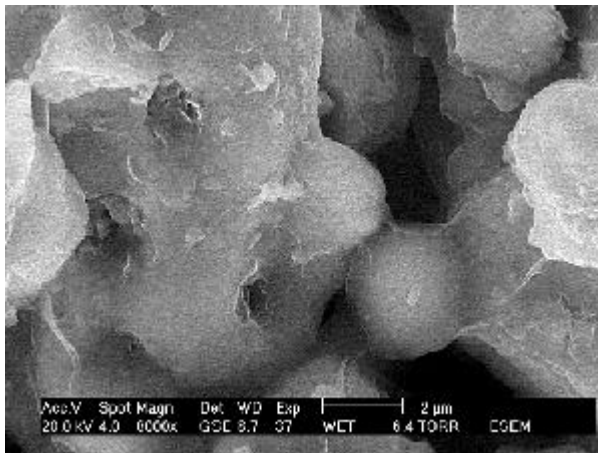


Hydratation - Silikaterna

- Alit (C3S) + H₂O → 1,7 CSH + 1,3 Portlandit (Ca(OH)₂)
- Belit (C2S) + H₂O → 1,7 CSH + 0,3 Portlandit



Högre hållfasthet →

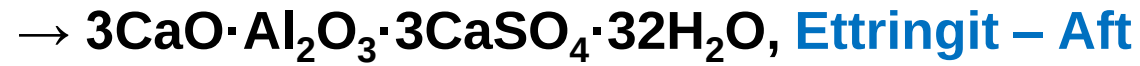
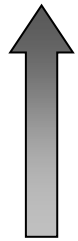


Hydratation - Aluminaterna

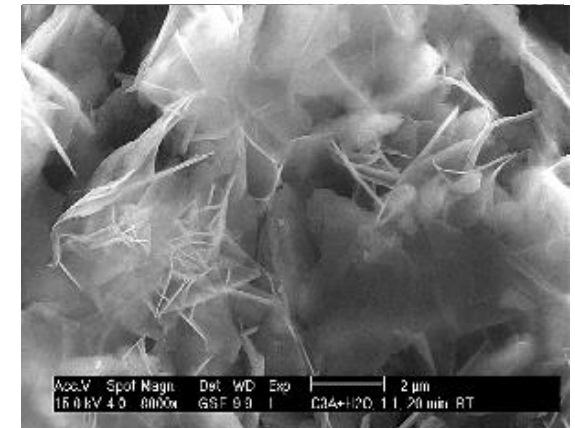
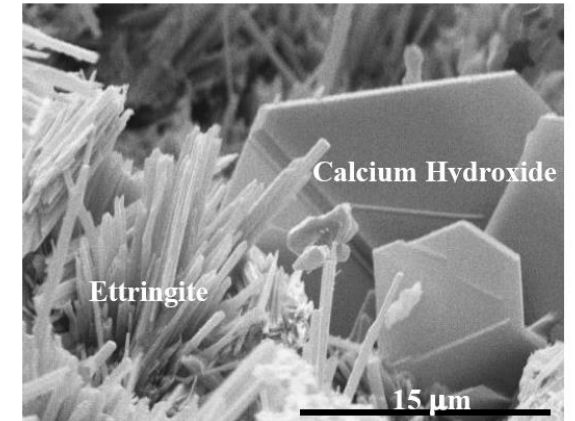
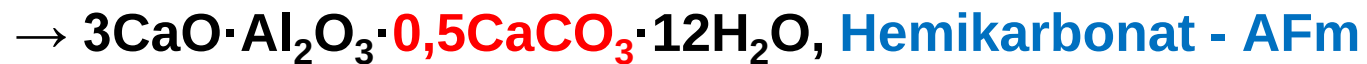
■ Hydratation av aluminat (ferrit) faser



Gipsinnehåll



Kalkfiller



Hydratation – SO3

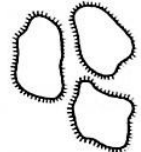
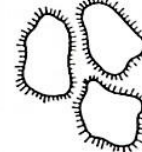
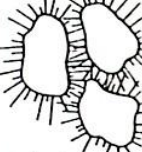
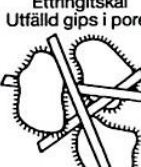
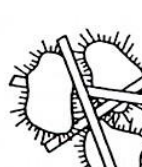
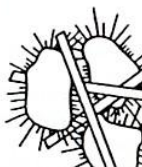
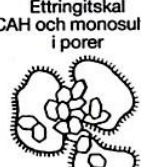
■ Falskbindning & snabbbindning

-Falsk bindning

Överreaktivitet hos sulfat i förhållande till aluminaten (C_3A)
Låter sig lösas upp vid fortsatt blandning

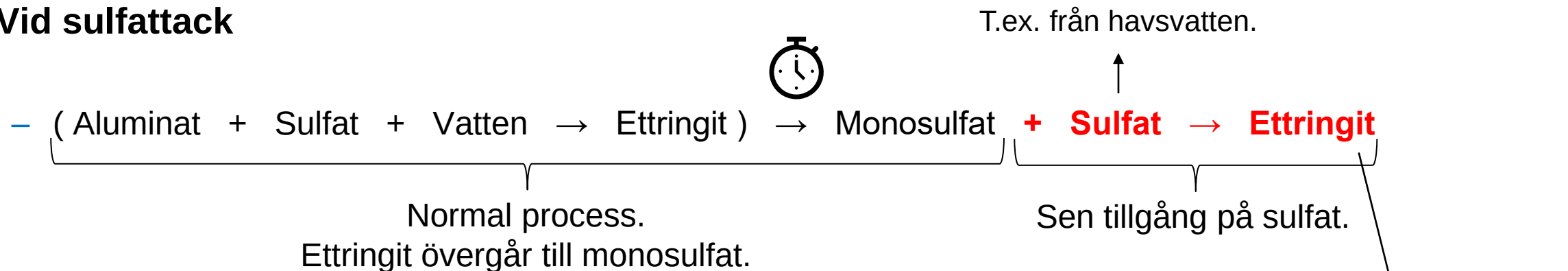
-Snabbbindning

kan eventuellt inträffa p g a överreaktivitet hos aluminaten i förhållande till sulfaten.
Bindningen låter sig inte upphävas utan är permanent.

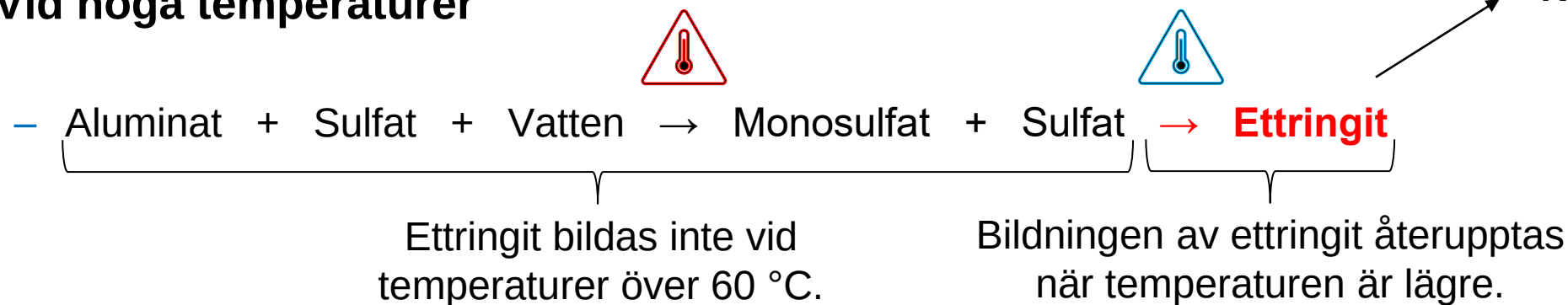
Sulfat i lösning C_3A :s reaktivitet	Hydratationstid		
	10 min	1 h	3 h
Balans	Ettringitskal  plastisk	 plastisk	 stelnad
För hög	Ettringitskal Utfälld gips i porer  stelnad	 stelnad	 stelnad
För låg	Ettringitskal CAH och monosulfat i porer  stelnad	 stelnad	 stelnad

Sen ettringit-bildning (DEF)

■ Vid sulfattack



■ Vid höga temperaturer



Hydratation - Tidsförlopp

1. För-induktionsperiod (minuter)

- Upplösning.
- Utfällning.
- Första värmeutveckling.

2. Induktionsperiod / dormantperioden (< 3 h)

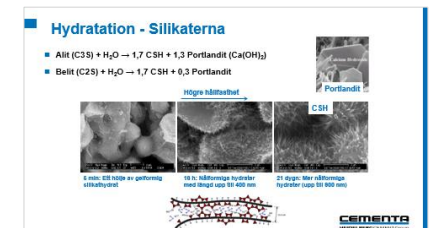
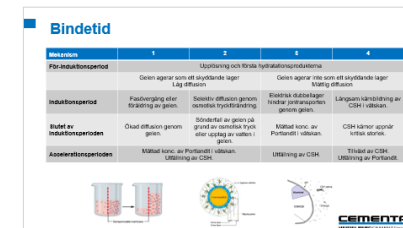
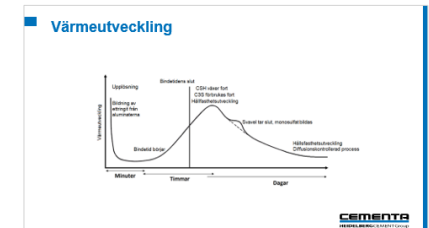
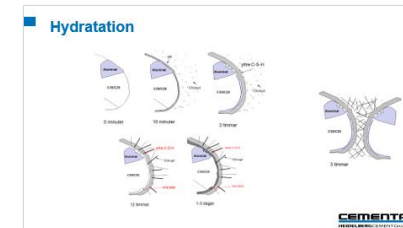
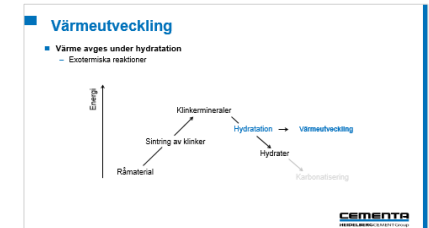
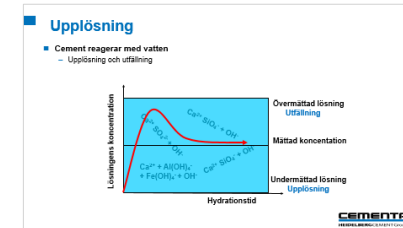
- Långsam reaktion.
- Diffusion.

3. Accelerationsperiod (3 – 12 h efter blandning)

- Bindetidens början och slut.
- Snabb CSH bildning.
- Hög värmeutveckling.

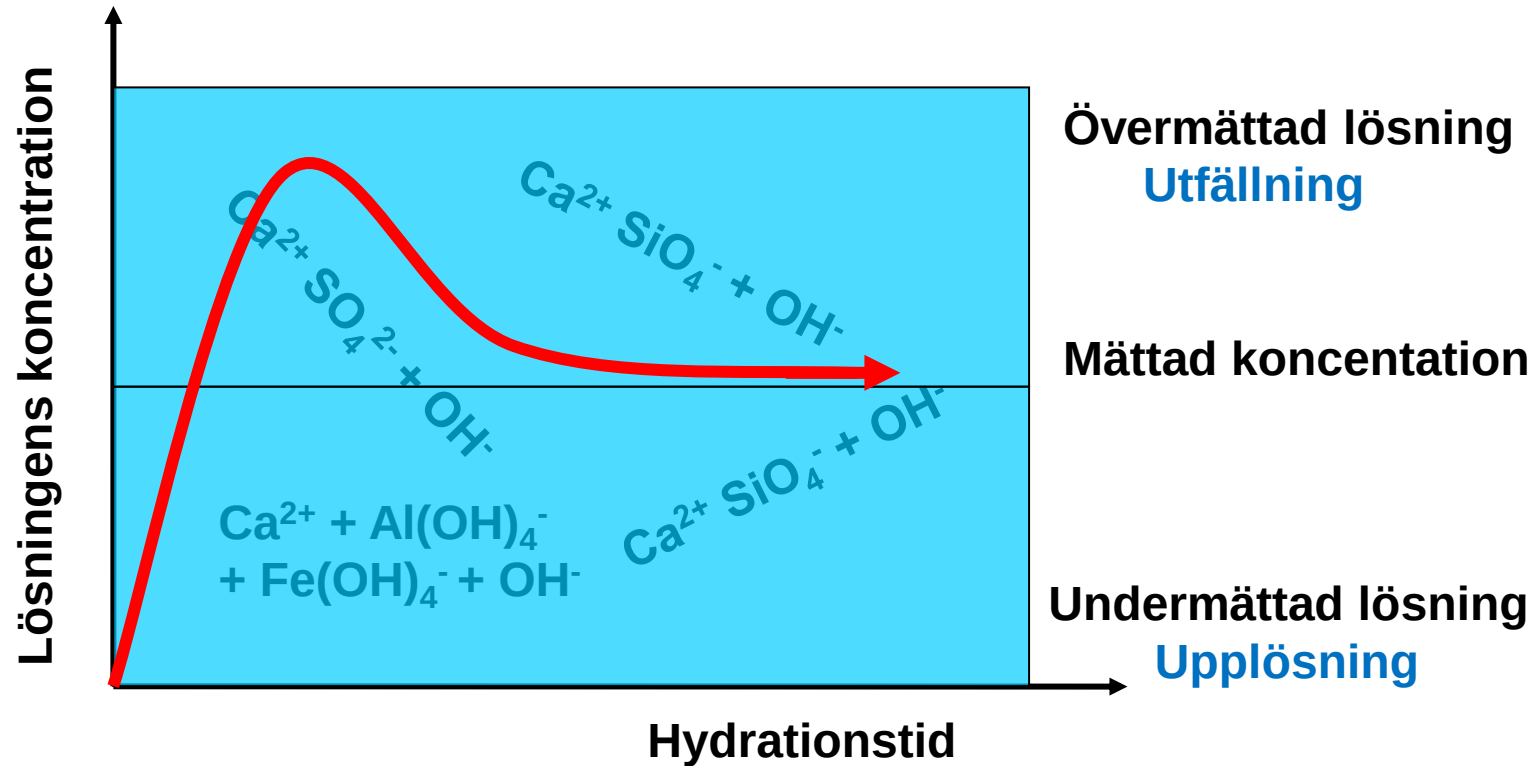
4. Decelerationsperiod

- Långsamma reaktioner.
- Hållfasthetstillväxt.



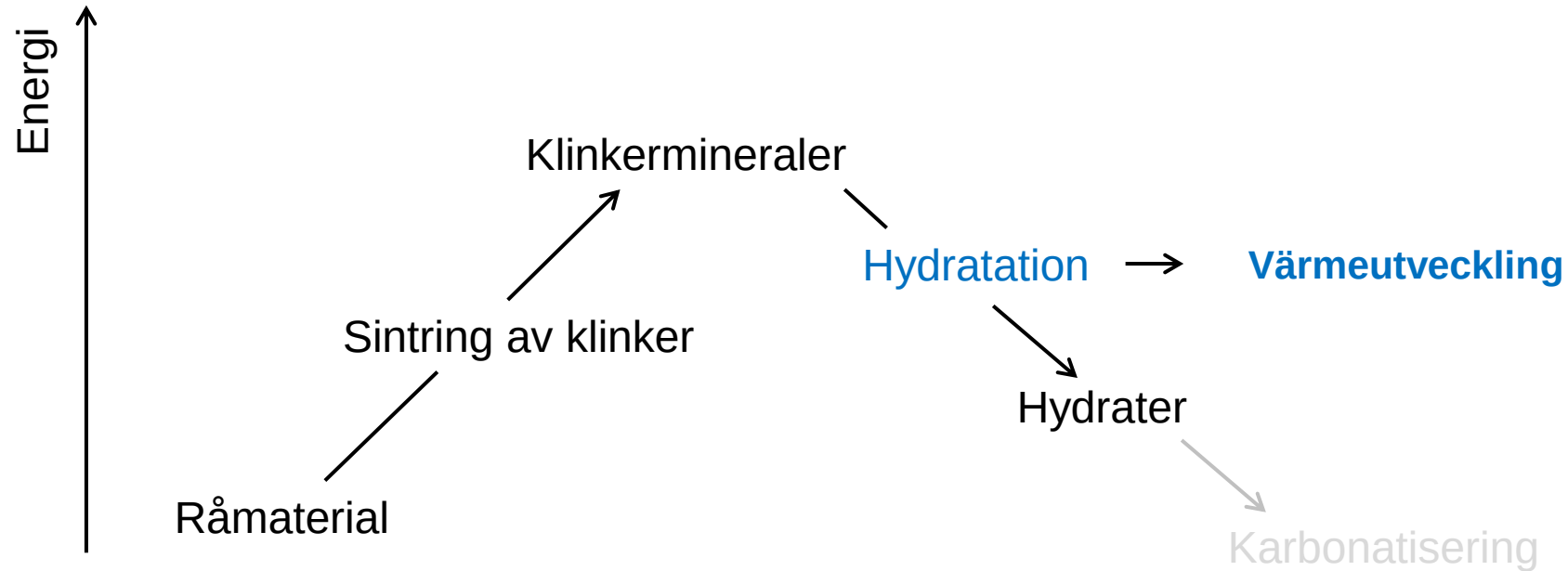
Upplösning

- Cement reagerar med vatten
 - Upplösning och utfällning

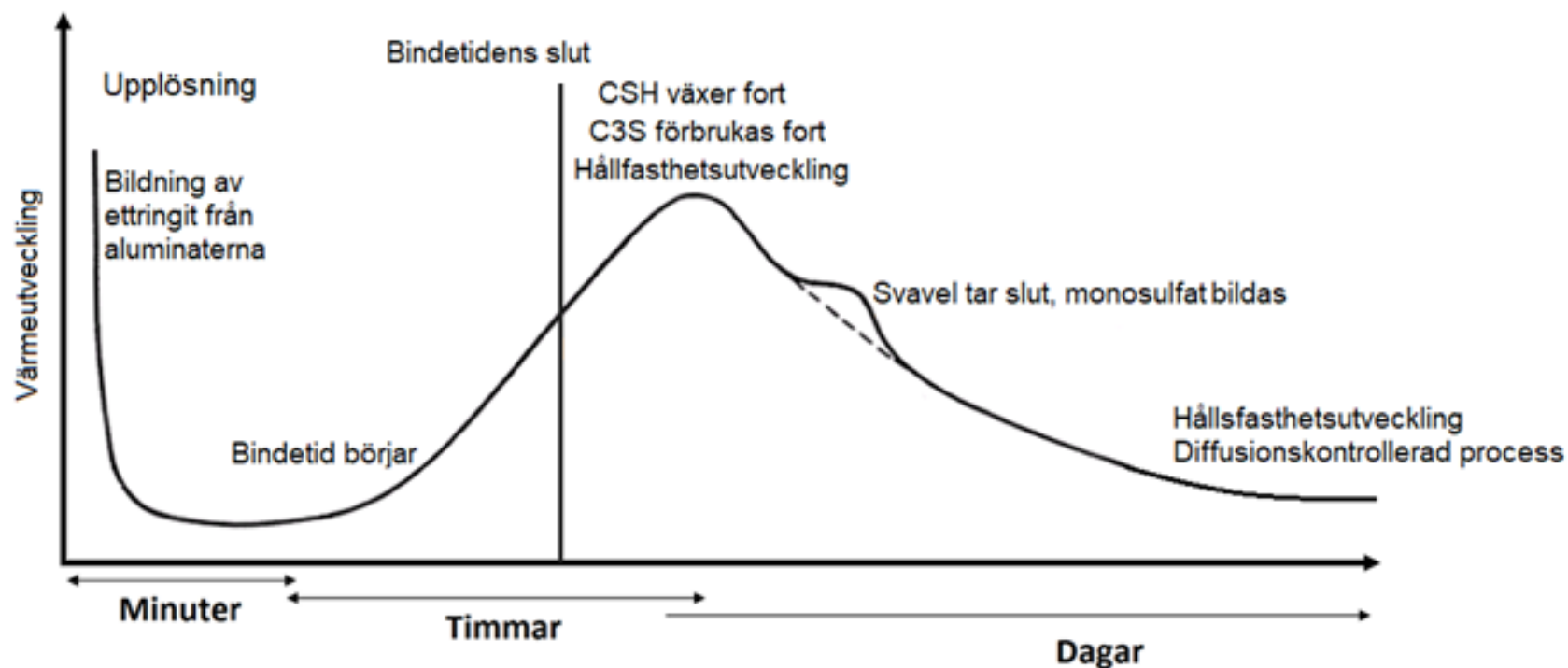


Värmeutveckling

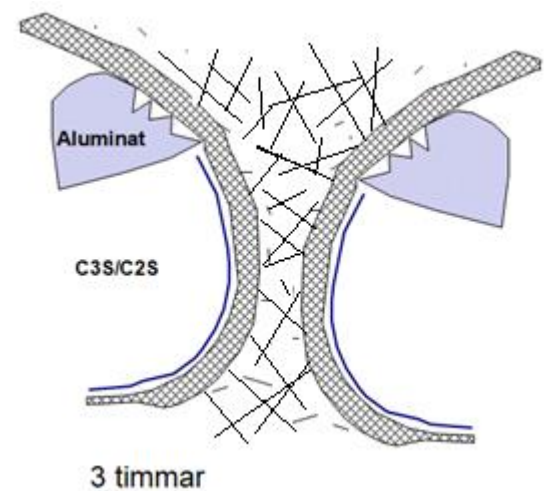
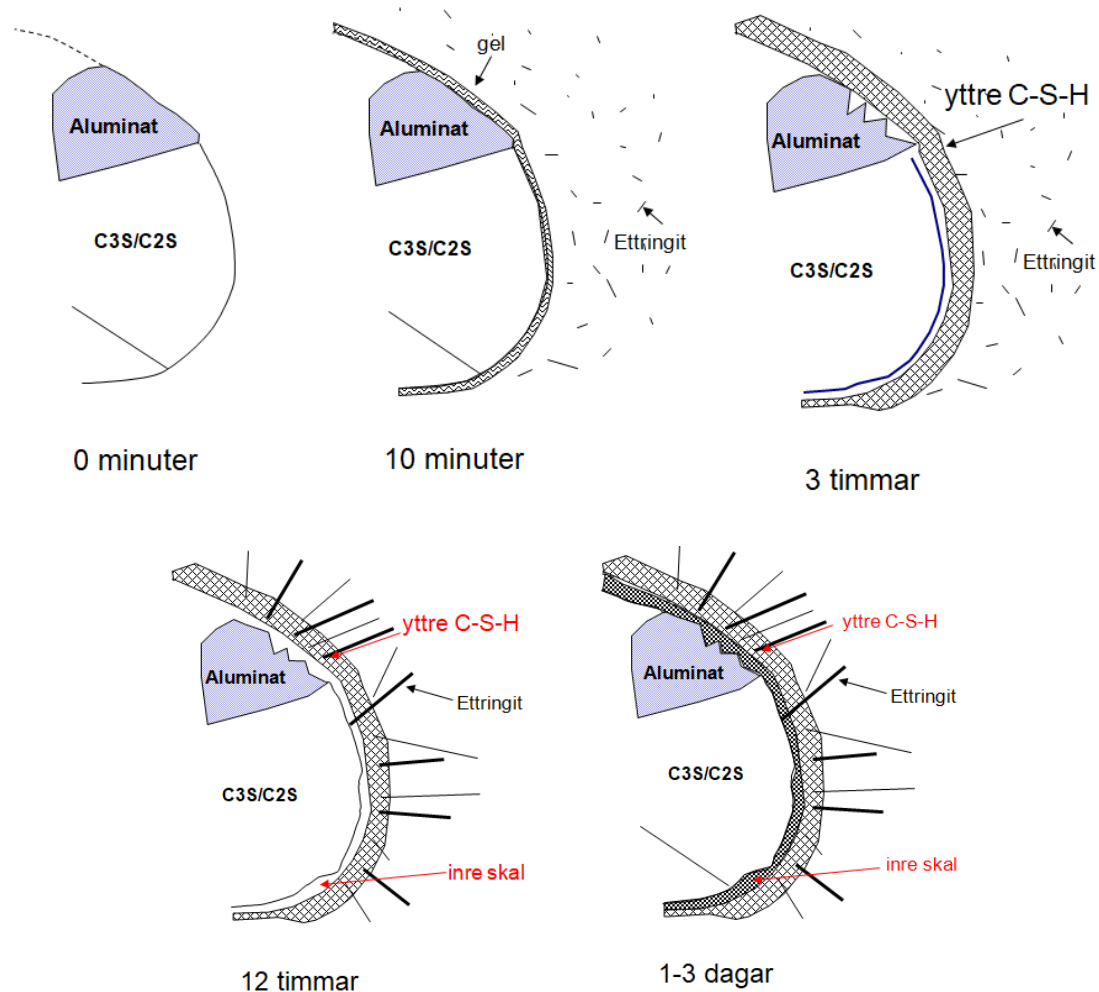
- **Värme avges under hydratation**
 - Exotermiska reaktioner



Värmeutveckling

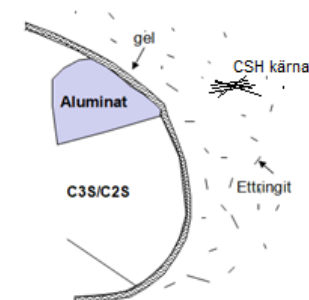
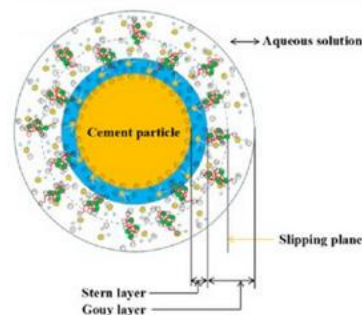
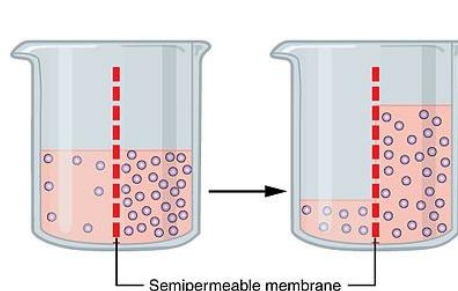


Hydratation



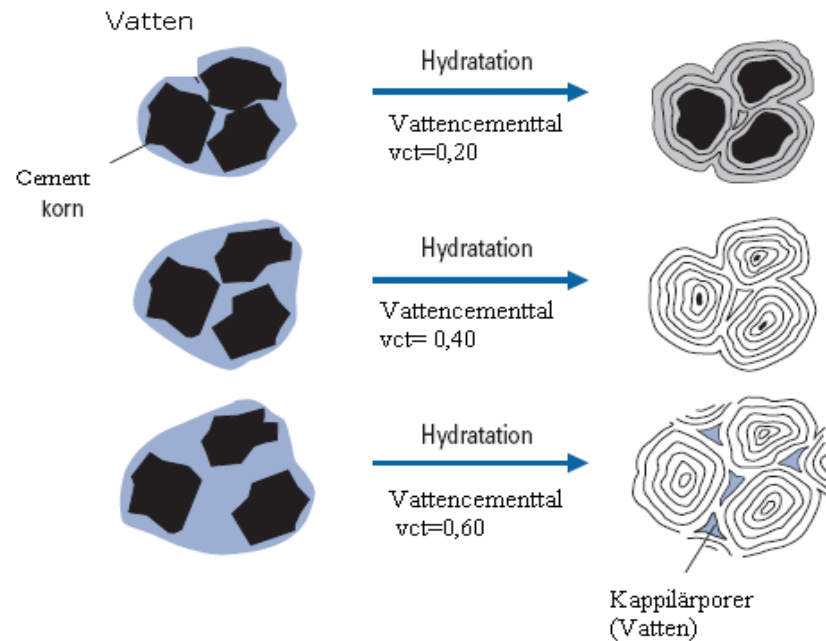
Bindetid

Mekanism	1	2	3	4
För-induktionsperiod	Upplösning och första hydratationsprodukterna			
	Gelen agerar som ett skyddande lager Låg diffusion		Gelen agerar inte som ett skyddande lager Måttlig diffusion	
Induktionsperiod	Fasövergång eller föråldring av gelen.	Selektiv diffusion genom osmotisk tryckförändring.	Elektrisk dubbellager hindrar jontransporten genom gelen.	Långsam kärnbildning av CSH i vätskan.
Slutet av induktionsperioden	Ökad diffusion genom gelen.	Sönderfall av gelen på grund av osmotisk tryck eller upptag av vatten i gelen.	Mättad konc. av Portlandit i vätskan.	CSH kärnor uppnår kritisk storlek.
Accelerationsperioden	Mättad konc. av Portlandit i vätskan. Utfällning av CSH.		Utfällning av CSH.	Tillväxt av CSH. Utfällning av Portlandit.

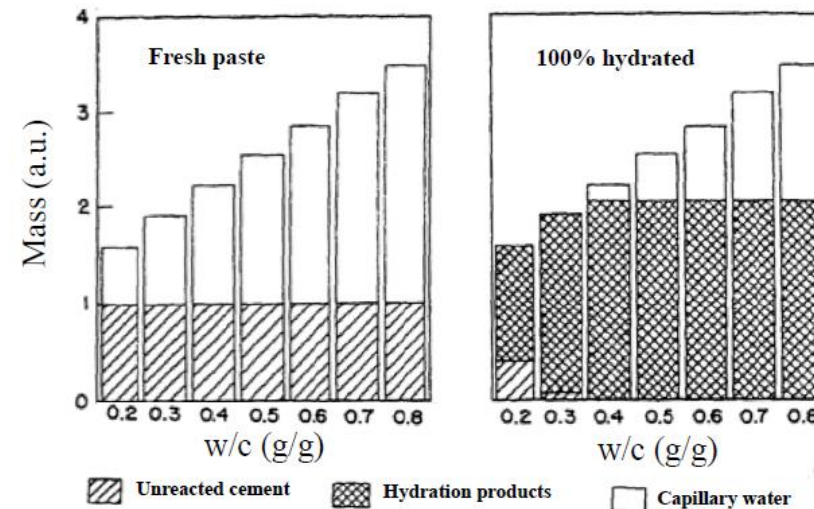


Porstruktur

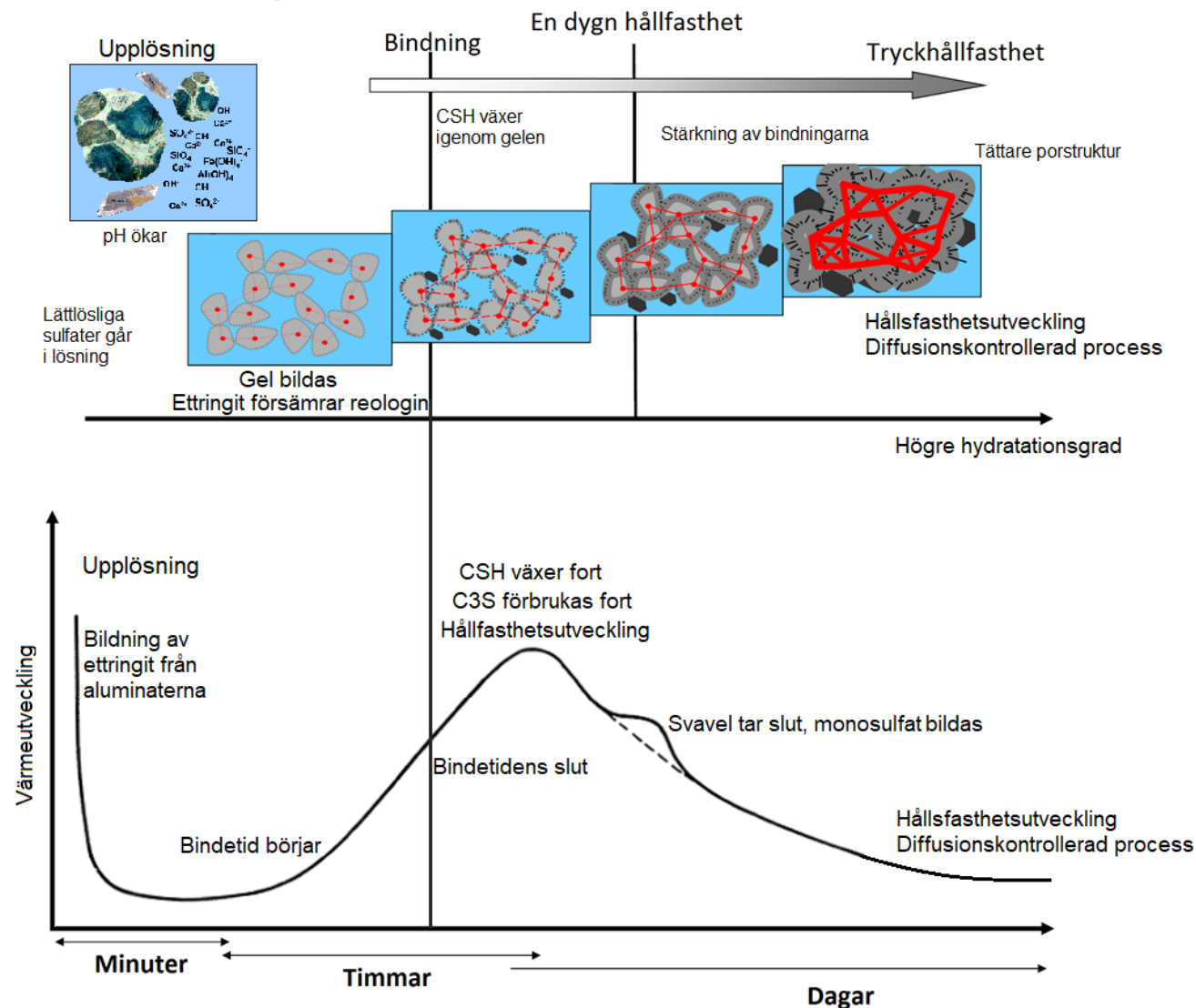
■ Vattencementtal, v_{ct}



Hydratationsgrad

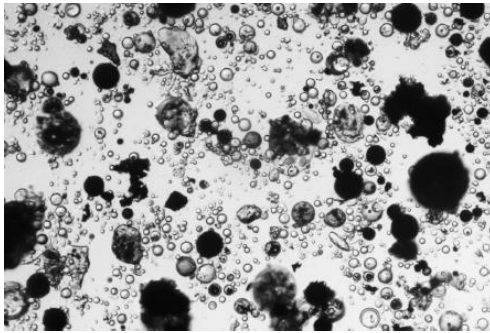


Sammanfattning



Tillsatsmaterial typ II

- Supplementary cementitious materials (SCM)



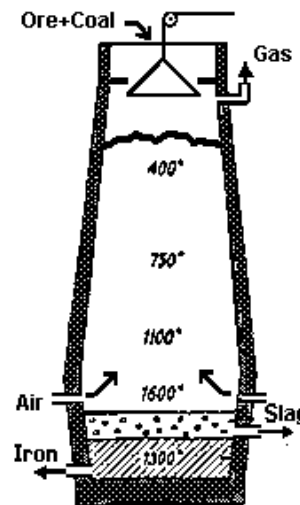
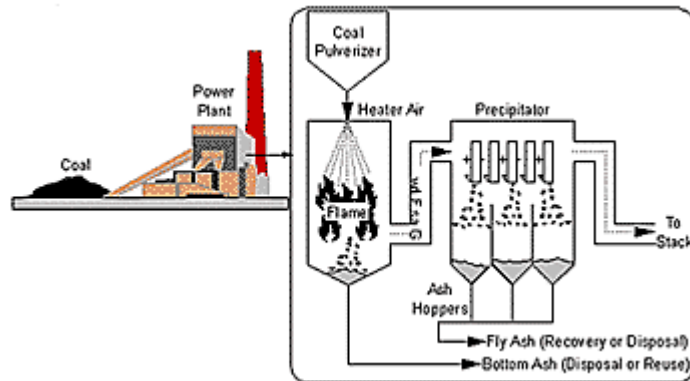
Flygaska



Slagg
(GGBS)



Vulkanaska



Tillsatsmaterial typ II

■ Pozzolanskt material

- Ett kiselhaltigt eller aluminium-kiselhaltigt material som i finfördelad form och i närvaro av fukt, reagerar kemiskt med kalcium hydroxiden ($(\text{CaOH})_2$) som frigörs vid hydratation av Portland-cement och tillsammans bildar föreningar som besitter cement egenskaper.
- Producerar CSH och andra hydratationsprodukter.
- Exempel på material:
 - Flygaska
 - Vulkan aska
 - Kalcinerad lera

■ Latent hydrauliska material

- Reagerar kemisk med vatten och bildar föreningar (hydrater) som har cementbaserande egenskaper (bildar CSH).
- Behöver en alkalisk aktivator. Denna kan vara en annan än $\text{Ca}(\text{OH})_2$.
- Exempel på material:
 - Snabb kyld masugnsslagg

Tillsatsmaterial typ II

■ Hydratation av tillsatsmaterial typ II

- Hydratation av cement (**hydraulisk reaktion**)



- Hydratation av flygaska i cement (**pozzolansk reaktion**)



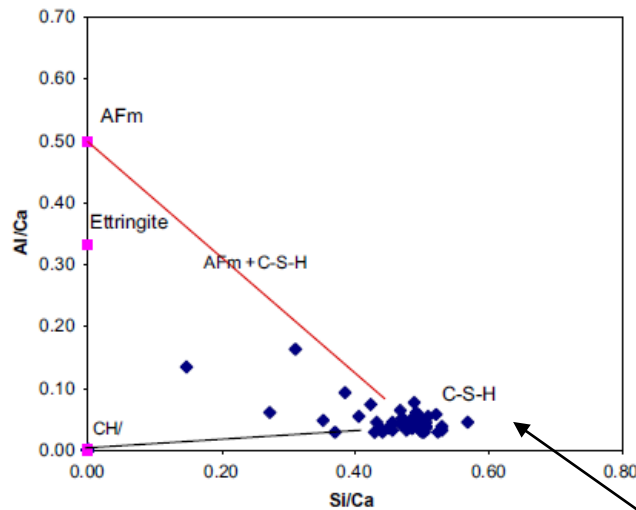
- Hydratation av slagg i cement (**latent - hydraulisk reaktion**)



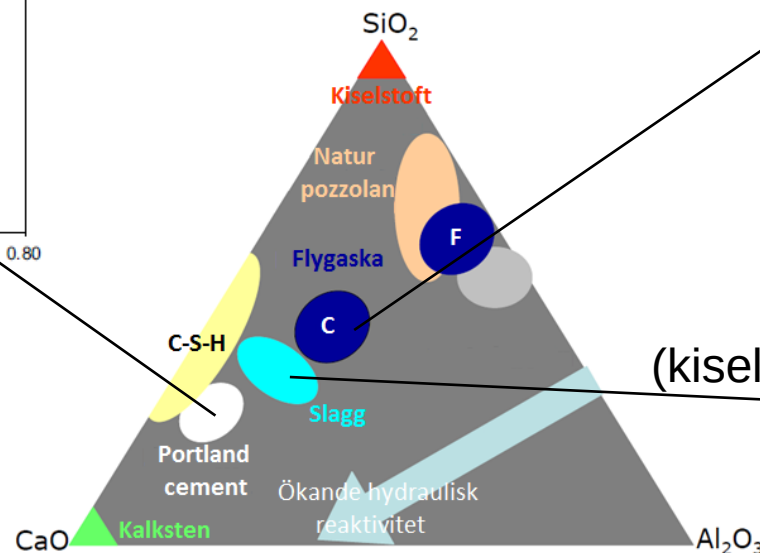
Tillsatsmaterial typ II

■ Vad är skillnaden mellan cement och tillsatsmaterial typ II?

- Mindre kalcium, oftast glasartat, amorft $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3$.

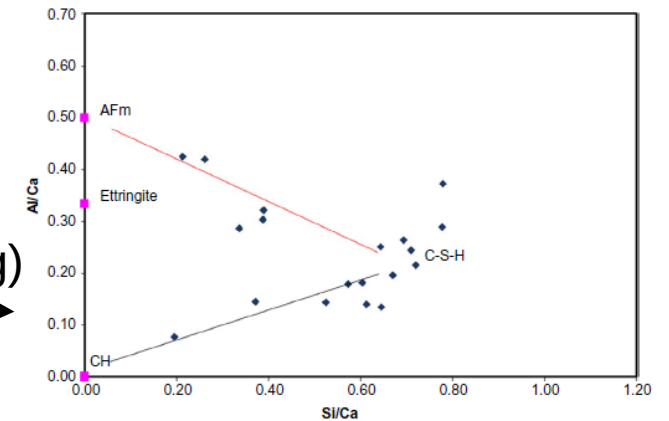
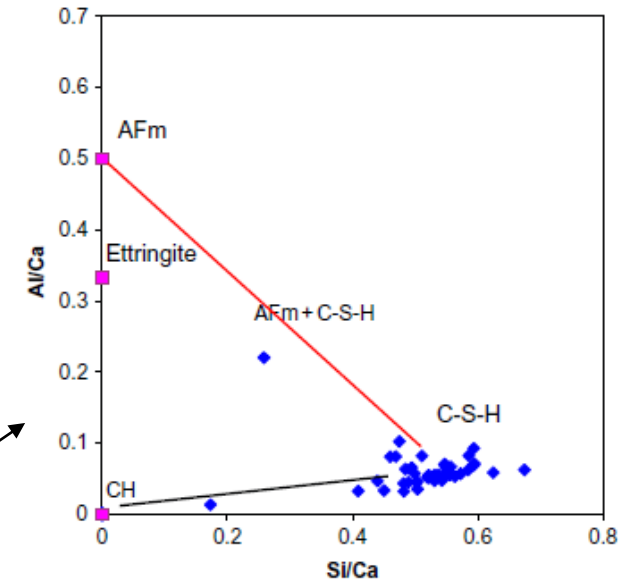


Portland cement
(calciumrik)

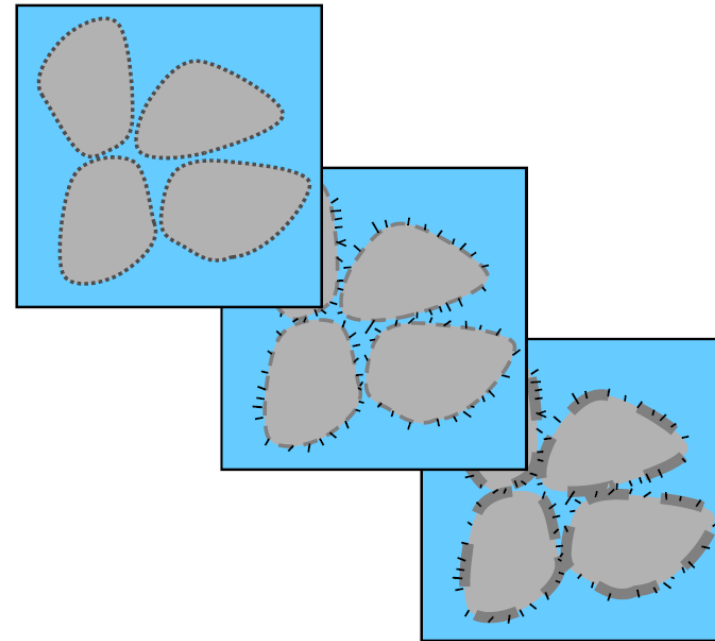


Flygaska
(kiselhaltig)

Slagg
(kisel/aluminumhaltig)



Frågestund



Frågor och funderingar kan skickas till:
jose_aguirre@cementa.se