

Nyheter inom betongområdet!



Betong med mineraliska tillsatser

Nödvändiga materialegenskaper för
uttorkningsberäkningar

Oskar Linderöth
Peter Johansson

Avdelning Byggnadsmaterial
Lunds Tekniska Högskola



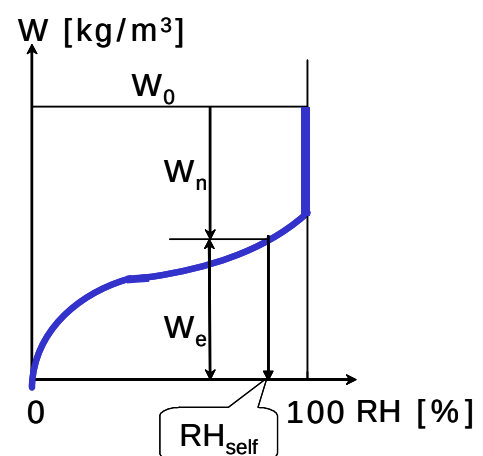
Agenda

- Kort bakgrund – från förra årets presentation
- Mineraliska tillsatsmaterial
- Planerade mätningar
- Mätmetoder
- Slutsatser

Från förra årets presentation:

Vilka fuktegenskaper hos betongen behövs för
uttorkningsberäkningar.

1. Fuktbidningsförmågan
 - Mängden kemiskt bundet vatten (W_n)
 - Mängden fysikaliskt bundet vatten (W_e)
 - Sorptionsisotermen
2. Fukttransportförmågan



Varför använder vi mineraliska tillsatsmaterial?

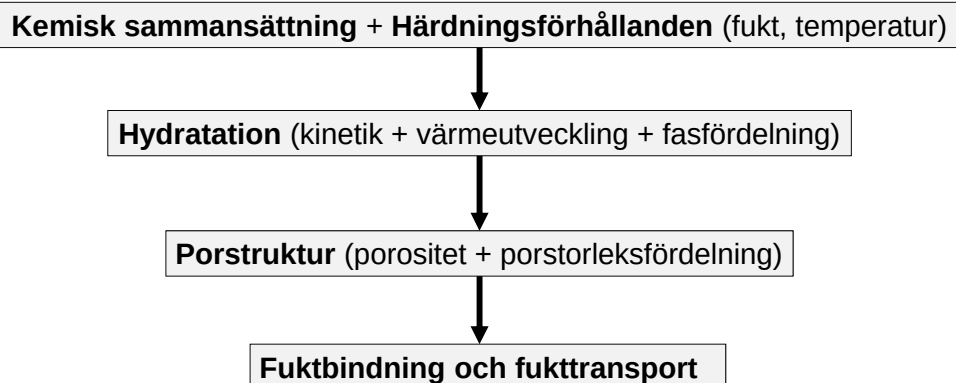
- Cementindustrin och byggbranschen måste minska sina koldioxidutsläpp.

Vad är mineraliska tillsatsmaterial?

- Vanligast: Slagg, flygaska
- Restprodukter från stål- respektive kolkraftsindustrin.
- Beroende av Portlandcementets reaktion för att själva reagera.
- "Samma" reaktionsprodukter som Portlandcementet
- **Problem:** stor skillnad i sammansättning och reaktivitet beroende på var materialet kommer ifrån.

Mineraliska tillsatsmaterial

De mineraliska tillsatsmaterialen kommer, i någon mån, leda till en **förändring** av de flesta **mekaniska** och **fysikaliska** egenskaperna hos den slutgiltiga betongen.



Mineraliska tillsatsmaterial

De mineraliska tillsatsmaterialen kommer, i någon mån, leda till en **förändring** av de flesta **mekaniska** och **fysikaliska** egenskaperna hos den slutgiltiga betongen.

Kemisk sammansättning + Härdningsförhållanden (fukt, temperatur)

Hydratation (kinetik + värmeutveckling + fasfördelning)

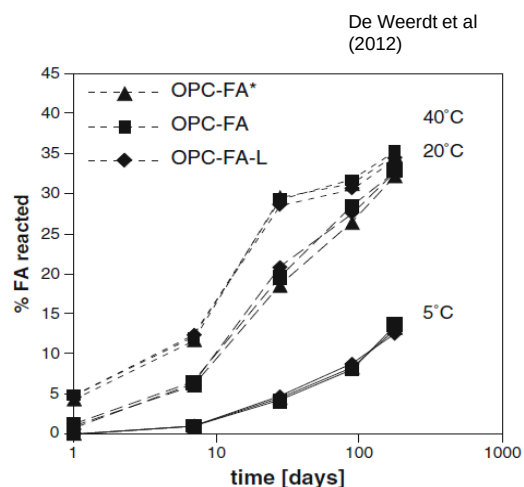
Porstruktur (porositet + porstorleksfördelning)

Fuktbindning och fukttransport

Hydratationen – bindemedlets reaktion med vatten

Exempel: **Flygaska**

- Ökad temperaturkänslighet
- Långsammare totalreaktion
- Lägre tidig hållfasthet
- Samma faser – men förändrad fasfördelning
- Förändrad porstruktur
- Förändrade fuktegenskaper!

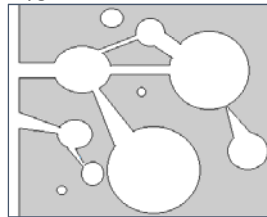


Hydratationen - koppling till fuktegenskaperna

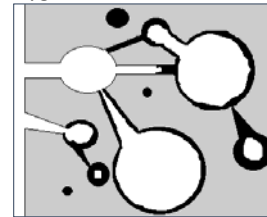
Exempelvis, jmf rent Portland Cementet:

- En betong med mineraliska tillsatser kommer i **tidig** ålder att ha en **grövre, öppnare** porstruktur och därmed en **större** fukttransportförmåga.
- Men, när flygaskan väl reagerat, vid högre åldrar får betongen tvärtom en **finare, tätare** porstruktur och därmed en **lägre** fukttransportförmåga.

Dygn 1-3, 20°C



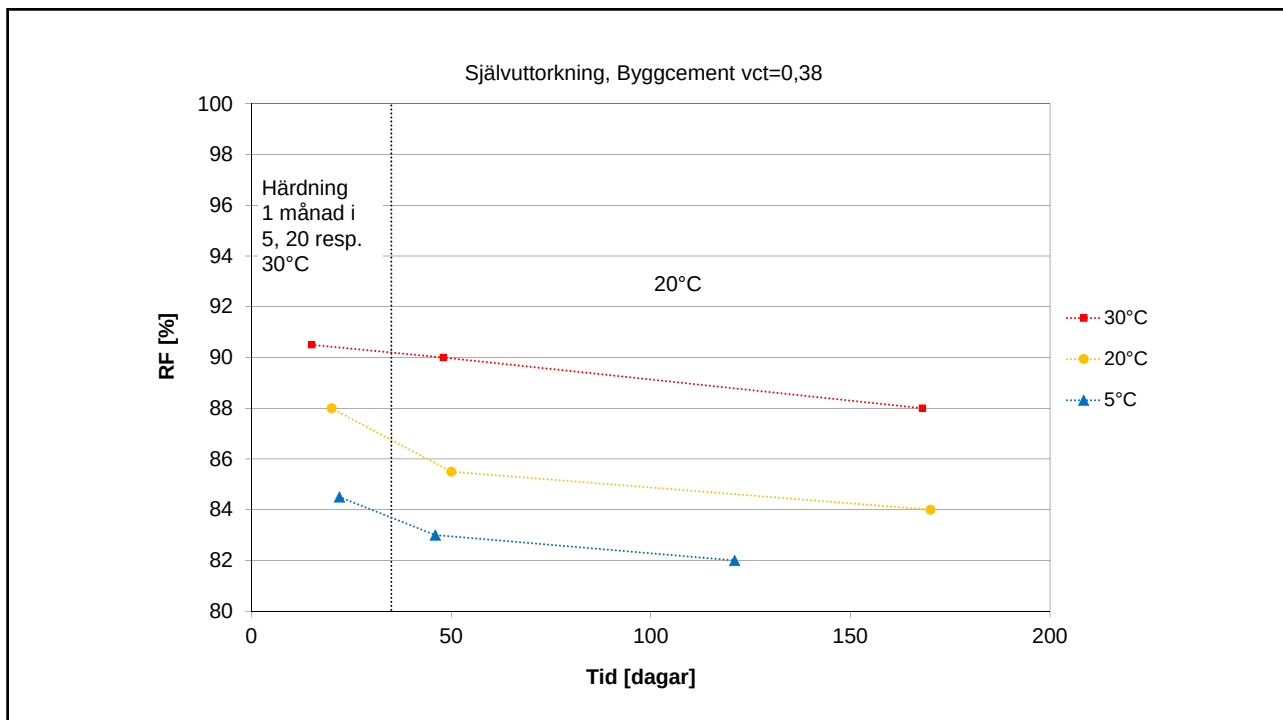
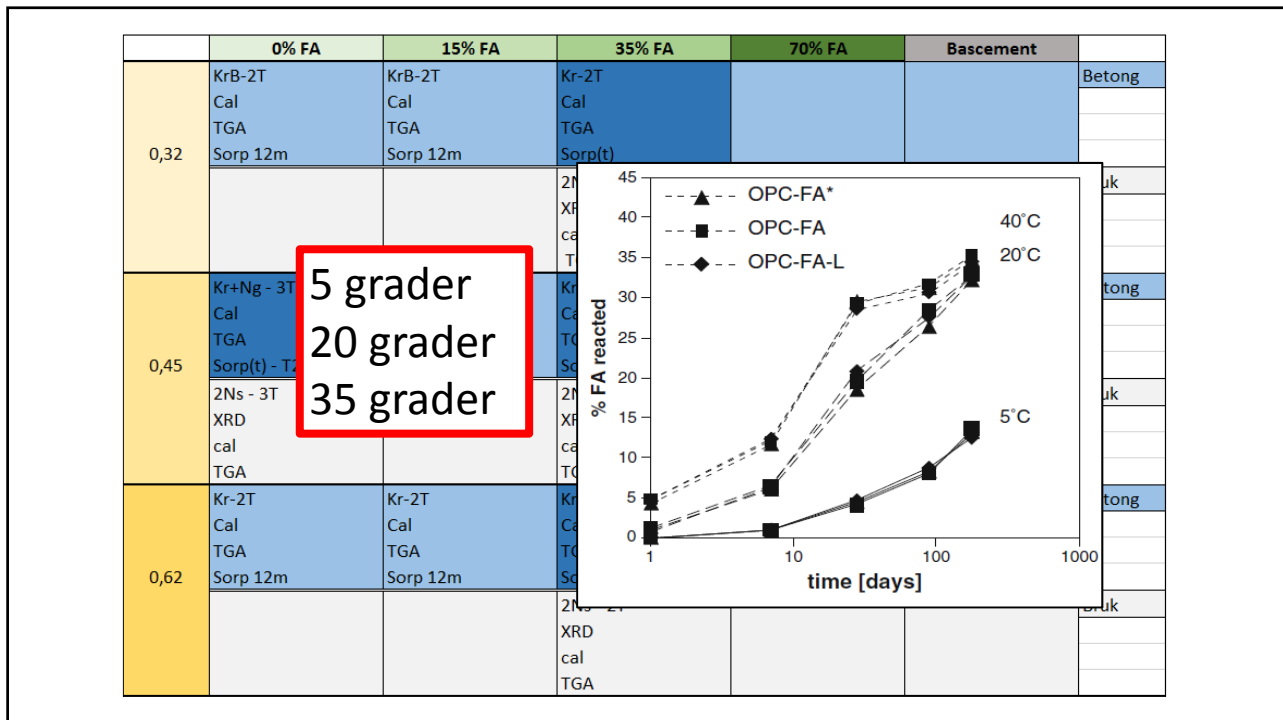
Dygn >>4, 20°C



	0% FA	15% FA	35% FA	70% FA	Bascement	
0,32	KrB-2T	KrB-2T	Kr-2T			Betong
	Cal	Cal	Cal			
	TGA	TGA	TGA			
0,45	Sorp 12m	Sorp 12m	Sorp(t)			
			2Ns - 2T			Bruk
			XRD			
0,62			cal			
			TGA			
0,32	Kr+Ng - 3T	Kr- T20	Kr+Ng - 3T	Kr-T20	Kr-T20	Betong
	Cal	Cal	Cal	Cal	Cal	
	TGA	TGA	TGA	TGA	TGA	
0,45	Sorp(t) - T20,T50	Sorp 12m	Sorp(t) - T20,T50	Sorp 12m	Sorp 12m	
	2Ns - 3T		2Ns - 3T			Bruk
	XRD		XRD			
0,62			cal			
			TGA			
0,32	Kr-2T	Kr-2T	Kr-2T			Betong
	Cal	Cal	Cal			
	TGA	TGA	TGA			
0,45	Sorp 12m	Sorp 12m	Sorp(t)			
			2Ns - 2T			Bruk
			XRD			
0,62			cal			
			TGA			

	0% FA	15% FA	35% FA	70% FA	Bascement	
0,32	KrB-2T	KrB-2T	Kr-2T			Betong
	Cal	Cal	Cal			
	TGA	TGA	TGA			
	Sorp 12m	Sorp 12m	Sorp(t)			
0,45	Kr+Ng - 3T	Kr- T20	Kr+Ng - 3T	Kr-T20	Kr-T20	Betong
	Cal	Cal	Cal	Cal	Cal	
	TGA	TGA	TGA	TGA	TGA	
	Sorp(t) - T20,T50	Sorp 12m	Sorp(t) - T20,T50	Sorp 12m	Sorp 12m	
0,62	2Ns - 3T		2Ns - 3T			Bruk
	XRD		XRD			
	cal		cal			
	TGA		TGA			
0,62	Kr-2T	Kr-2T	Kr-2T			Betong
	Cal	Cal	Cal			
	TGA	TGA	TGA			
	Sorp 12m	Sorp 12m	Sorp(t)			
0,62			2Ns - 2T			Bruk
			XRD			
			cal			
			TGA			

	0% FA	15% FA	35% FA	70% FA	Bascement	
0,32	Kr-2T	KrB-2T	Kr-2T			Betong
	Cal	Cal	Cal			
	TGA	TGA	TGA			
	Sorp 12m	Sorp 12m	Sorp(t)			
0,45	Kr+Ng - 3T	Kr- T20	Kr+Ng - 3T	Kr-T20	Kr-T20	Betong
	Cal	Cal	Cal	Cal	Cal	
	TGA	TGA	TGA	TGA	TGA	
	Sorp(t) - T20,T50	Sorp 12m	Sorp(t) - T20,T50	Sorp 12m	Sorp 12m	
0,62	2Ns - 3T		2Ns - 3T			Bruk
	XRD		XRD			
	cal		cal			
	TGA		TGA			
0,62	Kr-2T	Kr-2T	Kr-2T			Betong
	Cal	Cal	Cal			
	TGA	TGA	TGA			
	Sorp 12m	Sorp 12m	Sorp(t)			
0,62			2Ns - 2T			Bruk
			XRD			
			cal			
			TGA			

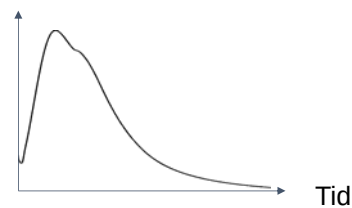


Isoterm kalorimetri

- Mäter värmen som avges genom kemiska reaktioner – exempelvis cements reaktion med vatten
- Isoterm – mätning vid konstant temperatur.
- Små prov 1-10 gram



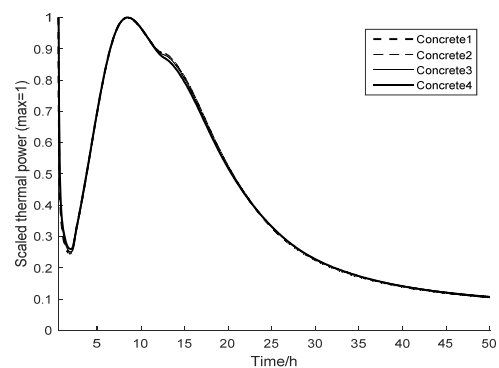
Värmeeffekt



Isoterm kalorimetri – ett mått på temperaturkänsligheten

Hur påverkar flygaskan betongens reaktion i:

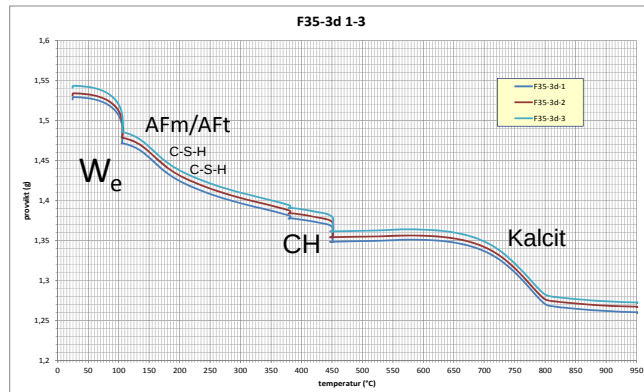
- Olika åldrar
- Olika temperaturer
- Olika mängder flygaska



Linderoth, Wadsö
(2016)

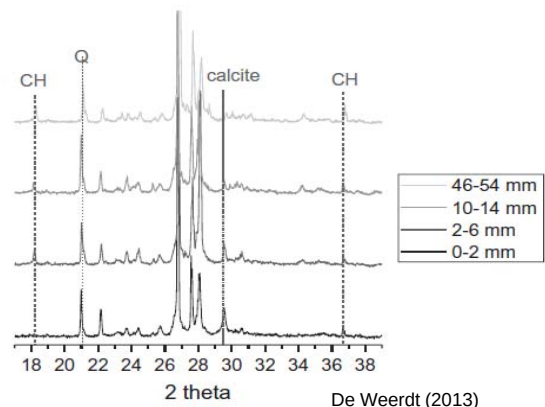
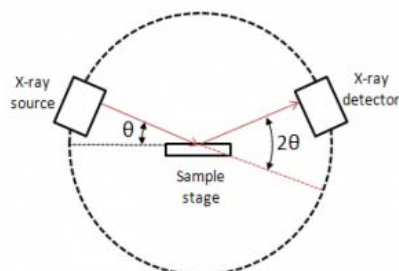
TGA – bestämning av kemiskt bundet vatten (W_n)

- Termogravimetrisk analys
- Mäter **viktsförlust** som funktion av **tid** och **temperatur**.
- Små prov, normalt 1-3 gram, betong, bruk eller cementpasta.



Röntgendiffraktion – kvantifiering av kemiska sammansättningar

- Kvalitativ bestämning av betongens kemiska sammansättning
- Rietveldt analys – möjliggör kvantifiering av kristallina och semi-kristallina faser i betongen.

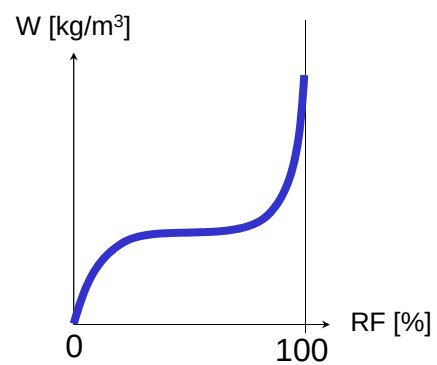
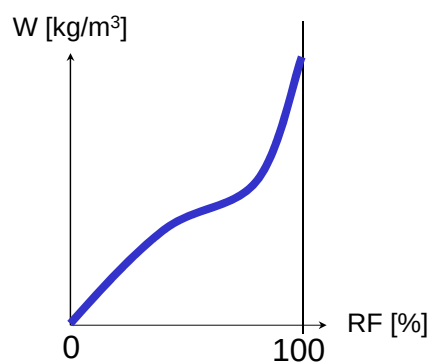


Rietveld analys

Faser	Bruk - SHcem	Bruk - SHcem	Differens
	2d	7d	
Portlandit	8,9	11,6	+2,7
Ettringit	5,3	5,8	+0,5
Calcit	8,9	10,5	+1,6
C ₂ S	5,3	5,3	0,0
C ₃ S	6,8	6,0	-0,8
C ₄ AF	1,7	1,7	0,0
C ₃ A	0,3	0,0	-0,3
MgO	0,0	0,0	0,0
C-A-H	1,2	1,4	+0,2
Kvarts	58,5	55,1	-3,4
Gips	3,1	2,5	-0,6

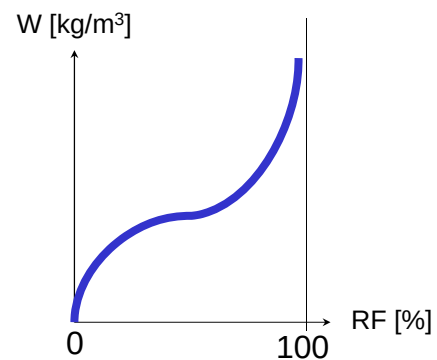
Fuktegenskaper

- Fuktbindningsförmåga
- Sorptionsisotermen!
- Fuktransportförmåga



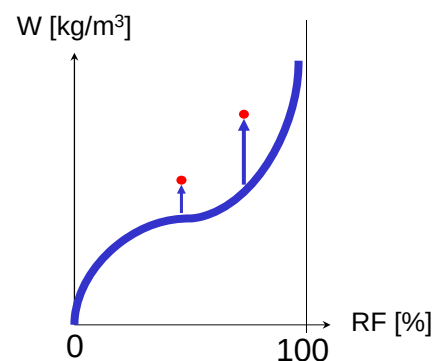
Sorptionsvågen (DVS) – sambandet mellan fukthalt och RF

- Sorptionsisotermen fås genom stegvis förändring av RF
 - Uppfuktning
 - Uttorkning
- Tillåter mätning från **tidig ålder**
- Små prov 50-100 mg
- Relativt snabb metod
- **Problem:** en osäker absolutnivå



Klimatboxar – punktvis mätning av sambandet: fukthalt - RF

- Ger enskilda punkter på sorptionsisotermen
- Mätning möjlig först i **högre åldrar**
- Större prover, ofta skivor av betong
- Mätningen tar lång tid
- Kan användas för att justera absolutnivån för kurvan mätt med sorptionsvågen



Koppförsök – ett sätt att mäta fukttransporten genom ett material

- Mäter den sk fukttransportkoefficienten (δ)
- Genom att orsaka en skillnad i RF mellan koppen och omgivande klimat fås en potential som driver fukt genom materialet.
- Nu endast i högre åldrar (>1 år), metodutveckling pågår för koppförsök även i tidig ålder!



Summering

- En bättre förståelse för materialet
 - Vilken/vilka förutsättningar har störst betydelse för betongens fuktegenskaper?
 - Härdningstemperaturen
 - Mängden mineraliska tillsatser
- Ta fram nödvändig materialdata för branschen, för framtida modeller och uttorkningsverktyg.
- Dagens modeller beskriver Portlandcementets fuktegenskaper och uttorkning
- Saknar modeller för betonger med mineraliska tillsatsmaterial

Tack för att ni lyssnade!



LUNDS
UNIVERSITET