

Projekt

Doktorand

Oskar Linderoth

Avd. Byggnadsmaterial

Handledare

Peter Johansson

Lars Wadsö

Katja Fridh

Tidsplan

2015-10 – 2020-10

SBUF-projekt 13146 (SBUF, Skanska Sverige AB, Cementa AB)



LUNDS
UNIVERSITET

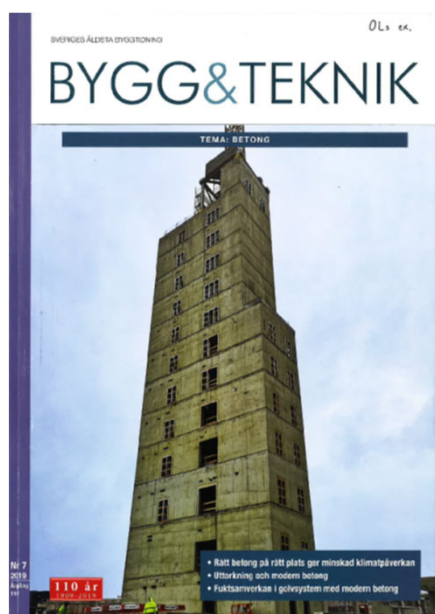
Mål

Fördjupa kunskapen om hur **porstrukturen** och **fuktegenskaperna** utvecklas i cementbundna material med flygaskainblandning.

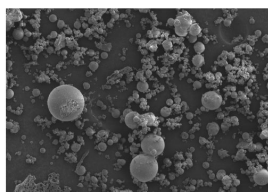
- Räkna på uttorkning
- Bedöma risken för fuktberoende nedbrytning
- Data till framtida beständighetsmodeller



LUNDS
UNIVERSITET



Fuktegenskaper hos cementbundet material med flygaskainblandning



Med cementbundna materials fuktegenskaper menas hur de binder och transporterar vatten. Känner man fuktegenskaper kan man räkna ut hur exempelvis en betong torkar. Mätning av fuktegenskaper för cementbundna material är något Avd. Byggnadsmaterial i Lund har stor erfarenhet av, särskilt för material med Portlandcement som bindemedel [1] [2]. På senare år har forskning vid avdelningen också visat hur fuktegenskaperna förändras när delar av Portlandcementet ersätts med slagg eller silika [3] [4]. Deras arbete är en kortfattad sammanfattning av resultaten från ett pågående doktorsprojekt inom vilket fuktegenskaperna undersöks för cementbundet material där delar av Portlandcementet ersätts med flygaska. Projektet kommer redovisas i sin helhet nästa år.

Olle Lindqvist
Forskningsingenjör
Avd. Byggnadsmaterial, Lunds Universitet

Peter Johansson
Forskningsingenjör
Avd. Byggnadsmaterial, Lunds Universitet

Den stora användningen av cementbaserat material, tillsammans med en ökad klimatmedvetenhet, sätter press på cement- och betongindustrin att minska sina CO₂-utsläpp. Därfor produceras allmer cement där delar av Portlandcementet ersätts med mineraliska tillämningsmaterial som slagg, flygaska och silika. Flygaska och slagg är restprodukter från kolförbränning re-

spolerte stillverknings, silika är en rest från silvverkning av kolfenol och ferrosilicid. Tillämningsmaterialens egenskaper skiljer sig från varandra, liksom deras möjlighet att påverka materialens egenskaper när de ersätter delar av Portlandcementet [5] [6]. Tillgåse forskningsprojekt vid Avd. Byggnadsmaterial [3] [4] har visat en samband av slagg och silika kan ha betydande effekter på fuktegenskaperna. Målet med detta projekt har varit – och är – att studera motsvarande inverkan av flygaska.

Vatten i cementbundet material

Vatten är en viktig del av cementbundet material, men också nära sammanhängande med uddertningsprocesser i och i kontakt med cementbundet konstruktions. Det vatten som tillfärs när materialet skapas kommer huvudsakligen att bindas kemiskt i hydrat (produkterna av cements reaktion med vatten) eller fysikaliskt i porstrukturen hos den bildade cementpastan. Fördelen ut har följden föredras i materialet är viktig för att kunna producera exempelvis uttorkning av betongkonstruktioner. God prestanda av uttorkning är i sin tur avgörande för att bedöma risken för fuktberoende nedbrytning av material som appliceras mot betongen i t.ex. exempelvis lim och golvbeläggningar. Kunskap om betongens fuktegenskaper är också värdfull för forskningen av andra beständighetsrelaterade processer som kloridindring, karbonatisering och frospregning.

En vanlig metod för att följa betongens uttorkning är att mäta dess relativa fuktighet (RF). Den sänkning av RF som skidkoms genom att vatten bindas – kemiskt och fysikaliskt – när cementet reagerar med vatten kallas silvverknings. För silvverkningsfräm främ en gräns kring 80 % RF under vilken



LUNDS
UNIVERSITET

Varför ändras bindemedlen och hur?

- Cementtillverkning: 8-10 % av världens CO₂-utsläpp
- Delar av Portlandcementet byts ut mot mineraliska tillsatsmaterial
- Slagg och flygaska (i Sverige 6-20 % av cementvikten)



LUNDS
UNIVERSITET

Undersökta material

- Pasta (bindemedel + vatten)
- Bruk (bindemedel + vatten + sand)

- Portlandcement (OPC: SH, CEM I 52.5 R)
- OPC med 0, 15, 35 vikts% flygaska
- Vattenbindemedelstal (vbt) 0.45
- Härdning i 5, 20 eller 35°C

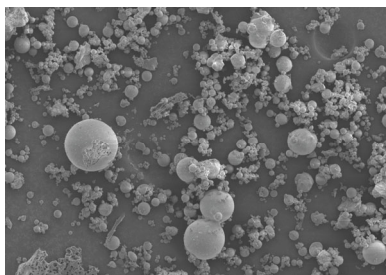
OPC+15% flygaska (15FA) kan liknas vid Cementas Bascement.



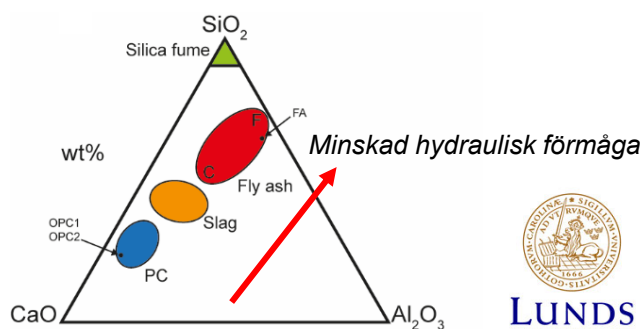
LUNDS
UNIVERSITET

Flygaska

- Restprodukt från kolkraftverk
- Puzzolant material
 - Beroende av Portlandcementet
 - Långsam reaktion
 - Delvis inert



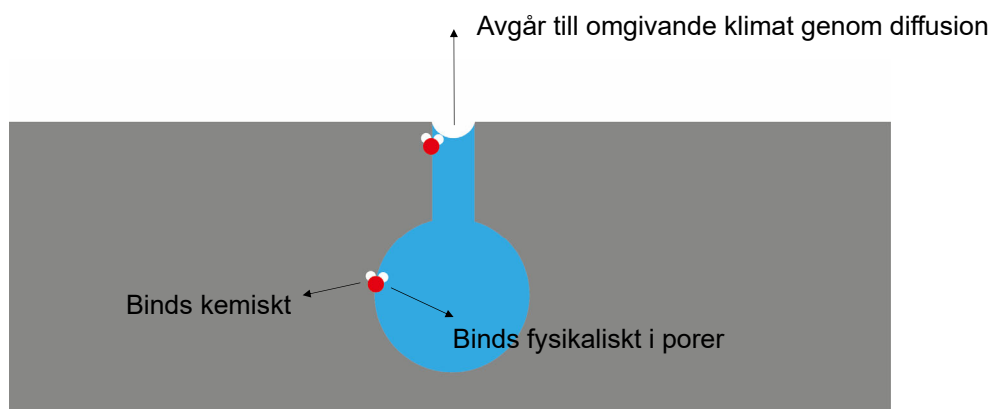
Ändrar reaktionsförloppet och därmed egenskapsutvecklingen.



LUNDS
UNIVERSITET

Fuktegenskaper

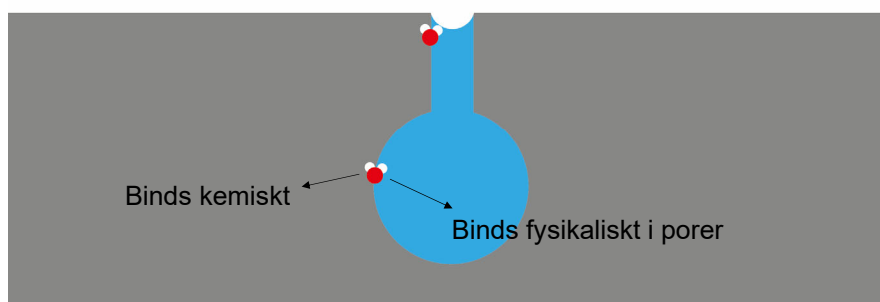
Vart tar blandningsvattnet vägen?



LUNDS
UNIVERSITET

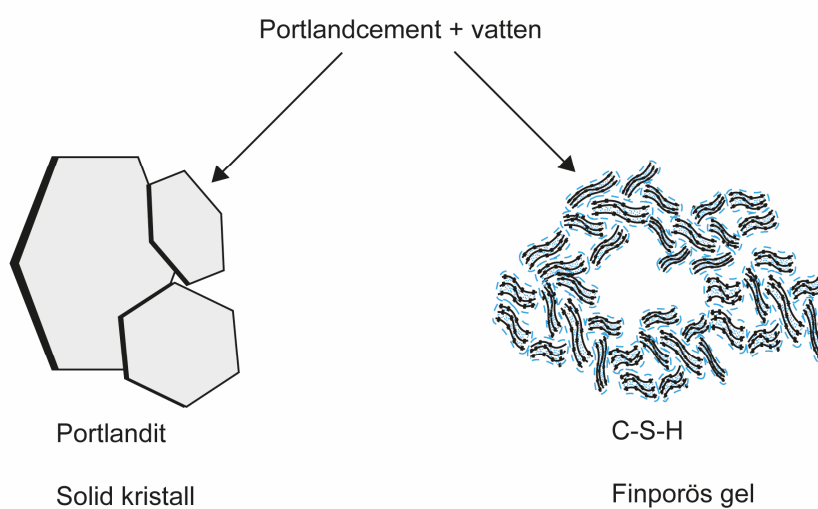
Fuktegenskaper

- "Självtorkning"
- Särskilt viktigt i grova konstruktioner



LUNDS
UNIVERSITET

Självtorkning

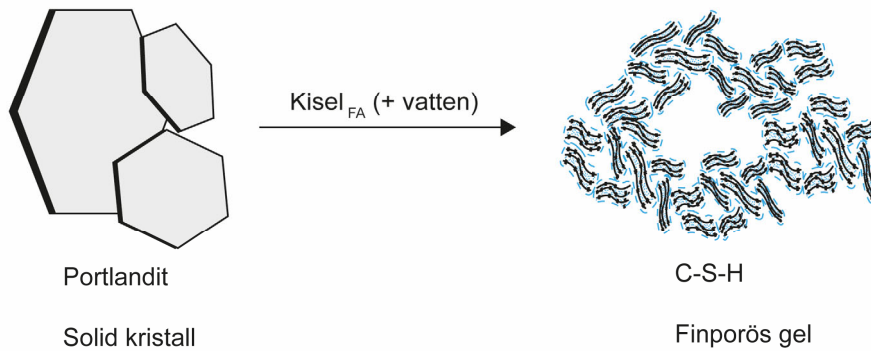


LUNDS
UNIVERSITET

Självtorkning

Flygaska:

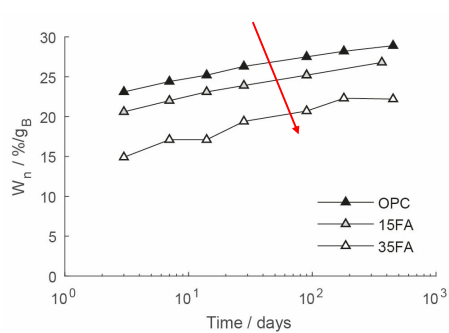
- Ombildar Portlandit till C-S-H
- Fler, men finare porer



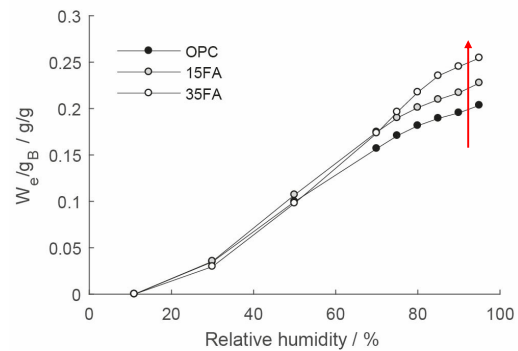
Självtorkning

Hur påverkas självtorkningen av flygaskainblandning?

Kemiska bindningen minskar!



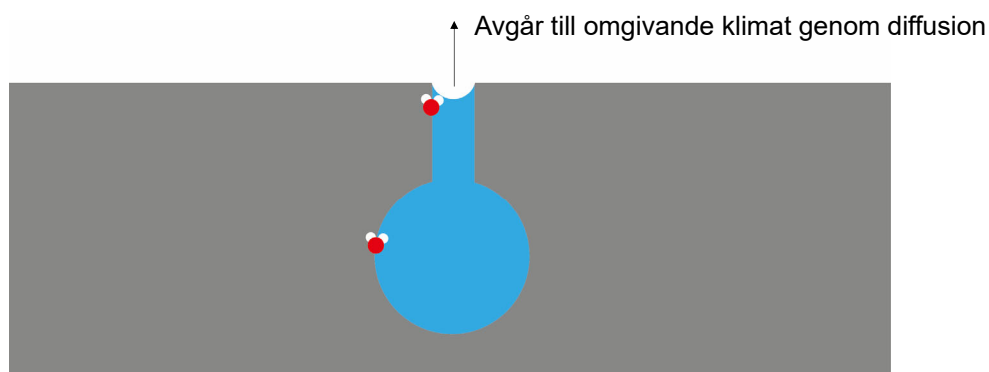
Fysikaliska bindningen ökar!



Effekterna motverkar varandra

Fuktegenskaper

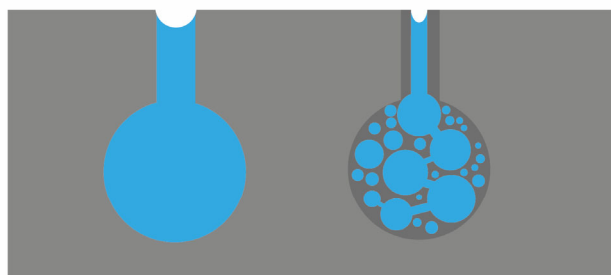
- ”Diffusionsuttorkning”
- Främst närmast ytan (*möjligt att torka till RF < 80 %*)
- Fuktransportförmågan (*Tätheten*)



Diffusionsuttorkning

Fuktransportförmågan:

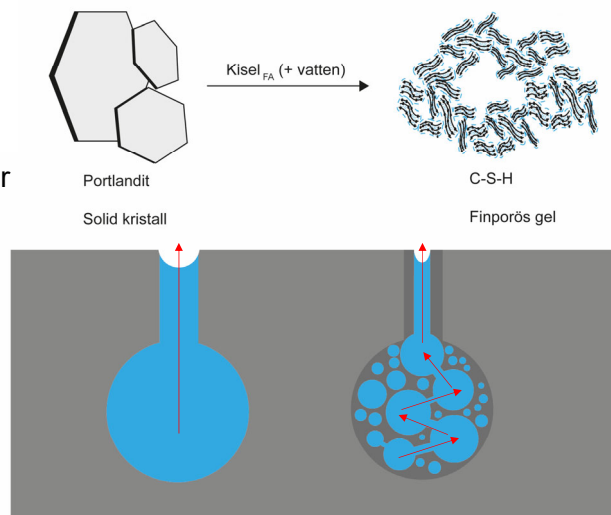
- Hur poröst är materialet?
- Hur hänger porerna ihop?
- Hur långa är ”vägarna” genom porstrukturen?



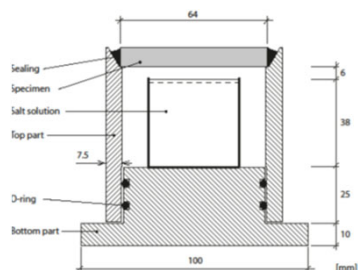
Diffusionsuttorkning

Flygaska:

- Förfinar grova porer
- Ändra kopplingar mellan porer
- Förlänger vattnets väg



Koppförsök



Diffusionsuttorkning

Flygaska:

- Förfinar grova porer
- Ändra kopplingar mellan porer
- Förlänger vattnets väg

(vbt 0.45; härdning 20 grader; 1 år)

	33-75%	75-95%
	$D_v \times 10^{-7} \text{ (m}^2\text{s}^{-1}\text{)}$	
OPC	1.7	4.0
15FA	1.0	1.4
35FA	0.8	0.8

*15 eller 35% flygaska:
Transportförmågan sjunker
med en faktor 2-5*



LUNDS
UNIVERSITET

Temperatur under gjutning och härdning

Flygaskans reaktion är mer temperaturkänslig än Portlandcementets, detta påverkar:

- Kemisk bindning
- Fysikalisk bindning
- Transportförmågan

... **uttorkningstiden!**

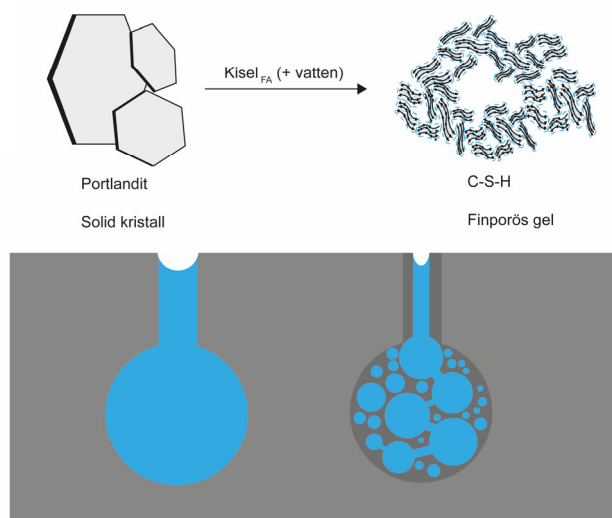


LUNDS
UNIVERSITET

Temperatur under gjutning och härdning

Flygaska:

- Beroende av Portlandcementet
- Särskilt känslig för låg temperatur



Temperatur under gjutning och härdning

(vbt 0.45; 1 år)

	75-95%		
	$D_v \times 10^{-7} \text{ (m}^2\text{s}^{-1}\text{)}$		
	5°C	20°C	35°C
OPC	3.7	4.0	4.8
15FA	3.0	1.4	1.2
35FA	2.0	0.8	0.6

- Låg temperatur: flygaskans "tätande" effekt försvinner
- Portlandcementet inte särskilt temperaturkänsligt

Sammanfattning

Med 15 eller 35% Flygaska:

- Små skillnader i självuttorkning efter härdning i 20, 35 °C
- Sämre självuttorkning efter härdning i låg temperatur.
 - Orsak: mindre flygaskareaktion
- En faktor 2-5 lägre transportförmåga vid 20 , 35 °C
- Härdning vid låg temperatur (5°C), ungefär samma transportförmåga som Portlandcement.



LUNDS
UNIVERSITET