



Fuktegenskaper hos cementbundet material med flygaskainblandning

OSKAR LINDEROTH 2020-11-26



Projekt

Doktorandprojekt 2015-2020

Handledare: Peter Johansson, Lars Wadsö, Katja Fridh

Finansiering: SBUF, Cementsa, Skanska

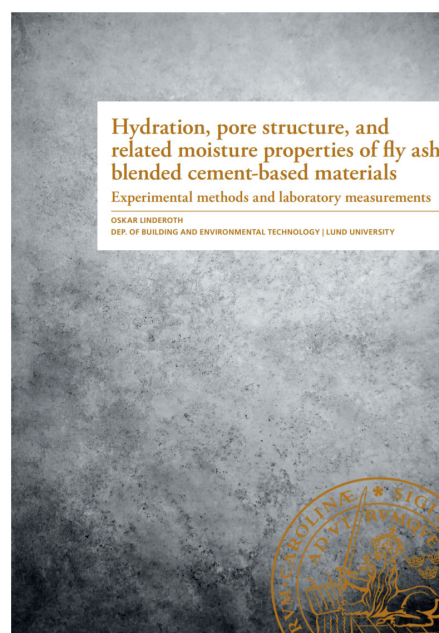
Oskar Linderoth

- Civilingenjör Väg och Vatten, LTH (2015)
- Tekn. Dr i Byggnadsmaterial, LTH (2020)
- Sedan oktober 2020 på AK-konsult i Solna

Avhandling

Finns att ladda ner på BMLs hemsida!

Alternativt, går man dit och ber om ett tryckt exemplar.



Bakgrund

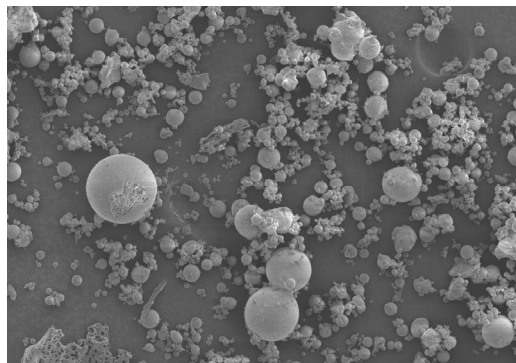
Delar av Portlandcementet (OPC) ersätts med mineraliska tillsatsmaterial (SCM) för att minska cementbaserade materials koldioxidavtryck.

- Efterfrågan på cementbaserade material ökar.
- Cementtillverkning: 5-8% av de mänskligt producerade CO₂-utsläppen
 - Kalcinering
 - Uppvärmning

Bakgrund

Tillsatsmaterialen är typiskt restprodukter från annan industri, två exempel:

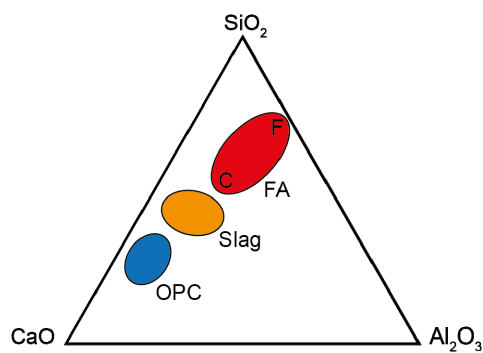
- Flygaska från kolkraftverk
- Slag från stålproduktion



Cementlika egenskaper utan kalcinering men cementets kemiska och fysikaliska sammansättning förändras.

Bakgrund

Fördelningen av de tre huvudsakliga oxiderna i Portlandcement, flygaska och slag.



Lothenbach et al. (2012)

Mål och relevans

Fördjupa kunskapen om hur ersättning av Portlandcement med mineraliska tillsatsmaterial påverkar hydratationen, porstrukturen och fuktegenskaperna hos cementbaserade material.

Relevans

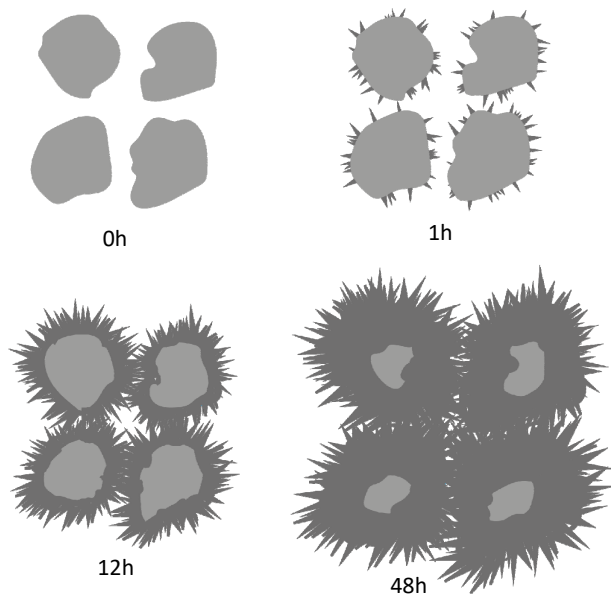
- De flesta processer som bryter ner cement-baserade material är inträngande och fuktberoende.
- Fuktegenskaper behövs för att uppskatta materialets uttorkning och undvika nedbrytning av lim och golvbeläggningar i dess närhet.

Testade material

- Rent Portlandcement (PC) eller delvis ersatt med flygaska (FA)
- Cementpasta eller murbruk med sand som ballast
- vatten-bindemedelstal 0.45
- Härdade vid konstant temperatur: 5, 20 eller 35 °C

Hydration

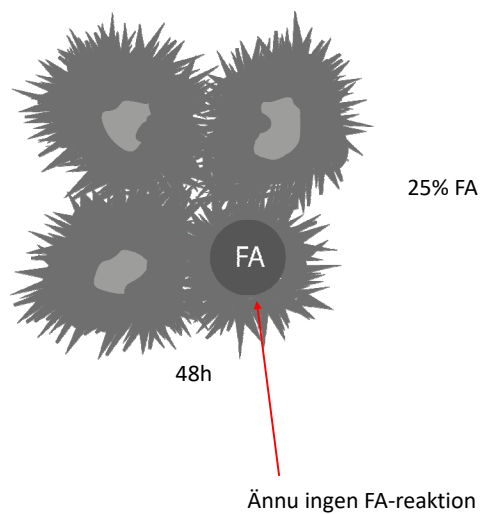
- Portlandcementet löses upp i kontakt med vatten
- Solida produkter fyller utrymmena mellan cementkornen
- Utrymmen i och mellan produkterna utgör materialets porstruktur



Hydratation - flygaska

Flygaska (FA) är mindre reaktiv än Portlandcement (PC), resultat:

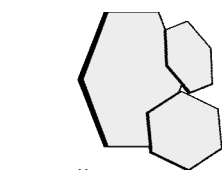
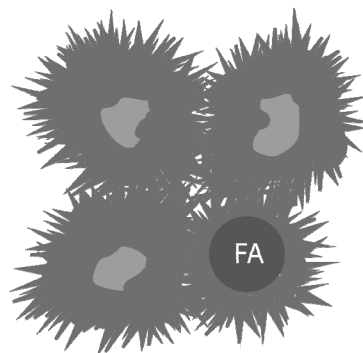
- Ingen reaktion de första dagarna
- Viss accelererande effekt på PC
- Mindre utvecklade materialegenskaper i tidig ålder



Hydratation - flygaska

Efter första veckan (eller veckorna):

- Flygaskan reagerar med produkter bildade av Portlandcementets reaktion med vatten
- "Omfördelning" av porstrukturen

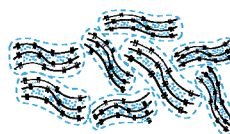


Kristallin
kalciumhydroxid

+

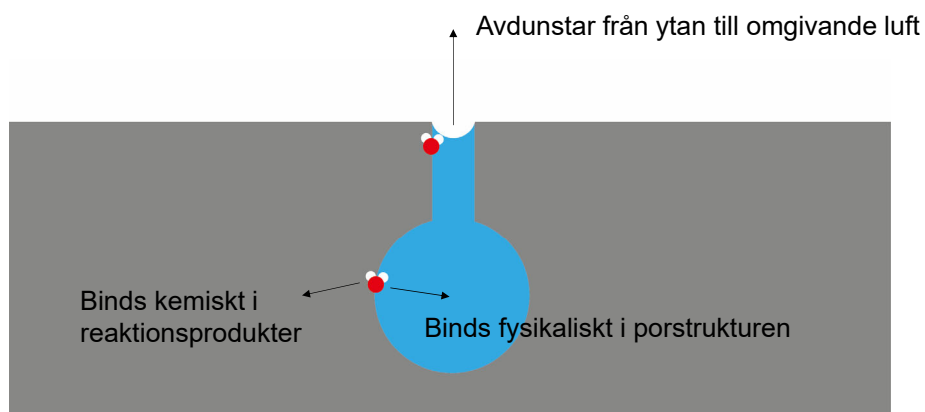


Flygaska (SiO_2)



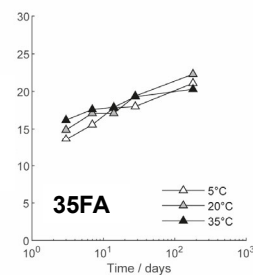
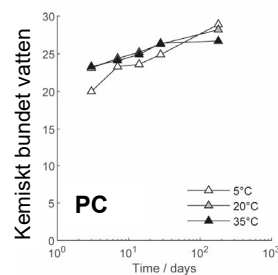
Porös C-S-H

Det vatten som tillsätts vid blandning...



Kemiskt bindning av vatten

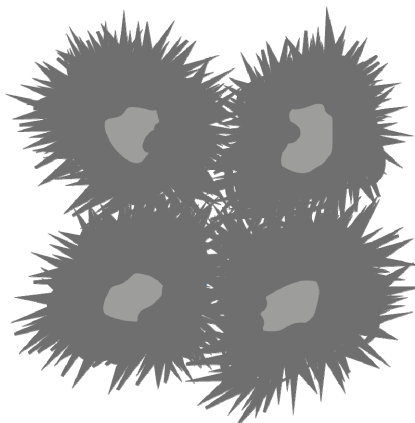
- Huvuddelen av hydratationen sker under de första dagarna
- Den kemiska bindningen minskar med ökad inblandning av flygaska
- Viktig för materialets självtorkning.



Porstrukturen

Luft- och vattenfyllda utrymmen i och mellan de fasta faserna

- Cementtyp
 - Reaktionsgrad
 - Produkter
- Omgivande förhållanden
 - Temperatur
 - Fukt

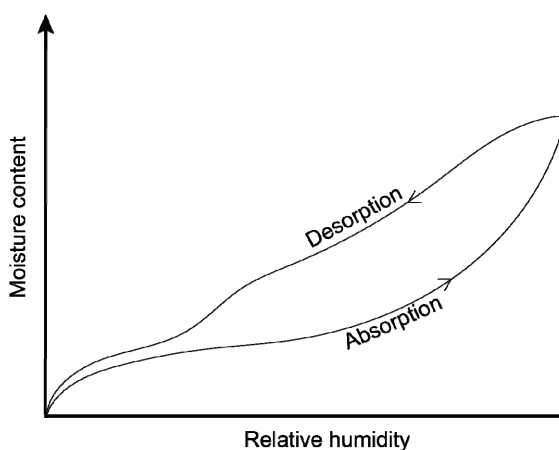


Porstrukturen styr sorptionsisotermens utseende!

Fysikaliskt bundet vatten

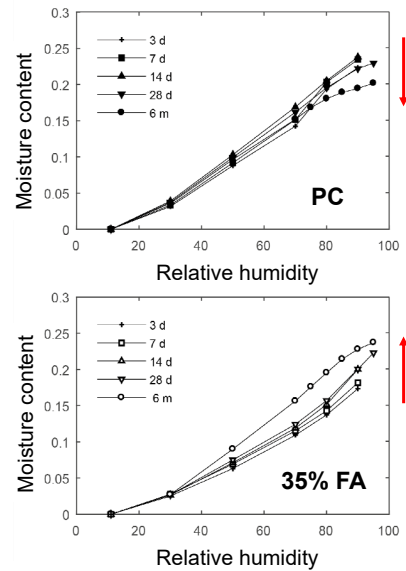
Vatten bundet i materialets porer presenteras ofta med **sorptionsisotemer**.

- Vattenhalt/fuktkvot – RF
- Uttorkning och uppfuktning
- Porositet
- Porstorleksfördelning



Desorption

- Desorption från 3d – 6 mån
- Porstrukturen utvecklas mest under de första dagarna
- Flygaska leder till en mindre utvecklad porstruktur:
 - Större porositet
 - Grövre porositet

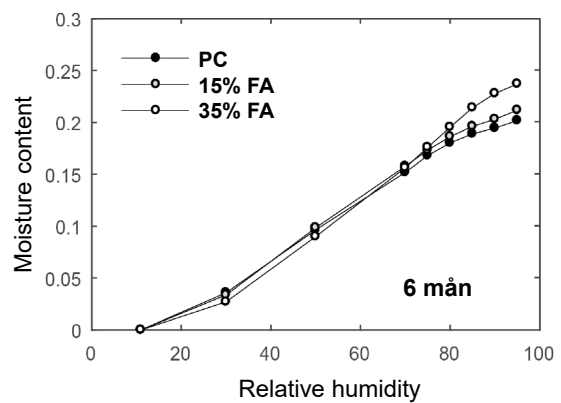


Desorption

Skillnader även efter 6 månader.

Flygaska:

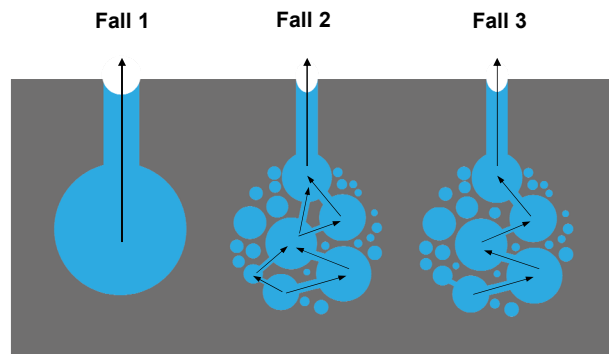
- Binder mindre vatten kemiskt
 - Sämre självuttorkning?
- Lägre reaktionsgrad
- Bygger en annan porstruktur



Fukttransport

Sorptionsisotermer ger information om porositet och porstorleksfördelning, men inte om porernas:

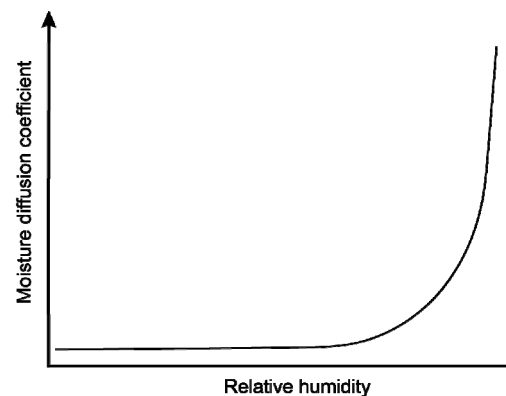
- Sammankoppling
- Tortuositet ("slingrighet")



Fukttransport

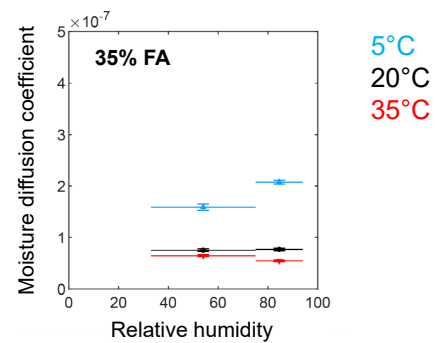
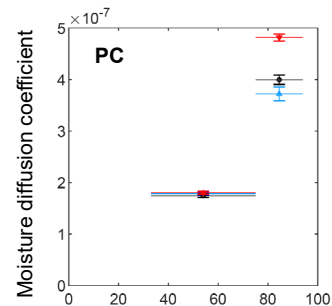
Sker när vatten flödar eller vattenånga diffunderar genom porstrukturen.

- Skillnad i RF
- Fukttransportkoefficienter
- Redovisas ofta som medelvärden över olika RF-intervall.



Moisture transport

- Flygaska ger lägre transportförmåga
 - 15% FA: >2-5 gånger
 - 35% FA: 2-8 gånger
- Förändrad temperaturkänslighet



Slutsatser

Inblandning av flygaska:

- Resulterar i en mer porös och *troligen* öppnare porstruktur de första veckorna efter gjutning.
- Påverkar inte nödvändigtvis självtorkningen.
- Påverkar materialets fukttransportförmåga genom att ändra porernas sammankoppling och porstrukturens tortuositet.
- Gör materialet mer temperaturkänslig (de första veckorna).
Flygaskans reaktion blir särskilt fördröjd vid låga temperaturer.



LUND
UNIVERSITY