



Svind i betongulve

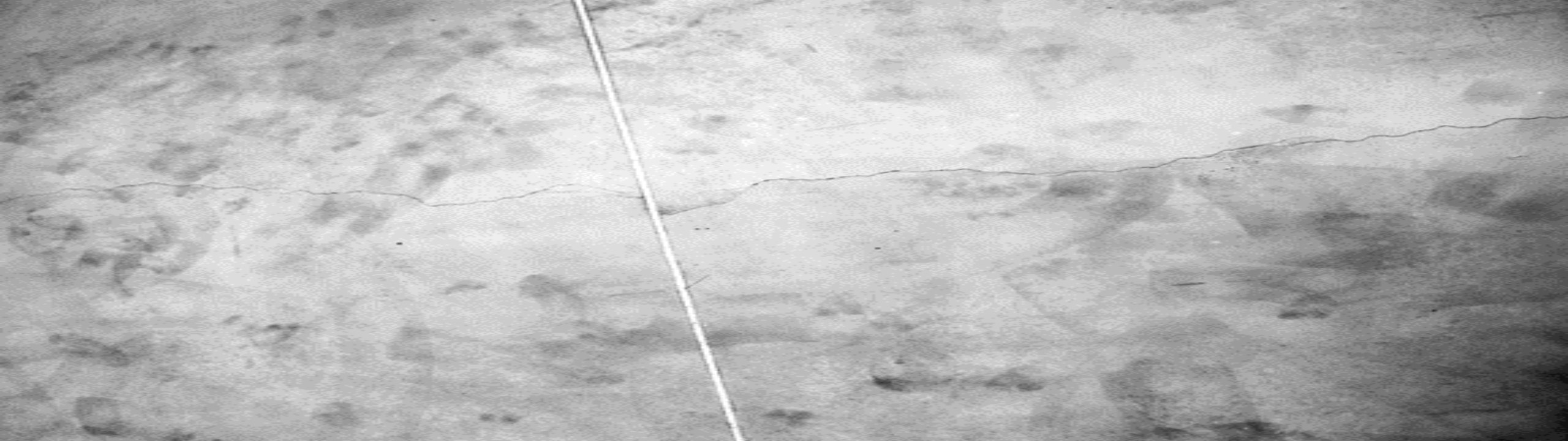
Jacob Thrysøe
Teknisk konsulent, M.Sc.

Portland Open 2019

| Svind i betongulve

- **Agenda:**

- Svind i betongulve
- Svindmekanismer
- Svindforsøg med gulvbetoner
- Gode råd.



Svind i betongulve

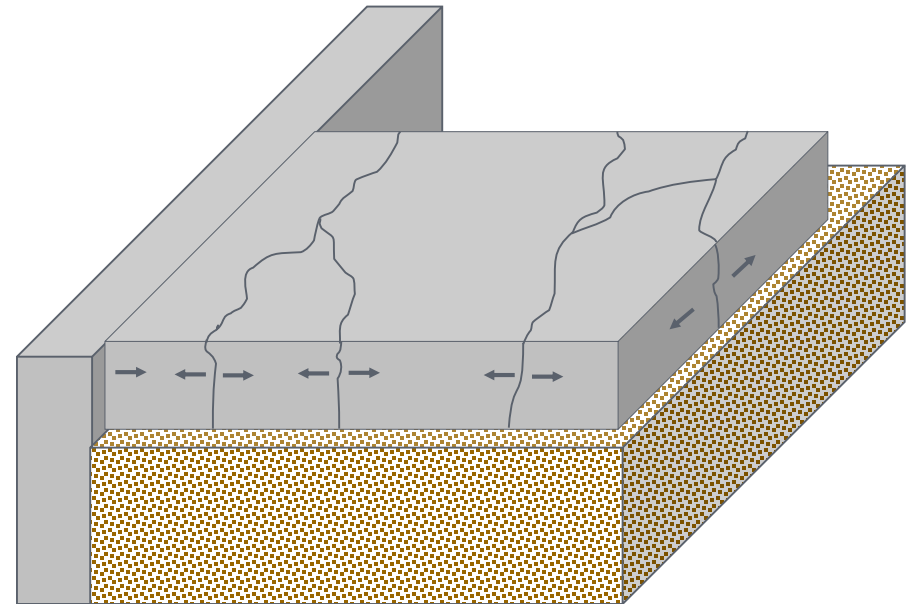
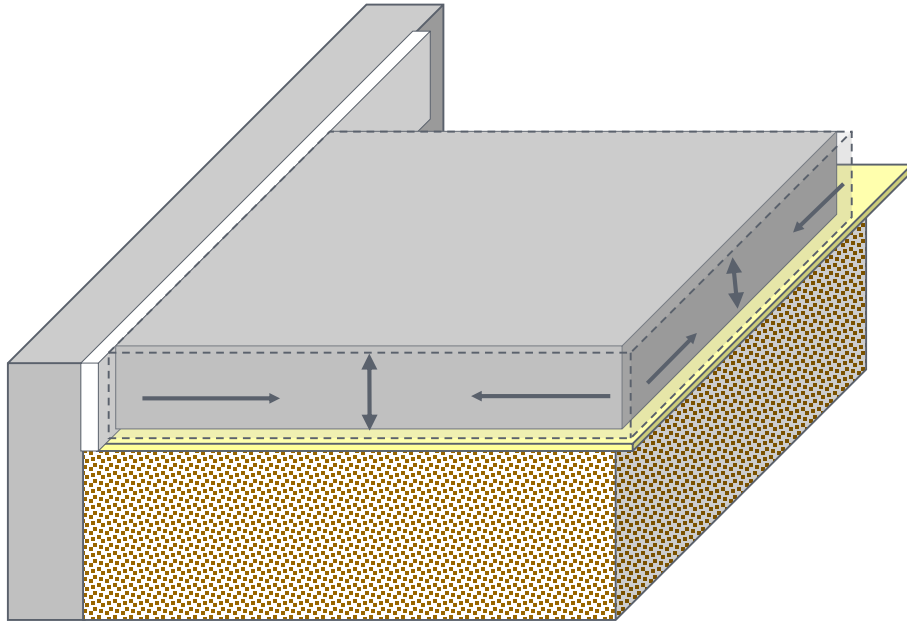
| Svind i betongulve



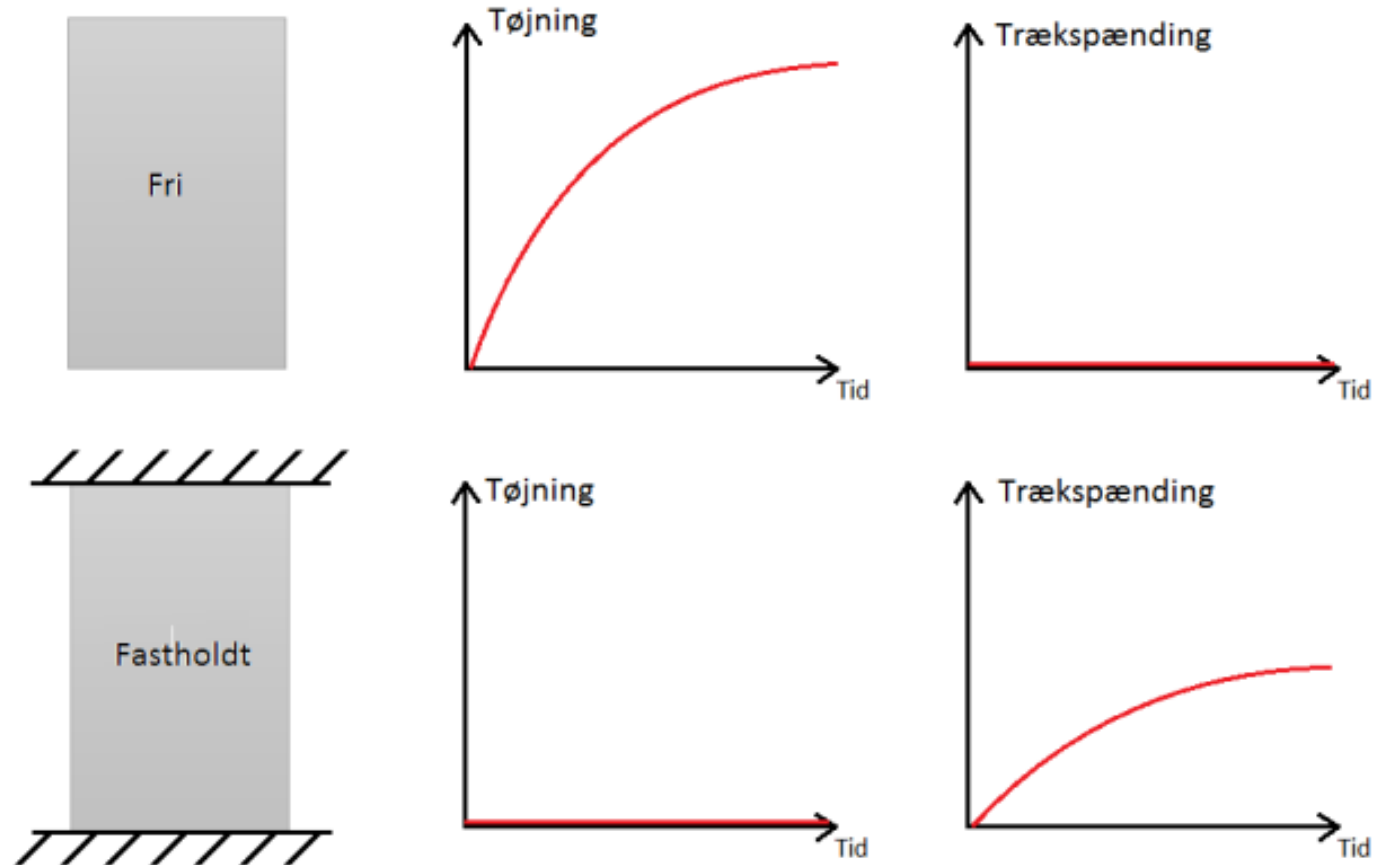
| Svind i betongulve

- **Hvad er svind?:**

- Svind er en reduktion af volumen, som følge af ændringer i fugtindholdet eller kemiske ændringer i betonen.



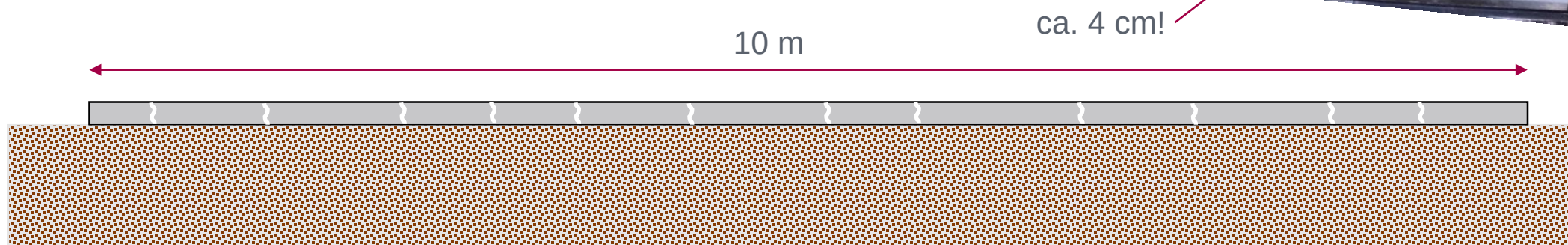
Hvorfor revner betonen?



Kilde. www.betonhaandbogen.dk

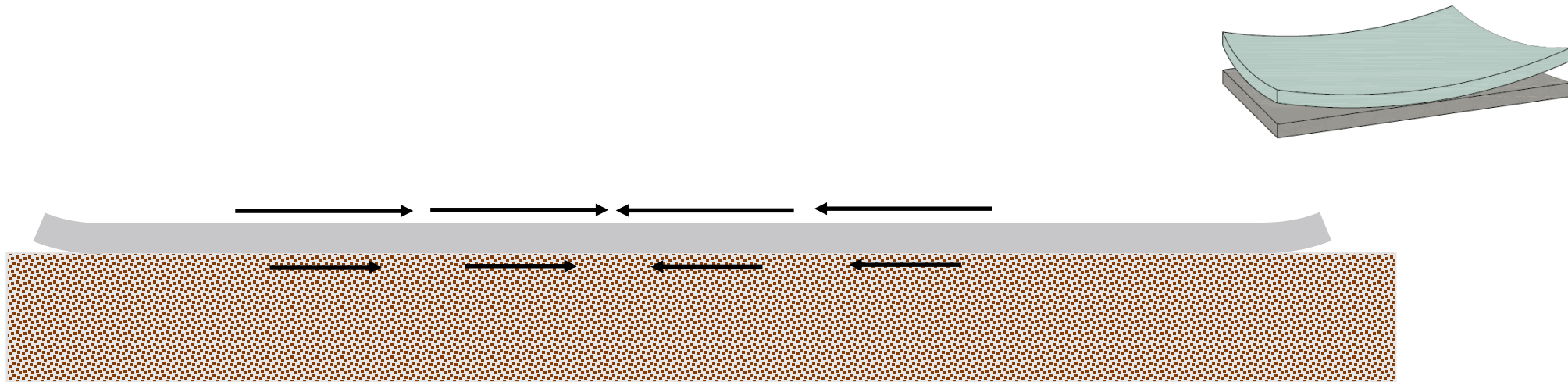
Hvor meget kan beton svinde?

- Beton svinder af sig selv selv op til ca. **0,5‰**:
 - En 10 m lang betonplade vil altså blive ca. 5 mm kortere
- Når trækbrudtøjningen (0,1-0,2 ‰) overskrides, revner betonen:



Opkrumning af gulvplade

- Ved forskel i relativ fugtighed og temperatur mellem betonens overflade og underside, kan der opstå spændinger, der tvinger en deformation i betonpladen:



| Hvor stort er problemet?

- Aalborg Portland vurderer 1-2 sager per år for kunder. Der er formodentligt en del flere!
- Ingen udvikling i antal af sager over årene?





Svindmekanismer

| Svindmekanismer – hvorfor svinder beton?

Carbonatiseringssvind

Termisk svind



Plastisk svind ✓

Selvudtørringssvind

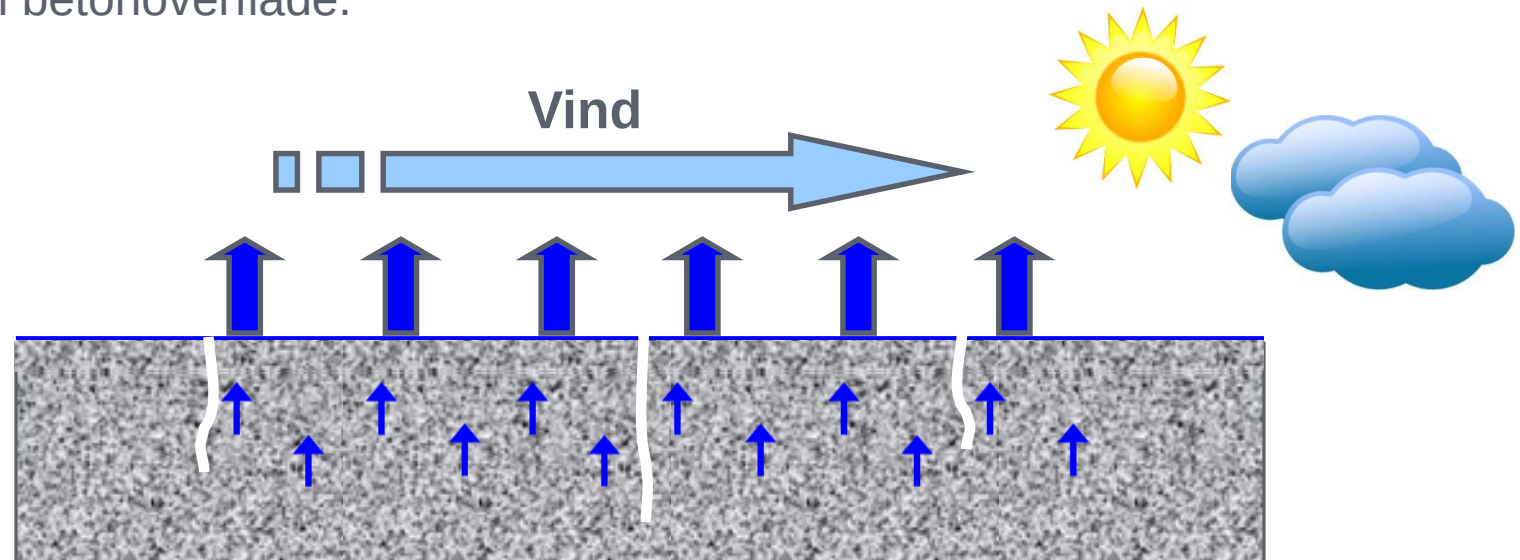
Udtørringssvind ✓

Autogent svind

Kemisk svind

| Plastisk svind

- Plastisk svind er forårsaget af fordampning af vand fra betonen inden betonen er bundet af - inden den har fået struktur
- Fordampningen fra en fri vandmættet betonoverflade er problematisk ved:
 - Høje temperaturer
 - Lav relativ fugtighed i luften
 - Høj vindhastigheden over den fri betonoverflade.



| Plastisk svind

- Den tilladelige vandmængde der må fordampe, afhænger af betonsammensætningen, og af indholdet af flyveaske og mikrosilica
- Der er opstillet erfaringsmæssige regler i **DS 2427**:

Tabel 2427-3 – Maksimalt tilladelig vandfordampning før etablering af udtørningsbeskyttelse

Betonens indhold, X af FA+MS i vægt-% af C+FA+MS	Betonens indhold Y af MS i vægt-% af C+FA+MS	Maks. tilladelig fordampet vandmængde fra overflade	Vejledende tidsrum for etablering af udtørningsbeskyttelse
$X > 15$	$Y > 5$	1,5 kg/m ²	1 time
$15 \geq X > 5$	$5 \geq Y > 0$	3,0 kg/m ²	2 timer
$5 \geq X$	$Y = 0$	6,0 kg/m ²	4 timer
Forkortelser: C = cementindhold (CEM I), FA = flyveaskeindhold, MS = mikrosilikaindhold.			

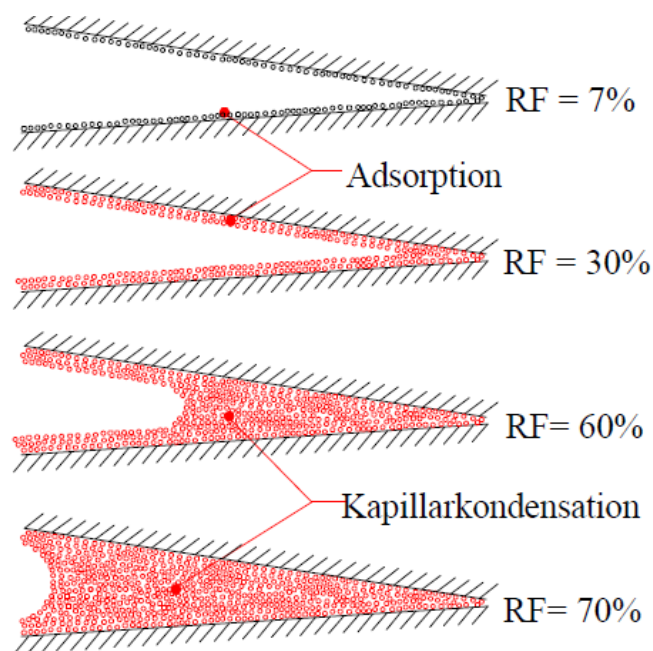
| Plastisk svind

- Plastisk svind er op til 10 gange så stort som udtørringssvindet!
- Ligger ofte 45° på støberetningen eller følger armeringen
- Revnerne er hyppigt gennemgående!



Udtørringssvind

- Udtørringssvindet er det svind, som foregår efter, at betonen er bundet af
- Udtørringssvind skyldes frigivelse af fysisk bundet vand på hydratiseringsprodukterne:

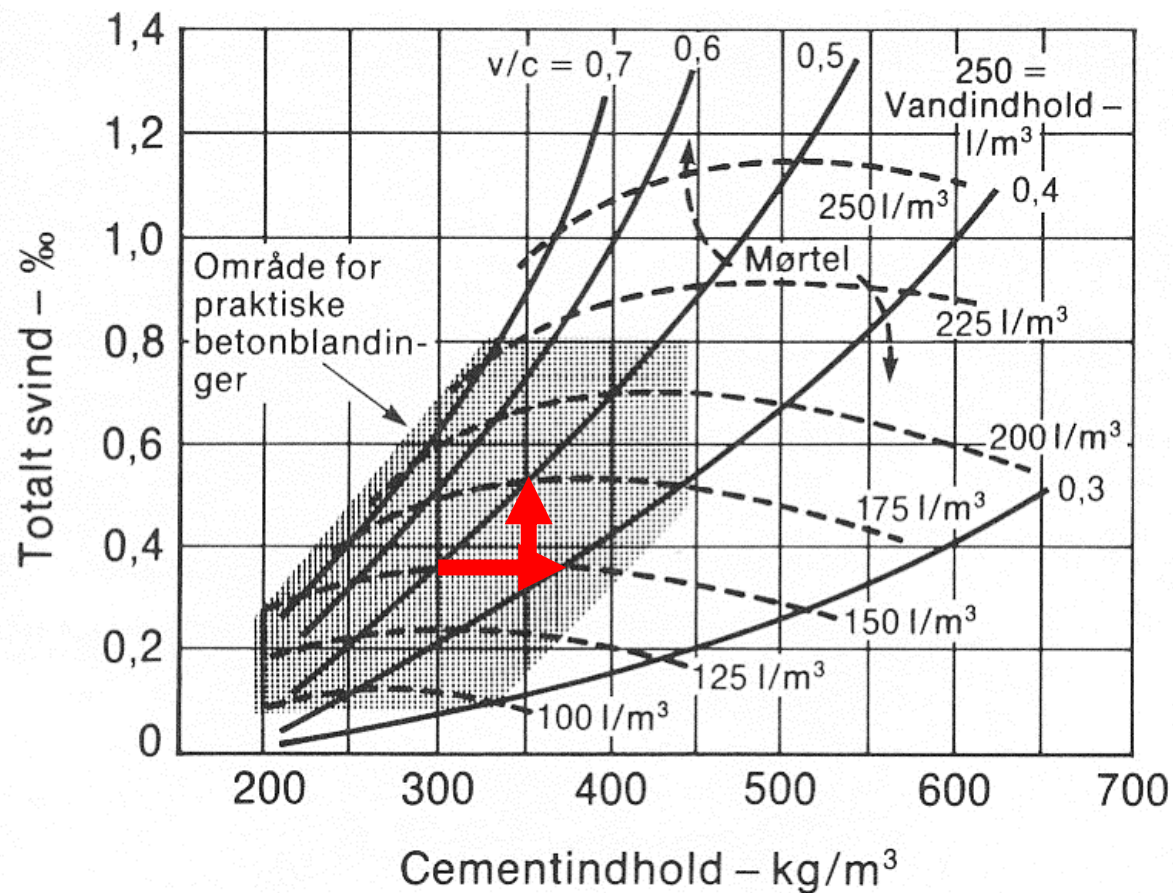


*Principskitse af
pore i cementpasta*

- Udtørringen foregår indtil betonen er i ligevægt med omgivelserne.

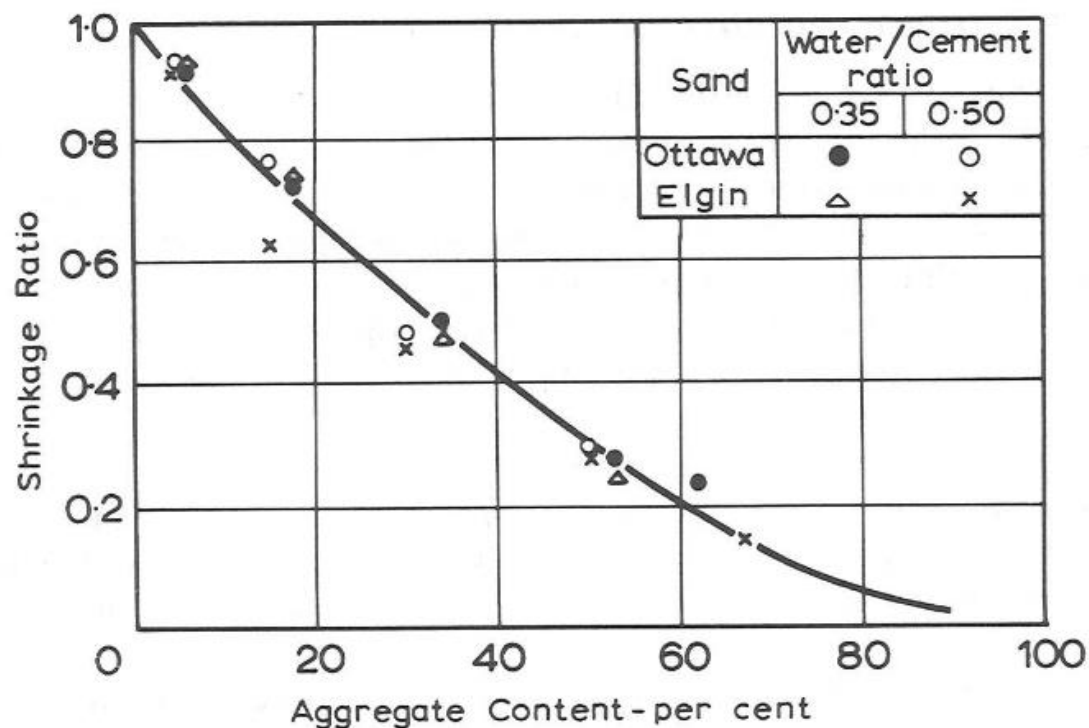
Udtørringssvind

- Udtørringssvindet afhænger i praksis kun af betonens **vandindhold**, og er størst for slanke konstruktioner, fx en golvplade.



Udtørringssvind

- Minimer pastavolumen – den svindende del af betonen:
 - Maksimer indhold af tilslag



Kilde. Neville, Properties of Concrete, 1995

| Svindmekanismer - opsummering

- Det totale svind udgøres af en lang række svindende mekanismer
- De svindmekanismer man kan fokusere på i praksis ved gulvstøbninger:
 - **Plastisk svind:**
 - Tildæk og beskyt betonen mod tidlig udtørring: Plastik, curring, vådholdelse
 - Vær særligt opmærksom i tørre, varme og blæsende omgivelser
 - **Udtørringssvind:**
 - Minimer vandindhold
 - Minimer pastaindhold (=> optimer indhold af tilslag).



Svindforsøg med gulvbetoner

| Svindforsøg med gulvbetoner - baggrund

- 12 betontyper (for kunde i Norge)
- Rapid cement
- Flyveaske



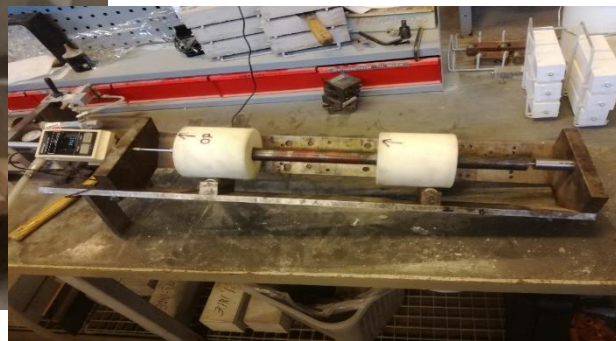
Sætmål: 240 mm

	20 %-pulvervægt FA		35 %-pulvervægt FA	
v/c-forhold	Pastavolumen 325 l/m ³	Pastavolumen 340 l/m ³	Pastavolumen 325 l/m ³]	Pastavolumen 340 l/m ³
0,40	Beton 1	Beton 4	Beton 7	Beton 10
0,45	Beton 2	Beton 5	Beton 8	Beton 11
0,55	Beton 3	Beton 6	Beton 9	Beton 12

| Svindforsøg med gulvbetoner

• Svind

- 3 bjælker pr. beton (50x10x10 cm)
- Terminer 1, 7, 14, 28, 56, 91, 180, 270 og 360 døgn.



• Udtørring

- 3 cylindre pr. beton
- Terminer 1, 7, 14, 28, 56, 91, 180, 270 og 360 døgn.



| Svindforsøg med gulvbetoner

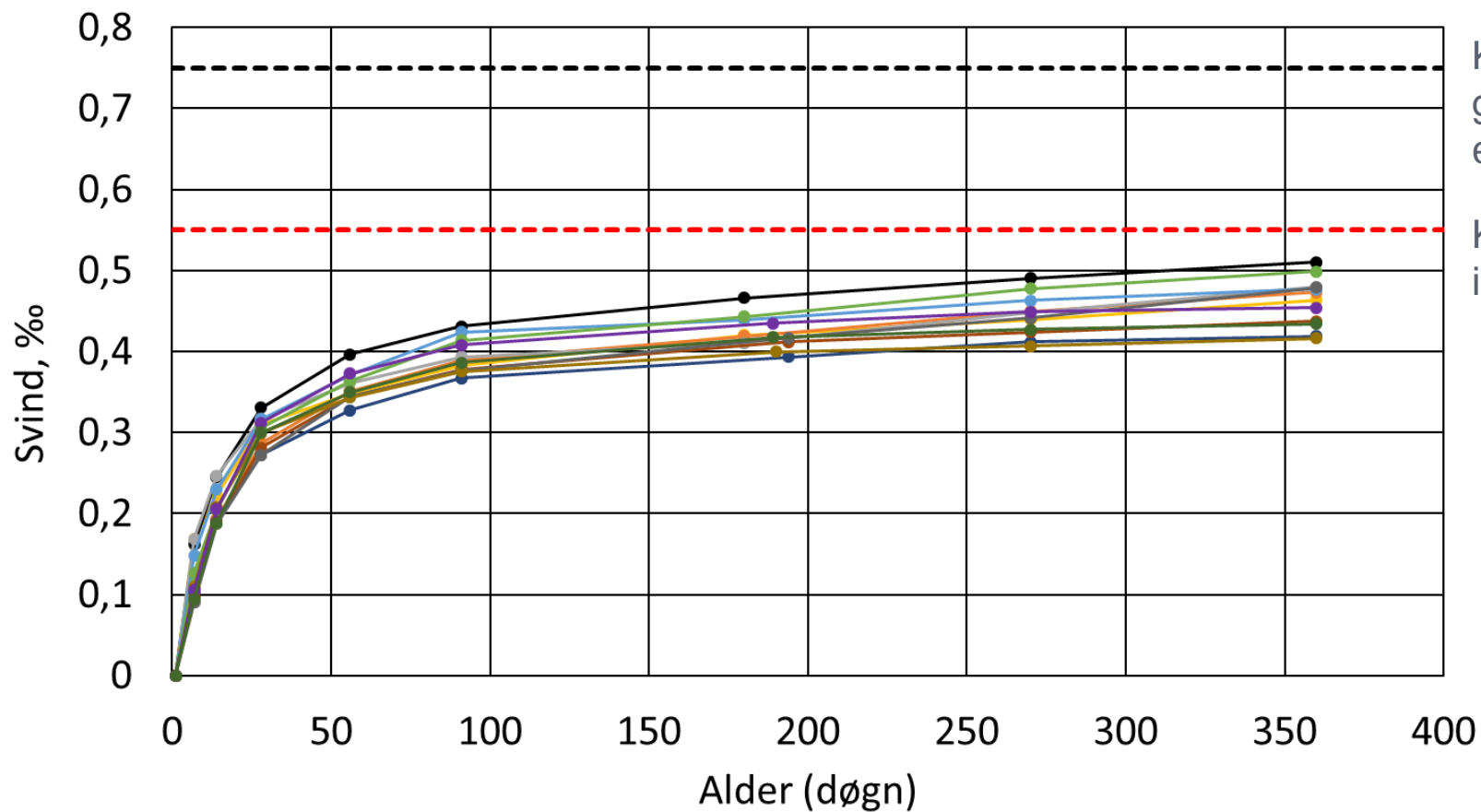
- Lagring i klimatelt: Tilstræbt 20 °C og 50 % RF



| Svindforsøg med gulvbetoner

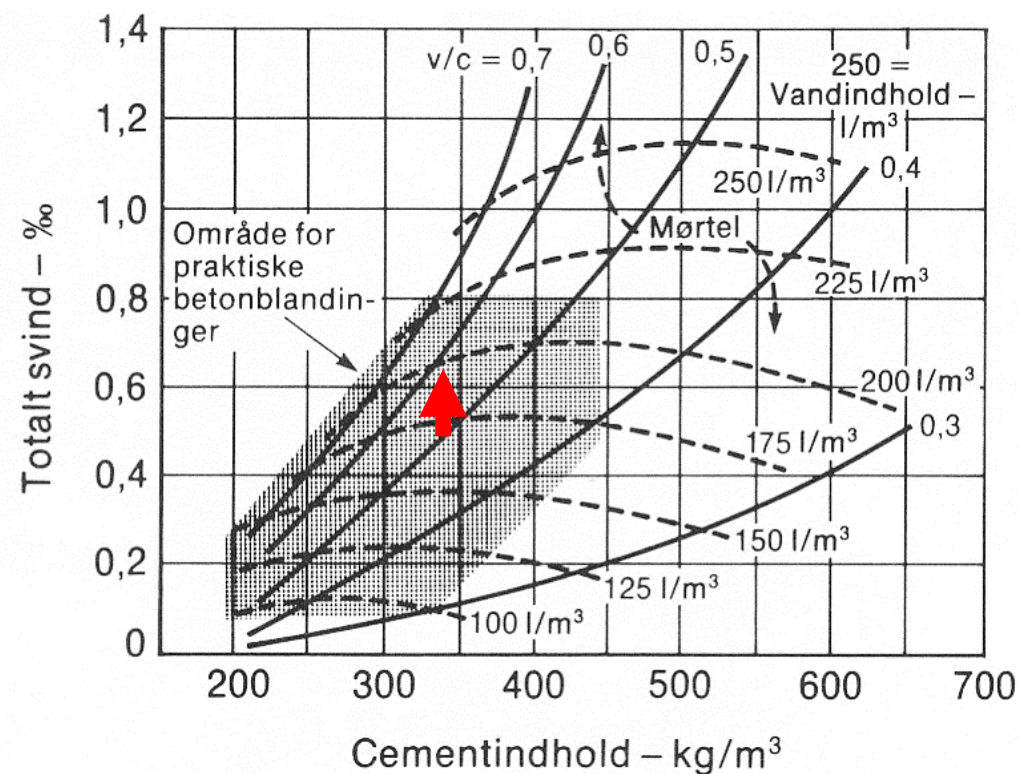
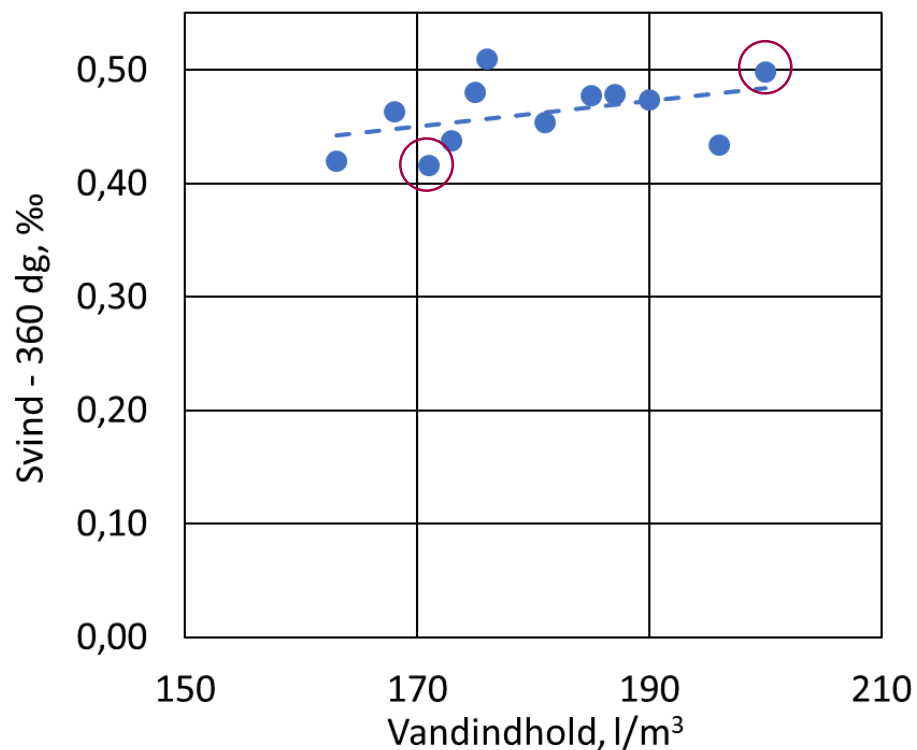
- **Forventninger ift. teori – betydning af:**
 - Betonens vandindhold
 - Betonens pastaindhold
 - Indholdet af flyveaske

Forsøg med gulvbetoner – svind – 360 dg



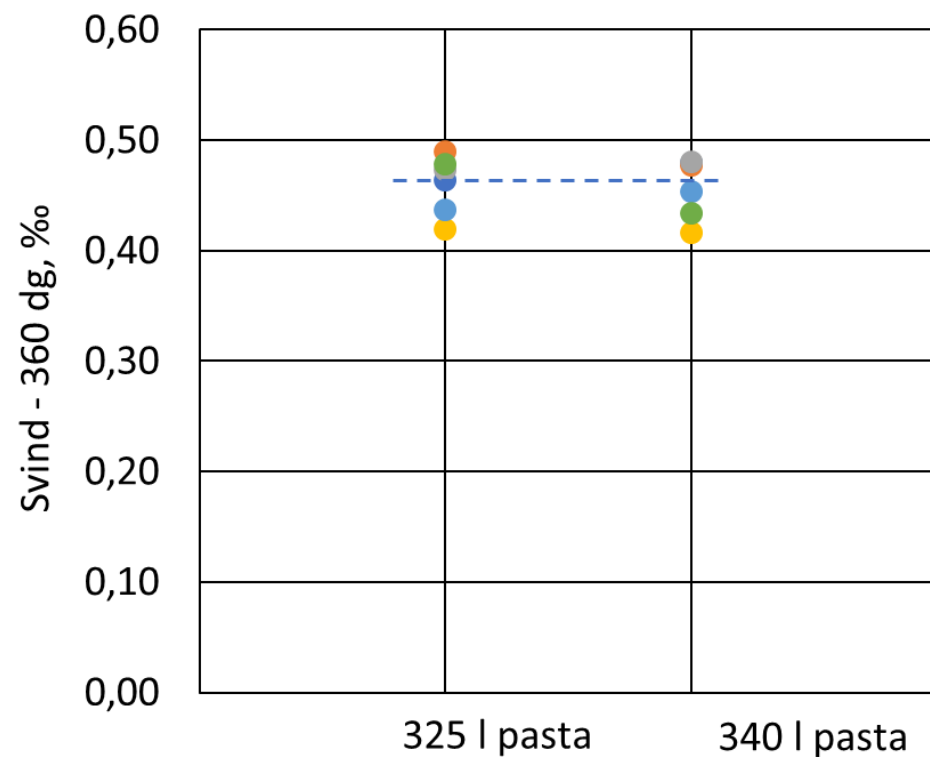
Forsøg med gulvbetoner – svind – 360 dg

Effekt af vandindhold

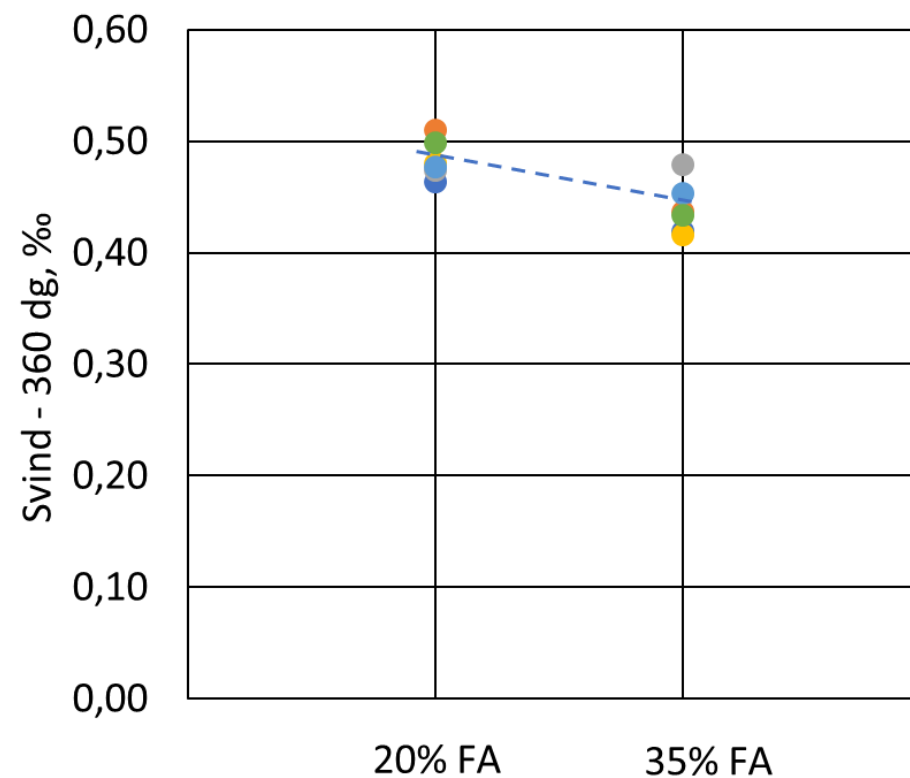


Forsøg med gulvbetoner – svind – 360 dg

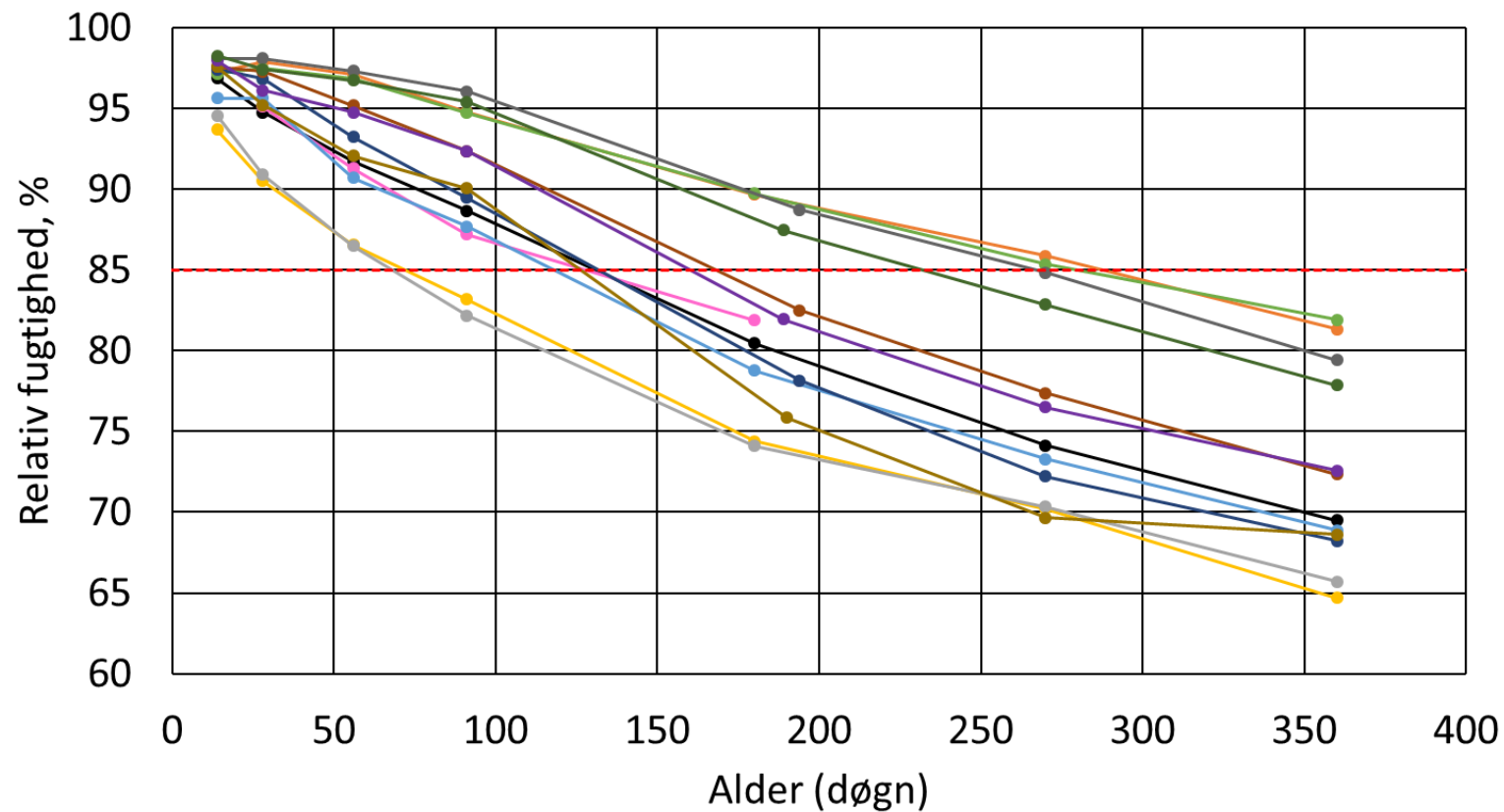
Effekt af pastavolumen



Effekt af flyveaskeindhold

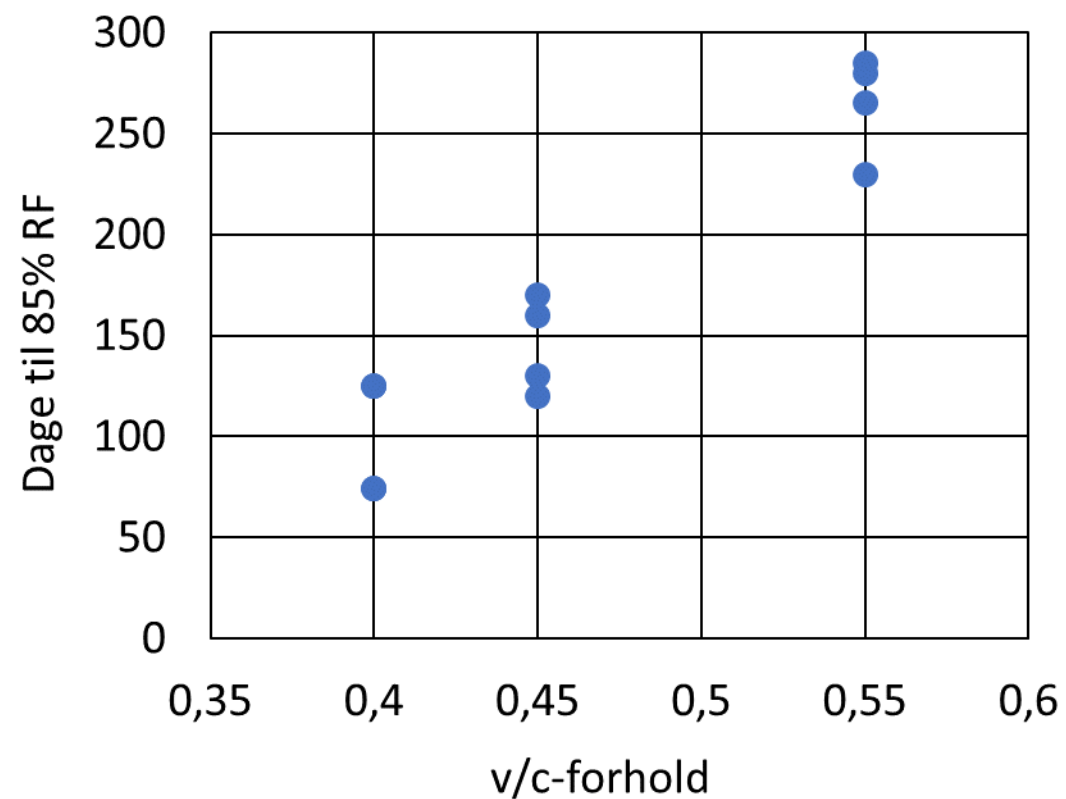


Forsøg med gulvbetoner – Relativ fugtighed – 360 dg



Krav til selvudtørrende beton i Norge: 85% efter 365 dg

Forsøg med gulvbetoner - Relativ fugtighed – 360 dg



| Forsøg med gulvbetoner - konklusion

- Svindet afhænger af betonens vandindhold
- Forskelle i pastaindhold var af mindre betydning
- Øget mængde flyveaske reducerer svindet.



Gode råd

| Betongulve - opsummering

- **Reducer vandtab fra betonen:**

- Tildæk hurtigst muligt efter udstøbning
- Hold evt. overfladen vandmættet

- **Reducer størrelsen af indre svind i betonen:**

- Lavt vandindhold
- Lavt pastaindhold

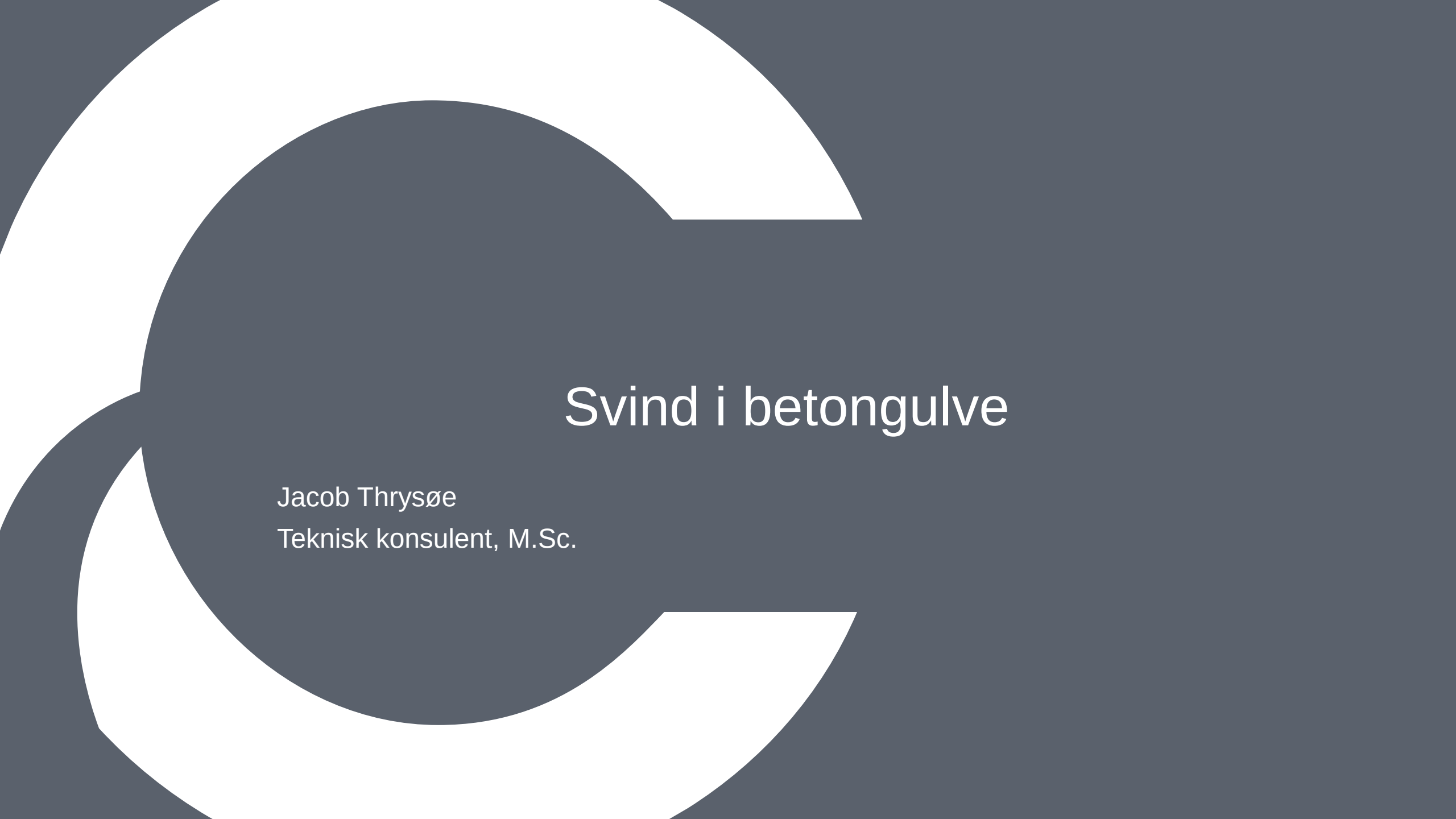
- **Reducer fastholdelse af gulfpladen:**

- Skab mulighed for, at betonen kan svinde frit
- Frigørelse ved kanter, glidelag mod underlag, skæring i felter, etc.

- **Følg anerkendte anbefalinger:**

- BETON-TEKNIK nr. 6/17/1994: Gulvkonstruktioner af beton (se www.aalborgportland.dk => Vidensbasen)





Svind i betongulve

Jacob Thrysøe

Teknisk konsulent, M.Sc.