

Den färska betongens egenskaper

Cement i Betong | Visby | Färsk Betong | Pentti Koski
16.05.2024

Heidelberg Materials





Innehåll

1. Vad är reologi?



2. Mätmetoder – reologiska egenskaper



3. Vad påverkar betongens reologi?



4. Exempel på tillämpningar



1. Vad är reologi



Reologi tillämpas t ex inom

- ☐ **Hygienprodukter:** flytande tvål, handkräm
- ☐ **Matvaror:** Såser, dressing, choklad...
- ☐ **Garaget:** oljor, fetter, målarfärg
- ☐ **Färsk betong och cementbaserade material**

Vad är reologi ?



- Reologi är läran om materials deformations- och flytegenskaper
- Från grekiska rheos, som betyder att flyta eller strömma
- Reologi – en tvärvetenskap

Viskös



Vätskor, fluider

Newton's lag

$$\sigma = \eta \dot{\gamma}$$

Viskoelastisk



**Viskoelastiska
vätskor**



**Viskoelastiska
solider, geler
elastomerer**

Elastisk



Solider

Hooke's lag

$$\sigma = E \epsilon \text{ (drag, tryck)}$$

$$\sigma = G \gamma \text{ (skjuv för reo)}$$



Reologiska grundbegrepp



- Skjuvhastighet
- Skjuvspänning
- Viskositet



Skjuvhastighet



Skjuvhastighet är hur fort ett material flyter i förhållande till dess lagertjocklek. Sort $1/s$ eller S^{-1}

Förlopp

Skjuvhastighet

Rinning av färg

$10^{-1} - 10$

Omrörning, blandning

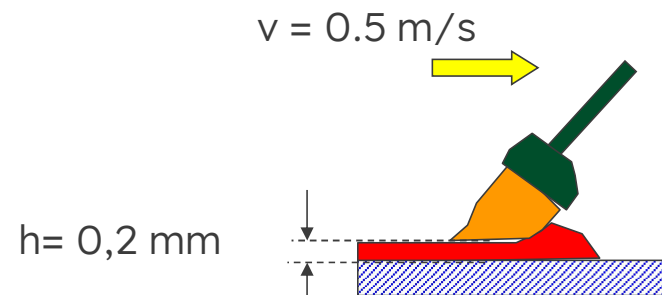
$10 - 10^3$

Smörjning av motorer

$10^3 - 10^7$

Skjuvhastighet ex.

Penselmålning



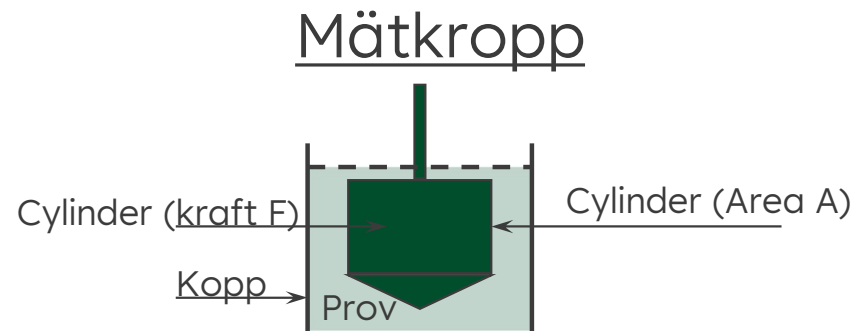
$$Shearrate = \frac{0.5m/s}{2 * 10^{-4}m} = 2500s^{-1}$$



Skjuvspänning



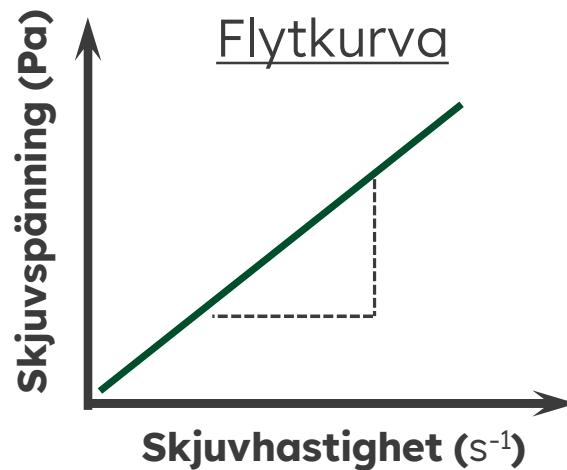
- Skjuvspänning är kvoten av kraften (F) som verkar på mätkroppen (cylindern) och dess area (A). Således F/A
- Sorten är Pascal, (Pa)



Viskositet



- Viskositet är kvoten mellan skjuvspänning och skjuvhastighet
- Sort, Pascal sekunder, Pa s

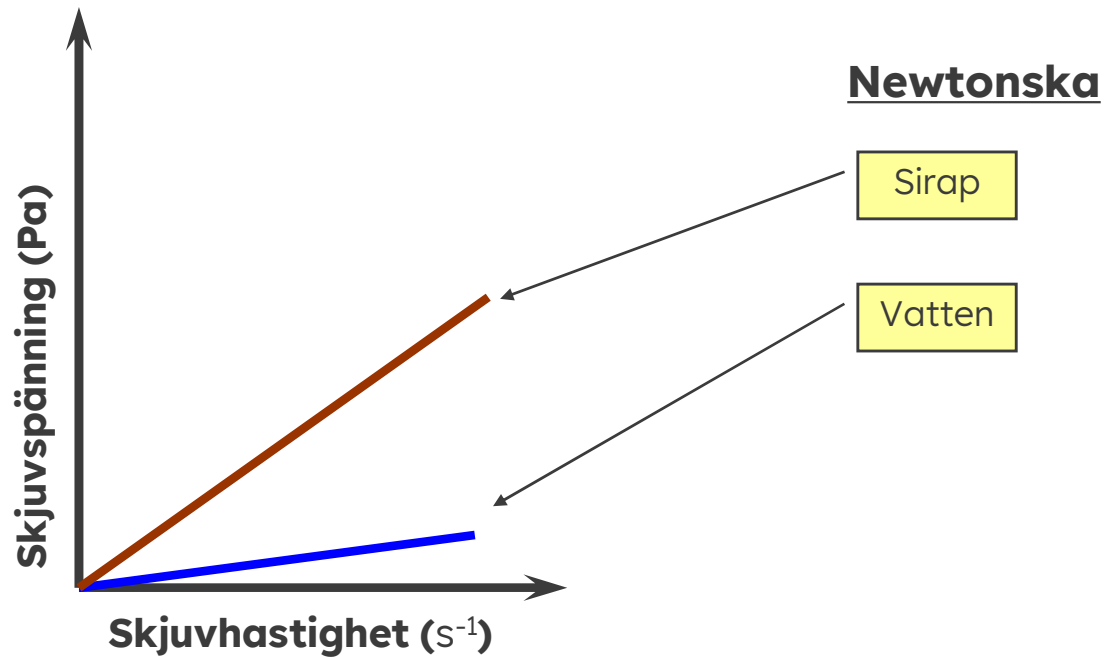


Viskositet (Pas)
(Newtonska material)

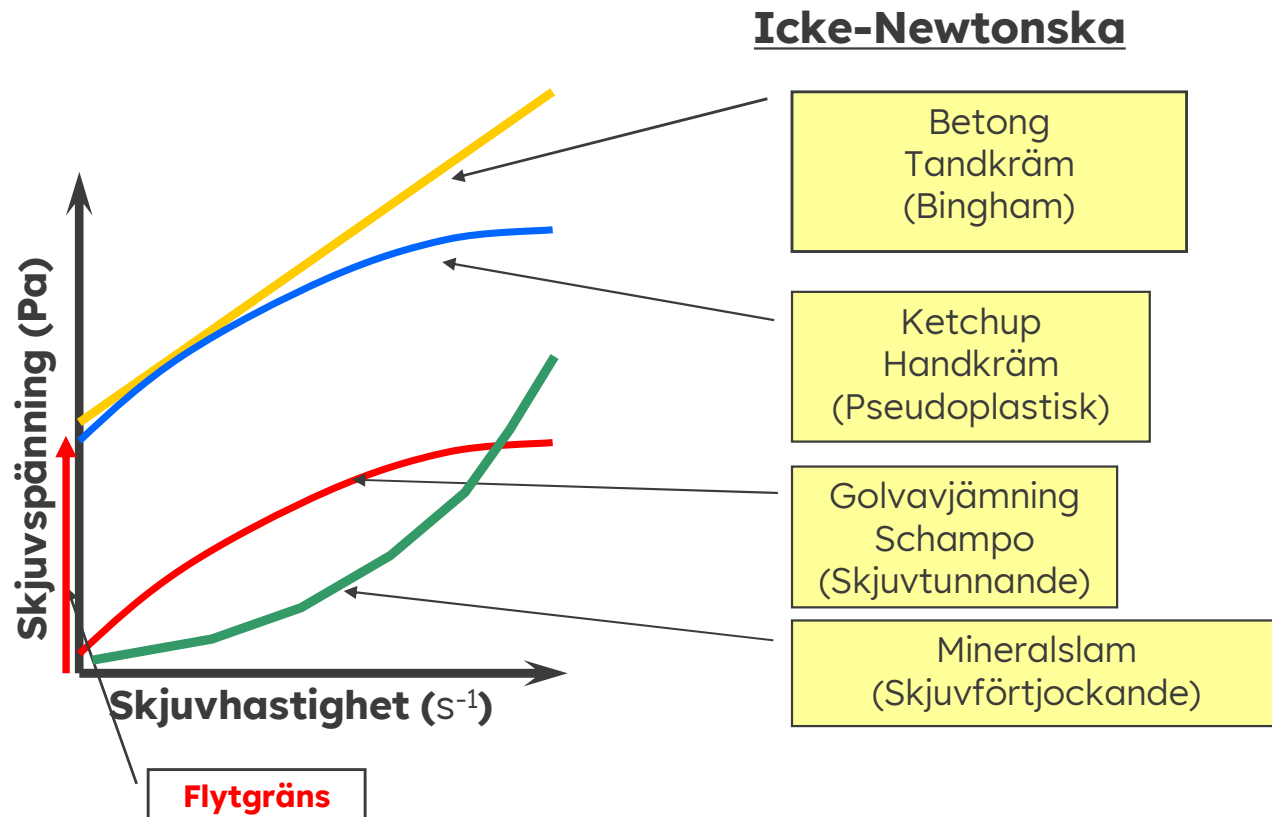
Vatten 10⁻³
Olivolja 10⁻¹
Sirap 10¹



Flytbeteenden, exempel



Flytbeteenden, exempel



Betongens viktiga färska egenskaper

Processer

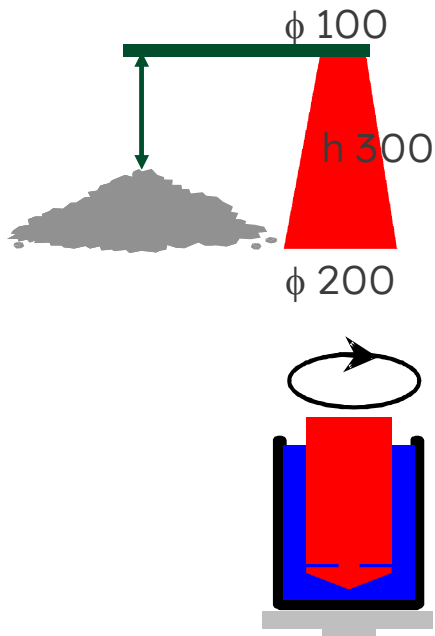
- Blandning
- Transport
- Pumpning
- Gjutning
- Slodning

Egenskaper

- Styvhet (flytgräns)
- Seghet (viskositet)
- Separation/stabilitet
- Kletighet
- Kärvhet



Metoder för att mäta betongens reologi

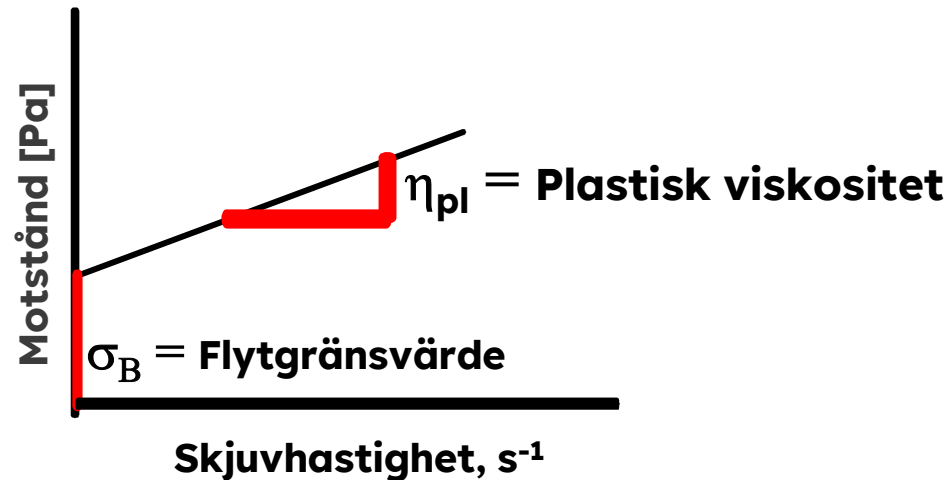


Sättmått (Abrams) 1913 - en parameter
Otillräcklig ibland, speciellt för modern betong
Operatörsberoende
Lämplig för enkel kvalitetskontroll

Betongviskosimeter 80-talet - två parametrar
Helautomatisk, datorstyrd
Bästa teoretiska mätmetoden



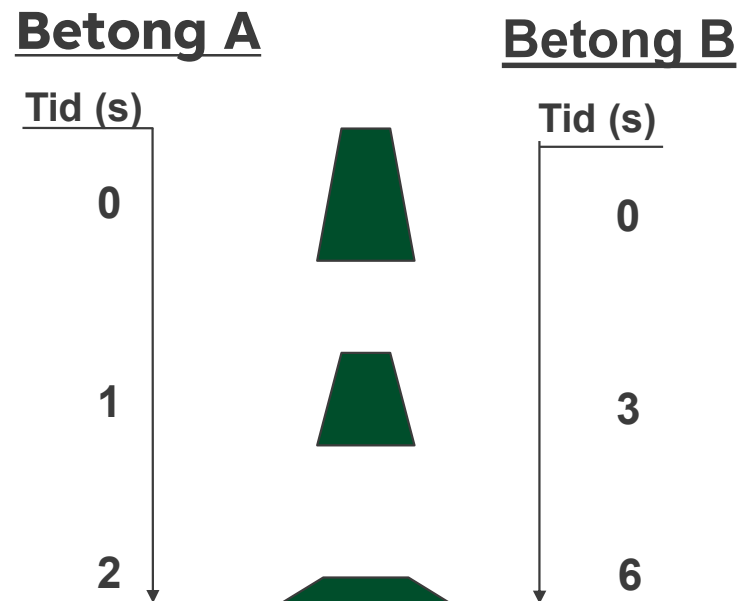
Vilka parametrar mäter vi?



- Flytgräns σ_B eller τ_0 (Pa) = betongens styvhet, konsistens
- Plastisk viskositet η_{pl} eller μ (Pa s) = betongens seghet, trögflutenhet



Varför mäter vi två parametrar?



Betong A och B har samma sättmått men olika viskositet. Sättmåttet kan inte karakterisera viskositeten eller segheten.



Empiriska metoder – för betong



Metod	Uppmätt egenskap	Konsistensområde
Sättningsmått	Konsistens	Normal konsistens
Utbredningsmått	Konsistens	
Flytsättningsmått	Flytförmåga (Flytgräns) (t_{500} viskositet)	Självkompakterande konsistens
V-tratt	Viskositet	
L-box	Passerbarhet genom armering	
Vebetalt	Konsistens (simulerar vibrering)	Styv till plastisk konsistens
ICT –test*	Kompakterbarhet hos jordfuktig betong	Jordfuktig betong

*metoden är inte standardiserad



Vad påverkar de reologiska egenskaperna hos betong?



- **Betongens vct (viktförhållande vatten/cement)**
- **Delmaterial**
- **Blandningsprocedur**
- **Temperatur**
- **Tidseffekter**



Cement – skillnader i vattenbehov



Cementets specifika yta (finhet) och C_3A påverkar betongens vattenbehov

Ökande
vattenbehov

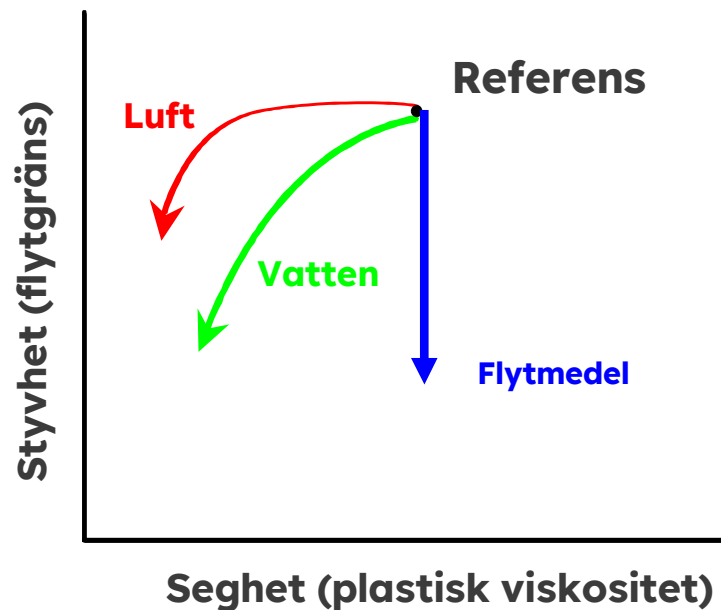
<u>Cement</u>	<u>Yta</u> (finhet)	<u>C_3A</u> (aluminat)
Anläggningcem FA	låg	låg
Slite Bascem	medel	medel
Skövde Bygg	medel	hög
Slite Industri	hög	hög
Skövde SH	hög	hög



Flyttillsatsmedel – reologisk effekt



- Flyttillsatsmedel i betong ger i huvudsak en minskning av flytgränsvärdet (styvheten)
- Vid samtidig minskning av vattenhalten kommer också segheten att öka.



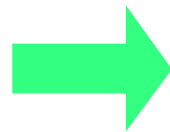
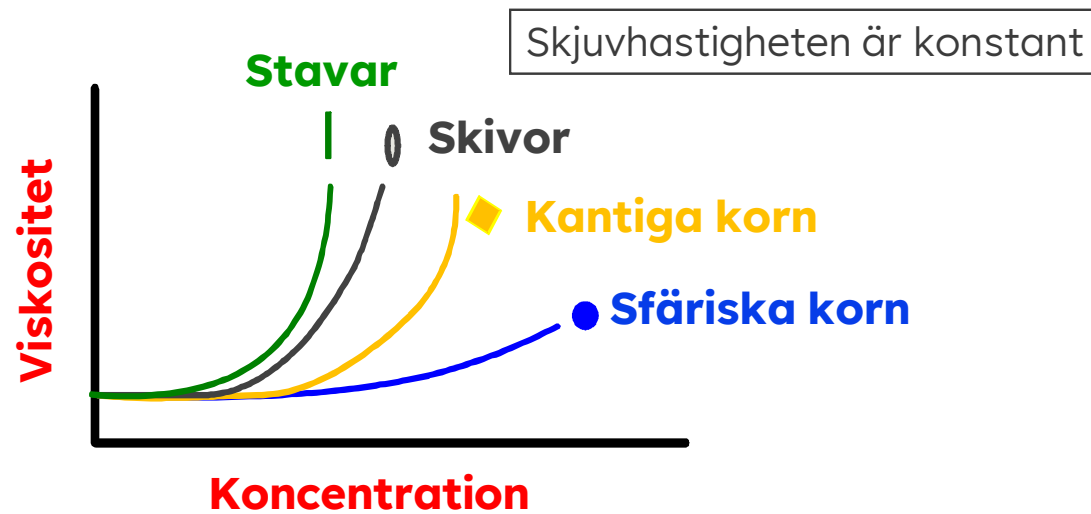
Ballastens påverkan



- Kornform
- Kornstorlek
- Kornstorleksfördelning
- Ytstruktur



Effekt av kornformen



Lägre vct medför ökad betydelse av kornformen



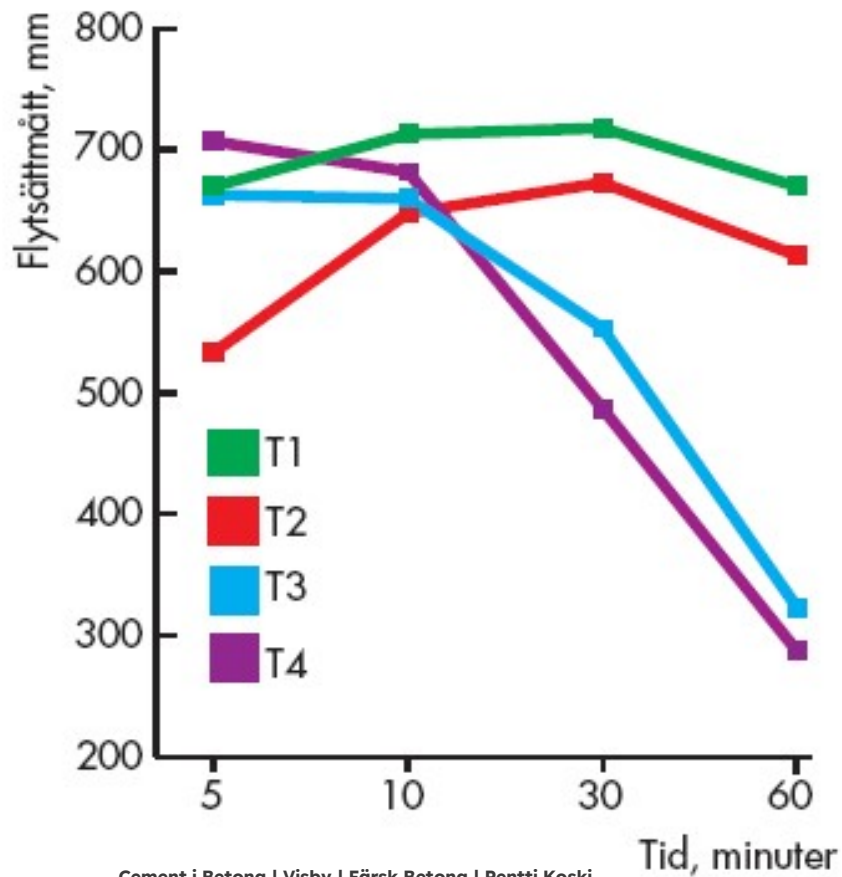
Vad beror förändringar i betongens reologi på?



- **Betongsammansättning (vct)**
- **Cementtyp**
- **Flytmedelsverkan**
- **Temperatur**
- **Avdunstning**
- **Ballast**



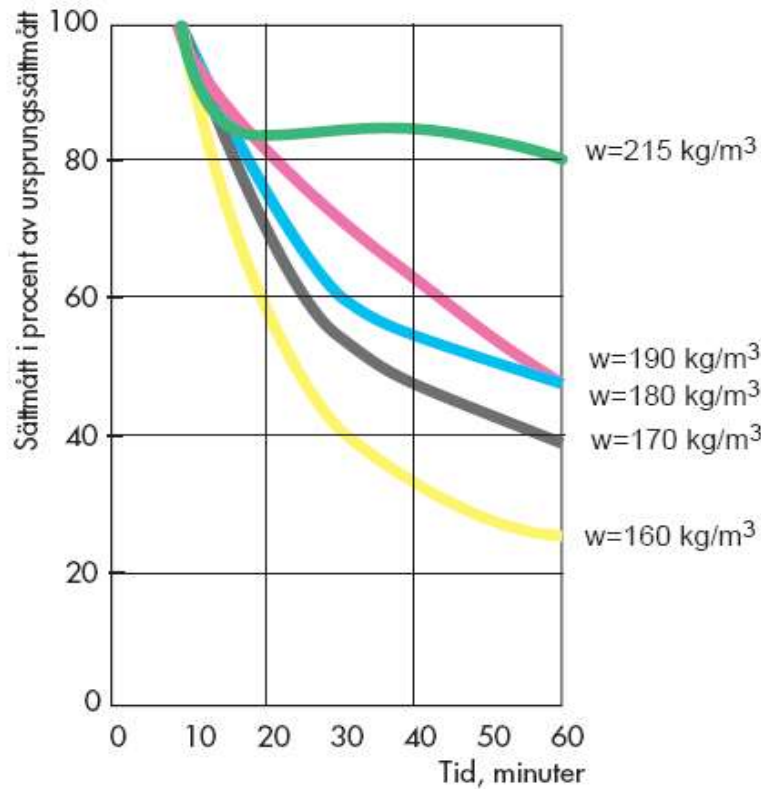
Olika flyttillsatsmedel i SKB med Anl cement



**Välj lämpligt flytmedel till
det cement du använder**



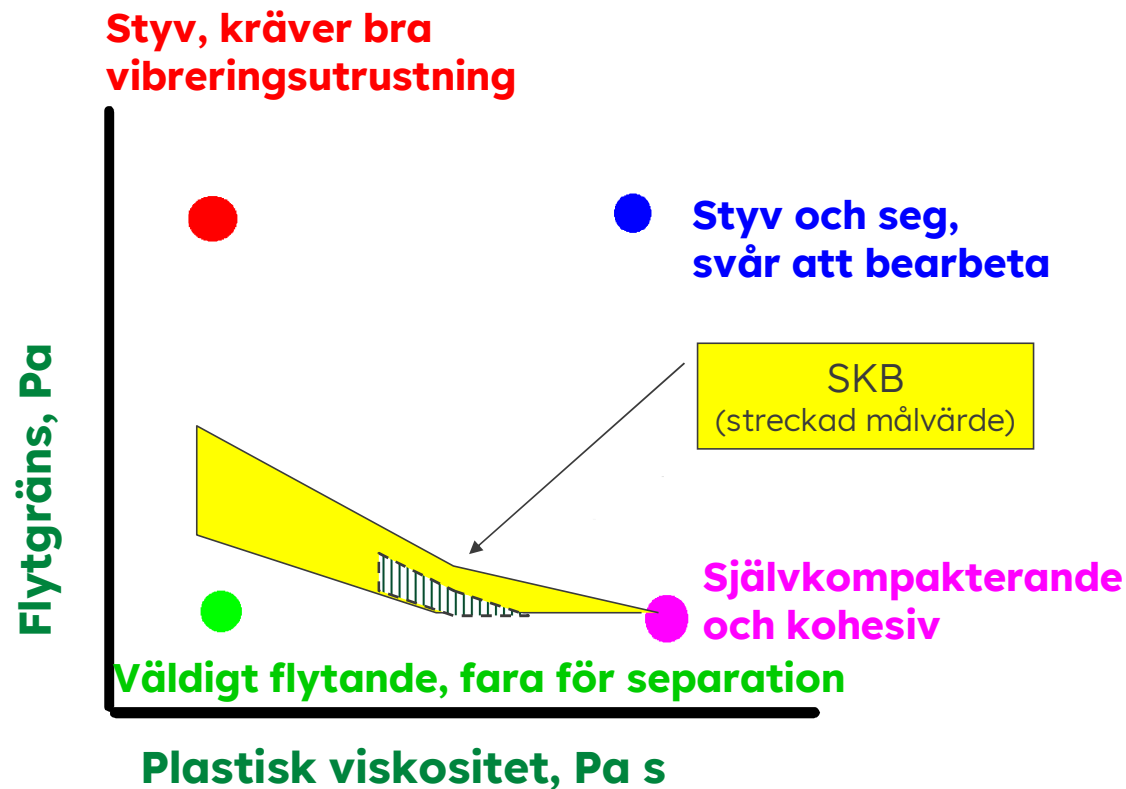
Vattenhaltens inverkan på konsistensförändringen



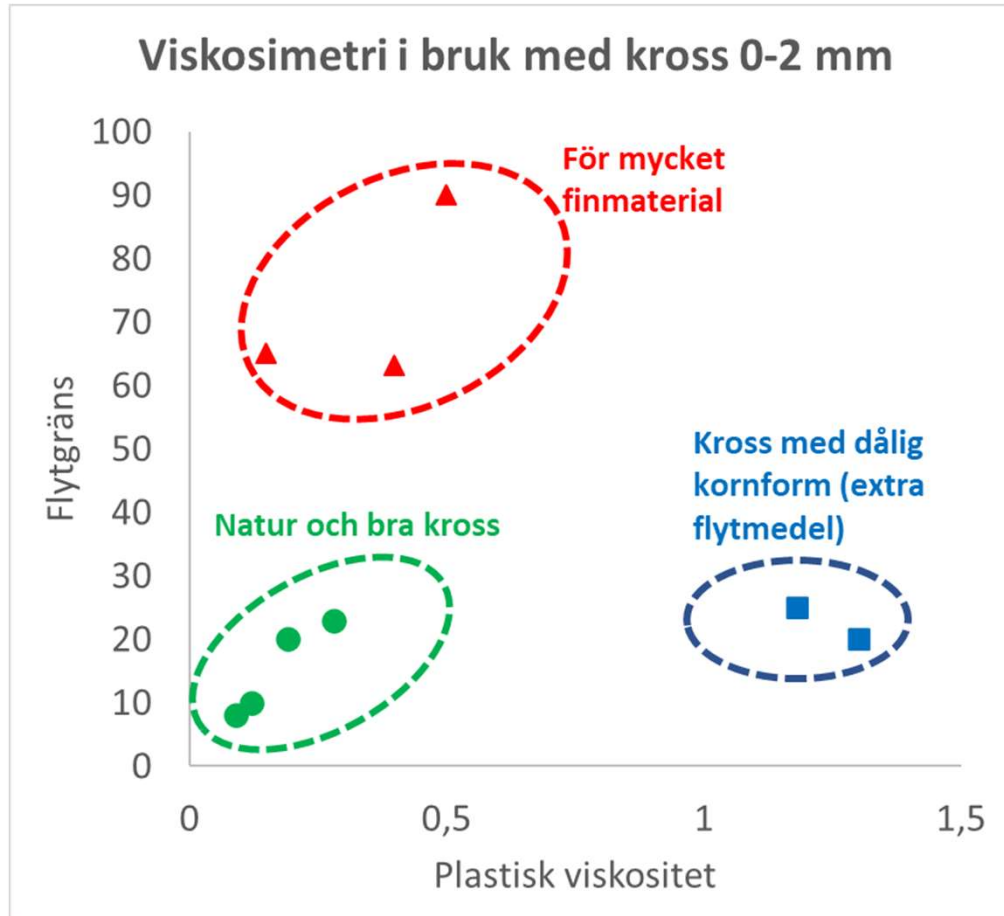
- När vattenhalten sänks minskar också pastavolymen vilket påverkar betongens konsistensförändring kraftigare.
- Kraftigt reducerad vattenhalt leder till större konsistenstapp



Självkompakterande betong (SKB)



Utvärdering, 0-2 mm kross



Kross med för mycket finmaterial eller för dålig kornform går att identifiera



Tack

