

# Kan vi reducera sprickrisken i industrigolv?

Johan Silfwerbrand  
CBI Betonginstitutet  
"Fråga CBI", 8 nov. 2012

# Disposition

- Problemet
- Lösningar
- Definition av sprickrisk
- Forskning vid CBI Betonginstitutet
- Slutsatser

# Exempel på skada 1 (2)



- Fastlåsning kan orsaka sprickor som utgår diagonalt vid pelare. (Jerry Hedebratt, 2008).

# Exempel på skada 2 (2)



➤ Kantresning. (Jerry Hedebratt, 2008).

# Att undvika okontrollerad sprickbildning

**Problem:**

Krympsprickor

**Lösningar:**

Eliminera  
orsakerna

Begränsa  
konsekvenserna

Minska  
kryp-  
ningen

Minska  
tvånget

Armera

Lägg in  
fogar

# Eliminera orsakerna!

$$\sigma_t = \psi \cdot \frac{\varepsilon_{cs} \cdot E_c}{1 + \varphi} < f_{ct}$$

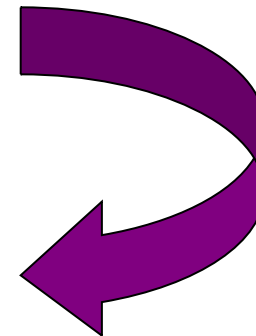
spänning = tvång  $\times$   $\frac{\text{krympning} \times \text{styvhet}}{1 + \text{kryptal}}$

dragspänning < draghållfasthet

# Analysera ekvationen

$$\sigma_t = \psi \cdot \frac{\varepsilon_{cs} \cdot E_c}{1 + \varphi} < f_{ct}$$

- **Minska** tvånget.
- **Minska** krympningen.
- **Minska** styvheten.
- **Öka** krympningen.
- **Öka** draghållfastheten.



Starkt  
kopplade,  
svårt att  
kombinera.

# Definition av sprickrisken $\eta$

$$\eta = \frac{\sigma_{ct}}{f_{ct}} = \frac{\psi \cdot \frac{\varepsilon_{cs} \cdot E_c}{1 + \varphi}}{f_{ct}}$$

- Generellt är alla faktorer (utom möjligen tvånget  $\psi$ ) beroende av tiden  $t$ .
- Det gäller att  $\max \eta(t) < 1$  för sprickfrihet.



# Forskning om industrigolv vid CBI Betonginstitutet 2005-12

- Litteraturstudie – A Farhang (2006):  
"Minimization of Cracks in Industrial Floors"
- Omfattande förförsök med 22 olika betongrecept för att välja betong med minimal krympning (2007-08)
- Huvudförsök med fyra olika betongrecept för bestämning av sprickrisk

# Litteraturstudien – huvudkapitel

1. Introduktion
2. Faktorer som orsakar sprickor
3. Aktuella metoder för sprickminimering
4. Sprickminimering gm krympreducerare
5. Sprickminimering gm krympkompenserare
6. Sprickminimering gm stenfyllnadsbetong
7. Sprickminimering gm opt. Ballastgradering
8. Sprickstrykning med fiberbetong
9. Sprickstrykning med armering
10. Sprickminimering gm spännarmering
11. Reduktion av tvång
12. Andra metoder
13. Slutsatser

# Huvudförsöken

- Undersökning av sprickrisk i fyra betonger: referensbetong eller optimerad betong, med eller utan krympreducerare
- Individuell provning av de parametrar som ingår i sprickriskformeln
- Provning av förhindrad krympning i ringförsök

# De fyra betongerna

Betong	Referens-recept	Opt recept	Krymp-reducerare
A	X		Nej
B		X	Nej
C	X		Ja
D		X	Ja

# De fyra betongrecepten (kg/m<sup>3</sup>)

Betong	A	B	C	D
Cem By	357		357	
Cem Anl		346		346
Vatten	195,5	189,9	195,5	189,9
0-8	941	957	933	950
8-16	834	424	828	421
16-27	0	424	0	421
Krympred*			5,355	5,19
<i>vct</i>	<i>0,55</i>	<i>0,55</i>	<i>0,55</i>	<i>0,55</i>

\* Sika Control 40

# Provningar

1. Fri krympning
2. Autogen krympning
3. Tryckhållfasthet
4. Böjdraghållfasthet
5. Spräckhållfasthet
6. Elasticitetsmodul
7. Krypning under böjning
8. Förhindrad krympning

# Böjdraghållfasthet (MPa)

<i>Ålder</i>	A	B	C	D
<i>6-7 d</i>	5,8	4,6	5,6	4,2
<i>21 d</i>	5,0	4,5	4,8	5,7
<i>59-60 d</i>	6,6	5,7	5,8	5,0

# Spräckhållfasthet (MPa)

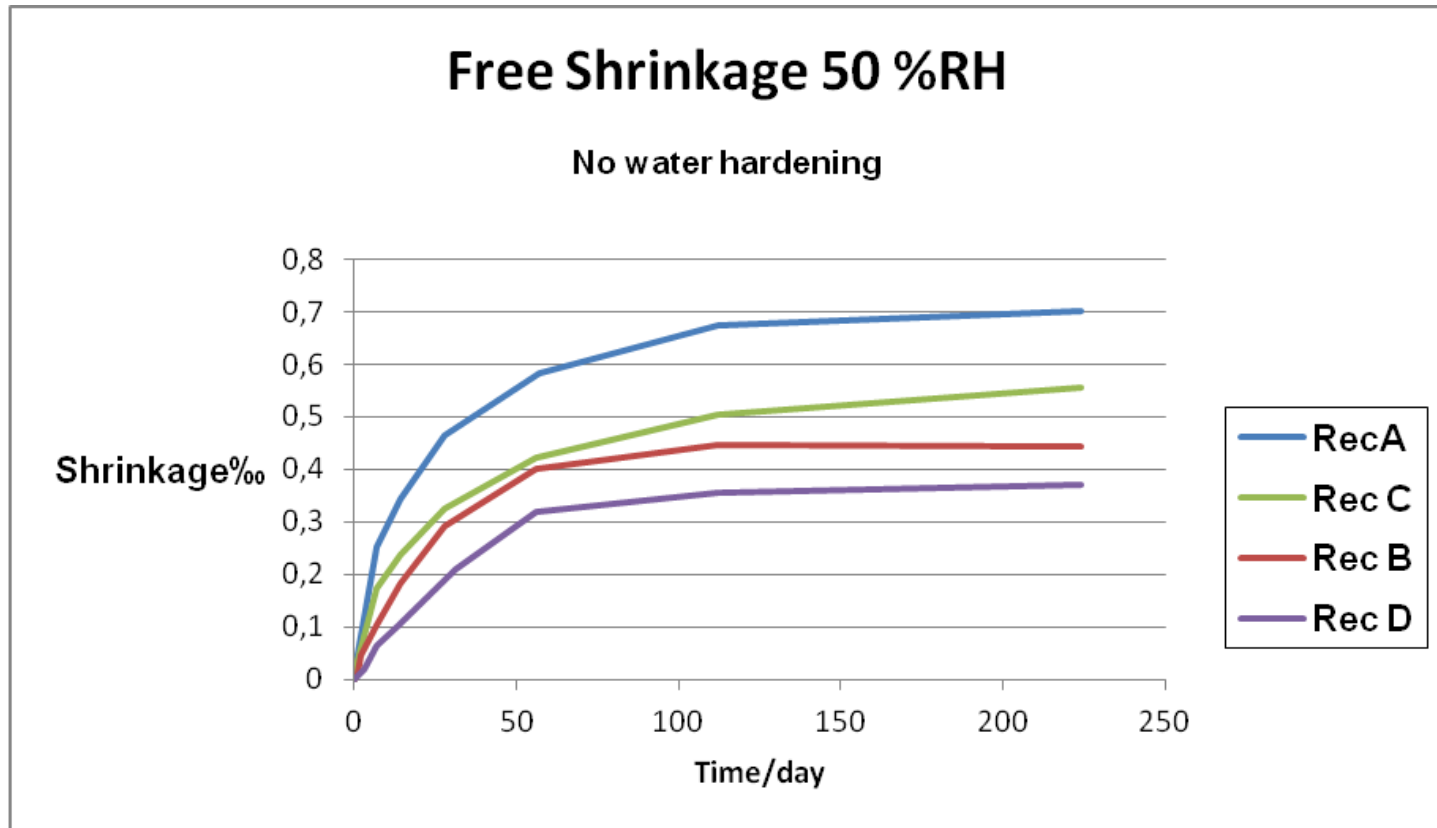
<i>Ålder</i>	A	B	C	D
<i>7 d</i>	4,4	3,2	3,5	3,2
<i>28 d</i>	4,5		4,4	



# Elasticitetsmodul $E_c$ (GPa)

<i>Ålder</i>	A	B	C	D
<i>28-29 d</i>	31,2	32,5	30,8	31,5

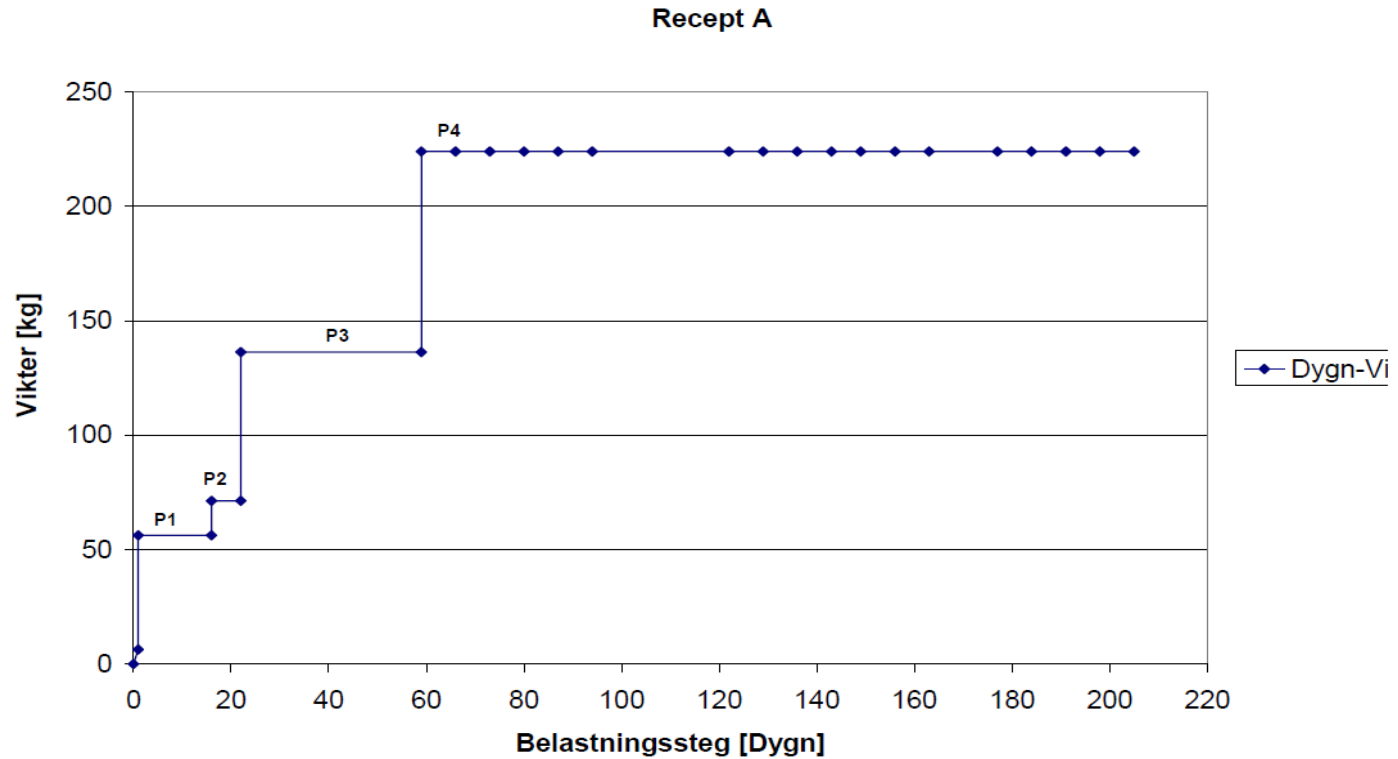
# Fri krympning



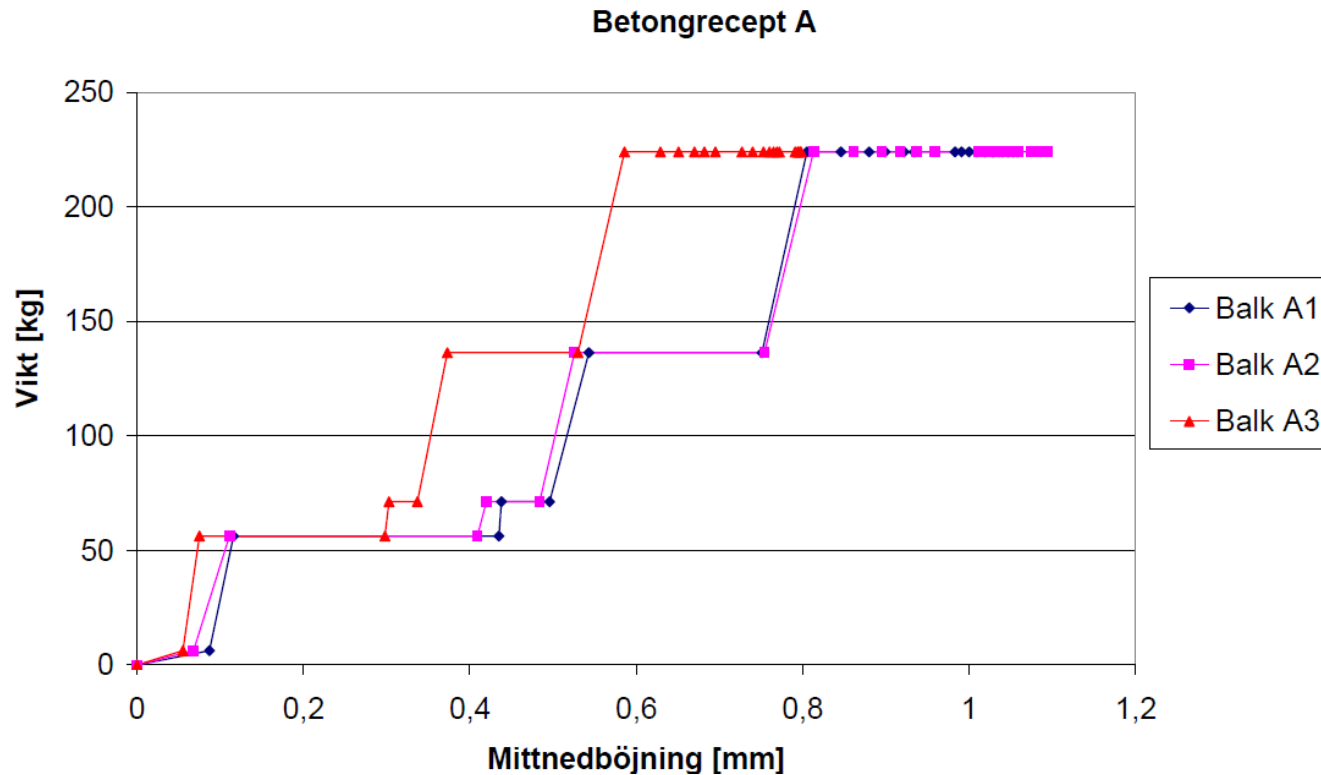
# Krypförsök under böjande moment



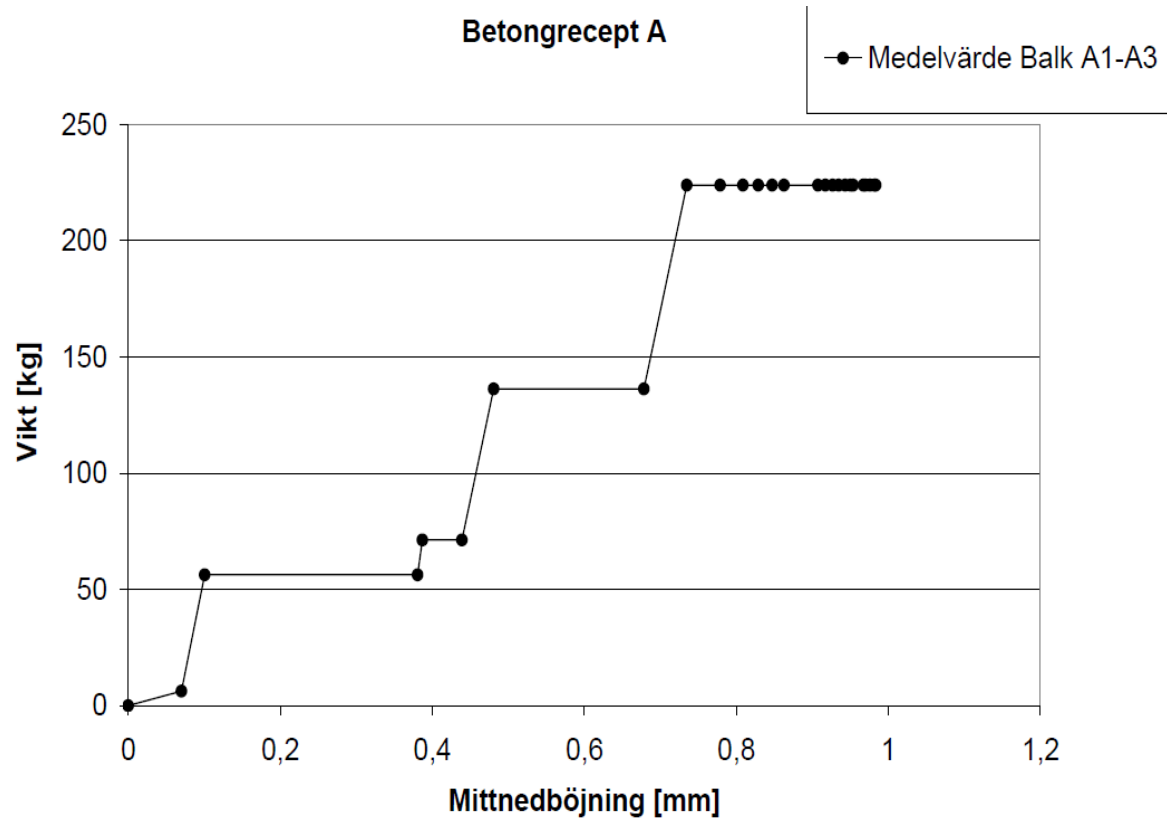
# Belastningshistoria



# Deformationshistoria 1 (2)



# Deformationshistoria 2 (2)



# Definition av kryptal $\phi$

$$\phi = \frac{\sum_i \varepsilon_{\text{cr},i}}{\sum_i \varepsilon_{\text{el},i}} = \frac{\sum_i \delta_{\text{cr},i}}{\sum_i \delta_{\text{el},i}}$$

- $\varepsilon_{\text{cr},i}$  = krypning under belastningssteg  $i$
- $\varepsilon_{\text{el},i}$  = elastisk töjning under steg  $i$
- $\delta_{\text{cr},i}$  = krypdeformation under steg  $i$
- $\delta_{\text{el},i}$  = elastisk deformation under steg  $i$

# Uppskattade kryptal $\phi$ (-)

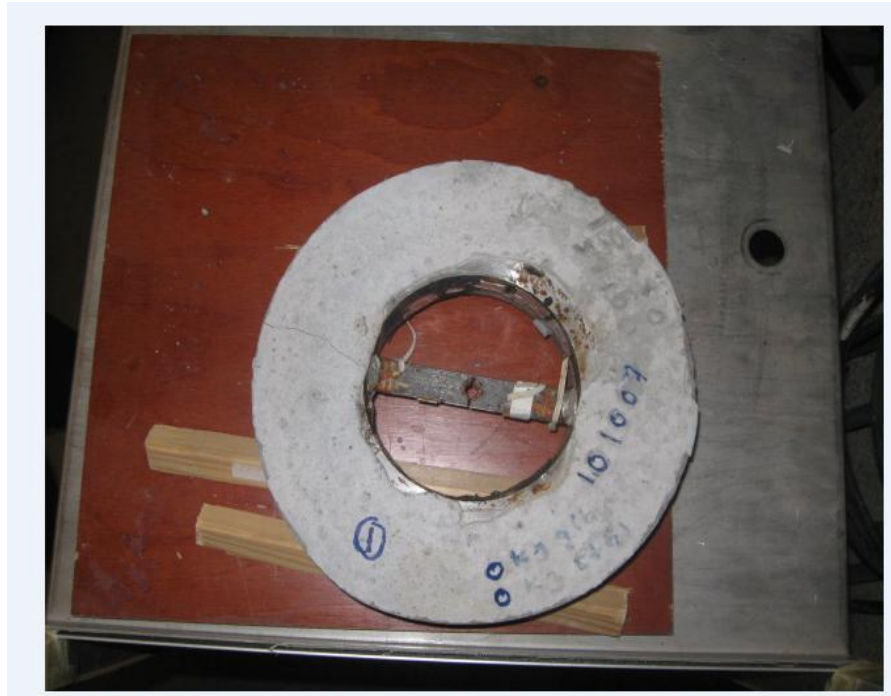
<i>Ålder</i>	A	B	C	D
<i>28 d</i>	3,4	2,1	1,8	2,9
<i>60 d</i>	4,0	2,4	2,6	4,2
<i>200 d</i>	4,2	2,4	3,1	5,0



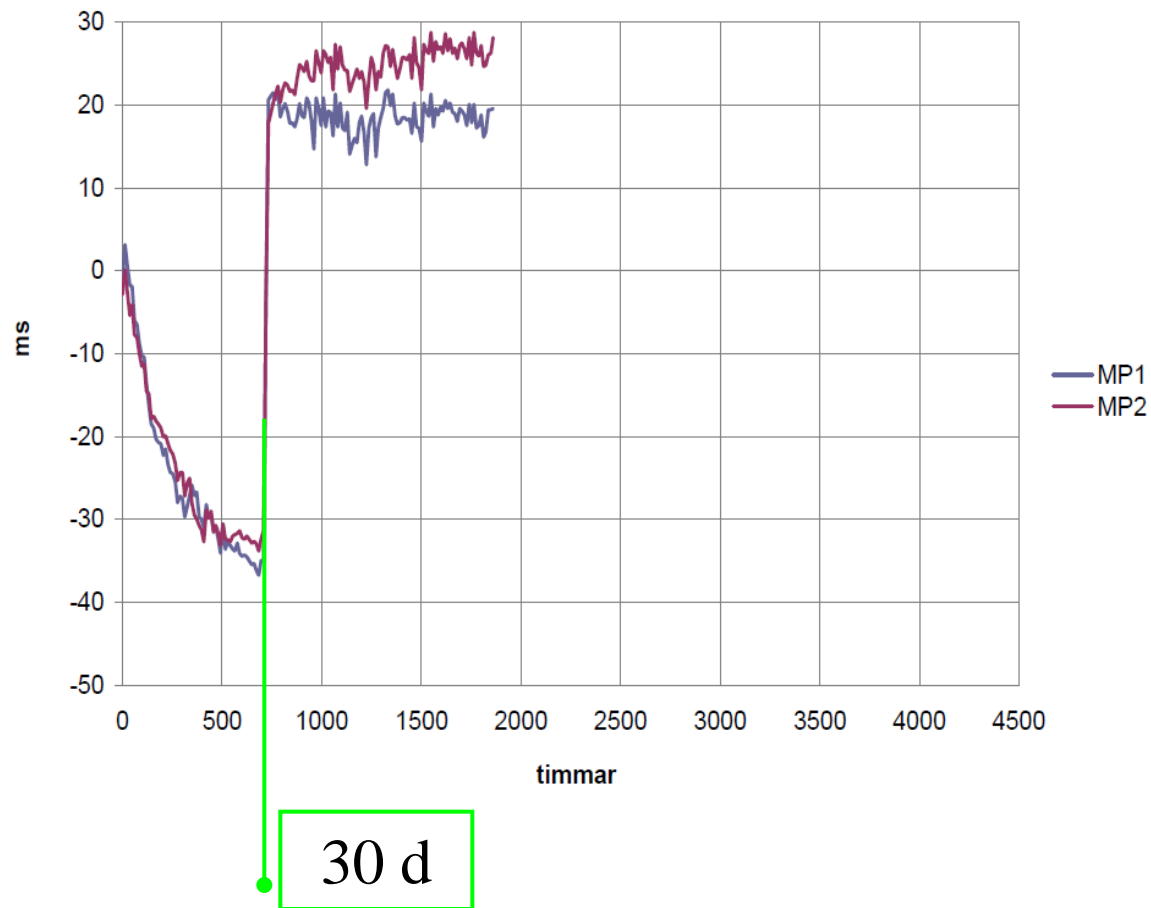
# Uppskattade sprickrisker $\eta$ (-)

<i>Ålder</i>	A	B	C	D
<i>28 d</i>	0,76	0,75	0,85	0,38
<i>60 d</i>	0,83	0,91	0,82	0,46
<i>200 d</i>	0,93	1,0	0,94	0,48

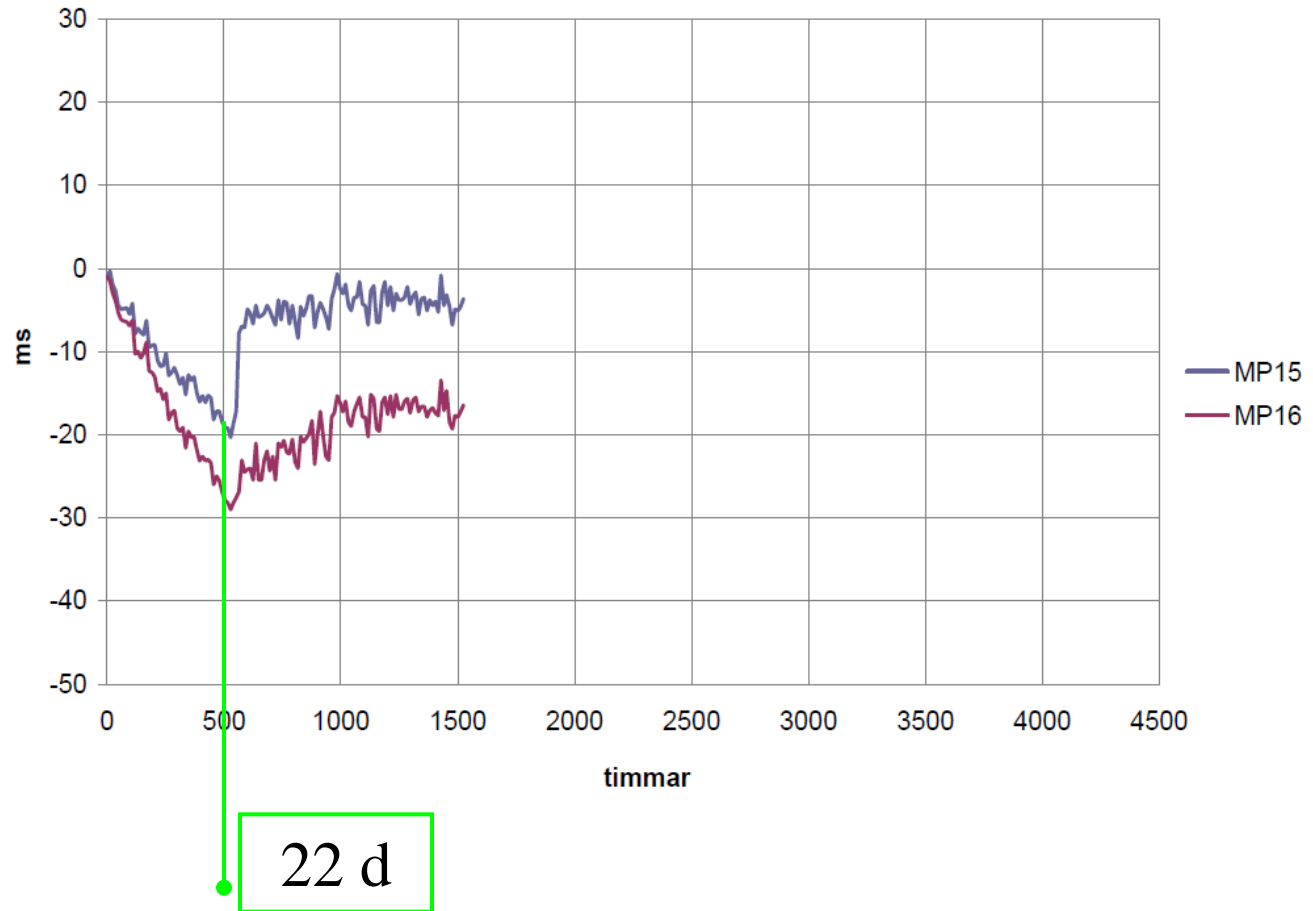
# Försök med förhindrad krypning



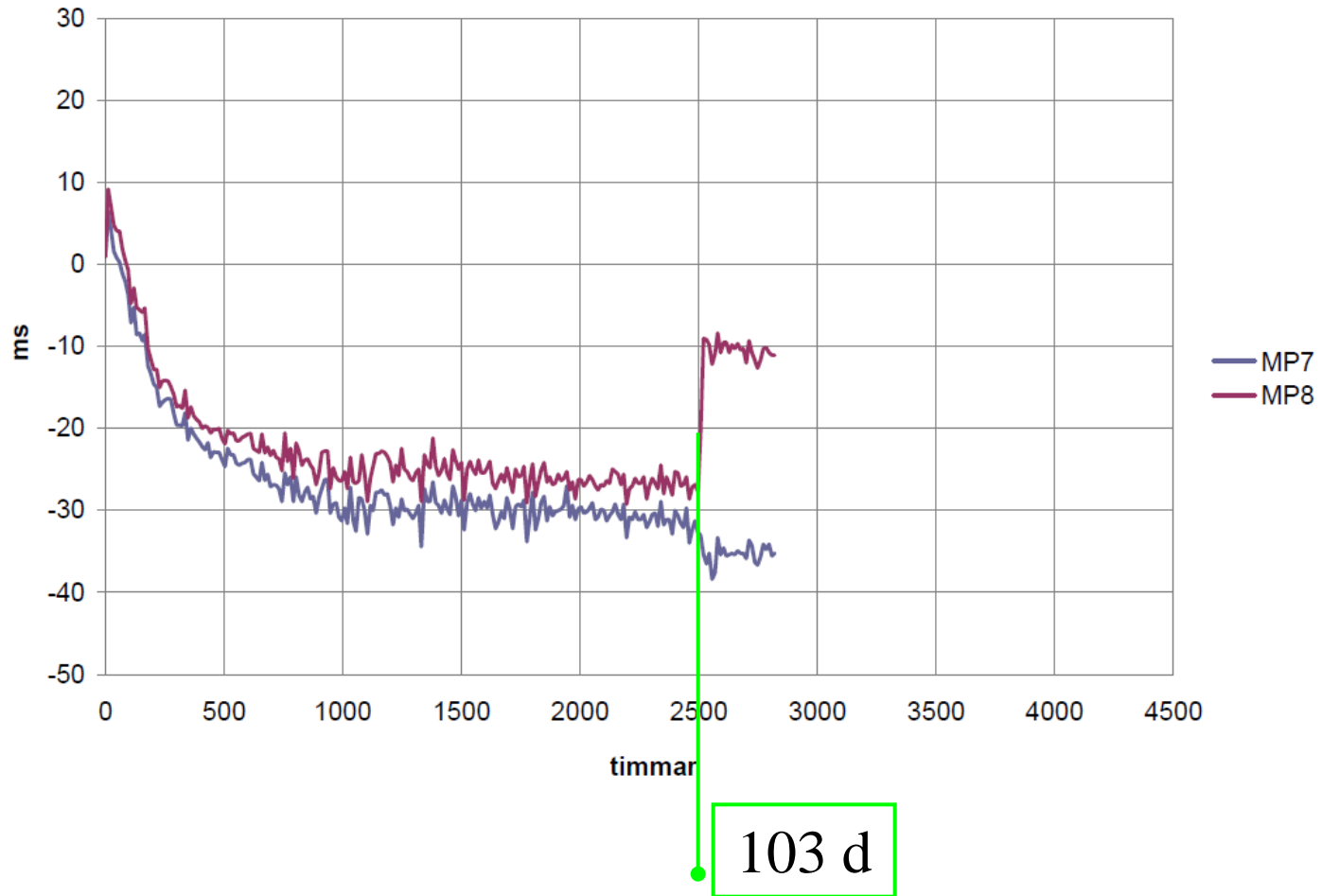
# Förhindrad krypning, betong A



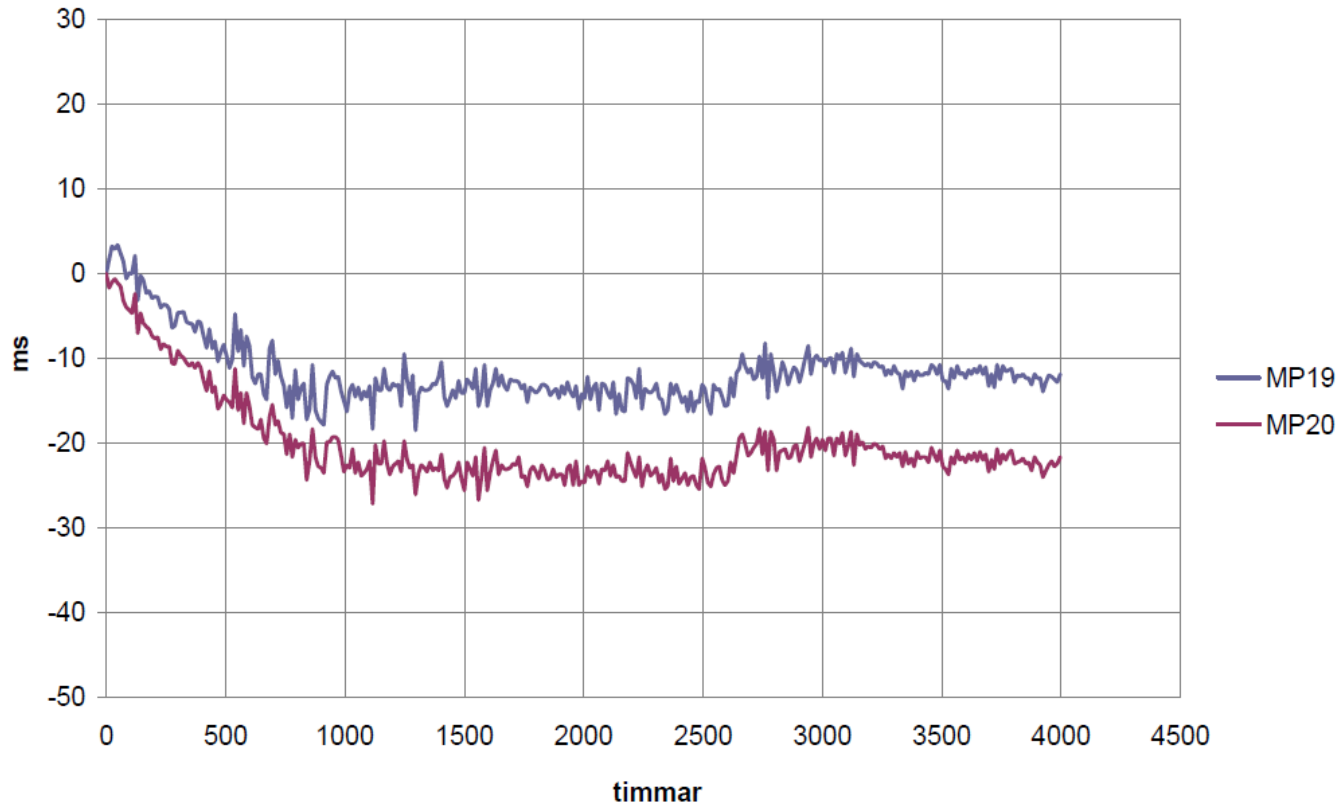
# Förhindrad krypning, betong B



# Förhindrad krypning, betong C



# Förhindrad krypning, betong D



# Sprickor och sprickrisker

<i>Ålder</i>	A	B	C	D
<i>Spricker?</i>	Ja	Ja	Ja	Nej
<i>När?</i>	27	29	98	-
<i>Sprickrisk</i>	0,93	1,0	0,94	0,48

# Slutsatser

- Krympreducerare ger inte endast mindre krympning utan också mindre krymprisk.
- Optimerat betongrecept med krympreducerare har potential att **inte** spricka.
- Enkel formel för bestämning av sprickrisk ger en god indikation.



# Kan vi reducera sprickrisken i industrigolv?

Ja!

# Referens

Determination of Shrinkage  
Crack Risks in Industrial  
Concrete Floors through  
Analyzing Material Tests

MAITHAM HAMAD

Master of Science Thesis  
Stockholm, Sweden 2012



KTH Architecture and  
the Built Environment



CBI Betonginstitutet



ingår i  
SP-koncernen