

# Kruip vermoeiing interactie in pigtails

Door : Pascal Schreurs



## Doel

- Bepalen wat de invloed van de wanddikte pigtail is op de kruiplevensduur en het aantal wisselingen

# Aanpak

- FEA analyse met plastisch en kruip materiaal gedrag
- Resultaten 2e cyclus analyseren
  - Cyclisch plasticiteit
  - Kruip
- Analyse van pigtail met wanddikte van
  - 4.85mm (orgineel)
  - 4mm
  - 3mm
- Analyse bij lagere temperatuur en druk
- Analyse uitgevoerd op basis van pigtail lengte van 1000mm
- Aangebrachte hoekverdraaiing = 3,5°

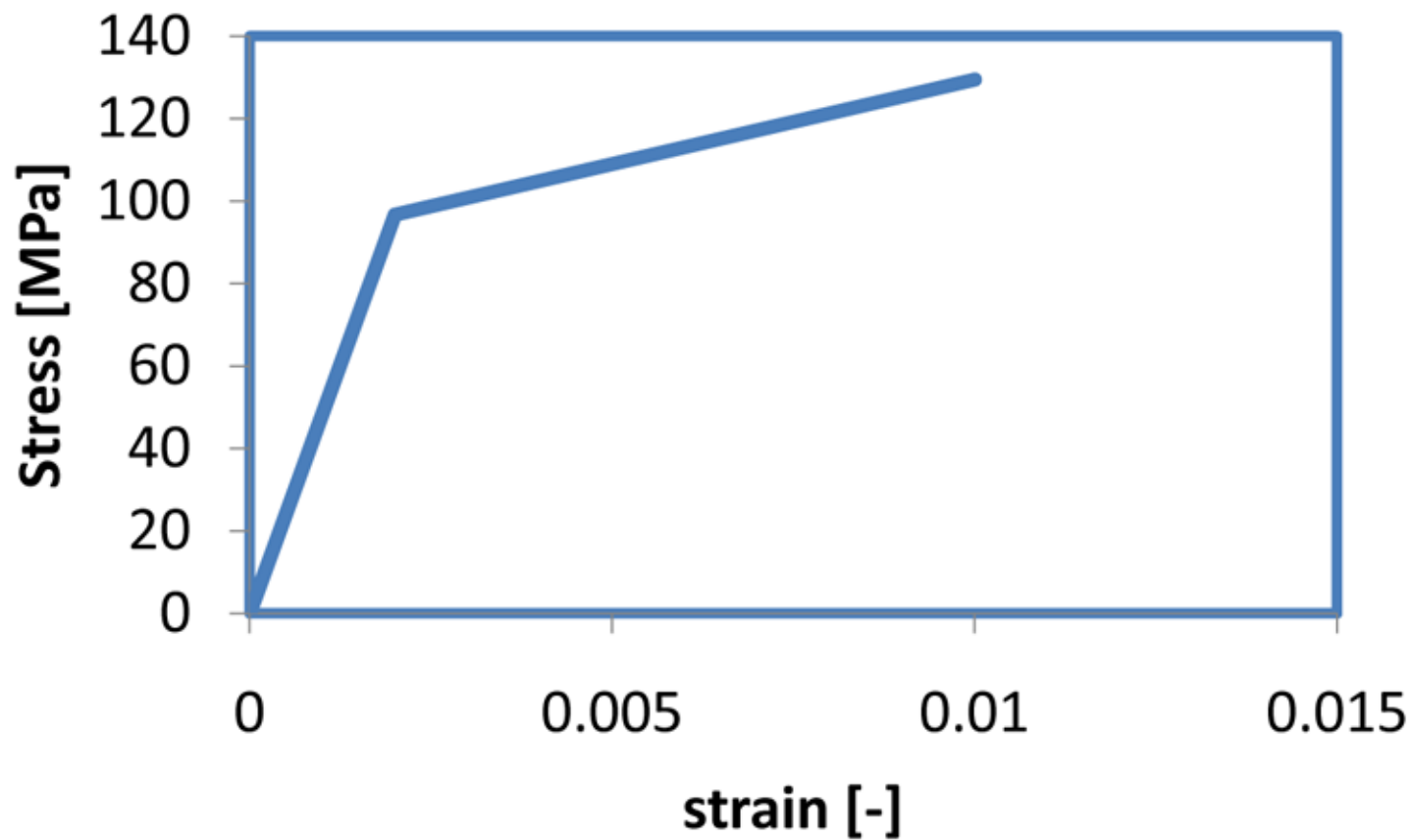
# Model (1)

- Parametrisch model
- 1e orde Solid elementen
  - Sockolet
  - Weldolet
  - Pigtail
- Belasting
  - Inwendige druk
  - Hoekverdraaiing (3.5°)

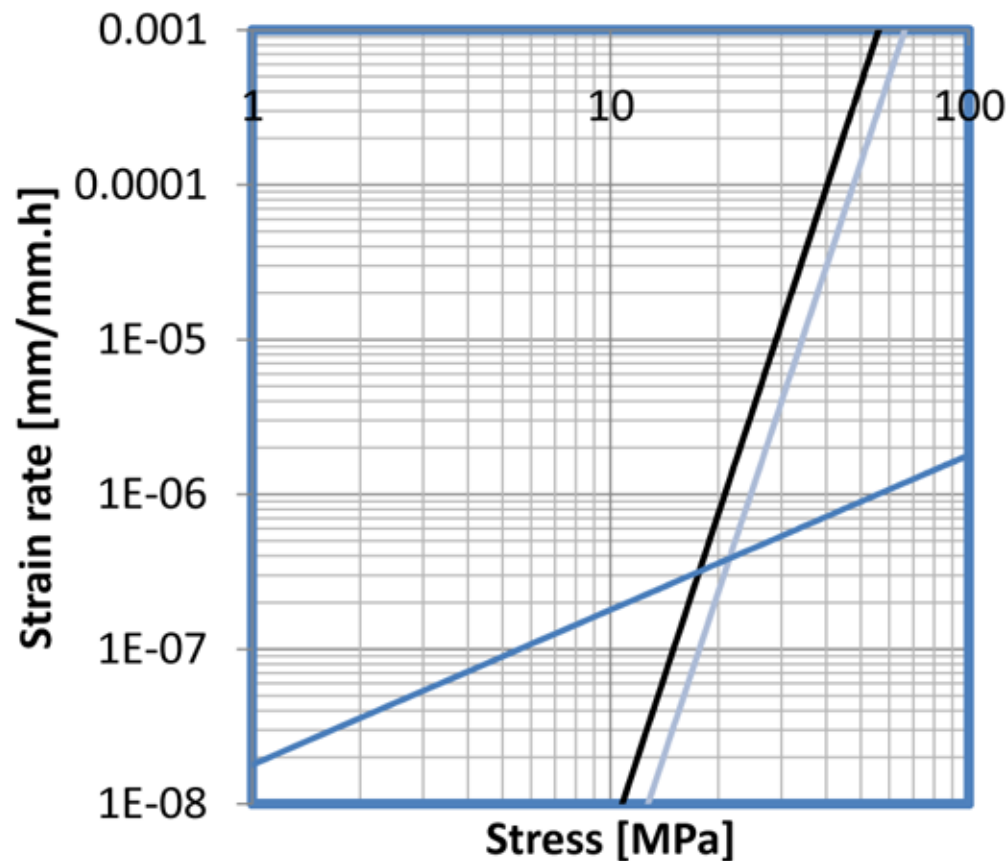
## ABAQUS Model (2)

- Materiaal
  - E-modulus @800°C
  - Rekgrens @800°C
  - Norton kruip wet
  - Levensduurbepaling kruip vlg ECCC-data sheets 2005
  - Vermoeingscurves uit materiaalbebroevingen

## Rekgrens @800°C



# Norton kruipwet



- Omega methode lower bound
- Omega methode mean
- diffusie kruip

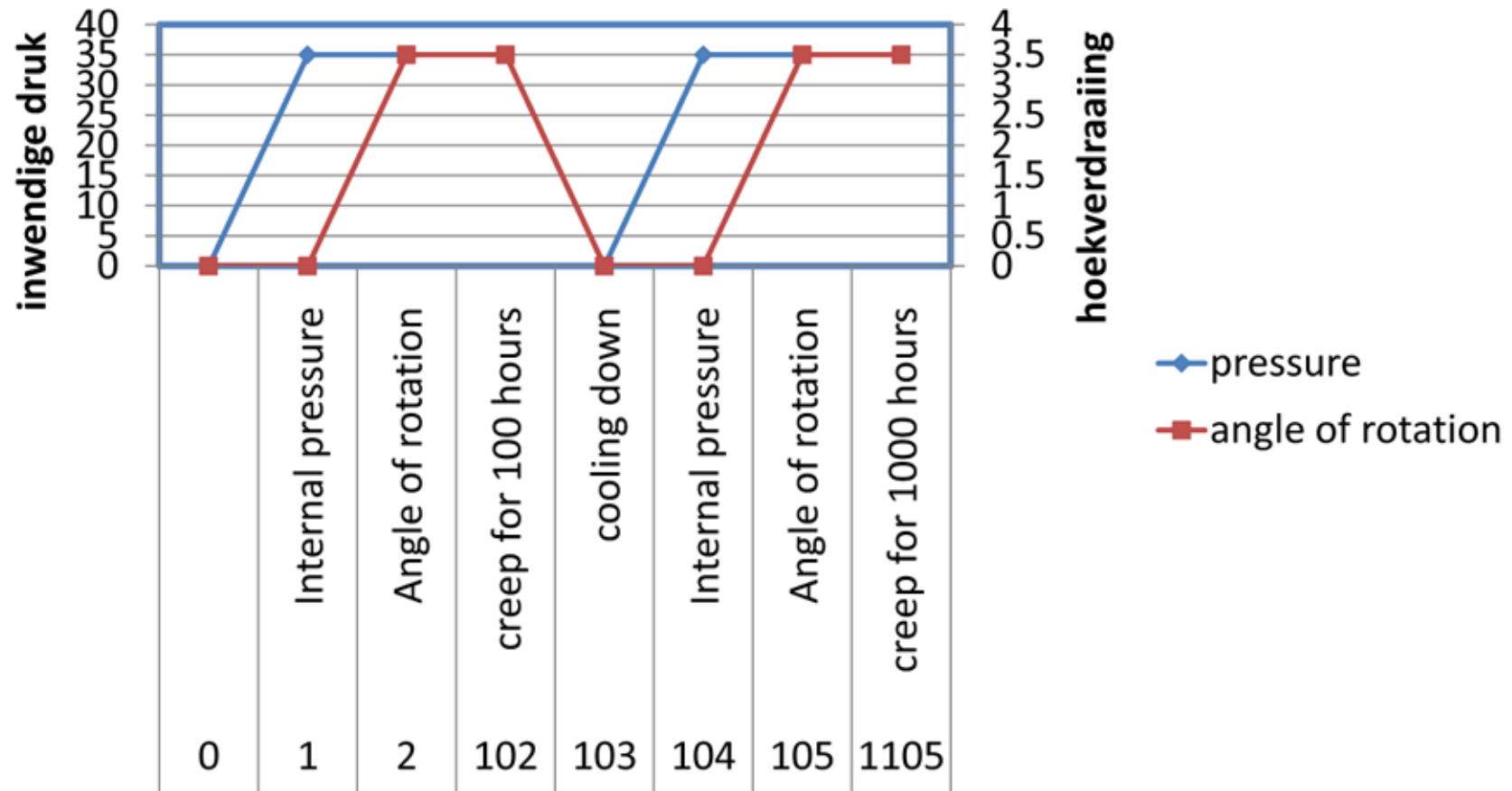
*Omegalowerbound*

$$\dot{\epsilon} = A \cdot \sigma^n$$

$$A = 6.157975 \cdot 10^{-16}$$

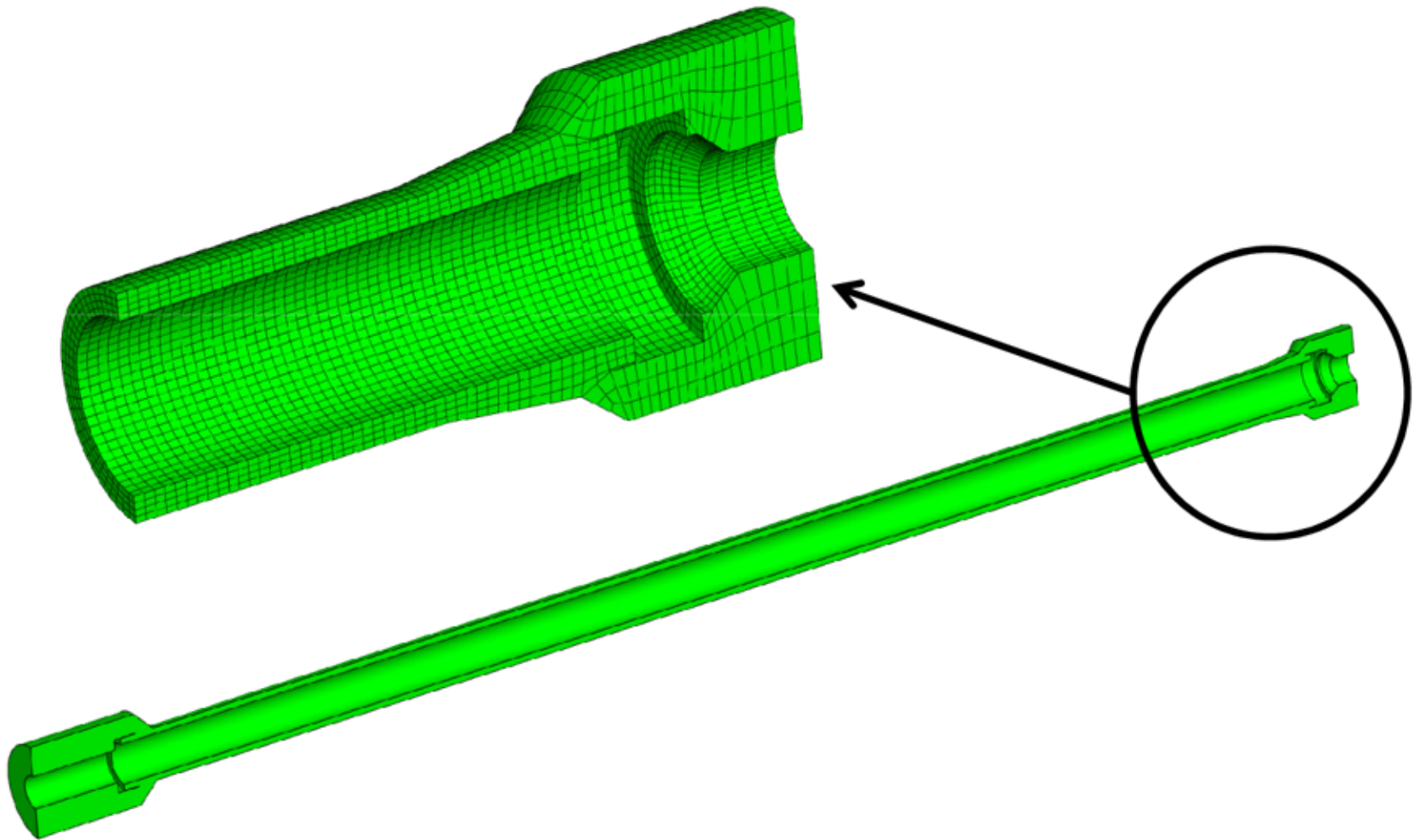
$$n = 6.9865$$

# Belasting

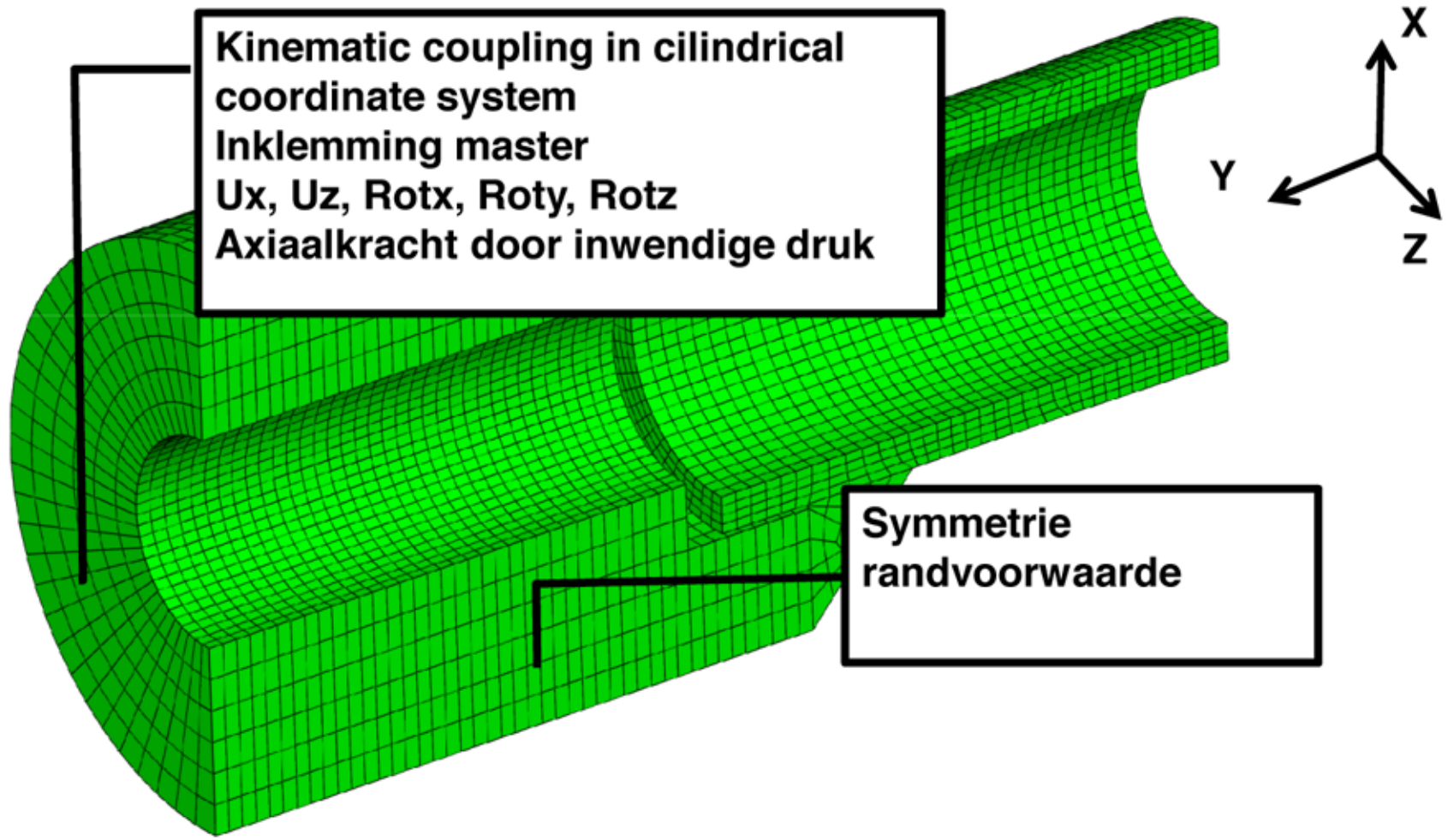




# Model

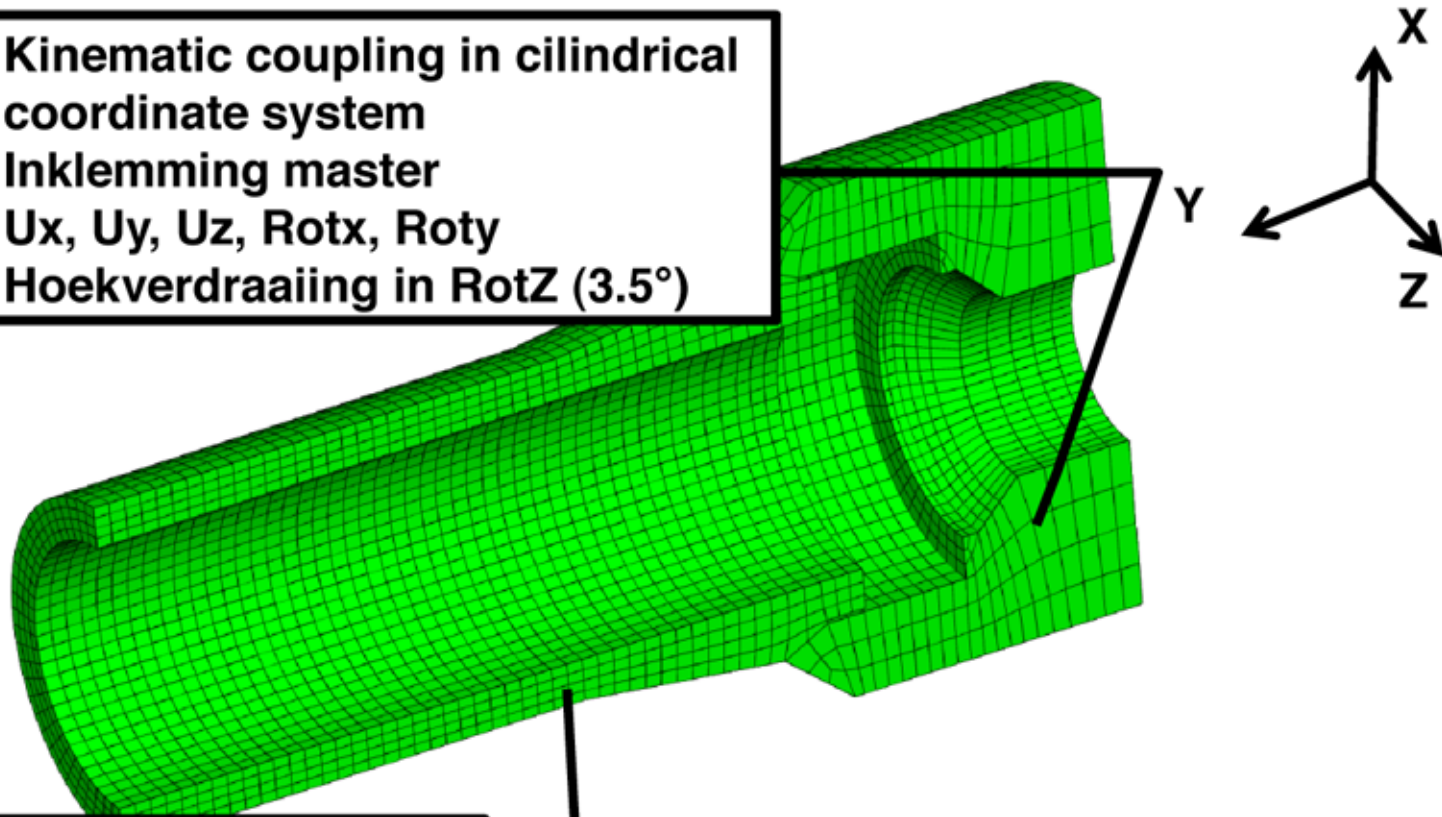


# Randvoorwaarde aan manifold zijde



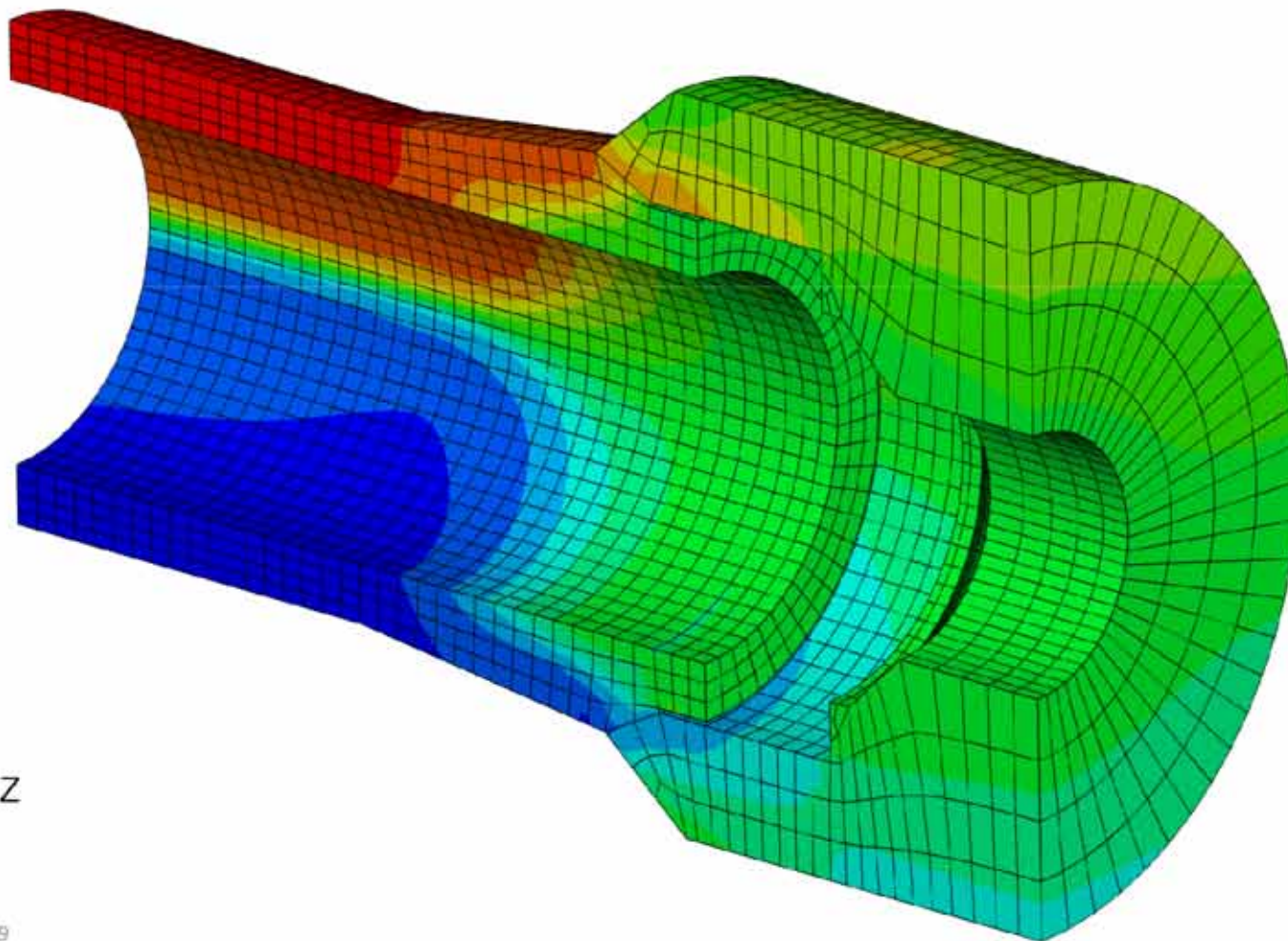
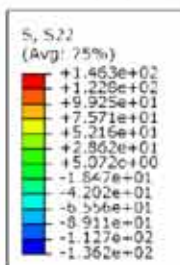
# Randvoorwaarde aan reformer zijde

**Kinematic coupling in cylindrical coordinate system**  
**Inklemming master**  
 **$U_x, U_y, U_z, Rot_x, Rot_y$**   
**Hoekverdraaiing in  $Rot_Z$  ( $3.5^\circ$ )**



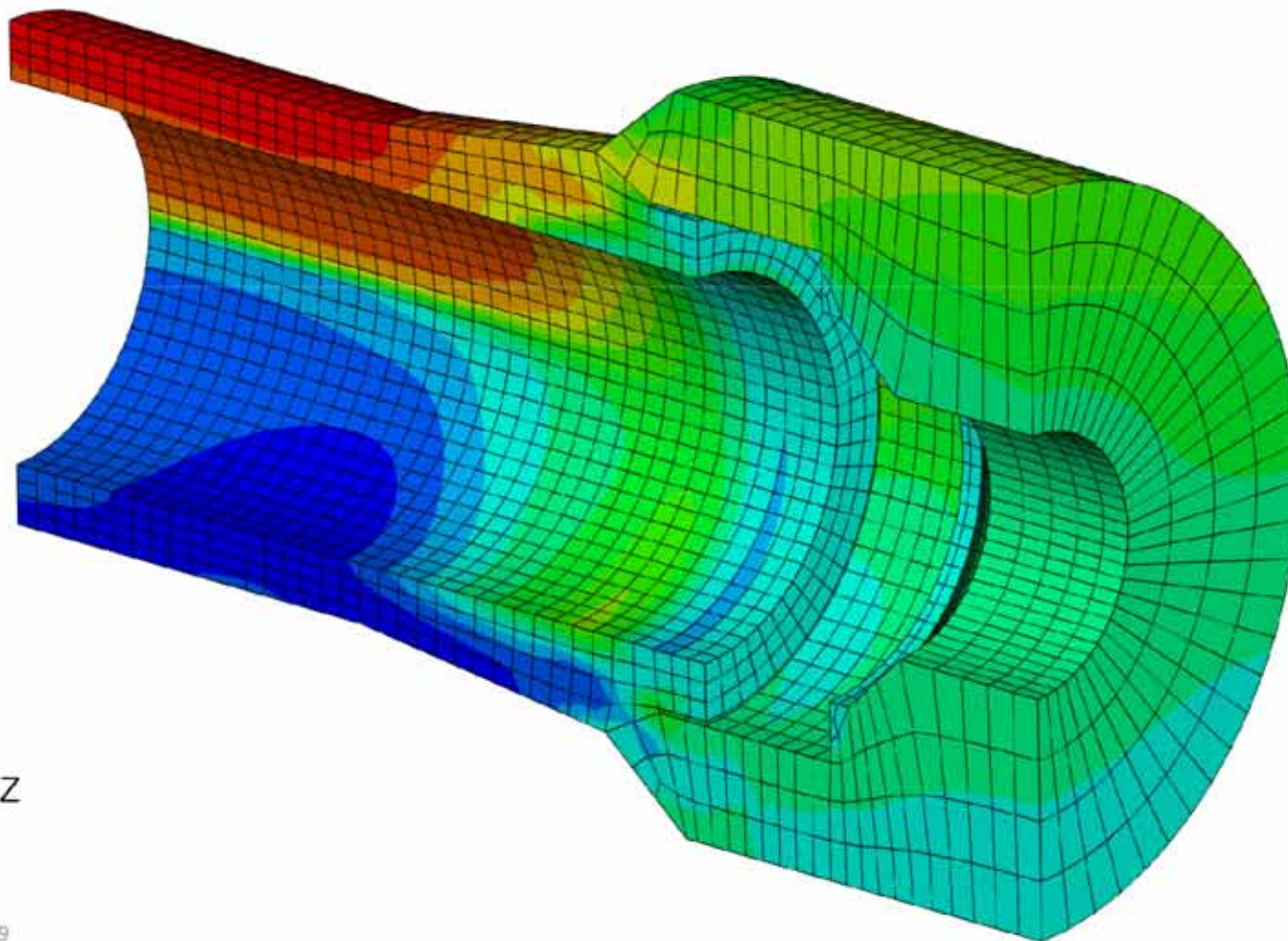
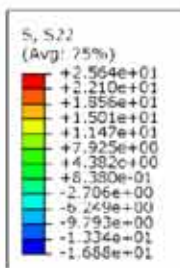
**Symmetrie**  
**randvoorwaarde**

# Buigspanning in pigtail na 1x in bedrijf nemen



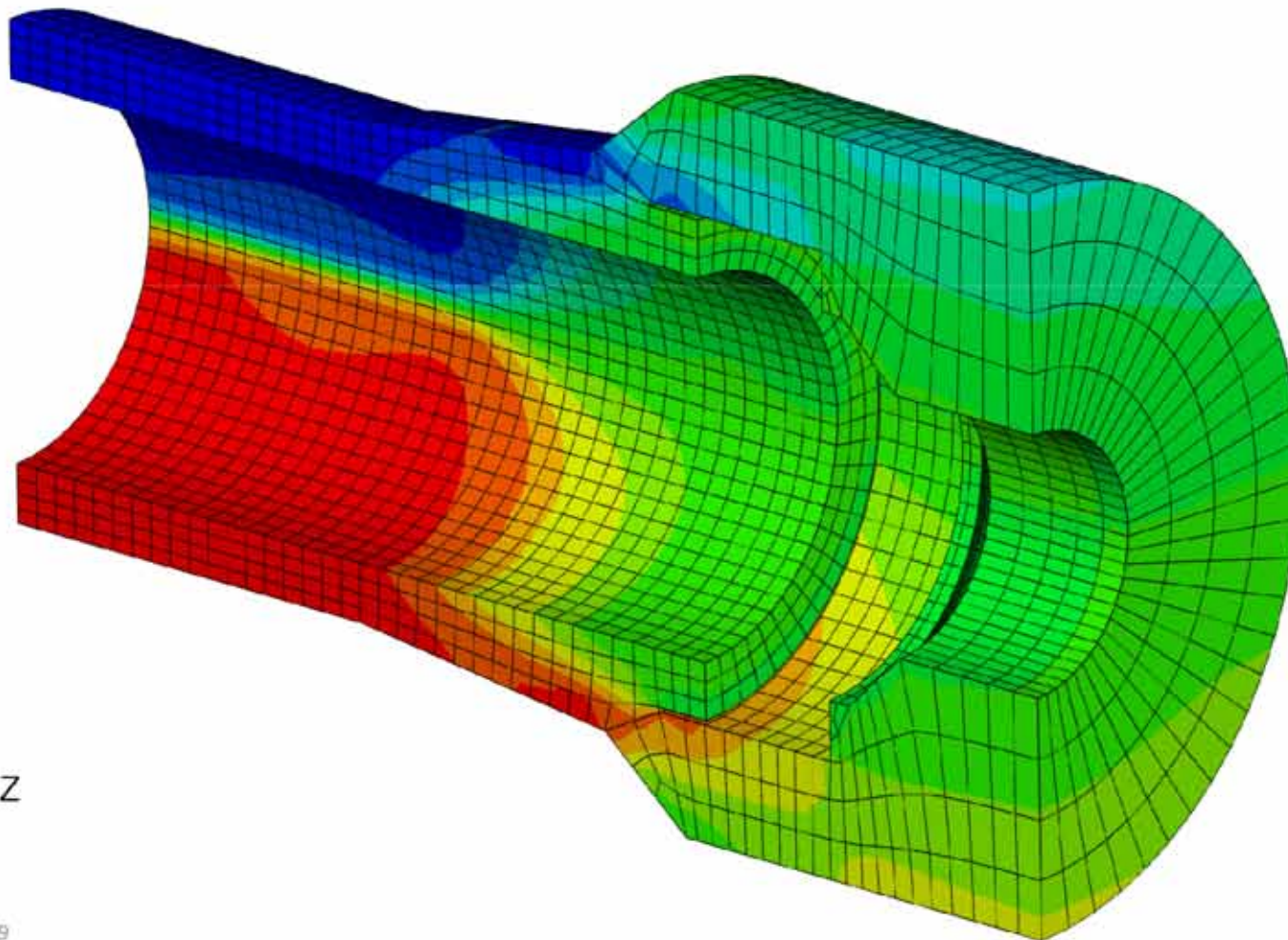
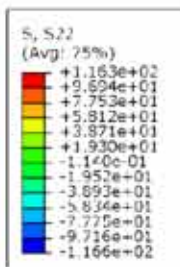
23 oktober 2009

# Buigspanning in pigtail na 100 uur kruip



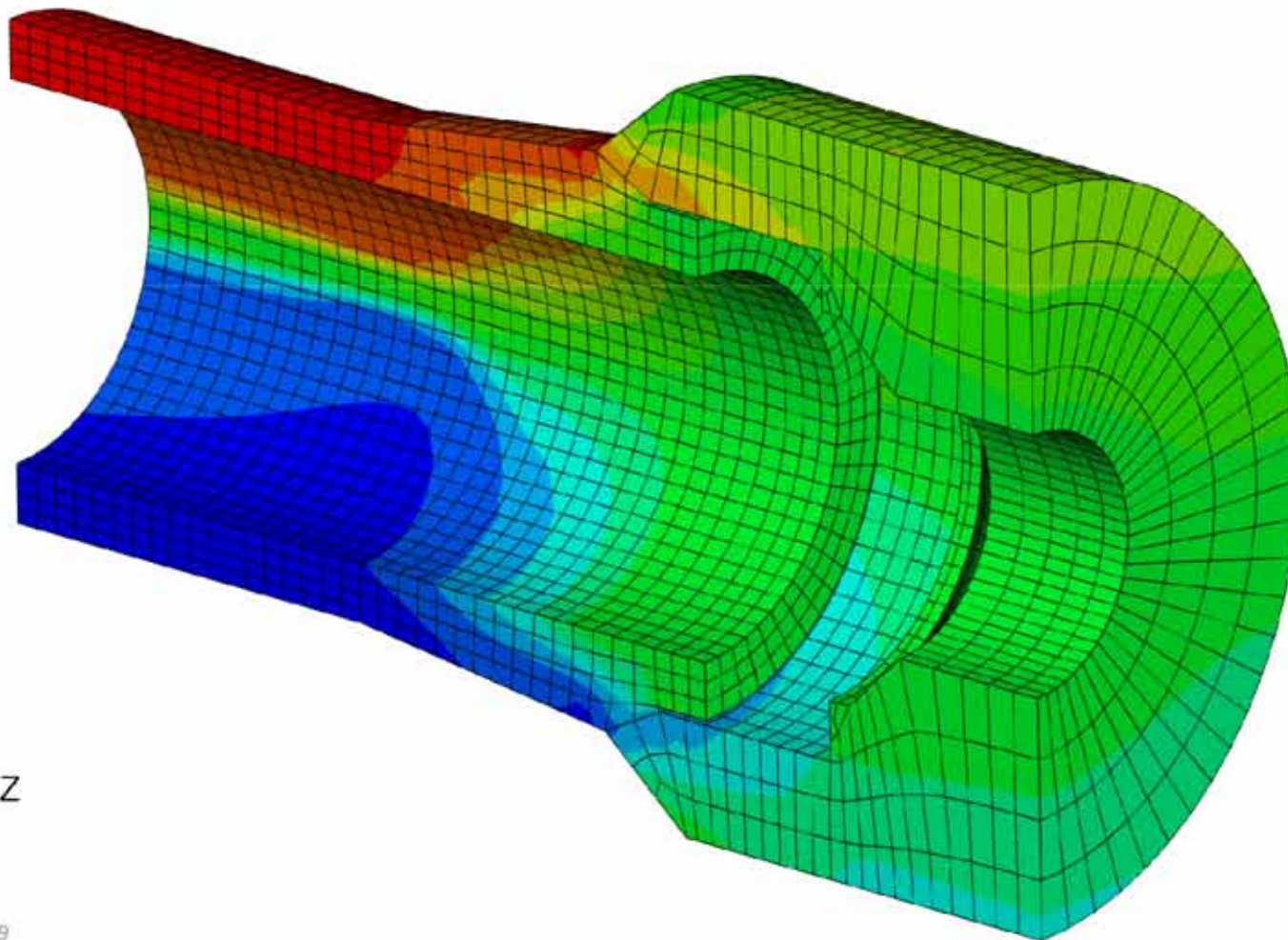
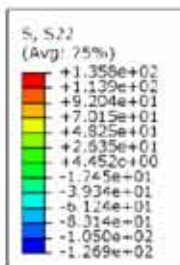
Y Z  
X  
23 oktober 2009

# Plastische rek in pigtail na afkoelen



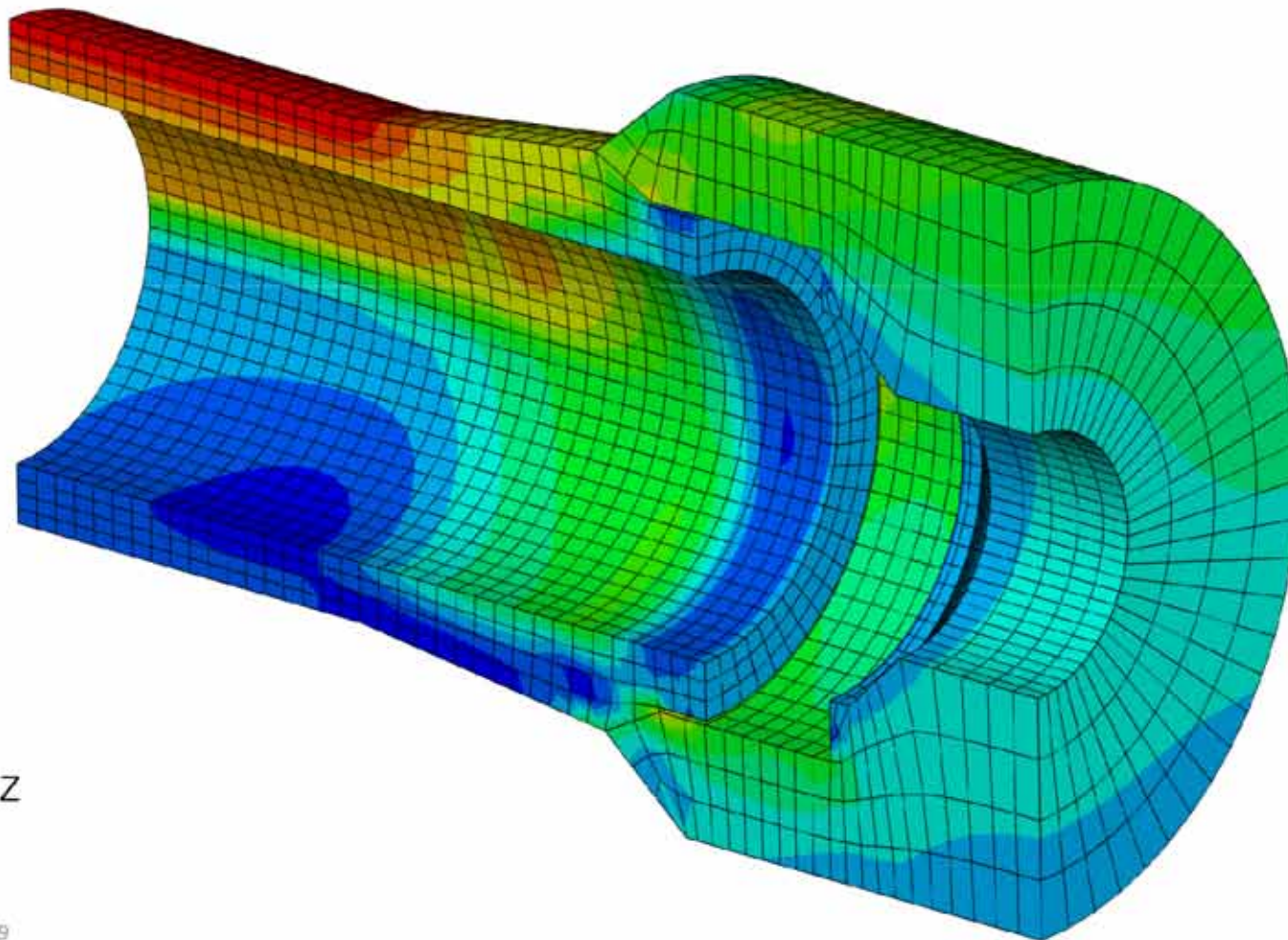
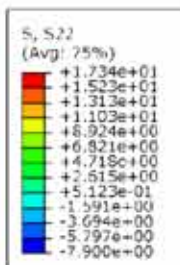
Y Z  
X  
23 oktober 2009

# Plastische rek in pigtail na 2x in bedrijf nemen



23 oktober 2009

# kruiprek in pigtail na 1000 uur kruip

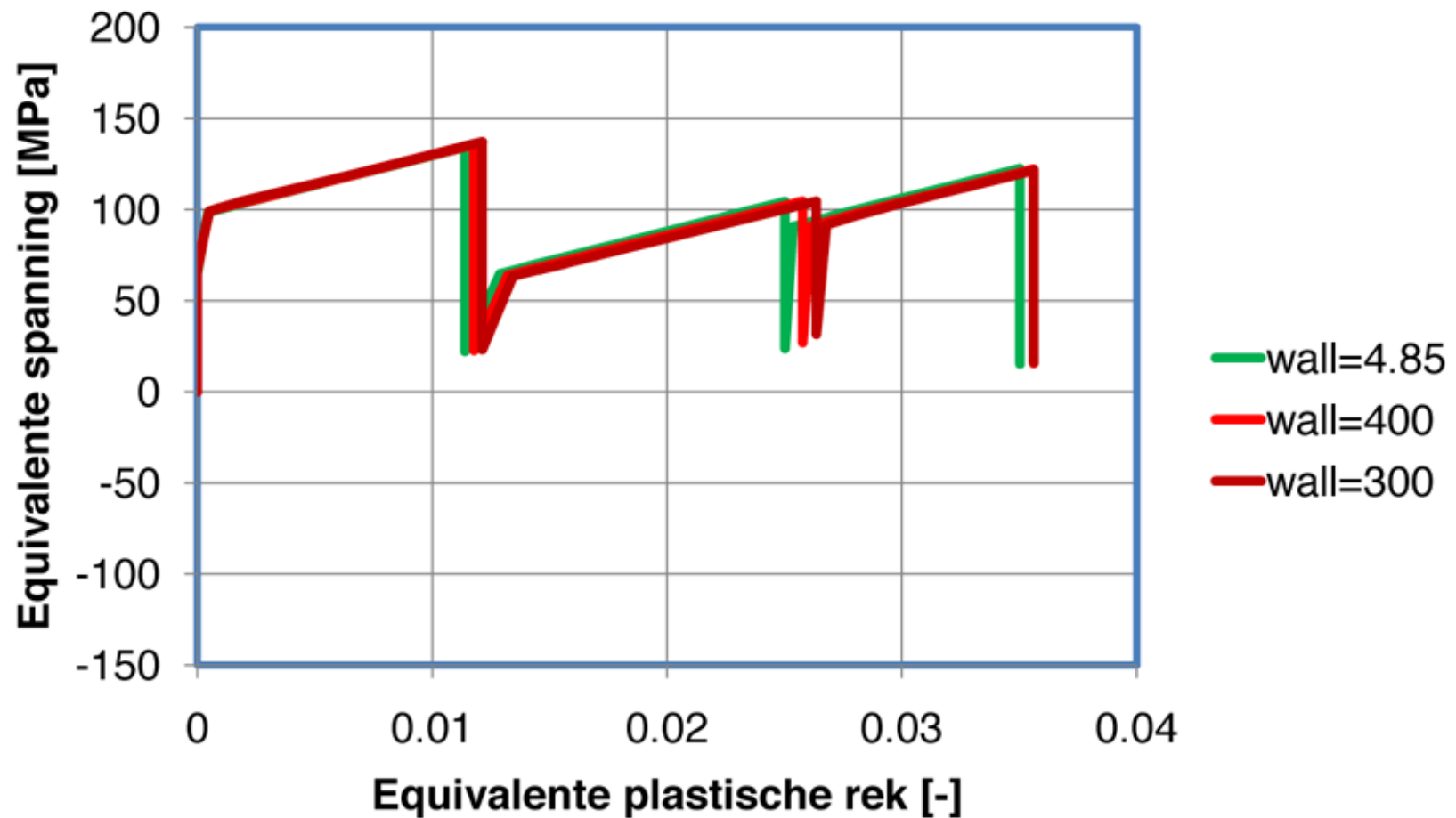


Y Z  
X  
23 oktober 2009

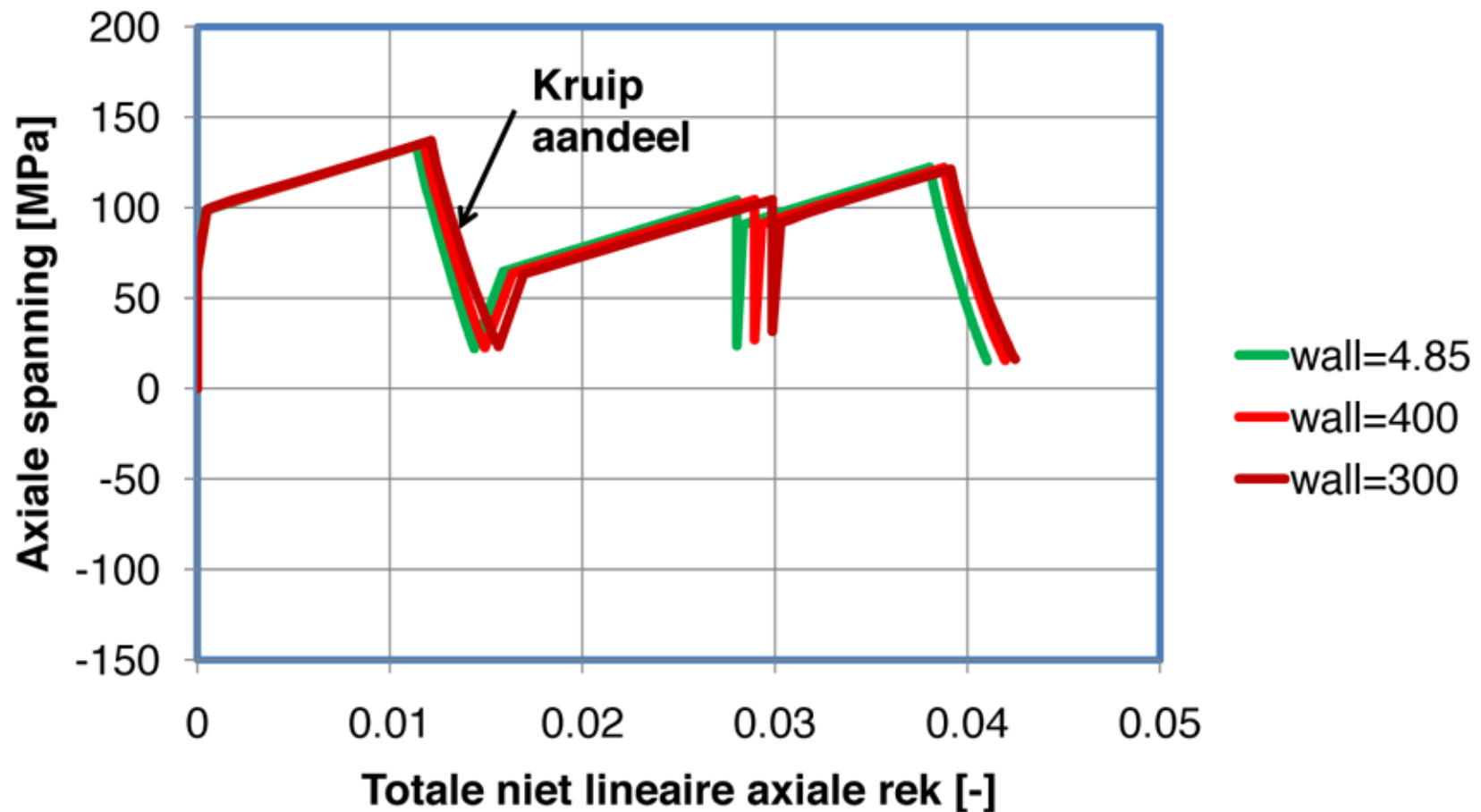




# Equivalente plastische rek



# Equivalent remaining strain



## Aanpak vermoeiingsanalyse

- Bepalen van plastische rek + kruiprek na 10 uur
- Bepalen van levensduuraandeel per wisseling

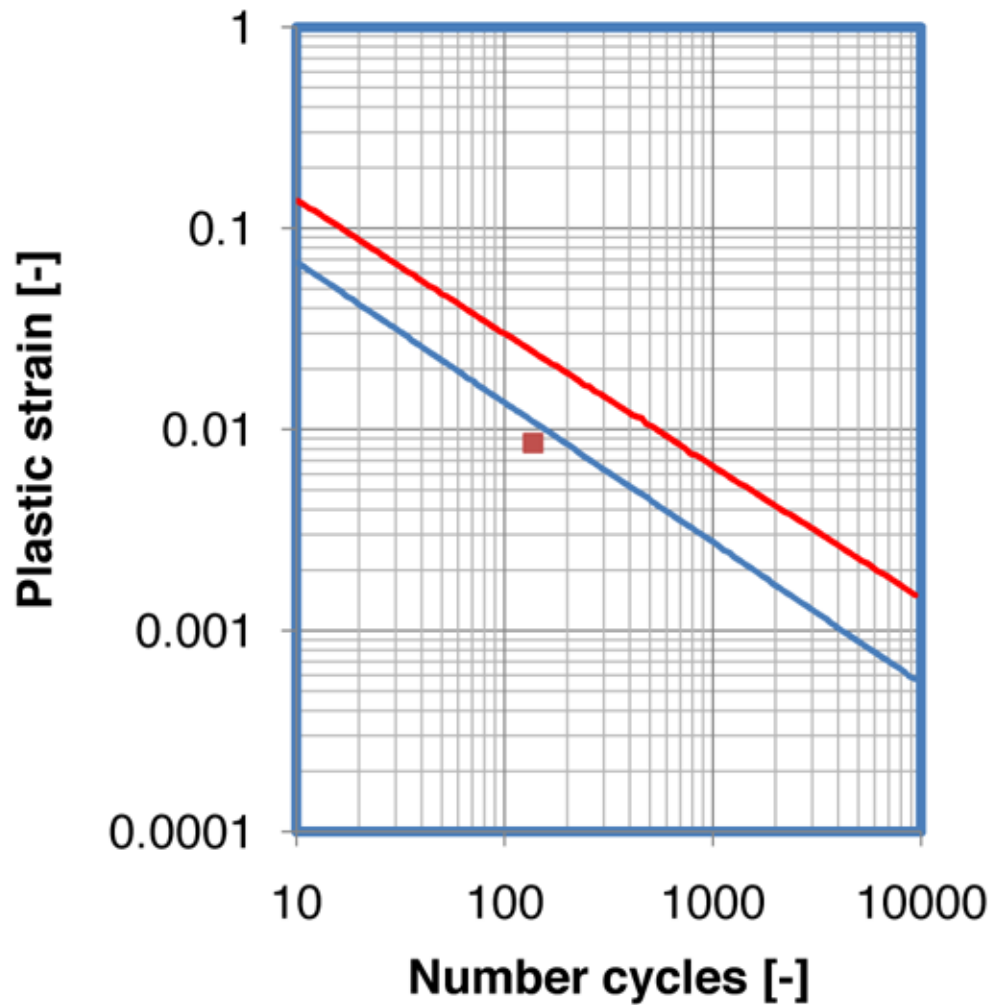
*Holdtime* = 600 min

$$N = A \cdot \epsilon_p^b$$

$$A = 0,13461$$

$$b = -1,43803083125054$$

# Vermoeiingsdata



- holdtime 0min
- Holdtime 30min
- holdtime 600min

*Holdtime = 600 min*

$$N = A \cdot \epsilon_p^b$$

$$A = 0,13461$$

$$b = -1,43803083125054$$

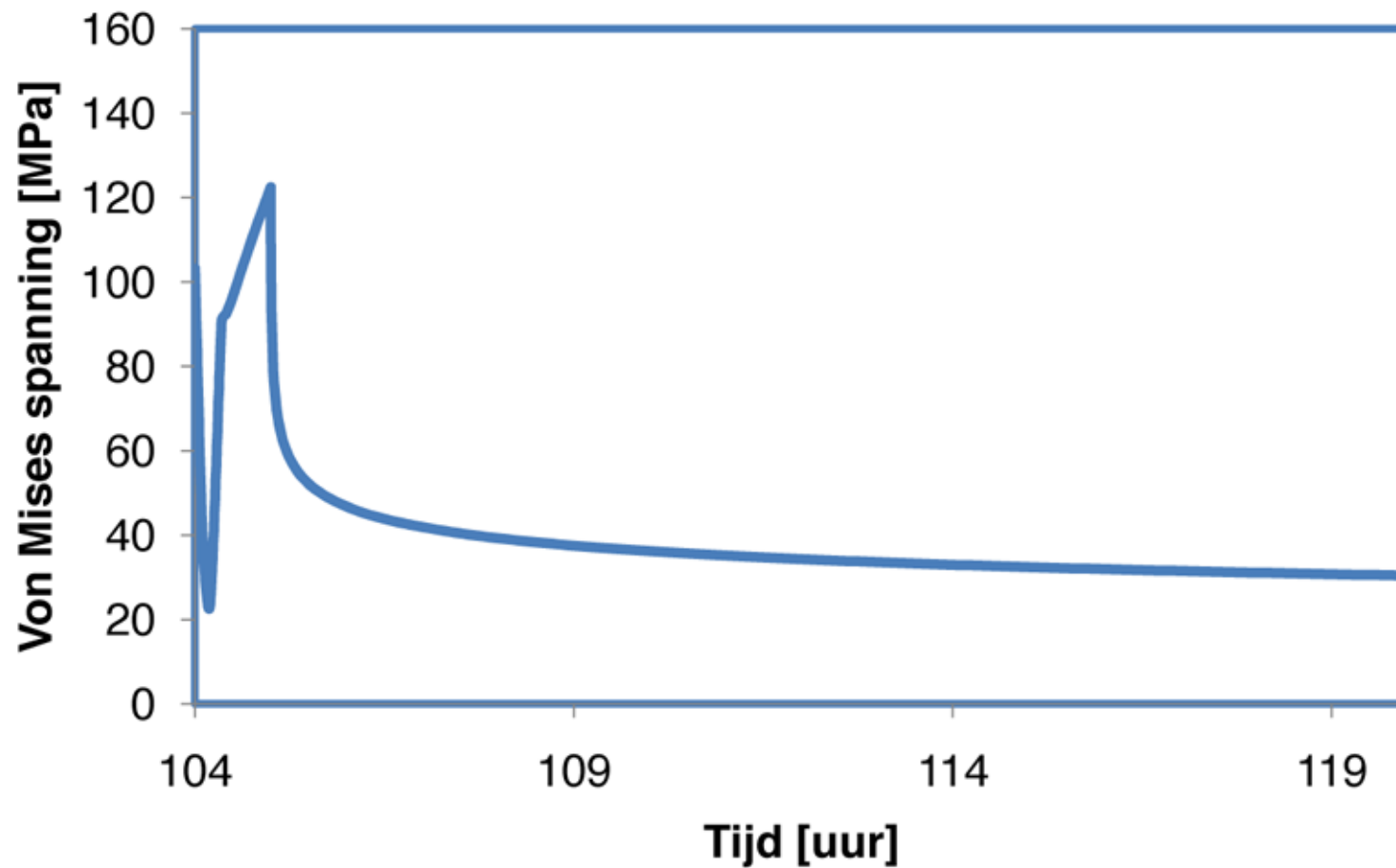
# Overzicht van equivalente rekken

Wand- dikte [mm]	Druk [bar]	Temp [°C]	Tijdstip				$\Delta\epsilon$
			102	103	115	1105	
485	35	800	1.44%	2.80%	4.04%	4.10%	1.24%
400	35	800	1.49%	2.89%	4.12%	4.19%	1.23%
300	35	800	1.56%	2.99%	4.17%	4.25%	1.18%
300	33	800	1.55%	2.96%	4.14%	4.21%	1.17%
300	33	780	1.53%	2.92%	4.08%	4.17%	1.16%

# Overzicht van aantal wisselingen tot breuk

			N
wall=485	pres=35	temp=800	75
wall=400	pres=35	temp=800	75
wall=300	pres=35	temp=800	80
wall=300	pres=33	temp=800	80
wall=300	pres=33	temp=780	82

## Aanpak kruip analyse (1)





## Aanpak kruip analyse (2)

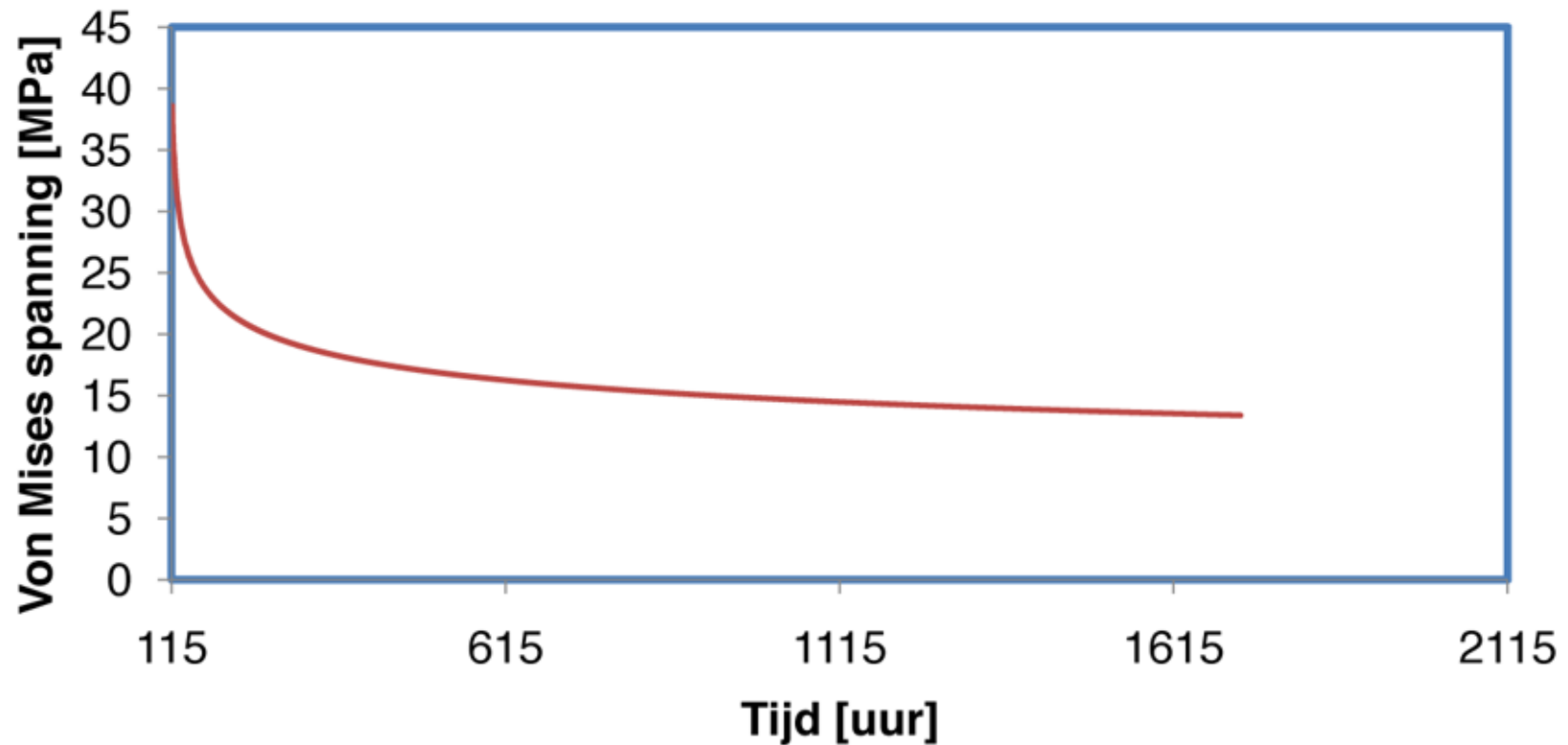
- Bepaal de spanning na 10 uren kruip
- Mbv onderstaande formule de kruip relaxatie bepalen

$$\tau = (n - 1) \cdot E \cdot A \cdot \sigma_o^{n-1}$$

$$\sigma(t) = 1,25 \cdot \sigma_o \cdot (1 + \tau \cdot t)^{\frac{1}{1-n}}$$

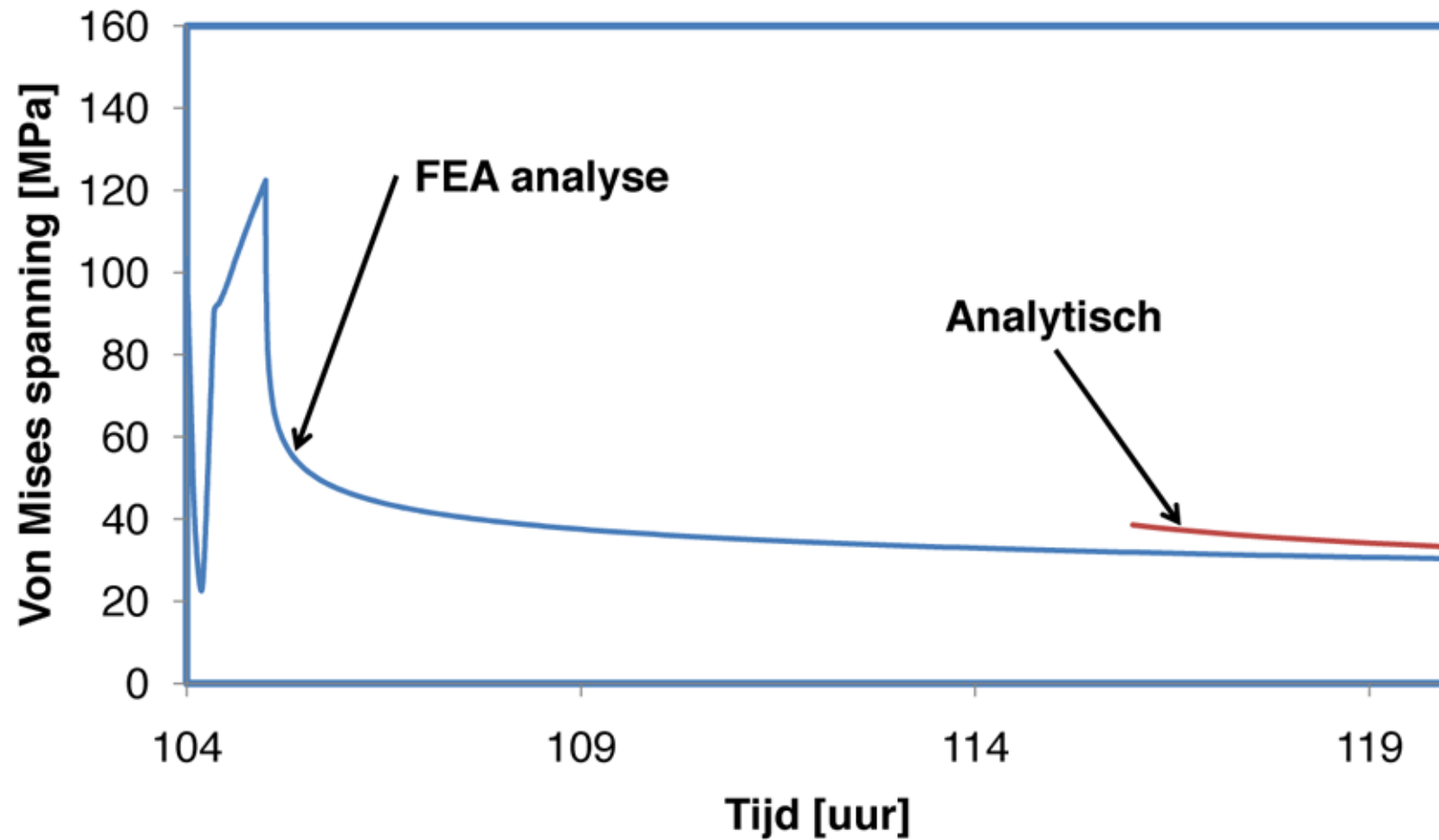
- Materiaal gegevens volgens ECCC data-sheets
- Veiligheidsfactor toepassen ivm lowerbound materiaal data

## Aanpak kruip analyse (3)



$$\ln(tr) = \left[ \beta_0 + \beta_1 \cdot \log(\sigma(t)) + \beta_2 \cdot \log(\sigma(t))^2 \right] \cdot (T - T_0) + \beta_5$$

## Aanpak kruip analyse (4)

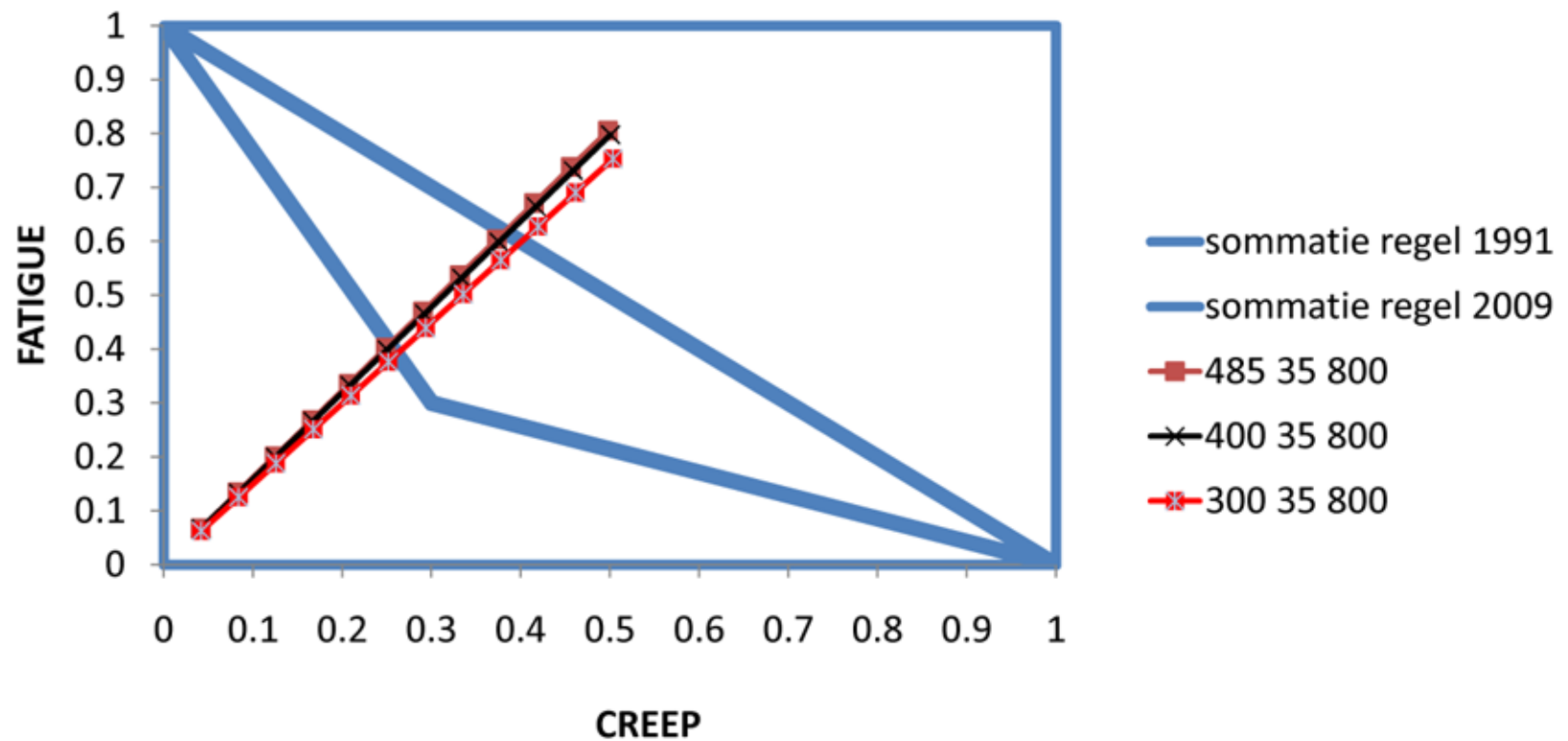


## Sommatie kruip vermoeiing

- 5 wisselingen per jaar
- Kruiplevensduur bepaling per 1600 uur (1 wisseling)

# Sommatie kruip vermoeiing

Levensduur bepaling  
combinatie kruip vermoeiings



## Conclusie

- Uitgaande van een knikpunt van (0.3,0.3) in de sommatie curve is de verwachte levensduur 6 jaar (30 wisselingen).
- Levensduurwinst bij dunnere wanddiktes is nihil