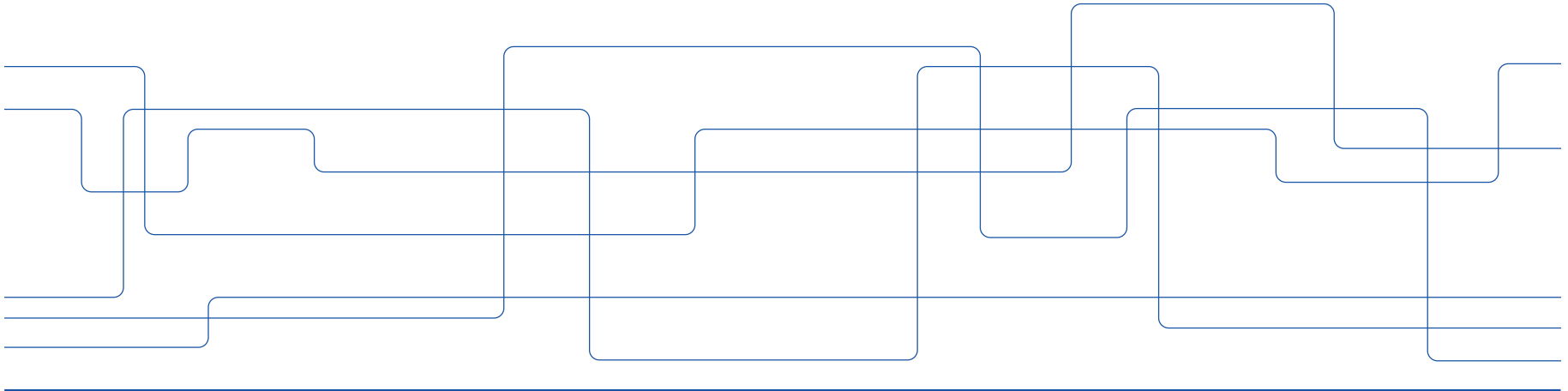


# Karakterisering och modellering av frostsador i asfalt

Lisa Löqvist



# Vinterskador i asfalt

## Trafik



## Vinterunderhåll



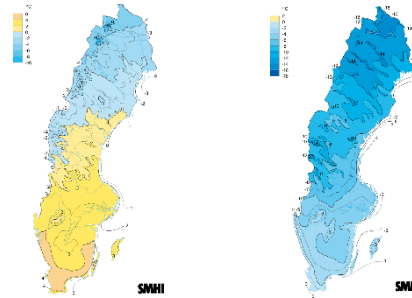
## Frost



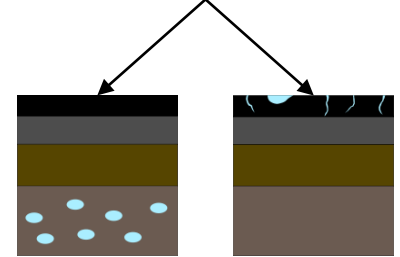
## Vatten



## Temperatur



Källa: SMHI





# Syfte och mål med projektet

*”Få en fundamental förståelse för processen för frostsador”*



# Syfte och mål med projektet

Initiering?

Utveckling?

*”Få en fundamental förståelse för  
processen för frostsador”*

Dominanta parametrar/faktorer?



# Syfte och mål med projektet

Val av material?

Planering av vinterunderhåll

*Förutspå utvecklingen av frostsador*

Uppdatera designguider och standardmetoder



# Syfte och mål med projektet

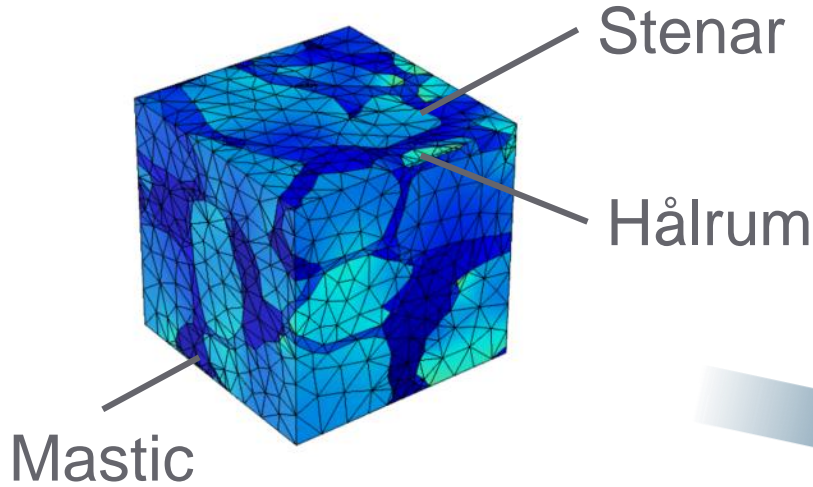
*Förutspå utvecklingen av frostsador*



*Multiskalemodell*

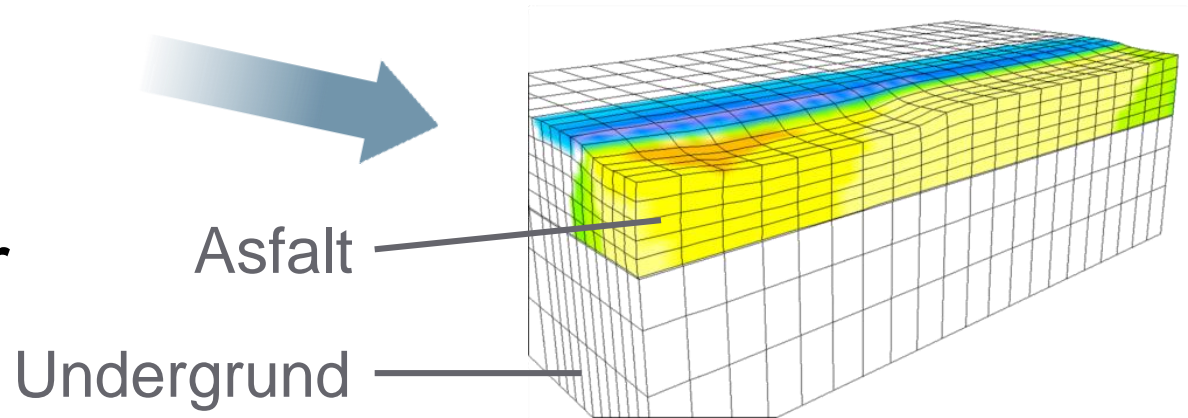
*(Vatten, temperatur, trafik, vinterunderhåll  
etc.)*

# Multiskalemodellen



Mikrostruktur

## Vägstruktur

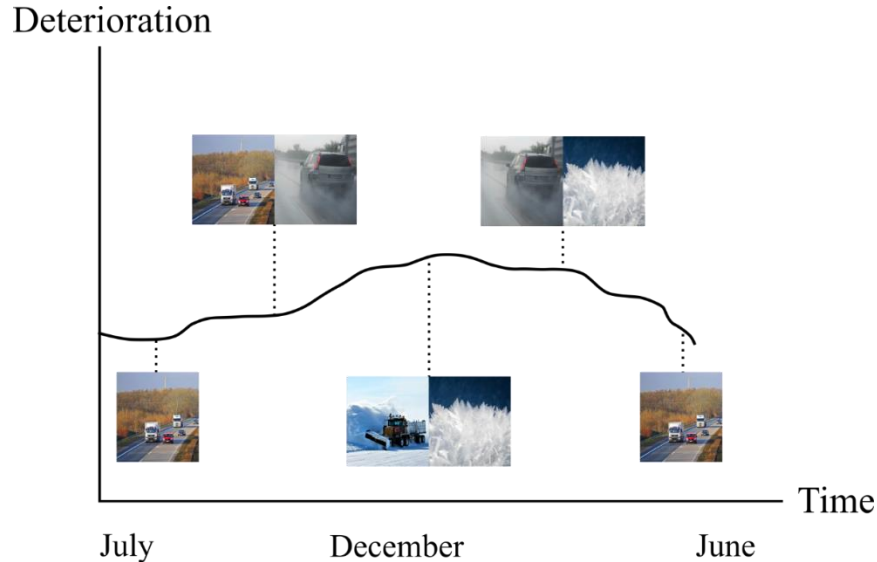


# Identifiering av dominanta parametrar





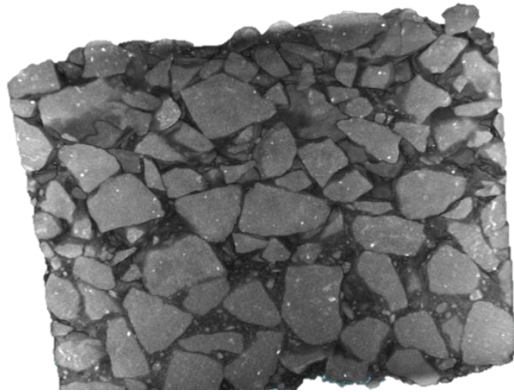
# Identifiering av dominanta parametrar



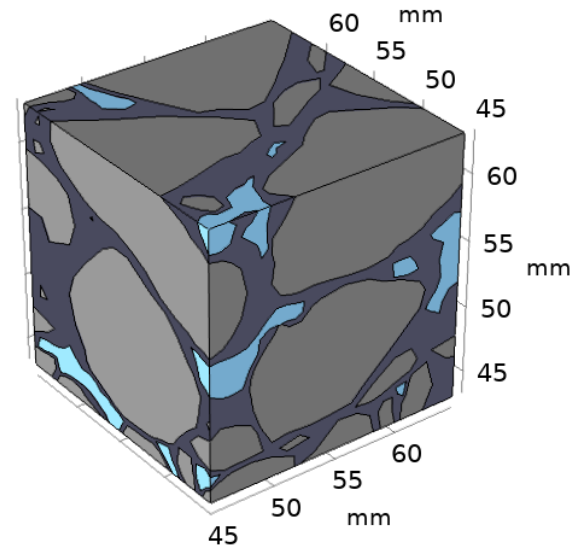
Separering av mekanismer till moduler möjliggör:

- ❄ Identifiering av dominanta parametrar
- ❄ Relevanta tidsskalor
- ❄ Mindre beräkningstung
- ❄ Färre materialparametrar att bestämma

# Mikroskalemodellen - mikrostruktur



CT-scanning



FE mikrostruktur

# Mikroskalemodellen

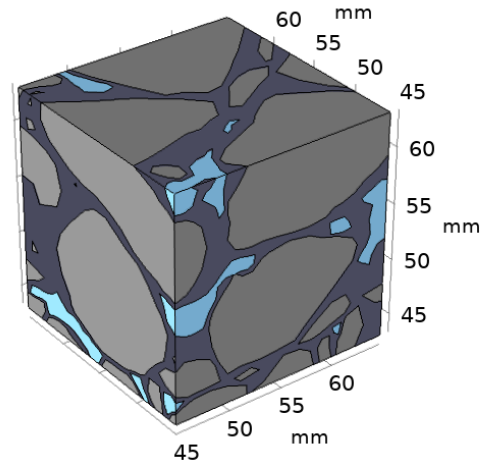
Inkluderat i modellen:

Infiltration av vatten

Vattenskada  
(Gränsskikt + Mastic)

Frysningsexpansion

Mekanisk skada  
(Gränsskikt + Mastic)

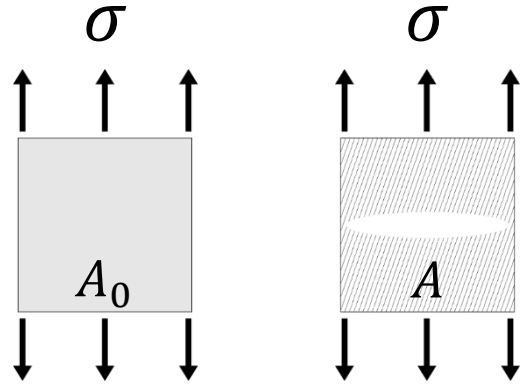


Mastic: Viskoelastisk + skada

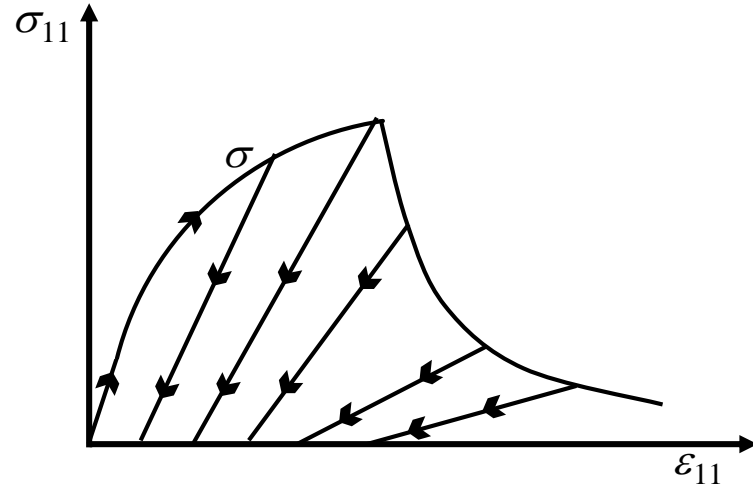
Stenmaterial: Linjärt elastiskt

Hålrum (vatten/is): Linjärt elastiskt (temperaturberoende)

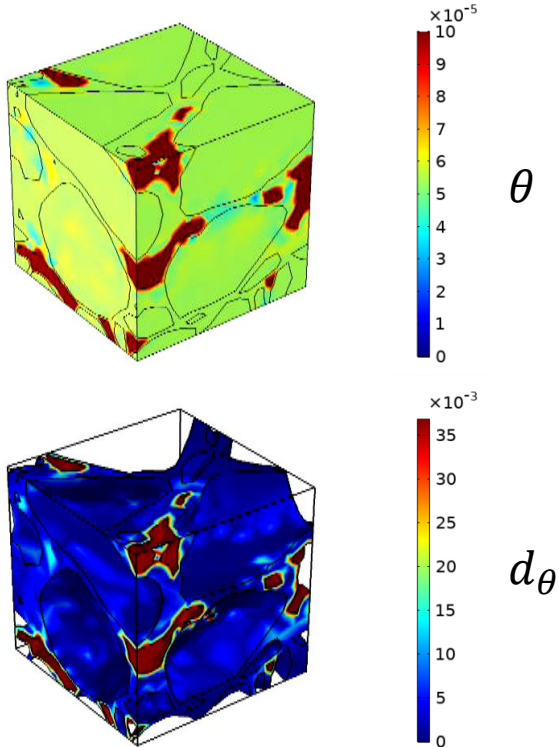
# Definition av skada



$$d_m = \frac{A_0 - A}{A_0}$$



# Mikroskalemodellen



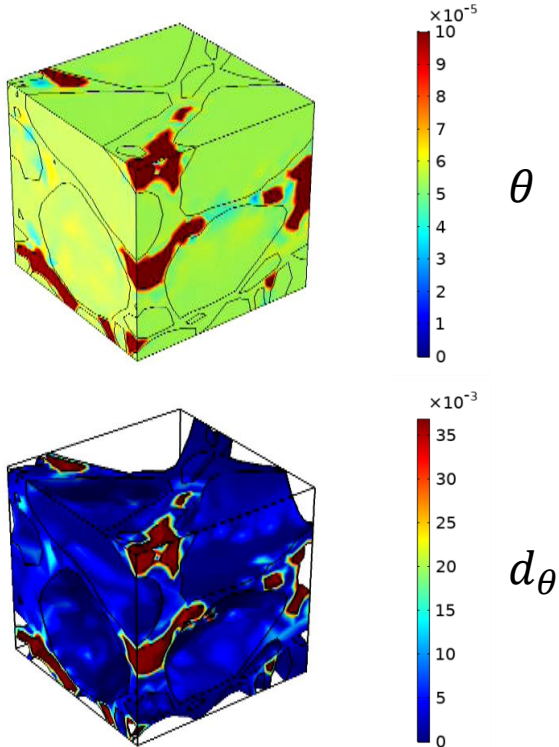
Infiltration av vatten

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = D \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2}$$

Vattenskada

$$\frac{\partial d_\theta}{\partial t} = \frac{\alpha_\theta e^{-\alpha_\theta \sqrt{\theta}}}{2\sqrt{\theta}} \dot{\theta}$$

# Mikroskalemodellen



Infiltration av vatten

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = D \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2}$$

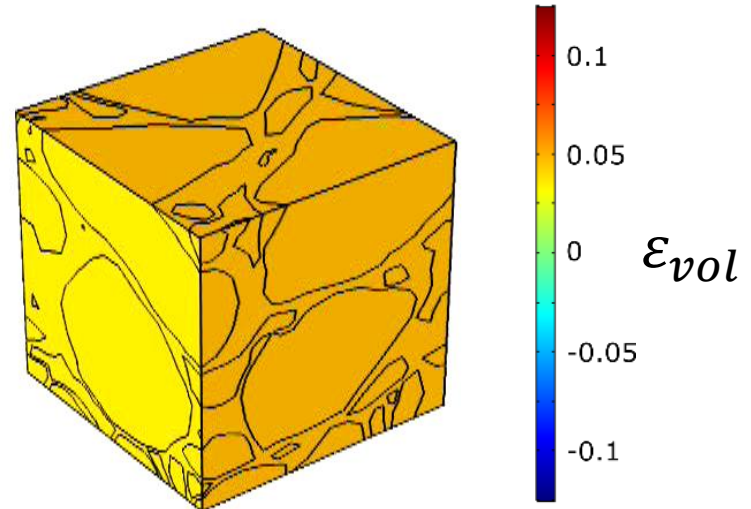
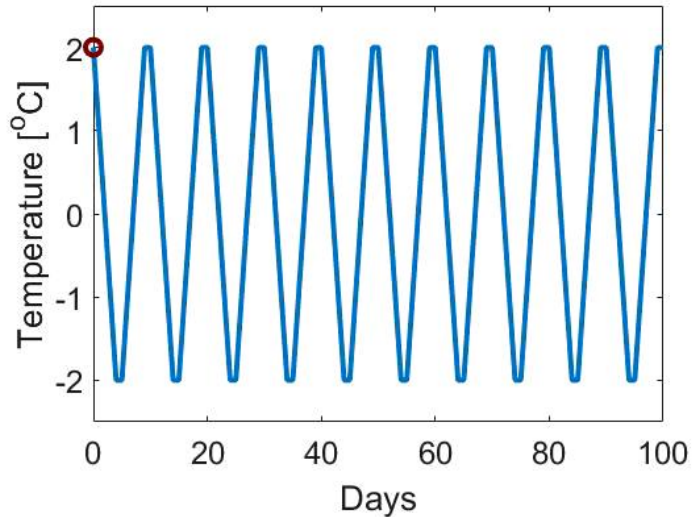
Vattenskada

$$\frac{\partial d_\theta}{\partial t} = \frac{\alpha_\theta e^{-\alpha_\theta \sqrt{\theta}}}{2\sqrt{\theta}} \dot{\theta}$$

# Mikroskalemodellen

## Frysningsexpansion

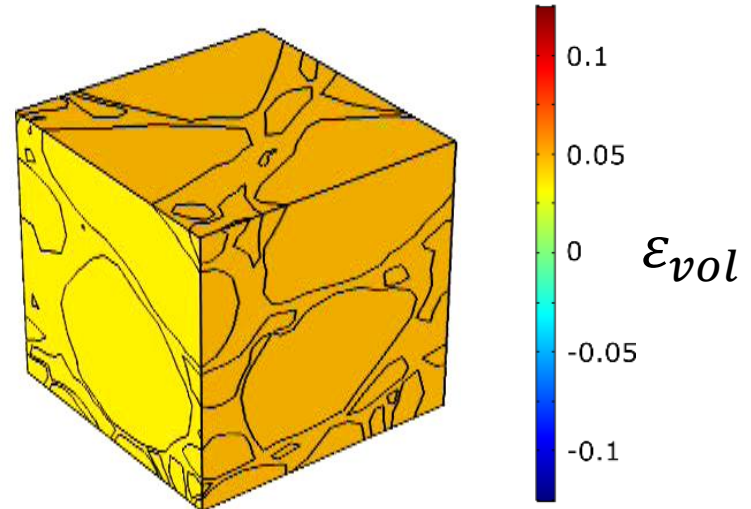
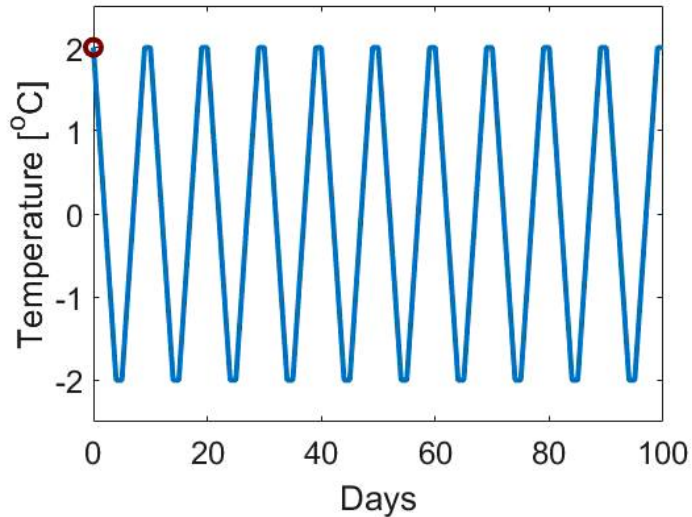
$$\varepsilon_{vol}(T) = \varepsilon_{\phi} \cdot \frac{\langle T_0 - T \rangle}{T_0 - T}$$



# Mikroskalemodellen

## Frysningsexpansion

$$\varepsilon_{vol}(T) = \varepsilon_{\phi} \cdot \frac{\langle T_0 - T \rangle}{T_0 - T}$$

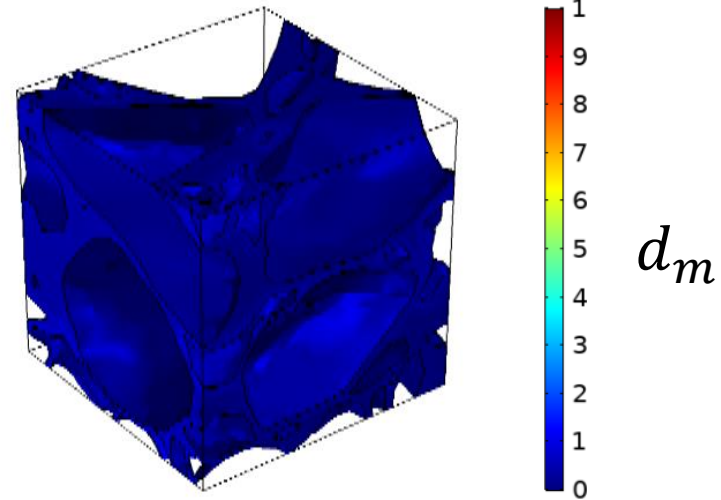
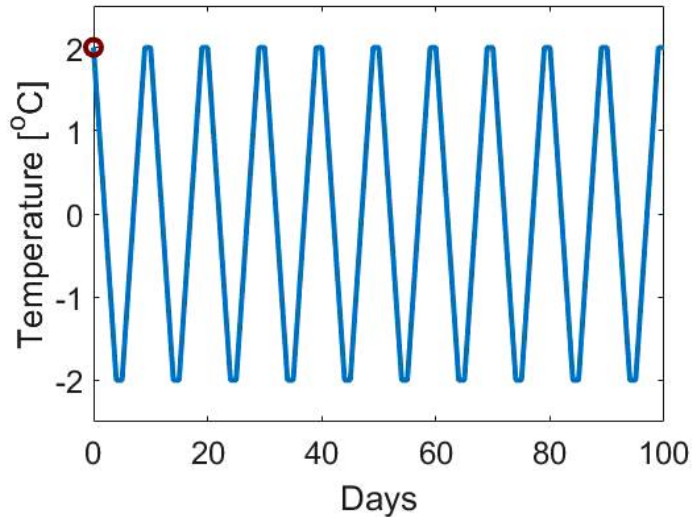




# Mikroskalemodellen

Mekanisk skada  
(Mastic)

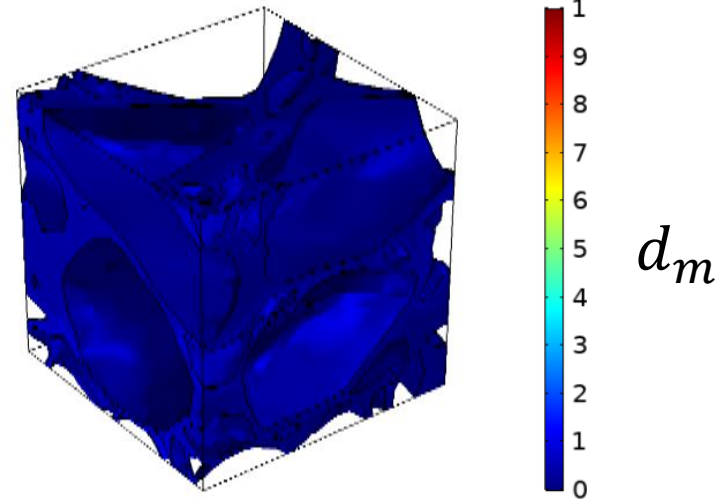
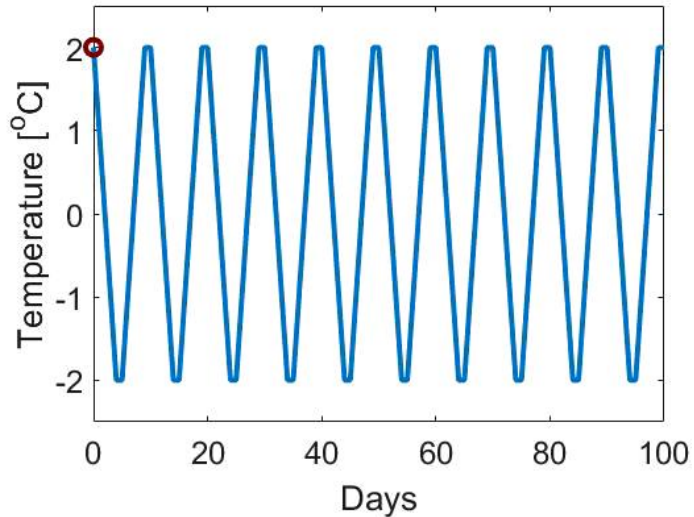
$$\frac{\partial d_m}{\partial t} = \left\langle \frac{F^d}{K^d} \right\rangle^{N^d}$$



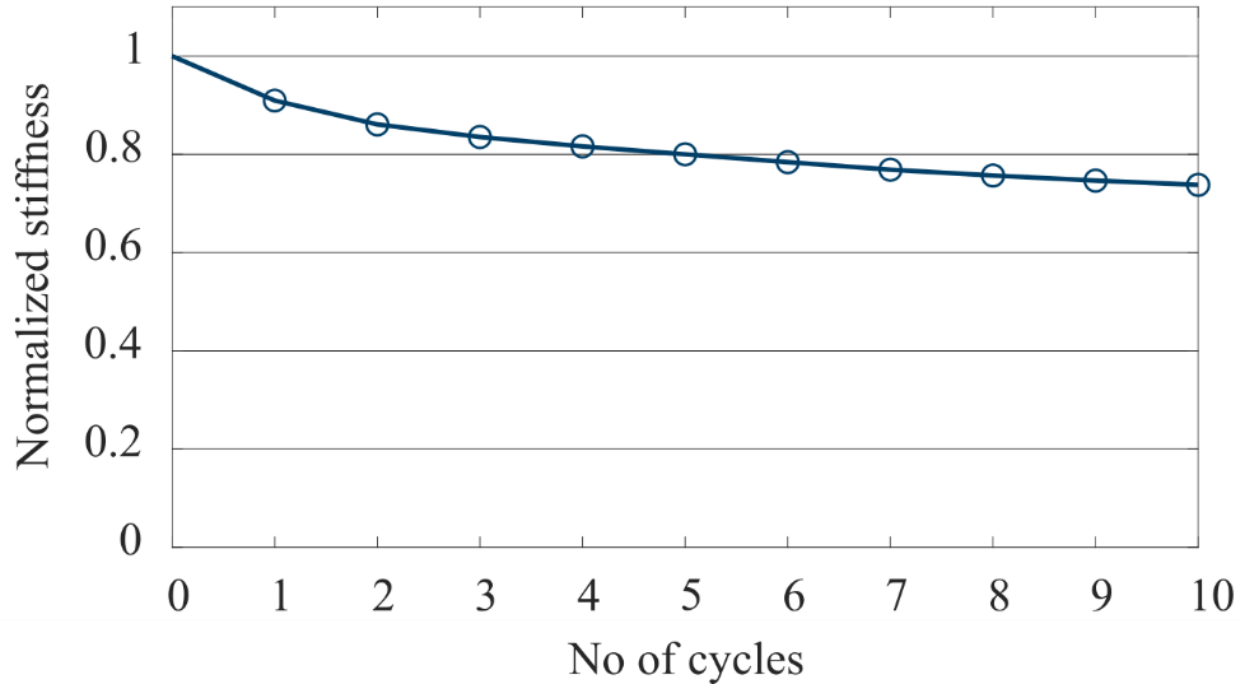
# Mikroskalemodellen

Mekanisk skada  
(Mastic)

$$\frac{\partial d_m}{\partial t} = \left\langle \frac{F^d}{K^d} \right\rangle^{N^d}$$

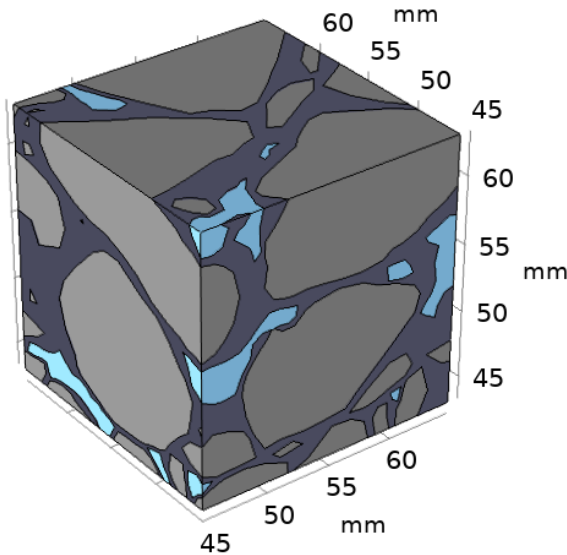


# Mikroskalemodellen – Effekt av antal FTC



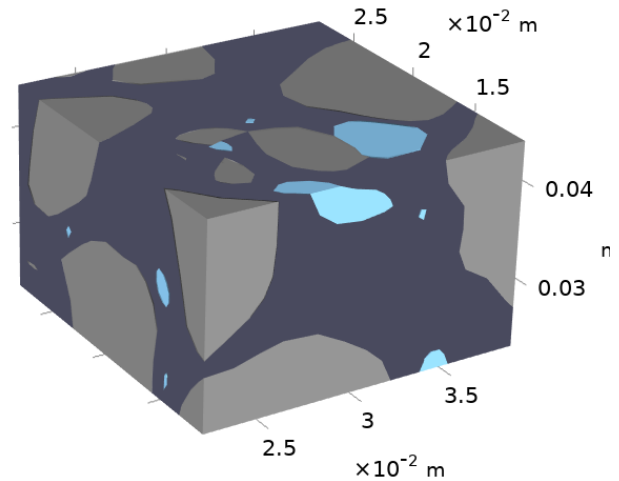
# Mikroskalemodellen – Effekt av mängden hålrum

Öppen struktur  
(11,25%)

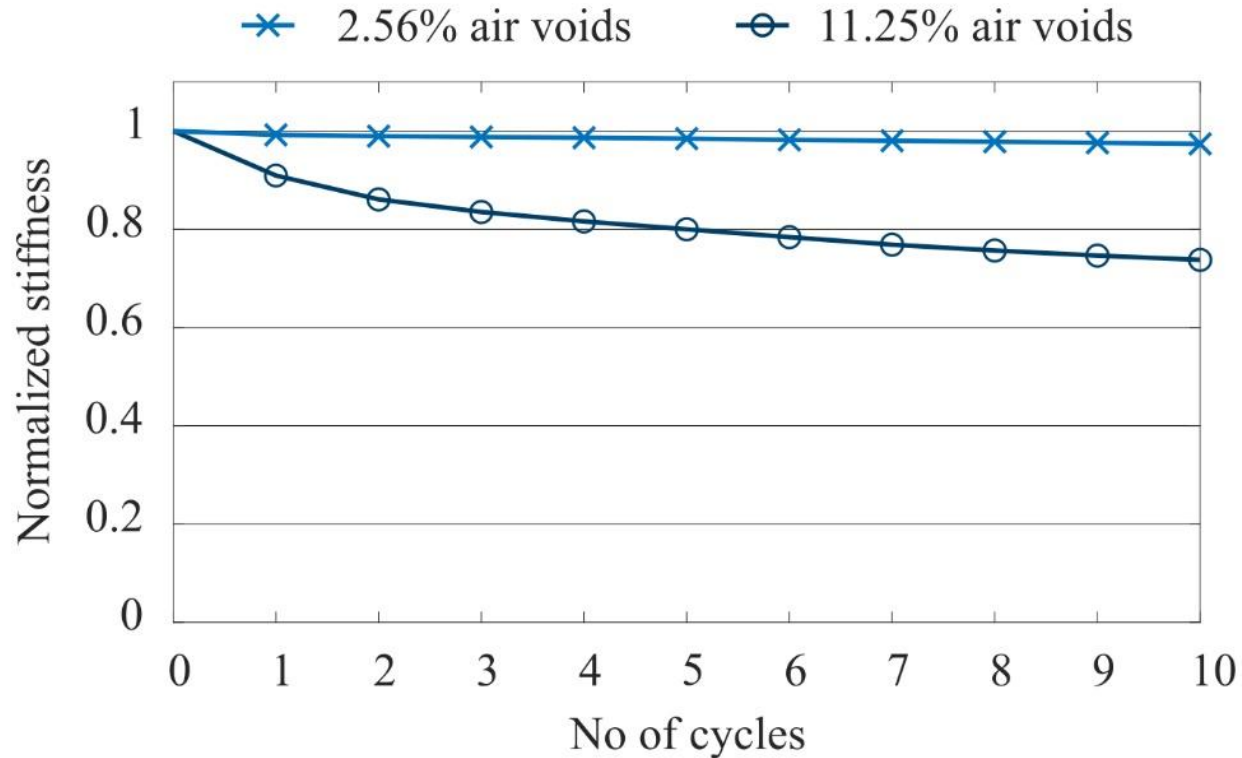


vs

Tät struktur  
(2,56%)



# Mikroskalemodellen – Effekt av mängden hålrum





# Framtida steg

Uppdatering av mikroskalemodellen

Experiment

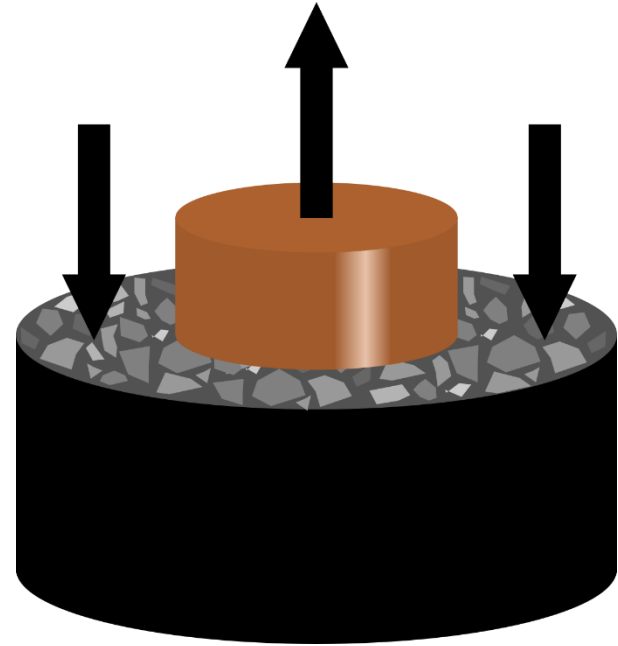
- ❄ Information (effekt av vatten, frys-töcykler, vinterunderhåll)
- ❄ Validering av modellen
- ❄ Input till modellen (materialparametrar)

Utvärdering av nuvarande standardmetoder

# Framtida steg – Utvärdering av standardmetod

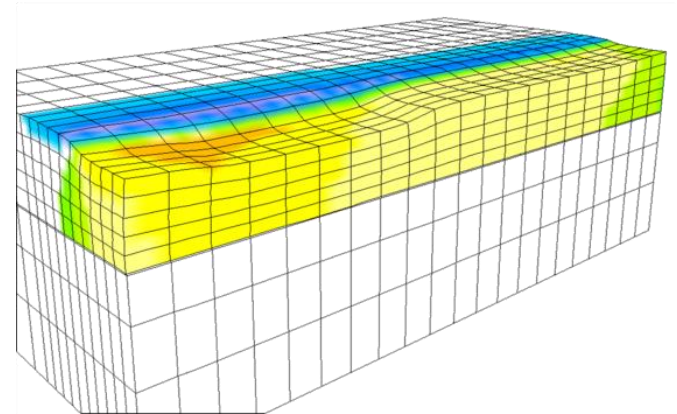
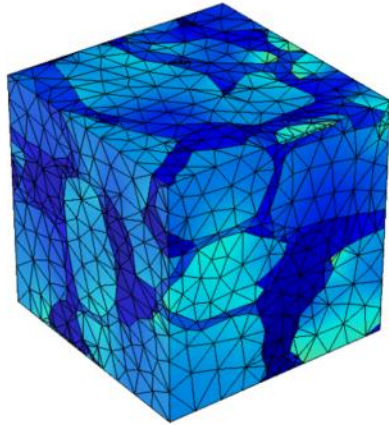
SS-EN 12697-41 Beständighet  
mot avisningsmedel

- ✿ Stor variation i typ av brott och brottlast
- ✿ Vad händer inuti materialet?
- ✿ Ge rekommendationer för förbättringar/uppdateringar



# Framtida steg

Utveckling av vägstruktursmodell + multiskalekoppling







# Tack!

Kontakt:

llov@kth.se

08-790 87 06



TRAFIKVERKET

