

VIII SUOMEN MEKANIKKAPÄIVÄT

On Viscoplastic Regularization of Strain Softening Solids

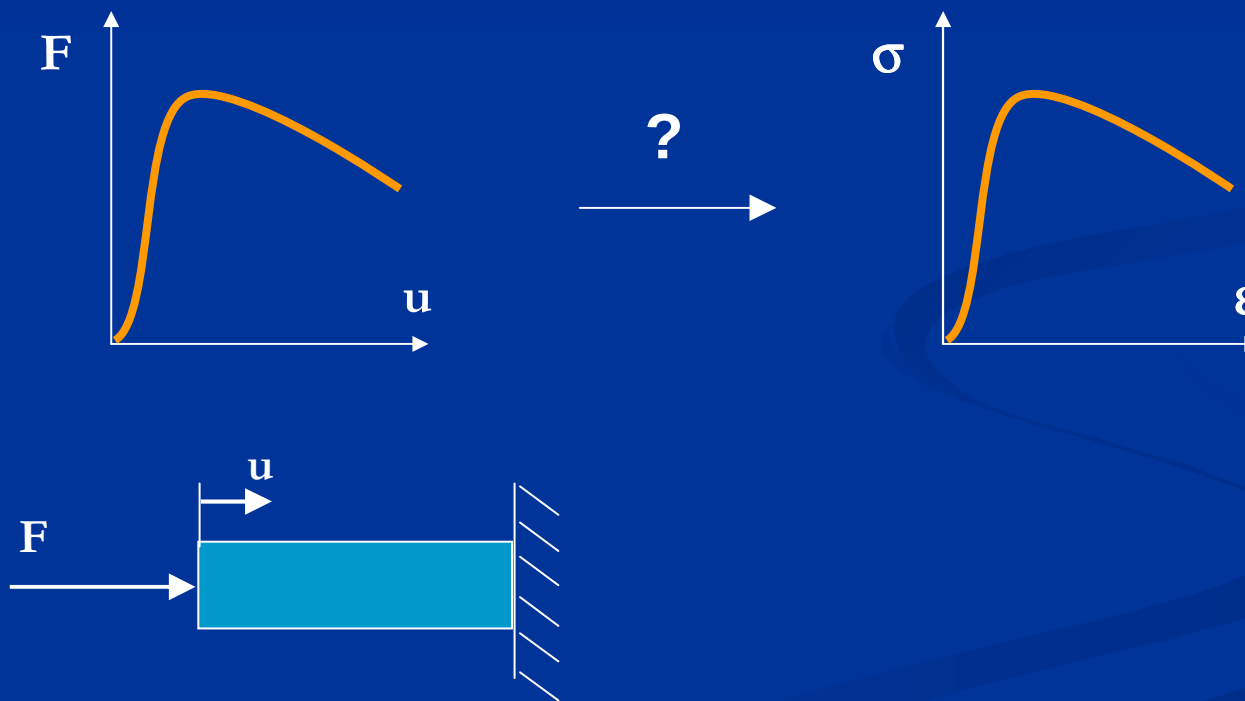
Kolari, K.¹, Kouhia, R.² & Kärnä, T.¹

¹VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

²TKK Rakenteiden mekaniikka

Myötöpehmeneminen

- Materiaalin ominaisuus?



Myötöpehmeneminen

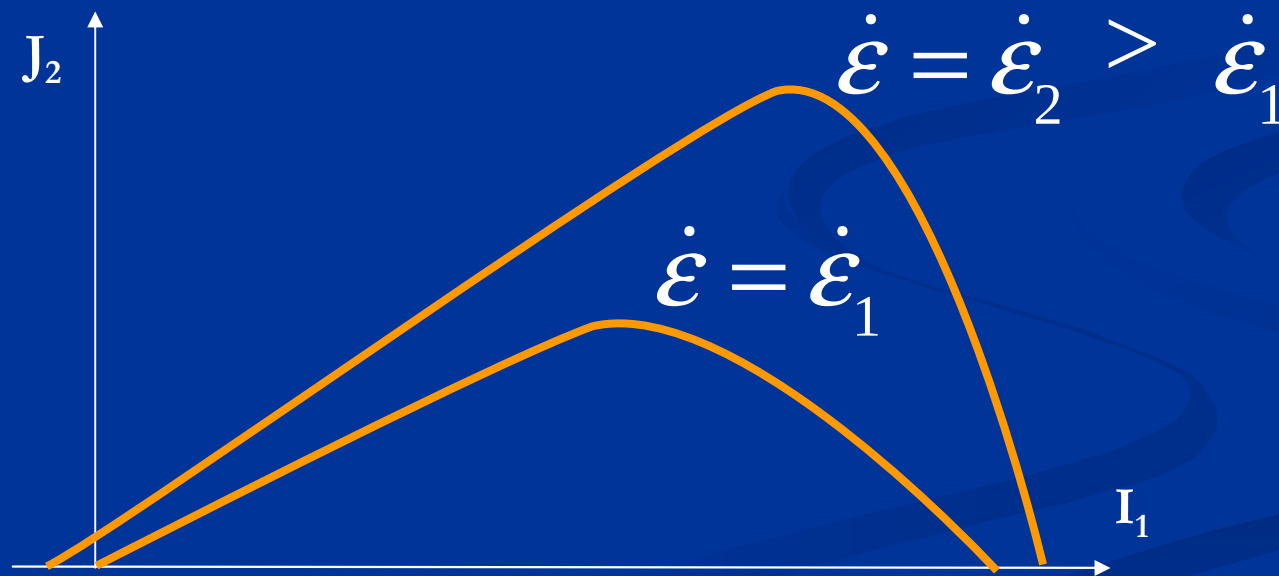
- Standardi kontinuumimalli ei päde
- Liiketyhtälön luonne
 - Hyperbolinen $\Rightarrow$ Elliptinen

$$C = C_e \sqrt{\frac{f'}{E + f'}}$$

$$\sigma = f(\varepsilon^p)$$

Parannuskeinoja

- Kontinuumimallin tarkennus
- Ei-paikallinen materiaalmalli
- muodonmuutosnopeusriippuva materiaalmalli



Viskoplastiset mallit

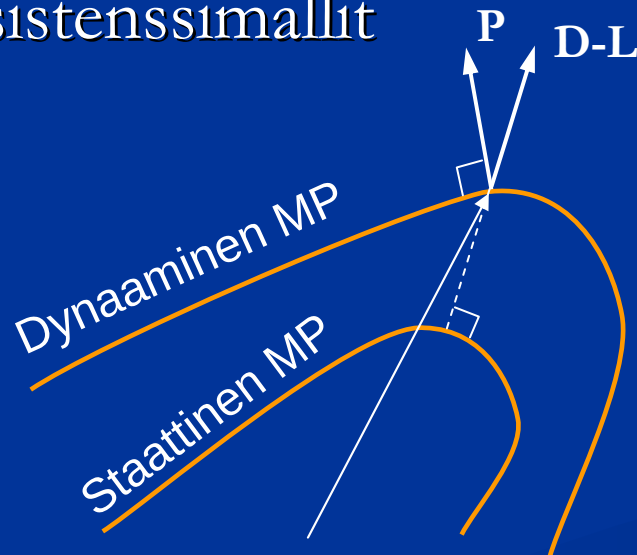
- Ylijännitysmallit

- Perzyna
- Duvaut-Lions

$$\dot{\boldsymbol{\varepsilon}}^{vp} = \frac{1}{\eta} \phi(f) \frac{\partial g}{\partial \boldsymbol{\sigma}}$$

$$\dot{\boldsymbol{\varepsilon}}^{vp} = \frac{1}{\eta} (\mathbf{C}^e)^{-1} [\boldsymbol{\sigma} - \mathbf{P}\boldsymbol{\sigma}]$$

- Konsistenssimallit



Paikka- vs. aikagradienntti

- Gradienttiplastisuusmalli

$$f(\sigma, K) + g \nabla^2 \lambda = 0$$

Konsistenssiehto

$$g \nabla^2 \dot{\lambda} - h \dot{\lambda} + \mathbf{n}^T \dot{\boldsymbol{\sigma}} = 0$$

- Konsistenssi viskoplastinen malli

$$f(\boldsymbol{\sigma}, K, \dot{\boldsymbol{\epsilon}}^{vp}) = 0$$

Konsistenssiehto

$$a \ddot{\lambda} - b \dot{\lambda} + c = 0$$

Perzyna- vs. konsistenssimalli

$$f(\boldsymbol{\sigma}, K, \dot{\boldsymbol{\varepsilon}}^{vp}) = F(\boldsymbol{\sigma}, K) - \bar{F}(\dot{\boldsymbol{\varepsilon}}^{vp}) = 0$$

$$\bar{F} = \varphi(\eta \dot{\boldsymbol{\varepsilon}}^{vp})$$

$$\varphi = \phi^{-1}$$

$$\dot{\boldsymbol{\varepsilon}}^{vp} = \frac{1}{\eta} \phi(F) \frac{\partial g}{\partial \boldsymbol{\sigma}}$$

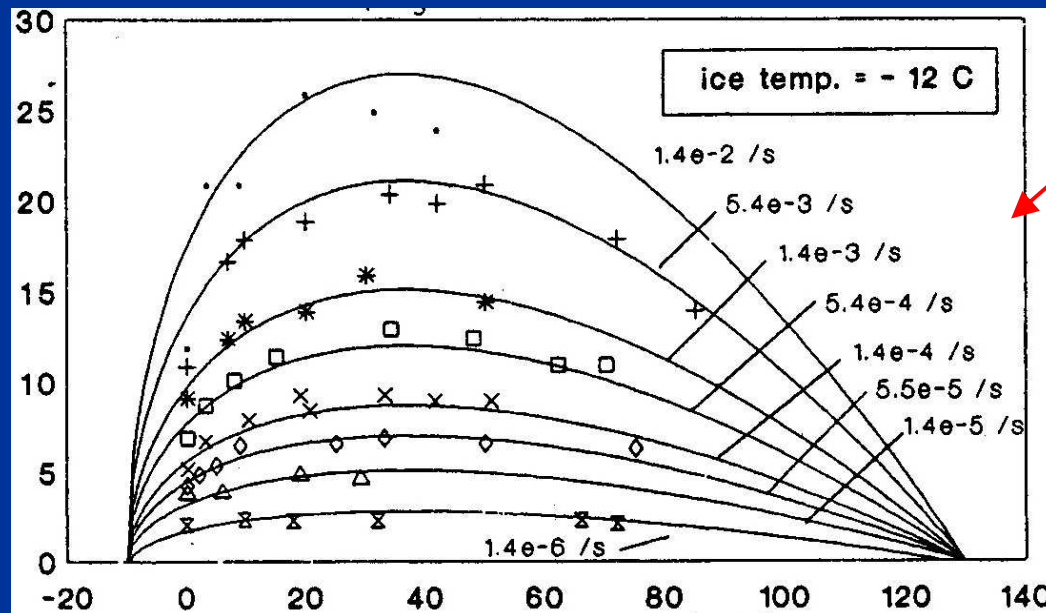
$$\phi(F) = \left\langle \frac{F}{\sigma_{ref}} \right\rangle^p$$

Jään dynaaminen myötöehto

$$f = \sqrt{3J_2} - \frac{\tan \theta}{C + T} (C - p) \sqrt{T + p}$$

$$f(\sigma, K, \dot{\epsilon}^{vp}, T) = 0$$

$$\theta = a \left(\dot{\epsilon}^{vp} \right)^q$$



Jonesin kolmiaksaalikokeet

Mises - Puristus

- Lineaarinen pehmeneminen

$$E = 11920$$

$$\nu = 0.49$$

$$\sigma_y = 100$$

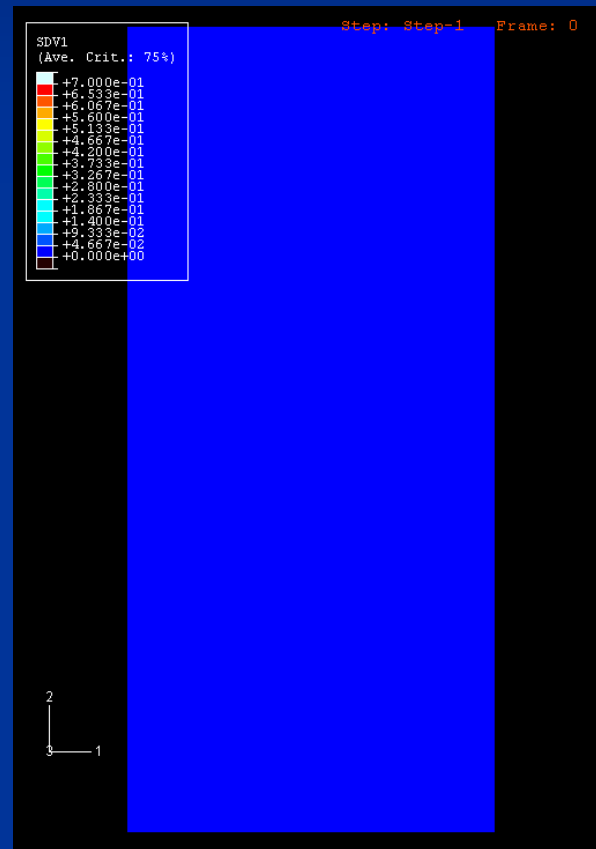
$$\sigma_{\text{ref}} = 100$$

$$h = 200$$

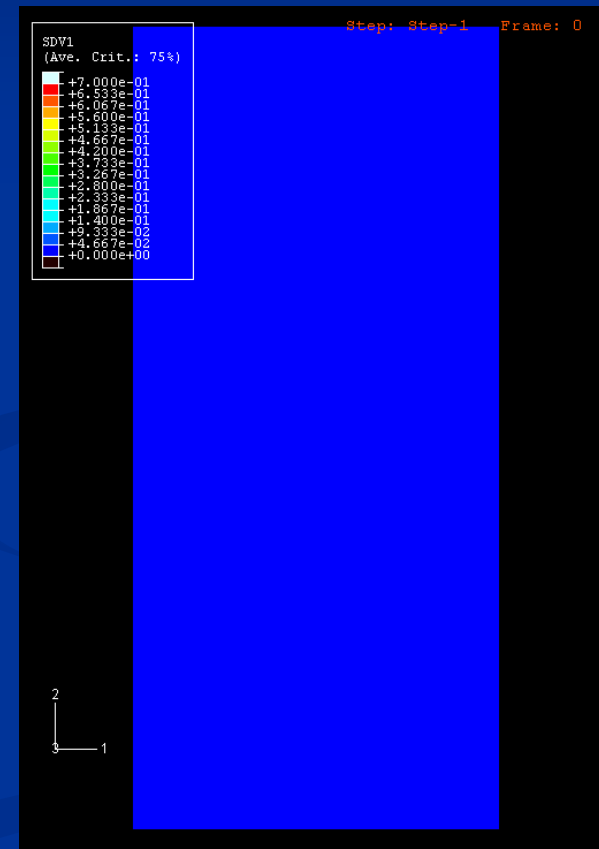
$$\eta = 0.4$$

$$\dot{\epsilon} = 0.0321$$

dimensio 60x120



Häiriö 0,5x0,5



Häiriö 10x10

Mises - Puristus

- Exponentiaalinen pehmeneminen

$$E = 11920$$

$$\nu = 0.49$$

$$\sigma_y = 100$$

$$\sigma_{\text{ref}} = 100$$

$$h_0 = -9000$$

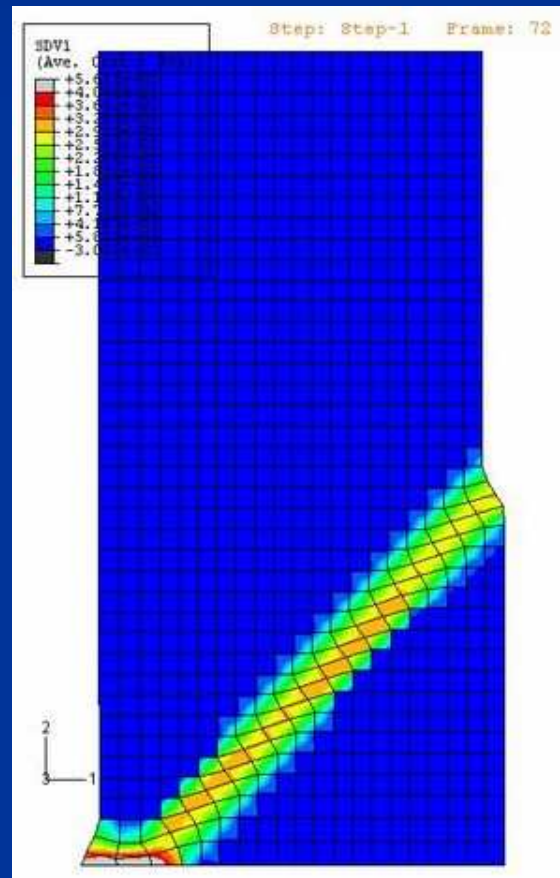
$$K_0 = -90$$

$$C = 100$$

$$\eta = 0.2$$

$$\dot{\varepsilon} = 0.0321$$

dimensio 60x120



$$f = \sqrt{3J_2} - \sigma_y - K$$
$$K = K_0 [1 - \exp(-C\bar{\varepsilon}^{vp})]$$
$$h_0 = \partial K / \partial \bar{\varepsilon}^{vp}, \text{ kun } \bar{\varepsilon}^{vp} = 0$$

