

# PuuERA-rakennejärjestelmän painumalaskelma



## Lähtötiedot

### Rakenne (viereinen kuva)

Seinät: halkaistu liimapuu GL28c

Sidepuut: halkaistu liimapuu GL28c

Välipohja:

- Kannattajat: liimapuu GL28c
- Tukipalkki: liimapuu GL32c

### Kuormitus

kuormitus otetaan todellisista käyttörajatilan kuormituksista.  
rakennuksen 1. krs kuormat.

### Olosuhteet

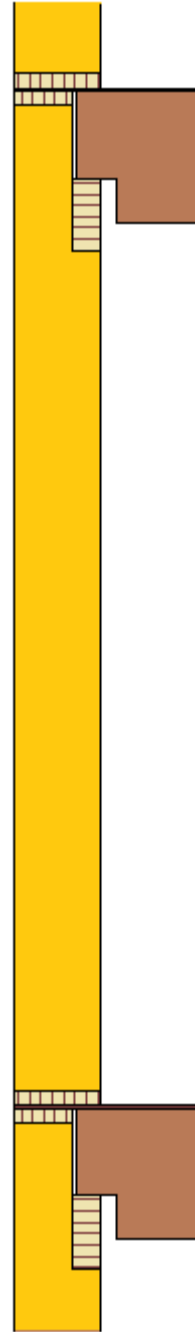
Liimapuun toimituskosteus 10-14 %, kuljetuksen ja rakentamisen aikana puu kostuu 1,5 %.

Laskentaan alkukosteus 13 % saadaan, kun toimitus kosteudeksi 12 % ja siihen lisätään 1 %, rakentamisen ajalta.

Loppukosteus 8 % on keskimääräinen kosteuspitoisuus puurakenteessa sisätiloissa.

$M_I := 13$  alkutilanteen kosteus

$M_F := 8$  lopputilanteen kosteus



# 1 KERROKSEN PAINUMA

## Kuivumisen aiheuttama kutistuma

### seinätolppa

$$d_s := 3150 \text{ mm}$$

tolpan korkeus

$$C_s := 0.0001$$

syyn suunnan kerroin

$$\Delta D_s := d_s \cdot [C_s \cdot (M_F - M_I)]$$

tolpan pituuden muutos

$$\Delta D_s = -1.6 \cdot \text{mm}$$

### juoksut (sidepuut)

$$d_{rj} := 42 \text{ mm}$$

sidepuun paksuus

$$C_R := 0.00130$$

säteen suunnan kerroin

$$\Delta D_{Rj} := d_{rj} \cdot [C_R \cdot (M_F - M_I)]$$

sidepuun muodonmuutos  
säteen suunnan kertoimella

$$\Delta D_{Rj} = -0.3 \cdot \text{mm}$$

$$C_T := 0.00274$$

tangentin suunnan kerroin

$$\Delta D_{Tj} := d_{rj} \cdot [C_T \cdot (M_F - M_I)]$$

sidepuun muodonmuutos  
tangentin suunnan kertoimella

$$\Delta D_{Tj} = -0.6 \cdot \text{mm}$$

tangentin arvoilla laskettaessa tulee painuman yliarvointia ja säteen arvoilla laskettuna aliarvointia, joten painumien tarkastelun laskennassa käytetään arvojen keskiarvoa

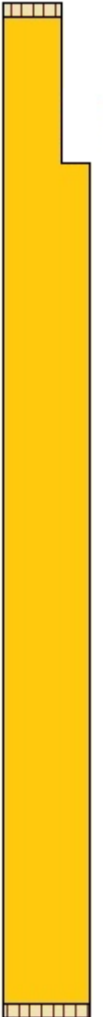
$$\Delta D_j := \frac{\Delta D_{Tj} + \Delta D_{Rj}}{2}$$

$$\Delta D_j = -0.4 \cdot \text{mm}$$

### seinäosan kokonaiskutistuma

$$\Delta D_{\text{kutistuma}} := \Delta D_s + 2 \cdot \Delta D_j$$

$$\Delta D_{\text{kutistuma}} = -2.4 \cdot \text{mm}$$



**Kokoonpuristuma normaalivoimasta**

$$E_{\text{mean}} := 12600 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

kimmokerroin syyn suuntaan

$$E_{90,\text{mean}} := 390 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

kimmokerroin 90° kulmassa syyn suuntaan

$$k_{\text{def}} := 0.6$$

viruman huomioiva kerroin

**kuormat**

$$k := 0.6\text{m}$$

tolppien keskiöetäisyys

$$P_{\text{pysyvä}} := -34.02 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

käyttörajan pysyvät kuormat

$$P_{\text{muuttuva}} := -25.01 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

käyttörajan muuttuvat kuormat

**seinätolppa**

$$L := d_s$$

tolpan pituus

$$A := 270\text{mm} \cdot 42\text{mm}$$

puristusala

$$W_{\text{inst.G}} := \frac{P_{\text{pysyvä}} \cdot L}{A \cdot E_{\text{mean}}}$$

puristuma pysyvistä kuormista

$$W_{\text{inst.G}} = -0.5 \cdot \text{mm}$$

$$W_{\text{inst.muu}} := \frac{P_{\text{muuttuva}} \cdot L}{A \cdot E_{\text{mean}}}$$

puristuma muuttuvista kuormista

$$W_{\text{inst.muu}} = -0.3 \cdot \text{mm}$$

tolpan kokonaispuristuma viruma huomioituna

$$W_{\text{seinä}} := (1 + k_{\text{def}}) \cdot W_{\text{inst.G}} + (1 + 0.2 \cdot k_{\text{def}}) \cdot W_{\text{inst.muu}}$$

$$W_{\text{seinä}} = -1.1 \cdot \text{mm}$$

**juoksut**

$$A := 270\text{mm} \cdot 42\text{mm}$$

puristusala

$$L := 42\text{mm}$$

sidepuun paksuus

$$W_{\text{inst.G}} := \frac{P_{\text{pysyvä}} \cdot L}{A \cdot E_{90,\text{mean}}}$$

puristuma pysyvistä kuormista

$$W_{\text{inst.G}} = -0.2 \cdot \text{mm}$$

$$W_{\text{inst.muu}} := \frac{P_{\text{muuttuva}} \cdot L}{A \cdot E_{90,\text{mean}}}$$

puristuma muuttuvista kuormista

$$W_{\text{inst.muu}} = -0.1 \cdot \text{mm}$$

sidepuun kokonaispuristuma viruma huomioituna

$$W_{\text{juoksu}} := (1 + k_{\text{def}}) \cdot W_{\text{inst.G}} + (1 + 0.2 \cdot k_{\text{def}}) \cdot W_{\text{inst.muu}}$$

$$W_{\text{juoksu}} = -0.5 \cdot \text{mm}$$

seinän kokonaispuristuma viruma huomioituna

$$W := W_{\text{seinä}} + 2 \cdot W_{\text{juoksu}}$$

**Kerroksen kokonaispainuma**

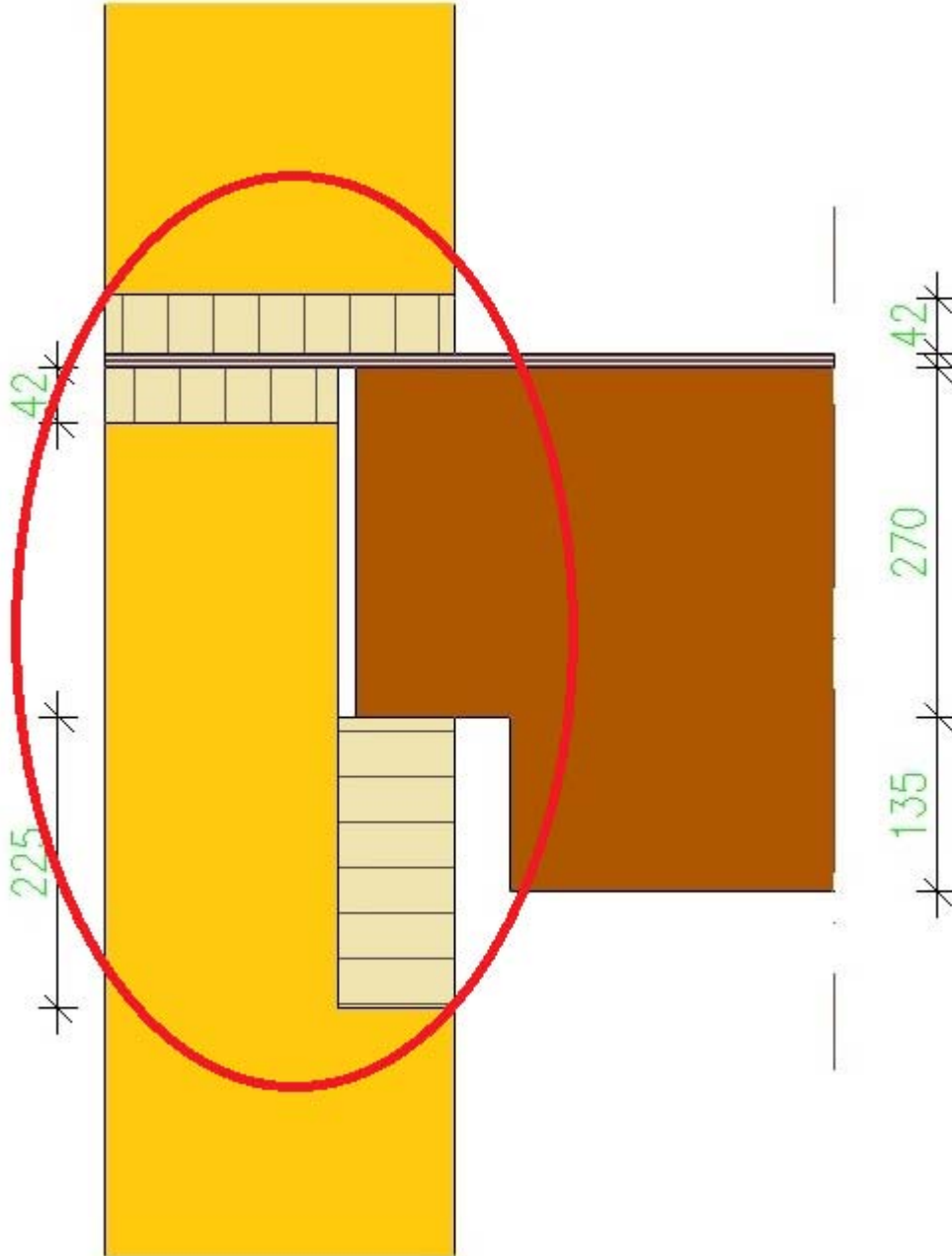
$$w = -2 \cdot \text{mm}$$

$$W_{\text{kerros}} := W + \Delta D_{\text{kutistuma}}$$

$$W_{\text{kerros}} = -4.5 \cdot \text{mm}$$



## 2 Palkin kohdan tarkastelu



## Palkin kohdan kuivumiskutistuma

### Tukipalkki

$$d_{rp} := 225 \text{ mm}$$

palkin korkeus

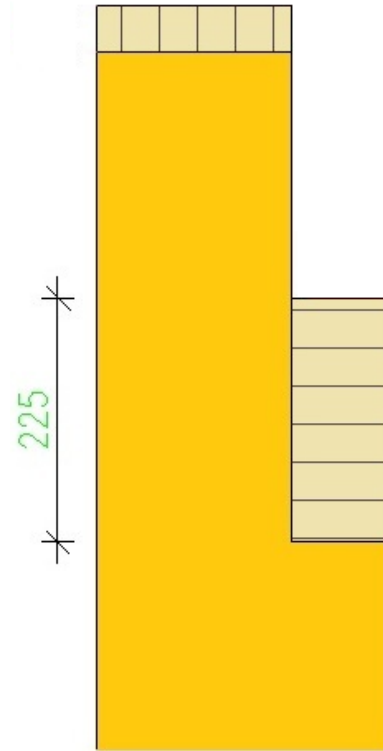
$$C_R = 0.0013$$

säteen suuntainen kerroin

$$\Delta D_{Rp} := d_{rp} \cdot [C_R \cdot (M_F - M_I)]$$

palkin kutistuma

$$\Delta D_{Rp} = -1.5 \cdot \text{mm}$$



### Väli­pohjan­palkki

$$d_{rvp} := 270 \text{ mm}$$

palkin korkeus

$$C_R = 0.0013$$

säteen suuntainen kerroin

$$\Delta D_{Rvp} := d_{rvp} \cdot [C_R \cdot (M_F - M_I)]$$

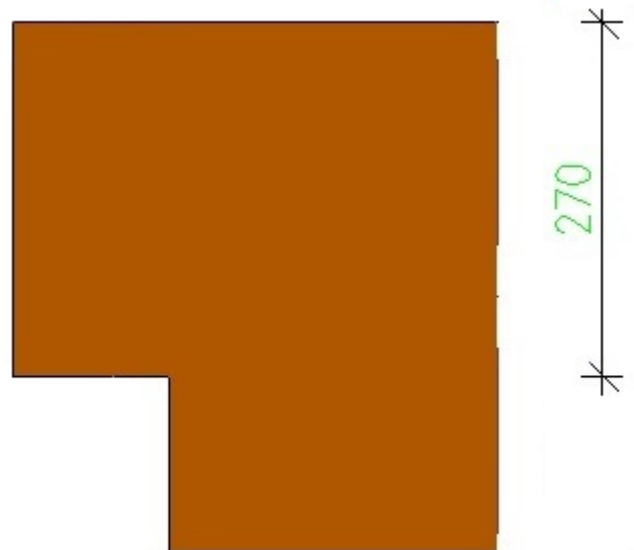
palkin kutistuma

$$\Delta D_{Rvp} = -1.8 \cdot \text{mm}$$

### Palkkien kokonaiskutistuma

$$\Delta D_{palkinkohta} := \Delta D_{Rp} + \Delta D_{Rvp}$$

$$\Delta D_{palkinkohta} = -3.2 \cdot \text{mm}$$



## Palkin kohdan puristuma

### kuormat

$$P_{\text{pysyvä}} := -6.23 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{käyttörajan pysyvät kuormat}$$

$$P_{\text{muuttuva}} := -5.67 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{käyttörajan muuttuvat kuormat}$$

$$k := 0.6\text{m} \quad \text{palkkien keskiöetäisyys}$$

### tukipalkki

$$A := 90\text{mm} \cdot 90\text{mm} \quad \text{puristusala}$$

$$d_{\text{rp}} = 225 \cdot \text{mm} \quad \text{palkin korkeus}$$

$$W_{\text{inst.G}} := \frac{P_{\text{pysyvä}} \cdot d_{\text{rp}}}{A \cdot E_{90.\text{mean}}} \quad \text{puristuma pysyvistä kuormista} \quad W_{\text{inst.G}} = -0.3 \cdot \text{mm}$$

$$W_{\text{inst.muu}} := \frac{P_{\text{muuttuva}} \cdot d_{\text{rp}}}{A \cdot E_{90.\text{mean}}} \quad \text{puristuma muuttuvista kuormista} \quad W_{\text{inst.muu}} = -0.2 \cdot \text{mm}$$

tukipalkin kokonaispuristuma viruma huomioituna

$$W_{\text{palkki}} := (1 + k_{\text{def}}) \cdot W_{\text{inst.G}} + (1 + 0.2 \cdot k_{\text{def}}) \cdot W_{\text{inst.muu}} \quad W_{\text{palkki}} = -0.7 \cdot \text{mm}$$

### välipohjan-palkki

$$A := 90\text{mm} \cdot 90\text{mm} \quad \text{puristusala}$$

$$d_{\text{rvp}} = 270 \cdot \text{mm} \quad \text{palkin korkeus}$$

$$W_{\text{inst.G}} := \frac{P_{\text{pysyvä}} \cdot d_{\text{rvp}}}{A \cdot E_{90.\text{mean}}} \quad \text{puristuma pysyvistä kuormista} \quad W_{\text{inst.G}} = -0.3 \cdot \text{mm}$$

$$W_{\text{inst.muu}} := \frac{P_{\text{muuttuva}} \cdot d_{\text{rvp}}}{A \cdot E_{90.\text{mean}}} \quad \text{puristuma muuttuvista kuormista} \quad W_{\text{inst.muu}} = -0.3 \cdot \text{mm}$$

välipohjan palkin kokonaispuristuma viruma huomioituna

$$W_{\text{vpalkki}} := (1 + k_{\text{def}}) \cdot W_{\text{inst.G}} + (1 + 0.2 \cdot k_{\text{def}}) \cdot W_{\text{inst.muu}} \quad W_{\text{vpalkki}} = -0.8 \cdot \text{mm}$$

Palkin kohdan kokonaispuristuma viruma huomioituna

$$W := W_{\text{palkki}} + W_{\text{vpalkki}} \quad w = -1.5 \cdot \text{mm}$$

### Palkin kohdan kokonaispainuma

$$W_{\text{palkinkohta}} := W + \Delta D_{\text{palkinkohta}} \quad W_{\text{palkinkohta}} = -4.8 \cdot \text{mm}$$



## Kuivumisen aiheuttama kutistuma

### seinätolppa

$$d_s := 453 \text{ mm}$$

tolpan korkeus palkin kohdalla

$$C_s = 0.0001$$

syyn suuntainen kerroin

$$\Delta D_s := d_s \cdot [C_s \cdot (M_F - M_I)]$$

tolpan kutistuma

$$\Delta D_s = -0.2 \cdot \text{mm}$$

### juoksut (sidepuut)

$$d_{ij} := 42 \text{ mm}$$

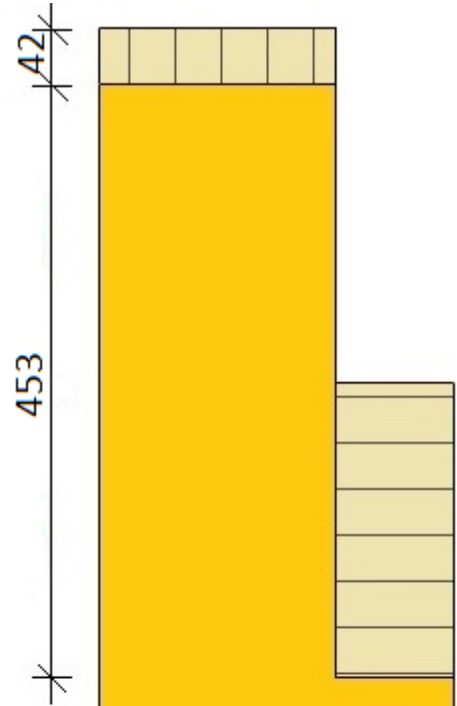
sidepuun paksuus

$$C_R = 0.0013$$

säteen suuntainen kerroin

$$C_T = 0.0027$$

tangentin suuntainen kerroin



tangentin arvoilla laskettaessa tulee painuman yliarviointia ja säteen arvoilla laskettuna aliarviointia, joten painumien tarkastelun laskennassa käytetään arvojen keskiarvoa

$$\Delta D_j := \frac{\Delta D_{Tj} + \Delta D_{Rj}}{2}$$

$$\Delta D_j = -0.4 \cdot \text{mm}$$

seinän osan kokonaiskutistuma  
palkin kohdalla

$$\Delta D_{\text{kutistuma}} := \Delta D_s + \Delta D_j$$

$$\Delta D_{\text{kutistuma}} = -0.7 \cdot \text{mm}$$

## Kokoonpuristuma normaalivoimasta

### kuormat

$$P_{\text{pysyvä}} := -34.02 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{käyttörajatilan pysyvät kuormat}$$

$$P_{\text{muuttuva}} := -25.01 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{käyttörajatilan muuttuvat kuormat}$$

$$k := 0.6\text{m} \quad \text{tolppien keskiöetäisyys}$$

### seinätolppa

$$L := d_s \quad \text{tolpan pituus}$$

$$A := 180\text{mm} \cdot 42\text{mm} \quad \text{puristusala}$$

$$W_{\text{inst.G}} := \frac{P_{\text{pysyvä}} \cdot L}{A \cdot E_{\text{mean}}} \quad \text{puristuma pysyvistä kuormista} \quad W_{\text{inst.G}} = -0.1 \cdot \text{mm}$$

$$W_{\text{inst.muu}} := \frac{P_{\text{muuttuva}} \cdot L}{A \cdot E_{\text{mean}}} \quad \text{puristuma muuttuvista kuormista} \quad W_{\text{inst.muu}} = -0.1 \cdot \text{mm}$$

tukipalkin kokonaispuristuma viruma huomioituna

$$W_{\text{seinä}} := (1 + k_{\text{def}}) \cdot W_{\text{inst.G}} + (1 + 0.2 \cdot k_{\text{def}}) \cdot W_{\text{inst.muu}} \quad W_{\text{seinä}} = -0.2 \cdot \text{mm}$$

### juoksut (sidepuut)

$$L := 42\text{mm} \quad \text{sidepuun paksuus}$$

$$A := 180\text{mm} \cdot 42\text{mm} \quad \text{puristusala}$$

$$W_{\text{inst.G}} := \frac{P_{\text{pysyvä}} \cdot L}{A \cdot E_{90,\text{mean}}} \quad \text{puristuma pysyvistä kuormista} \quad W_{\text{inst.G}} = -0.3 \cdot \text{mm}$$

$$W_{\text{inst.muu}} := \frac{P_{\text{muuttuva}} \cdot L}{A \cdot E_{90,\text{mean}}} \quad \text{puristuma muuttuvista kuormista} \quad W_{\text{inst.muu}} = -0.2 \cdot \text{mm}$$

tukipalkin kokonaispuristuma viruma huomioituna

$$W_{\text{juoksu}} := (1 + k_{\text{def}}) \cdot W_{\text{inst.G}} + (1 + 0.2 \cdot k_{\text{def}}) \cdot W_{\text{inst.muu}} \quad W_{\text{juoksu}} = -0.7 \cdot \text{mm}$$



seinänosan kokonaispuristuma

$$W := W_{\text{seinä}} + W_{\text{juoksu}}$$

$$W = -0.9 \cdot \text{mm}$$

**seinänosan kokonaispainuma**

$$W_{\text{seinänosa}} := W + \Delta D_{\text{kutistuma}}$$

$$W_{\text{seinänosa}} = -1.6 \cdot \text{mm}$$



### 3 TULOKSET:

#### *Kerroksen kokonaispainuma*

$$W_{\text{kerros}} = -4.5 \cdot \text{mm}$$

#### *Palkin kohdan painuman ja seinän osan painuman ero*

$$W_{\text{palkinkohta}} - W_{\text{seinänosa}} = -3.2 \cdot \text{mm}$$

