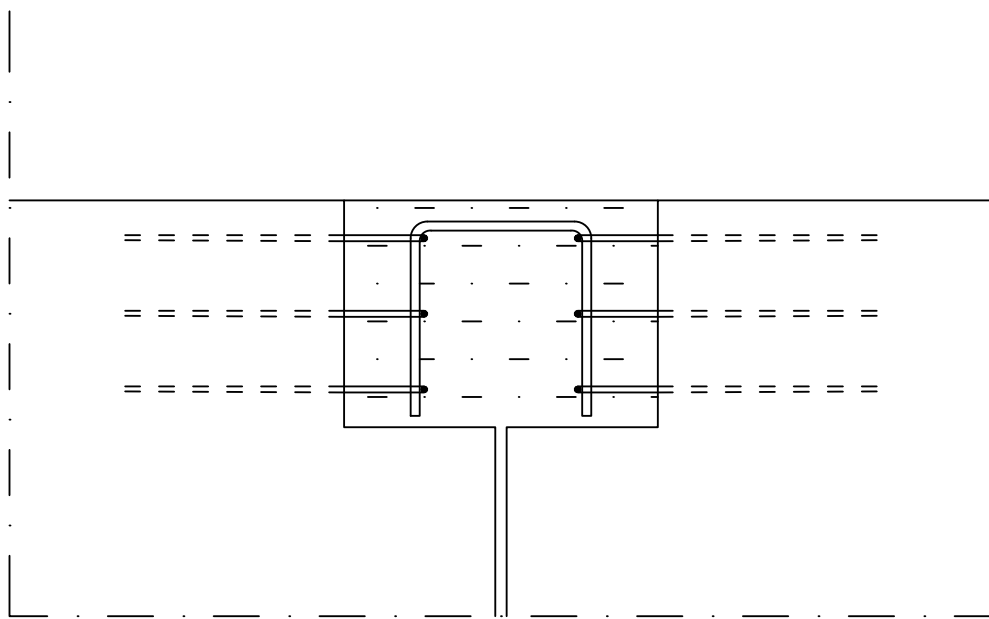


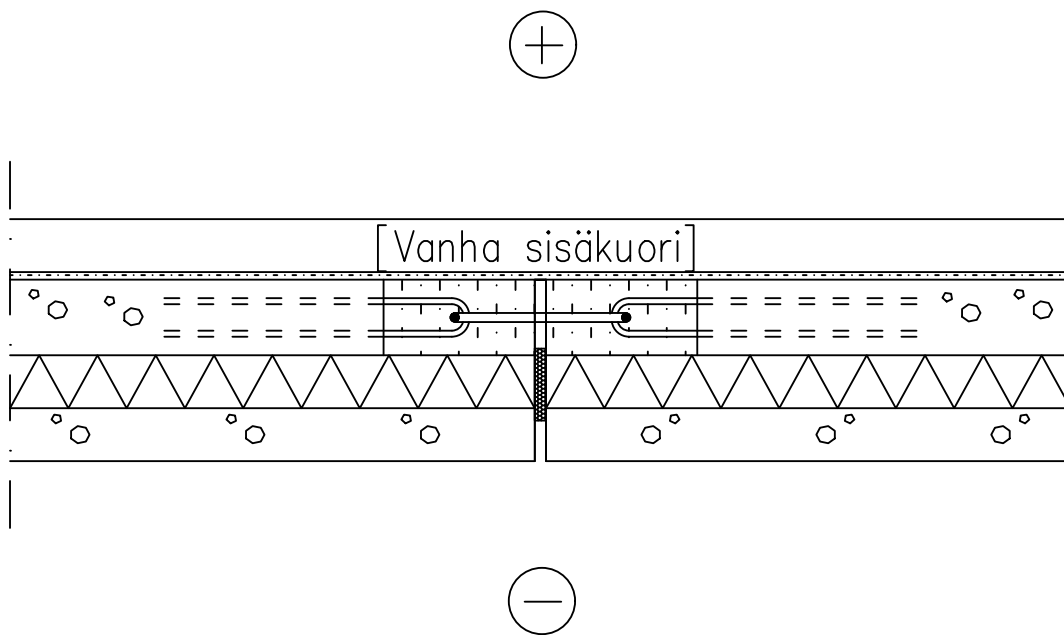
## LIITE 1:

# Liitosten periaatepiirustukset

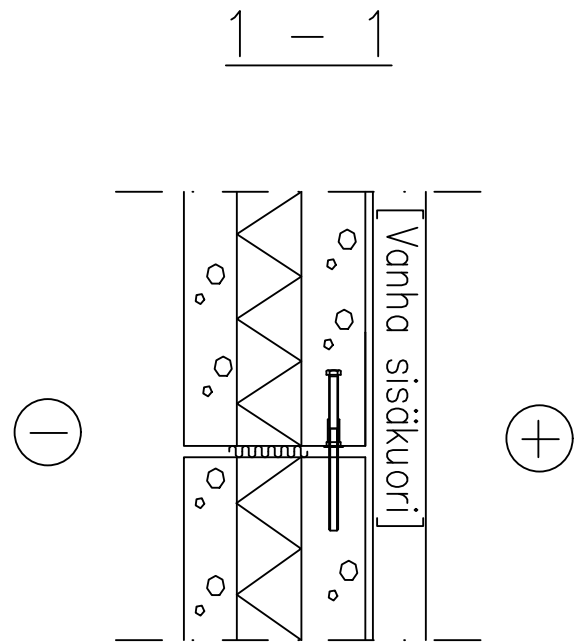
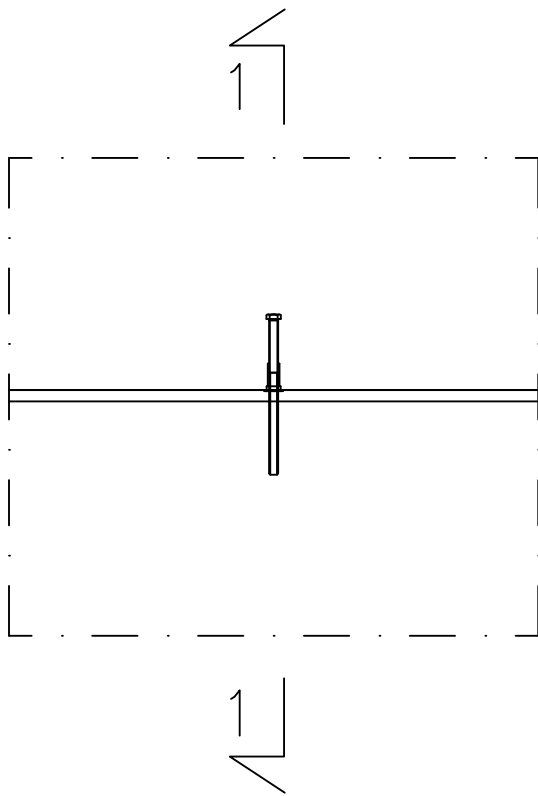
# Pystysauman periaateliitos



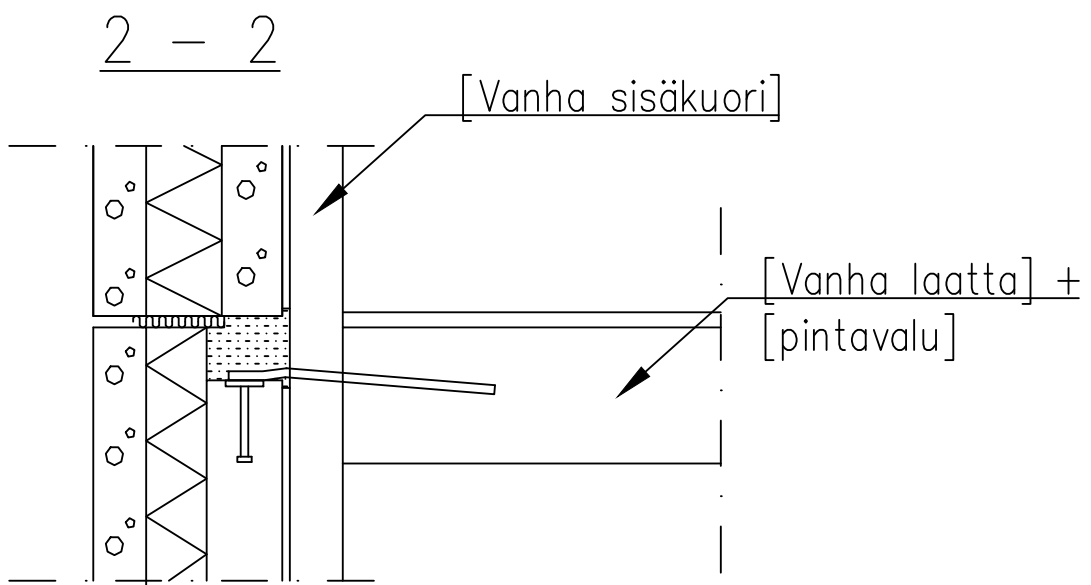
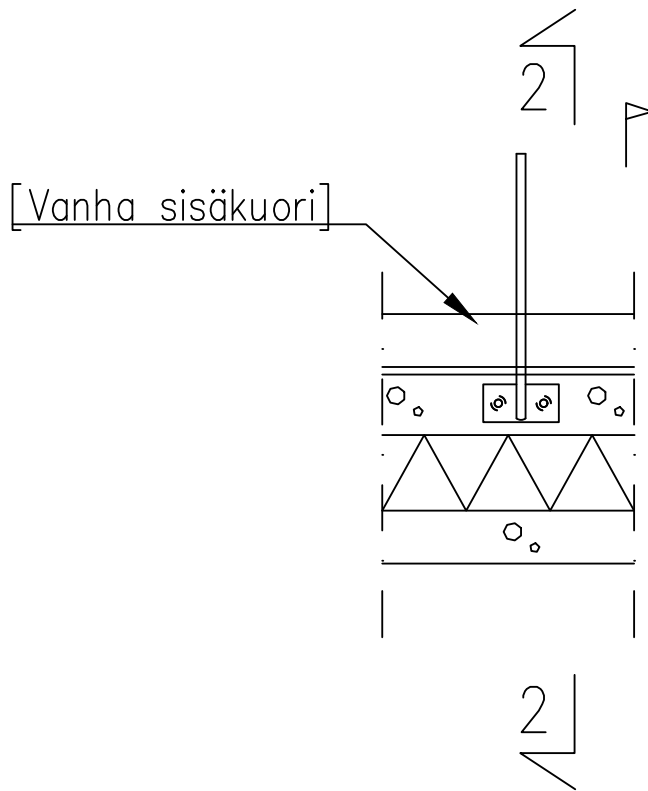
# Pystysauman periaateliitos ylhäältä



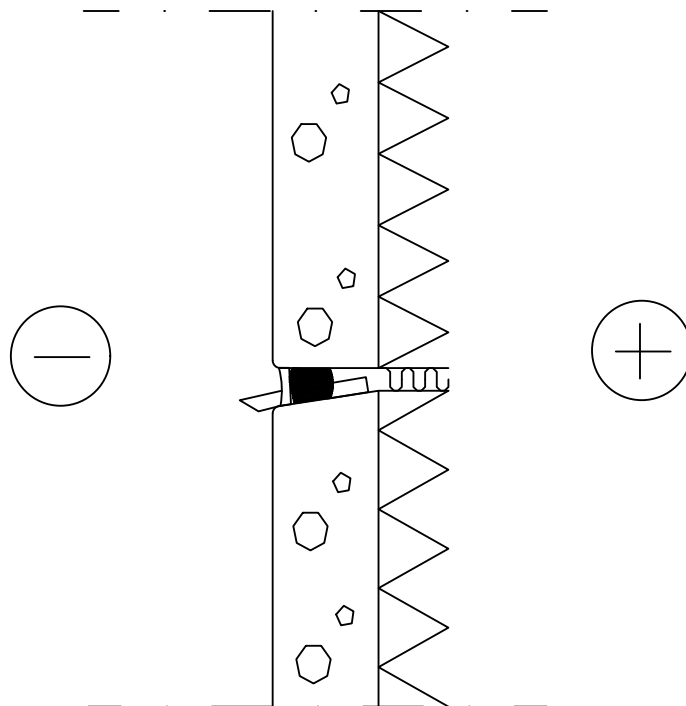
# Vaakasauman periaateliitos



# Periaateliitos elementin kiinnityksestä vanhaan rakenteeseen



# Vaakasauman tuuletuksen periaate



LIITE 2:  
Rakennelaskelmat

HOAS  
Klaneettitie 1-3  
00420 Helsinki

## Rakennelaskelmat ja mitoitus

### 1. Yleistä

Tässä asiakirjassa on esitettyä tarvittavat laskelmat kohteen ei-kantavan teräsbetonisandwich-ruutuelementin mitoittamista varten.

#### 1.1 Laskija / Mitoittaja

Insinööritoimisto Lauri Mehto Oy  
Toni Tarkkio, RI Opisk.  
email: [etunimi.sukunimi@laurimehto.fi](mailto:etunimi.sukunimi@laurimehto.fi)  
gsm: +358 XX XXX XXXX

### 2. Lähtötiedot

Kohde on 7-kerroksinen asuinkerrostalo Helsingin Kannelmäessä. Rakennuksen runko on kantavat seinät-laatasto-runko. Rakennus on perustettu louhitun kallion päälle. Julkisivu koostuu kokonaisuudessaan teräsbetonisandwich-elementeistä.

#### 2.2 Rakenteiden luokitukset

Seuraamusluokka: CC2b  
Toleranssiluokka: 1  
Toteutusluokka: 2  
Suunniteltu käyttöikä: 50 vuotta (Sisä- ja ulkokuori)  
Palonkestoluokka: REI60

#### 2.3 Materiaaliominaisuudet

Betoninlujuusluokka: C30/C37 (Sisä- ja ulkokuori, ulkokuori säänkestävä!)  
Rasitusluokka: Ulkokuori: XC3, XC4, XF1  
Sisäkuori: XC1

#### 2.4 Kuormat

##### 2.4.1 Oma paino

Mitoituksessa tarvitsee huomioida vain elementin omasta painosta tulevat kuormat. Ruutuelementti suunnitellaan siten, että se ei ota holveilta tai vesikatolta kuormia ja siirtää omasta painosta tulevat kuormat pielipilareita pitkin perustuksille sisäkuoren välilyksellä.

Sisäkuori:	$h_1 := 2800 \text{ mm}$ ja $t_1 := 80 \text{ mm}$	Tilavuuspaino: $2500 \text{ kg / m}^3$
Ulkokuori:	$h_2 := 2800 \text{ mm}$ ja $t_2 := 70 \text{ mm}$	Tilavuuspaino: $2500 \text{ kg / m}^3$
Lämmöneriste:	$h_3 := 2800 \text{ mm}$ ja $t_3 := 120 \text{ mm}$	Tilavuuspaino: $40 \text{ kg / m}^3$



Elementin oma paino metriä kohti ilman ikkuna-aukkoa:

$$massa := h_1 \cdot t_1 \cdot 2500 \frac{kg}{m^3} + h_2 \cdot t_2 \cdot 2500 \frac{kg}{m^3} + \left( h_3 \cdot t_3 \cdot 40 \frac{kg}{m^3} \right) = (1.063 \cdot 10^3) \frac{kg}{m}$$

eli kiloNewtoneissa

$$g_k := massa \cdot 10 \frac{m}{s^2} = 10.634 \frac{kN}{m}$$

Elementin dimensiot:

$$b_R := 3.46 \text{ m} \quad h_R := 2.8 \text{ m} \quad A_R := b_R \cdot h_R = 9.688 \text{ m}^2 \quad (\text{Brutto ala})$$

Ikkuna-aukko:

$$b_I := 2.1 \text{ m} \quad h_I := 1.47 \text{ m} \quad A_I := b_I \cdot h_I = 3.087 \text{ m}^2$$

$$A_N := A_R - A_I = 6.601 \text{ m}^2 \quad (\text{Netto ala})$$

**Massat:**

$$M_1 := A_N \cdot t_1 \cdot 2500 \frac{kg}{m^3} = (1.32 \cdot 10^3) \text{ kg} \quad \text{Sisäkuori}$$

$$M_2 := A_N \cdot t_2 \cdot 2500 \frac{kg}{m^3} = (1.155 \cdot 10^3) \text{ kg} \quad \text{Ulkokuori}$$

$$M_3 := A_N \cdot t_3 \cdot 40 \frac{kg}{m^3} = 31.685 \text{ kg} \quad \text{Eriste}$$

$$E_{paino} := (M_1 + M_2 + M_3) \cdot 10 \frac{m}{s^2} = 25.071 \text{ kN} \quad \text{Elementin omapaino}$$

$$\frac{E_{paino}}{3.46 \text{ m}} = 7.246 \frac{kN}{m} \quad \text{Elementin omapaino metriä kohti leveys suunnassa. Käytetään ylistyspalkkia mitoittaessa.}$$

## 2.4.2 Tuulikuormat

Tarkastellaan tuulikuormaa yhden rakenneosan kannalta yksinkertaistettuna.

$$q_{p0} := 0.66 \frac{kN}{m^2}, \text{ kun maastoluokka on 3 ja rakennuksen korkeus } z := 28 \text{ m}.$$

Voimakerroin valitaan myös nurkka-alueen imun perusteella, joten ollaan varmallalla puolella:  $c_{p.net} := 1.5$

$$q_p := c_{p.net} \cdot q_{p0} = 0.99 \frac{kN}{m^2}$$

Yhtä ruutuelementtiä kohti kokonaistuulivoima on siis  $F_{w.R} := q_p \cdot A_R = 9.591 \text{ kN}$

## 2.4.3 Lumikuormat

Lumikuormia ei huomioida mitoituksessa, koska niitä ei tule ruutuelementille.

## 2.4.4 Hyötykuormat

Hyötykuormia ei huomioida mitoituksessa, koska niitä ei tule ruutuelementille.

Rakenneosien mitoitus tehdään seuraaville osille tyyppielementtiä:

- Pysty- ja vaakasaumat
- Ikkuna-aukon ylitys palkki
- Pielipilarit
- Pistokkaat
- Nostoelimet

## 3. Murtorajatila

### 3.1 Kuormitusyhdistelmät:

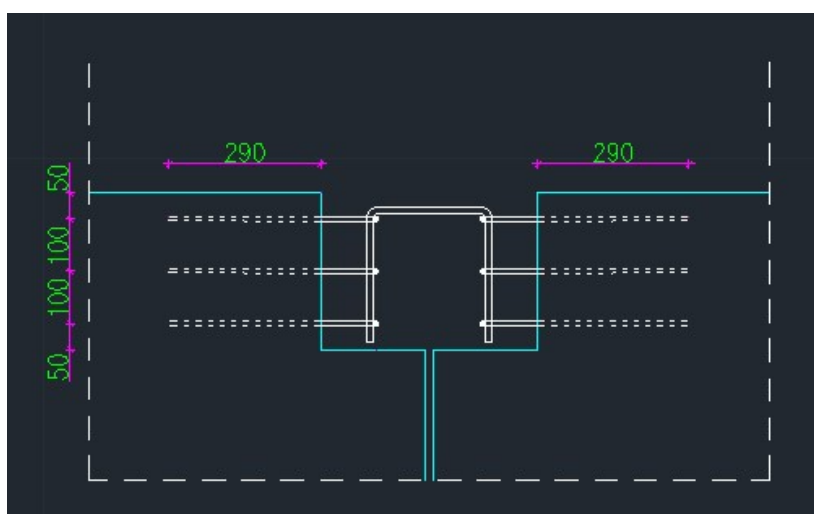
Kuormitusyhdistelmä 1: Omapaino määräävä, pysyvä aikaluokka

Kuormitusyhdistelmä 2: Tuuli määräävä, hetkellinen aikaluokka

Elementin saumoja mitoittaessa käytetään KT2:sta.

Pilareita ja palkkeja mitoittaessa käytetään KT1:sta.

### 3.2 Elementtien välinen pystysauma EC2 mukaan:



$$\alpha_{cc} := 0.85$$

$$\gamma_c := 1.5$$

$$\gamma_s := 1.15$$

$$f_{ck} := 30 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} := 500 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \quad f_{ctk0.05} := 2.0 \text{ MPa} \quad f_{ctd} := \frac{f_{ctk0.05}}{\gamma_c} = 1.333 \text{ MPa}$$

$$c := 0.025$$

$$\mu := 0.5$$

rajapinnan karheus kertoimet (EC)

$$\sigma_n := 0 \text{ MPa} \quad \text{ei normaalivoimaa}$$

$$\alpha := 90^\circ$$

teräslenkkien kulma

$$\phi := 8 \text{ mm}$$

terästen halkaisija

$$b_i := 80 \text{ mm}$$

seinän paksuus

$$A_s := \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} = 50.265 \text{ mm}^2$$

$$A_{st} := A_s \cdot 2 \cdot 3 = 301.593 \text{ mm}^2 \quad \text{raudoituksen pinta-ala tarkasteltavalta alueelta}$$

$$A_i := b_i \cdot 300 \text{ mm} \quad \text{betonin pinta-ala tarkasteltavalta alueelta}$$

$$\rho := \frac{A_{st}}{A_i} = 0.013 \quad v := 0.6 \cdot \left( 1 - \frac{f_{ck}}{250 \text{ MPa}} \right)$$

$$V_{Rd} := c \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_n + \rho \cdot f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin(\alpha) + \cos(\alpha)) = 2.765 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd} = 2.765 \text{ MPa} < 0.5 \cdot v \cdot f_{cd} = 4.488 \text{ MPa} \quad \text{OK}$$

$$V_{Rdi} := V_{Rd} \cdot b_i = 221.212 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{liitoksen leikkausvoimakestävyys metriä kohden, mutta liitos on vain 300 mm.}$$

$$V_{Rd} := V_{Rdi} \cdot 300 \text{ mm} = 66.364 \text{ kN} \quad \text{Liitoksen leikkausvoimakestävyys}$$

$$V_{Ed} := 1.5 \cdot 1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 2.8 \text{ m} = 4.2 \text{ kN} \quad \text{Liitos kestää tuulesta aiheutuvan imun, mutta lisäksi myös tilanteessa, jossa alapuolinen elementti tipahtaa pois. (Elementin paino ~ 25kN)}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \cdot 100 = 6.329 \quad \text{Käyttöaste 6,3 \%}$$

### 3.3 Elementtien välinen vaakasauma:

Laskenta CEB:n mallinormin mukaan lyhyille vaarnoille

$$b_s := 80 \text{ mm} \quad \text{seinän paksuus}$$

$$\phi := 12 \text{ mm} \quad \text{tapin halkaisija (kierretanko M12)}$$

$$A_s := \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} = 113.097 \text{ mm}^2 \quad \text{teräksen pinta-ala}$$

$$s := 3.46 \text{ m} \quad \text{vaakasauman pituus}$$

$$\alpha_{cc} := 0.85 \quad \gamma_c := 1.5 \quad \gamma_s := 1.15$$

$$f_{ck} := 30 \frac{N}{mm^2} \quad f_{cd} := \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad f_{yk} := 500 \frac{N}{mm^2} \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

$$\sigma_s := 0 \text{ MPa} \quad \mu_v := 0.40$$

$$\gamma_v := 1.25 \quad \text{liitoksen osavarmuusluku}$$

$$w_l := 15 \text{ mm} \quad \text{liittymäpintojen välinen halkeamaleveys}$$

$$e_v := \frac{w_l}{2} = 7.5 \text{ mm} \quad \text{leikkausvoiman vaikutuspisteen etäisyys betonin pinnasta}$$

$$\varepsilon := 3 \cdot \frac{e_v}{\phi} \cdot \sqrt{\frac{f_{cd}}{f_{yd}}} \quad \zeta := \frac{\sigma_s}{f_{yd}}$$

$$V_{si.Rd} := \frac{1.3}{\gamma_v} \cdot \phi^2 \cdot \left( \sqrt{1 + (1.3 \cdot \varepsilon)^2} - 1.3 \cdot \varepsilon \right) \cdot \sqrt{f_{cd} \cdot f_{yd} \cdot (1 - \zeta^2)} = 8.087 \text{ kN}$$

$$V_{si.Rd} = 8.087 \text{ kN} < \frac{A_s \cdot f_{yd}}{\sqrt{3}} = 28.39 \text{ kN} \quad \text{yhden tapin kestävyys}$$

$$V_{Rd} := \frac{2 \cdot V_{si.Rd}}{3.46 \text{ m}} = 4.675 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Kahden tapin kestävä leikkausvoima koko sauman matkalla metriä kohti.}$$

$$V_{Ed} := 1.5 \cdot q_p \cdot h_R = 4.158 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{ylimmän kerroksen saumassa vaikuttava leikkausvoima metriä kohti murtorajatilassa.}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \cdot 100 = 88.949 \quad \text{Käyttöaste 88,9 \%}$$

### 3.4 Elementin pistokkaat:

Valitaan Peikon PPI 280-pistokkaat. Asennus 45 asteen kulmaan.

Valmistajan antama vetokestävyysmitoitussarvo yhdelle pistokkaalle

$$N_{Rd} := 3.5 \text{ kN}$$

Mitoitetaan pistokkaat muotista purkamisen mukaan:

Imusta aiheutuva kuorma:  $1.5 \cdot 3 \frac{kN}{m^2} = 4.5 \frac{kN}{m^2}$  karkea puumuottipinta.

Betonisen ulkokuoren kuorma neliötä kohti:  $1.15 \cdot 0.07 m \cdot 25 \frac{kN}{m^3} = 2.013 \frac{kN}{m^2}$

Tarvittavien pistokkaiden määrä neliometriä kohden:

$$N_{Ed} := \frac{6.413 \frac{kN}{m^2}}{\sin(45^\circ)} = 9.069 \frac{kN}{m^2} \quad \text{Normaalivoima, joka vaikuttaa pistokkaassa}$$

$$k_{pl} := \frac{N_{Ed}}{3.5 \frac{kN}}{m^2} \quad k_{pl} \cdot A_N = 17.105 \quad N_{EdA} := N_{Ed} \cdot A_N$$

Valitaan 19 kappaletta PPI 280-pistokkaita.  $N_{RdA} := 19 \cdot 3.5 \frac{kN}{m^2}$

Pistokkaan ankkurointi vähintään 50 mm pistokkaan asennussuunnassa!

$$\frac{N_{EdA}}{N_{RdA}} \cdot 100 = 90.025 \quad \text{Käyttöaste } 90,0 \%$$

### 3.5 Elementin keskeinen verkko:

Valitaan seinämäisen palkin mukaan koko sisäkuoressa käytettävä verkko:

$$A_{s,vmin} := 0.001 \cdot 80 \frac{mm}{m} = 80 \frac{mm^2}{m} \quad A_{s,max} := 0.06 \cdot 80 \frac{mm}{m} = (4.8 \cdot 10^3) \frac{mm^2}{m}$$

Eurokoodin mukaan kummallakin pinnalla tulee olla vähintään  $150 \frac{mm^2}{m}$  molemmissa suunnissa

$$s_{v,max} := \min \left( \left[ \begin{array}{l} 2 \cdot 80 \frac{mm}{m} \\ 300 \frac{mm}{m} \end{array} \right] \right) = 160 \frac{mm}{m} \quad A_{s,v} := 335 \frac{mm^2}{m} \quad \text{T8 - k150}$$

Valitaan verkoksi T8 - k150 sisäkuoreen

### Ulkokuoren verkkorauhoitus:

$$A_{s,vmin} := 0.002 \cdot 70 \frac{mm}{m} = 140 \frac{mm^2}{m} \quad A_{s,max} := 0.06 \cdot 70 \frac{mm}{m} = (4.2 \cdot 10^3) \frac{mm^2}{m}$$

$$s_{v,max} := \min \left( \left[ \begin{array}{l} 3 \cdot 70 \frac{mm}{m} \\ 400 \frac{mm}{m} \end{array} \right] \right) = 210 \frac{mm}{m} \quad A_{s,v} := 189 \frac{mm^2}{m} \quad \text{T6 - k150}$$

**Vaakaraudoitus:**

$$A_{s,hmin} := \max \left( \left[ \begin{array}{c} 0.001 \cdot 70 \text{ mm} \\ 0.25 \cdot A_{s,v} \end{array} \right] \right) = 70 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} \quad A_6 := \frac{\pi \cdot (6 \text{ mm})^2}{4} = 28.274 \text{ mm}^2$$

$$kpl_h := \frac{A_6}{A_{s,hmin}} = 403.919 \text{ mm}$$

**Valitaan verkoksi T6 - k150 ulkokuoreen****3.6 Elementin nostoelimet:**

$$N_{Ed1} := \frac{1.15 E_{paino}}{2} = 14.416 \text{ kN}$$

Yhden lenkin kuormitus.

Dynaamisen kuorman kerroin  $\Psi_{dyn} := 1.6$

$$N_{Ed} := 1.15 \cdot N_{Ed1} \cdot \Psi_{dyn} = 26.525 \text{ kN}$$

Mitoittava voima yhtä nostolenkkiä kohden.

1.15 kerroin nostokulman takia  $\alpha := 30^\circ$   
 $\beta := 2 \cdot \alpha$

Nostolenkin tiedot:

Valitaan Peikko PNFL16 / Teräs: EN 1.4301

$$A_{16} := \frac{\pi \cdot (16 \text{ mm})^2}{4} = 201.062 \text{ mm}^2 \quad f_{uk} := 500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \gamma_s := 2$$

$c := 25 \text{ mm}$  betonipeite

$$N_d := A_{16} \cdot \frac{f_{uk}}{\gamma_s} = 50.265 \text{ kN} \quad V_{Rd} := A_{16} \cdot 0.6 \cdot \frac{f_{uk}}{\gamma_s} = 30.159 \text{ kN}$$

Ohuen kuoren vetovoiman redusoitu mitoitusarvo:

$$k_{s355} := \min \left( \left[ \begin{array}{c} c \\ (4.5 \cdot 10 \text{ mm}) \\ 1.0 \end{array} \right] \right) = 0.556 \quad N_{Rd} := N_d \cdot k_{s355} = 27.925 \text{ kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \cdot 100 = 94.985 \quad \text{Käyttöaste } 95,0 \%$$

### 3.7 Elementin tartunta vanhaan rakenteeseen:

Elementti kiinnitetään kolmella harjatangolla vanhaan holvilaatastoon

$$N_{Ed} := E_{paino} = 25.071 \text{ kN} \quad \text{Onnettomuustilanteessa seinän omapaino siirtyy tartunnoille}$$

$$V_{Ed1} := 1.5 \cdot (2.8 \text{ m} \cdot q_p \cdot 1 \text{ m}) = 4.158 \text{ kN} \quad \text{Tuulesta aiheutuva leikkausvoima sivusuunnassa (MRT)}$$

$$V_{Ed2} := 1.5 \cdot F_{w,R} = 14.387 \text{ kN} \quad \text{Tuulen imusta aiheutuva leikkausvoima ulospäin elementistä (MRT)}$$

$$e := 100 \text{ mm} \quad \text{Kiinnityslevyn ja harjateräksen välinen momenttivarsi}$$

$$M_{Ed} := V_{Ed1} \cdot e = 0.416 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{Mitoitus momentti (MRT)}$$

Tartuntoja on alustavasti suunniteltu 3 kpl / elementti eli kuormat:

$$\frac{N_{Ed}}{3} = 8.357 \text{ kN} \quad \frac{V_{Ed1}}{3} = 1.386 \text{ kN} \quad \frac{V_{Ed2}}{3} = 4.796 \text{ kN}$$

$$\frac{M_{Ed}}{3} = 0.139 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Valitaan Peikon Welda 50x100-108

**Tarkistettu Peikko Designerilla**

$$N_{Rd} := 25.7 \text{ kN}$$

$$M_{Rd} := 0.72 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Huom! Lisäraudoitus taivutusta vastaan, ilman  
 $M_{rd} := 0.36 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$$V_{Rd} := 24.6 \text{ kN}$$

Weldat vaativat 100x100 vahvennoksen + lisäraudoituksen valmistajan ohjeen mukaan 2T8

$$\text{Lisäraudoituksen ankkurointi pituus suorana} > 165 \text{ mm} \quad l_1 := 10 \cdot 8 \text{ mm} = 80 \text{ mm}$$

$$\text{Lisäraudoituksen ankkurointi pituus taitettuna} > 135 \text{ mm} \quad l_2 := 4 \cdot 8 \text{ mm} = 32 \text{ mm}$$

Harjateräs tangon ankkurointi vanhaan rakenteeseen kemiallisella ankkurilla:

Hilti HIT-HY 200 + Harjateräs. Ankkurointi 200mm palonkesto taulukosta -> R60

### Ulosvetovoima:

$$\frac{V_{Ed2}}{3} = 4.796 \text{ kN} \quad c_{min} := 60 \text{ mm} \quad h_{ef.min} := 70 \text{ mm} \quad h_{ef} := 200 \text{ mm}$$

$$c_{cr.sp} := h_{ef} \quad s_{cr.sp} := 2 \cdot c_{cr.sp} \quad c_1 := 60 \text{ mm} \quad c_2 := 120 \text{ mm}$$

$$s := 900 \text{ mm}$$

$$N_{0.Rd.p} := 13.8 \text{ kN} \quad f_{hp} := \frac{200 \text{ mm}}{70 \text{ mm}} \quad f_{Bp} := 1 \quad f_{1n} := 0.7 + 0.3 \cdot \frac{c_1}{c_{cr.sp}}$$

$$f_{2n} := 0.5 \cdot \left(1 + \frac{c_1}{c_{cr.sp}}\right) \quad f_{3n} := 0.5 \cdot \left(1 + \frac{s}{s_{cr.sp}}\right) \quad f_{reN} := 1$$

$$N_{Rd.p} := \frac{N_{0.Rd.p} \cdot f_{Bp} \cdot f_{1n} \cdot f_{2n} \cdot f_{3n} \cdot f_{hp} \cdot f_{reN}}{1.4} = 23.5 \text{ kN} \quad \text{Osavarmuuskerroin 1.4}$$

Yhden T12 vetokestävyys

### Leikkausvoima:

$$V_{Rd.s} := \frac{20.7 \text{ kN}}{1.4} = 14.786 \text{ kN} \quad \text{Harjateräksen leikkausvoima määräävä}$$

$$\frac{N_{Ed}}{3 \cdot V_{Rd.s}} \cdot 100 = 56.52 \quad \text{Käyttöaste 56,5 \%}$$

### Hitsit:

Heikomman teräslaadun mukaan mitoitusominaisuudet:

Welda on S355J2+N

Koska harjateräksen ja levyn väliin jää alle 60 asteen kulma, mitoitetaan hitsi osittain läpihitsattuna päittäishitsinä

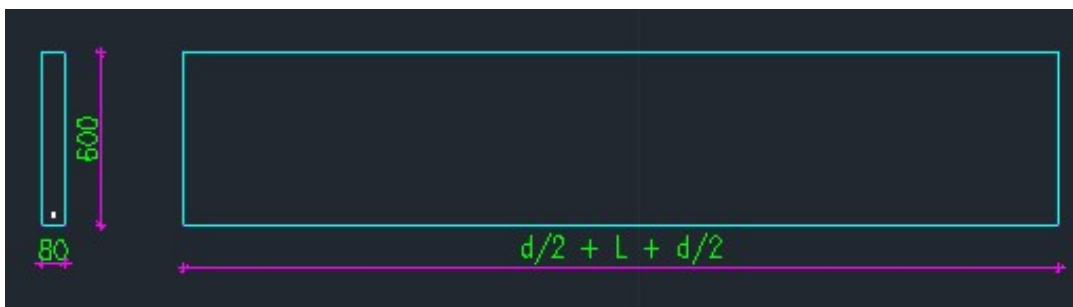
$$t := 8 \text{ mm} \quad \gamma_{M2} := 1.25 \quad \gamma_{M0} := 1 \quad f_u := 510 \text{ MPa} \quad f_y := 355 \text{ MPa}$$

$$\text{Hitsin kestävyys } F_{Rd} := 0.99 \cdot \left(\frac{t \cdot f_y}{\gamma_{M0}}\right) = (2.812 \cdot 10^3) \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$L_w := \frac{N_{Ed}}{F_{Rd}} = 8.917 \text{ mm} \quad \text{Vaadittu hitsin mitta ja a mitan tulee olla } < t = 8 \text{ mm}$$



## 3.8 Sisäkuoren aukkopalkki:



Palkin dimensiot:

$$h := 600 \text{ mm} \quad b := 80 \text{ mm} \quad L := 2670 \text{ mm} \quad \text{ikkuna-aukko} + d/2 \text{ molemmin puolin tukea}$$

Laskenta suureita:

$$\alpha_{cc} := 0.85 \quad \gamma_c := 1.5 \quad \gamma_s := 1.15 \quad f_{ck} := 30 \text{ MPa} \quad f_{yk} := 500 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} := \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \quad c_{nom} := 25 \text{ mm} \quad \text{Ei hakoja} \quad \text{Pääteräs T10}$$

$$d' := 35 \text{ mm} + 5 \text{ mm} = 40 \text{ mm} \quad d := h - d' = 560 \text{ mm}$$

$$A_{10} := \frac{\pi \cdot (10 \text{ mm})^2}{4} \quad \text{Harjaterästangon pinta-ala}$$

Palkille tuleva kuormitus omasta painosta ja osasta yläpuolista ruutuelementtiä

$$g_k := 7.246 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$p_d := 1.35 \cdot g_k = 9.782 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

**Momentti:**

$$M_{Ed} := \frac{p_d \cdot L^2}{24} = 2.906 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

**Leikkausvoima:**

$$V_{Ed} := \frac{p_d \cdot L}{2} = 13.059 \text{ kN}$$

**Palkin pääteräkset:**

$$\mu := \frac{M_{Ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = 0.007$$

$$\omega := 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu} = 0.007$$

$$A_s := \omega \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} \cdot b \cdot d = 11.975 \text{ mm}^2$$

$$k_{pl} := \frac{A_s}{A_{10}} = 0.152$$

$$f_{ctm} := 2.9 \text{ MPa}$$

$$A_{smin1} := 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d = 67.558 \text{ mm}^2 \quad A_{smin2} := 0.0013 \cdot b \cdot d = 58.24 \text{ mm}^2$$

$$k_{pl} := \frac{A_{smin1}}{A_{10}} = 0.86$$

**Valitaan 1 T10**

### Ankkurointi:

$$\text{Mitoittavaleikkausvoima } V_{Ed} := \frac{p_d \cdot L}{2} - p_d \cdot d = 7.581 \text{ kN}$$

$$\cot\theta := 2.5 \quad L_t := 480 \text{ mm}, \text{ tuen pituus}$$

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk} := 2 \text{ MPa}$$

$$f_{ctd} := \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = 1.333 \text{ MPa}$$

Teräsiin kohdistuva veto:

$$F_{Ed} := \frac{V_{Ed} \cdot \cot\theta}{2} = 9.476 \text{ kN}$$

Teräkset 1 T10:

$$A_{10} = 78.54 \text{ mm}^2$$

$$\eta_1 := 1$$

$$\sigma_{sd} := \frac{F_{Ed}}{A_{10}} = 120.657 \text{ MPa}$$

$$\eta_2 := 1$$

$$\phi_{10} := 10$$

$$f_{bd} := 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd} = 3 \text{ MPa}$$

Ankkurointipituuden perusarvo:

$$l_{brqd} := \frac{\sigma_{sd} \cdot 10 \text{ mm}}{4 \cdot f_{bd}} = 100.548 \text{ mm}$$

Oikea pituus on  $L_t - c_{nom} = 455 \text{ mm}$   $l_b > l_{brqd}$  Vaatimus toteutuu jo perusarvossa!

Ankkurointipituuden mitoitusarvo:

$$a := 0 \quad c_d := \min \left( \left[ \begin{array}{c} a \\ \frac{a}{2} \\ 30 \\ 30 \end{array} \right] \right) = 0$$

$$\alpha_2 := 1 - 0.15 \cdot \frac{(c_d - \phi_{10})}{\phi_{10}} = 1.15 \leq 1$$

$$\alpha_5 := 1 - 0.04 \cdot \rho \cdot \left( \frac{1}{\text{MPa}} \right) = 0.992$$

$$\rho := \frac{V_{Ed}}{b \cdot L_t} = 0.197 \text{ MPa}$$

$$\alpha_1 := 1 \quad \alpha_2 := 1 \quad \alpha_3 := 1 \quad \alpha_4 := 1 \quad \alpha_5 = 0.992$$

$$l_{bd} := \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{brqd} = 99.754 \text{ mm}$$

$$l_{bmin} := \max \left( \begin{array}{l} 0.3 \cdot l_{brqd} \\ 10 \cdot 10 \text{ mm} \\ 100 \text{ mm} \end{array} \right) = 100 \text{ mm} \quad \text{Ankkurointipituus}$$

### Palkin leikkausmitoitus leikkausraudoittamattomalle rakenteelle:

$$\text{Mitoittavaleikkausvoima } V_{Ed} := \frac{p_d \cdot L}{2} - p_d \cdot d = 7.581 \text{ kN} \quad b_w := 80$$

$$C_{Rd.c} := \frac{0.18}{\gamma_c} \quad \rho_l := \frac{A_{10}}{b \cdot d} = 0.002 \quad k := 1 + \sqrt{\frac{200 \text{ mm}}{d}} = 1.598$$

$$k_1 := 0.15 \quad \sigma_{cp} := 0 \quad f_{ck} := 30$$

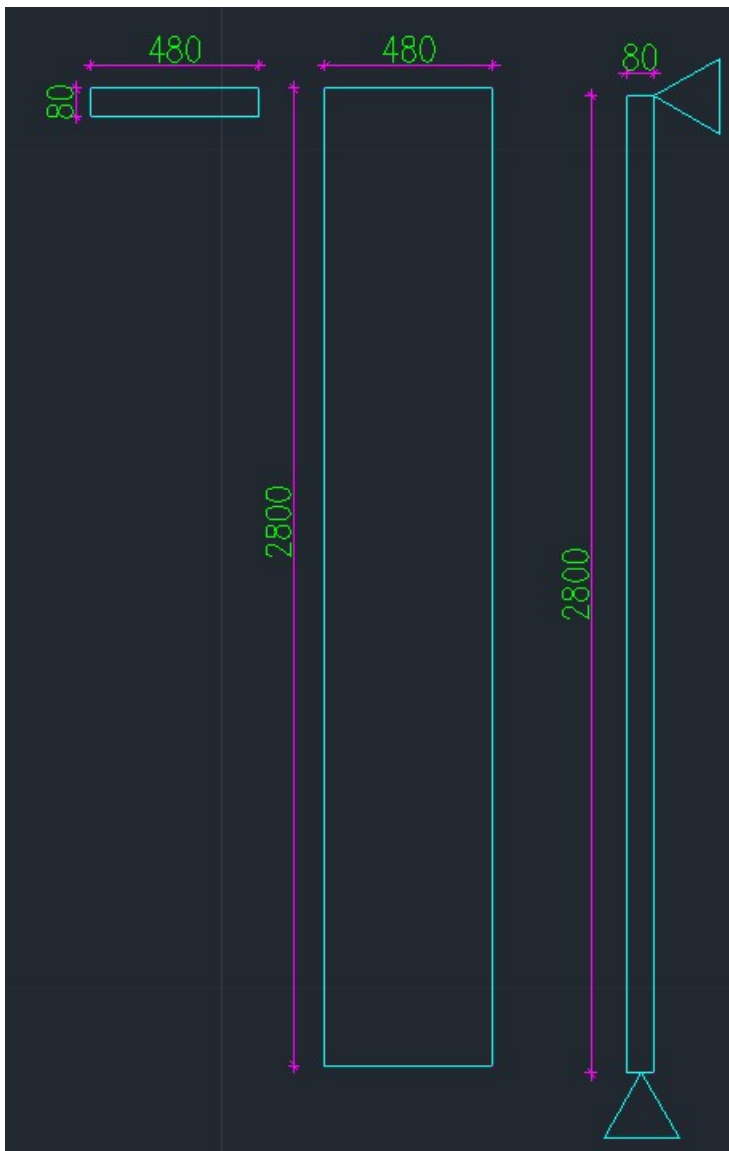
$$d_w := 560 \quad v_{min} := 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{Rd.c} := \left( C_{Rd.c} \cdot k \cdot \left( 100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck} \right)^{\frac{1}{3}} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right) \cdot b_w \cdot d_w \cdot N = 14.936 \text{ kN}$$

$$V_{Rd.c.min} := (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d_w \cdot N = 17.343 \text{ kN} \quad \text{Vähimmäisarvo}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd.c.min}} \cdot 100 = 43.714 \quad \text{Käyttöaste } 43,7 \%$$

## 3.9 Sisäkuoren pielipilari:



Pilarin dimensiot:

$$L := 2800 \text{ mm}$$

$$h := 80 \text{ mm}$$

$$b := 480 \text{ mm}$$

Laskenta suureita:

$$\alpha_{cc} := 0.85 \quad \alpha_{cc.pl} := 0.8$$

$$\gamma_c := 1.5 \quad \alpha_{ct.pl} := 0.6$$

$$\gamma_s := 1.15 \quad \eta := 1$$

$$f_{ck} := 30 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk0.05} := 2 \text{ MPa}$$

$$f_{yk} := 500 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} := \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c}$$

$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s}$$

$$c_{nom} := 25 \text{ mm}$$

$$\varphi := 2.8$$

$$N_{Ed} := 1.35 \cdot \frac{100 \text{ kN}}{2} = 67.5 \text{ kN}$$

Sisäkuoren pielipilarille tulee puolet kokonaiskuormasta kerroksissa 3-7

$$N_{Ed.2} := 1.35 \cdot \frac{150 \text{ kN}}{2} = 101.25 \text{ kN}$$

Sisäkuoren pielipilarille tulee puolet kokonaiskuormasta kerroksissa 1-2

Koska pilarin poikkileikkauksen suurempi sivumitta on 4 kertaa suurempi kuin pienempi sivumitta, tarkastellaan sitä seinämäisenä palkkina.

$$M_{0.min} := N_{Ed} \cdot \max \left( \left[ \begin{array}{c} \frac{h}{30} \\ 20 \text{ mm} \end{array} \right] \right) = 1.35 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad L_0 := L$$

$$f_{cd.pl} := \alpha_{cc.pl} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 16 \text{ MPa} \quad f_{ctd.pl} := \alpha_{ct.pl} \cdot \frac{f_{ctk0.05}}{\gamma_c} = 0.8 \text{ MPa}$$

Hoikkuusluku:

$$i := \frac{h}{\sqrt{12}} = 23.094 \text{ mm} \quad \lambda := \frac{L_0}{i} = 121.244 \quad n := \frac{N_{Ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd.pl}} = 0.11$$

$$\lambda_{lim} := \frac{10}{\sqrt{n}} = 30.17 \quad \lambda = 121.244 > \lambda_{lim} = 30.17 \quad \text{Rakenne on hoikka}$$

$$\theta_0 := \frac{1}{200} \quad \alpha_h := 1 \quad \text{koska } L_w < 4\text{m} \quad \alpha_m := 1 \quad \text{pielipilari on erillisosa}$$

$$\theta_i := \theta_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m = 0.005 \quad e_i := \frac{L_0}{400} = 7 \text{ mm} \quad e_{tot} := 27 \text{ mm}$$

$$e_{0e} := \max \left( \begin{bmatrix} 0.6 \cdot e_i + 0.4 \cdot e_i \\ 0.4 \cdot e_i \end{bmatrix} \right) = 7 \text{ mm} \quad h_w := h$$

$$\Phi := \min \left( \begin{bmatrix} 0.71 \cdot \left( 1 - 2 \cdot \frac{e_{0e}}{h_w} \right) - 0.013 \cdot \frac{L_0}{h_w} \\ 1 - 2 \cdot \frac{e_{0e}}{h_w} \end{bmatrix} \right) = 0.131$$

$$N_{Rd} := \eta \cdot f_{cd.pl} \cdot h_w \cdot \Phi = 167.36 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \text{Seinän normaalivoimakestävyys}$$

$$N_{Rd} \cdot b = 80.333 \text{ kN} < N_{Ed} = 67.5 \text{ kN} \quad \text{Sisäkuoren kestävyys 2. kerroksesta ylöspäin}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd} \cdot b} \cdot 100 = 84.025 \quad \text{Käyttöaste 84,0 \%}$$

**Alimman kerroksen pielipilari:**

$$i := \frac{h}{\sqrt{12}} = 23.094 \text{ mm} \quad \lambda := \frac{L_0}{i} = 121.244 \quad n := \frac{N_{Ed}}{b \cdot h \cdot f_{cd,pl}} = 0.11$$

$$\lambda_{lim} := \frac{10}{\sqrt{n}} = 30.17 \quad \lambda = 121.244 > \lambda_{lim} = 30.17 \quad \text{Rakenne on hoikka}$$

$$\theta_0 := \frac{1}{200} \quad \alpha_h := 1 \quad \text{koska } L_w < 4\text{m} \quad \alpha_m := 1 \quad \text{pielipilari on erillisosa}$$

$$\theta_i := \theta_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m = 0.005 \quad e_i := \frac{L_0}{400} = 7 \text{ mm} \quad e_{tot} := 27 \text{ mm}$$

$$e_{0e} := \max \left( \begin{bmatrix} 0.6 \cdot e_i + 0.4 \cdot e_i \\ 0.4 \cdot e_i \end{bmatrix} \right) = 7 \text{ mm} \quad h_w := 90 \text{ mm}$$

$$\Phi := \min \left( \begin{bmatrix} 0.71 \cdot \left( 1 - 2 \cdot \frac{e_{0e}}{h_w} \right) - 0.013 \cdot \frac{L_0}{h_w} \\ 1 - 2 \cdot \frac{e_{0e}}{h_w} \end{bmatrix} \right) = 0.195$$

$$N_{Rd} := \eta \cdot f_{cd,pl} \cdot h_w \cdot \Phi = 280.96 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

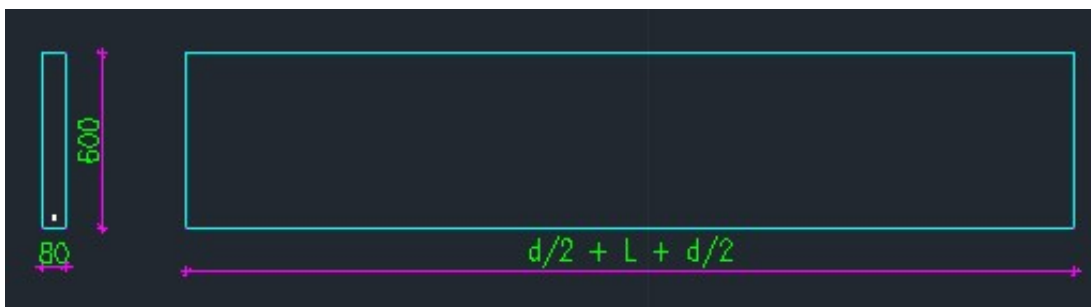
$$N_{Rd} \cdot b = 134.861 \text{ kN} < N_{Ed,2} = 101.25 \text{ kN}$$

Sisäkuoren kestävyys 1. ja 2. kerroksessa (Maan tasalla)

$$\frac{N_{Ed,2}}{N_{Rd} \cdot b} \cdot 100 = 75.077 \quad \text{Käyttöaste } 75,1 \%$$

## 4. Käyttörajatila

### 4.1 Sisäkuoren aukkopalkki:



Palkin dimensiot:

$$h := 600 \text{ mm} \quad b := 80 \text{ mm} \quad L := 2670 \text{ mm} \quad \text{ikkuna-aukko} + d/2 \text{ molemmin puolin tukea}$$

Laskenta suureita:

$$\alpha_{cc} := 0.85 \quad \gamma_c := 1.5 \quad \gamma_s := 1.15 \quad f_{ck} := 30 \text{ MPa} \quad f_{yk} := 500 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} := \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \quad c_{nom} := 25 \text{ mm} \quad \text{Ei hakoja} \quad \text{Pääteräs T10}$$

$$d' := 35 \text{ mm} + 5 \text{ mm} = 40 \text{ mm} \quad d := h - d' = 560 \text{ mm}$$

$$E_s := 200 \text{ GPa} \quad f_{cm} := f_{ck} + 8 \text{ MPa} = 38 \text{ MPa} \quad f_{ctm} := 2.9 \text{ MPa}$$

$$f_{ctk} := 2 \text{ MPa} \quad E_{cm} := 33 \text{ GPa}$$

$$E_{c,eff} := \frac{E_{cm}}{1 + \varphi} = 9.429 \text{ GPa}$$

Rasitusluokka XC1

Virumaluku  $\varphi := 2.5$

Palkille tuleva kuormitus omasta painosta ja osasta yläpuolista ruutuelementtiä

$$g_k := 7.246 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad q := g_k$$

**Momentti:**

$$M_{Ek} := \frac{g_k \cdot L^2}{24} = 2.152 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$A_s := \frac{\pi \cdot (10 \text{ mm})^2}{4}$$

Kimmokertoimen suhde:

$$\alpha_e := \frac{E_s}{E_{cm}} = 6.061 \quad \alpha_{e,eff} := \frac{E_s}{E_{c,eff}} = 21.212$$

$$f_{ct,eff} := f_{ctm} = 2.9 \text{ MPa} \quad W_I := \frac{b \cdot h^2}{6} = (4.8 \cdot 10^6) \text{ mm}^3$$

$$M_{R.cr} := f_{ct,eff} \cdot W_I = 13.92 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{Halkeilumomentti}$$

$$M_{Ek} = 2.152 \text{ kN} \cdot \text{m} < M_{R.cr} = 13.92 \text{ kN} \cdot \text{m} \quad \text{Palkki ei halkea!}$$

**Taipumarajatila:**

**Kutistuman laskenta:**

$$f_{cm0} := 10 \text{ MPa} \quad \beta_{RH} := 1.55 \cdot \left( 1 - \left( \frac{75}{100} \right)^3 \right)$$

$$\varepsilon_{cd} := 0.85 \cdot \left( (220 + 110 \cdot 4) \cdot e^{\left( -0.12 \cdot \frac{f_{cm}}{f_{cm0}} \right)} \right) \cdot 10^{-6} \cdot \beta_{RH} = 3.186 \cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{ca,0} := 2.5 \cdot (f_{ck} - 10 \text{ MPa}) \cdot 10^{-6} \quad \beta_{as} := 1 - e^{(-0.2 \cdot 365^{0.5})}$$

$$\varepsilon_{ca} := \frac{\beta_{as} \cdot \varepsilon_{ca,0}}{\text{MPa}} = 4.89 \cdot 10^{-5}$$

$$\varepsilon_{cs} := \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca} = 3.675 \cdot 10^{-4} \quad \text{Kokonaiskutistuma}$$

**Halkeamattoman tilan suureita:**

Lyhytaikainen tila

$$X_{I,ST} := \frac{\frac{b \cdot h^2}{2} + (\alpha_e - 1) \cdot A_s \cdot d}{b \cdot h + (\alpha_e - 1) \cdot A_s} = 302.135 \text{ mm} \quad \text{Puristusvyöhykkeen korkeus}$$



Jäyhyysmomentti

$$I_{I.ST} := \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h \cdot \left( \frac{h}{2} - X_{I.ST} \right)^2 + (\alpha_e - 1) \cdot A_s \cdot (d - X_{I.ST})^2 = (1.467 \cdot 10^9) \text{ mm}^4$$

Pitkäaikainen tila

$$X_{I.LT} := \frac{\frac{b \cdot h^2}{2} + (\alpha_{e,eff} - 1) \cdot A_s \cdot d}{b \cdot h + (\alpha_{e,eff} - 1) \cdot A_s} = 308.323 \text{ mm} \quad \text{Puristusvyöhykkeen korkeus}$$

Jäyhyysmomentti

$$I_{I.LT} := \frac{b \cdot h^3}{12} + b \cdot h \cdot \left( \frac{h}{2} - X_{I.LT} \right)^2 + (\alpha_{e,eff} - 1) \cdot A_s \cdot (d - X_{I.LT})^2 = (1.544 \cdot 10^9) \text{ mm}^4$$

Taipuman raja-arvo

$$a_{max} := \frac{L}{250} = 10.68 \text{ mm} \quad \zeta := 0 \quad \text{Halkeilematon rakenne}$$

$$M_A := \frac{-q \cdot L^2}{12} \quad M_B := M_A \quad M_C := \frac{q \cdot L^2}{24}$$

$$K := \frac{5}{48} \cdot \left( 1 + \frac{M_A + M_B}{M_C} \right) = -0.313 \quad \text{Taipumakerroin}$$

$$r_{I.LT} := \frac{M_{Ek}}{E_{c,eff} \cdot I_{I.LT}} = (1.479 \cdot 10^{-4}) \frac{1}{\text{m}}$$

$$a_M := K \cdot L^2 \cdot r_{I.LT} = -0.329 \text{ mm} \quad \text{Kuormituksen taipuma}$$

$$S_{I.LT} := A_s \cdot (d - X_{I.LT}) = (1.977 \cdot 10^4) \text{ mm}^3$$

$$r_{cs} := \varepsilon_{cs} \cdot \alpha_{e,eff} \cdot \left( (1 - \zeta) \cdot \frac{S_{I.LT}}{I_{I.LT}} \right) = (9.981 \cdot 10^{-5}) \frac{1}{\text{m}} \quad \text{kutistuman kaarevuus}$$

$$K_{cs} := 0.125 \quad \text{momenttijakataumukerroin kutistumalle}$$

$$a_{cs} := K_{cs} \cdot L^2 \cdot r_{cs} = 0.089 \text{ mm}$$

$$a := a_M + a_{cs} = -0.24 \text{ mm} \quad \text{Kokonaistaipuma pitkäaikaisella kuormituksella}$$

**Taipumarajatila OK!**

## 5. Onnettomuustarkastelu

### 5.1 Liitosten ja osien onnettomuustarkastelu:

Tarkastelu tehdään Betoninormikortti 23 mukaan taulukko mitoituksena

Onnettomuustilanteessa ei-kantavan seinäelementin kuormaksi otetaan 1kN/m

**Pystysauma:**

$$V_{Ed} := 1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 2.8 \text{ m} = 2.8 \text{ kN} \quad f_{ck.s} := 30 \quad A_s := 6 \cdot \frac{\pi \cdot 8^2}{4} = 301.593$$

$$f_{yk} := 500 \quad \gamma_{c.acc} := 1.2$$

$$V_{Rd} := \left( \frac{0.14 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{f_{ck.s}} \cdot A_s \cdot f_{yk}}{\gamma_{c.acc}} \right) \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 300 \text{ mm} = 28.908 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \cdot 100 = 9.686 \quad \text{Käyttöaste 9,7 \%}$$

**Vaakasauma:**

$$V_{Ed} := 1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 3.46 \text{ m} = 3.46 \text{ kN} \quad \phi := 12 \quad \text{Tapin halkaisija}$$

$$V_{Rd} := 2 \cdot \frac{1.2 \cdot \phi^2 \cdot \sqrt{f_{ck.s}} \cdot f_{yk}}{\gamma_{c.acc}} \cdot N = 35.273 \text{ kN} \quad \text{Tappeja on kaksi}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \cdot 100 = 9.809 \quad \text{Käyttöaste 9,8 \%}$$

**Pistokkaat:**

Betonisen ulkokuoren kuorma kohti:  $N_{Ed} := 0.07 \text{ m} \cdot 6.6 \text{ m}^2 \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 11.55 \text{ kN}$

$kpl := 19$  kappale määrä

$N_{Rd} := 3.5 \text{ kN} \cdot kpl = 66.5 \text{ kN}$  pistokkaan vetokestävyys

$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}} \cdot 100 = 17.368$  **Käyttöaste 17.4 %**

**Elementin tartuntalevyjen (Welda) rasitukset ja harjatankojen ankkurointi tarkastettu Peikko Designerilla ja Hiltin käsikirjasta****5.2 Palonkestävyys:**

Tämä osio tehdään suoraan taulukko mitoituksena SFS 1992-1-2 mukaan

Ei-kantavan osastoivan seinän vaatimus EI60  $b_{min} := 80 \text{ mm}$

Seinän palonkestävyys REI60, kun palo toiselta puolelta  
 $b_{min} := 110 \text{ mm}$  ja keskiöetäisyys  $a := 10 \text{ mm}$

Palkin vaatimukset palonkestolle R60

$b_{min} := 120$  ja  $a := 40 \text{ mm}$

Pielipilareissa ei ole pääraudoitusta

Koska kantavan sisäkuoren molemmin puolin on noin 70 mm betonikerros täyttyvät nämä arvot.

## LIITE 3:

# DOF-Lämpö -ohjelman tulokset

# DOF-LÄMPÖ 3.0

**Rakennuskohde:** Klaneettitie 1-3  
**Suunnittelija:** Toni Tarkkio  
**Yritys:** Insinööritoimisto Lauri Mehto Oy  
**Rakenneosan nimi/tunnus:** US1  
**Rakennusluokka:** 2 Asuinkerrostalot

**Lisätiedot:**

**Uusi teräsbetonisandwich-elementti**

**Suunnittelija:**

**Toni Tarkkio**

**Paivays:**

**3.12.2020**

## PERUSTIEDOT

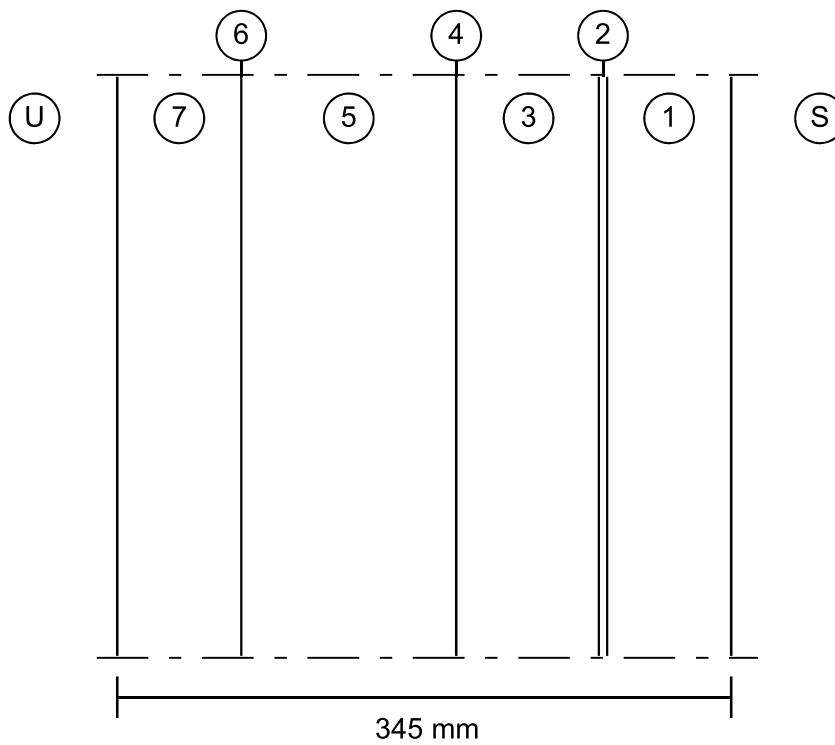
<b>Rakenne:</b>	<b>Seinä (ilman tuuletusrakoa)</b>
<b>Rakenneosan kok. pinta-ala (m<sup>2</sup>):</b>	<b>1.00</b>
<b>Ulkopinnan pintavastus (m<sup>2</sup>K/W):</b>	<b>0.04</b>
<b>Sisäpinnan pintavastus (m<sup>2</sup>K/W):</b>	<b>0.13</b>
<b>Korjaustermi deltaU (W/m<sup>2</sup>K):</b>	<b>0.0228</b>
<b>Korjaustermin selite:</b>	<b>Ilmaraon ja pistokkaiden korjaustermi</b>
<b>Kylmäsiltojen päällekkäisyys:</b>	<b>Mahdollisimman kohdakkain</b>

## U-arvon laskentatulokset

<b>Rakennusosan kokonaislämmönvastuksen yläkiiarvo:</b>	<b>5.824 m<sup>2</sup>K/W</b>
<b>Rakennusosan kokonaislämmönvastuksen alalikiarvo:</b>	<b>5.824 m<sup>2</sup>K/W</b>
<b>Rakennusosan kokonaislämmönvastus:</b>	<b>5.824 m<sup>2</sup>K/W</b>
<b>U-arvo (ilman korjaustermiä)</b>	<b>0.172 W/m<sup>2</sup>K</b>
<b>Laskettu/annettu korjaustermi:</b>	<b>0.023 W/m<sup>2</sup>K</b>
<b>U-arvo (korjaustermi huomioiden):</b>	<b>0.195 W/m<sup>2</sup>K</b>
<b>U-arvo (pyöristetty arvo):</b>	<b>0.19 W/m<sup>2</sup>K</b>
<b>Uudiskohteen vertailuarvo:</b>	<b>0.17 W/m<sup>2</sup>K</b>

## RAKENNEKERROKSET

Kerros:	Paksuus: (mm)	Materiaali:	Lambda: (W/mK)	VHL: (kg/msPa)
1	70.00	Vanha sisäkuori	2.500	1.538e-12
2	5.00	Ilmarako 5 mm	0.045	2.000e-10
3	80.00	Uusi sisäkuori	2.500	1.538e-12
4	0.14	Alumiinilaminaatti	10.000	0.0002e-12
5	120.00	FF-PIR ALK 120	0.022	0.039e-12
6	0.14	Alumiinilaminaatti	10.000	0.0002e-12
7	70.00	Uusi ulkokuori	2.500	1.538e-12



## LÄMPÖTILAT ERI KERROKSISSA

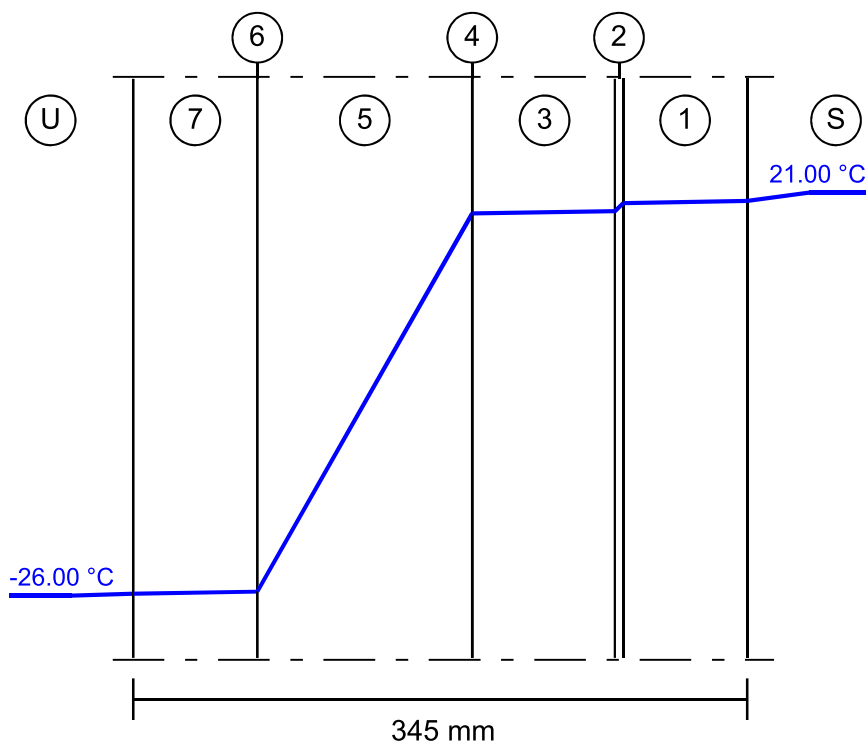
Tarkasteluhetki/jakso:

Vyöhyke 1, Mitoitustilanne, Normaali kosteuslisä

Tarkastelupiste:

Lämpötila (Celsius):

Sisätila:	21.00
Sisäpinta:	19.95
1-2:	19.72
2-3:	18.83
3-4:	18.57
4-5:	18.57
5-6:	-25.45
6-7:	-25.45
Ulkopinta:	-25.68
Ulkotila:	-26.00





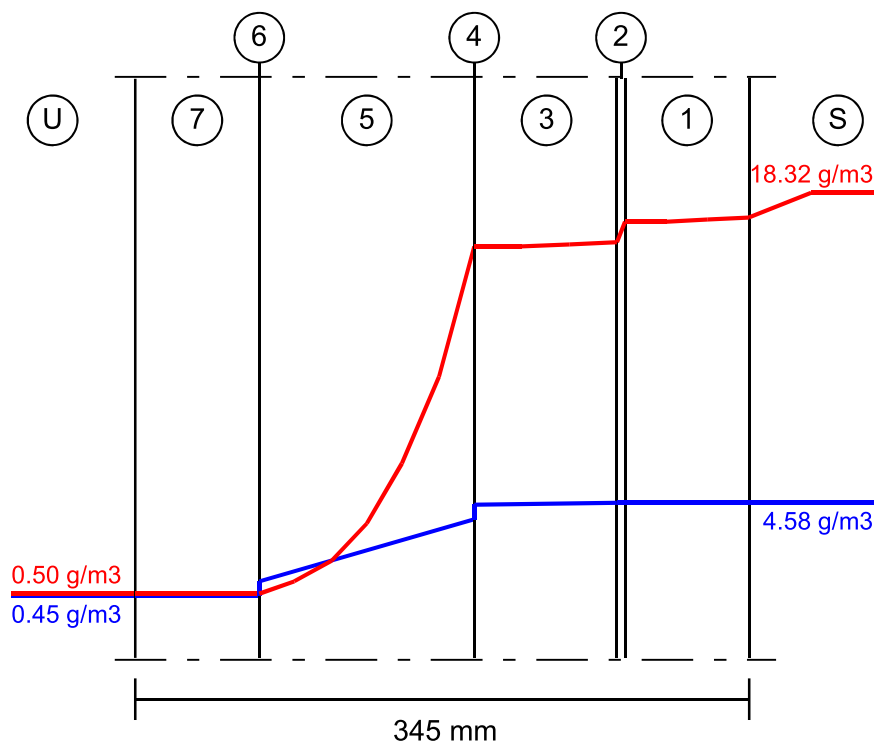
## KOSTEUS ERI KERROKSISSA

Tarkasteluhetki/jakso:

Vyöhyke 1, Mitoitustilanne, Normaali kosteuslisä

Tarkastelupiste:	KK (g/m <sup>3</sup> ):	KM (g/m <sup>3</sup> ):	Kond. (g/m <sup>2</sup> ):
Sisätila:	18.32	4.58 (RH=25.00%)	-
Sisäpinta:	17.24	4.58 (RH=26.58%)	0.00
1-2:	17.01	4.54 (RH=26.69%)	0.00
2-3:	16.14	4.54 (RH=28.14%)	0.00
3-4:	15.89	4.49 (RH=28.28%)	0.00
4-5:	15.89	3.87 (RH=24.34%)	0.00
5-6:	0.53	1.12->0.53 (RH=100%)	0.01
6-7:	0.53	0.49 (RH=93.08%)	0.00
Ulkopinta:	0.51	0.45 (RH=87.22%)	0.00
Ulkotila:	0.50	0.45 (RH=90.00%)	-

(KK = Kyllästymiskosteus, KM = kosteusmäärä, Kond. = kondensaatio)



## LÄMPÖTILAT ERI KERROKSISSA

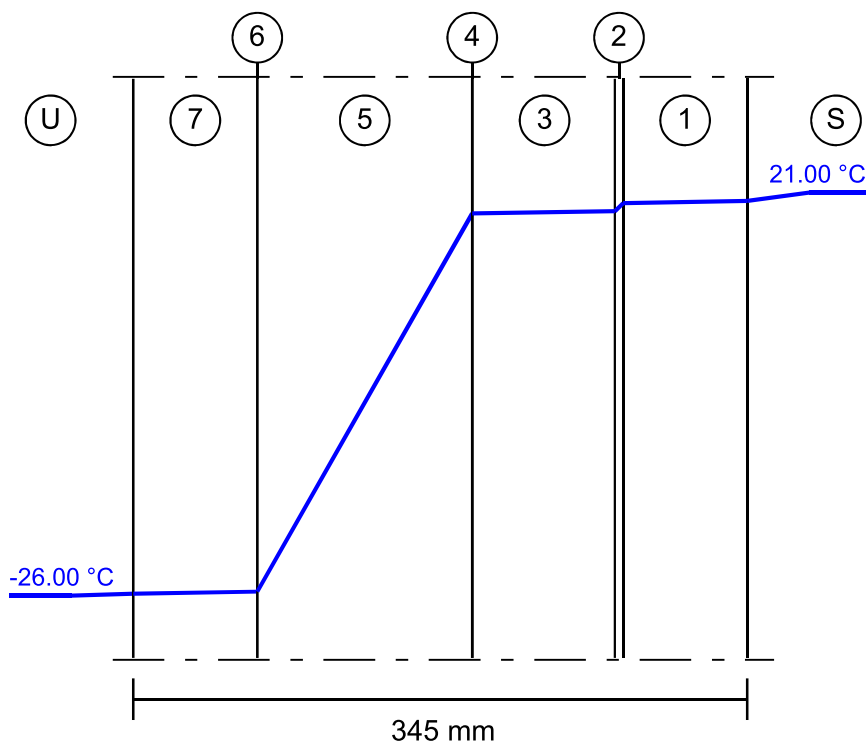
Tarkasteluhetki/jakso:

Vyöhyke 1, Mitoitustilanne, Suuri kosteuslisä

Tarkastelupiste:

Lämpötila (Celsius):

Sisätila:	21.00
Sisäpinta:	19.95
1-2:	19.72
2-3:	18.83
3-4:	18.57
4-5:	18.57
5-6:	-25.45
6-7:	-25.45
Ulkopinta:	-25.68
Ulkotila:	-26.00



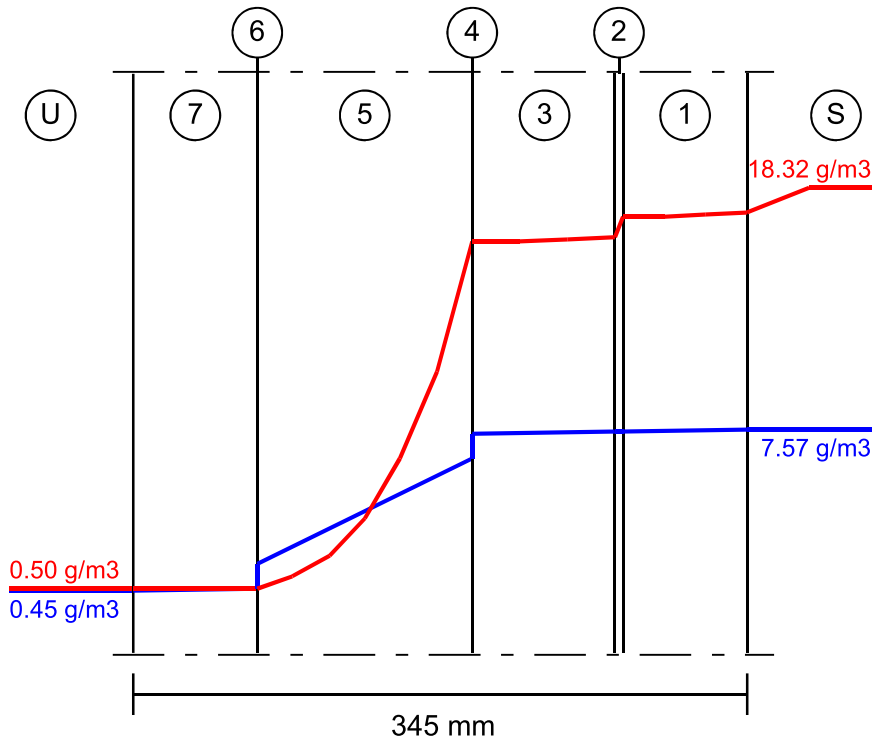
## KOSTEUS ERI KERROKSISSA

Tarkasteluhetki/jakso:

Vyöhyke 1, Mitoitustilanne, Suuri kosteuslisä

Tarkastelupiste:	KK (g/m <sup>3</sup> ):	KM (g/m <sup>3</sup> ):	Kond. (g/m <sup>2</sup> ):
Sisätila:	18.32	7.57 (RH=41.30%)	-
Sisäpinta:	17.24	7.57 (RH=43.90%)	0.00
1-2:	17.01	7.50 (RH=44.08%)	0.00
2-3:	16.14	7.50 (RH=46.46%)	0.00
3-4:	15.89	7.42 (RH=46.67%)	0.00
4-5:	15.89	6.34 (RH=39.89%)	0.00
5-6:	0.53	1.60->0.53 (RH=100%)	0.02
6-7:	0.53	0.52 (RH=98.68%)	0.00
Ulkopinta:	0.51	0.45 (RH=87.22%)	0.00
Ulkotila:	0.50	0.45 (RH=90.00%)	-

(KK = Kyllästymiskosteus, KM = kosteusmäärä, Kond. = kondensaatio)



# DOF-LÄMPÖ 3.0

Rakennuskohde:	Klaneettitie 1-3
Suunnittelija:	Toni Tarkkio
Yritys:	Insinööritoimisto Lauri Mehto Oy
Rakenneosan nimi/tunnus:	US2
Rakennusluokka:	2 Asuinkerrostalot

## Lisätiedot:

SerpoVent RENOVA Julkisivujärjestelmä

Kuvissa ei näy kaksikerrosrappausta, rappauslevyä tai tuuletusrakoa (<20 mm).

Suunnittelija:

Toni Tarkkio

Paivays:

3.12.2020

## PERUSTIEDOT

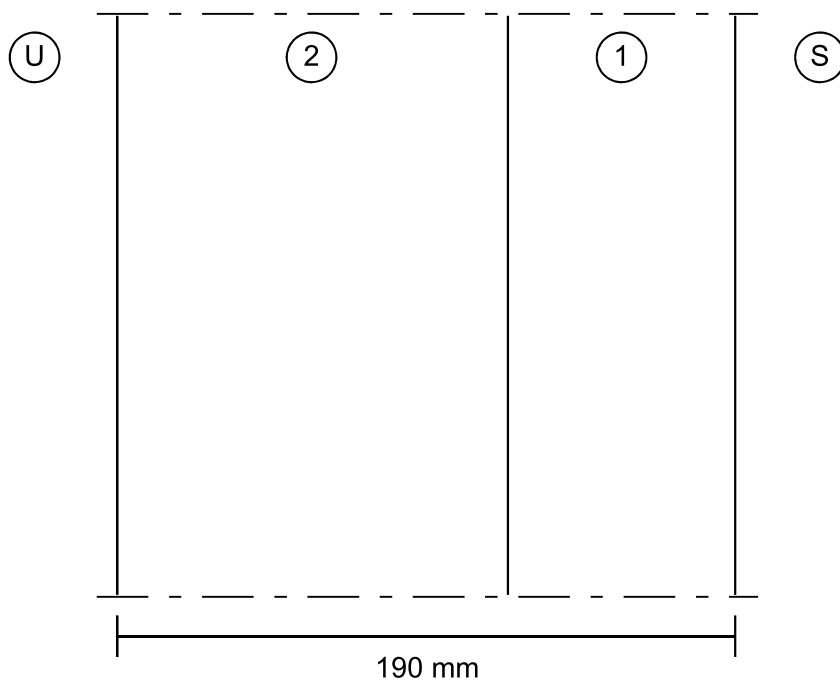
<b>Rakenne:</b>	<b>Seinä (tuulettulla ilmaraolla)</b>
<b>Rakenneosan kok. pinta-ala (m<sup>2</sup>):</b>	<b>1.00</b>
<b>Ulkopinnan pintavastus (m<sup>2</sup>K/W):</b>	<b>0.13</b>
<b>Sisäpinnan pintavastus (m<sup>2</sup>K/W):</b>	<b>0.13</b>
<b>Korjaustermi deltaU (W/m<sup>2</sup>K):</b>	<b>0.0196</b>
<b>Korjaustermin selite:</b>	<b>Ilmaraon ja kiinnikkeiden korjaustermi</b>
<b>Kylmäsiltojen päällekkäisyys:</b>	<b>Mahdollisimman kohdakkain</b>

## U-arvon laskentatulokset

<b>Rakennusosan kokonaislämmönvastuksen yläkiiarvo:</b>	<b>4.159 m<sup>2</sup>K/W</b>
<b>Rakennusosan kokonaislämmönvastuksen alalikiiarvo:</b>	<b>4.159 m<sup>2</sup>K/W</b>
<b>Rakennusosan kokonaislämmönvastus:</b>	<b>4.159 m<sup>2</sup>K/W</b>
<b>U-arvo (ilman korjaustermiä)</b>	<b>0.240 W/m<sup>2</sup>K</b>
<b>Laskettu/annettu korjaustermi:</b>	<b>0.020 W/m<sup>2</sup>K</b>
<b>U-arvo (korjaustermi huomioiden):</b>	<b>0.260 W/m<sup>2</sup>K</b>
<b>U-arvo (pyöristetty arvo):</b>	<b>0.26 W/m<sup>2</sup>K</b>
<b>Uudiskohteen vertailuarvo:</b>	<b>0.17 W/m<sup>2</sup>K</b>

## RAKENNEKERROKSET

Kerros:	Paksuus: (mm)	Materiaali:	Lambda: (W/mK)	VHL: (kg/msPa)
1	70.00	Vanha sisäkuori	2.500	1.538e-12
2	120.00	ISOVER RKL-31	0.031	1.050e-10



## LÄMPÖTILAT ERI KERROKSISSA

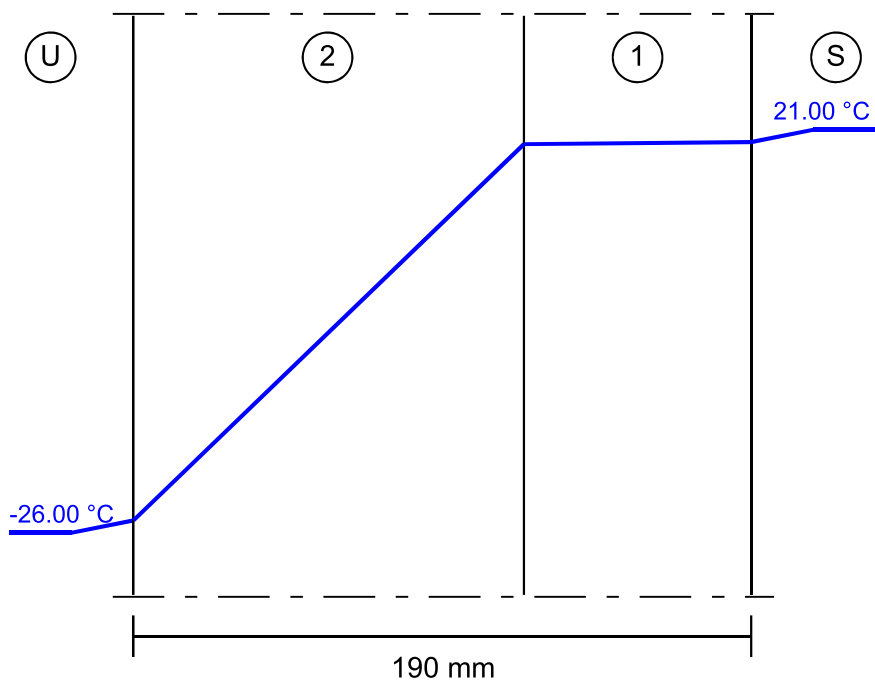
Tarkasteluhetki/jakso:

Vyöhyke 1, Mitoitustilanne, Normaali kosteuslisä

Tarkastelupiste:

Lämpötila (Celsius):

Sisätila:	21.00
Sisäpinta:	19.53
1-2:	19.21
Ulkopinta:	-24.53
Ulkotila:	-26.00



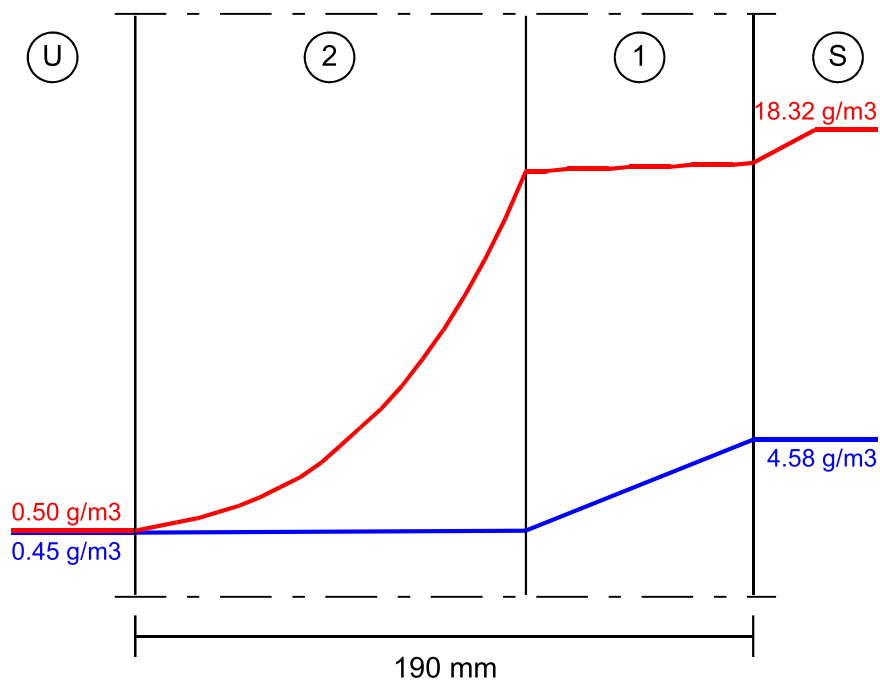
## KOSTEUS ERI KERROKSISSA

Tarkasteluhetki/jakso:

Vyöhyke 1, Mitoitustilanne, Normaali kosteuslisä

Tarkastelupiste:	KK (g/m <sup>3</sup> ):	KM (g/m <sup>3</sup> ):	Kond. (g/m <sup>2</sup> ):
Sisätila:	18.32	4.58 (RH=25.00%)	-
Sisäpinta:	16.82	4.58 (RH=27.24%)	0.00
1-2:	16.51	0.55 (RH=3.33%)	0.00
Ulkopinta:	0.57	0.45 (RH=78.09%)	0.00
Ulkotila:	0.50	0.45 (RH=90.00%)	-

(KK = Kyllästymiskosteus, KM = kosteusmäärä, Kond. = kondensaatio)





## LÄMPÖTILAT ERI KERROKSISSA

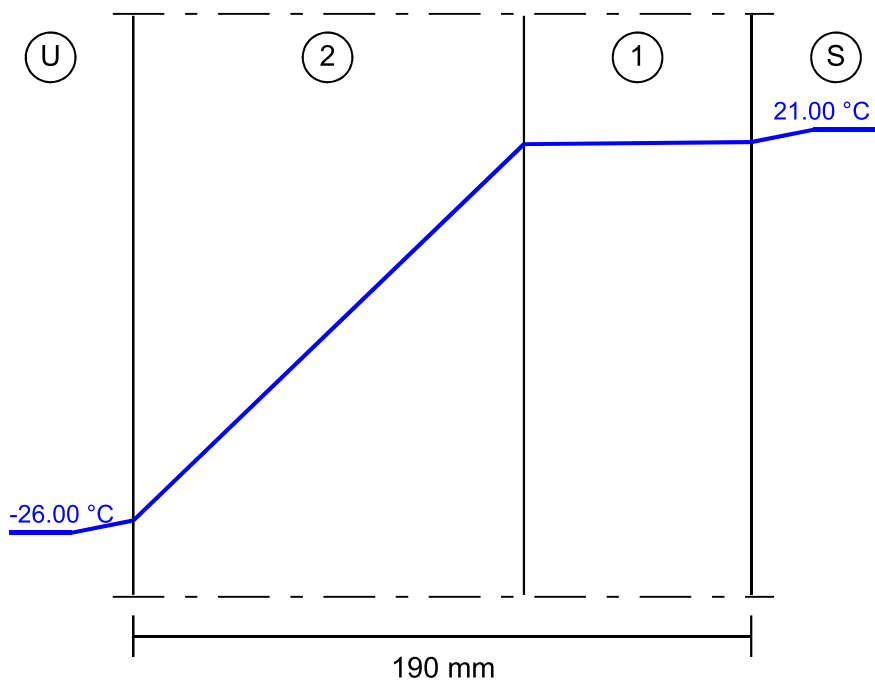
Tarkasteluhetki/jakso:

Vyöhyke 1, Mitoitustilanne, Suuri kosteuslisä

Tarkastelupiste:

Lämpötila (Celsius):

Sisätila:	21.00
Sisäpinta:	19.53
1-2:	19.21
Ulkopinta:	-24.53
Ulkotila:	-26.00



## KOSTEUS ERI KERROKSISSA

Tarkasteluhetki/jakso:

Vyöhyke 1, Mitoitustilanne, Suuri kosteuslisä

Tarkastelupiste:	KK (g/m <sup>3</sup> ):	KM (g/m <sup>3</sup> ):	Kond. (g/m <sup>2</sup> ):
Sisätila:	18.32	7.57 (RH=41.30%)	-
Sisäpinta:	16.82	7.57 (RH=45.00%)	0.00
1-2:	16.51	0.62 (RH=3.77%)	0.00
Ulkopinta:	0.57	0.45 (RH=78.09%)	0.00
Ulkotila:	0.50	0.45 (RH=90.00%)	-

(KK = Kyllästymiskosteus, KM = kosteus määrä, Kond. = kondensaatio)

