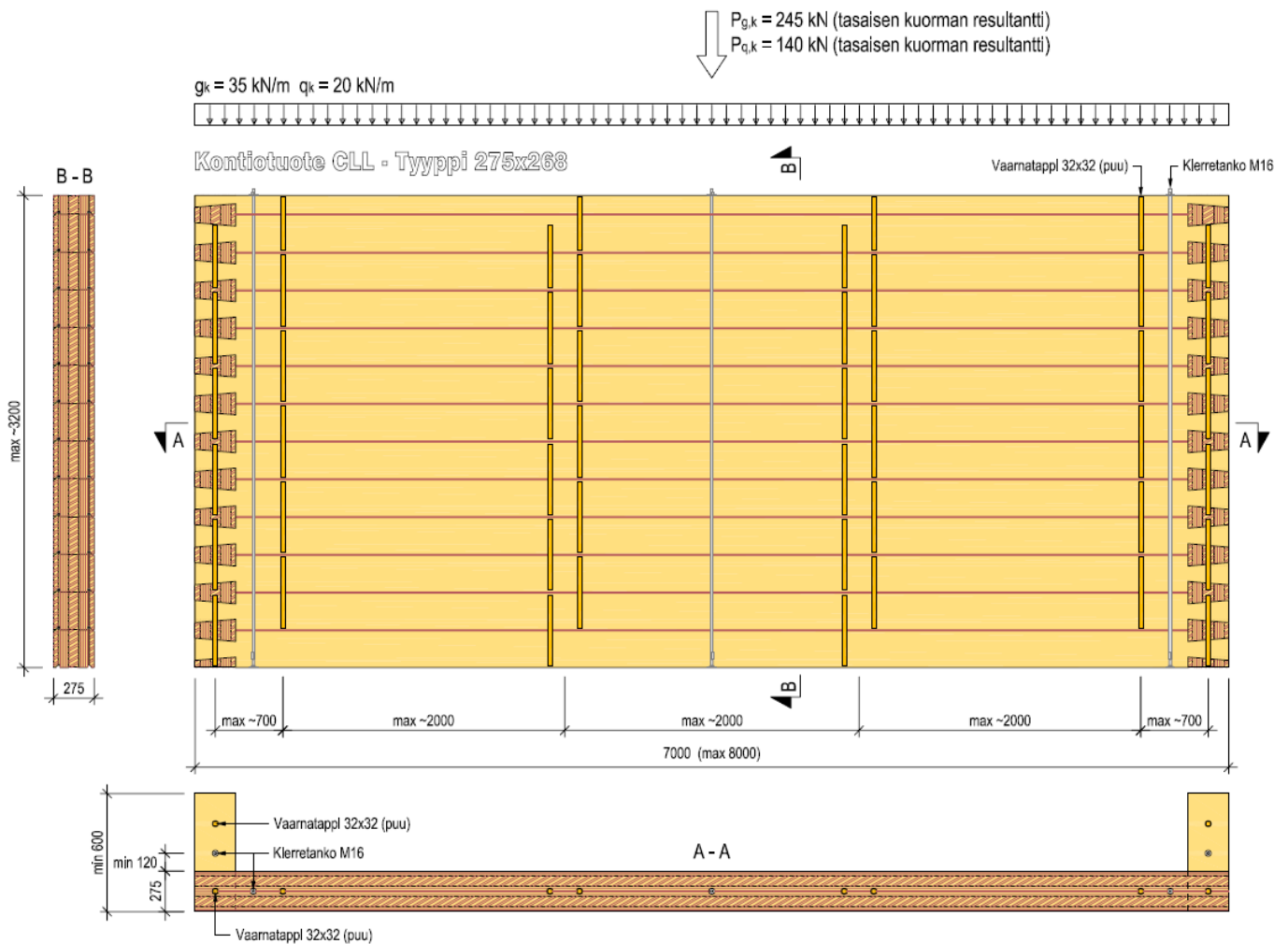


Seinän nurjahduskestävyys

1.0 Kuormitus

Seinän ominaiskuormat on esitetty alla olevassa kuvassa. Tarkastetaan seinän nurjahduskestävyys seinän keskellä oleville kuormaresultanteille, jotka muodostuvat seinän päällä olevasta viivakuormasta. Seinään mahdollisesti kohdistuvaa tuulikuormitusta ei huomioida tässä laskelmassa. Tuulikuorman vaikutus nurjahduskestävyyteen on hyvin pieni, koska kyseisessä seinässä hirret välittävät tuulikuorman suoraan seinän päissä oleville poikittaisille rakenteille. Seuraamusluokka on CC2 → $K_{F1} = 1,0$ (ei esitetä laskelmassa). Tässä laskelmassa tarkastetaan vain yksi kuormitustapaus. Myös muut kuormitustapaukset tulee tarkastaa.

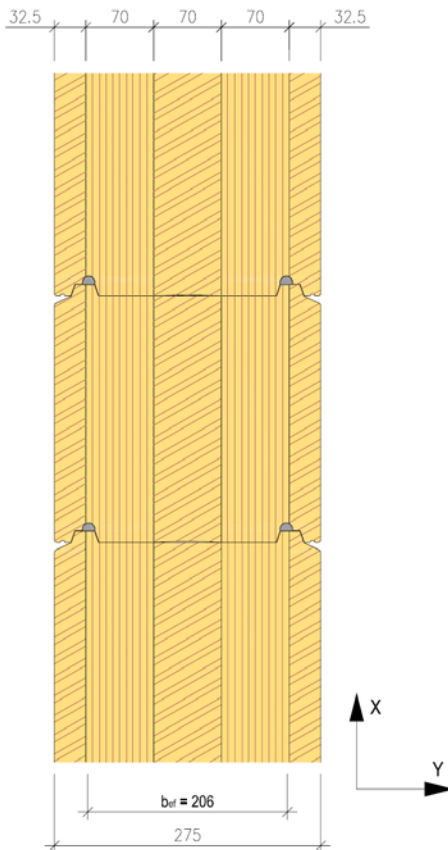


2.0 Rakennemalli

Tässä tapauksessa seinän päissä on poikittaiset hirsistä koostuvat rakenneosat, jotka tukevat seinää sivusuunnassa. Yllä olevassa kuvassa on esitetty poikittaisen rakenneosan minimimitat sekä pysty- ja vaakasuuntainen sidonta-periaate. Hyvin usein poikittaiset rakenneosat ovat kokonaisia seiiniä, mutta tässä laskelmassa halutaan tarkastella tapausta, jossa poikittaisessa seinässä olisi esimerkiksi iso aukko, jolloin yhtenäistä seinää ei muodostu. Mikäli poikittainen rakenneosa on kokonainen seinä, niin nurjahduskestävyys lasketaan edelleen tässä esitetyllä tavalla. Eri-tyisen tärkeää on muistaa, että poikittainen rakenneosa vastaanottaa tuulikuormituksesta hirsien päihin aiheutuvat tukireaktiot. Näin ollen poikittaisen rakenneosan tulee suunnitella sellaiseksi, että se pystyy välittämään voimat edelleen jäykistäville rakenteille.

3.0 Poikkileikkaus

CLL Log-seinän nurjahduskestävyys mitoitetaan seinän tehollisen leveyden perusteella. Alla olevassa kuvassa on esitetty tarkasteltavan seinän tehollinen leveys.



3.1 Tehollinen leveys

$$b = 275 \text{ mm}$$

$$b_{ef} = 0,75 \cdot b = 0,75 \cdot 275 = 206 \text{ mm}$$

4.0 Nurjahduskestävyys

Hirsiseinässä nurjahduskestävyys muodostuu nurkkien (poikittainen rakenneosa) ja itse seinäosan puristuskestävyydestä. Koko seinän nurjahduskestävyys on näiden summa. Käytetään nurjahduskestävyyden määrittämiseen Kontiotuote Oy:n lausuntoa VTT-S-03756-14.

$$n = 2 \text{ (nurkkien määrä seinässä)}$$

$$L = 7 \text{ m (seinän pituus)}$$

$$b_{ef} = 0,206 \text{ m}$$

Mitoituskaavat pätevät enintään 3 m korkealle seinälle. Seinän korkeus voi olla enintään 3,2 m, kun nurjahduskestävyyttä alennetaan reduktiokertoimella $k_{3,2} = 0,9$.

Nurkkien puristuskestävyys

$$F_{cc} = n \cdot 0,6 \cdot b_{ef} = 2 \cdot 0,6 \cdot 0,206 = 0,247 \text{ MN} = 247 \text{ kN}$$

Seinäosan puristuskestävyys

$$F_w = \min \begin{cases} L \cdot b_{ef} = 7 \cdot 0,206 = 1,442 \text{ MN} = 1442 \text{ kN} \\ 4 \cdot b_{ef} = 4 \cdot 0,206 = 0,824 \text{ MN} = 824 \text{ kN (määräävä)} \end{cases}$$

Koko seinän puristuskestävyyden ominaisarvo (seinän korkeus 3,2 m)

$$F_{c,k} = k_{3,2} \cdot (F_{cc} + F_w) = 0,9 \cdot (247 + 824) = 964 \text{ kN}$$

Koko seinän puristuskestävyyden laskenta-arvo

Käyttöluokka: 2

Aikaluokka: keskipitkä

$$k_{mod} = 0,8$$

$$\gamma_M = 1,3 \text{ (CLL Log, sahatavara C24)}$$

$$F_{c,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot F_{c,k} = \frac{0,8}{1,3} \cdot 964 = 593 \text{ kN}$$

Seinän puristusrasitus murtorajatilassa

$$N_d = 1,15 \cdot P_{g,k} + 1,5 \cdot P_{q,k} = 1,15 \cdot 245 + 1,5 \cdot 140 = 492 \text{ kN}$$

Seinän nurjahduskestävyys

$$N_d = 492 \text{ kN} < F_{c,d} = 593 \text{ kN (käyttöaste 83 \%)} \text{ OK}$$

5.0 Painuma

Hirsiseinän painuma muodostuu seuraavista tekijöistä:

- hirsien vaakasaumojen välissä olevista raoista
- hirsien kokoonpuristumasta
- hirsien kosteuspitoisuuden muutoksen aiheuttamasta muodonmuutoksesta

5.1 Vaakasaumojen aiheuttama painuma

Kyseisessä seinässä vaakasaumojen väliin oletetaan 0,5 mm:n välys, joka poistuu tavallisesti jo rakennusvaiheessa rakenteiden omapainon vaikutuksesta. Pällekkäiset hirret ovat suorassa kontaktissa toisiinsa, koska hirsien väliset tiivisteet ovat niille varatuissa erillisissä urissa.

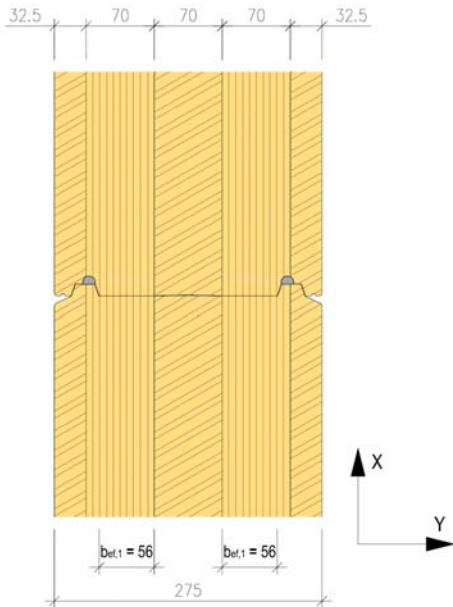
$$n_s = 12 \text{ kpl (hirsien väliset saumat)}$$

$$\Delta_s = 0,5 \text{ mm}$$

$$u_s = n_s \cdot \Delta_s = 12 \cdot 0,5 = 6,0 \text{ mm}$$

5.2 Seinän kokoonpuristuma

Kyseisessä seinässä puristusrasitus siirtyy hirreltä toiselle pystysuuntaisten lamellien välityksellä. Pystysuuntaisten lamellien tehollinen leveys on esitetty alla olevassa kuvassa.



$$A_{ef} = (b_{ef,1} + b_{ef,1}) \cdot L = (56 + 56) \cdot 7000 = 784000 \text{ mm}^2$$

Pysyvä kuorma

$$\sigma_{c,g,d} = \frac{P_{g,k}}{A_{ef}} = \frac{245000}{784000} = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ N/mm}^2 \text{ (C24 sahatavara)}$$

$$H = 3200 \text{ mm (seinän korkeus)}$$

$$u_{inst,g} = \frac{\sigma_{c,g,d}}{E_{0,mean}} \cdot H = \frac{0,31}{11000} \cdot 3200 = 0,09 \text{ mm}$$

Muuttuva kuorma

$$\sigma_{c,q,d} = \frac{P_{q,k}}{A_{ef}} = \frac{145000}{784000} = 0,18 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ N/mm}^2 \text{ (C24 sahatavara)}$$

$$H = 3200 \text{ mm (seinän korkeus)}$$

$$u_{inst,q} = \frac{\sigma_{c,q,d}}{E_{0,mean}} \cdot H = \frac{0,18}{11000} \cdot 3200 = 0,05 \text{ mm}$$

Seinän hetkellinen kokoonpuristuma

$$u_{inst} = u_{inst,g} + u_{inst,q} = 0,09 + 0,05 = 0,14 \text{ mm}$$

Seinän loppukokoonpuristuma

$$k_{def} = 0,8$$

$$\psi_2 = 0,3 \text{ (tässä esimerkissä)}$$

$$u_{fin} = u_{inst,g} \cdot (1 + k_{def}) + (1 + \psi_2 \cdot k_{def}) \cdot u_{inst,q} = 0,09 \cdot (1 + 0,8) + (1 + 0,3 \cdot 0,8) \cdot 0,05 = 0,2 \text{ mm}$$

5.3 Kosteusmuodonmuutos

Ristiinlaminoidun hirren kosteusmuodonmuutos on hyvin pieni, johtuen ristikkäisestä lamellirakenteesta. Arvioidaan kyseisen seinän kosteusmuodonmuutos, kun hirren kosteuspitoisuus muuttuu 5 %-yksikköä.

$$\Delta M = 5 \text{ \%-yksikköä}$$

$$\Delta_m = 0,01 \text{ \% / \%-yksikkö}$$

$$H = 3200 \text{ mm}$$

$$u_m = \Delta M \cdot \frac{\Delta_m}{100} \cdot H = 5 \text{ \%-yksikköä} \cdot \frac{0,01}{100} \cdot 3200 = 1,6 \text{ mm}$$

5.4 Yhteenveto painumasta

Hirsien väliset saumat $u_s = 6,0 \text{ mm}$ (pääasiassa työnaikainen)

Seinän kokoonpuristuma $u_{mn} = 0,2 \text{ mm}$

Kosteusmuodonmuutos $u_m = 1,6 \text{ mm}$

Kokonaispainuma $\sum u = 6,0 + 0,2 + 1,6 = 7,8 \text{ mm}$

Suurin osa painumasta tapahtuu rakennusvaiheessa, kun hirsien välisten saumojen välitys poistuu. Käyttötilanteessa kyseisen 3,2 m korkean seinän teoreettinen painuma on luokkaa 2...3 mm.

Lisätiedot

- Tutkimusraportti VTT-S-03756-14

Laskelman tekijä ei vastaa laskelman mahdollisista virheistä ja niistä aiheutuneista vahingoista laskelman käyttäjälle ja mahdolliselle kolmannelle osapuolelle. Laskelman käyttäjä käyttää laskelmaa omalla vastuulla ja on itse vastuussa tulosten oikeellisuudesta.