



Laskentaohje Knauf Oy:n kipsilevyjen levyjäykistykselle  
Eurokoodi 5 mukaan. Myönnetty: 26.10.2020  
EUFI29-20005465-C Voimassa: 25.10.2025

## LASKENTAOHJE KNAUF OY:N KIPSILEVYJEN LEVYJÄYKISTYKSELLE EUROKODI 5 MUKAAN

**SISÄLTÖ**

<b>1 MÄÄRÄYKSET JA OHJEET</b>	<b>2</b>
<b>2 LASKENTAOHJEEN SOVELTAMISALA</b>	<b>2</b>
<b>3 RAKENTEIDEN TOTEUTUS</b>	<b>2</b>
<b>4 JÄYKISTYKSEN SUUNNITTELU</b>	<b>2</b>
4.1 Kuormien ja materiaalien mitoitusarvot .....	2
4.2 Seinät.....	3
4.2.1 Yleistä.....	3
4.2.2 Rakennuksen mallinnus .....	3
4.2.2.1 Päämitat .....	3
4.2.2.2 Jäykistävät seinät .....	3
4.2.2.3 Aukot .....	4
4.2.3 Vaakasuuntainen kokonaistuulikuorma .....	5
4.2.3.1 Lisävaakavoimat.....	7
4.2.4 Seinän mallinnus .....	7
4.2.5 Seinien mitoitus .....	9
4.2.5.1 Kuorman jakaminen seinälle.....	9
4.2.5.2 Seinän kapasiteetti .....	9
4.3 Vaakasuuntaiset levyjäykisteet .....	10
4.3.1 Mallinnus .....	10
4.3.2 Levykenttien laskenta .....	11
<b>5 ESIMERKKILASKELMAT</b>	<b>112</b>
5.1 Kohde.....	112
5.2 Voimat ja kiinnikemäärät .....	13
5.3 Epäkeskisyydet .....	13
5.4 Ankkurointi .....	13
<b>6 LIITTIMIEN HYVÄKSYTYT ARVOT</b>	<b>14</b>

# LASKENTAOHJE KNAUF OY:N KIPSILEVYJEN LEVYJÄYKISTYKSELLE EUROKOODI 5 MUKAAN

## 1 MÄÄRÄYKSET JA OHJEET

Jäykistävien rakenneosien suunnittelu tehdään Eurokoodien mukaan. Ohjeet on annettu suunnitteluohjeessa RIL-205-1-2017 Puurakenteiden suunnitteluohje, eurokoodi EN 1995-1-1.

## 2 LASKENTAOHJEEN SOVELTAMISALA

Tässä ohjeessa käsitellään puurungolle mekaanisin kiinnikkein koottujen yksi- tai kaksipuolisten jäykistysseinien jäykistyskapasiteetin ja jäykkyyden määrittämisen suunnitteluperiaatteet. Levytys tehdään Knauf Oy:n kipsilevyillä, joiden suunnitteluarvot (levyjen mekaaniset ominaisuudet) ja kiinnittämisessä käytettävien nauhojen, ruuvien ja hakasten suunnitteluarvot perustuvat Eurofins Expert Services Oy:n tuotesertifikaattiin.

## 3 RAKENTEIDEN TOTEUTUS

Levyjen käyttö- ja kiinnitysohjeet on esitetty Knauf Oy asennusohjeissa. Muita huomioon otettavia seikkoja rakenteiden toteutuksessa ovat:

- Työn laadun on täytettävä yleisesti hyväksytyin rakennustavan vaatimukset.
- Rakennusaineet ja -osat tarkistetaan asianmukaisesti työmaalla ennen niiden käyttämistä: Runkotavara ja kiinnikkeet ovat rakennepiirustusten mukaiset, levyt on merkitty tyyppihyväksynnän mukaisesti eikä niissä ole kuljetusvaurioita.
- Levyt on varastoitava ja suojattava työmaalla niin, että ne eivät kastu.
- Rakenneosiin ei saa kohdistua liiallisia rasituksia varastoinnin, kuljetuksen eikä pystytyksen aikana.
- Levyjen kostumista seinässä ulkoverhouksen vielä puuttuessa on erityisesti vältettävä. KN-, KEK ja KPS-levyjä saa käyttää vain kastumiselta suojatuissa tiloissa, ei ulkoseinän rungon ulkopinnassa. KXT-levyjä voi käyttää myös ulkoseinän rungon ulkopintaan kiinnitettynä julkisivu verhoilun takana. Tällöin niiden käyttöluokka on 2.
- Materiaalit on asennettava ja kiinnitettävä siten, että ne toimivat asianmukaisesti ja suunnitellulla tavalla. On kiinnitettävä huomiota erityisesti kiinnikemääriin, niiden keskinäisiin etäisyyksiin sekä reunaetäisyyksiin.
- Rakennepiirustuksissa on osoitettava selvästi levyjäykistyksessä käytettävät rakenteet tai niiden osat, eikä rakenteita saa muuttaa ilman rakennesuunnittelijan hyväksyntää.

## 4 JÄYKISTYKSEN SUUNNITTELU

Jäykistykseen mitoituksessa tarkistetaan, etteivät mitoituskuormien aiheuttamat rasitukset ylitä rakenteen mitoituskestävyyttä.

### 4.1 Kuormien ja materiaalien mitoitusarvot

Kuormien mitoitusarvot saadaan, kun jokaisen ominaiskuorman arvo kerrotaan kyseisen kuorman osavarmuuskertoimella ja saadut tulot lasketaan yhteen. Pysyvän kuorman osavarmuuskerroin on yleensä 1,15. Jos pysyvä kuorma pienentää seinään tulevia rasituksia, niin osavarmuuskerroin on 0,9. Tuuli-kuorman osavarmuuskerroin on 1,5.

Materiaalin osavarmuuskerroin  $\gamma_M$  on 1,3. Kuorman keston ja kosteuden vaikutus huomioidaan muunnoskertoimella  $k_{mod}$ , jonka arvo käyttöluokissa 1 ja 2, sekä aikaluokassa hetkellinen, on 1,1. Mitoituskestävyydet lasketaan taulukon 3 ominaiskestävyyksistä kaavalla 1.

$$F_{f,Rd} = k_{mod} \frac{F_{f,Rk}}{\gamma_M} \quad (1)$$

## 4.2 Seinät

### 4.2.1 Yleistä

Seinien levyjäykistys kannattaa toteuttaa ensisijaisesti ulkoseinien avulla. Tällöin sisätilojen muunneltavuus säilyy, ja jäykistysseinien suunnittelu on suhteellisen yksinkertaista.

Jos jäykistäminen toteutetaan ei-kantavan väliseinän avulla, on otettava huomioon, että väliseinän tulisi sallia ylä-/välipohjan kantavien rakenteiden pystysuuntainen liike ja samalla vastaanottaa rakennuksen jäykistykseen tarvittavia vaakakuormia.

Väliseinät pyritään sijoittamaan symmetrisesti niin, ettei rakennus pyri kiertymään vaakavoimien vaikutuksesta. Jos niitä ei voida sijoittaa riittävän symmetrisesti, tästä aiheutuva vääntövaikutus on otettava mitoituksessa huomioon. Rakennesuunnittelija joutuu tapauskohtaisesti arvioimaan, milloin näin tehdään.

Vääntövaikutus käsitellään siten, että ensin määritetään rakennuksen vääntökeskiön sijainti, jonka jälkeen voidaan määrittää ulkoisen kuormituksen aiheuttama vääntömomentti. Lopuksi kuormitusresultantit ja vääntömomentti jaetaan jäykistäville seinille.

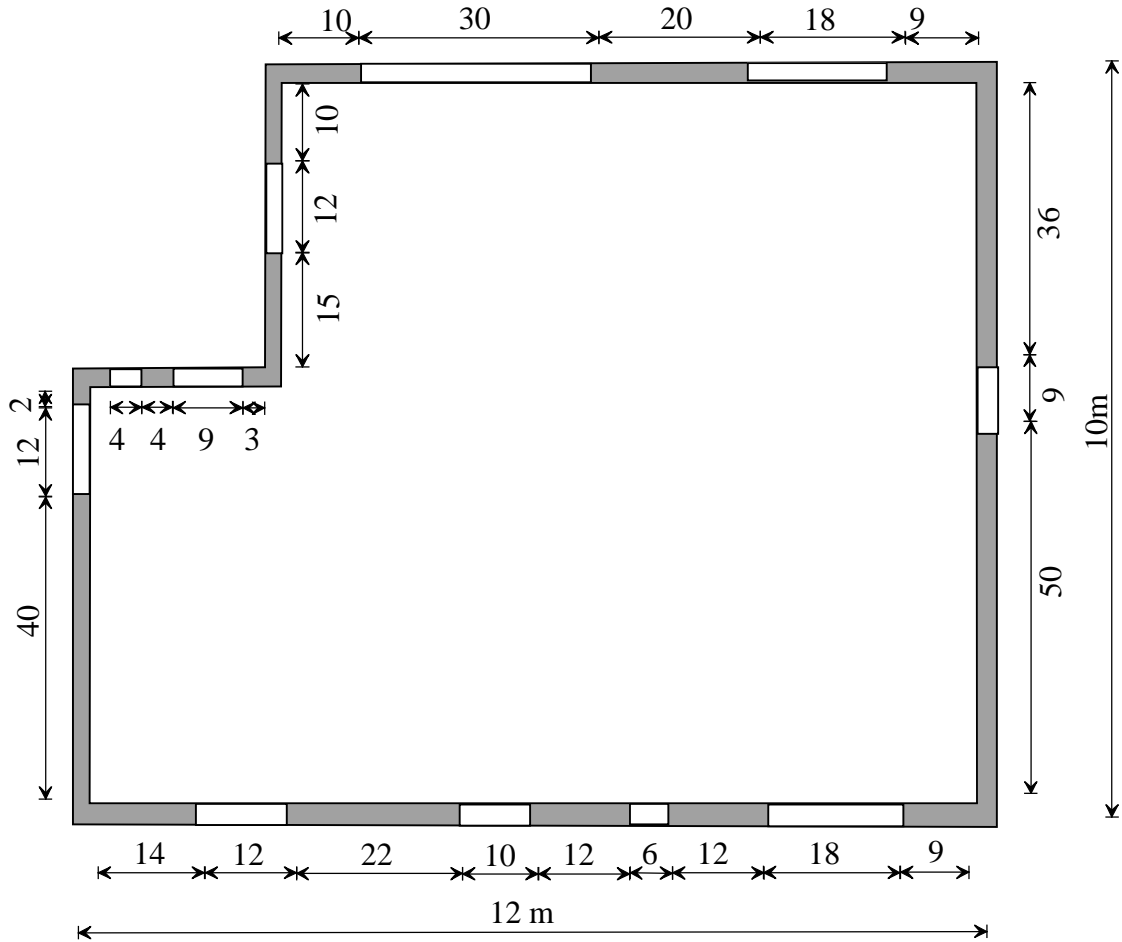
### 4.2.2 Rakennuksen mallinnus

#### 4.2.2.1 Päämitat

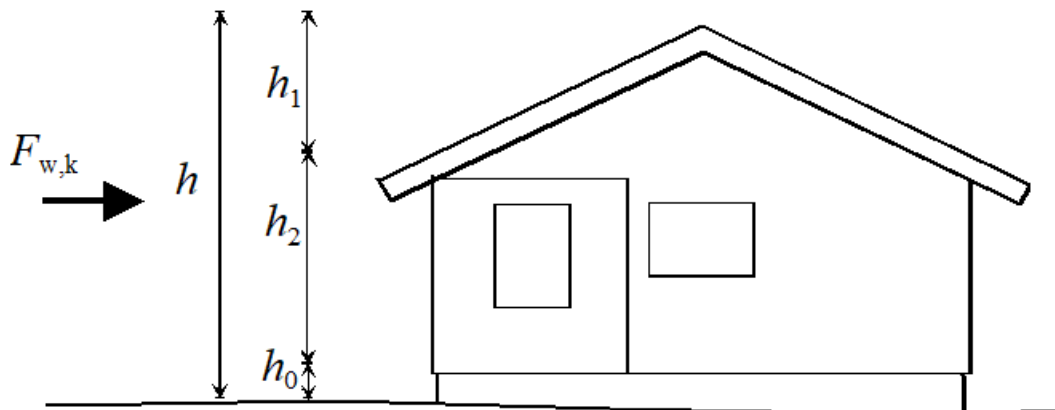
Jäykistykseen vaikuttaa rakennuksen muoto, seinien korkeudet ja katon muoto. Näiden avulla määritetään tarkasteltavissa tapauksissa tuulelle alttiiden pintojen alat.

#### 4.2.2.2 Jäykistävät seinät

Rakennuksesta valitaan jäykistävät seinät, jotka ovat täyskorkuisia umpiseiniä. Kuvassa 1 on esimerkki seinien valinnasta. Nämä seinät tai niiden osat on merkitty kuvaan harmaalla värillä.



Kuva 1. Esimerkki jäykistävien seinien valinnasta. Kuvan dimensiottomat luvut ovat moduulimittoja ja yhden moduulin mitta on 100 mm (1M).



Kuva 2. Esimerkkikohteen julkisivukuva.

#### 4.2.2.3 Aukot

Kuvassa 1 on jätetty valkoiseksi ne seinän osat, joita ei käytetä jäykistävinä seininä. Nämä ovat osia, joissa on aukkoja, siis ikkunoita ja ovia.

### 4.2.3 Vaakasuuntainen kokonaistuulikuorma

Vaakakuormat lasketaan kahdelle tapaukselle:

- kuorma tulee päätyseinää vasten tai
- kuorma tulee sivuseinää vasten.

Rakennuksen tai erillisen seinämän vaakasuuntainen kokonaistuulikuorman resultantin ominaisarvo saadaan tavallisessa tapauksessa kaavasta 2. Kokonaistuulikuorman resultantin  $F_{w,k}$  voidaan olettaa vaikuttavan projektiopinnan  $A_{ref}$  painopisteessä.

$$F_{w,k} = c_f q_p(h) A_{ref} \quad (2)$$

missä

$c_f$  on taulukon 1 mukainen voimakerroin

$q_p(h)$  on rakennuksen korkeutta vastaava nopeuspaineen ominaisarvo laskettuna kaavalla 3

$A_{ref}$  on rakenteen tuulta vastaan kohtisuora projektiopinta-ala.

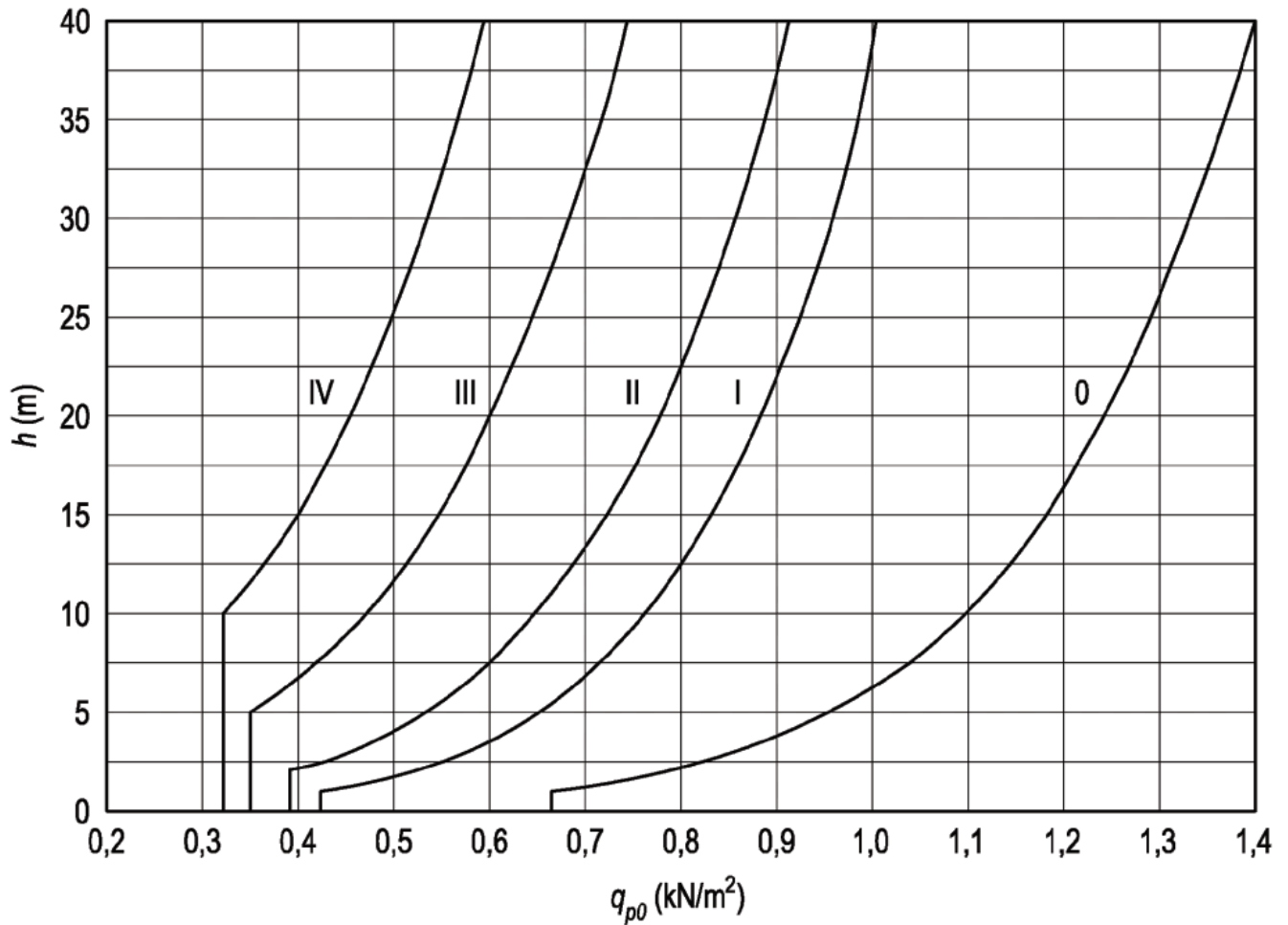
Nopeuspaineen ominaisarvo määritetään rakennuksen korkeuden  $h$  ja maaston pinnanmuodon mukaan seuraavasti:

$$q_p(h) = \gamma_D q_{p0}(h) \quad (3)$$

missä  $\gamma_D = 1,0$ , kun maaston kaltevuus on pieni,  $\Phi < 0,05$ . Muussa tapauksessa suurennuskerroin  $\gamma_D$  voidaan määrittää varmalle puolelle yksinkertaistettuna kaavalla 4

$$\gamma_D = \min \left\{ \begin{array}{l} 1 + 2,8\Phi \\ 1,84 \end{array} \right. \quad (4)$$

missä  $\Phi$  on maaston kaltevuus (rad) rakennuspaikalla tuulen suunnassa, kun kaltevuus määritetään rinteen pituuden ja mäen tai harjanteen lakikorkeuden mukaan. Tasaista maastoa vastaava nopeuspaineen ominaisarvo  $q_{p0}(h)$  eri maastoluokissa tuulennopeuden perusarvolla  $v_b = 21$  m/s esitetään kuvassa 3.



Kuva 3. Rakennuksen korkeutta vastaava nopeuspaineen ominaisarvo. Maastoluokat 0...IV riippuvat maaston rosoisuudesta ja pinnanmuodostuksesta. Maatalousalueilla sovelletaan luokkaa II ja matalilla pienalueilla ja kylille aluetta III.

Taulukko 1. Voimakerron  $\alpha$  huomioiden rakennuksen mittasuhteiden ja hoikkuuden vaikutus. Väliarvot interpoloidaan lineaarisesti. Hoikkuus  $\lambda$  lasketaan kaavalla 5. Sivumitta  $d$  on rakennuksen pituus tuulen suunnassa.

$\lambda$	Sivusuhte $d/b$								
	0,1	0,2	0,5	0,7	1	2	5	10	50
$\leq 1$	1,2	1,2	1,37	1,44	1,28	0,99	0,60	0,54	0,54
3	1,29	1,29	1,48	1,55	1,38	1,07	0,65	0,58	0,58
19	1,40	1,40	1,60	1,68	1,49	1,15	0,70	0,63	0,63

Voimakertoimen määrittämisessä käytettävä rakennuksen hoikkuus:

$$\lambda = \begin{cases} 2h/b & \text{kun } h \leq 15 \text{ m} \\ (2,25 - 0,017h) \frac{h}{b} & \text{kun } 15 \text{ m} < h \leq 50 \text{ m} \end{cases} \quad (5)$$

missä  $h$  on rakennuksen korkeus [m] ja  $b$  rakennuksen leveys tuulta vastaan kohtisuorassa suunnassa [m].

#### 4.2.3.1 Lisävaakavoimat

Pystyvoimien epäkeskisyyksistä aiheutuvia lisävaakavoimia ei puupientaloissa tarvitse ottaa huomioon.

#### 4.2.4 Seinän mallinnus

Seinän mallinnuksen periaatteet on esitetty kuvissa 4 ja 5. Seinästä valitaan yksi tai useampi seinälohko, joita käytetään jäykistykseen. Ainoastaan umpiseinän osat otetaan mukaan jäykistykseen. Ikkuna- ja oviaukkoja sisältäviä seinäloikkoja ei oteta mukaan jäykistykseen.

Seinät on ankkuroitava kunkin jäykistävästä seinälohkoista muodostuvan osaseinän päistä tai kunkin seinälohkon kohdalta, jolloin seinän alajuoksu ankkuroidaan tasavälein siten, että vähintään yksi kiinnityspiste on kunkin lohkon eli jäykistävän levyn kohdalle.

Pystyvoimat voidaan siirtää joko viereisen seinälohkon levyille tai ylä- tai alapuoliselle rakenteelle. Kun vetovoima siirretään alapuoliselle rakenteelle, osaseinä tai seinälohko ankkuroidaan jäykin liittimin. Seinätolppien nurjahduskestävyys tarkistetaan puurakenteiden suunnitteluohjeiden mukaisesti. Jos tolppien päät tukeutuvat puurungon vaakasauvoihin, syitä vastaan kohtisuora puristuskestävyys tarkistetaan puurakenteiden suunnitteluohjeiden mukaisesti.

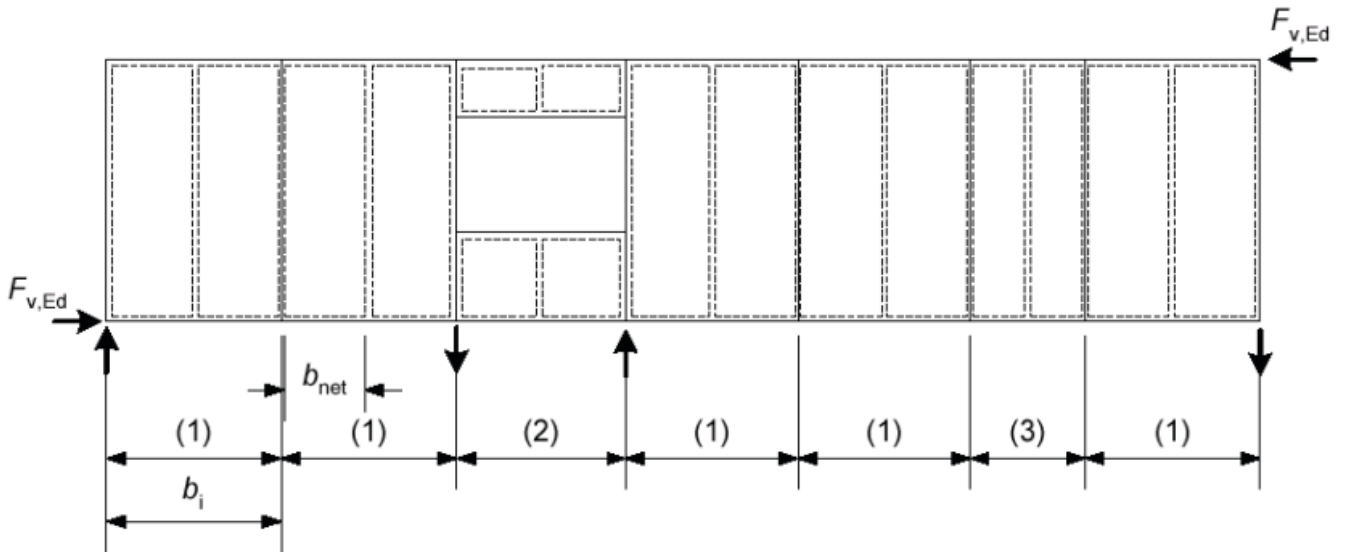
Kuvan 3 mukaisilla ovi- ja ikkuna-aukkoja sisältävillä osaseinillä voidaan siirtää ulkoisia voimia siten, että niillä voidaan kytkeä yhteen jäykistävät osaseinät.

Kun rakenteet toteutetaan siten, että kiinnitykset ovat levyn reunalla ja keskirungossa liitinväli  $\leq 300$  mm ja pystyrunkojako  $k \leq 600$  mm ja levyn korkeus  $H \leq 2800$  mm, ei tuotesertifioitujen levyjen osalta tarvitse tehdä lommahdustarkasteluja. Tämä pätee, kun rakenteiden jäykistyskapasiteetit määritetään tuotesertifioitujen kiinnikkeiden lujuuksia vastaavilla maksimimitoituskuormilla.

Pystytolppien ja vaakasuuntaisten puusauvojen välisillä kosketusalueilla tarkistetaan syysuuntaa vastaan kohtisuora puristuskestävyys.

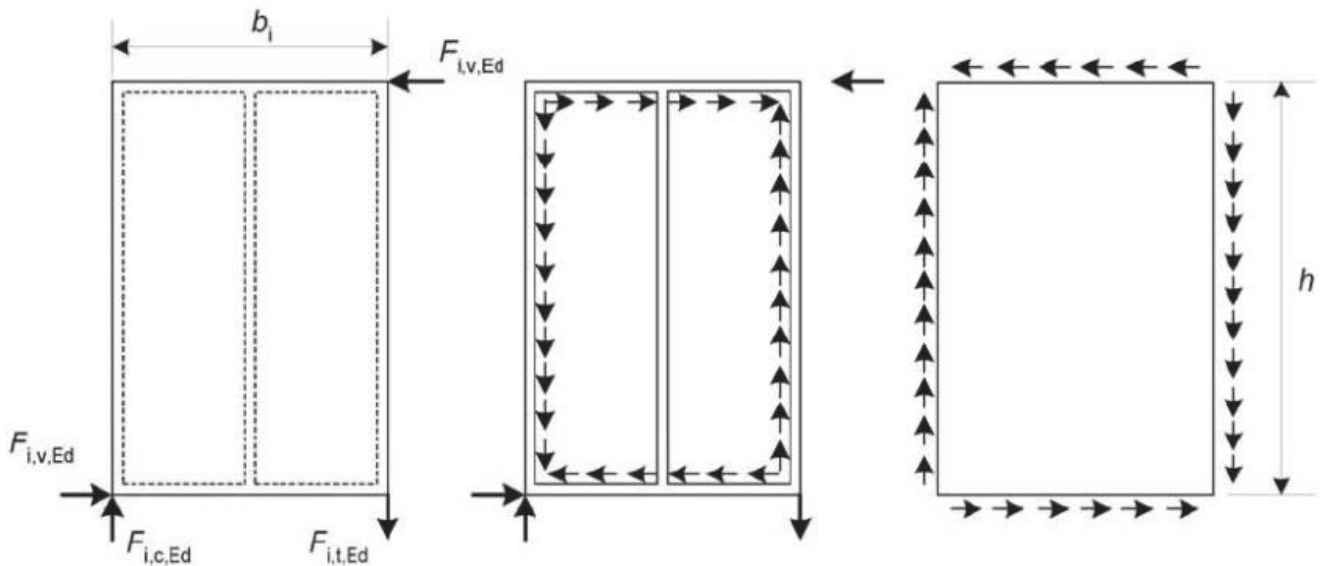
Liittimien liitinvälien minimietäisyydet on esitetty taulukon 3 yhteydessä. Liitinväli levyn reunoilla saa olla enintään 150 mm, kun liittimet ovat nauvoja tai hakasia, ja 200 mm, kun liittimet ovat ruuveja. Väli-  
tolpilla suurin liitinväli saa olla enintään reunojen liitinväli kaksinkertaisena, enintään kuitenkin 300 mm.





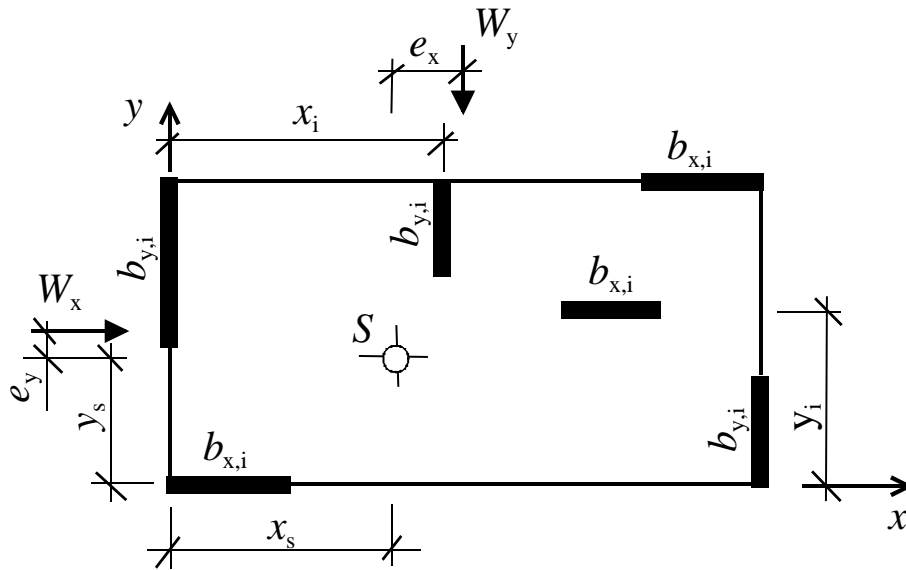
- (1) Normaalilevyinen seinälohko (jäykistävät seinälohkot)
- (2) Ikkunallinen seinälohko (ei huomioida jäykistävänä rakenneosana)
- (3) Kapea seinälohko (jäykistyskestävyyden saa laskea mukaan)

Kuva 4. Esimerkki kaksiosaisesta jäykistysseinästä, johon kuuluu ikkunallinen (2) ja muita kapeampi (3) seinälohko.



Kuva 5. Voimat jotka vaikuttavat seinälohkoon, puurunkoon sekä levyyn.

Jos seinät eivät sijaitse symmetrisesti kuorman nähden siten, että rakenteeseen syntyy vääntömomentti, niin on se laskennassa otettava huomioon. Tarvittavat kaavat on annettu kuvassa 6.



$x_s = \frac{\sum b_{yi} x_i}{\sum b_{yi}}$	$y_s = \frac{\sum b_{xi} y_i}{\sum b_{xi}}$
$s_{xi} = (x_i - x_s)$	$s_{yi} = (y_i - y_s)$
Tuulen suunta $F_x$ :	Tuulen suunta $F_y$ :
$H_{xi} = \frac{b_{xi}}{\sum b_{xj}} F_x + \frac{F_x e_y s_{yi} b_{xi}}{\sum b_{xj} s_{yj}^2 + \sum b_{yj} s_{xj}^2}$	$H_{xi} = \frac{F_y e_x s_{yi} b_{xi}}{\sum b_{xj} s_{yj}^2 + \sum b_{yj} s_{xj}^2}$
$H_{yi} = \frac{F_x e_y s_{xi} b_{yi}}{\sum b_{xj} s_{yj}^2 + \sum b_{yj} s_{xj}^2}$	$H_{yi} = \frac{b_{yi}}{\sum b_{yj}} F_y + \frac{F_y e_x s_{xi} b_{yi}}{\sum b_{xj} s_{yj}^2 + \sum b_{yj} s_{xj}^2}$

Kuva 6. Jäykisteet ja epäkeskisyyden laskentakaavat epäkeskisyyksien aiheuttamat kuormien jakautumien muutokset jäykistysseinille.

## 4.2.5 Seinien mitoitus

### 4.2.5.1 Kuorman jakaminen seinälle

Seinää rasittavasta kokonaistuulikuorman resultantista osa vaikuttaa seinän yläreunaan  $F_{H,k}$  ja osa menee alareunan kautta suoraan perustuksille  $F_{0,k}$ . Tuulikuorman jakautuminen seinän yläreunalle ja alareunalle riippuu resultantin sijainnista rakennuksen korkeussuunnassa. Tavanomaisessa tapauksessa tilannetta voi mallintaa ulokepalkkina, jossa katon osuus ajatellaan ulokkeena.

### 4.2.5.2 Seinän kapasiteetti

Kun jäykistävä seinä koostuu useista seinälohkoista, seinän vaakaleikkausvoimakestävyyden mitoitusarvo on seinälohkojen vaakaleikkausvoimakestävyyksien summa.

$$F_{v,Rd} = \sum F_{i,v,Rd}$$

(6)

missä  $F_{i,v,Rd}$  on seinälohkon vaakavoimaleikkauskestävyyden mitoitusarvo.

Seinälohkoa rasittavaa vaakavoimaa  $F_{i,v,Ed}$  vastaava vaakavoimaleikkauskestävyyden mitoitusarvo on

$$F_{i,v,Rd} = \frac{F_{i,Rd} b_i c_i}{s} \quad (7)$$

missä

$F_{i,Rd}$  on yksittäisen liittimen leikkausvoimakestävyyden mitoitusarvo, joka saadaan laskemalla kaavalla 1 kohdassa 6 annettu liittimen ominaiskapasiteetti.

$b_i$  on seinälohkon leveys,

$s$  on liitinväli ja

$$c_i = \begin{cases} 1 & \text{kun } b_i \geq h/2 \\ 2b_i/h & \text{kun } b_i < h/2 \end{cases} \quad (8)$$

missä  $h$  on seinän korkeus.

Seinälohkoille, joissa levytys on molemmilla puolilla, noudatetaan seuraavia sääntöjä:

- Jos levyt ja liittimet ovat tyypiltään ja mitoiltaan samanlaiset, niin seinän vaakaleikkausvoimakestävyys lasketaan molempien levytysten summana.
- Jos käytetään erityyppisiä levyjä, mutta siirtymäkertoimiltaan samanlaisia liittimiä, voidaan yleensä ottaa huomioon 75 % heikomman puolen vaakaleikkauskestävyydestä. Muissa tapauksissa vahvemman puolen vaakaleikkausvoimakestävyyteen saadaan lisätä 50 % heikomman puolen kestävydestä.

Kuvan 4 mukaiset ulkoiset pystyvoimat  $F_{i,c,Ed}$  ja  $F_{i,t,Ed}$  määritetään kaavasta:

$$F_{i,c,Ed} = F_{i,t,Ed} = \frac{F_{i,v,Ed} h}{b_i} \quad (9)$$

Ulkoiset pystyvoimat voidaan siirtää joko viereisen seinälohkon levyille tai ylä- tai alapuoliselle rakenteelle. Pystyvoimasta  $F_{i,t,Ed}$  saa vähentää pysyvää kuormasta johtuvan runkotolpan puristusvoiman  $F_{1,g,d} = 0,9G_{kj,inf}$ . Kun vetovoimia siirretään alapuoliselle rakenteelle, seinälohko ankkuroidaan jäykin liittimin. Seinätolppien nurjahduskestävyys tarkistetaan puurakenteiden suunnitteluohjeiden mukaisesti. Jos tolppien päät tukeutuvat vaakasauvoihin, syitä vastaan kohtisuora puristuskestävyys tarkistetaan puurakenteiden suunnitteluohjeiden mukaisesti.

### 4.3 Vaakasuuntaiset levyjäykisteet

Yläpohjarakennetta voidaan hyödyntää jäykistävänä tasona. Tällöin levyt kiinnitetään suoraan kattokannattajiin tai niihin kiinnitettyihin sekundaaripalkkeihin. Levyn oma paino ei saa aiheuttaa liittimien kantojen läpimenoa kartonkipinnasta eikä kiinnike saa irrota kiinnitysalustastaan.

#### 4.3.1 Mallinnus

Vaakatasojen (ylä- ja välipohjat) voidaan ajatella toimivan vaakasuorina taivutusmomentin ja leikkausvoiman rasittamina korkeina levypalkkeina. Tasoon kohdistuu vaakasuuntainen viivakuorma, jonka synnyttämät tukireaktiot kuormittavat em. jäykistäviä seiniä.

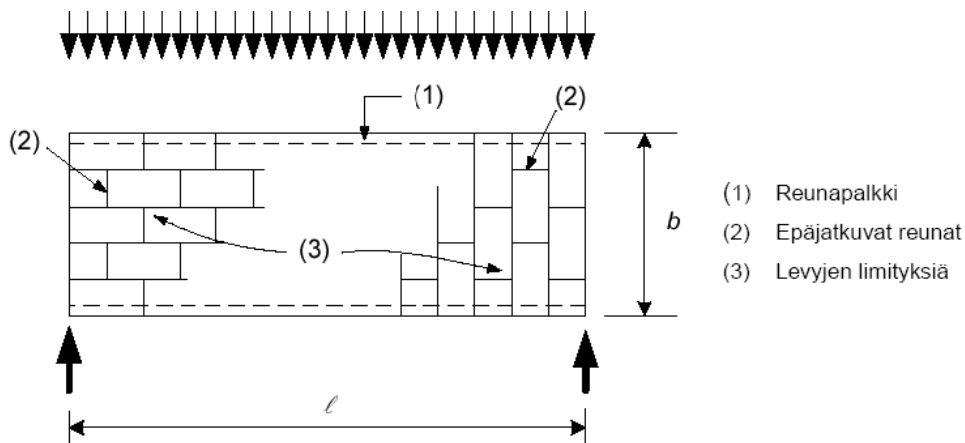
Vaakakuormien jakautuminen jäykistysseinille määräytyy kuormia siirtävän vaakatason ja seinien jäykkyyksien suhteista. Vaakakuorma voidaan normaalisti jakaa jäykistysseinille niiden jäykkyyksien suhteessa.

Välipohjissa mahdolliset aukot tulisi sijoittaa levykentän keskivaiheille, jolloin taivutusmomentin aiheuttama veto- ja puristusrasitus runkorakenteisiin sekä leikkausvoiman aiheuttama leikkausrasitus välipohjalevyihin ovat pienimmillään.

Suurempien aukkojen yhteydessä on varmistettava, että voimat voivat siirtyä aukon ohi. Puristus- ja vetovoimat siirretään puristussauvojen, yhteen liitettyjen levyjen ja esim. teräslevyjen avulla. Leikkausvoimien siirtämisen varmistamisessa on tärkeää, että levyt on kiinnitetty aukkojen ympäristössä luotettavasti puristussauvoihin ja palkkeihin. Erityistä huomiota on kiinnitettävä myös siihen, että ylempien kerrosten jäykistävien seinien ankkurointivoimat tulevat asianmukaisesti siirrettyiksi välipohjan välityksellä alemman kerroksen jäykistäville seinille.

### 4.3.2 Levykenttien laskenta

Seuraavassa käytetään kuvan 6 merkintöjä.



Kuva 6. Käytetyt merkinnät.

Esitettävää analyysiä voidaan käyttää, kun

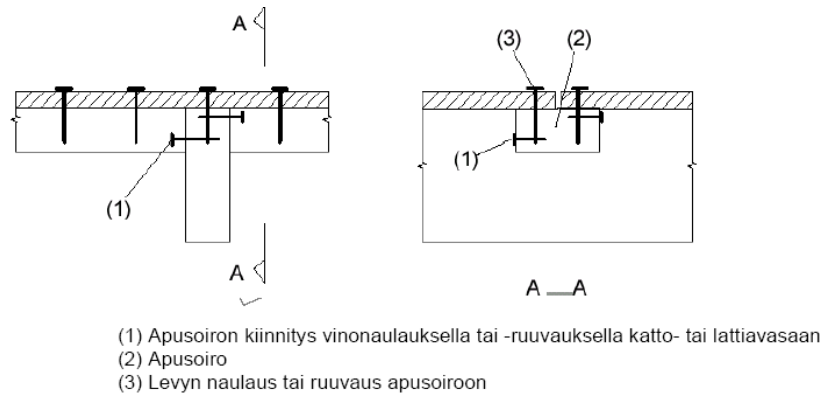
- kuormituksena on tasan jakautunut kuorma, joka on vaakakuorman aiheuttama seinän yläpään tukireaktio levykentälle
- jänneväli  $l$  välillä  $2b \dots 6b$ , missä  $b$  on levykentän leveys,
- mitoituksen kannalta kriittinen murtorajatila on liittimien (ei levyjen) pettäminen ja levyt kiinnitetään alla selostetun mukaisesti.

Reunapalkit mitoitetaan normaalivoimille, joiden arvot lasketaan levykentässä vaikuttavan suurimman momentin mukaan ( $N_d = M_d / b$ ).

Levykentässä vaikuttavien leikkausvoimien oletetaan olevan tasan jakautuneita levykentän leveydellä.

Kun levyt limitetään kuvan 6 mukaisesti, voidaan epäjatkuvilla levyn reunoilla olevia naulavälejä suurentaa kertomalla ne luvulla 1,5 (enintään mittaan 150 mm).

Levyreunat, jotka eivät tukeudu palkkeihin, vasoihin tai kattotuoleihin, kiinnitetään toisiinsa esim. apusoirojen avulla kuvan 7 mukaisesti. Liittimien pitää olla tyyppihyväksytyjä. Suurin liitinväli levyn reunalla on 150 mm ja muualla 300 mm.



Kuva 7. Esimerkki levyjen liitoksesta, kun vasat eivät tue levyn reunaa.

## 5 ESIMERKKILASKELMAT

### 5.1 Kohde ja kokonaistuulikuorman ominaisarvo

Mitoitetaan kuvan 1 ja 2 rakennuksen jäykistävät päätyseinät. Käytetään seuraavia arvoja:

- Kokonaiskorkeus maasta  $h=h_0+h_1+h_2=0,4+2,6+2=5$  m,
- Päädyn pituus 10 m,
- Sivuseinän pituus 12 m,
- Ominaisuuskuorma  $q_{p0}(h)=0,35$  kN/m<sup>2</sup> (maastoluokka III),
- Suurennuskerroin  $\gamma_D = 1,0$  (tasainen maasto),
- Modifioituneen nopeuspaineen ominaisarvo  $q_p(h) = \gamma_D q_{p0}(h) = 0,35$  kN/m<sup>2</sup>,
- Rakenteen sivusuhte tarkasteltavassa suunnassa:  $d/b = 10$  m / 12 m = 0,833
- Rakenteen hoikkuus tarkasteltavassa suunnassa ( $h \leq 15$  m):  $\lambda = 2h / b = 2 \cdot 5$  m / 12 m = 0,833
- Rakenteen voimakerroin  $c_f$  taulukosta 1 interpoloimalla:  $c_f = 1,369$ .

Sivuseinän ja katon pystyprojektiopinta-ala  $A_{ref} = 5$  m \* 12 m = 60 m<sup>2</sup>.

Kokonaistuulikuorman ominaisarvo:  $F_{w,k} = c_f \cdot q_p(h) \cdot A_{ref} = 1,369 \cdot 0,35$  kN/m<sup>2</sup> \* 60 m<sup>2</sup> = 28,75 kN

### 5.2 Voimat ja kiinnikemäärät

Sivuseinältä päädyille tuleva mitoitustuulikuorma on  $F_{w,d,päädyt} = 1,5F_{w,k} = 1,5 \cdot 28,75$  kN = 43,1 kN. Jäykistävän seinän yläreunalle siirtyvä osuus määritetään erikseen, esimerkin mittasuhteilla 4/5 tuulikuormasta siirtyä seinän yläreunalle, ja loput suoraan perustuksille.

Jäykistävän seinän yläreunalle siirtyvä kuorma:  $F_{v,Ed} = 0,8 \cdot 43,1$  kN = 34,5 kN

Koska talo ei ole symmetrinen, tulisi seinälohkoille siirtyvät kuormat määrittää kuvan 6 kaavoilla. Esimerkin yksinkertaistamiseksi ajatellaan kuitenkin kuorman jakautuvan puoliksi molemmille päädyille.

Katsotaan riittääkö jäykisteeksi **tuulensuojalevy KXT9 päätyjen jäykistämiseen:**

Valitaan puurunko ja kiinnikkeeksi taulukosta 3 Senco 39A32MC (3,9\*32) kipsilevyruuvi. Tämän ruuvin ominaisleikkauslujuus käyttöluokassa 2 on 0,51 kN.

Tarkastellaan tässä yksinkertaistetussa esimerkissä vain kuvan 1 mukainen oikea päätyseinä. Kuvan mukaiset päätyseinän modulimittaiset osaseinät ovat 50 M+36 M. Osaseinään 50 M sopii 1,2 m leveitä levyjä 4 kpl ja 36 M leveään osaseinään 3 kpl. Yhteensä siis 7 kpl. Yhdelle 1,2 m leveälle lohkolle tulee mitoitusleikkausvoimaksi:

Knauf Oy

$$\frac{34,5kN}{2 \cdot 7} = 2,47kN$$

Koska levyn korkeus on 2600 mm ja leveys 1200 mm, niin kaavasta 7 saadaan liittimen leikkauslujuuden pienennyskertoimeksi

$$c_i = 2b_i / h = 2 \cdot 1200 / 2600 = 0,92$$

Liittimen mitoitusleikkauslujuus, käyttöluokka 2, osavarmuusluku 1,3,  $k_{mod}$  1,1:  $F_{f,Rd} = 1,1 \times 0,51 \text{ kN} / 1,3 = 0,43 \text{ kN}$

Tarvittava ruuviväli kaavasta 6 johdettuna:

$$s = \frac{F_{f,Rd} \cdot b_i \cdot c_i}{F_{i,v,Rd}} = \frac{0,43kN \cdot 1200 \text{ mm} \cdot 0,92}{2,47 \text{ kN}} = 192,2 \text{ mm}$$

Valitaan ruuviväliksi 190 mm levyn reunoilla. Keskitolpassa ruuviväli 2 x liitinväli reunoilla, tai enintään 300 mm => liitinväli keskitolpassa 300 mm.

### 5.3 Epäkeskisyydet

Jos otetaan mukaan epäkeskisyyden vaikutus, niin laskelma tarkistetaan kuvan 6 kaavojen avulla. Tällöin saadaan korjausvoimina osalle jäykistysseiniä suuremmat voimat kuin edellä laskettiin ja osalle pienemmät. Nämä lisävoimat kannattaa ottaa huomioon tihentämällä ja harventamalla ruuvijakoa tarvittaessa.

### 5.4 Ankkurointi

Jokainen jäykistävä osaseinä tai seinälohko on tarpeen mukaan ankkuroitava perustuksiin. Päätyseinillä runkotolpille kertyvät yläpuolisten rakenteiden omapainot ovat tyypillisesti hyvin pienet, eikä niitä juuri pysty hyödyntämään osaseinä tai seinälohkon ulkoisen pystyvoiman sitomiseen. Esimerkkitaipauksessa molempien 50 M ja 36 M osaseinien reunimmaisten seinälohkosten reunimmaiset runkotolpat tulee ankkuroida kaavan 8 mukaiselle voimalle:

$$F_{i,t,Ed} = \frac{F_{i,v,Ed} h}{b_i} = \frac{2,47kN \cdot 2600 \text{ mm}}{1200 \text{ mm}} = 5,35kN$$

Lisäksi tulee tarkastaa tolpan nurjahduskapasiteetti vastaavaa puristavaa voimaa vastaan, sekä tolpan alla olevan alajuoksun leimapainekestävyys. On hyvä huomata, että ankkurointi tulee tehdä myös 50 M ja 36 M seinälohkot jakavan ikkuna/oivaukon molemmilla reunoilla, eikä vain rakennuksen ulkonurkissa.

## 6. LIITTIMIEN HYVÄKSYTYT ARVOT

Seuraavaan on taulukoitu Knauf-kipsilevyjen nimellispaksuudet ja –painot, liukumoduulit sekä levyjen ja runkopuiden välisten ruuvi-, naula- ja hakasliitosten ominaisleikkauskestävyydet Rvk ja siirtymäkertoimet Kser tyypillisimmässä käyttöluokissa. Leikkauskapasiteetin suunnitteluarvo saadaan EN 1995-1-1 mukaisesti ominaisleikkauskapasiteetista jakamalla materiaali-osavarmuuskertoimella  $\gamma_m = 1,3$  ja kertomalla kosteusvaikutuksen ja kuorman keston muunnoskertoimella  $k_{mod}$ . Kun aikaluokka on hetkellinen ja käyttöluokka on 1 tai 2, käytetään arvoa  $k_{mod} = 1,1$ . Rakennesahatavaran lujuusluokka on vähintään C24.

Taulukko 2. Knauf Oy:n kipsilevyjen nimellispaksuudet ja -painot ja kimmokertoimet E

Levy	Käyttö	Paksuus t (mm)	Neliöpaino (kg/m <sup>2</sup> )	Liukumoduuli G (N/mm <sup>2</sup> )
KN 13	Normaali kipsilevy	12,5	8,2 -0,2/+0,4	150
KEK 13	Erikoiskova kipsilevy	12,5	10,2 -0,2/+0,4	200
KXT 9	Tuulensuojakipsilevy	9,5	7,0 -0,2/+0,4	210
KXT 13	Tuulensuojakipsilevy	12,5	10,2 -0,2/+0,4	130
KPS 15	Palokipsilevy	15,5	13,3 -0,4/+0,4	150

Taulukko 3. Knauf Oy:n kipsilevyjen levyjäykistyksessä käytettävien kiinnikkeiden ominaislujuudet  $F_{i,Rk}$  (kN) ja siirtymäkertoimet  $K_{ser}$  (N/mm) puurungolle.

Liitin tyyppi	Liitin	Levy	Käyttö- luokka	Liittimen omi- naisleikkaus- kapasiteetti [kN]	Liittimen siir- tymäkerroin [N/mm]
Ruuvi	Senco 39A32MC (3,9x32)	KN 13	1	0,45	650
Ruuvi	ITW BYG Spit 151600 (3,9x32)	KEK 13	1	0,55	1500
Ruuvi	Prof 3,8 x 45 ja Knauf SN39	KPS 15	1	0,45	650
Ruuvi	Senco 39A32MC (3,9x32)	KXT 9	2	0,51	2000
Ruuvi	Senco 39A32MC (3,9x32)	KXT 13	2	0,66	1050
Ruuvi*	Senco 39A42MC (3,9x42)	KPS 15	1	0,56	740
Hakanen	Senco N15BAB (1,57x31,7x11,1)	KN 13	1	0,34	300
Hakanen*	Senco V17BXBB (1,57x38x11,1)	KPS 15	1	0,42	280
Hakanen	BeA 16/38 NKHZ (1,59x38x10,9)	KEK 13	1	0,4	350
Hakanen	Senco P15BABB (1,57x32x25,4)	KXT 9	2	0,53	350
Hakanen	BeA 155/38 VZHZ (1,59x38x10,9)	KXT 9	2	0,35	500
Hakanen	BeA 155/38 VZHZ (1,59x38x10,9)	KXT 13	2	0,47	550
Naula	Senco HJ15ASAVR (3,1x32)	KXT 9	2	0,55	1150
Naula	BeA TC 25 x 35, kampa (2,5x35)	KXT 9	2	0,37	650
Ruuvinaula	TC 30 x 45 NK PH2 (3,0x45)	KXT 13	2	0,51	650

Kiinnikkeiden keskinäinen minimietäisyys 70mm ja runkotolpan leveys vähintään 48mm, paitsi \* merkittyjen rivien kiinnike/levy-yhdistelmillä 50mm ja 42mm.

KNW13 voidaan käyttää KN13 sijaan ja KPSW15 voidaan käyttää KPS15 sijaan. Nimellismitaltaan 15,5 mm paksulle KPS -levylle voidaan käyttää myös samoja arvoja kuin nimellismitaltaan 12,5mm paksulle KN-levylle, kun levy toimii rakennuksen tuulijäykisteenä. Kiinnikkeiden tartuntapitoisuus puussa pitää KPS-levyn liitoksissa olla sama kuin kiinnikkeillä on KN-liitoksissa.