



Suunnitteluohje Knauf Oy:n kipsilevyjen levyjäykistykselle

DnoVTT-RTH-05596-08

Myönnetty: 26.10.2015

Voimassa: 25.10.2020

# LEVYJÄYKISTYSRAKENTEIDEN SUUNNITTELUOHJE KNAUF OY:N KIPSILEVYJEN LEVYJÄYKISTYKSELLE

Knauf Oy

Toimisto/Office: Lars Sonckin kaari 14, PL 18, FI-02601 Espoo Tel. +358 9 476 400 Fax +358 9 476 40 300

Tehdas/Factory: Kenttätatu 4, FI-38700 Kankaanpää Tel. +358 9 476 400 Fax +358 9 476 40 300

[www.knauf.fi](http://www.knauf.fi) kotipaikka: Espoo Y-tunnus: 0921271-2

## SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	2
2 VAAKAKUORMIEN JAKAANTUMINEN	3
2.1 Puurunkoiset hallit	3
2.2 Puurunkoiset pientalot ja kerrostalot	4
2.3 Jäykistävät ylä- ja välipohjat	5
2.4 Jäykistävät seinät	5
3 SUUNNITTELUYHTÄLÖT	6
3.1 Jäykistävät ylä- ja välipohjat	6
3.2 Jäykistävät seinät	7
4 RUUVAUSKAAVIOT	8
5 LEVYJEN JA RUUVAUSLIITOSTEN OMINAISUUDET	10

# LEVYJÄYKISTYSRAKENTEIDEN SUUNNITTELUOHJE KNAUF OY:N KIPSILEVYJEN LEVYJÄYKISTYKSELLE

## 1 JOHDANTO

Kipsilevyillä jäykistettyjen puurunkoisten yläpohja-, välipohja- ja seinärakenteiden olemassa olevat suunnitteluohjeet ovat yksipuoliset ja vaikeaselkoiset. Ne eivät huomioi erilaisten ruuvauskaavioiden merkittävää vaikutusta jäykistysrakenteiden kuormituskestävyyteen ja vaakasuuntaiseen siirtymään, eivätkä ylipäätään anna ohjeita jäykistysrakenteiden vaakasuuntaisen siirtymän määrittämiseksi. Nämä johtavat jäykistysrakenteiden epätarkkaan suunnitteluun ja vaikeuttavat niiden optimointia.

Tässä julkaisussa esitetään lineaariseen kimmoteoriaan perustuva suunnitteluohje Knauf-kipsilevyillä jäykistetyille puurunkoisille yläpohja-, välipohja- ja seinärakenteille. Ohjeessa:

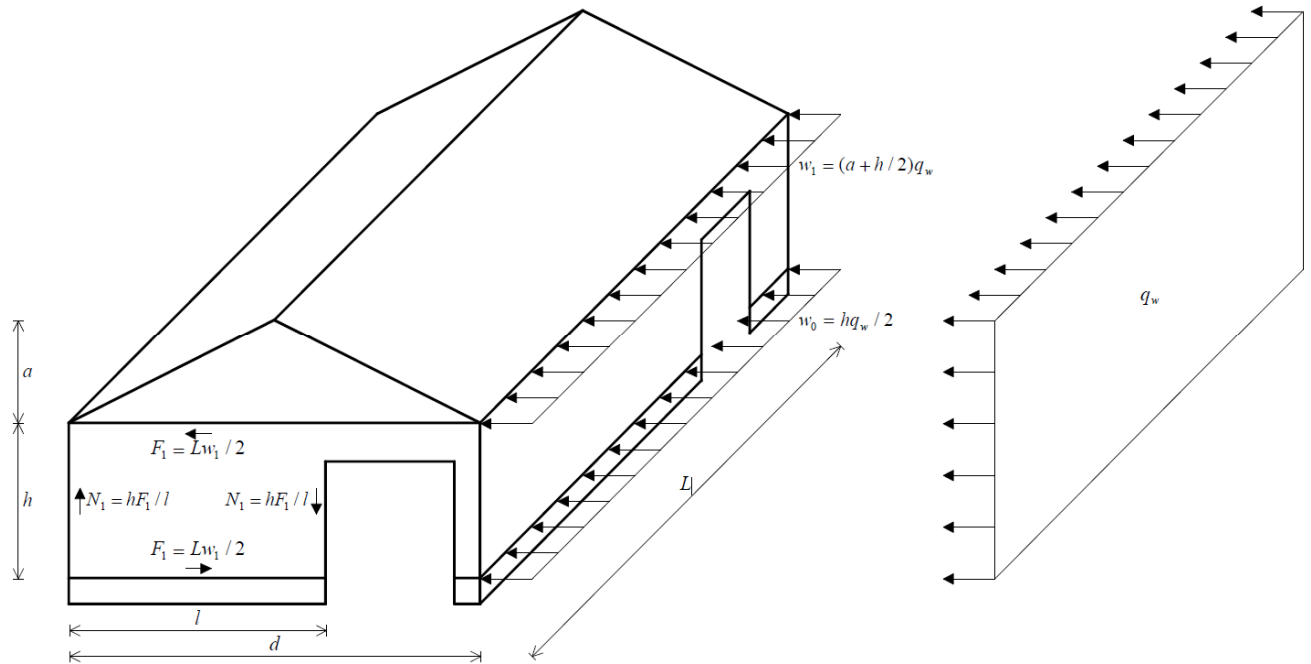
- havainnollistetaan kuormien jakaantuminen suorakaiteen muotoisissa 1-3-kerroksisissa rakennuksissa (hallit, pientalot, kerrostalot), sekä näiden jäykistävässä levykentässä
- esitetään yläpohja-, välipohja- ja seinärakenteiden suunnittelyyhtälöt, joissa huomioidaan erilaisten ruuvauskaavioiden vaikutus jäykistysrakenteiden kuormituskestävyyteen ja vaakasuuntaiseen siirtymään
- taulukoidaan ruuvauskaavion huomioon ottavat kertoimet tyypillisimmille levyko'oilte ja ruuviväleille
- taulukoidaan Knauf-kipsilevyjen paksuudet ja liukumoduulit, sekä levyjen ja runkopuiden välisten ruuviliitosten laskentaleikkauskestävyydet ja siirtymäkertoimet tyypillisimmässä kosteusluokissa

Ohje perustuu seuraaviin oletuksiin:

- levyt toimivat lineaarisen kimmoisesti leikkausrasituksessa
- runkopuut ovat jäykkiä ja kiinnitetty nivelellisesti toisiinsa
- levyjen ja runkopuiden väliset ruuviliitokset toimivat lineaarisen kimmoisesti leikkausrasituksessa
- ruuvivälit ovat vakiot levyjen reuna- ja keskialueilla
- ruuvien reunaetäisyydet ovat riittävät siten, ettei levyjen reunamurtumia esiinny
- jäykistävät rakenteet on ankkuroitu huolellisesti toisiinsa ja perustuksiin siten, ettei hallitsemattomia muodonmuutoksia esiinny

## 2 VAAKAKUORMIEN JAKAANTUMINEN

### 2.1 Puurunkoiset hallit

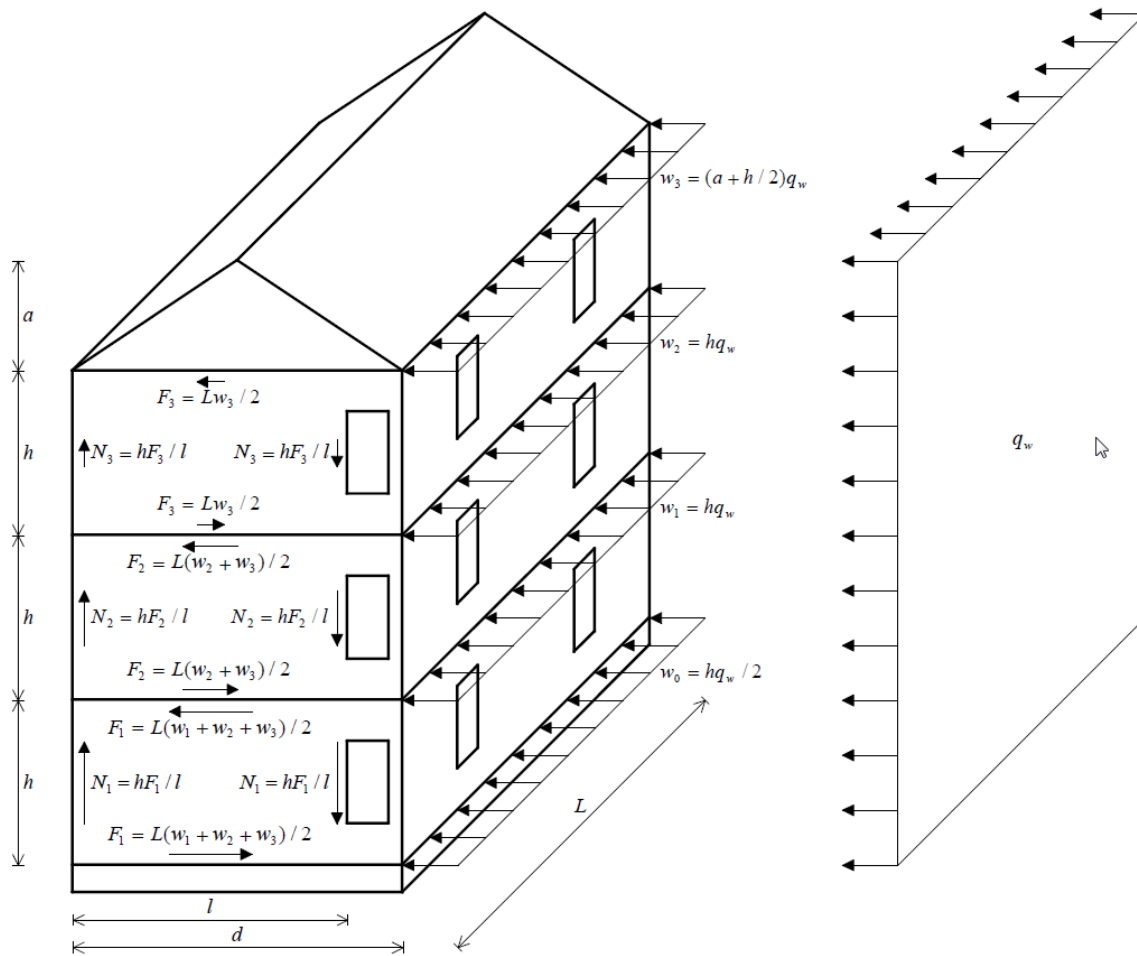


Kuva 1: Kuormien jakaantuminen puurunkoisissa halleissa

Vaakasuntainen tuulikuorma  $q$  jakaantuu kuormina  $w$  jäykistävälle yläpohjalle ja perustuksille. Yläpohjan pituudelle kohdistuva kuorma  $w$  jakaantuu kuormina  $F$  alapuolisille tuulen suuntaisille jäykistäville seinille ja niiltä edelleen perustuksille.

Vaakakuormat siirretään jäykistävältä rakenteelta toiselle ankkuroinnin välityksellä. Jäykistävien seinien yläreunoihin kohdistuvista kuormista  $F$  aiheutuu seinien alareunoihin vaakasuntaiset ankkurointivoimat  $F$ , sekä seinien sivureunoihin pystysuuntaiset ankkurointivoimat  $N$ . Jäykistävät seinät tulee ankkuroida vaakasuntaisia voimia vastaan yläohjauspuistaan yläpohjaan ja alaohjauspuistaan perustuksiin. Ei-kantavat jäykistävät seinät tulee lisäksi ankkuroida pystysuuntaisia voimia vastaan reunimmaisista runkotolpistaan niitä kohtisuorassa suunnassa oleviin kantaviin seiniin tai perustuksiin.

## 2.2 Puurunkoiset pientalot ja kerrostalot

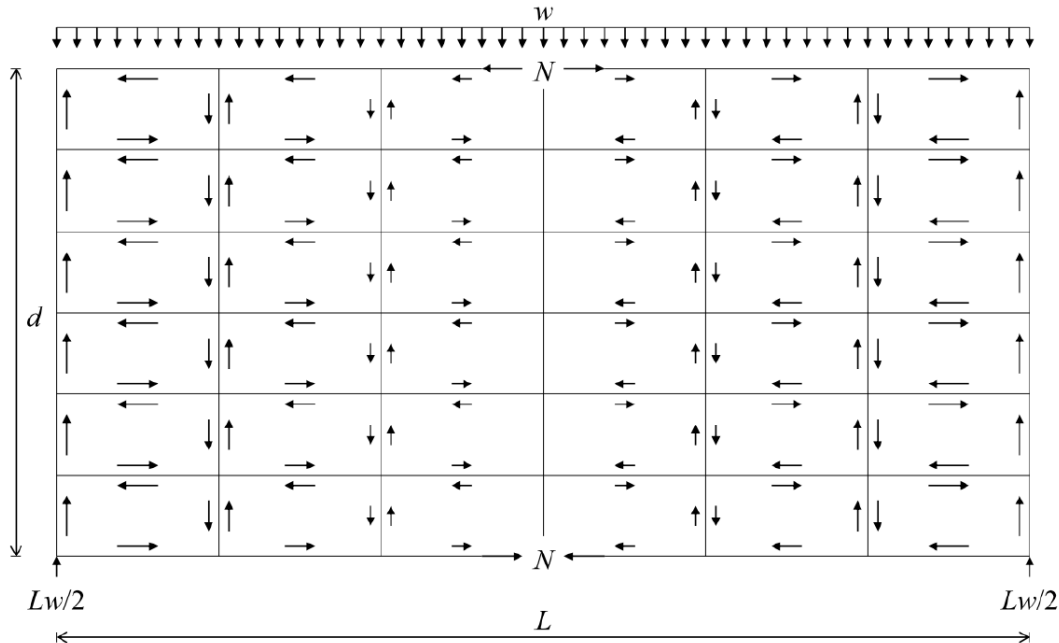


Kuva 2: Kuormien jakaantuminen puurunkoisissa pientaloissa ja kerrostaloissa

Vaakasuuntainen tuulikuorma  $q$  jakaantuu kuormina  $w$  jäykistäville ylä-, väli- ja alapohjille. Yläpohjan pituudelle kohdistuva kuorma  $w$  jakaantuu kuormina  $F$  alapuolisille tuulen suuntaisille jäykistäville seinille ja niiltä edelleen alapuoliselle välipohjalle. Välipohjan pituudelle kohdistuva kuorma  $w$  jakaantuu kuormina  $F$  alapuolisille tuulen suuntaisille jäykistäville seinille ja niiltä edelleen alapuoliselle alapohjalle ja perustuksille.

Vaakakuormat siirretään jäykistävältä rakenteelta toiselle ankkuroinnin välityksellä. Jäykistävien seinien yläreunoihin kohdistuvista kuormista  $F$  aiheutuu seinien alareunoihin vaakasuuntaiset ankkurointivoimat  $F$ , sekä seinien sivureunoihin pystysuuntaiset ankkurointivoimat  $N$ . Jäykistävät seinät tulee ankkuroida vaakasuuntaisia voimia vastaan yläohjauspuistaan yläpuoliseen ylä- tai välipohjaan, sekä alaohjauspuistaan alapuoliseen alapohjaan tai perustuksiin. Ei-kantavat jäykistävät seinät tulee lisäksi ankkuroida pystysuuntaisia voimia vastaan reunimmaisista runkotolpistaan niitä kohtisuorassa suunnassa oleviin kantaviin seiiniin, alapuolisiin jäykistäviin seiiniin tai perustuksiin.

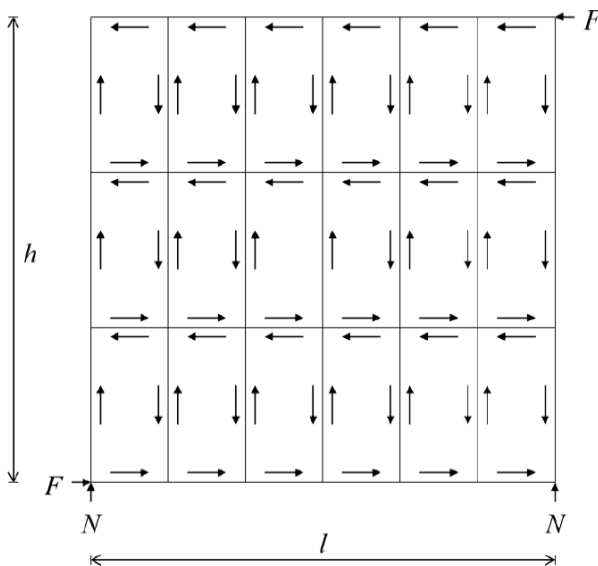
### 2.3 Jäykistävät ylä- ja välipohjat



Kuva 3: Kuormien jakaantuminen jäykistävissä ylä- ja välipohjissa

Levyillä jäykistetty ylä- ja välipohja toimii tasossaan kuten korkea levyuomainen palkki, jonka pituudelle kohdistuu kuorma  $w$ . Kuormasta aiheutuvat leikkausvoimat otetaan vastaan levytyksellä, ja normaalivoimat reunimmaisilla koolauspuilla tai rengaspalkeilla.

### 2.4 Jäykistävät seinät

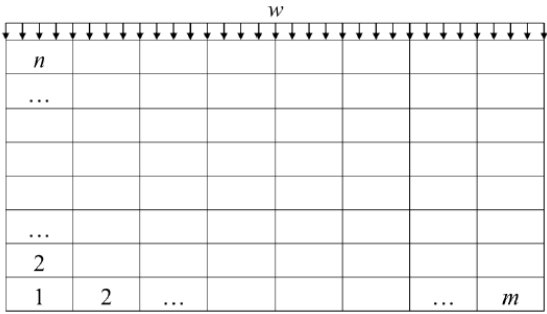
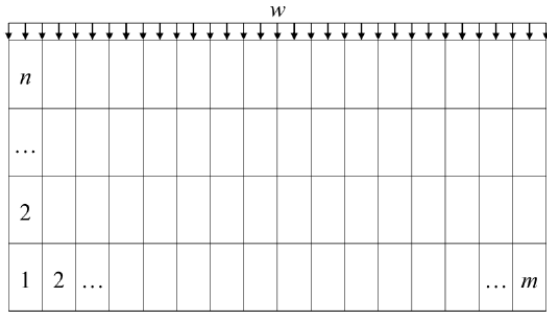


Kuva 4: Kuormien jakaantuminen jäykistävissä seinissä

Levyillä jäykistetty seinä toimii tasossaan kuten korkea levyuomainen ulokepalkki, jonka yläreunaan kohdistuu kuorma  $F$ . Kuormasta aiheutuvat leikkausvoimat otetaan vastaan levytyksellä, ja normaalivoimat reunimmaisilla runkotolpilla.

### 3 SUUNNITTELUYHTÄLÖT

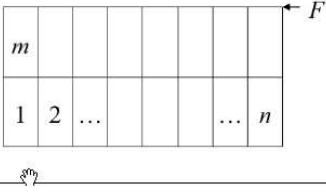
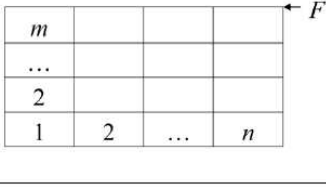
#### 3.1 Jäykistävät ylä- ja välipohjat

Levyt kuorman kohtisuorassa suunnassa	Levyt kuorman suunnassa
	
Kuormituskestävyys $R_d = \frac{2nR_{vd}}{\alpha HL}$	Kuormituskestävyys $R_d = \frac{2nR_{vd}}{\alpha BL}$
Keskikohdan vaakasuuntainen siirtymä $u = \left( \frac{\beta H^2}{K} + \frac{H}{BtG} \right) \frac{mLw_k}{8n}$	Keskikohdan vaakasuuntainen siirtymä $u = \left( \frac{\beta B^2}{K} + \frac{B}{HtG} \right) \frac{mLw_k}{8n}$
Reunimmaisen veto- ja puristussauvan suurin normaalivoima $N_d = \frac{L^2 w_d}{8d}$	

missä

- $L$  on ylä- tai välipohjan pituus [mm]
- $d$  on ylä- tai välipohjan leveys [mm]
- $H$  on levyn korkeus [mm]
- $B$  on levyn leveys [mm]
- $t$  on levyn paksuus [mm] (ks. luku 5)
- $G$  on levyn liukumoduuli [N/mm<sup>2</sup>] (ks. luku 5)
- $n$  on levyjen lukumäärä kuorman suunnassa [-]
- $m$  on levyjen lukumäärä jaettuna kahdella kuorman kohtisuorassa suunnassa [-]
- $\alpha$  on ruuvauskaavion huomioon ottava kerroin [-/mm] (ks. luku 4)
- $\beta$  on ruuvauskaavion huomioon ottava kerroin [-/mm<sup>2</sup>] (ks. luku 4)
- $R_{vd}$  on levyn ja runkopuun välisen ruuviliitoksen laskentaleikkauskestävyys [N] (ks. luku 5)
- $K$  on levyn ja runkopuun välisen ruuviliitoksen siirtymäkerroin [N/mm] (ks. luku 5)
- $w_d$  on ylä- tai välipohjan pituudelle kohdistuva laskentakuorma [N/mm]
- $w_k$  on ylä- tai välipohjan pituudelle kohdistuva ominaiskuorma [N/mm]

### 3.2 Jäykistävät seinät

Levyt kuorman kohtisuorassa suunnassa 	Levyt kuorman suunnassa 
Kuormituskestävyys $R_d = \frac{nR_{vd}}{\alpha H}$	Kuormituskestävyys $R_d = \frac{nR_{vd}}{\alpha B}$
Yläreunan vaakasuuntainen siirtymä $u = \left( \frac{\beta H^2}{K} + \frac{H}{BtG} \right) \frac{mF_k}{n}$	Yläreunan vaakasuuntainen siirtymä $u = \left( \frac{\beta B^2}{K} + \frac{B}{HtG} \right) \frac{mF_k}{n}$
Reunimmaisen runkotolpan ankkurointivoima $N_d = \frac{mHF_d}{nB}$	Reunimmaisen runkotolpan ankkurointivoima $N_d = \frac{mBF_d}{nH}$



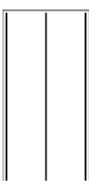
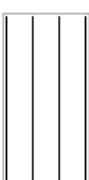
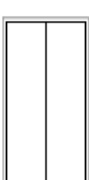
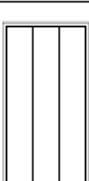
#### Missä

- H* on levyn korkeus [mm]  
*B* on levyn leveys [mm]  
*t* on levyn paksuus [mm] (ks. luku 5)  
*G* on levyn liukumoduuli [N/mm<sup>2</sup>] (ks. luku 5)  
*n* on levyjen lukumäärä kuorman suunnassa [-]  
*m* on levyjen lukumäärä kuorman kohtisuorassa suunnassa [-]  
 $\alpha$  on ruuvauskaavion huomioon ottava kerroin [-/mm] (ks. luku 4)  
 $\beta$  on ruuvauskaavion huomioon ottava kerroin [-/mm<sup>2</sup>] (ks. luku 4)  
*R<sub>vd</sub>* on levyn ja runkopuun välisen ruuviliitoksen laskentaleikkauskestävyys [N] (ks. luku 5)  
*K* on levyn ja runkopuun välisen ruuviliitoksen siirtymäkerroin [N/mm] (ks. luku 5)  
*F<sub>d</sub>* on seinän yläreunaan kohdistuva laskentakuorma [N]  
*F<sub>k</sub>* on seinän yläreunaan kohdistuva ominaiskuorma [N]



## 4 RUUVAUSKAAVIOT

Seuraavaan on taulukoitu ruuvauskaavion huomioon ottavat kertoimet  $\alpha$  ja  $\beta$  tyypillisimmille levykoille ja ruuviväleille.

Ruuvaus- kaavio	Levykoko	1200mm*2400mm		1200mm*2700mm		1200mm*3000mm	
		Ruuviväli	Kerroin $\alpha$ [*10 <sup>-5</sup> /mm]	Kerroin $\beta$ [*10 <sup>-8</sup> /mm <sup>2</sup> ]	Kerroin $\alpha$ [*10 <sup>-5</sup> /mm]	Kerroin $\beta$ [*10 <sup>-8</sup> /mm <sup>2</sup> ]	Kerroin $\alpha$ [*10 <sup>-5</sup> /mm]
1) 	100mm	7,07	13,1	6,98	12,7	6,91	12,4
	150mm	9,63	17,9	9,48	17,3	9,37	16,8
	200mm	11,7	21,8	11,5	21,0	11,4	20,4
2) 	100mm	5,14	9,57	5,05	9,21	4,99	8,95
	150mm	7,01	13,1	6,88	12,5	6,78	12,2
	200mm	8,56	15,9	8,37	15,3	8,24	14,8
3) 	100mm	4,54	8,12	3,86	6,78	3,36	5,82
	150mm	6,56	11,8	5,62	9,91	4,91	8,54
	200mm	8,44	15,3	7,27	12,9	6,38	11,1
4) 	100mm	3,78	6,92	3,25	5,83	2,85	5,04
	150mm	5,49	10,1	4,74	8,53	4,18	7,40
	200mm	7,09	13,0	6,16	11,1	5,44	9,65
5) 	100mm	3,46	6,43	3,06	5,57	2,75	4,92
	150mm	5,19	9,64	4,60	8,35	4,13	7,37
	200mm	6,91	12,8	6,13	11,1	5,50	9,82
6) 	100mm	3,13	5,82	2,77	5,04	2,48	4,44
	150mm	4,71	8,76	4,16	7,57	3,73	6,67
	200mm	6,30	11,7	5,56	10,1	4,98	8,91

Muissa tapauksissa kertoimet  $\alpha$  ja  $\beta$  voidaan laskea seuraavasti:

$$\alpha = \sqrt{\left(\frac{x_{max}}{\sum_{i=1}^n x_i^2}\right)^2 + \left(\frac{y_{max}}{\sum_{i=1}^n y_i^2}\right)^2}$$

$$\beta = \frac{1}{\sum_{i=1}^n x_i^2} + \frac{1}{\sum_{i=1}^n y_i^2}$$

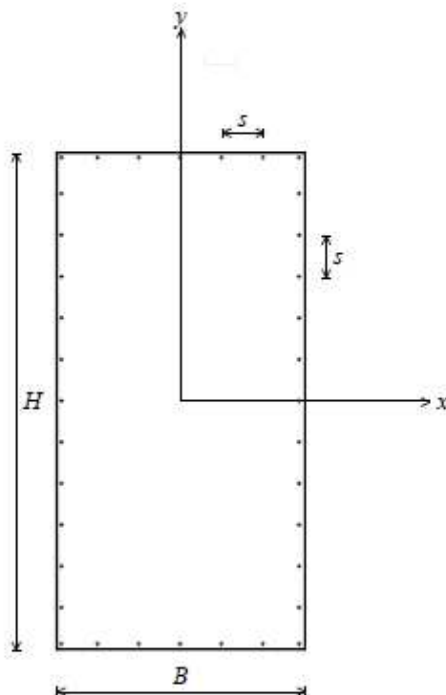
missä

$x_{max}$  on yksittäisen ruuvin  $x$ -koordinaatti ( $B/2$ ) levyn nurkassa [mm]

$y_{max}$  on yksittäisen ruuvin  $y$ -koordinaatti ( $H/2$ ) levyn nurkassa [mm]

$\sum_{i=1}^n x_i^2$  on  $n$  kpl ruuvien  $x$ -koordinaattien neliöiden summa [mm<sup>2</sup>]

$\sum_{i=1}^n y_i^2$  on  $n$  kpl ruuvien  $y$ -koordinaattien neliöiden summa [mm<sup>2</sup>]



Kuva 5: Jäykistävä rakenneyksikkö

## 5 LEVYJEN JA RUUVAUSLIITOSTEN OMINAISUUDET

Seuraavaan on taulukoitu Knauf-kipsilevyjen paksuudet  $t$  ja liukumoduulit  $G$ , sekä levyjen ja runkopuiden välisten ruuviiliitosten laskentaleikkauskestävyydet  $R_{vd}$  ja siirtymäkertoimet  $K$  tyypillisimmissä käyttöluokissa.

Levy	Käyttö	Paksuus $t$ [mm]	Liukumoduuli $G$ [N/mm <sup>2</sup> ]
KN13	Normaali kipsilevy	12,5	150
KEK13	Erikoiskova kipsilevy	12,5	200
KXT9	Tuulensuojakipsilevy	9,5	210
KXT13	Tuulensuojakipsilevy	12,5	130
KPS15	Palosuojakipsilevy	15,5	150

Laskentaleikkauskestävyys $R_{vd}$ [N]				
Levy	Käyttöluokka	Kipsilevyruuvi	Sileä naula	Hakanen
KN13	1	350 <sup>1)</sup>		260 <sup>5)</sup>
KEK13	1	425 <sup>2)</sup>		310 <sup>6)</sup>
KXT9	2	395 <sup>1)</sup>	425 <sup>4)</sup>	275 <sup>7)</sup>
KXT13	2	510 <sup>1)</sup>		360 <sup>7)</sup>
KPS15	1	350 <sup>3)</sup>		

Siirtymäkerroin $K$ [N/mm]				
Levy	Käyttöluokka	Kipsilevyruuvi	Sileä naula	Hakanen
KN13	1	650 <sup>1)</sup>		300 <sup>5)</sup>
KEK13	1	1500 <sup>2)</sup>		350 <sup>6)</sup>
KXT9	2	2000 <sup>1)</sup>	1150 <sup>4)</sup>	500 <sup>7)</sup>
KXT13	2	1050 <sup>1)</sup>		550 <sup>7)</sup>
KPS15	1	650 <sup>3)</sup>		

<sup>1)</sup> Verpa Senco 39A32MC (3,9\*32)

<sup>2)</sup> ITW BYG Spit 151600 (3,9\*32)

<sup>3)</sup> Rautakesko Prof (3,8\*45)

<sup>4)</sup> Verpa Senco HJ15ASAVR (3,1\*32)

<sup>5)</sup> Verpa Senco N15BABB (1,57\*31,7\*11,1)

<sup>6)</sup> Joh. Friedrich Behrens BeA 16/38 NKHZ (1,59\*38\*10,9)

<sup>7)</sup> Joh. Friedrich Behrens BeA 155/38 VZHZ (1,59\*38\*10,9)