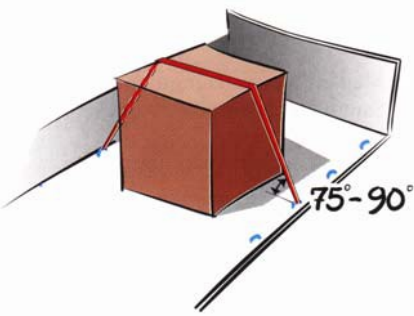
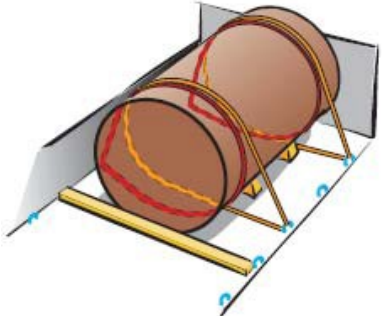
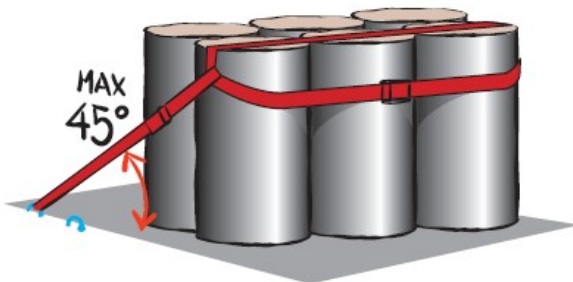
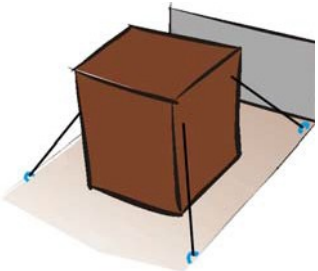


# Caring kuormanvarmistuslaskurissa käytetyt yhtälöt

|   |   |
|---|---|
|   |   |
| Ylitsesidonta   | Silmukkasidonta   |
|  |  |
| Valjassidonta   | Suora/ristikkäissidonta   |

Versio 2013-08-23

## Sisällys

|       |                                    |    |
|-------|------------------------------------|----|
| 1     | YHTÄLÖIDEN MUUTTUJIA.....          | 3  |
| 2     | YLITSESIDONTA (KITKASIDONTA) ..... | 4  |
| 2.1   | EN 12195-1:2010 .....              | 4  |
| 2.1.1 | Liukuminen .....                   | 4  |
|       | .....                              | 4  |
| 2.1.3 | Kaatuminen .....                   | 5  |
| 3     | SILMUKKASIDONTA .....              | 7  |
| 3.1   | EN 12195-1:2010 .....              | 7  |
| 3.1.1 | Liukuminen .....                   | 7  |
| 3.1.2 | Kaatuminen .....                   | 8  |
| 4     | VALJASSIDONTA .....                | 9  |
| 4.1   | EN 12195-1:2010 .....              | 9  |
| 4.1.1 | Liukuminen .....                   | 9  |
| 4.1.2 | Kaatuminen .....                   | 10 |
| 5     | SUORA/RISTIKKÄISSIDONTA .....      | 11 |
| 5.1   | EN 12195-1:2010 .....              | 11 |
| 5.1.1 | Liukuminen: .....                  | 11 |
| 5.1.2 | Kaatuminen .....                   | 12 |

# 1 YHTÄLÖIDEN MUUTTUJIA

## ***Yleiset muuttujat***

|         |                             |              |
|---------|-----------------------------|--------------|
| $f_s =$ | Kitkasideonnan kitkakerroin | -            |
| $m =$   | Kuorman massa               | t (=1000 kg) |
| $N =$   | Rivien lukumäärä            | -            |
| $n =$   | Sidontavöiden lukumäärä     | -            |

## ***Kiihtyvyydet***

|         |   |                  |
|---------|---|------------------|
| $g =$   | Putoamiskiihtyvyys (= 9.81 m/s <sup>2</sup> ) | m/s <sup>2</sup> |
| $c_x =$ | Pituussuuntainen kiihtyvyyserroin             | -                |
| $c_y =$ | Poikittaissuuntainen kiihtyvyyserroin         | -                |
| $c_z =$ | Pystysuuntainen kiihtyvyyserroin              | -                |

## ***Kitka***

|           |                                    |   |
|-----------|------------------------------------|---|
| $\mu =$   | Kitkakerroin                       | - |
| $f_\mu =$ | Liikekitkakertoimen muunnoskerroin | - |

## ***Sidontavälineen ominaisuuksia***

|         |  |                |
|---------|--|----------------|
| $FT =$  | Sidontavälineen esikiristysvoima (= STF) | kN (= 100 daN) |
| $STF =$ | Standardin mukainen kiristysvoima        | kN (= 100 daN) |
| $FR =$  | Sidontavälineen sidontavoima             | kN (= 100 daN) |
| $LC =$  | Sidontavälineen sidontakyky              | kN (= 100 daN) |

## ***Kulmat***

|             |                                   |   |
|-------------|-----------------------------------|---|
| $\alpha =$  | Pystysidontakulma                 | ° |
| $\beta_x =$ | Pituussuuntainen sidontakulma     | ° |
| $\beta_y =$ | Poikittaissuuntainen sidontakulma | ° |
|             |                                   | ° |

## ***Etäisyydet***

|       |                        |   |
|-------|------------------------|---|
| $L =$ | Kuorman kokonaispituus | m |
|-------|------------------------|---|

|                |   |   |
|----------------|---|---|
| $B =$          | Kuormayksikön kokonaisleveys  | m |
| $H =$          | Kuormayksikön kokonaiskorkeus   | m |
| $w =$          | Kuorman leveys  | m |
| $h =$          | Sidontamomentin momenttivarren pituus   | m |
| $b = B_{tp} =$ | poikittainen etäisyys kuorman painopisteestä<br>kaatumispisteeseen (tukevan momentin momenttivarsi)           | m |
| $b = L_{tp} =$ | Pituussuuntainen etäisyys kuorman painopisteestä<br>kaatumispisteeseen (tukevan momentin momenttivarsi)       | m |
| $d = H_{tp} =$ | Pystysuuntainen etäisyys kuorman painopisteestä<br>kaatumispisteeseen (kaatavan momentin momenttivarsi)       | m |
| $l =$          | Kuorman sidontapisteen ja kaatumispisteen välinen etäisyys<br>pituussuunnassa (sidontamomentin momenttivarsi) | m |
| $s =$          | Pystysuuntainen etäisyys alustasta pisteeseen, johon<br>sidontaväline vaikuttaa kuormassa                     | m |
| $t =$          | Pystysuuntainen etäisyys alustasta kaatopisteeseen  | m |
| $p =$          | Vaakasuuntainen etäisyys kuorman ulommasta<br>reunasta pisteeseen, johon sidontaväline vaikuttaa<br>kuormassa | m |
| $r =$          | Vaakasuuntainen etäisyys kuorman ulommasta reunasta<br>kaatumispisteeseen                                     | m |

**Huom.**

- Jos  $m < 0$  missä tahansa yhtälössä, silloin ei ole kaatumis- eikä liukumisriskiä.
- $LC = MSL = SWL =$  sidontakyky

## 2 YLITSESIDONTA (KITKASIDONTA)

### 2.1 EN 12195-1:2010

#### 2.1.1 Liukuminen

Standardin EN 12195-1:2010 mukainen perusyhtälö

Kaikkiin suuntiin

$$n \geq \frac{m \cdot g(c_{x,y} - c_z \cdot \mu)}{2\mu \cdot \sin \alpha \cdot F_T} \cdot f_s$$

Yhtälö (10)

arvoilla  $n=1$  seuraava yhtälö laskee massan  $m$ , jonka liukumisen yksi ylitse sidottu estää kaikkiin suuntiin:

**Kaikkiin  
suuntiin:**

$$m = \frac{2 * \mu * \sin \alpha * F_T}{g * (c_{x,y} - \mu * c_z) * f_s}$$

**Kuormanvarmistuslaskurissa käytetään seuraavia arvoja:**

|               |   |
|---------------|---|
| $m =$         | Kuorman massa tonneina  |
| $\mu =$       | Kitkakerroin, joka on taulukoiden avainarvo                               |
| $f_s =$       | Varmuuskerroin, 1.25 tiekuljetuksessa, muutoin 1.1                        |
| $F_T =$       | Sidontavälineen esikiristysvoima [kN] (Huom. 1 kN = 100 daN)              |
| $\alpha =$    | 75°   |
| $c_{x,y,z} =$ | Kuljetusmuodosta riippuva kiihtyvyyserroin, standardin taulukot 2, 3 ja 4 |
| $g =$         | 9.81 m/s <sup>2</sup>   |

### 2.1.3 Kaatuminen

#### Standardin EN 12195-1:2010 mukainen perusyhtälö

$$\text{Eteenpäin ja taaksepäin} \quad 2 * n * F_T * \sin \alpha * \frac{L}{2} \geq m * g * (c_x * d - c_z * b) * f_s \quad \text{Yhtälö (15)}$$

$$\text{Poikittais-} \quad n \geq \frac{m * g * (c_y * d - c_z * b)}{w * F_T * (\sin \alpha + 0,25 * (N - 1))} * f_s \quad \text{Yhtälö (16)}$$

*suunnassa*

#### Eteenpäin, taaksepäin:

arvolla  $n = 1$ ,  $d = H_{tp}$ , ja  $b = L_{tp}$  seuraava yhtälö laskee massa  $m$ , jonka kaatumisen yksi ylitse sidottu liina estää pituussuunnassa:

$$m = \frac{F_T * \sin \alpha * L}{g * (c_x * H_{tp} - c_z * L_{tp}) * f_s}$$

Kuorman symmetrisen massakeskipisteen tapauksessa:

$$H_{tp} = \frac{H}{2}, L_{tp} = \frac{L}{2} \text{ ja } n = 1:$$

$$m = \frac{2 * F_T * \sin \alpha}{g * (c_x * \frac{H}{L} - c_z) * f_s}$$

#### Poikittaissuunnassa, 1 rivi:

arvolla  $n = 1$ ,  $N = 1$ ,  $w = B$ ,  $d = H_{tp}$ , ja  $b = B_{tp}$  seuraava yhtälö laskee massan  $m$ , jonka yksi ylitse sidottu estää kaatumasta pituussuunnassa:

$$m = \frac{F_T * \sin \alpha * B}{g * (c_y * H_{tp} - c_z * B_{tp}) * f_s}$$

Kuorman symmetrisen massakeskipisteen tapauksessa:

$$H_{tp} = \frac{H}{2}, B_{tp} = \frac{B}{2} \text{ ja } n = 1:$$

$$m = \frac{2 * F_T * \sin \alpha}{g * (c_y * \frac{H}{B} - c_z) * f_s}$$

**Poikittaissuunnassa, useita rivejä**, kuorman symmetrisen massakeskipisteen tapauksessa:

$$H_{tp} = \frac{H}{2}, B_{tp} = \frac{B}{2} \text{ ja } n = 1:$$

$$m = \frac{2 * F_T * (\sin \alpha + 0,25 * (N - 1))}{g * (c_y * N * \frac{H}{B} - c_z) * f_s} \quad \text{Yhtälö (17)}$$

**Kuormanvarmistuslaskurissa käytetään seuraavia arvoja:**

|               |  |
|---------------|--|
| $m =$         | Kuorman massa tonneina   |
| $H/L =$       | Korkeuden $H$ ja pituuden $L$ suhde, joka on taulukoiden avainarvo <i>eteenpäin</i> ja <i>taaksepäin</i> tarkastelussa |
| $H/B =$       | Korkeuden $H$ ja leveyden $B$ suhde, joka on taulukoiden avainarvo <i>poikittaissuuntaisessa</i> tarkastelussa         |
| $F_T =$       | Sidontavälineen esikiristysvoima [kN] (jos $a_h = 0.5$ ) tai $LC/2$ (jos $a_h = 0.6$ ). (Huom. 1 kN = 100 daN)         |
| $\alpha =$    | 75°  |
| $f_s =$       | Varmuuskerroin; 1.25 maantiekuljetuksessa, muutoin 1.1   |
| $c_{x,y,z} =$ | Kuljetusmuodosta riippuva kiihtyvyyserroin, standardin taulukot 2, 3 ja 4  |
| $N =$         | Rivien lukumäärä, joka on taulukoiden avainarvo <i>poikittaissuuntaisessa</i> tarkastelussa                            |
| $g =$         | 9.81 m/s <sup>2</sup>  |

**Huom.**

Kaatumisriski lasketaan arvoilla  $c_y = 0.5$  ja  $F_T =$  sidontavälineen esikiristysvoima. Jos on olemassa kaatumisriski, laskin käyttää alinta arvoa vaihtoehtoista  $c_y = 0.5$  ja  $F_T$  tai  $c_y = 0.6$  ja  $LC/2$ .



## 3 SILMUKKASIDONTA

### 3.1 EN 12195-1:2010

#### 3.1.1 Liukuminen

Standardin EN 12195-1:2010 mukainen perusyhtälö

$$n \geq \frac{m * g * (c_y - c_z * f_\mu * \mu)}{F_R * (\cos \alpha_1 * \sin \beta_{x1} + \cos \alpha_2 * \sin \beta_{x2} + f_\mu * \mu * \sin \alpha_1 + f_\mu * \mu * \sin \alpha_2)} \quad \text{Yhtälö (30)}$$

arvoilla  $F_R = LC$ ,  $\mu_d = f_\mu * \mu$ ,  $\alpha_2 = 0^\circ$ ,  $\beta_{x1}$  ja  $\beta_{x2} = 90^\circ$  seuraava yhtälö laskee massan  $m$ , jonka yksi silmukkasidonnin vyöpari estää liukumasta poikittaissuunnassa:

Poikittaissuunta: 
$$m = \frac{LC * (\mu * f_\mu * \sin \alpha_1 + 1 + \cos \alpha_1)}{(c_y - \mu * f_\mu * c_z) * g}$$

**Kuormanvarmistuslaskurissa käytetään seuraavia arvoja;**

|              |   |
|--------------|---|
| $m =$        | Kuorman massa tonneina  |
| $\mu =$      | Kitkakerroin, joka on taulukoiden avainarvo                               |
| $f_\mu =$    | 0.75  |
| $LC =$       | Sidontavälineen sidontakyky [kN] (Huom. 1 kN = 100 daN)                   |
| $\alpha_1 =$ | 90°   |
| $c_{y,z} =$  | Kuljetusmuodosta riippuva kiihtyvyyserroin, standardin taulukot 2, 3 ja 4 |
| $g =$        | 9.81 m/s <sup>2</sup>   |



### 3.1.2 Kaatuminen

#### Standardin EN 12195-1:2010 mukainen perusyhtälö

$$n \geq \frac{m * g * (c_y * d - c_z * b)}{F_R * (\sin \alpha_1 * w + \cos \alpha_1 * \sin \beta_{x1} * h + 0,25 * (N - 1) * w)} \quad \text{Yhtälö (33)}$$

Kuorman symmetrisen massakeskipisteen tapauksessa seuraavat arvot:

$$d = H_{tp} = \frac{H}{2}, \quad b = B_{tp} = \frac{B}{2}, \quad w = B, \quad n = 1, \quad \alpha_1 = 90^\circ \text{ ja } \beta_{x1} = 90^\circ$$

alla olevassa yhtälössä laskevat massan  $m$ , jonka kaatumisen yksi silmukkasidonta estää poikittaissuunnassa:

**Poikittaissuunta:**

$$m = \frac{2 * F_R * (1 + (N - 1) * 0,25)}{(c_y * N * \frac{H}{B} - c_z) * g}$$

#### Kuormanvarmistuslaskurissa käytetään seuraavia arvoja

- $m =$  Kuorman massa tonneina
- $H/B =$  Korkeuden  $H$  ja leveyden  $B$  suhde, joka on taulukoiden avainarvo poikittaissuunnassa
- $F_R =$  0.5 \* LC
- $LC =$  Sidontavälineen sidontakyky [kN] (Huom. 1 kN = 100 daN)
- $c_{y,z} =$  Kuljetusmuodosta riippuva kiihtyvyyserroin, standardin taulukot 2, 3 ja 4
- $N =$  Rivien lukumäärä, joka on taulukoiden avainarvo poikittaissuunnassa
- $g =$  9.81 m/s<sup>2</sup>

## 4 VALJASSIDONTA

### 4.1 EN 12195-1:2010

#### 4.1.1 Liukuminen

Standardin EN 12195-1:2010 mukainen perusyhtälö

$$n \geq \frac{m * g * (c_x - c_z * f_\mu * \mu)}{F_R * (\mu * f_\mu * \sin \alpha + \cos \alpha * \cos \beta_{x,y})} \quad \text{perustuu yhtälöön (35)}$$

arvoilla  $F_R = LC$ ,  $\beta_{x,y} = 0^\circ$  ja  $n = 2$  (valjassidonta kahdella haaralla) seuraavalla yhtälöllä lasketaan massa  $m$ , jonka liukumisen yksi valjassidonta estää pituussuunnassa:

Eteenpäin, taaksepäin:

$$m = \frac{2 * LC * (\mu * f_\mu * \sin \alpha_1 + \cos \alpha_1)}{(c_x - \mu * f_\mu * c_z) * g}$$

**Kuormanvarmistuslaskurissa käytetään seuraavia arvoja:**

|              |   |
|--------------|---|
| $m =$        | Kuorman massa tonneina  |
| $\mu =$      | Kitkakerroin, joka on taulukoiden avainarvo                               |
| $f_\mu =$    | 0.75  |
| $LC =$       | Sidontavälineen sidontakyky [kN] (Huom. 1 kN = 100 daN)                   |
| $\alpha_1 =$ | 45°   |
| $c_{x,z} =$  | Kuljetusmuodosta riippuva kiihtyvyyserroin, standardin taulukot 2, 3 ja 4 |
| $g =$        | 9.81 m/s <sup>2</sup>   |

## 4.1.2 Kaatuminen

### Standardin EN 12195-1:2010 mukainen perusyhtälö

$$n \geq \frac{m * g * (c_x * d - c_z * b)}{F_R * 2 * (\cos \alpha * \sin \beta_{x,y} * (s-t) + \sin \alpha * (p-r))} \quad \text{perustuu yhtälöön (37)}$$

arvoilla  $F_R = LC$ ,  $\beta_{x,y} = 0^\circ$ ,  $d = H_{tp}$ ,  $b = L_{tp}$ ,  $(s-t) = H$  ja  $(p-r) = 0$  seuraava yhtälö laskee massan  $m$ , jonka kaatumisen yksi valjassidonta estää pituussuunnassa:

**Eteenpäin, taaksepäin:**

$$m = \frac{2 * LC * \cos \alpha * H}{(c_x * H_{tp} - c_z * L_{tp}) * g}$$

Kuorman symmetrisen massakeskipisteen tapauksessa seuraavat arvot:

$$H_{tp} = \frac{H}{2}, L_{tp} = \frac{L}{2}:$$

$$m = \frac{4 * LC * \cos \alpha * \frac{H}{L}}{(c_x * \frac{H}{L} - c_z) * g}$$

## 5

### Kuormanvarmistuslaskurissa käytetään seuraavia arvoja:

|             |   |
|-------------|---|
| $m =$       | Kuorman massa tonneina  |
| $H/L =$     | Korkeuden $H$ ja pituuden $L$ suhde, joka on taulukoiden avainarvo <i>eteenpäin</i> ja <i>taaksepäin</i> suuntien tarkastelussa |
| $LC =$      | Sidontavälineen sidontakyky [kN] (Huom. 1 kN = 100 daN)   |
| $\alpha =$  | 45°   |
| $C_{x,z} =$ | Kuljetusmuodosta riippuva kiihtyvyyserroin, standardin taulukot 2, 3 ja 4   |
| $g =$       | 9.81 m/s <sup>2</sup>   |

# 5 SUORA/RISTIKKÄISSIDONTA

## 5.1 EN 12195-1:2010

### 5.1.1 Liukuminen:

Standardin EN 12195-1:2010 mukainen perusyhtälö

Eteenpäin,  
taaksepäin:

$$n \geq \frac{m * g * (c_x - c_z * f_\mu * \mu)}{F_R * (f_\mu * \mu * \sin \alpha + \cos \alpha * \cos \beta_y)} \quad \text{perustuu yhtälöön (22)}$$

Poikittaissuunnassa:

$$n \geq \frac{m * g * (c_y - c_z * f_\mu * \mu)}{F_R * (f_\mu * \mu * \sin \alpha + \cos \alpha * \cos \beta_x)} \quad \text{perustuu yhtälöön (22)}$$

arvoilla  $F_R = LC$  ja  $n = 1$  seuraavat yhtälöt laskevat massan  $m$ , jonka liukumisen yksi suorasidonta estää eri suunnissa:

Eteenpäin:

$$m = \frac{LC * (\cos \alpha * \cos \beta_y + \mu * f_\mu * \sin \alpha)}{(c_x - \mu * f_\mu * c_z) * g}$$

Poikittaissuunnassa:

$$m = \frac{LC * (\cos \alpha * \cos \beta_x + \mu * f_\mu * \sin \alpha)}{(c_y - \mu * f_\mu * c_z) * g}$$

Taaksepäin:

$$m = \frac{LC * (\cos \alpha * \cos \beta_y + \mu * f_\mu * \sin \alpha)}{(c_x - \mu * f_\mu * c_z) * g}$$

**Kuormanvarmistuslaskurissa käytetään seuraavia arvoja:**

- $m =$  Kuorman massa tonneina
- $\mu =$  Kitkakerroin, joka on taulukoiden avainarvo
- $f_\mu =$  0.75
- $LC =$  Sidontavälineen sidontakyky [kN] (Huom. 1 kN = 100 daN)
- $\alpha =$   $60^\circ$ ,  $\beta_x = 30^\circ$ ,  $\beta_y = 30^\circ$
- $c_{x,y,z} =$  Kuljetusmuodosta riippuva kiihtyvyyserroin, standardin taulukot 2, 3 ja 4
- $g =$   $9.81 \text{ m/s}^2$



## 5.1.2 Kaatuminen

Standardin EN 12195-1:2010 mukainen perusyhtälö

Eteenpäin, taaksepäin: 
$$n \geq \frac{m * g * (c_x * d - c_z * b)}{F_R * (\cos \alpha * \cos \beta_y * (s - t) + \sin \alpha * (p - r))}$$

Poikittaissuunnassa: 
$$n \geq \frac{m * g * (c_y * d - c_z * b)}{F_R * 2 * (\cos \alpha * \cos \beta_x * (s - t) + \sin \alpha * (p - r))}$$

arvoilla  $F_R = LC$ ,  $d = H_{tp}$ ,  $b = L_{tp}$  ja  $n = 1$  seuraavat yhtälöt laskevat massan  $m$ , jonka kaatumisen yksi suora/ristikkäissidonta estää eri suunnissa:

Eteenpäin: 
$$m = \frac{LC * (\cos \alpha * \cos \beta_y * (s - t) + \sin \alpha * (p - r))}{c_x * H_{tp} - c_z * L_{tp}}$$

Poikittaissuunnassa: 
$$m = \frac{LC * (\cos \alpha * \cos \beta_x * (s - t) + \sin \alpha * (p - r))}{c_y * H_{tp} - c_z * B_{tp}}$$

Taaksepäin: 
$$m = \frac{LC * (\cos \alpha * \cos \beta_y * (s - t) + \sin \alpha * (p - r))}{c_x * H_{tp} - c_z * L_{tp}}$$

Kuorman symmetrisen massakeskipisteen tapauksessa ja tilanteessa, jossa sidontapiste on asetettu epäsuotuisaan asentoon:

$$H_{tp} = \frac{H}{2}; L_{tp} = \frac{L}{2}; B_{tp} = \frac{B}{2}; (s-t) = \frac{H}{2} + \frac{B}{2} \text{ tai } h = \frac{H}{2} + \frac{L}{2}; (p-r) = 0$$

**Eteenpäin:**

$$m = \frac{LC * (\cos \alpha * \cos \beta_y * (\frac{H}{L} + 1))}{(c_x * \frac{H}{L} - c_z) * g}$$

**Poikittaissuunnassa:**

$$m = \frac{LC * (\cos \alpha * \cos \beta_x * (\frac{H}{B} + 1))}{(c_y * \frac{H}{B} - c_z) * g}$$

**Taaksepäin:**

$$m = \frac{LC * (\cos \alpha * \cos \beta_y * (\frac{H}{L} + 1))}{(c_x * \frac{H}{L} - c_z) * g}$$

**Kuormanvarmistuslaskurissa käytetään seuraavia arvoja:**

|               |   |
|---------------|---|
| $m =$         | Kuorman massa tonneina  |
| $H/L =$       | Korkeuden H ja pituuden L suhde, joka on taulukoiden avainarvo eteenpäin ja taaksepäin suunnissa. |
| $H/B =$       | Korkeuden H and leveyden B suhde, joka on taulukoiden avainarvo poikittaissuunnassa.              |
| $LC =$        | Sidontavälineen sidontakyky [kN] (Huom. 1 kN = 100 daN)   |
| $\alpha =$    | 30°   |
| $\beta_x =$   | 30°   |
| $\beta_y =$   | 30°   |
| $c_{x,y,z} =$ | Kuljetusmuodosta riippuva kiihtyvyyserroin, standardin taulukot 2, 3 ja 4                         |
| $g =$         | 9.81 m/s <sup>2</sup>   |