

## Kerto® LVL

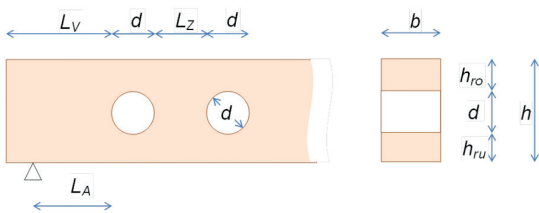


Leikkauslujuuden ja poikittaisen vetolujuuden ansiosta Kerto®-tuotteisiin on mahdollista tehdä reikiä. Reiät voivat olla joko pyöreitä tai suorakulmaisia.

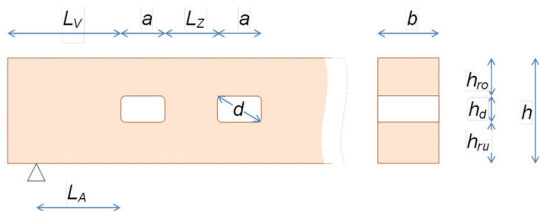
Erytyisesti ristiviilurakenteinen Kerto-Q soveltuu kohteisiin, joissa tarvitaan ilmastointi- tai viemäriputkien läpivientejä.

### REIKIEN GEOMETRISET REUNAEDDOT

Kuvissa 1 ja 2 on esitetty yleisimmät reikien sijoittelua ja kokoa määrittävät merkinnät.



**Kuva 1.** Pyöreisiin reikiin liittyvät merkinnät.



**Kuva 2.** Suorakaiteen muotoisiin reikiin liittyvät merkinnät.

Tässä dokumentissa esitettyjä mitoitusmenetelmiä voidaan käyttää, kun seuraavat vaatimukset 1 – 10 täyttyvät. Vaatimukset ovat samat Kerto-S ja Kerto-Q -tuotteille.

#### Yleiset vaatimukset pyöreille ja suorakaiteen muotoisille rei'ille:

$$L_v \geq h \quad (1)$$

$$L_a \geq 0,5h \quad (2)$$

#### Pyöreiden reikien lisävaatimukset:

$$d \leq 0,7h \quad (3)$$

$$L_z \geq \max \begin{matrix} 0,5h \\ 2,0d \end{matrix} \quad (4)$$

Lisäksi kun reiän keskipiste on palkin neutraaliakselilla

$$h_{ro} \text{ ja } h_{ru} \geq 0,15h \quad (5)$$

tai kun reiän keskipiste ei ole palkin neutraaliakselilla

$$h_{ro} \text{ ja } h_{ru} \geq 0,25h \quad (6)$$

#### Suorakaiteen muotoisten reikien lisävaatimukset:

$$a \leq 1,3h \quad (7)$$

$$h_d \leq 0,3h \quad (8)$$

$$h_{ro} \text{ ja } h_{ru} \geq 0,35h \quad (9)$$

$$L_z \geq 1,5h \quad (10)$$

Lisäksi suorakaiteen muotoisten reikiä kulmien kaarevuussäteen tulee olla vähintään 15 mm.

## REIKIEN MITOITUSTAULUKOT

TAULUKKO 1. KERTO-S JA KERTO-Q PALKKIEN REIKIEN GEOMETRISIA REUNAehtoja PYÖREILLE REI'ILLE.

PALKIN KORKEUS	ETÄISYYS PALKIN PÄÄSTÄ	ETÄISYYS TUELTA	REIÄN KESKIPISTE PALKIN KESKILINJALLA		REIÄN KESKIPISTE EI PALKIN KESKILINJALLA	
			REIÄN MAKSIMIHALKAISIJA	ETÄISYYS PALKIN YLÄ- JA ALAREUNASTA	REIÄN MAKSIMIHALKAISIJA	ETÄISYYS PALKIN YLÄ- JA ALAREUNASTA
$h$ [mm]	$L_v$ min [mm]	$L_A$ min [mm]	$d$ [mm]	$h_{ro}$ ja $h_{ru}$ min [mm]	$d$ [mm]	$h_{ro}$ ja $h_{ru}$ min [mm]
200	200	100	140	30	100	50
225	225	112,5	157,5	33,75	112,5	56,25
260	260	130	182	39	130	65
300	300	150	210	45	150	75
360	360	180	252	54	180	90
400	400	200	280	60	200	100
450	450	225	215	67,5	225	112,5
500	500	250	250	75	250	125
600	600	300	420	90	300	150

Huom. Lisäksi reikien välinen etäisyys  $L_z = \max [0,5h; 2,0d]$

TAULUKKO 2. KERTO-S JA KERTO-Q PALKKIEN REIKIEN GEOMETRISIA REUNAehtoja SUORAKULMAISILLE REI'ILLE.

PALKIN KORKEUS	ETÄISYYS PALKIN PÄÄSTÄ	ETÄISYYS TUELTA	REIKIEN VÄLINEN ETÄISYYS	REIÄN MAKSIMIPITUUS	REIÄN MAKSIMIKORKEUS	ETÄISYYS PALKIN YLÄ- JA ALAREUNASTA
$h$ [mm]	$L_v$ min [mm]	$L_A$ min [mm]	$L_z$ min [mm]	$a$ max [mm]	$h_d$ max [mm]	$h_{ro}$ ja $h_{ru}$ min [mm]
200	200	100	300	260	60	70
225	225	112,5	337,5	292,5	67,5	78,75
260	260	130	390	338	78	91
300	300	150	450	390	90	105
360	360	180	540	468	108	126
400	400	200	600	520	120	140
450	450	225	675	585	135	157,5
500	500	250	750	650	150	175
600	600	300	900	780	180	210

Huom. Lisäksi reiän kulmien kaarevuussäteen oltava vähintään 15 mm.

## REIÄLLISTEN KERTO-S -PALKKIEN MITOITUS

Mitoitusehto sekä pyöreille että suorakaiteen muotoisille rei'ille on

$$\sigma_{t,90,d} = \frac{F_{t,90,d}}{0,5bl_{t,90}} \leq 0,85k_{hole} k_{space} k_{t,90} f_{t,90,d} \quad (11)$$

missä  $\sigma_{t,90,d}$  ja  $f_{t,90,d}$  ovat vetojännityksen ja vetolujuuden suunnitteluarvot kohtisuoraan syitä vastaan. Pituus  $l_{t,90}$  saadaan yhtälöistä

$$l_{t,90} = 0,35d + 0,5h \quad \text{pyöreät reiät} \quad (12)$$

$$l_{t,90} = 0,5h_d + 0,5h \quad \text{suorakaiteen muotoiset reiät} \quad (13)$$

Reduktiokerroin  $k_{t,90}$  lasketaan sekä pyöreille että suorakaiteen muotoisille rei'ille seuraavasta yhtälöstä.

Palkin korkeus  $h$  annetaan mm:ssä.

$$k_{hole} = \min \begin{cases} 1 \\ (450 / h)^{0,5} \end{cases} \quad (14)$$

Reduktiokerroin  $k_{hole}$  saadaan yhtälöistä

$$k_{hole} = \min \begin{cases} 1 \\ 1 - 1,5 \frac{d - 0,5h}{0,5h} \end{cases} \quad \text{pyöreät reiät} \quad (15)$$

$$k_{hole} = 1 \quad \text{suorakaiteen muotoiset reiät} \quad (16)$$

Reduktiokerroin  $k_{space}$  puolestaan lasketaan

$$k_{space} = \min \begin{cases} 1 \\ 1 - 0,8 \frac{h - Lz}{h} & \text{pyöreät reiät} \\ 1 - 0,8 \frac{4d - Lz}{4d} \end{cases} \quad (17)$$

$$k_{space} = 1 \quad \text{suorakaiteen muotoiset reiät} \quad (18)$$

Vetovoiman suunnitteluvarvo  $F_{t,90,d}$  lasketaan kaavasta

$$F_{t,90,d} = \frac{V_d - H_d}{4h} \left( 3 - \frac{h_d^2}{h^2} \right) + 0,008 \frac{M_d}{h_r} \quad (19)$$

jossa  $V_d$  on leikkausvoiman ja  $M_d$  taivutusvoiman suunnitteluvarvo reiän reunalla. Pyöreille rei'ille reiän korkeus  $h_d = 0,7d$ . Etäisyys  $h_r$  saadaan seuraavista yhtälöistä

$$h_r = \min \begin{cases} h_{ro} + 0,15d \\ h_{ru} + 0,15d \end{cases} \quad \text{pyöreät reiät} \quad (20)$$

$$h_r = \min \begin{cases} h_{ro} \\ h_{ru} \end{cases} \quad \text{suorakaiteen muotoiset reiät} \quad (21)$$

Mitoitusehdon (11) lisäksi tarkistetaan taivutus-, leikkaus-, veto- ja puristusjäännitykset reiän kohdalla palkin poikkileikkaukselle, josta on vähennetty reiän osuus.

**Taivutusjännityksen suunnitteluvarvo**  $\sigma_d$  lasketaan palkin neutraaliakselilla sijaitseville rei'ille yhtälöstä

$$\sigma_{m,d} = \left\{ \frac{M_d h}{2I_{red}} + \sigma_{add,d} \right. \quad (22)$$

Yhtälössä  $M_d$  on taivutusmomentin suunnitteluvarvo reiän keskellä ja  $I_{red}$  saadaan yhtälöistä

$$I_{red} = \frac{b}{12} (h^3 - d^3) \quad \text{pyöreät reiät} \quad (23)$$

$$I_{red} = \frac{b}{12} (h^3 - h_d^3) \quad \text{suorakaiteen muotoiset reiät} \quad (24)$$

Pyöreille rei'ille taivutusjännitys  $\sigma_{add,d} = 0$  ja suorakaiteenmuotoisille rei'ille se saadaan yhtälöstä

$$\sigma_{add,d} = \frac{M_{add,d}}{W_{ro}} = \frac{V_d a / 4}{bh_{ro}^2 / 6} = \frac{3V_d a}{2bh_{ro}^2} \quad (25)$$

**Veto- ja puristusjännityksen suunnitteluvarvot**  $\sigma_{t,d}$  ja  $\sigma_{c,d}$  saadaan palkin neutraaliakselilla oleville rei'ille seuraavista yhtälöistä

$$\sigma_{t,d} = \frac{F_{t,d}}{A_{red}} \quad (26)$$

$$\sigma_{c,d} = \frac{F_{c,d}}{A_{red}} \quad (27)$$

missä  $F_{t,d}$  ja  $F_{c,d}$  ovat reiän keskellä lasketun veto- ja puristusvoiman suunnitteluvarvot.  $A_{red}$  lasketaan

$$A_{red} = b(h - d) \quad \text{pyöreät reiät} \quad (28)$$

$$A_{red} = b(h - h_d) \quad \text{suorakaiteen muotoiset reiät} \quad (29)$$

**Leikkausjännityksen suunnitteluvarvo** palkin neutraaliakselilla ( $h_{ro} = h_{ru}$ ) oleville rei'ille saadaan yhtälöstä

$$\sigma_{v,d} = 1,5 \frac{V_d}{A_{red}} \quad (30)$$

missä  $V_d$  on leikkausvoiman suunnitteluvarvo lasketuna reiän keskellä ja  $A_{red}$  saadaan yhtälöistä 28 ja 29.

## REIÄLLISTEN KERTO-Q -PALKKIEN MITOITUS

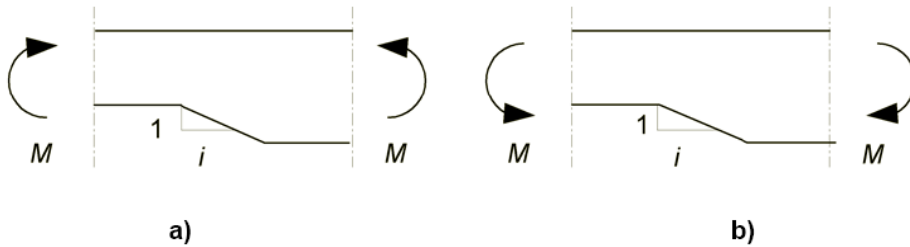
Mitoitusmenetelmää voidaan käyttää reiällisten Kerto-Q -palkkien mitoittamiseen kun kohdissa 1-10 esitetyt vaatimukset täyttyvät.

Suorakaiteen muotoisten reikien kulmien kaarevuussäteen on oltava vähintään 15 mm. Ristiviilurakenteen ansiosta Kerto-Q:n vetolujuus syitä vastaan kohtisuoraan on riittävä estämään mahdollisen alkuhalkeaman kasvun. Tämän vuoksi reikien mitoitusetta Kerto-Q:lle ei voida esittää halkeaman kasvua kuvaavan yhtälön avulla. Tämän sijaan on tarkistettava taivutus-, veto-, puristus- ja leikkausjännitykset reiän kohdalla reiän osuudella vähennetylle poikkileikkaukselle. Em. jännitykset lasketaan yhtälöistä 22, 26, 27 ja 30.

## LOVIEN MITOITUS

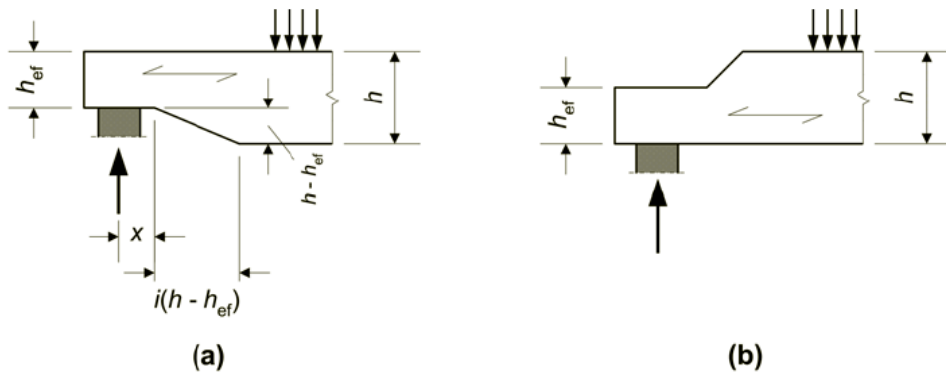
Jännityshuippujen vaikutukset loven reunassa täytyy ottaa huomioon korjauskertoimilla. Vaikutukset voidaan jättää huomioimatta seuraavissa tapauksissa:

- Syiden suuntainen veto tai puristus.
- Taivutuksen aiheuttama vetojännitys loven puolella, kun madallus ei ole jyrkempi kuin 1:10, eli  $i \geq 10$ , katso kuva 3a.
- Taivutuksen aiheuttama puristusjännitys loven puolella, katso kuva 3b.



**Kuva 3.** Taivutus loven kohdalla: a) vetojännitys loven puolella, b) puristusjännitys loven puolella.

## TUEN KOHDALTA LOVETTU PALKKI



**Kuva 4.** Lovi palkin päällä

Suorakaidepalkkien, joilla syyt ovat pääosin pituussuunnassa, leikkausjännitys tuella lasketaan käyttämällä tehollista korkeutta  $h_{ef}$  (kts. kuva 4),

$$\tau_d = \frac{1,5V}{b \cdot h_{ef}} \leq k_v \cdot f_{v,d} \quad (31)$$

jossa  $k_v$  on pienennyskerroin, joka määritellään seuraavasti:

**Palkit, joissa lovi tuen vastakkaisella puolella (kts. kuva 4b):**

$$k_v = 1 \quad (32)$$

**Palkit, joissa lovi samalla puolella tuen kanssa (kts. kuva 4a):**

$$k_v = \min \left\{ \begin{array}{l} 1 \\ k_n \left( 1 + \frac{1,1i^{1,5}}{\sqrt{h}} \right) \\ \sqrt{h} \left( \sqrt{\alpha(1-\alpha)} + 0,8 \frac{x}{h} \sqrt{\frac{1}{\alpha} - \alpha^2} \right) \end{array} \right. \quad (33)$$

jossa

$i$  on loven viisteen pituus (kts. kuva 4a)

$h$  on palkin korkeus (mm)

$x$  on etäisyys tukilinjasta loven nurkkaan

$$\alpha = \frac{h_{ef}}{h} \quad (34)$$

Kerto-tuotteille ovat voimassa seuraavat leikkausjännityskapasiteetit arvot

$$k_n = \begin{cases} 6 & \text{Kerto-S} \\ 16 & \text{Kerto-Q} \end{cases} \quad (35)$$

$$f_{v,0,edge,k} = 4,1N/mm^2 \quad \text{Kerto-S}$$

$$f_{v,0,edge,k} = 4,5N/mm^2 \quad \text{Kerto-Q}$$

Tuen kohdalla palkin mitoittava leikkauskestävyys määritetään:

Mitoittava leikkausvoimakapasiteetti  $V_k$  määritetään kaavalla:

$$f_{v,0,edge,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{v,0,edge,k}}{\gamma_M} \quad (36)$$

$$V_k = \frac{k_v \cdot f_{v,0,edge,k} \cdot b \cdot h_{ef}}{1,5} \quad (37)$$

Taulukoissa 3 ja 4 on esitetty esimerkkejä leikkausvoimakapasiteetista lovetuille Kerto-S ja Kerto-Q palkeille.

**TAULUKKO 3. KERTO-S -PALKIN LEIKKAUSVOIMAKAPASITEETTI  $V_k$  [kN] ERI LOVEN KORKEUKSILLA JA KALTEVUUKSILLA (KUVAT 3 JA 4). ETÄISYYS TUKILINJASTA LOVEN NURKKAAN (x) ON 100 MM.**

LOVEN KORKEUS	Palkki (b x h)	$V_k$ ilman lovea	50 mm		100 mm		b / 2	
			i = 0	i = 3	i = 0	i = 3	i = 0	i = 3
51 x 200		27.9	11.3	15.9	5.7	8.1	5.7	8.1
45 x 260		32.0	15.3	20.7	8.8	11.9	6.6	8.9
45 x 300		36.9	18.9	25.2	11.4	15.2	7.5	10.0
51 x 300		41.8	21.5	28.5	13.0	17.2	8.5	11.3
45 x 360		44.3	24.6	32.0	15.4	20.1	8.8	11.5
51 x 400		55.8	32.3	41.5	20.6	26.5	10.9	14.1
57 x 450		70.1	42.3	53.7	27.4	34.8	13.5	17.1
75 x 500		102.5	63.8	80.2	41.9	52.6	19.3	24.2

**TAULUKKO 4. KERTO-Q -PALKIN LEIKKAUSVOIMAKAPASITEETTI  $V_k$  [kN] ERI LOVEN KORKEUKSILLA JA KALTEVUUKSILLA (KUVAT 3 JA 4). ETÄISYYS TUKILINJASTA LOVEN NURKKAAN (x) ON 100 MM.**

LOVEN KORKEUS	Palkki (b x h)	$V_k$ ilman lovea	50 mm		100 mm		b / 2	
			i = 0	i = 3	i = 0	i = 3	i = 0	i = 3
51 x 200		30.6	23.0	23.0	15.3	15.3	15.3	15.3
45 x 260		35.1	28.4	28.4	21.6	21.6	17.6	17.6
45 x 300		40.5	33.8	33.8	27.0	27.0	20.3	20.3
51 x 300		45.9	38.3	38.3	30.6	30.6	23.0	23.0
45 x 360		48.6	41.9	41.9	35.1	35.1	24.3	24.3
51 x 400		61.2	53.6	53.6	45.9	45.9	30.6	30.6
57 x 450		77.0	68.4	68.4	59.9	59.9	38.5	38.5
75 x 500		112.5	101.3	101.3	90.0	90.0	56.3	56.3

Tämä dokumentti on Metsäliitto Osuuskunnan (Metsä Wood) omaisuutta ja voimassa vain Metsä Woodin tuotteiden kanssa. Dokumentin hyödyntäminen muun valmistajan tuotteiden yhteydessä on kielletty. Metsäliitto Osuuskunta ei vastaa dokumenttien soveltamisesta tai mahdollisista virheistä dokumenteissa. Tätä lauseketta ei saa poistaa. Kerto on Metsäliitto Osuuskunnan (Metsä Wood) rekisteröimä tavaramerkki.

