

# Dimensionering av skyddsrum

---

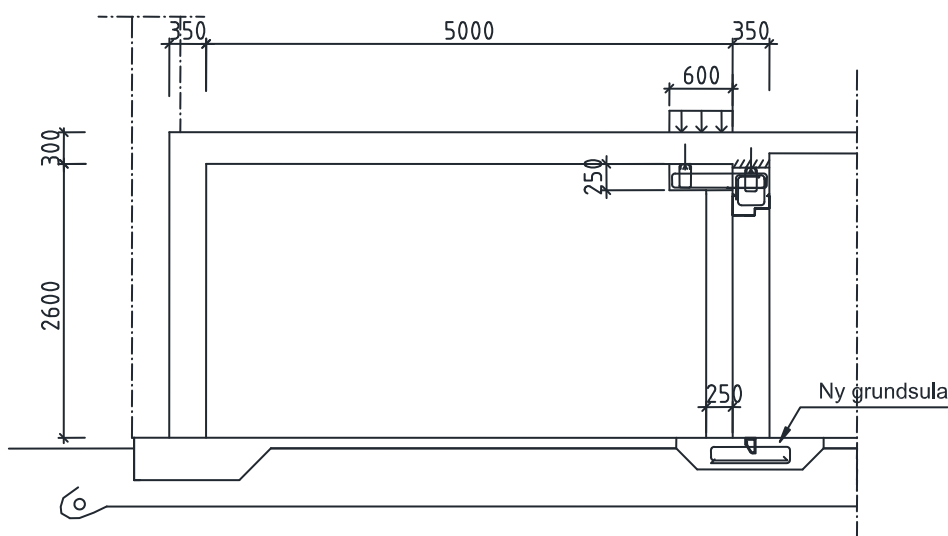
<b>D07-101</b>	<b>Dimensionering av ny dörröppning</b>
----------------	---

Författare: Lars-Erik Holmberg. Ansvarig utgivare: Björn Ekengren.

<b>1. Förutsättningar</b>	<b>2</b>
1.1 Geometri	2
1.2 Lastförutsättningar	3
1.2.1 Grundvärden	3
1.2.2 Dimensionerande last takplatta	5
1.2.3 Dimensionerande last begränsningsvägg	9
1.3 Materialvärden	11
1.4 Täckande betongskikt och effektiv höjd	12
<b>2. Snittkrafter</b>	<b>14</b>
2.1 Takplatta	14
2.2 Begränsningsvägg	15
<b>3. Dimensionering</b>	<b>19</b>
3.1 Takplatta	19
3.2 Begränsningsvägg	21
<b>4. Sammanfattning</b>	<b>24</b>



# Dimensionering av skyddsrum



## Sektion genom skyddsrummet

Höjd på grundsula väljs till 300 mm.

## 1.2 Lastförutsättningar

### 1.2.1 Grundvärden

#### Permanent last:

$g_b = 25 \text{ kN/m}^3$ , betongens egentyngd, EN 1991-1-1, bilaga A, tabell A1.  
(Tunghet enligt Eurokod är  $\gamma = 24,0 + 1,0 = 25 \text{ kN/m}^3$ )

Egentyngd mellanväggar, golvbeläggning och undertak  $g_{k2bj11} = 0,5 + 0,2 + 0,3 = 1,0 \text{ kN/m}^2$

Egentyngd yttertakkonstruktion  $g_{k2tak} = 0,8 \text{ kN/m}^2$ . (Erfarenhetsvärden).

#### Takplatta i skyddsrum

$g_{kbj11} = g_b * h + g_{k2bj11} = 25 * 0,30 + 1,0 = 7,50 + 1,00 = 8,50 \text{ kN/m}^2$ ,  
egentyngd platta inklusive mellanväggar, golvbeläggning och undertak.

#### Egentyngd ovanliggande byggnadsdelar

$g_{kvägg} = g_b * A_{vägg} * d / A_{skyddsrum} = 25 * 60 * 0,2 / (12,0 * 5,0) = 5,00 \text{ kN/m}^2$ ,  
egentyngd mellanväggar. Används vid raslastberäkning.

## Dimensionering av skyddsrum

---

### Variabel last:

$$q_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$$

nyttig last för bostadsutrymmen enligt EN 1991-1-1 6.3.1.2 tabell 6.2 i bilaga NA. (Kategori A bostäder)

$$\psi_0 = 0,7$$

lastkombinationsfaktor, EN 1990 och tabell A1.1.

### Snölast:

$$S = \mu C_e C_t S_k \text{ kN/m}^2$$

snölast enligt EN 1991-1-3 tabell N/B1 i bilaga NB.

$$\psi_0 = 0,7$$

lastkombinationsfaktor, EN 1991-1-3 och tabell A1.1 i NA.

$$\mu = 0,8$$

$$C_e = 1,0 \text{ (normal topografi)}$$

(Tabell 5.1 Eurokod 1991-1-3)

$$C_t = 1,0 \text{ (normala förhållanden)}$$

(Eurokod 1991-1-3 avsnitt 5.2 (8))

$$S_k = 1,5 \text{ (snözön 1,5)}$$

(Bilaga NB Eurokod 1991-1-3)

$$S = \mu C_e C_t S_k = 0,8 * 1,0 * 1,0 * 1,5 = 1,2 \text{ kN/m}^2$$

### Vapenlast:

$$A_{kvapen} = 50 \text{ kN/m}^2$$

enligt SR.

### Raslast:

$A_{ras}$  = maximum av

$$q_b = k \cdot m \cdot \sqrt{h_t} \text{ och}$$

$$q_n = 3,0 \cdot \sqrt{h_n^3} \text{ kN/m}^2$$

enligt SR.

$k$  = Raslastkoefficient .  $k = 1,4$  enligt SR.

$m$  = Egentyngd jämte nyttig last hos den del av byggnaden som ligger ovanför skyddsrummet dividerad med skyddsrummets yttre takarea ( $\text{kN/m}^2$ ).

$$m = (g_{k2tak} + \psi_0 * S + g_{kväggar} = 0,8 + 0,7 * 1,2 + 5,0 = 6,64 \text{ kN/m}^2.$$

$h_t$  = Vertikalt avstånd i meter mellan byggnadens tyngdpunkt och skyddsrummets överkant. Beräknas enligt SR.  $h_t$  antas mindre än 2,0 m i detta beräkningsexempel.

## Dimensionering av skyddsrum

---

$h_n$  = Den största byggnadshöjden i meter hos befintlig eller planerad näraliggande byggnad. I detta beräkningsexempel förutsätts att inga intilliggande byggnader finns. Dvs.  $h_n = 0$ .

$$q_b = k \cdot m \cdot \sqrt{h_t} = 1,4 \cdot 6,64 \cdot \sqrt{2,0} = 13,2 \text{ kN/m}^2.$$

### Säkerhetsklass:

Säkerhetsklass 2 väljs för takplattan, säkerhetsklass 3 väljs för begränsningsväggarna och säkerhetsklass 1 väljs för golvplattan.

Säkerhetsklass enligt eurokoder beaktas genom en reducering av lastsidan och har som inverkan att dimensionerande last multipliceras med en faktor  $\gamma_d = 1,0$  (=1,0/1,0) respektive 0,91 (=1,0/1,1) eller 0,83 (=1,0/1,2) för säkerhetsklass 1 respektive 2 eller 3.

### 1.2.2 Dimensionerande last takplatta

#### Brottngränstillstånd

Dimensionerande last är det största värdet enligt ekvation (6.10a) respektive (6.10b) i EN 1990. I den svenska tillämpningen tillkommer en partialkoefficient  $\gamma_d$  för säkerhetsklass (se 1.2.1).

#### Fredslastfallet:

EN 1990 kapitel 6.4.3.2 Lastkombination för varaktiga eller tillfälliga dimensioneringssituationer (huvudkombinationer).

Följande partialkoefficienter m.m. ingår vid bestämning av dimensionerande lastvärden:

$\gamma_G = 1,35$	(gamma) partialkoefficient för permanent last
$\gamma_Q = 1,5$	(gamma) partialkoefficient för variabel last
$\xi = 0,89$	(xsi) reduktionsfaktor för $\gamma_G$ med värde enligt bilaga NA
$\gamma_d = 0,91$	(gamma) partialkoefficient för säkerhetsklass 2
$\psi_0 = 0,7$	(psi) lastkombinationsfaktor enligt tidigare

$$q_d = \gamma_d * (\gamma_G * g_k + \gamma_Q * \psi_0 * q_k)$$

enligt ekvation (6.10a) i EN 1990 (dominerande permanenta laster)

$$q_d = 0,91 * (1,35 * 8,50 + 1,5 * 0,7 * 2,0) = 12,35 \text{ kN/m}^2$$

## Dimensionering av skyddsrum

---

$$q_d = \gamma_d \cdot (\xi \cdot \gamma_G \cdot g_k + \gamma_Q \cdot q_k)$$

enligt ekvation (6.10b) i EN 1990 (dominerande fria laster)

$$q_d = 0,91 \cdot (0,89 \cdot 1,35 \cdot 8,50 + 1,5 \cdot 2,0) = 12,00 \text{ kN/m}^2$$

Vilket av lastfallen 6.10a och 6.10b som är dimensionerande beror på förhållandet mellan permanenta och variabla laster. I aktuellt exempel är ekvation (6.10a) i EN 1990 dimensionerande, vilket innebär att  $q_d = 12,35 \text{ kN/m}^2$ .

### Vapenlastfallet:

EN 1990 kapitel 6.4.3.3 Lastkombination för exceptionella dimensioneringssituationer. Detta gäller vid olyckslaster.

Enligt SR skall lastkombinationen bestå av en jämnt utbredd vapenlast enligt tabell 3:12a samt last enligt gängse byggregler (eurokoder) med representativt värde. Vindlast behöver dock inte medräknas.

$$A_{dvapen} = A_{kvapen} = 50 \text{ kN/m}^2.$$

$$q_d = g_k + \psi_1 \cdot q_k + A_{dvapen} \text{ enligt ekvation (6.11b) i EN 1990.}$$

där  $g_k + \psi_1 \cdot q_k$  är lastvärden från frekvent lastkombination enligt ”Dimensionerande lastvärden i bruksgränstillstånd” nedan vilket motsvarar ”representativt värde” enligt SR.

Detta ger

$$q_d = 8,50 + 0,5 \cdot 2,0 + 50,0 = 59,50 \text{ kN/m}^2$$

### Raslastfallet:

EN 1990 kapitel 6.4.3.3 Lastkombination för exceptionella dimensioneringssituationer.

Enligt SR skall lastkombinationen bestå av en jämnt utbredd raslast  $q_b = k \cdot m \cdot \sqrt{h_t} = 13,2 \text{ kN/m}^2$  beräknad enligt avsnitt 1.2.1 enligt ovan samt last enligt gängse byggregler (eurokoder) med representativt värde. Vindlast behöver dock inte medräknas.

$$q_d \text{ enligt SR motsvarar } A_{dras} = A_{kras} = 13,2 \text{ kN/m}^2$$

## Dimensionering av skyddsrum

---

$q_d = g_k + \psi_1 * q_k + A_{dras}$  enligt ekvation (6.11b) i EN 1990

där  $g_k + \psi_1 * q_k$  är lastvärden från frekvent lastkombination enligt ”Dimensionerande lastvärden i bruksgränstillstånd” nedan vilket motsvarar ”representativt värde” enligt SR. Se vapenlastfallet.

Detta ger dimensionerande raslast

$$q_d = 8,50 + 0,5 * 2,0 + 13,2 = 22,7 \text{ kN/m}^2$$

### Bruksgränstillstånd

För dimensionering i bruksgränstillstånd definieras tre lastkombinationer i EN 1990, ekvation (6.14b), (6.15b) och (6.16b). I dessa ingår följande reduktionsfaktorer för variabel last, EN 1990 tabell A1.1 och bilaga NA:

$\psi_0 = 0,7$	faktor för kombinationsvärde för variabel last (permanent skada – irreversibelt gränstillstånd)
$\psi_1 = 0,5$	faktor för frekvent värde för variabel last (tillfällig skada – reversibla gränstillstånd)
$\psi_2 = 0,3$	faktor för kvasipermanent värde för variabel last (långtidslast – långtidseffekter och effekter rörande bärverkets utseende)

Reduktionsfaktorn används endast för nyttig last, inte för last av mellanväggar.

Karakteristisk lastkombination (last som överskrids med 2% sannolikhet under referensperioden):

$$q_{dkar} = g_k + q_k = 8,50 + 2,0 = 10,50 \text{ kN/m}^2.$$

enligt ekvation (6.14b) i EN 1990. Endast en karakteristisk fri last  $q_k$  finns. Om flera karakteristiska fria laster finns skall dessa multipliceras med faktorn  $\psi_0$ .

Frekvent lastkombination (last som överskrids med 1% sannolikhet under referensperioden, motsvarar lastkombination 8 i BKR):

$$q_{dfrek} = g_k + \psi_1 * q_k = 8,50 + 0,5 * 2,0 = 9,50 \text{ kN/m}^2$$

enligt ekvation (6.15b) i EN 1990. Endast en karakteristisk fri last  $q_k$  finns. Om flera karakteristiska fria laster finns skall dessa multipliceras med faktorn  $\psi_2$ .

## Dimensionering av skyddsrum

Kvasipermanent lastkombination (last som överskrids med 50% sannolikhet under referensperioden, används för att definiera långtidslast som används för beräkning av krypdeformationer):

$$q_{\text{lång}} = g_k + \psi_2 * q_k = 8,50 + 0,3 * 2,0 = 9,10 \text{ kN/m}^2$$

enligt ekvation (6.16b) i EN 1990. Endast en karakteristisk fri last  $q_k$  finns. Om flera karakteristiska fria laster finns skall dessa multipliceras med faktorn  $\psi_2$ .

Vidare beräkningar i bruksgränstillstånd utförs ej i detta exempel.

Sammanfattning last takplatta	
Brottgränstillstånd:	
Fredslastfallet	$q_d = 12,35 \text{ kN/m}^2$
Vapenlastfallet	$q_d = 59,50 \text{ kN/m}^2$
Raslastfallet	$q_d = 22,70 \text{ kN/m}^2$
Bruksgränstillstånd:	
Karakteristisk lastkombination	$q_d = 10,50 \text{ kN/m}^2$
Frekvent lastkombination	$q_d = 9,50 \text{ kN/m}^2$
Kvasipermanent lastkombination	$q_d = 9,10 \text{ kN/m}^2$



### 1.2.3 Dimensionerande last ny begränsningsvägg

#### Brottgränstillstånd

Dimensionerande last för begränsningsvägg:

- Vertikallast  $q_d$  från skyddsrummets takplatta
- Horisontell vapenlast  $A_{dvapen}$

#### Vertikallast:

Linjelast  $q = 0,5 \cdot B \cdot q_d$

Endast last på skyddsrumstaket medräknas då vapenlastfallet/raslastfallet i normalfallet är dimensionerande.

$B = 5,7 \text{ m}$

$B =$  skyddsrummets bredd

Fredslastfallet:

$$q_d = 12,35 \text{ kN/m}^2$$

$$q = 0,5 \cdot 5,70 \cdot 12,35 = 35,3 \text{ kN/m}$$

Vapenlastfallet/raslastfallet:

$$q_d = 59,5 \text{ kN/m}^2 \text{ vapenlast} \quad q_d = 22,7 \text{ kN/m}^2 \text{ raslast}$$

Vapenlasten är dimensionerande vilket medför att

$$q = 0,5 \cdot 5,7 \cdot 59,5 = 169,6 \text{ kN/m}$$

#### Horisontallast:

Fredslastfallet:

$q_{dvind}$

(beräkning av vindlastvärde redovisas ej i denna beräkning, då den inte är dimensionerande)

Vapenlastfallet:

$$A_{dvapen} = 50,0 \text{ kN/m}^2$$

enligt SR

# Dimensionering av skyddsrum

## Bruksgränstillstånd

Dimensionerande last för begränsningsvägg:

- Vertikallast  $q_d$  från skyddsrummets takplatta
- Horisontell vindlast  $q_{dvind}$

### Vertikallast:

Linjelast  $q = 0,5 \cdot B \cdot q_d$

$B = 5,7 \text{ m}$

$B = \text{skyddsrummets bredd}$

Fredslastfallet:

$$q_d = 9,10 \text{ kN/m}^2$$

$$q_d = 0,5 \cdot 5,70 \cdot 9,10 = 25,9 \text{ kN/m}$$

### Horisontallast:

Fredslastfallet:

$q_{dvind}$

(beräkning av vindlastvärde redovisas ej i denna beräkning, då den inte är dimensionerande)

Sammanfattning last begränsningsvägg	
Brottgränstillstånd:	
Fredslastfallet: vertikallast horisontallast	$q_d = 35,3 \text{ kN/m}$ $q_d = 0 \text{ kN/m}^2$
Vapenlastfallet/raslastfallet: vertikallast horisontallast	$q_d = 169,6 \text{ kN/m}$ $q_d = 50,0 \text{ kN/m}^2$
Bruksgränstillstånd:	
vertikallast	$q_d = 25,9 \text{ kN/m}$
horisontallast	$q_d = 0 \text{ kN/m}^2$

### 1.3 Materialvärden

Betongkvalitet C25/30 (minimikrav enligt SR) och armering av typ B500C. Exponeringsklass XC1 (inomhus i uppvärmd lokal).

Karakteristiska värden och andra grundvärden:

$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$	tryckhållfasthet för betongen, EN 1992-1-1 tabell 3.1
$f_{ctk} = 1,8 \text{ MPa}$	motsvarande draghållfasthet, EN 1992-1-1 tabell 3.1
$E_{cm} = 31000 \text{ MPa}$	E-modul för betong, EN 1992-1-1 tabell 3.1
$\epsilon_{cu} = 3,5 \cdot 10^{-3}$	brottstukning för betong
$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$	sträckgräns för armering
$E_s = 200000 \text{ MPa}$	E-modul för armering

Dimensioneringsvärden vid fredslaster:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_C = 1,0 * 25 / 1,5 = 16,7 \text{ MPa} \quad \text{tryckhållfasthet för betong} \\ \text{(3.15 EN 1992-1-1)}$$

$\alpha_{cc}$  är koefficient som beaktar långtidseffekter på tryckhållfasthet och ogynnsamma effekter av det sätt på vilket lasten påförs.

$\gamma_C$  är partialkoefficient för betong med värde = 1,5. Se 2.4.2.4 EN 1992-1-1.

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} * f_{ctk} / \gamma_C = 1,0 * 1,8 / 1,5 = 1,2 \text{ MPa} \quad \text{draghållfasthet för betong} \\ \text{(3.16 EN 1992-1-1)}$$

$\alpha_{ct}$  är koefficient som beaktar långtidseffekter på draghållfasthet och ogynnsamma effekter av det sätt på vilket lasten påförs.

Faktorerna  $\alpha_{cc}$  och  $\alpha_{ct}$  har rekommenderat värde 1,0 och samma värde enligt bilaga NA.

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,15 = 435 \text{ MPa} \quad \text{flytgräns för armering} \\ \text{(3.16 EN 1992-1-1)}$$

$\gamma_s$  är partialkoefficient för armering med värde = 1,15. Se 2.4.2.4 EN 1992-1-1.

Dimensioneringsvärden vid vapenlast och raslast:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_C = 1,0 * 25 / 1,5 = 16,7 \text{ MPa} \quad \text{tryckhållfasthet för betong,} \\ \text{lika ovan}$$

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} * f_{ctk} / \gamma_C = 1,0 * 1,8 / 1,5 = 1,2 \text{ MPa} \quad \text{draghållfasthet för betong,} \\ \text{lika ovan}$$

## Dimensionering av skyddsrum

$$f_{yd} = 0,9 * f_{yk} = 0,9 * 500 = 450 \text{ MPa}$$

flytgräns för armering, se SR kapitel 3.22.

För geokonstruktioner gäller Eurokod 7-1. Det förutsätts att en markteknisk undersökning (MTU) utförts. Denna har resulterat i att undergrunden hänförs till geoteknisk kategori 1 (GK1). Vid dimensionering i geoteknisk klass GK1 sätts det dimensionerande grundtrycksvärde  $f_d = 100 \text{ kPa}$ .

Sammanfattning materialvärden	
Fredslastfallet:	
$f_{cd}$ tryckhållfasthet för betong	16,7 MPa
$f_{ctd}$ draghållfasthet för betong	1,2 MPa
$f_{yd}$ draghållfasthet för armering	435 MPa
Vapenlastfallet/raslastfallet:	
$f_{cd}$ tryckhållfasthet för betong	16,7 MPa
$f_{ctd}$ draghållfasthet för betong	1,2 MPa
$f_{yd}$ draghållfasthet för armering	450 MPa

### 1.4 Täckande betongskikt och effektiv höjd

Värden på täckande betongskikt  $c$  anges i avsnitt 4.4 i EN 1992-1-1. Samtliga värden är nationellt valbara, och nedan ges värden enligt NA.

$$c_{\min, \text{dur}} = 10 \text{ mm} \quad \text{m.h.t. beständighet}$$
$$c_{\min, \text{b}} = \phi \quad \text{m.h.t. vidhäftning och förankring, } \phi = \text{stångdiameter}$$
$$\Delta c_{\text{dev}} = 10 \text{ mm} \quad \text{tillägg för avvikelser}$$

#### Konsolande takplatta:

Följande armeringsdimensioner antas:

Huvudarmering i takplatta  $\phi 12 \text{ mm}$ . Täcksikt till huvudarmeringen ska då vara minst

$$c_{\text{huvadarmring}} = \max(\phi_{\text{huvadarmring}}, c_{\min, \text{dur}}) + \Delta c_{\text{dev}} = 12 + 10 = 22 \text{ mm}$$

Effektiva höjden för huvudarmeringen blir således

$$d = h - c_{\text{huvadarmring}} - \phi / 2 = 250 - 22 - 12/2 = 222 \text{ mm. För att undvika kollision med U-stål blir } d = h - 95 \text{ mm} = 250 - 95 = 155 \text{ mm.}$$

## Dimensionering av skyddsrum

---

### Begränsningsvägg:

Huvudarmering i begränsningsväggar  $\phi$  12 mm. Täcksikt till huvudarmeringen ska då vara minst

$$c_{\text{huv}} = \max(\phi_{\text{ huvudarmering}}, c_{\text{min,dur}}) + \Delta c_{\text{dev}} = 12 + 10 = 22 \text{ mm}$$

Effektiva höjden för huvudarmeringen blir således

$$d = h - c_{\text{huv}} - \phi / 2 = 250 - 22 - 12/2 = 222 \text{ mm.}$$

Sammanfattning täckande betongskikt, effektiv höjd				
Byggnadsdel	Ök/utsida	Eff höjd d	Uk/insida	Eff höjd d
Konsolande takplatta	95 mm	155 mm	22 mm	222 mm
Begränsningsvägg	22 mm	222 mm	22 mm	222 mm

## 2. Snittkrafter

### 2.1 Konsolande takplatta

#### Brottgränstillstånd

Följande lastvärden används

$$q_d = 35,3 \text{ kN/m} \quad \text{för fredslastfall}$$

$$q_d = 169,6 \text{ kN/m} \quad \text{största värde av vapenlastfall och raslastfall}$$

Takplattan räknas som konsolande platta med inspänning i begränsningsväggarna. Konsollängden för takplattan blir

$$e = 0,5 \cdot 0,6 - 0,5 \cdot 0,25 = 0,175 \text{ m. (Upplag på halva väggjockleken).}$$

Konsolande moment koncentreras till väggbredd  $D$  vid sidan om dörröppningen. Förstoringsfaktorn  $f$  är

$$f = \frac{\frac{B}{2} + C}{D} = 1,72$$

$$B = 1,91 \text{ m} \quad (\text{bredd ny öppning, se planfigur})$$

$$C = 0,90 \text{ m} \quad (\text{bredd ny vägg vid sidan om öppning, se planfigur})$$

$$D = 0,6 \text{ m} \quad (\text{bredd omlottläggning ny och gammal vägg, se planfigur})$$

$$f = \frac{\frac{1,91}{2} + 0,6}{0,9} = 1,73$$

Detta ger maximalt stödmoment:

$$M_s = - 1,73 \cdot q_d \cdot e = - 1,73 \cdot 35,3 \cdot 0,175 = -10,7 \text{ kNm/m}$$

för fredslastfallet

$$M_s = - 1,73 \cdot q_d \cdot e = - 1,73 \cdot 169,6 \cdot 0,175 = -51,3 \text{ kNm/m}$$

för vapenlastfallet/raslastfallet

Sammanfattning stödmoment takplatta	
Fredslastfallet	-10,7 kNm/m
Vapenlastfallet/raslastfallet	-51,3 kNm/m

### 2.2 Begränsningsvägg

#### Brottgränstillstånd

Följande lastvärden används

$q_d = 35,3 \text{ kN/m}$  vertikalt fredslastfall

$q_{d\text{vind}} = 0 \text{ kN/m}^2$  horisontellt fredslastfall

$q_d = 169,6 \text{ kN/m}$  vertikalt vapenlastfall/raslast

$A_{d\text{vapen}} = 50,0 \text{ kN/m}^2$  horisontellt vapenlastfall

Begränsningsväggen räknas som fritt upplag mot golvplatta, dvs inga inspänningsmoment i golv förutsätts.

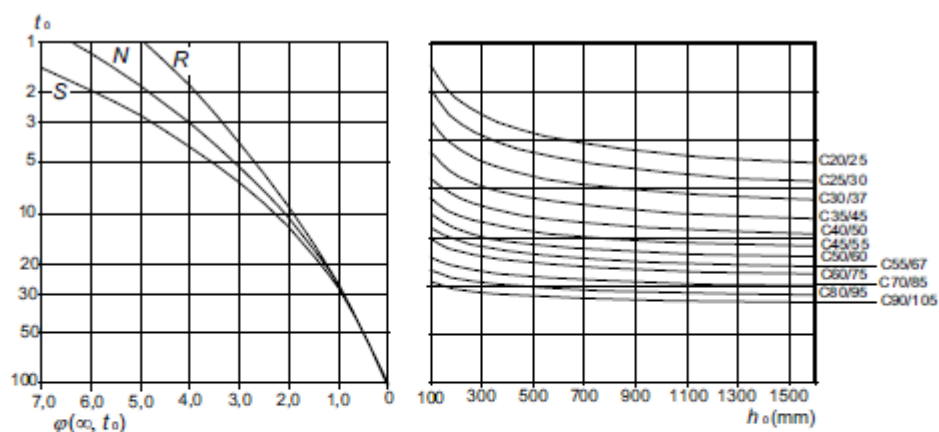
#### Kryptal:

Kryptal beräknas enligt avsnitt 3.1.4 i EN 1992-1-1. Väggen befinner sig inomhus med RH < 80%.

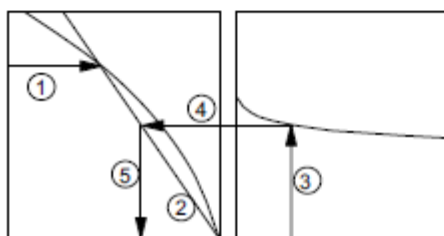
Vägg tjocklek  $h_0 = 0,25 \text{ m}$

Betong C25/30 klass S. Pålastning tidigast efter 1 månad (720 timmar gammal) ger enligt figur 3.1 i EN 1992

## Dimensionering av skyddsrum



a) inomhusförhållanden - RH = 50%

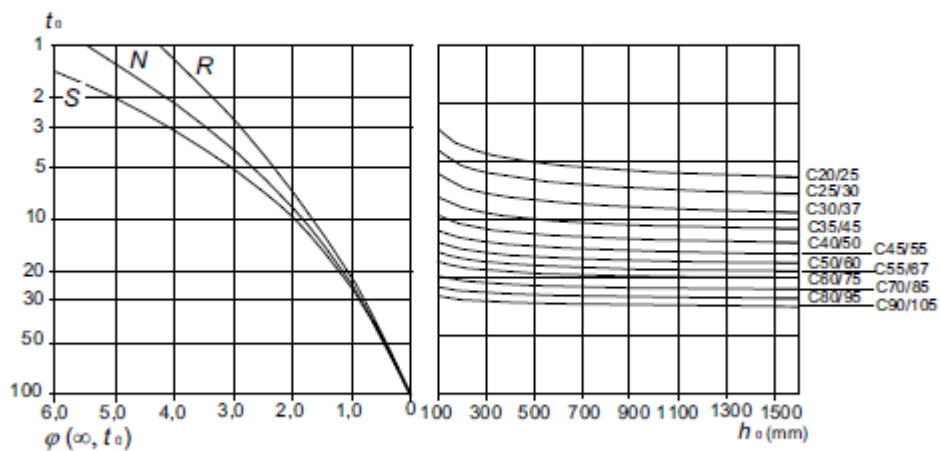


ANM.

– skärningspunkten mellan linjerna 4 och 5 kan även ligga över punkt 1

– för  $t_0 > 100$  är det tillräckligt noggrant att anta

$t_0 = 100$  (och använda tangenten)



b) utomhusförhållanden – RH = 80%

Figur 3.1 – Metod för att bestämma kryptalet,  $\varphi(\infty, t_0)$ , för betong under normala miljöbetingelser

R motsvarar långsamt härdande cement

N motsvarar standardcement

S motsvarar snabbhärdande cement

Med  $h = 720$  timmar, standardcement N och betong C25/30 blir

Kryptal  $\varphi_{ef} = 2,3$



### Knäcklängd och slankhetstal:

Knäcklängd  $l_0 = 2,6$  m

Fritt avstånd mellan upplag enligt Eulerknäckfall 1

$$\lambda = \frac{l_0}{i} \quad (5.14 \text{ Eurokod 1992})$$

$$i = \frac{h}{\sqrt{12}} \text{ för rektangulärt tvärsnitt}$$

$$\lambda = \frac{l_0}{h/\sqrt{12}} = \frac{2,6}{0,25/\sqrt{12}} = 3,0$$

### Geometriska imperfektioner:

Ogynnsam inverkan av möjliga avvikelser pelarens geometri skall beaktas. Som geometrisk imperfektion för en enstaka pelare kan man använda en excentricitet enligt 5.2 EN 1992, alternativ a2.

$$e_i = \theta_i \cdot \frac{l_0}{2} \quad (\text{formel (5.2) i Eurokod 1992})$$

$$\theta_i = \theta_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m \quad (\text{formel (5.1) i Eurokod 1992})$$

$$\theta_0 = \frac{1}{200} = 0,005$$

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{l}} = \frac{2}{\sqrt{2,6}} = 1,24$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5(1 + \frac{1}{m})} = \sqrt{0,5(1 + \frac{1}{1})} = 1,0$$

$$e_i = \theta_i \cdot \frac{l_0}{2} = \frac{l_0}{300} = \frac{2,6}{300} = 0,0086 \text{ m}$$

Total excentricitet blir  $e_i = 0,25/2 + 0,009 = 0,134$  m

Detta ger

$$M_{0Ed} = e_i \cdot N = 0,134 \cdot N$$

## Dimensionering av skyddsrum

---

### Första ordningens moment:

### Brottgränstillstånd:

#### Fredslastfallet:

Moment på grund av vindlast

$$M_v = q_v \cdot l_0^2 / 8 = 0 \cdot 2,6^2 / 8 = 0 \text{ kNm/m}$$

Moment på grund av normallast

$$M_{0Ed} = e_i \cdot N = 0,134 \cdot 1,73 \cdot 35,3 = 8,2 \text{ kNm/m}$$

Dimensionerande moment

$$M_0 = M_{0Ed} + M_v = 0 + 8,2 = 8,2 \text{ kNm/m}$$

#### Vapenlast/raslastfallet:

Moment på grund av normallast

$$M_{0Ed} = 0,134 \cdot 1,73 \cdot 169,6 = 39,3 \text{ kNm/m}$$

Moment på grund av vapenlast

$$M_v = q_v \cdot l_0^2 / 8 = 50,0 \cdot 2,6^2 / 8 = 42,2 \text{ kNm/m}$$

Dimensionerande moment

$$M_0 = M_{0Ed} + M_v = 39,3 + 42,2 = 81,5 \text{ kNm/m}$$

### Bruksgränstillstånd:

Moment på grund av vindlast

$$M_v = q_v \cdot l_0^2 / 8 = 0 \cdot 2,6^2 / 8 = 0 \text{ kNm/m}$$

Moment på grund av normallast

$$M_{0Ed} = 0,134 \cdot 1,73 \cdot 25,9 = 6,0 \text{ kNm/m}$$

Dimensionerande moment

$$M_0 = M_{0Ed} + M_v = 0 + 6,0 = 6,0 \text{ kNm/m}$$

Sammanfattning moment begränsningsvägg	
Fredslastfallet brottgränstillstånd	8,2 kNm/m
Fredslastfallet, bruksgränstillstånd	6,0 kNm/m
Vapenlastfallet/raslastfallet, brottgränstillstånd	81,5 kNm/m

## 3. Dimensionering

### 3.1 Takplatta

#### Fredslastfall:

Beräkning av erforderlig armering

Dimensionerande fältmoment, kNm/m	$M_{Ed} = M_f$	
Relativt moment $\eta = 1,0$ för aktuell betongkvalitet C25/30. Vid högre betongkvaliteter är $\eta < 1,0$ .	$\frac{M_{Ed,f}}{b_{eff} * d^2 \eta f_{cd}} =$ $\frac{0,0107}{1,0 * 0,155^2 * 1,0 * 16,7}$	0,027
Erforderligt mekaniskt armeringsinnehåll	$\omega = 1 - \sqrt{1 - 2m} =$ $1 - \sqrt{1 - 2 * 0,027}$	0,027
Erforderlig armeringsarea, m <sup>2</sup> /m	$A_s = \frac{M_{ed}}{d(1 - \omega / 2) f_{yd}} =$ $\frac{0,0107}{0,155(1 - 0,027 / 2) 435}$	0,00016
Armering $\phi 12$		s 706

## Dimensionering av skyddsrum

### Vapenlastfall/Raslastfall:

Beräkning av erforderlig armering

Dimensionerande stödmoment, kNm/m	$M_{Ed} = M_f$	
Relativt moment $\eta = 1,0$ för aktuell betongkvalitet C25/30. Vid högre betongkvaliteter är $\eta < 1,0$ .	$\frac{M_{Ed, f}}{b_{eff} * d^2 \eta f_{cd}} =$ $\frac{0,0513}{1,0 * 0,155^2 * 1,0 * 16,7}$	0,128
Erforderligt mekaniskt armeringsinnehåll	$\omega = 1 - \sqrt{1 - 2m} = 1 - \sqrt{1 - 2 * 0,128}$	0,137
Erforderlig armeringsarea, m <sup>2</sup> /m	$A_s = \frac{M_{ed}}{d(1 - \omega / 2) f_{yd}} =$ $\frac{0,0513}{0,155(1 - 0,137 / 2) 450}$	0,00079
Armering $\phi$ 12	Största avstånd mellan parallella stänger är 200 mm enligt SR	s 143

I längsled takplatta kan minimiarmering enligt SR väljas. Minimiarmeringen skall vara minst 0,14% av tvärsnittsarean per sida.

Detta ger en minimiarmering  $\leq \frac{0,14 * 1,0 * 0,25}{100} = 0,00035 \text{ m}^2/\text{m}$ .

Armering  $\phi$  12 mm ger centrumavstånd  $s = 322 \text{ mm}$ .

Armering  $\phi$  10 mm ger centrumavstånd  $s = 224 \text{ mm}$ .

Maximalt centrumavstånd på armeringen enligt SR är 200 mm. Detta ger att armering  $\phi$  12 mm s 200 mm alternativt  $\phi$  10 mm s 200 mm.

Lämplig armering i underkant och överkant platta blir  $\phi$  12s125 mm i den korta riktningen och  $\phi$  10s200 i den långa riktningen.

<b>Sammanfattning armering takplatta</b>	
Armering i överkant och underkant platta. korta riktningen långa riktningen	$\phi$ 12s125 mm $\phi$ 10s200 mm

### 3.2 Begränsningsvägg

**Tvårsnittets bärförmåga:**

Minimiarmering i begränsningsväggen är enligt SR

$$\rho = 0,14\%$$

Effektiv höjd  $d=222$  mm, detta ger

$$A_s = \frac{\rho \cdot A_c}{2} = \frac{0,14 \cdot 1,0 \cdot 0,222}{100} = 0,000311 \text{ m}^2/\text{m}$$

vilket motsvarar  $\phi 10s252$ . Minsta diameter är 10 mm och minsta centrumavstånd är 200 mm enligt SR.

Detta ger armering #  $\phi 10s200$  i bägge kanter.

$$A_s = 10 \cdot 0,0000785 = 0,000785 \text{ vilket ger}$$

$$\omega = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{0,000785 \cdot 450}{0,25 \cdot 16,7} = 0,085$$

Relativa normalkraften i brottgränstillstånd är

Väpen-/raslastfallet:

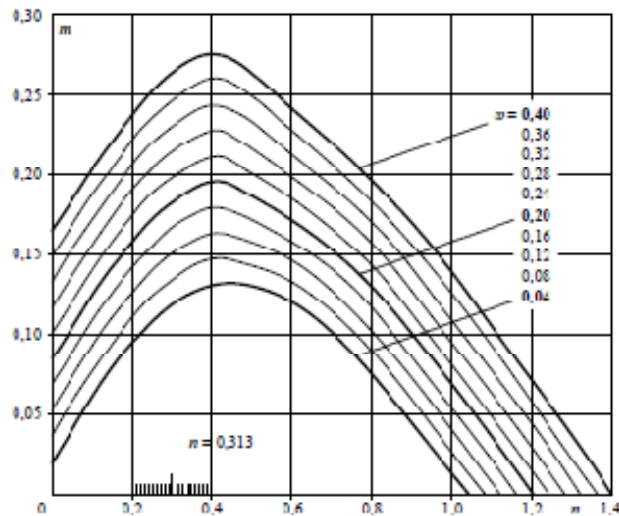
$$n = \frac{N_{ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{1,73 \cdot 0,1696}{0,25 \cdot 16,7} = 0,070 \text{ kN/m}^2$$

Relativa momentet i brottgränstillstånd är

$$m = \frac{M_{ed}}{h \cdot A_c \cdot f_{cd}} = \frac{0,0815}{0,222 \cdot 0,25 \cdot 16,7} = 0,088$$

Interaktionsdiagram enligt nedan ger med  $n = 0,070$  och  $m = 0,088$

## Dimensionering av skyddsrum



$$\omega \geq \text{ca } 0,14$$

Aktuellt minimiarmering ger  $\omega = 0,086$

### Tvårsnittets bärförmåga:

Enligt Eurokod (5.8.3.1 (1)) är

$$\lambda_{\text{lim}} = \frac{20 \cdot A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n}} \quad (\text{formel 5.13N i Eurokod 1992})$$

$$A = (1 + 0,2 \cdot \varphi_{ef})^{-1} = (1 + 0,2 \cdot 2,3)^{-1} = 0,68$$

$$B = \sqrt{1 - 2 \cdot \omega} = \sqrt{1 - 2 \cdot 0,14} = 0,85$$

$$C = 1,7 - r_m = 1,7 - 1,0 = 0,7$$

$n = 4$  (antal väggar)

$$\lambda_{\text{lim}} = \frac{20 \cdot 0,68 \cdot 0,85 \cdot 0,7}{\sqrt{4}} = 4,04 > 3,0$$

Dvs andra ordningens moment kan försummas. Om  $\lambda > 4,04$  m måste beräkning av 2:a ordningens moment utföras.

Dimensionerande armering i väggdel

$$A_s = \frac{M_{ed}}{d(1 - \omega/2)f_{yd}} = \frac{0,0815}{0,222(1 - 0,14/2)450} = 0,00088$$

## Dimensionering av skyddsrum

$$A_s = \frac{\omega \cdot A_c \cdot f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{0,14 \cdot 0,25 \cdot 16,7}{450} = 0,0013 \text{ m}^2/\text{m}$$

Begränsningsvägg 250 mm med armering  $\phi 12$ s173 i bägge kanter är tillräcklig för att klara böjknäckning av väggen.

Beräkning av erforderlig armering på grund av enbart böjmoment

Dimensionerande fältmoment, kNm/m	$M_{Ed} = M_f$	
Relativt moment $\eta = 1,0$ för aktuell betongkvalitet C25/30. Vid högre betongkvaliteter är $\eta < 1,0$ .	$\frac{M_{Ed,f}}{b_{eff} * d^2 \eta f_{cd}} =$ $\frac{0,0815}{1,0 * 0,225^2 * 1,0 * 16,7}$	0,096
Erforderligt mekaniskt armeringsinnehåll	$\omega = 1 - \sqrt{1 - 2m} =$ $1 - \sqrt{1 - 2 * 0,096}$	0,101
Erforderlig armeringsarea, m <sup>2</sup> /m	$A_s = \frac{M_{ed}}{d(1 - \omega/2)f_{yd}} =$ $\frac{0,0815}{0,225(1 - 0,101/2)450}$	0,00085
Armering $\phi 12$		s 132

<b>Sammanfattning armering begränsningsvägg</b>	
Armering i utsida vägg	$\phi 12$ s170 mm
Armering i insida vägg	$\phi 12$ s130

## 4. Sammanfattning

Sammanfattning beräkningsresultat				
Byggnadsdel	Dimension	Täckande betongskikt	Armering i tvärriktning	Armering i längsriktning
Konsolande takplatta: underkant överkant	250 mm	22 mm 100 mm	ϕ 12s125 ϕ 12s125	ϕ 10s200 ϕ 10s200
Begränsningsvägg: insida utsida	250 mm	22 mm 22 mm	ϕ 10s200 ϕ 10s200	ϕ 12s130 ϕ 12s170