

Dimensionering av skyddsrum

D07-102

Dimensionering av ny reservutgång

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

1. Förutsättningar	2
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
2. Snittkrafter	13
2.1 Begränsningsvägg	13
3. Dimensionering	16
3.1 Begränsningsvägg	16
4. Sammanfattning	19

1. Förutsättningar

1.1 Geometri

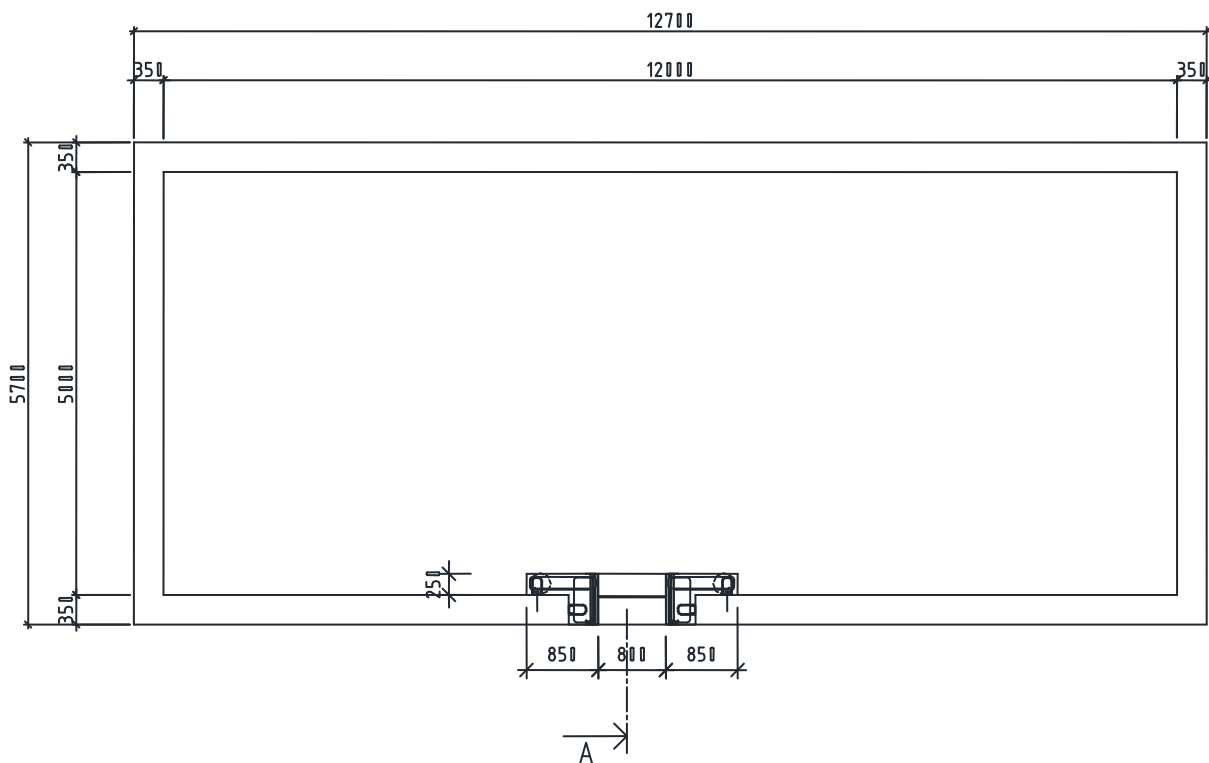
Följande beräkningsexempel utgår från ett befintligt skyddsrum med invändigt planmått 5000x12000 mm. Invändig rumshöjd är 2500 mm. Skyddsrummet ligger i källarplanet i ett envånings bostadshus med källare. Ovanliggande våning utförs med vindbjälklag i lätt träkonstruktion. Byggnaden ligger i Lund inom snözon 1,5 med normal topografi. En ny reservutgång skall anordnas i ena skyddsrumsväggen. Tjocklekar på skyddsrumsstommens omslutande konstruktionsdelar framgår enligt nedan:

Takplatta = 350 mm

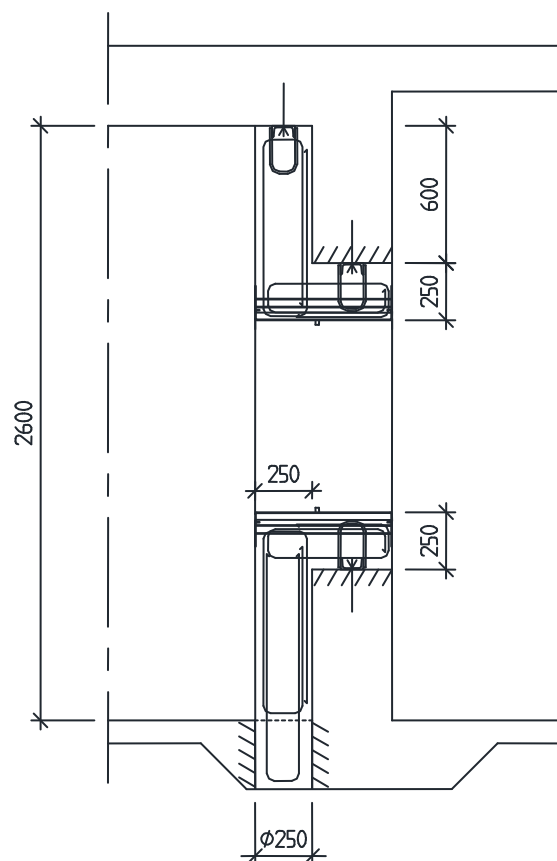
Begränsningsväggar = 350 mm

Golvplatta på mark = 100 mm

Utförande enligt följande figurer.



Plan över skyddsrummet



Sektion genom skyddsrummet

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

$g_{kbj11} = g_b * h + g_{k2bj11} = 25 * 0,30 + 1,0 = 7,20 + 1,00 = 8,20 \text{ kN/m}^2$,
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.

$$\mu = 0,8$$

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

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

$$S_k = 1,5 \text{ (snözon 1,5)}$$

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

Vapenlast:

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

enligt SR.

Raslast:

A_{ras} = maximum av

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

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

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 (kN/m^2).

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

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 definieras på samma sätt som enligt tidigare svenska regler, se EN 1990 bilaga NB).

Säkerhetsklass enligt eurokoder beaktas genom en reduktion 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

Brottgränstillstånd

Dimensionerande last är det största värdet enligt ekvation (6.10a) respektive (6.10b) i EN 1990. I den svenska tillämpningen tillkommer en partialkoefficient γ_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 γ_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)

$$q_d = 0,91 * (1,35 * 8,20 + 1,5 * 0,7 * 2,0) = 12,00 \text{ kN/m}^2$$

Dimensionering av skyddsrum

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

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

$$q_d = 0,91 * (0,89 * 1,35 * 8,20 + 1,5 * 2,0) = 11,70 \text{ kN/m}^2$$

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 $q_d = 12,00 \text{ kN/m}^2$.

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 i SR samt last enligt gängse byggregler (eurokoder) med representativt värde. Vindlast behöver dock inte medräknas.

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

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

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

Detta ger

$$q_d = 8,20 + 0,5 * 2,0 + 50,0 = 59,20 \text{ kN/m}^2$$

Raslastfallet:

EN 1990 kapitel 6.4.3.3 Lastkombination för exceptionella dimensioneringssituationer.

Enligt SR skall lastkombinationen bestå av en jämnt utbredd raslast $q_b = k \cdot m \cdot \sqrt{h_t} = 12,6 \text{ kN/m}^2$ beräknad enligt avsnitt 1.2.1 enligt ovan samt last enligt gängse byggregler (eurokoder) med representativt värde. Vindlast behöver dock inte medräknas.

$$A_{dras} = A_{kras} = 13,2 \text{ kN/m}^2.$$

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

$$q_d = 8,20 + 0,5 * 2,0 + 13,2 = 22,4 \text{ kN/m}^2$$

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):

$$q_{dkar} = g_k + q_k = 8,20 + 2,0 = 10,20 \text{ kN/m}^2.$$

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 ψ_0 .

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

$$q_{dfrek} = g_k + \psi_1 * q_k = 8,20 + 0,5 * 2,0 = 9,20 \text{ kN/m}^2$$

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 ψ_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):

$$q_{\text{lång}} = g_k + \psi_2 * q_k = 8,20 + 0,3 * 2,0 = 8,80 \text{ kN/m}^2$$

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 ψ_2 .

Vidare beräkningar i bruksgränstillstånd utförs ej i detta exempel.

Sammanfattning last takplatta	
Brottgränstillstånd:	
Fredslastfallet	$q_d = 12,00 \text{ kN/m}^2$
Vapenlastfallet	$q_d = 59,20 \text{ kN/m}^2$
Raslastfallet	$q_d = 22,40 \text{ kN/m}^2$
Bruksgränstillstånd:	
Karakteristisk lastkombination	$q_d = 10,20 \text{ kN/m}^2$
Frekvent lastkombination	$q_d = 9,20 \text{ kN/m}^2$
Kvasipermanent lastkombination	$q_d = 8,80 \text{ kN/m}^2$

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:

$$q_d = 12,0 \text{ kN/m}^2$$

$$q = 0,5 \cdot 5,70 \cdot 12,0 = 34,2 \text{ kN/m}$$

Vapenlastfallet/raslastfallet:

$$q_d = 59,2 \text{ kN/m}^2 \text{ vapenlast} \quad q_d = 22,4 \text{ kN/m}^2 \text{ raslast}$$

Vapenlasten är dimensionerande vilket medför att

$$q = 0,5 \cdot 5,7 \cdot 59,2 = 168,7 \text{ kN/m}$$

Horisontallast:

Fredslastfallet:

$$q_{dvind} = 0 \text{ kN/m}^2$$

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

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

($B =$ skyddsrummets bredd)

Fredslastfallet:

$$q_d = 8,80 \text{ kN/m}^2$$

$$q_d = 0,5 \cdot 5,70 \cdot 8,80 = 25,1 \text{ kN/m}$$

Horisontallast:

Fredslastfallet:

$$q_{dvind} = 0 \text{ kN/m}^2$$

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

Sammanfattning last begränsningsvägg	
Brottgränstillstånd:	
Fredslastfallet: vertikallast horisontallast	$q_d = 34,2 \text{ kN/m}$ $q_d = 0 \text{ kN/m}^2$
Vapenlastfallet/raslastfallet: vertikallast horisontallast	$q_d = 168,7 \text{ kN/m}^2$ $q_d = 50,0 \text{ kN/m}^2$
Bruksgränstillstånd:	
vertikallast	$q_d = 25,1 \text{ kN/m}$
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:

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

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

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

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

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

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

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

γ_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

$$f_{yd} = 0,9 * f_{yk} = 0,9 * 500 = 450 \text{ MPa} \quad \text{flytgräns för armering, se SR kapitel 3.22.}$$

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.

$$\begin{aligned} c_{\min,dur} &= 10 \text{ mm} && \text{m.h.t. beständighet} \\ c_{\min,b} &= \varphi && \text{m.h.t. vidhäftning och förankring, } \varphi = \text{stångdiameter} \\ \Delta c_{dev} &= 10 \text{ mm} && \text{tillägg för avvikelser} \end{aligned}$$

Begränsningsvägg:

Huvudarmering i begränsningsväggar $\varphi 12 \text{ mm}$. Täcksiktet till huvudarmeringen ska då vara minst

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

Effektiva höjden för huvudarmeringen blir således

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

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

2. Snittkrafter

2.1 Begränsningsvägg

Brottgränstillstånd

Följande lastvärden används

Vertikalkraften koncentreras till väggbredd vid sidan om öppningen. Förstoringsfaktorn är

$$f = \frac{1,25}{0,85} = 1,47$$

$$q_d = 1,47 \cdot 34,2 = 50,3 \text{ kN/m} \quad \text{vertikal fredslastfall}$$

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

$$q_d = 1,47 \cdot 168,7 = 248,0 \text{ kN/m} \quad \text{vertikal vapenlastfall/raslast}$$

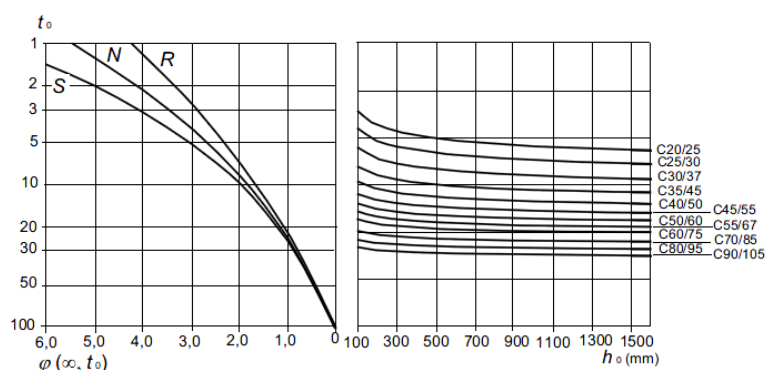
$$A_{d\text{vapen}} = 50,0 \text{ kN/m}^2 \quad \text{horisontell vapenlastfall}$$

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 inom hus 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



b) utomhusförhållanden – RH = 80%

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

Kryptal $\varphi_{ef} = 2,8$

Dimensionering av skyddsrum

Knäcklängd och slankhetstal:

Knäcklängd $l_0 = 2,6$ m

Fritt avstånd mellan upplag enligt Eulerknäckfall 1

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

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

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

Geometriska imperfektioner:

Som geometrisk imperfektion för en enstaka pelare kan man använda en excentricitet enligt 5.2 EN 1992, alternativ a2.

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

Detta ger

$$M_{0Ed} = e_i \cdot N = 0,0086 \cdot N$$

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 vertikallast

$$M_{0Ed} = e_i \cdot N = 0,0086 \cdot 50,3 = 0,5 \text{ kNm/m}$$

Dimensionerande moment

$$M_0 = M_{0Ed} + M_v = 0 + 0,5 = 0,5 \text{ kNm/m}$$

Dimensionering av skyddsrum

Vapenlast/raslastfallet:

Moment på grund av vertikallast
 $M_{0Ed} = 0,0086 \cdot 248,0 = 2,2 \text{ kNm/m}$

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
 $M_0 = M_{0Ed} + M_v = 2,2 + 42,2 = 44,4 \text{ kNm/m}$

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
 $M_{0Ed} = 0,0086 \cdot 37,0 = 0,3 \text{ kNm/m}$

Dimensionerande last
 $M_0 = M_{0Ed} + M_v = 0 + 0,3 = 0,3 \text{ kNm/m}$

Sammanfattning moment begränsningsvägg	
Fredslastfallet brottgränstillstånd	0,5 kNm/m
Fredslastfallet, bruksgränstillstånd	0,3 kNm/m
Vapenlastfallet/raslastfallet, brottgränstillstånd	44,4 kNm/m

3. Dimensionering

3.1 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 $\phi 10$ s396. Minsta diameter är 10 mm och minsta centrumavstånd är 200 mm enligt SR.

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

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

$$\omega = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{0,000785 \cdot 450}{0,25 \cdot 16,4} = 0,086$$

Relativa normalkraften i brottgränstillstånd är

Vapen-/raslastfallet:

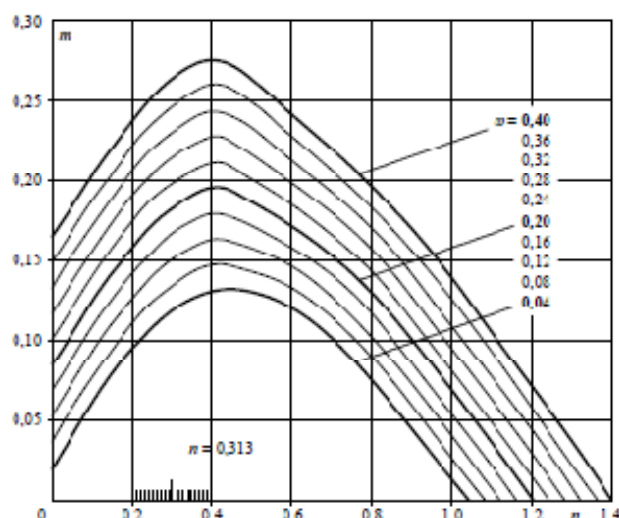
$$n = \frac{N_{ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{0,248}{0,25 \cdot 16,4} = 0,060 \text{ kN/m}^2$$

Relativa momentet i brottgränstillstånd är

$$m = \frac{M_{ed}}{h \cdot A_c \cdot f_{cd}} = \frac{0,0444}{0,222 \cdot 0,25 \cdot 16,4} = 0,048$$

Interaktionsdiagram enligt nedan ger med $n = 0,060$ och $m = 0,048$

Dimensionering av skyddsrum



$$\omega \geq \text{ca } 0,06$$

Aktuellt minimiarmering ger $\omega = 0,086$ vilket är dimensionerande

Tvårsnittets bärförmåga:

Enligt Eurokod (5.8.3.1 (1)) är

$$\lambda_{\text{lim}} = \frac{20 \cdot A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n}}$$

$$A = (1 + 0,2 \cdot \varphi_{ef})^{-1} = (1 + 0,2 \cdot 2,8)^{-1} = 0,64$$

$$B = \sqrt{1 - 2 \cdot \omega} = \sqrt{1 - 2 \cdot 0,086} = 0,91$$

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

$n = 4$ (antal väggar)

$$\lambda_{\text{lim}} = \frac{20 \cdot 0,64 \cdot 0,91 \cdot 0,7}{\sqrt{4}} = 4,08 > 3,0$$

Dvs andra ordningens moment kan försummas. Om $\lambda > 4,08$ m måste beräkning av 2:a ordningens moment utföras.

Dimensionerande armering i väggdel

$$A_s = \frac{M_{ed}}{d(1 - \omega/2)f_{yd}} = \frac{0,0444}{0,222(1 - 0,086/2)450} = 0,00046$$

Dimensionering av skyddsrum

Begränsningsvägg 250 mm med armering $\phi 12s490$ i bägge kanter är tillräcklig för att klara böjknäckning av väggen.

Armering för enbart böjmoment ger

Dimensionerande fältmoment, kNm/m	$M_{Ed} = M_f$	
Relativt moment $\eta = 1,0$ för aktuell betongkvalitet C25/30. Vid högre betongkvaliteter är $\eta < 1,0$.	$\frac{M_{Ed,f}}{b_{eff} * d^2 \eta f_{cd}} =$ $\frac{0,0444}{1,0 * 0,222^2 * 1,0 * 16,7}$	0,054
Erforderligt mekaniskt armeringsinnehåll	$\omega = 1 - \sqrt{1 - 2m} =$ $1 - \sqrt{1 - 2 * 0,054}$	0,056
Erforderlig armeringsarea, m ² /m	$A_s = \frac{M_{ed}}{d(1 - \omega / 2) f_{yd}} =$ $\frac{0,0444}{0,222(1 - 0,056 / 2) 450}$	0,00046
Armering $\phi 12$		s 245

Sammanfattning armering begränsningsvägg	
Armering i insida vägg	$\phi 12s200$ mm
Armering i utsida vägg	$\phi 10s200$ mm

4. Sammanfattning

Sammanfattning beräkningsresultat				
Byggnadsdel	Dimension	Täckande betongskikt	Armering i tvärriktning	Armering i längsriktning
Begränsningsvägg: insida utsida	250 mm	225 mm 225 mm	ϕ 10s200 ϕ 10s200	ϕ 12s200 ϕ 10s200