

D02-101	Last mot skyddsrum Raslast mot skyddsrum
----------------	---

1 Orientering	2
1.1 Bakgrund	2
1.2 Om detta dokument	2
2 Anvisningar enligt SR	3
2.1 Orientering	3
2.2 Raslast	4
3 Beräkningsexempel	7
3.1 Beskrivning	7
3.2 Raslast från ovanliggande byggnad	8
3.3 Raslast från näraliggande, mellanhög byggnad (Byggnad A)	9
3.4 Raslast från näraliggande, hög byggnad (Byggnad B)	10
3.5 Total raslast	12
4 Revideringslista	14

1 Orientering

1.1 Bakgrund

I SR anges att verkan av raslast mot skyddsrumstak och takplatta vid förstärkt utrymningsväg ska beaktas för kollaps av ovanliggande samt näraliggande byggnader. Denna kravställning infördes 1978, via dåvarande regelverk TB 78, och samma konceptuella metod har använts sedan dess.

Raslasten blir i regel högre än vapenlasten för byggnader där tre våningar eller mer är belägna ovan skyddsrummet. Vidare utgör raslasten ett potentiellt problem för befintliga skyddsrum eftersom raslasten påverkas av ny bebyggelse i skyddsrummets omedelbara närhet. En bidragande anledning till detta är att det i dagens byggande uppförs högre byggnader än vad som var fallet när de befintliga raslastreglerna ursprungligen togs fram. I dagens Sverige blir det alltmer vanligt att uppföra byggnader med en höjd på 100 m eller mer, vilket gör att resulterande raslast dels kan bli mycket hög, dels kan påverka många näraliggande skyddsrum. Eftersom stora raslaster ofta är svåra/inte möjliga att förstärka mot, kan detta få stora konsekvenser för befintliga skyddsrum och eventuellt resultera i att de behöver tas ur bruk och ersättas med nya.

Med anledning av detta har MSB gjort en översyn av ursprungliga anvisningar för raslast och tagit fram en justerad beräkningsmetod där raslast från ovanliggande och näraliggande byggnad kan reduceras jämfört med tidigare regelverk. Erhållna raslaster kan även med den justerade beräkningsmetoden bli betydande men kommer vara lägre än de ursprungligen framtagna sambanden.

1.2 Om detta dokument

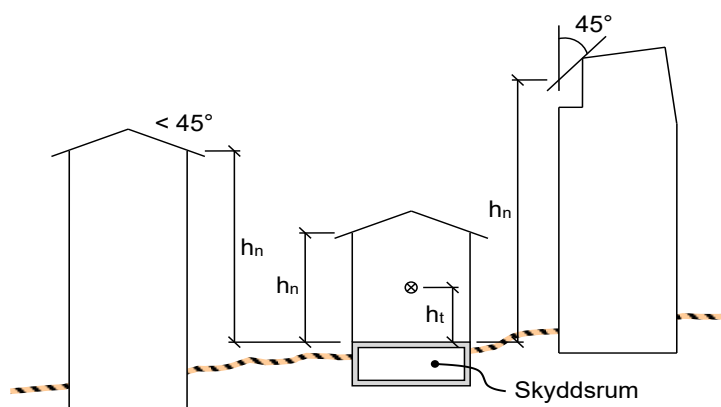
I detta dokument presenteras anvisningar för hur raslasten från ovanliggande samt näraliggande byggnader beräknas. Fokus ligger på att illustrera hur anvisningar om raslast i SR är avsedda att tolkas och användas. Med beaktande av detta redovisas inte någon detaljerad redovisning av förutsättningar eller beräkningar av t.ex. ingående rasmassa – för information om hur detta kan göras hänvisas istället till andra dimensioneringslösningar.

2 Anvisningar enligt SR

2.1 Orientering

I detta avsnitt återges anvisningar för hur raslast beräknas enligt SR. Raslasten antas kunna verka mot såväl skyddsrumstak som takplatta i förstärkt utrymningsväg, i detta dokument behandlas dock enbart det förra. Jämfört med ursprungliga anvisningar i TB78 och SR har följande justeringar gjorts för beräkning av raslast:

- Justering av grunduttrycket för raslastens storlek, vilket medför att raslastens storlek minskar med omkring 10 % eller 30 % för en byggnadshöjd h_n på 6 m respektive 30 m, där byggnadshöjden h_n definieras i Figur 2.1
- En begränsning av maximal raslast så att denna inte kan överstiga raslast från näraliggande byggnad när ingående rasmassor är okända.
- Ett förtydligande av hur raslastens grundvärde q_n kan bestämmas för last från näraliggande byggnad när storleken på dess ingående rasmassor är kända.
- Införande av en reduktionsfaktor η_n som minskar raslasten från näraliggande byggnad när avståndet från denna överstiger 5 m.
- Reducerat avstånd från näraliggande byggnad där inverkan av raslast behöver beaktas. Justeringen får effekt för höga byggnader där $h_n > 90$ m.



Figur 2.1 Definition av byggnaders höjd ovan skyddsrummet.

2.2 Raslast

Raslasten q_{ras} är en vertikal last som ska antas verka mot skyddsrumstaket eller takplatta vid förstärkt utrymningsväg. I en given punkt beräknas raslasten som

$$q_{ras} = \max(q_b, \eta_n \cdot q_n, 50 \text{ kN/m}^2) \quad (1)$$

där

$$q_b = \min(q_{b,1}, q_{\max}) \quad (2)$$

avser raslast från ovanliggande byggnad och

$$q_n = \begin{cases} \min(q_{n,1}, q_{\max}) & \text{om rasmassa } m_n \text{ är känd} \\ q_{\max} & \text{om rasmassa } m_n \text{ är okänd} \end{cases} \quad (3)$$

avser raslast från en näraliggande byggnad. Vidare gäller att $q_{ras} \geq 50 \text{ kPa}$, vilket innebär att raslasten inte kan understiga vapenlastens minsta tillåtna värde.

För ovanliggande byggnad beräknas raslasten som

$$q_{b,1} = (0,7 \cdot \sqrt{h_t} + 1) \cdot m_b \quad (4)$$

där h_t är vertikalt avstånd [m] mellan skyddsrummets överkant och byggnadens tyngdpunkt och m_b är rasmassa hos ovanliggande byggnad. Samma princip används även för raslast

$$q_{n,1} = (0,7 \cdot \sqrt{h_t} + 1) \cdot m_n \quad (5)$$

från näraliggande byggnad om dess rasmassa m_n är känd. Båda dessa begränsas dock av den maximala raslasten

$$q_{\max} = 1,5 \cdot \sqrt{h_n^3} + 3,0 \cdot h_n \quad (6)$$

som fås när m_n är okänd. För samband i ekvation (4) till (6) definieras höjder h_t och h_n enligt Figur 2.1 medan m_b och m_n är rasmassor (egentyngd och nyttig last) uttryckta i enheten [kN/m^2] hos ovanliggande respektive näraliggande byggnad. För hus med en jämn massfördelning, såsom normala bostads- och kontorshus, anges i SR att $h_t = h_n / 2$ får antas för den aktuella byggnaden. Raslastens storlek kan variera för olika delar av ett och samma skyddsrum.

Den första termen i ekvation (4) och (5) beskriver det dynamiska lasttillskott som erhålls av de nedfallande rasmassorna medan den andra termen motsvarar rasmassornas statiska lastbidrag. Ekvation (6) är i sin tur härledd från ekvation (5) med antagande om att $h_t = h_n / 2$ och att rasmassans tunghet uppgår till $m_n' = m_n / h_n = 3,0 \text{ kN/m}^3$.

Dimensioneringslösning

Raslast från en näraliggande byggnad ska beaktas om utsida fasad hos byggnaden är placerad inom avståndet x_{ras} från skyddsrummet, där detta avstånd beräknas som

$$\begin{aligned}x_{ras} &= \frac{h_n}{3} && \text{om } h_n \leq 90 \text{ m} \\x_{ras} &= 30 + \frac{h_n - 90}{6} && \text{om } h_n > 90 \text{ m}\end{aligned} \tag{7}$$

När avståndet x mellan skyddsrum och utsida fasad hos aktuell del i näraliggande byggnad överstiger 5 m får raslasten från den näraliggande byggnaden reduceras med en reduktionsfaktor η_n . Denna faktor beräknas som

$$\begin{aligned}\eta_n &= 1,0 && \text{om } x \leq 5 \text{ m} \\ \eta_n &= \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot x}{b_{ekv}}} && \text{om } x > 5 \text{ m}\end{aligned} \tag{8}$$

där

$$b_{ekv} = \sqrt{A_0} \tag{9}$$

är en ekvivalent längd som beräknas från tvärsnittsarean A_0 hos ett representativt våningsplan hos den näraliggande byggnaden.

För en byggnad med varierande tvärsnittsarea i olika våningsplan kan A_0 beräknas som

$$A_0 = \frac{V_0}{h_n} \tag{10}$$

där V_0 är volymen av den del av byggnaden som ger upphov till raslasten och h_n är höjd för denna del så som definieras i Figur 2.1.

För en situation där det inte är känt vilken geometrisk utformning som en näraliggande byggnad har kan den ekvivalenta längden b_{ekv} approximativt beräknas som

$$\begin{aligned}b_{ekv} &= \frac{120}{1 + \frac{70}{h_n}} && \text{om } h_n \leq 50 \text{ m} \\ b_{ekv} &= \frac{30}{1 - \frac{20}{h_n}} && \text{om } 50 \text{ m} < h_n \leq 200 \text{ m} \\ b_{ekv} &= \frac{h_n}{6} && \text{om } h_n > 200 \text{ m}\end{aligned} \tag{11}$$

Dimensioneringslösning

Eftersom reduktionsfaktorn η_n varierar med avståndet x så innebär detta att raslasten från en näraliggande byggnad kan vara olika stor mot olika delar av skyddsrummet. Vid dimensionering godtas dock att konservativt anta ett större raslastvärde än vad som har beräknats i en given punkt, t.ex. att anta att det största raslastvärdet som kan verka mot skyddsrummet också verkar över hela skyddsrummet, oavsett avstånd till näraliggande byggnad.

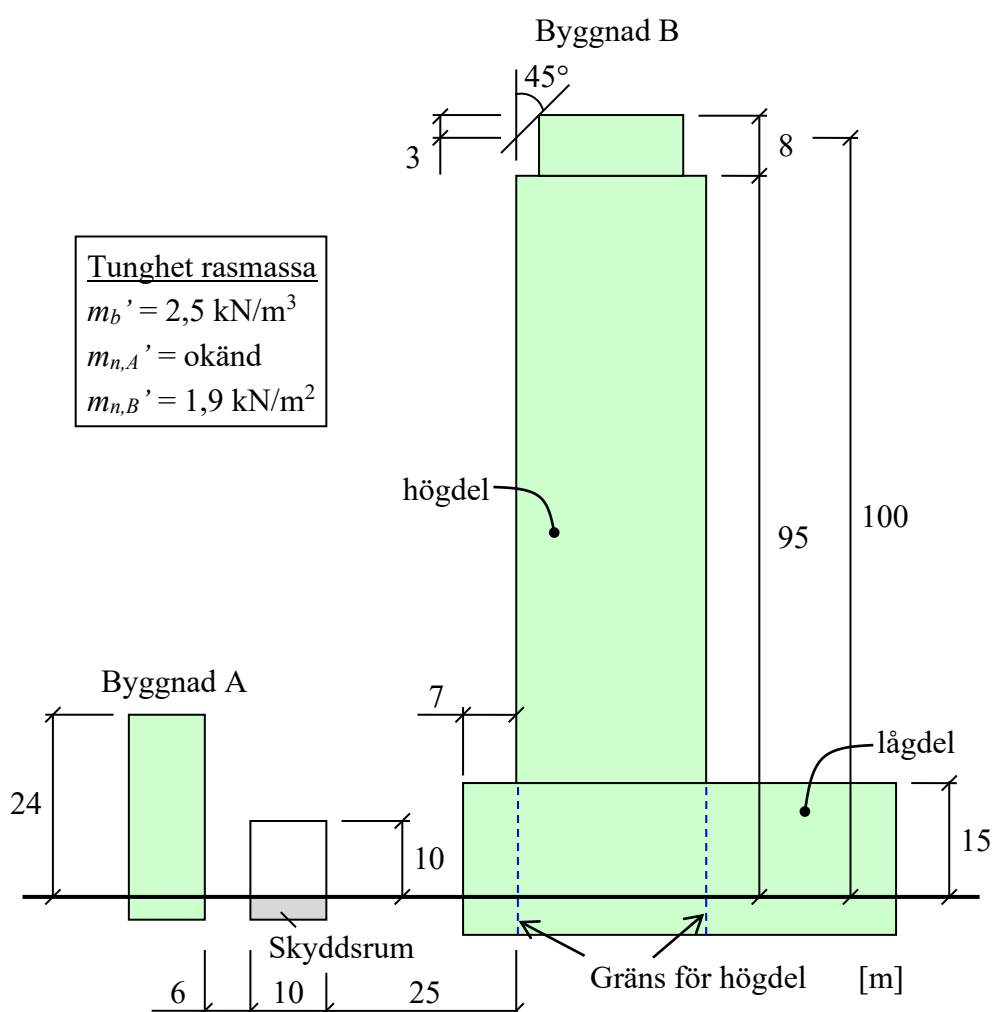
Raslasten från flera olika byggnader ska beaktas i samma lastfall. Den aktuella raslasten från olika byggnader ska dock inte summeras, istället begränsas denna till den största av de verkande raslasterna i en given punkt så som anges i ekvation (1). Den resulterande raslasten q_{ras} kan slutligen reduceras enligt anvisningar i SR för att beakta gynnsam inverkan av kupolverkan i rasmassorna.

3 Beräkningsexempel

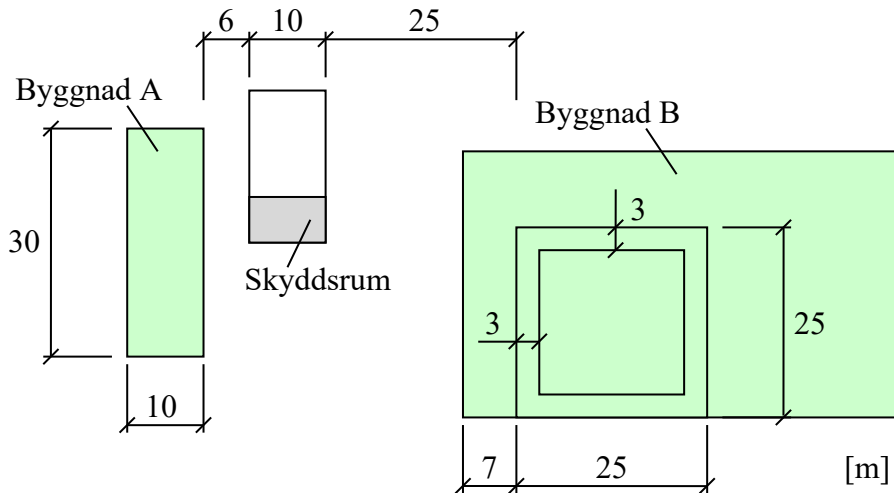
3.1 Beskrivning

För att illustrera effekten av de uttryck som presenteras i avsnitt 2.2 ges här ett beräkningsexempel där raslast från ovanliggande samt två näraliggande byggnader beräknas, se Figur 3.1 och Figur 3.2. För byggnad A, antas geometrin vara känd men rasmassa okänd medan det för byggnad B antas att både geometri och rasmassa är kända.

Byggnad B består av en lågdel och en högdelen, där den senare har en topp som har en något mindre tvärsnittsarea. Lågdelen är placerad närmare skyddsrummet än högdelen men här görs enbart beräkning av raslast för högdelen eftersom lågdelen befinner sig på ett sådant avstånd att den inte ger upphov till någon raslast mot skyddsrummet.



Figur 3.1 Placering av näraliggande byggnader i förhållande till skyddsrummet (sektion). Rasmassornas tungheter, $m' = m / h_n$, som används i exemplet anges i inramad ruta.



Figur 3.2 Placering av näraliggande byggnader i förhållande till skyddsrummet (plan).

3.2 Raslast från ovanliggande byggnad

Förutsättningar:

- $h_n = 10 \text{ m} \rightarrow h_t = 10 / 2 = 5 \text{ m}$ (i enlighet med SR antas en jämn massfördelning)
- $m_b' = 2,5 \text{ kN/m}^3 \rightarrow m_b = m_b' \cdot h_n = 2,5 \cdot 10 = 25 \text{ kN/m}^2 \rightarrow$ använd ekvation (4) för $q_{b,1}$

Raslasten bestäms som

$$q_{b,1} = (0,7 \cdot \sqrt{h_t} + 1) \cdot m_b = (0,7 \cdot \sqrt{5} + 1) \cdot 25 = 65 \text{ kN/m}^2 \quad (12)$$

och jämförelse görs därefter med maximal raslast enligt ekvation (6)

$$q_{\max} = 1,5 \cdot \sqrt{10^3} + 3,0 \cdot 10 = 77 \text{ kN/m}^2 \quad (13)$$

Raslast för ovanliggande byggnad kan därefter, via ekvation (2), bestämmas som

$$q_b = \min(q_{b,1}, q_{\max}) = \min(65, 77) = 65 \text{ kN/m}^2 \quad (14)$$

För raslast från ovanliggande byggnad används inte någon reduktionsfaktor η_n .

3.3 Raslast från näraliggande, mellanhög byggnad (Byggnad A)

Förutsättningar:

- Minsta avstånd mellan byggnad och skyddsrum: $x_{min,A} = 6$ m
- Byggnadshöjd: $h_{n,A} = 24$ m
- Byggnadens tvärsnittsarea: $A_{0,A} = 10 \times 30 = 300$ m²
- Rasmassa: Okänd → använd ekvation (6) för $q_{n,A}$

Enligt ekvation (7) är raslast mot skyddsrum från byggnad A enbart aktuellt inom ett avstånd

$$x_{ras,A} = \frac{h_{n,A}}{3} = \frac{24}{3} = 8 \text{ m} \quad (15)$$

från byggnadens fasad. Här fås att $x_{min,A} = 6$ m < 8 m, varför raslast mot skyddsrum från byggnad A ska beaktas. Raslasten bestäms som

$$q_{n,A} = q_{max,A} = 1,5 \cdot \sqrt{h_{n,A}^3} + 3,0 \cdot h_{n,A} = 1,5 \cdot \sqrt{24^3} + 3,0 \cdot 24 = 248 \text{ kN/m}^2 \quad (16)$$

För en näraliggande byggnad kan reduktionsfaktorn η_n beräknas enligt ekvation (8). Här gäller att

$$b_{ekv,A} = \sqrt{A_{0,A}} = \sqrt{300} = 17,3 \text{ m} \quad (17)$$

varvid värden på $\eta_{n,A}$ och $\eta_{n,A} \cdot q_{n,A}$ fås enligt Tabell 3.1¹.

Tabell 3.1 Reduktionsfaktor och resulterande raslast för byggnad A. Inom ett avstånd $x \leq 5$ m från byggnad fås ingen reduktion. Detta område är i tabellen markerat med grått medan raslaster som är relevanta för exemplet är markerade med grönt.

x_A [m]	$\eta_{n,A}$ [-]	$\eta_{n,A} \cdot q_{n,A}$ [kN/m ²]
0 – 5	1,00	248
5 ⁺	0,63	157
6	0,59	147
7	0,55	137
8	0,52	129

¹ Om byggnadens tvärsnittsarea $A_{0,A}$ hade varit okänd hade längden $b_{ekv,A}$ istället beräknats enligt ekvation (11) som

$$b_{ekv,A} = \frac{120}{1 + \frac{70}{h_{n,A}}} = \frac{120}{1 + \frac{70}{24}} = 30,6 \text{ m}$$

vilket hade resulterat i ett högre värde på $\eta_{n,A}$ (dvs. en högre total raslast).

3.4 Raslast från näraliggande, hög byggnad (Byggnad B)

Förutsättningar:

Lågdal

- Minsta avstånd mellan byggnad och skyddsrum: $x_{min,B,låg} = 25 - 7 = 18$ m
- Byggnadshöjd: $h_{n,B,låg} = 15$ m

Högdal

- Minsta avstånd mellan byggnad och skyddsrum: $x_{min,B,hög} = 25$ m
(mäts från den del av byggnaden som representerar dess högdal, se Figur 3.1)
- Byggnadshöjd: $h_{n,B,hög} = 100$ m $\rightarrow h_t = 100 / 2 = 50$ m
(eftersom rasmassan är känd kan h_t användas, varvid en jämn massfördelning antas)
- Byggnadens tvärsnittsarea: $A_{0,B,hög} = 25 \times 25 = 625$ m²
(konservativ förenkling som bortser från byggnadens avsmalnade topp)
- Rasmassa: $m_{n,B}' = 1,9$ kN/m³ $\rightarrow m_{n,B} = 1,9 \cdot 100 = 190$ kN/m²
 \rightarrow använd ekvation (5) för $q_{n,l,B}$

Enligt ekvation (7) är raslast mot skyddsrum från byggnad B enbart aktuellt inom ett avstånd

$$x_{ras,B,låg} = \frac{h_{n,B,låg}}{3} = \frac{15}{3} = 5 \text{ m} \quad (\text{lågdal}) \quad (18)$$

och

$$x_{ras,B,hög} = 30 + \frac{h_{n,B,hög} - 90}{6} = 30 + \frac{100 - 90}{6} = 32 \text{ m} \quad (\text{högdal}) \quad (19)$$

mätt från fasad i lågdal respektive högdal.

För lågdalen är $x_{min,B,låg} = 18$ m $>$ 5 m, varför raslast från denna del inte behöver beaktas – någon raslast från lågdalen redovisas därför inte heller här. För högdalen ska dock raslast mot skyddsrummet beaktas eftersom $x_{min,B,hög} = 25$ m $<$ 32 m = $x_{ras,B,hög}$.

Dimensioneringslösning

Raslasten i högdelen bestäms som

$$q_{n,1,B,hög} = (0,7 \cdot \sqrt{h_{n,B,hög}} + 1) \cdot m_{n,B} = (0,7 \cdot \sqrt{50} + 1) \cdot 190 = 1130 \text{ kN/m}^2 \quad (20)$$

Enligt ekvation (3) görs dock även en kontroll att detta lastvärde inte överstiger maximal raslast

$$q_{\max,B,hög} = 1,5 \cdot \sqrt{h_{n,B,hög}^3} + 3,0 \cdot h_{n,B,hög} = 1,5 \cdot \sqrt{100^3} + 3,0 \cdot 100 = 1800 \text{ kN/m}^2 \quad (21)$$

enligt ekvation (6). Så är inte heller fallet här, varför $q_{n,B,hög} = q_{n,1,B,hög} = 1130 \text{ kN/m}^2$ slutligen fås.

Reduktionsfaktorn $\eta_{n,B}$ beräknas enligt ekvation (8) där

$$b_{ekv,B,hög} = \sqrt{A_{0,B,hög}} = \sqrt{625} = 25,0 \text{ m} \quad (22)$$

varvid värden på $\eta_{n,B,hög}$ och $\eta_{n,B,hög} \cdot q_{n,B,hög}$ fås enligt Tabell 3.2³.

Tabell 3.2 Reduktionsfaktor och resulterande raslast för högdelen i byggnad B. Inom ett avstånd $x \leq 5 \text{ m}$ från högdelen fås ingen reduktion. Detta område är i tabellen markerat med grått medan raslasterna som är relevanta för exemplet är markerade med grönt.

$x_{B,hög}$ [m]	$\eta_{n,B,hög}$ [-]	$\eta_{n,B,hög} \cdot q_{n,B,hög}$ [kN/m ²]
0 – 5	1,00	1130
5 ⁺	0,71	807
10	0,56	628
15	0,45	514
20	0,38	435
25	0,33	377
30	0,29	332
32	0,28	318

² Baserat på de geometriska förutsättningarna i byggnadens högdelen kan även en mer noggrann beräkning göras för bestämning av $A_{0,B}$. Denna skulle därmed kunna beräknas som

$$A_{0,B,hög} = \frac{V_{0,B,hög}}{h_{n,B,hög}} = \frac{95 \cdot 25^2 + (8-3) \cdot (25-2 \cdot 3)^2}{100} = 612 \text{ m}^2$$

vilket i det här fallet är tämligen snarlikt det ovan beräknade $A_{0,B} = 625 \text{ m}^2$. Baserat på denna mer noggranna beräkning skulle den ekvivalenta längden blivit $b_{ekv,B} = 24,7 \text{ m}$, vilket hade resulterat i ett marginellt lägre värde på $\eta_{n,B}$. (dvs. en något lägre raslast).

³ Om byggnadens tvärsnittsarea $A_{0,B}$ hade varit okänd hade längden $b_{ekv,b}$ istället beräknats som

$$b_{ekv,B,hög} = \frac{30}{1 - \frac{20}{h_n}} = \frac{30}{1 - \frac{20}{100}} = 37,5 \text{ m}$$

vilket hade resulterat i ett högre värde på $\eta_{n,B,hög}$ (dvs. en högre raslast).

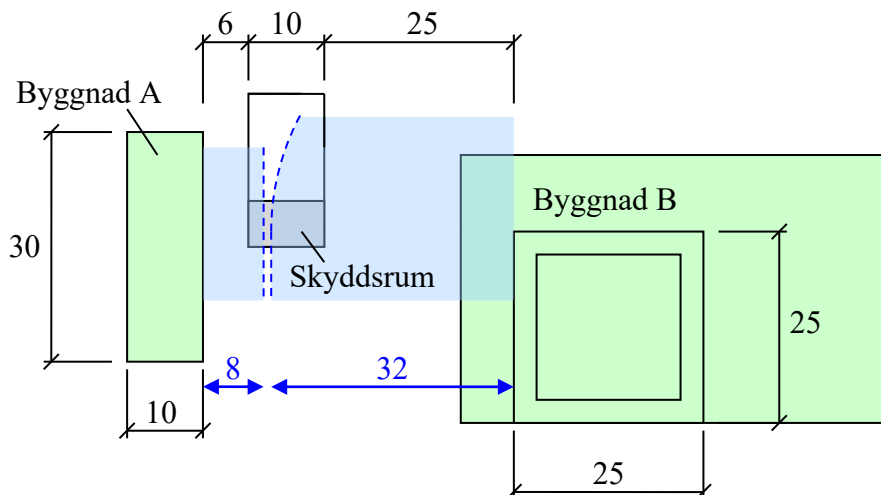
3.5 Total raslast

Baserat på raslastberäkningar i avsnitt 3.2 till 3.4 kan total raslast mot skyddsrummet bestämmas. I Figur 3.3 illustreras raslastens utsträckning från byggnad A och B och av detta framgår att bidrag till raslast från dessa inte överlappar varandra. Raslast från ovanliggande byggnad, byggnad A och byggnad B antas verka samtidigt. Dessa raslaster ska dock inte summeras, istället används det största värdet i en given punkt.

Utgående från ekvation (1) bestäms raslasten som verkar mot skyddsrummet i en given punkt slutligen som

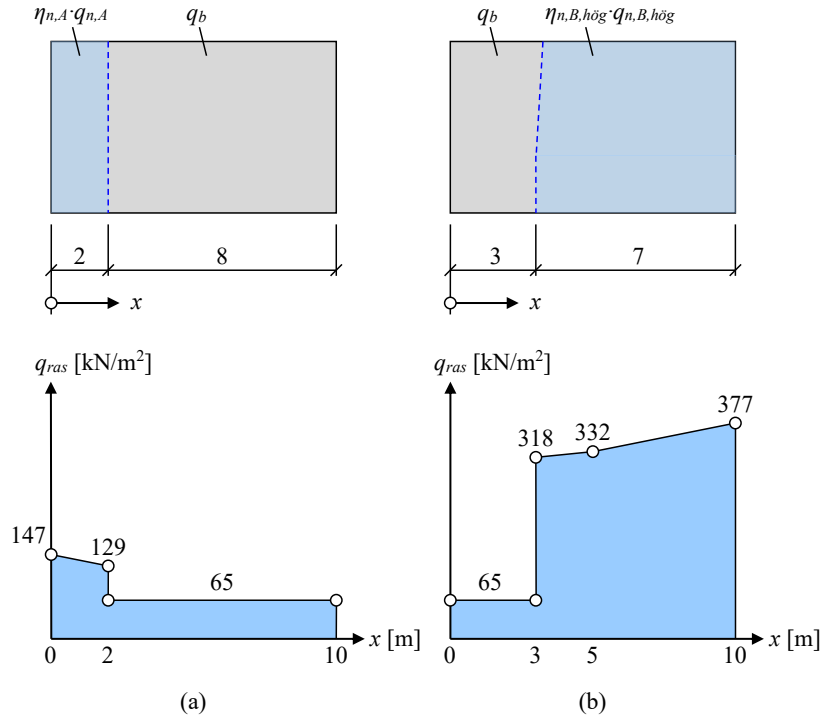
$$q_{ras} = \max(q_b, \eta_{n,A} \cdot q_{n,A}, \eta_{n,B,hög} \cdot q_{n,B,hög}, 50 \text{ kN/m}^2) \quad (23)$$

Vid beräkning av dimensionerande last mot skyddsrumstak ska q_{ras} även kombineras med andra statiskt verkande laster (egentyngd skyddsrumstak och nyttig last mot skyddsrumstak) i lastkombination för olyckslast. Dock ska inte egentyngd från rasmassor inkluderas i en sådan lastkombinering eftersom dessa redan ingår i värdet för raslasten q_{ras} , se kommentar om detta i avsnitt 2.2.



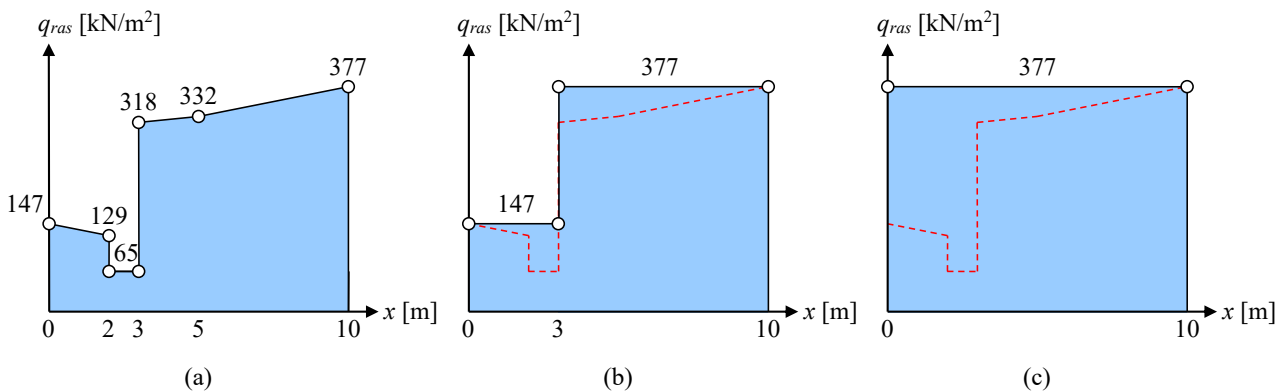
Figur 3.3 Illustration av område i aktuellt skyddsrum som utsätts för raslast från näraliggande byggnader.

Eftersom byggnad A och B befinner sig inom rasavståndet $x_{ras,A} = 8 \text{ m}$ respektive $x_{ras,B,hög} = 32 \text{ m}$ från skyddsrummet så blir raslast från dessa dimensionerande inom de områden som de verkar. Vidare fås att en raslast $q_{ras} = q_b = 65 \text{ kN/m}^2$ verkar inom de områden som ligger bortom både $x_{ras,A} = 8 \text{ m}$ och $x_{ras,B,hög} = 32 \text{ m}$ för raslast från byggnad A respektive byggnad B. Sammantaget kan raslasten beskrivas utgående från de två fall som illustreras i Figur 3.4.



Figur 3.4 Raslast mot skyddsrum med hänsyn till (a) byggnad A och (b) byggnad B.

Sammantaget resulterar dessa två fall i en lastfördelning enligt Figur 3.5a. Så länge som de aktuella lastnivåerna innefattas av den valda lastfördelningen godtas det dock att enklare lastbeskrivningar används, se Figur 3.5b och c för exempel på sådana förenklingar.



Figur 3.5 Exempel på förenklade lastbeskrivningar: (a) minimal lastnivå som måste uppfyllas enligt Figur 3.4, (b) förenkling baserad på maximal raslast för byggnad A respektive byggnad B, (c) förenkling baserad på maximal raslast.

4 Revideringslista

Datum	Avsnitt	Revidering
2019-04-05	D02-101	Första version
2024-11-01	D02-101	Anpassad till SR 15 (2024)