



Don, hylsa



Don, hylsa för tvåaxlig rörelse

## Teknisk information

### 1. Beräkningar ESD/ESDQ/ED

Beräkningar och resultat som visas i respektive dons tabeller är framtagna i samarbete med WSP Byggkonstruktion samt kontrollerade och styrkta av Ancon Steel Products, Storbritannien. Beräkningar som är gjorda är baserade på BSK07 samt BBK04.

Kapaciteten bestäms först genom att pröva donet med hänsyn till plattjocklek, diameter, betongkvalitet och fogbredd. Dessa parametrar skall beaktas i det färdiga materialet. I och med att det är många olika faktorer att ta hänsyn till redovisas här en allmän beräkningsmodell med hänvisningar till normer. För de faktiska beräkningarna används verktyget Microsoft Excel, där man enkelt kan få fram tabeller med resultat av de givna inparametrarna.

Efter att kapaciteten för donet framräknats erfordras armeringsdimensionering. Detta för att säkerställa att donen utnyttjar sin fulla kapacitet. Både K-byglar och verksam böjarmring skall beaktas.

#### **1.1 Bärförmåga med hänsyn till stångens momentkapacitet samt betongens tryckkapacitet**

Genom att ta fram momentkapaciteten för en given stång kan vi räkna ut vilken last denna klarar. Vi utgår ifrån momentkapaciteten i stången enl. BSK07 6:243, där  $\eta = 1,0$ . Denna får vi genom att multiplicera stångens böjmotstånd med dess dimensionerande hållfasthetsvärde. Det vi behöver få ut av ekvationen är det avstånd,  $x$ , där momentmaximum inträffar.

Betongens dimensionerande tryckkapacitet sätts till

$$f_{cd} = \frac{f_{cck}}{\gamma_n * 1,5} \text{ enl. BBK04, 2.3.1}$$

Momentkapaciteten i stången beräknas som

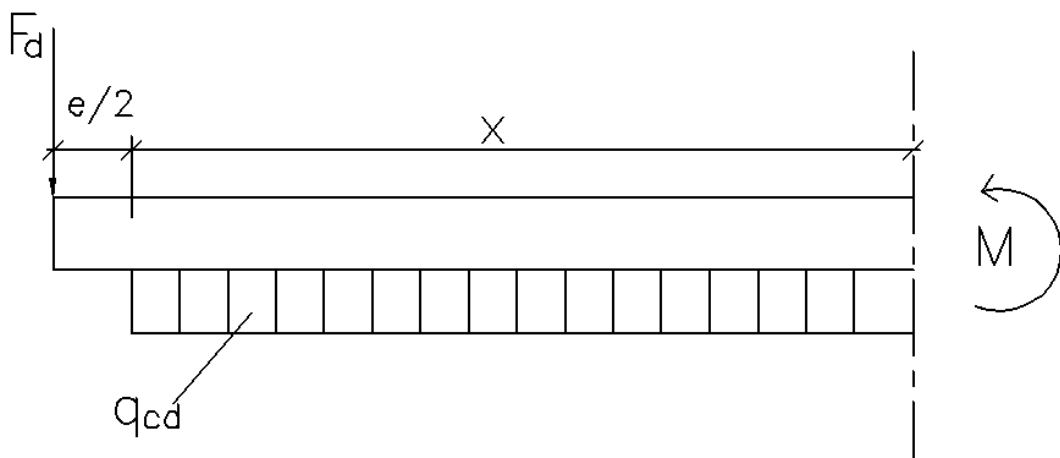
$$M_{Rd} = Wf_{yd}$$

Där böjmotståndet  $W = \frac{\pi d^3}{32}$  och stålets dimensionerande hållfasthetsvärde  $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_m \gamma_n}$  enl.

BSK07, 8:312.

Vi kan få ut värdet på  $x$  som funktion av de andra variablerna ur följande antagande av momentet:

Den dimensionerande lasten  $F_d$  antas angripa donet i mitten av fogen. För att jämviktsvillkoret skall uppfyllas uppstår  $q_{cd}$  som reaktion.



**Figur 1. Momentsituation för den ingjutna stången**

- $x$  är det avstånd som ger max. moment i stången.  
 $e$  är den dimensionerande fogbredden dvs. nominell spalt +beräknad rörelse\*1,4  
 $q_{cd}$  är den dimensionerande last som betongens förhöjda tryckkapacitet beräknas klara med hänsyn till påkänningar under lokalt tryck enl. BBK04 3.10. I det här fallet sätts  $f_{cd,sup} = 3f_{cc}$  eftersom tryckfördelningsarean är så mkt större än tryckangreppsarean, och således blir  $q_{cd} = \phi_{stång} f_{cd,sup}$

$$\uparrow: F_d - q_{cd}x = 0 \Rightarrow F_d = q_{cd}x$$

Sätts detta in i en momentekvation erhålls

$$M_{Rd} = F_d \left( \frac{e}{2} + x \right) - \frac{q_{cd}x^2}{2} \Rightarrow F_{Rd} = \frac{M + \frac{q_{cd}x^2}{2}}{\left( \frac{e}{2} + x \right)}$$

Den punkt där värdet på  $x$  ger det största värdet på momentet, och således även  $F_{Rd}$ , beräknas genom derivering av uttrycket för  $F_{Rd}$ . Värdet på  $x$  där derivatan sätts till noll är lika med värdet på  $x$  som ger  $F_{Rd}$ .

$$F_{Rd}' = \frac{q_{cd}x\left(\frac{e}{2} + x\right) - \left(M + \frac{q_{cd}x^2}{2}\right)}{\left(\frac{e}{2} + x\right)^2} \Rightarrow F_{Rd}' = 0 \text{ ger}$$

$$0 = x^2 + xe - \frac{2M}{q_{cd}} \Rightarrow x = -\frac{e}{2} + \sqrt{\left(\frac{e}{2}\right)^2 + \frac{2M}{q_{cd}}}$$

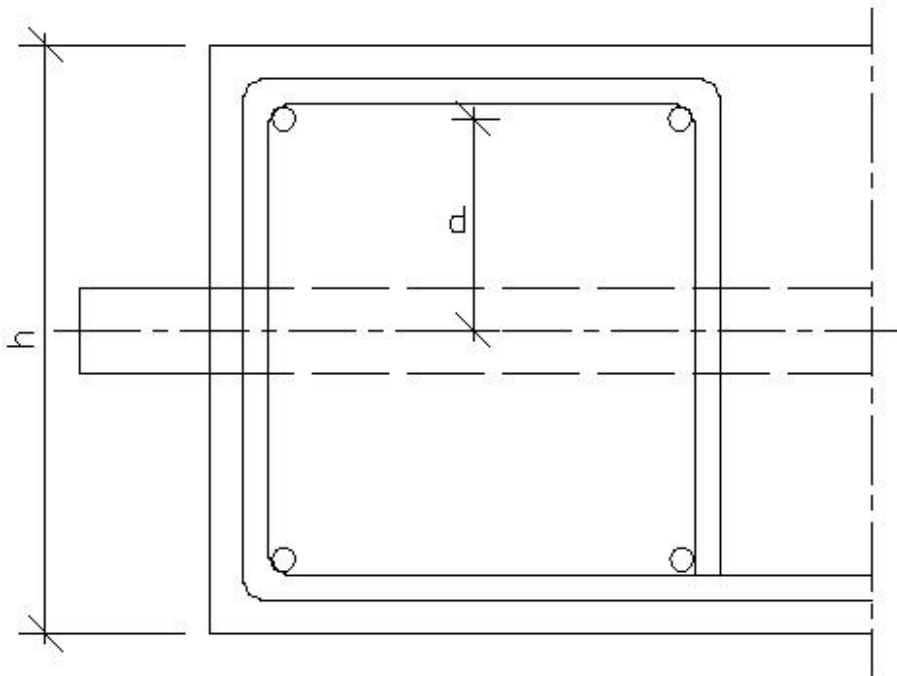
Den maximala kraften som donet klarar av med hänsyn till momentkapacitet blir då

$$F_{Rd1} = xq_{cd}$$

## 1.2 Betongens tvärkraftskapacitet

Tvärkraftskapaciteten beräknas med alternativ metod enl. BBK04, 3.7.3.7d

$$V_{Rdc,max} = 0,5vb_wdf_{ccd}, \text{ där } v = 0,6\left(1 - \frac{f_{cck}}{250}\right)$$



Figur 2. Hävarmen d

$b_w$  ersätts här av  $x$ , som räknas som bredden på en tänkt balk, där

$$d = h/2 - c - \phi_{bygel} - \phi_{böjarm} / 2$$

c är basmått för täckskikt.

Tvärkraftkapaciteten blir då  $F_{Rd2} = 2V_{Rdc,max}$

Även dymlingsverkan skall beaktas enl. BBK04 6.8.4 där

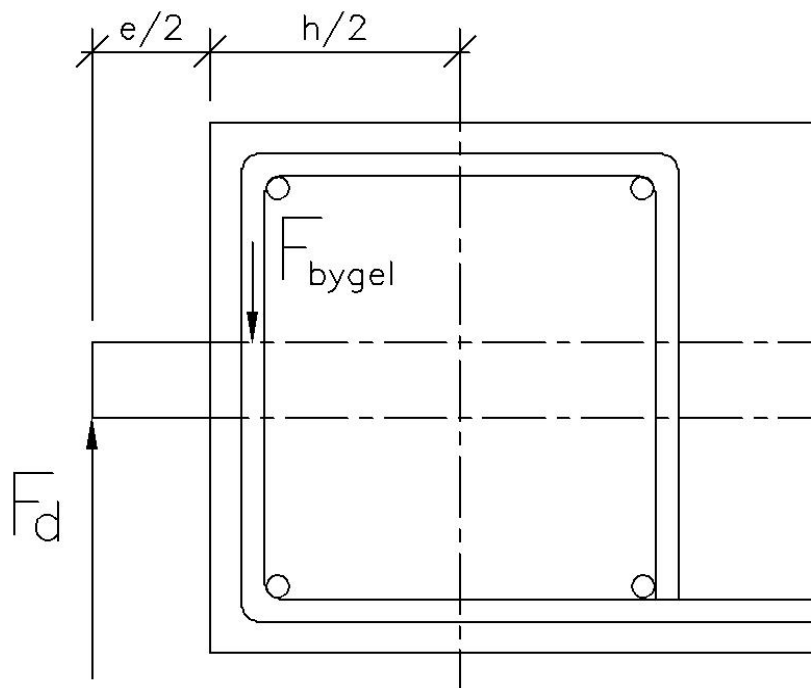
$$F_{Rd3} = \phi_{stång}^2 \sqrt{f_{cc} f_{st}}$$

Att observera är att begränsningen av  $F_{Rd3}$ , som enligt BBK skall sättas till  $0,2bdf_{ct}$ , ignoreras. Detta därför att erforderlig armering kommer att läggas in för att ta upp de dragkrafter som kommer att spjälka betongen.

Den slutgiltiga kapaciteten per don,  $F_{Rd}$ , blir här det lägsta värdet av  $F_{Rd1}$ ,  $F_{Rd2}$  och  $F_{Rd3}$ .

### 1.3 Bygelarmering vid don

Vid armeringsberäkningar tas hänsyn till det speciella fallet att kraften kan angripa med excentricitet pga fogbredden. Byglar skall läggas in i anslutning till donet och här väljs att använda s.k. K-byglar, som utformas enligt figur 11.



Figur 3. Bygelarmering intill don

Den kraft som armeringen dimensioneras för är den dimensionerande kraften för donet,  $F_{Rd}$ . I och med att fogen gör att en hävarm skapas så måste den dragkraft som skall beaktas för byglarna beräknas. Kvoten mellan hävarmen från centrum mellan de båda bygelskänklarna och mittpunkten på fogen, samt mellan centrum mellan de båda bygelskänklarna och den ena bygelskänkeln används enligt nedan. Kraften i bygeln erhålls då till

$$F_{bygel} \left( \frac{h}{2} - c - \frac{\phi_{bygel}}{2} - \phi_{böjarm} \right) = F_{Rd} \left( \frac{e}{2} + \frac{h}{2} \right) \Rightarrow$$

$$F_{bygel} = F_{Rd} \frac{\frac{e}{2} + \frac{h}{2}}{\frac{h}{2} - c - \frac{\phi_{bygel}}{2} - \phi_{böjarm}}, \text{ där } c \text{ är täcksiktet och } e \text{ är fogbredden.}$$

$\phi_{böjarm}$  läggs här in i nämnaren som en extra säkerhetsfaktor.

Den armeringsmängd som behövs för att klara den kraften blir

$$A_s = F_{bygel} / f_{st}, \quad \text{där } f_{st} \text{ är den dimensionerande draghållfastheten för bygeln.}$$

Byglarna skall även dimensioneras för ett moment, där ett snitt i plattan fungerar som en tänkt balk vilken enkelarmeras enligt BBK04.

$$M_b = F_d \left( \frac{e}{2} + h \right) \quad \text{ger det relativa momentet}$$

$$\bar{m} = \frac{M_b}{d^2 b_w f_{ccd}} \quad \text{där } d = h - c - \frac{\phi_{bygel}}{2} - \frac{\phi_{böjarm}}{2}$$

Därefter kan det mekaniska armeringsinnehållet räknas ut som

$$\omega = 1 - \sqrt{1 - 2\bar{m}} \quad \text{vilket ger den slutgiltiga armeringsmängden med avseende på moment till}$$

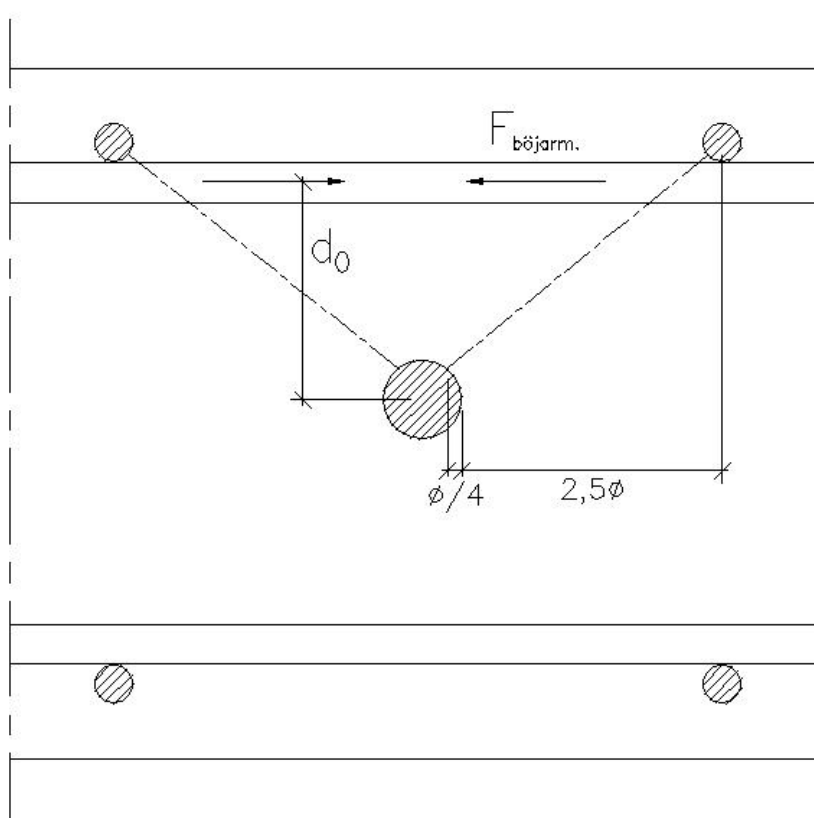
$$A_{sb} = \frac{M_b}{d \left( 1 - \frac{\omega}{2} \right) f_{st}}$$

Den slutgiltiga armeringsmängden fås genom att ta det största värdet av  $A_{sb}$  och  $A_s$ . Antalet stänger på vardera sidan om donet får man genom att ta armeringsinnehållet och dividera det med den dubbla arean på armeringsstängerna.

## 1.4 Böjarmering

Böjarmeringen dimensioneras genom att summera den armeringsmängd som krävs för två olika behov. Den första delen av armeringen krävs för att ta upp den dragkraft som skapas genom den trycksträva som uppkommer när kraften ifrån stängen fördelas ut genom betongen. Den andra delen krävs för att klara det moment som skapas mellan lastupplagen, och som böjarmeringen normalt dimensioneras för.

Den dragkraft som utgör den första delen i armeringsmängden kan beräknas genom att multiplicera donets bärförmåga med förhållandet mellan hävarmarna enligt figur 12. Denna beräkningsgång är framtagen i samarbete med WSP Byggprojektering.

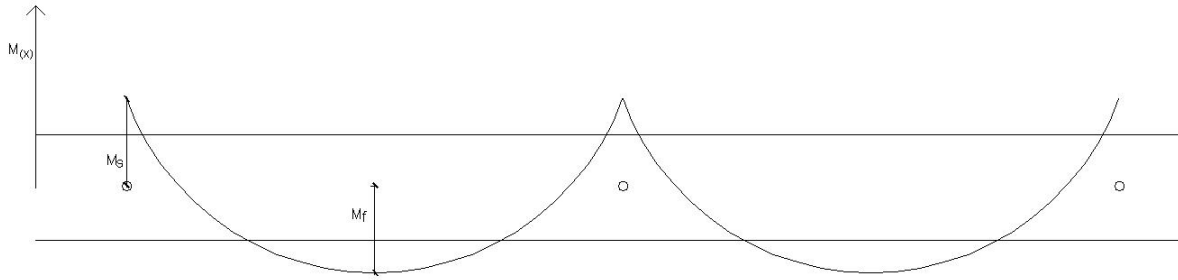


Figur 4. Böjarmering pga spjälkning

$$F_{sd} = \frac{F_{Rd}}{2} \frac{\frac{\phi_{stång}}{4} + 2,5\phi_{bygel}}{d_0}$$

$$A_{sdrag} = \frac{F_{sd}}{f_{st}}$$

Momentet som bidrar till böjarmeringen erhålls genom att använda den momentsituation som uppstår enligt figur. Momentet antas lika vid fält och stöd vilket ger den plasticerade varianten av momentformeln.



**Figur 5. Momentdiagram**

$$M_s = M_f = \frac{q_{cd} l^2}{16}$$

där  $l$  motsvaras av det maximala centrumavståndet mellan donen.

Här görs alltså en förenkling, eftersom underlaget senare kommer att behandla en situation där man utifrån den beräknade lasten, och valt tvärkraftsdon, enkelt kan räkna ut erforderligt centrumavstånd. Detta är visserligen en överdimensionering, men den kommer inte att visa sig i antalet tvärkraftsdon utan i den armering som krävs.

$q_{cd}$  blir i detta fall den kraft som tidigare i beräkningarna erhållits som kapaciteten per don (se 3.2) dividerat med centrumavståndet, som alltså kan sättas lika med  $l$  i detta fall.

$$M_s = M_f = \frac{F_d l^2}{16} = \frac{F_d l}{16}$$

Armeringsmängden, som räknas ut som  $A_{sm} = \frac{M}{z f_{st}}$  kan då enkelt tecknas som

$$A_{sm} = \frac{F_d l}{16 z f_{st}}$$

Böjarmeringen skall läggas in både i över- och underkant, och skall hållas upp av K-byglarna. Den totala böjarmeringsmängden erhålls genom att addera  $A_{sm}$  och  $A_{sdrag}$ . Avrundningen av antalet stänger sker uppåt.

### 1.5 Byglar i fält

När väl böjarmeringsmängden är framräknad kan behovet av byglar i fält analyseras. För att göra detta föreställs byglarna ingå i en tvärgående balk med kvadratisk tvärsnitt. Detta gör beräkningarna enkla, eftersom K-byglarna monteras på det sättet.

Beräkningsmetoden är hämtad ur BBK04 3.7.3. Den kraft som eventuella byglar behöver ta upp är den som motsvaras av differensen mellan tvärkraften från lastpåverkan och betongens tvärkraftskapacitet, med armeringens bidrag inräknad.

Betongens tvärkraftskapacitet kan här sättas till

$$V_c = b_{w1} d f_v$$

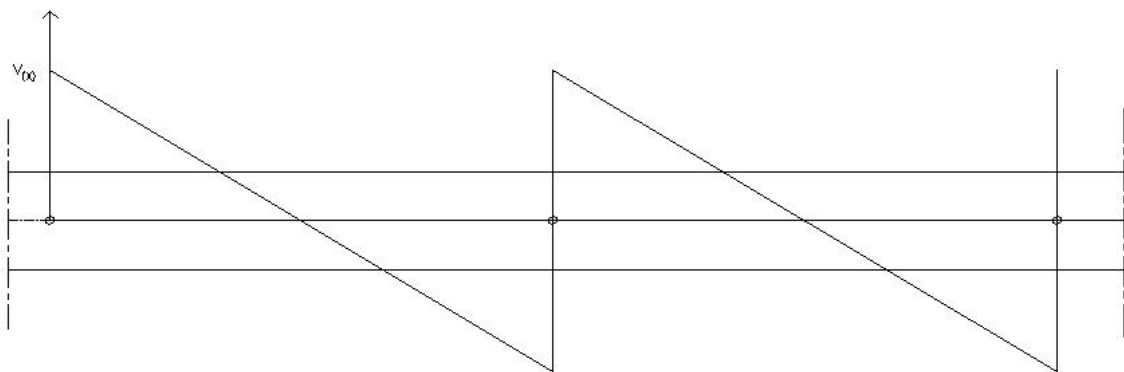
Där  $f_v$  är den formella skjuvhållfastheten, och bestäms genom uttrycket

$$f_v = \xi(1 + 50\rho)0,3f_{ct} \quad \text{där böjarmeringsinnehållet } \rho = \frac{A_s}{b_{w1}d} \text{ och}$$

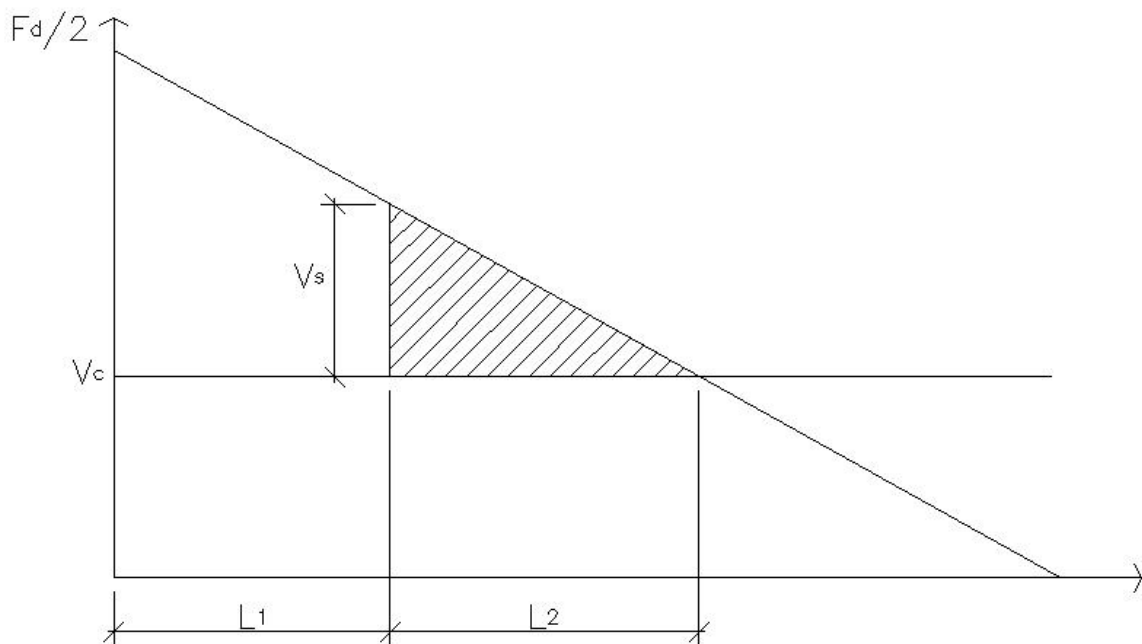
$$\text{konstanten } \xi = \begin{cases} 1,4 \text{ för } d \leq 0,2 \\ 1,6 - d \text{ för } 0,2 \leq d \leq 0,5 \\ 1,3 - 0,4d \text{ för } 0,5 \leq d \leq 1,0 \\ 0,9 \text{ för } 1,0 \leq d \end{cases}$$

$b_{w1}$  sätts lika med höjden på balken (plattan) (BBK04 s. 84).

I figur 14 illustreras tvärkraftsfördelningen över plattkanten. Tvärkraftsdonen fungerar som upplag.



Figur 6. Tvärkraftsdiagram



Figur 7. Tvärkraft som behöver tas upp av byglar i fält



Tvärkraftsarmeringen behöver läggas in där kapaciteten i betongen är lägre än påverkan, dvs där  $V_s > 0$  (inom det streckade området på figuren). Här behövs dock inte tas någon hänsyn till detta förhållande nära donet, eftersom den tvärkraften redan tas om hand av bygelarmeringen intill donet, som redan räknats ut.

Den längd som inte kommer att behöva någon extra tvärkraftsarmering, och som således kan räknas bort, kan vi teckna som  $L_1 = \frac{b_c}{2} + 2,5\phi_{bygel} + (n-1)3\phi_{bygel}$  där  $b_c$  är bredden på donet,  $2,5\phi_{bygel}$  är avståndet mellan donets ytterkant och tyngdpunkten på bygeln,  $n$  är antal byglar intill donet på en sida och  $3,0\phi_{bygel}$  är bygelavståndet (BBK04 3.9.6.)  $b_c$  räknas här som diametern på stängen.

Förutsatt att  $V_s > 0$  så blir  $V_s = \frac{F_d}{2} - q_d L_1 - V_c$ , om  $q_d = F_d / c$  där  $c$  är avståndet mellan donen ger detta  $V_s = F_d / 2 - \frac{F_d}{c} L_1 - V_c$ .

Den sträcka som behöver tvärkraftsarmeras motsvaras av den sträcka där  $V_s > 0$ , vilket ger  $L = L_1 + L_2 \Rightarrow L_2 = L - L_1$

Eftersom  $\frac{F_d}{2} - q_d L = V_c$  och  $q_d = F_d / c$  blir  $L_2 = \frac{F_d}{c} V_c + \frac{F_d^2}{2c} - L_1$

Bygelmåttet är känt, och således blir avståndet mellan byglarna

$$s = \frac{f_{sv} A_{sv} 0,9d}{V_s} \quad \text{dock } s \leq 0,75d$$

## 1.6 Minsta avstånd mellan don

Det praktiska centrumavståndet mellan donen bestäms vid dimensioneringen med hänsyn till lasten och val av don. Dock måste ett minsta värde beaktas, så att erforderlig armering får plats, samt att inte bestämmelserna i BBK04 överträds.

Minsta avståndet mellan donen kan tecknas som det största värdet av

$$b_{r1} = \phi_{stång} + 6n_1 \phi_{byglar} \quad \text{där } n_1 \text{ är det totala antalet byglar mellan två don}$$

och

$$b_{r2} = 2(d_0 + d') + \phi_{stång} \quad \text{där } d' \text{ motsvaras av } \frac{d}{2} \text{ och } d_0 \text{ enl. kap. 3.4}$$

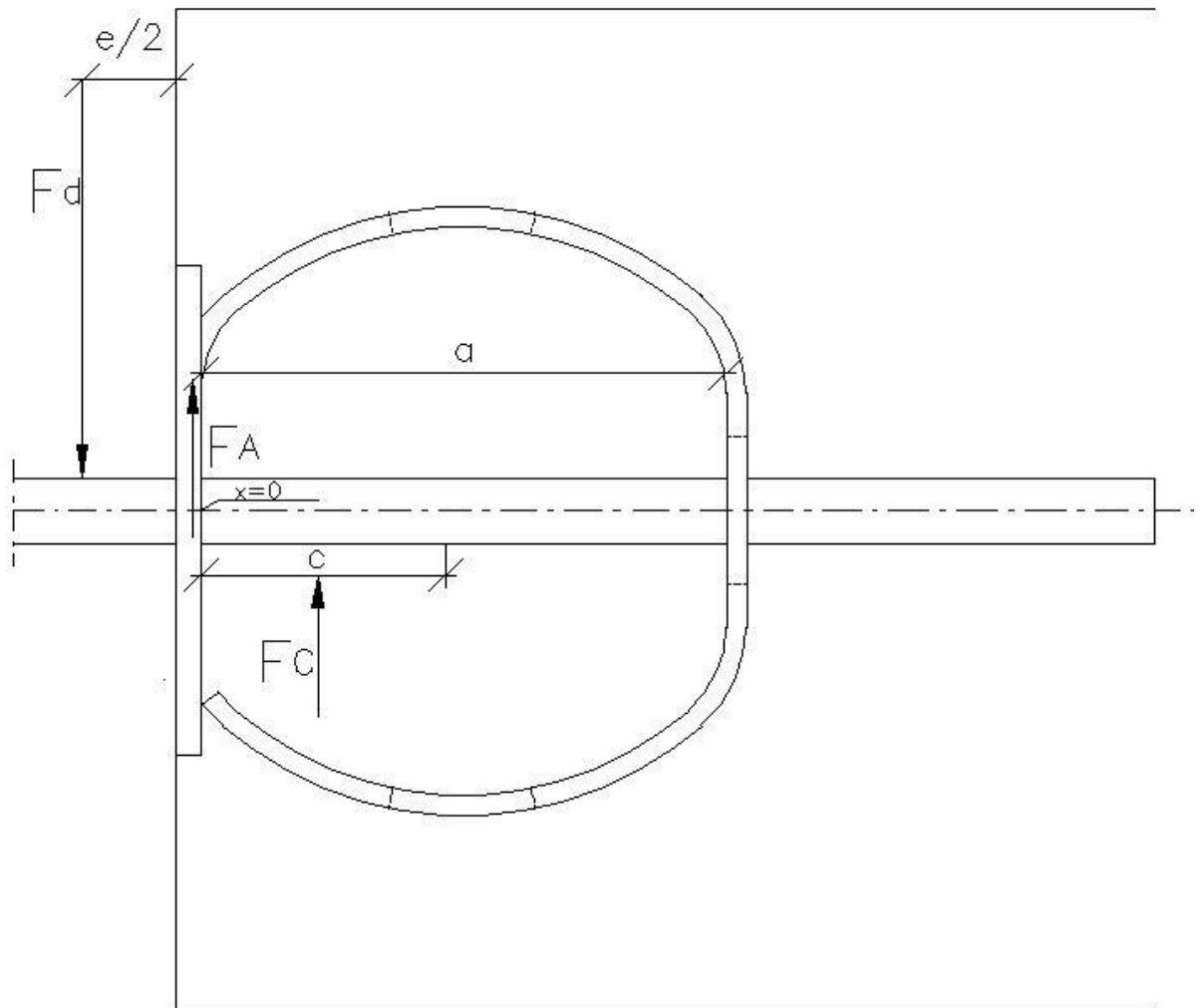
## 1.7 Max avstånd mellan don

Max avståndet mellan varje don visas i respektive tabell och beräknas enligt principen 5 x plattjockleken. Eller så gäller även ett maxavstånd på 1500 mm mellan donen.

## 2. Beräkningar HLD/HLDQ

Eftersom det större donet, HLD/HLDQ, ser så annorlunda ut kan man inte lika enkelt som hos ES/ESD/ESDQ göra hållfasthetsberäkningarna. I dessa beräkningar måste man utgå ifrån de olika komponenterna i donet var för sig. Beräkningarna får sedan utformas efter tanken att i ingen av delarna ska kraften överskrida kapaciteten. Stångens momentkapacitet prövas med avseende på kapaciteten i de övriga delarna.

Svensk norm är här tillämplig i de allra flesta delarna av beräkningarna. Dock kan delar av EC användas för att förenkla och förbättra vissa delar av arbetet. Man måste då komma ihåg att det svenska anpassningsdokumentet som medföljer varje EC måste tillämpas för att få rätt värden. Beräkningsmodellen är framtagen i samarbete med den tekniska avdelningen på Ancon Steel Products i Sheffield.



Figur 8. Kraftspel i tvärkraftsdon HLD/HLDQ

För varje sektion i stången måste momentet jämföras med momentkapaciteten. I verkligheten kommer både skjuvkrafter och moment att påverka de olika sektionerna i stången. För att beräkna påverkan och sedan jämföra det med momentet behöver ett jämnviktsvillkor ställas upp för de ingående sektionerna i stången.

Det slutgiltiga värdet på kapaciteten för donet är det lägsta värde som uppnås för varje kritisk sektion enligt 4.1–4.3, och benämns  $F_{Rd}$ . I det slutgiltiga underlaget kommer tabellvärden att tas fram för de olika storlekarna på donen i kombination med olika plattjocklekar samt dimensionerande fogbredd.

## 2.1 $F_{Rd1}$ , då $x=0$

Den yttersta sektionen, som utgår ifrån fogen, är enklast att beräkna. Om momentkapaciteten enbart sätts som  $M_{vRd} = W_{pl} f_{yD}$  så kommer inte den påverkan, som i detta specifika fall uppstår genom tvärkraften, att räknas med. Här används således EC3 5.4.7, ekv. 5.22, som behandlar tvärkraft med böjande moment. Beräkningsgången är hämtad ifrån kalkylunderlag för brittiska beräkningar utförda av teknikavdelningen på Ancon. (HLD Manual Calculation, R. Bonomo)

$$M_{vRd} = W_{pl} f_{yD} (1 - \rho)$$

Där

$$\rho = \left( \frac{2V_{Sd}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 \geq 0 \quad \text{om } V_{Sd}=F_{Rd1} \text{ blir } \rho = \left( \frac{2F_{Rd1}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 = \frac{4F_{Rd1}}{V_{pl,Rd}} \left( \frac{F_{Rd1}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right) + 1$$

Om vi betraktar stången med utgångspunkt där  $x=0$  får vi jämviktsvillkoret

$$M = F_{Rd1} \left( \frac{e}{2} \right) \Rightarrow W_{pl} f_{yD} \left( 1 - \left( \frac{4F_{Rd1}}{V_{pl,Rd}} \left( \frac{F_{Rd1}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right) + 1 \right) \right) = F_{Rd1} \left( \frac{e}{2} \right)$$

$$\Rightarrow F_{Rd1} = \left( 1 - \frac{eV_{pl,Rd}}{8W_{pl} f_{yD}} \right) V_{pl,Rd}$$

Vilket utgör det första villkoret för att ta fram det dimensionerande värdet på bärförmågan för tvärkraftsdonet.

## 2.2 $F_{Rd2}$ , då $0 < x < c_1$

Ett antagande är att maxmomentet kan infalla inom ett avstånd  $c_1$  ifrån punkten 0. Här bör punkten  $x$  betraktas som utgångspunkt för en momentekvation. De ingående krafterna  $F_C$  och  $F_A$ , som uppstår som reaktion till  $F_d$ , bidrar till momentet, som i det här fallet tecknas

$$M = W_{pl} f_{yD} \cdot$$

Den momentsituation som uppstår ser ut på följande vis:

$$M = F_{Rd2} \left( \frac{e}{2} + x \right) - F_A x - F_c x \frac{x}{2}$$

### 2.2.1 Kraften $F_A$

Kraften  $F_A$  motsvarar den reaktion som uppstår ifrån lastfördelaren. Denna begränsas av kapaciteten i plåten med avseende på drag och tryck samt på möjligheten för skjuvbrott. Reaktionen uppstår i donets yttre kant.

För beräkning av skjuvbrott används BSK07 6:432. Värdet är det lägsta av  $F_{Rvd}$ , som svarar mot skjuvbrott i skruven, och  $F_{Rbd}$ , som svarar mot hålkantsbrott i plåten.

$$F_{Rvd} = 0,6 A_1 f_{bud} \quad \text{där } A_1 \text{ är stångens tvärsnittsarea}$$

$$F_{Rbd} = 1,2 \left( \frac{e_1}{d} - 0,5 \right) dt f_{ud}$$

där

$e_1$  avståndet mellan mittpunkten på hålet och lastfördelarens ytterkant

$d$  stångens diameter

$t$  lastfördelarens plåttjocklek

För dragkraft används BSK07 6.22, där kapaciteten motsvaras av

$$N_{Rtd} = A_{net} f_{ud} \quad \text{där } A_{net} \text{ motsvarar arean för tvärsnittet reducerat av hålet, } f_{ud} \text{ är plåtens dimensionerande övre sträckgräns.}$$

För tryckhållfastheten används följande

$$N_{Red} = \omega_c A_{gr} f_{yd} \quad \text{där } \omega \text{ sätts till 1.0 eftersom knäckrisk inte föreligger. } A_{gr} \text{ är bruttoarean för plåttvärsnittet.}$$

Kraften  $F_A$  blir det minsta av dessa värden, men som begränsas ytterligare tillsammans med  $F_C$ , enl. 4.2.4.

## 2.2.2 Kraften $F_C$

Kraften  $F_C$  uppstår genom reaktionen från stången mot betongen. Den maximala kraften  $F_C$  motsvarar tryckkapacitetens förhöjda värde för betongen,  $F_{cd,sup}$  enl. EC2. Denna skapar den kraftresultant som kan uttryckas som  $F_C$  enl. följande:

$$F_C = F_{cd,sup} D x \quad \text{där } D \text{ är stångens diameter och}$$

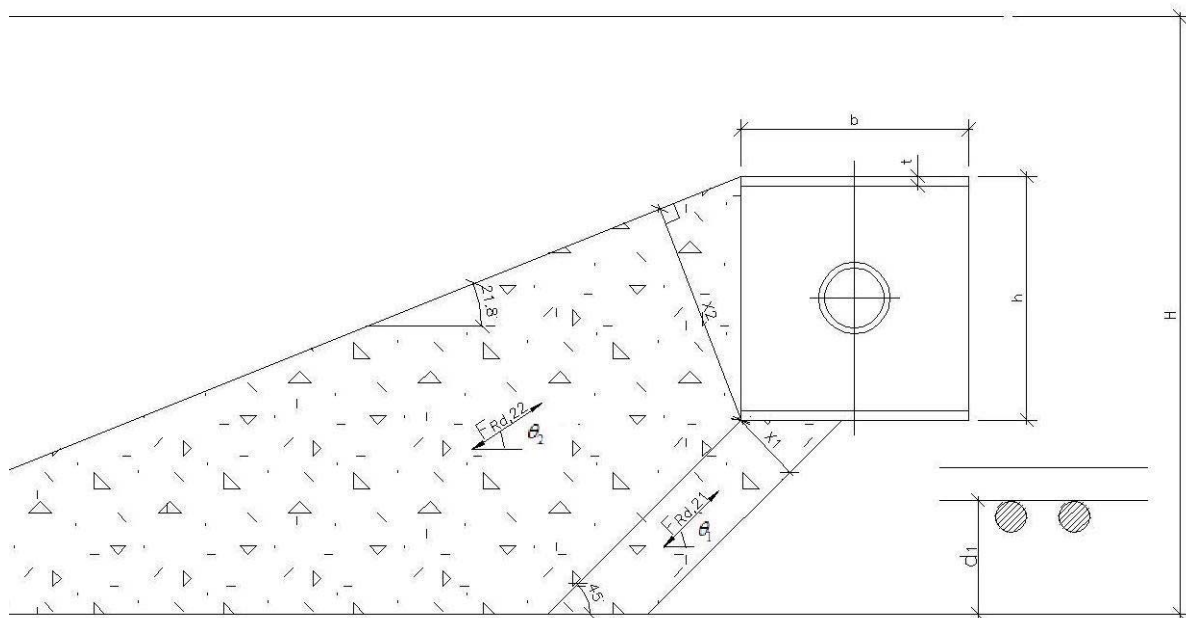
$$F_{cd,sup} = \frac{0,29 \sqrt{f_{ck} E_{cm}}}{4 * \gamma_v} \quad \text{där } \gamma_v = 1,15 \gamma_n \text{ enl. nationellt anpassningsdokument för EC2}$$

## 2.2.3 Begränsning av $F_A$ och $F_C$ pga. tryckkraft i betongen utanför lastfördelaren

Eftersom lastfördelaren kommer att sprida ett tryck ut i betongen måste krafterna  $F_A$  och  $F_C$  begränsas till betongens kapacitet, som bestäms genom att beräkna den vertikala delen av tryckkomponenterna som uppstår på grund av lastfördelarens geometri samt tryckvinklarna. Metoden, som är beprövad vid de brittiska beräkningarna, är framtagen av Ancon building products, Sheffield, UK. (HLD Manual Calculation, R. Bonomo)

Här hämtar vi tryckvinklar från EC2. 6.2.3 ekv. 6.7N

$$F_{cRd} = \left( F_{Rd,Ac22} \sin \frac{(\theta_1 + \theta_2)}{2} + F_{Rd,Ac21} \sin \theta_1 \right) 2$$



Figur 9. Tryckkomponenterna  $F_{Rd,22}$  och  $F_{Rd,21}$

$$x_1 \text{ är det minsta av } \frac{b}{2} \sin \theta_1 \text{ och } \frac{H/2 - d_1 - h/2}{\tan \theta_1} \sin \theta_1.$$

$$x_2 = (h - 2t) \cos \theta_2$$

$$F_{Rd,Ac21} = x_1 a' f_{cd} \quad \text{där } a' = a - 2t$$

$$F_{Rd,Ac22} = x_2 a' f_{cd}$$

$F_{cRd}$  kommer att begränsa  $F_A$  och  $F_C$  så att  $F_{cRd} \geq 2F_A + F_C$

## 2.2.4 Beräkning av $F_{Rd2}$

Funktionen av  $F$  fås genom att utgå ifrån funktionen för momentet enl. 4.2 och sätta  $F$  ensamt i vänsterled.

$$F_{Rd2} = \frac{M + F_A x + F_C \frac{x}{2}}{\frac{e}{2} + t + x}$$

Förhållandet  $F_{cRd} \geq 2F_A + F_C$  förutsätts gälla, och enkelt blir då att teckna  $F$  som

$$F_{Rd2} = \frac{M + x \left( F_A + \frac{F_C}{2} \right)}{\frac{e}{2} + t + x} \quad \text{där vi begränsar uttrycket } F_A + \frac{F_C}{2} \text{ till } \frac{F_{cRd}}{2}.$$

$x$  härleds genom derivering, där  $F'(x) = 0$  ger värdet för  $x$ , som i sin tur genererar  $F_{\max}$ . Eftersom  $F_C$  innehåller  $x$  så måste detta skrivas om till  $q_{cd}x$ .

$$F'(x) = \frac{(F_A + q_{cd}x) \left( \frac{e}{2} + t + x \right) - \left( M + F_A x + \frac{q_{cd}x^2}{2} \right)}{\left( \frac{e}{2} + t + x \right)^2}$$

$$\text{Om } F'(x) = 0 \Rightarrow 0 = \frac{q_{cd}x^2}{2} + \frac{q_{cd}xe}{2} + q_{cd}xt - M + \frac{F_A e}{2} + F_A t \Rightarrow$$

$$x = -\frac{e}{2} - t \pm \sqrt{\left( \frac{e}{2} + t \right)^2 + \frac{2M}{q_{cd}} - \frac{F_A e}{q_{cd}} - \frac{2F_A t}{q_{cd}}}$$

Dessutom begränsas  $c$  av  $a/2$ , och eftersom  $x \leq c$  så begränsas  $x$  till  $x \leq \frac{a}{2}$ .

### 2.3 Beräkning av $F_{Rd3}$ , då $x=a$

Den sista momentsituationen vi dimensionerar efter är det som uppstår då  $x=a$ . Momentet kan här tecknas som  $M = W_{pl} f_{yD}$

$$M = F_{Rd3} \left( \frac{e}{2} + t + a \right) - F_C \left( a - \frac{c}{2} \right) - F_A a$$

Kraften  $F_{Rd3}$  blir således

$$F_{Rd3} = \frac{M + F_C \left( a - \frac{c}{2} \right) + F_A a}{\frac{e}{2} + t + a}$$

Även i detta fall gäller att  $F_{cRd} \geq 2F_A + F_C$ , vilket gör att  $F_A$  begränsas till  $F_A \leq \frac{F_{cRd} - F_C}{2}$

### 2.4 Armering HLD/HLDQ

Armeringen beräknas med samma metod som med ES/ESD/ESDQ.  $b_c$  skall dock sättas till bredden på donet istället för diametern på stängen.

### 2.5 Minsta avstånd mellan don

Här kan samma metod användas som i 3.6. Skillnaden blir enbart att istället för  $\phi_{stäng}$  skall här sättas bredden på donet.

### 2.6 Max avstånd mellan don

Här kan samma metod användas som i 3.7.

## 3 Resultat av beräkningar

Beräkningarna utförs i två olika Microsoft Excellformulär, beroende på vilken typ av don man vill beräkna. Följande inparametrar är flexibla och kan således ändras efter rådande omständigheter. Till det färdiga produktunderlaget begränsas förhållandena till säkerhetsklass 2, ett fåtal dimensionerande fogbredder, plattjocklekar samt betongkvaliteter. Bilaga 1-8 visar tabeller med dimensionerande bärförmåga samt erforderlig armering till några av donen.

### 3.1 ESD/ESDQ/ED

$h$	plattjocklek
$\gamma_n$	säkerhetsfaktor
$f_{yDd}$	dimensionerande hållfasthet i stängen
$\phi_{stäng}$	diameter på stängen
$E_{cm}$	Elasticitetsmodul betong
$f_{ck}$	karaktäristisk tryckhållfasthet i betong

$f_{ctk}$	karaktäristisk draghållfasthet i betong
$\phi_{b\ddot{o}jarmering}$	diameter på böjarmering
$\phi_{byglar}$	diameter på byglar
Basmått	Basmått för täckskikt beroende av livslängdsklass och miljöklass
$f_{yk}$	karaktäristisk hållfasthet armering

### 3.2 HLD/HLDQ

$h$	plattjocklek
$\gamma_n$	säkerhetsfaktor
$f_{yDd}$	dimensionerande hållfasthet i stången
$\phi_{stång}$	diameter på stången
$E_{cm}$	Elasticitetsmodul betong
$f_{cck}$	karaktäristisk tryckhållfasthet i betong
$f_{ctk}$	karaktäristisk draghållfasthet i betong
$\phi_{b\ddot{o}jarmering}$	diameter på böjarmering
$\phi_{byglar}$	diameter på byglar
Basmått	Basmått för täckskikt beroende av livslängdsklass och miljöklass
$f_{yk}$	karaktäristisk hållfasthet armering
$h_{don}$	höjd på tvärkraftdonet enligt figur 4.2
$b_c$	bredd på donet
$a$	avstånd mellan lastfördelarens anslutningar till stången
$t$	tjocklek på lastfördelarens plåt
$f_{ysd}$	undre dimensionerande sträckgräns för lastfördelarstålet
$f_{usd}$	lastfördelarstålets övre dimensionerande sträckgräns

## 4 Dimensioneringsanvisningar tvärkraftdon

### 4.1 Användningsregler

- Ancon tvärkraftsdon får ej användas vid lägre hållfasthet än C25/30. Vid användning av annan betonghållfasthet än vad som anges i tabeller kan omräkning ske, kontakta då leverantören.
- Donen skall placeras i centrum av plattan
- Vid placering nära plattkant skall avståndet vara minst lika med hälften av minsta avstånd mellan don enligt respektive produktblad.
- Maximala avståndet mellan donen är 1500mm.
- Plattjockleken skall vara enligt produktblad, vid andra tjocklekar kan omräkning ske, kontakta leverantören för konsultation.



Vid SK1 kan bärförmågan multipliceras med 1,1. Vid SK2 används 0,92 som faktor.

## 6.2 Last

Lasten beräknas enligt lastanalys i BKR. Denna multipliceras sedan med spännvidden för att få fram den dimensionerande lasten för donen. För dimensionering gäller att  $F_{sd} < F_{Rd}$ .

## 6.3 Armering

Armeringen utförs med diameter 10 mm som standard, likaså byglarna. Avståndet från donkant till bygelcentrum på första bygeln skall vara  $2,5 \times \varnothing$ . Avståndet mellan byglarnas mittpunkter skall vara  $3,0 \times \varnothing$ . För byglar i fält gäller de s-avstånd som redovisas i tabeller för respektive don.

Om det av monteringstekniska eller övriga skäl behövs tvärkraftsarmering läggs denna in så att bygelavståndet ej understiger  $3,0 \times \varnothing$ .

## 4.2 Dimensioneringsexempel

En fritt upplagt platta med tjockleken 200 mm, spännvidd 6.0 meter, betong C25/30, SK2, obetydligt armeringsagressiv miljö, och armering Ks 600S/B500B skall fästas. Vid den ena plattkanten finns en dilatationsfog intill upplaget med en beräknad spaltvidd på 0+25 mm. Lasten är trängsellast enligt BKR. Välj tvärkraftdon och avstånd.

Bunden last:  $0,2 \times 24 = 4,8 \text{ kN/m}^2$

Nyttig last:  $4,0 \text{ kN/m}^2$

Dimensionerande last:  $(4,8 + 1,3 \times 4,0) \times 0,5 \times 6,0 = 30 \text{ kN/m}$

Dimensionerande fogbredd =  $(0 + 25) \times 1,4 = 35 \text{ mm}$

Vi prövar HLD18, som klarar 29 kN med givna förhållanden.

Avstånden mellan donen blir således  $29/30 = 0,97 \text{ m}$ . Max. avstånd är  $5 \times 200 = 1000 \text{ mm}$ . 970 mm är ok!

Byglar väljs till 2 st.  $\varnothing 10$  per sida av don. Böjarmering intill plattkant väljs till 2 st.  $\varnothing 10$  i över och underkant.

Inga byglar krävs mellan donen men av monteringstekniska skäl läggs dock 2 st byglar in mellan donen.