




# Bärighetsberäkning

## Bro till Restenäsön

REV A

Mottagare: Restenäsöns Vägföreningen	Adress:		
Upprättad av: Andreas Lundevall	Adress: Olidevägen 9, 461 34 TROLLHÄTTAN		
Telefon: 0520-509350	Datum: 2020-09-22	Uppdragsnummer: 10127	Godkänd för distribution:

## Innehållsförteckning

1.....	Sammanfattning.....	3
2.....	Sammanställning av resultat.....	3
3.....	Allmänt .....	4
3.1.....	Bakgrund .....	4
4.....	Beräkningsmodell.....	5
5.....	Beräkningsunderlag.....	5
5.1.....	Materialspecifikation.....	5
5.2.....	Tillåtna statiska spänningar i brottgränstillståndet .....	5
5.3.....	Dimensionerande bärförmåga med avseende på tvärkraft .....	6
5.4.....	Dimensionerande bärförmåga med avseende på momentkapacitet .....	7
5.5.....	Tillåten nedböjning .....	7
6.....	Säkerhetsklasser, laster och lastkombinationer .....	7
6.1.....	Säkerhetsklass .....	7
6.2.....	Typfordon .....	7
6.3.....	Bromskrafter .....	7
6.4.....	Egenvikter .....	7
6.5.....	Lastkombinationer .....	8
7.....	Systemskiss .....	8
8.....	Beräkning.....	10
8.1.....	Beräkning, Lastfall: Trafiklast A-last max förskjuten typfordon a.....	11
8.2.....	Beräkning, Lastfall: Personlast 1000kg mellan stolppar max 3000kg på bron.....	13
8.3.....	Beräkning, Lastfall: Personlast max.....	14
8.4.....	Beräkning, Lastfall: Personlast 5kN/m <sup>2</sup> .....	16
8.5.....	Knäckningskontroll av stolpar.....	18

## 1. Sammanfattning

Beräkningen har utförts som en manuell beräkning där huvudbalkarnas, tvärbalkarnas och plankets kapacitet har kontrollerats vid maximal last enligt årsmöte. detta för bron i oskadat tillstånd.

Beräkningen har utförts på de längsta sammanhängande brospannen som är 5,85, 6,3 och 6,15m

En bro skall klara av en personlast på  $5\text{kN/m}^2$ . Det gör ej restenäsöbron då nedböjningen blir för stor och knäckkraften i stolparna för hög. Överbyggnaden har i ett oskadat tillstånd en kapacitet på  $2,4\text{kN/m}^2$  personlast och klarar av den största fordonskombinationen med en UTV och fordonskärra med axellaster på  $3,75\text{kN}$  respektive  $6\text{kN}$  nämnd i protokollet från årsmötet. Dock är brons pålar/stolpar begränsande i dagens utförande. För att kunna klara av önskad fordonskombination kommer stolparna behöva att stagas upp och en mer utförlig beräkning och undersökning av bärande stålkonstruktion behöver genomföras då marginalen är låg och osäkerheten över flera parametrar är stor såsom bottens beskaffenhet och pålarnas utförande.

Dock finns ett område som blir svårt att staga upp och det är under bottenlinjen där knäckning också kan ske även efter en uppstyvning av stolpar ovan bottenlinjen.

## 2. Sammanställning av resultat

<u>Stålstruktur huvudbalkar</u>	Max spänning	Tillåten Spänning
	[MPa]	[MPa]
Persontrafik 10kN mellan stolppar	45,0	174,2
Persontrafik $2,4\text{kN/m}^2$	85,7	174,2
Persontrafik $5\text{kN/m}^2$	153,2	174,2
UTV med bilsläp	42,6	174,2
<u>Stålstruktur tvärbalkar</u>	Max spänning	Tillåten Spänning
	[MPa]	[MPa]
Persontrafik $2,4\text{kN/m}^2$	29,3	139,4
Persontrafik $5\text{kN/m}^2$	51,8	139,4
	Nedböjning	Tillåten nedböjning [mm]
Persontrafik 10kN mellan stolppar	7,8	15
Persontrafik $2,4\text{kN/m}^2$	14,6	15
Persontrafik $5\text{kN/m}^2$	26,3	15
UTV med bilsläp	7,8	15
<u>Stålstruktur Stolpar ostagad</u>	Max knäckkraft	Tillåten knäckkraft
	[kN]	[kN]
Persontrafik 10kN mellan stolppar	15,2	13,0
Persontrafik $2,4\text{kN/m}^2$	28,7	13,0
Persontrafik $5\text{kN/m}^2$	51,1	13,0
UTV med bilsläp	16,4	13,0

Stålstruktur Stolpar stagad	Max knäckkraft	Tillåten knäckkraft
	<i>[kN]</i>	<i>[kN]</i>
Persontrafik 10kN mellan stolppar	15,2	28,0
Persontrafik 2,4kN/m <sup>2</sup>	28,7	28,0
Persontrafik 5kN/m <sup>2</sup>	51,1	28,0
UTV med bilsläp	16,4	28,0
<u>Trä</u>	<i>Max uppkommen Tvärkraft/Moment</i>	<i>Max Kapacitet</i>
Moment Farbaneplank UTV med bilsläp	0,68 kNm	0,818 kNm
Tvärkraft Farbaneplank UTV med bilsläp	1,98 kN	7,0 kN

### 3. Allmänt

#### 3.1. Bakgrund

Bron är vilar på stålräler 25kg/m som slagits ned i botten på dessa har en vilar en stålrel 32kg/m. ovanpå tvärbalken vilar två huvudbalkar som är stålrel 41kg/m. ovanpå huvudbalkarna ligger ett trädäck. Avstånd mellan stolp-par varierar +/-0,3m och medelspännvidden är ca 6m. längden på bron 185m och fri farbanebredd ca 1,8m.

Beräkningen har utförts enligt TDOK 2013:0267 version 6.0 Bärighetsberäkning av broar.

#### Referenser

- I. TDOK 2013:0267 version 6.0 Bärighetsberäkning av broar
- II. SS-EN 1991-1-1:2004
- III. 1993-5:2005
- IV. 1997-2:2007
- V. Boverkets handbok om stålkonstruktioner, BSK 07
- VI. Årsmöte
- VII. Ritningar bron

#### 4. Beräkningsmodell

Person- och fordonslaster beräknas manuellt. Resultaten jämförs med tillåtna värden på de statiska spänningarna och tillåten nedböjning.

#### 5. Beräkningsunderlag

##### 5.1. *Materialspecifikation*

Brons huvudbalkar är räl SJ41 (ritad 1968) vilket e och material är antaget ha karakteristiska hållfasthetsvärden enligt SS1311. Detta ger följande värden:

SS 1311

$t > 40$  mm

Sträckgräns,  $f_{yk} = 230$  MPa.

Brottgräns,  $f_{uk} = 360$  MPa.

Brons tvärbalkar är räl SJ32 (ritad 1920) vilket e och material är antaget ha karakteristiska hållfasthetsvärden enligt S1311. Då man ej vet när de är tillverkade ändras reduceras materialvärdena. Detta ger följande värden:

SS 1311

$t > 40$  mm

Sträckgräns,  $f_{yk} = 230 \times 0,8$  MPa.

Brottgräns,  $f_{uk} = 360 \times 0,8$  MPa.

Plank:

Några hållfasthetsvärden anges inte på ritning.

Hållfasthetsvärden motsvarande K24 används enligt 1.3.5 i TDOK 2013:0267

Böjning parallellt fibrerna,  $f_{mk} = 24$  MPa

Längsskjuvning,  $f_{vk} = 3$  MPa

##### 5.2. *Tillåtna statiska spänningar i brottgränstillståndet*

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_m \gamma_n}$$

$$f_{ud} = \frac{f_{uk}}{1,2 \gamma_m \gamma_n}$$

$\gamma_n = 1,2$  säkerhetsklass 3

$\gamma_m = 1,1$

Stål SJ41 och SJ25

$$f_{yd} = \frac{230}{1,1 * 1,2} = 174,2 \text{ MPa}$$

$$f_{ud} = \frac{360}{1,2 * 1,1 * 1,2} = 227,3 \text{ MPa}$$

t > 40 mm

Stål SJ32

$$f_{yd} = \frac{230 * 0,8}{1,1 * 1,2} = 139,4 \text{ MPa}$$

$$f_{ud} = \frac{360 * 0,8}{1,2 * 1,1 * 1,2} = 181,8 \text{ MPa}$$

t > 40 mm

Plank

$$f_d = \frac{\kappa_r f_k}{\gamma_m \gamma_n}$$

$$\kappa_r = 1,0 * 0,85 = 0,85$$

$$\kappa_r = 0,85 * 0,85 = 0,7225$$

Lasttyp C

Klimatklass 3

$$\gamma_m = 1,3$$

för  $f_{md}$

för  $f_{vd}$

$$f_{md} = \frac{0,85 * 24}{1,3 * 1,2} = 13,1 \text{ MPa}$$

$$f_{vd} = \frac{0,7225 * 3}{1,3 * 1,2} = 1,4 \text{ MPa}$$

### **5.3. Dimensionerande bärförmåga med avseende på tvärkraft**

För planket

$$V_{rd} = \frac{2}{3} * A * f_{vd}$$

$$A = 150 * 50 = 7500 \text{ mm}^2$$

$$V_{rd} = \frac{2}{3} * 7500 * 1,4 = 7000 \text{ N}$$

#### **5.4. Dimensionerande bärförmåga med avseende på momentkapacitet**

För planket

$$R_{md} = \kappa_{inst} * W * f_{md}$$

$$W = \frac{150 * 50^2}{6} = 62500 \text{ mm}^3$$

$$\kappa_{inst} = 1,0$$

ingen risk för vippning föreligger

$$R_{md} = 1,0 * 62500 * 13,1 = 818,8 \text{ Nm}$$

#### **5.5. Tillåten nedböjning**

Tillåten nedböjning för spann är spannlängden/400 => 6000/400=15mm

### **6. Säkerhetsklasser, laster och lastkombinationer**

#### **6.1. Säkerhetsklass**

Sk 3

$$\gamma_n = 1,2$$

#### **6.2. Typfordon**

Det fordonskombinationen som är antaget i beräkningen är hämtat från årsmötesdokumentet och som förväntas ge högsta belastningarna. Typfordonet placeras där det ger störst moment och tvärkraft.

#### **6.3. Bromskrafter**

Ej beaktade.

#### **6.4. Egenvikter**

$$\text{Trä} = 0,1742 \times 4,2 \text{ kN/m}^3 = 0,732 \text{ kN/m} \quad (\text{Bilaga A i SS-EN 1991-1-1})$$

$$\text{Trävolym/m: } 2 * 0,022 * 0,095 + 2 * 0,05 * 0,1 + 2 * 0,05 * 0,1 + 2 * 0,05 * 0,075 * 2 + 2 * 0,15 * 0,05 * 3 + 12 * 0,05 * 0,15 = 0,1742 \text{ m}^3/\text{m}$$

Tillägg för en fuktkvot på 40% ger

$$\text{Träfuktkvot 40\%} = 0,1742 \times 4,2 \text{ kN/m}^3 + 0,1742 * 0,4 * 10 \text{ kN/m}^3 = 1,43 \text{ kN/m}$$

$$\text{Stål}_{\text{huvudbalk}} = 0,41 \text{ kN/m}$$

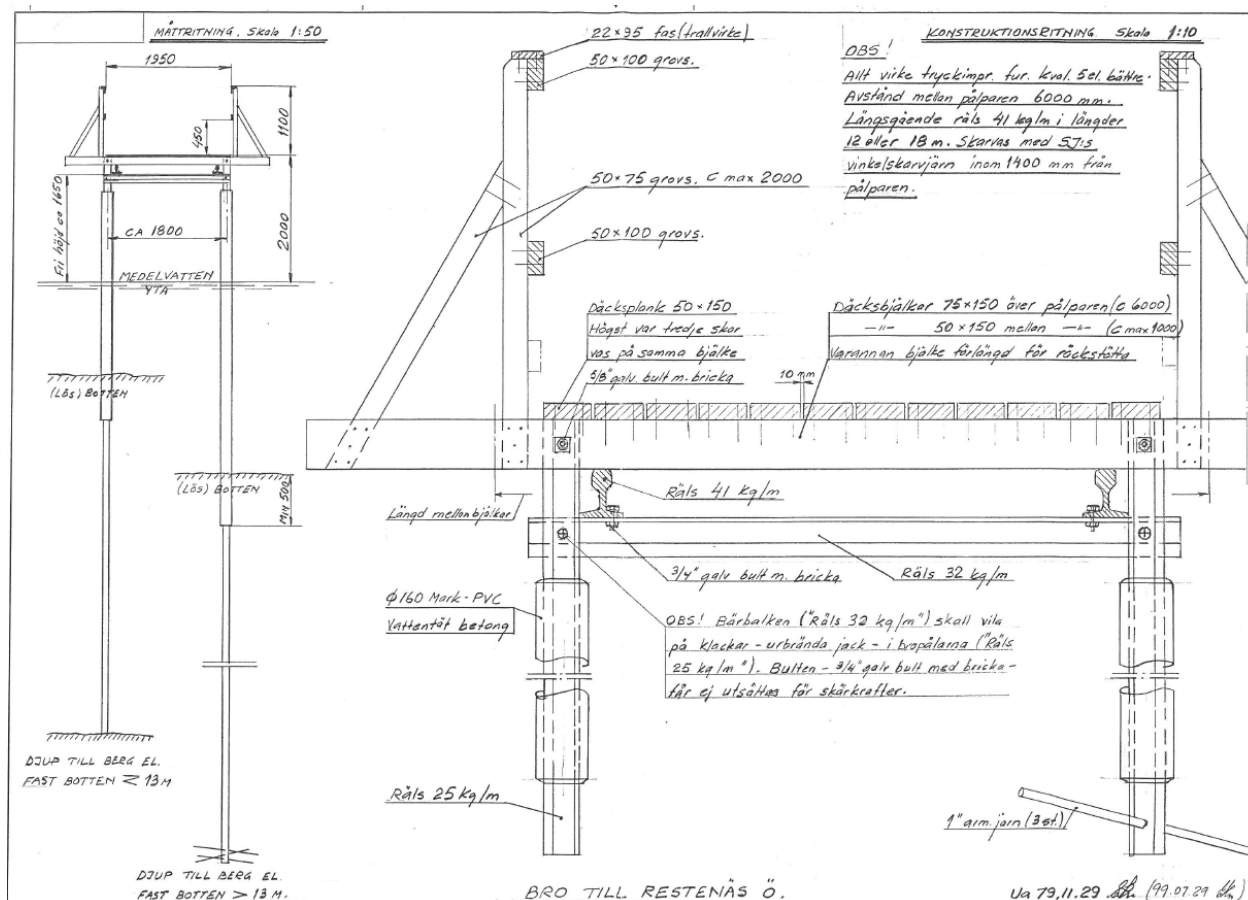
$$\text{Stål}_{\text{tvärbalk}} = 0,32 \text{ kN/m}$$

$$\text{Stål}_{\text{pelare}} = 0,25 \text{ kN/m}$$

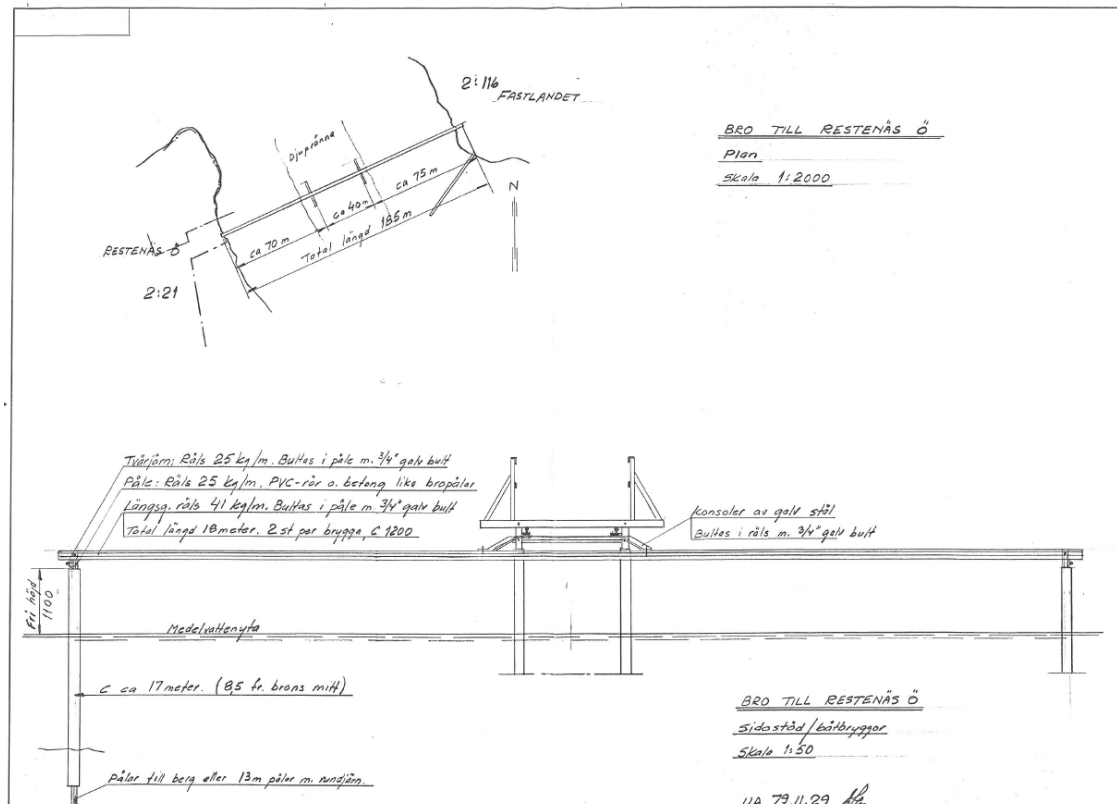
## 6.5. Lastkombinationer

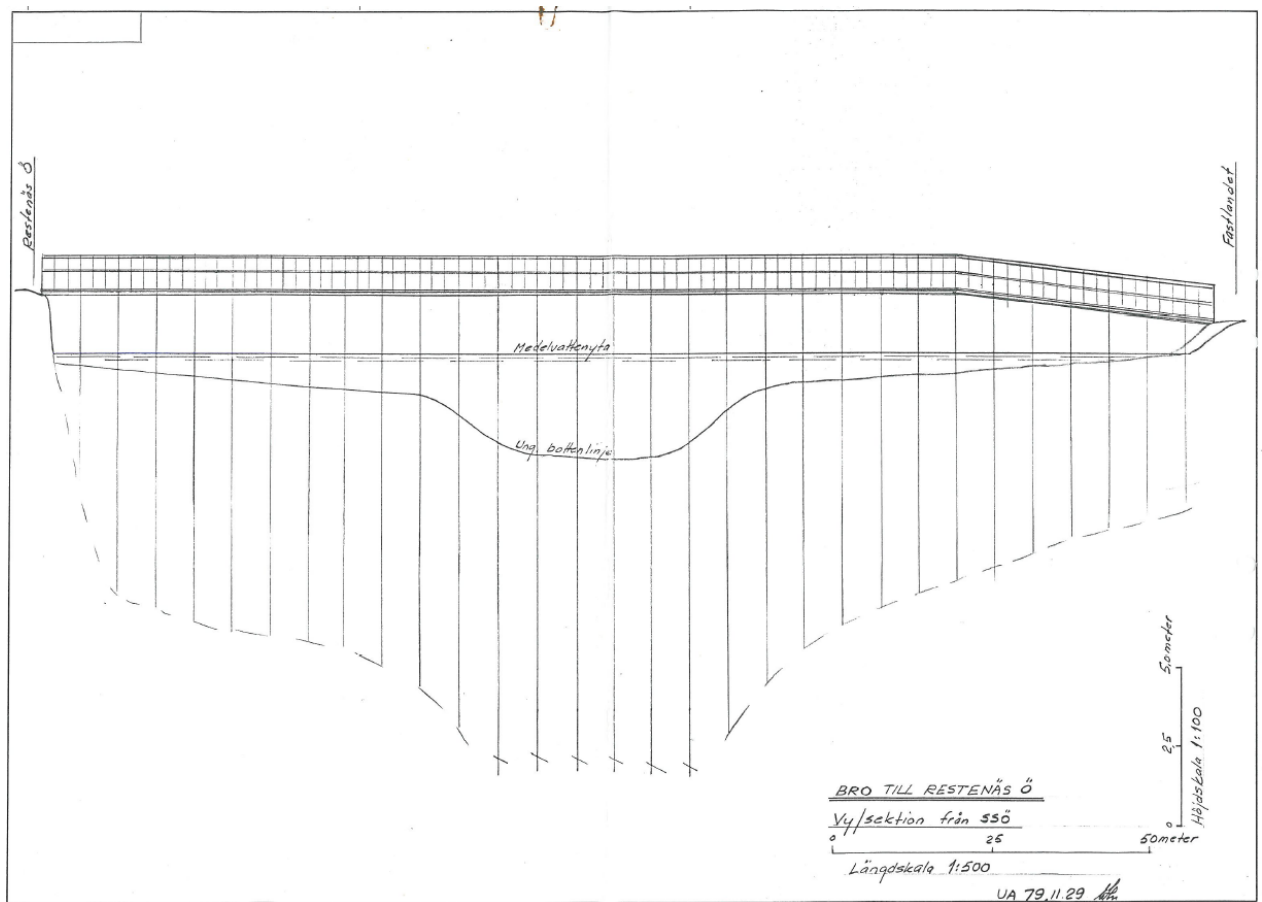
Laster	
	A
<u>Permanent laster</u>	
Egentyngd	1
<u>Variabla laster</u>	
Fordonskombinationer	1,3
Gångtrafik	1,3

## 7. Systemskiss









## 8. Beräkning

Typfordonet och personlast beräknas i Manuellt med hjälp av elastiska linjens ekvation för den sammansatta balken där Moment, tvärkraft och nedböjning utläses.

## 8.1. Beräkning, Lastfall: Trafiklast A-last max förskjuten typfordon a.

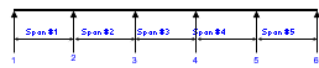
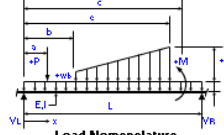
### 8.1.1. Trä, tvärplank tvärlad

För att få tillåten axellast delas pålagd last med lastkombinationsfaktor på 1,3.

Max pålagd axellast från UTV hjul och släpkarre hjul:

Egenvikt är med i beräkningen som en utbreddlast.

Typfordon UTV:

CONTINUOUS-SPAN BEAM ANALYSIS For Two (2) through Five (5) Span Beams (Metric Units Version)																																																	
Job Name: Tyresö prinsbro		Subject: UTV med källa vid de längsta spannen (huvudbalk)		Originator: Andreas Lundevall		Checker: Hans Aderum																																											
Job Number:																																																	
<b>Input Data:</b> Beam Data: No. Spans, N = 3 Left End = Pinned Support #1 Right End = Pinned Support #4 Modulus, E = 11000 MPa																																																	
<b>Span and Support Nomenclature</b> 																																																	
<b>Load Nomenclature</b> 																																																	
<b>Summary of Results for Entire 3-Span Beam:</b> <b>Support Moments:</b> M1 = 0,00 kN-m M2 = -0,30 kN-m M3 = -0,30 kN-m M4 = 0,00 kN-m M5 = --- kN-m M6 = --- kN-m <b>Support Reactions:</b> R1 = 2,17 kN R2 = 2,31 kN R3 = 2,31 kN R4 = -0,27 kN R5 = --- kN R6 = --- kN <b>Maximum Moments in Beam:</b> +M(max) = 0,68 kN-m @ x = 0,500 m (Span #2) -M(max) = -0,30 kN-m @ x = 1,000 m (Span #2) <b>Maximum Deflections in Beam:</b> +Δ(max) = -2,601 mm @ x = 0,500 m (Span #2) -Δ(max) = 1,063 mm @ x = 0,420 m (Span #3) Δ(ratio) = L/384 fgb = 10,341 MPa																																																	
<b>Span Data and Loadings:</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Span</th> <th>Span #1</th> <th>Span #2</th> <th>Span #3</th> <th>Span #4</th> <th>Span #5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Span, L (m)</td> <td>1,0000</td> <td>1,0000</td> <td>1,0000</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Inertia, I (cm<sup>4</sup>)</td> <td>156,30</td> <td>156,30</td> <td>156,30</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>W (cm<sup>3</sup>)</td> <td>62,52</td> <td>62,52</td> <td>62,52</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Full Uniform, w (kN/m)</td> <td>0,0615</td> <td>0,0615</td> <td>0,0615</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										Span	Span #1	Span #2	Span #3	Span #4	Span #5	Span, L (m)	1,0000	1,0000	1,0000			Inertia, I (cm <sup>4</sup> )	156,30	156,30	156,30			W (cm <sup>3</sup> )	62,52	62,52	62,52			Full Uniform, w (kN/m)	0,0615	0,0615	0,0615												
Span	Span #1	Span #2	Span #3	Span #4	Span #5																																												
Span, L (m)	1,0000	1,0000	1,0000																																														
Inertia, I (cm <sup>4</sup> )	156,30	156,30	156,30																																														
W (cm <sup>3</sup> )	62,52	62,52	62,52																																														
Full Uniform, w (kN/m)	0,0615	0,0615	0,0615																																														
<b>Distributed:</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Span</th> <th>Start</th> <th>End</th> <th>b (m)</th> <th>w (kN/m)</th> <th>e (m)</th> <th>w (kN/m)</th> <th>e (m)</th> <th>w (kN/m)</th> <th>e (m)</th> <th>w (kN/m)</th> <th>e (m)</th> <th>w (kN/m)</th> <th>e (m)</th> <th>w (kN/m)</th> <th>e (m)</th> <th>w (kN/m)</th> <th>e (m)</th> <th>w (kN/m)</th> <th>e (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Span #1</td> <td>0,0000</td> <td>0,0000</td> <td>1,0000</td> <td>0,0000</td> <td>0,0000</td> <td>0,0000</td> <td>0,0000</td> <td>0,0000</td> <td>0,0000</td> <td>0,0000</td> <td>0,0000</td> <td>0,0000</td> <td>0,0000</td> <td>0,0000</td> <td>0,0000</td> <td>0,0000</td> <td>0,0000</td> <td>0,0000</td> <td>0,0000</td> </tr> </tbody> </table>										Span	Start	End	b (m)	w (kN/m)	e (m)	w (kN/m)	e (m)	w (kN/m)	e (m)	w (kN/m)	e (m)	w (kN/m)	e (m)	w (kN/m)	e (m)	w (kN/m)	e (m)	w (kN/m)	e (m)	Span #1	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Span	Start	End	b (m)	w (kN/m)	e (m)	w (kN/m)	e (m)	w (kN/m)	e (m)	w (kN/m)	e (m)	w (kN/m)	e (m)	w (kN/m)	e (m)	w (kN/m)	e (m)	w (kN/m)	e (m)																														
Span #1	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000																														
<b>Point Loads:</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Span</th> <th>a (m)</th> <th>P (kN)</th> <th>a (m)</th> <th>P (kN)</th> <th>a (m)</th> <th>P (kN)</th> <th>a (m)</th> <th>P (kN)</th> <th>a (m)</th> <th>P (kN)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Span #1</td> <td>0,0000</td> <td>2,44</td> <td>0,5000</td> <td>3,90</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										Span	a (m)	P (kN)	a (m)	P (kN)	a (m)	P (kN)	a (m)	P (kN)	a (m)	P (kN)	Span #1	0,0000	2,44	0,5000	3,90																								
Span	a (m)	P (kN)	a (m)	P (kN)	a (m)	P (kN)	a (m)	P (kN)	a (m)	P (kN)																																							
Span #1	0,0000	2,44	0,5000	3,90																																													
<b>Moments:</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Span</th> <th>C (m)</th> <th>M (kN-m)</th> <th>C (m)</th> <th>M (kN-m)</th> <th>C (m)</th> <th>M (kN-m)</th> <th>C (m)</th> <th>M (kN-m)</th> <th>C (m)</th> <th>M (kN-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Span #1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										Span	C (m)	M (kN-m)	C (m)	M (kN-m)	C (m)	M (kN-m)	C (m)	M (kN-m)	C (m)	M (kN-m)	Span #1																												
Span	C (m)	M (kN-m)	C (m)	M (kN-m)	C (m)	M (kN-m)	C (m)	M (kN-m)	C (m)	M (kN-m)																																							
Span #1																																																	
Left End Cantilever Shear = 0,00 kN Left End Cantilever Moment = 0,00 kN-m Right End Cantilever Shear = 0,00 kN Right End Cantilever Moment = 0,00 kN-m																																																	
<b>Results:</b> End Shears (kN) -0,268 -0,33 1,981 -1,981 0,33 0,27 --- --- ---																																																	

Resultat

Max moment: 0,68kNm

<

Tillåtet: 0,82kNm

Max tvärkraft: -1,98kN

<

Tillåtet: 7,00kN

Lastfallet godkänt

För att få ut tillåten hjullast skall pålagd axellast divideras med 1,3:

Godkänd hjullast: 3,9/1,3=300kg

### 8.1.2. Stål

Fordonskombination UTV med Kärra (tillåten axellast \*1,3):

Även egenvikt är med i beräkningen

#### CONTINUOUS-SPAN BEAM ANALYSIS

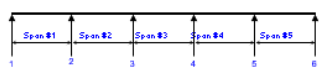
For Two (2) through Five (5) Span Beams  
(Metric Units Version)

Job Name: Bro till restenäsö	Subject: UTV med kärra vid de längsta spannen (huvudbalk)
Job Number:	Originator: Andreas Lundevall   Checker: Hans Aderum

**Input Data:**

Beam Data:  
 No. Spans, N = 3  
 Left End = Pinned Support #1  
 Right End = Pinned Support #4  
 Modulus, E = 210000 MPa

**Span and Support Nomenclature**



**Span Data and Loadings:**

Span Data:	Span #1	Span #2	Span #3	Span #4	Span #5
Span, L (m) =	5,8500	6,3000	6,1500		
Inertia, I (cm <sup>4</sup> ) =	1270,00	1270,00	1270,00		
W (cm <sup>3</sup> ) =	189,00	189,00	189,00		
Full Uniform:	1,1250	1,1250	1,1250		

**Distributed:**

	Span #1				Span #2				Span #3				Span #4				Span #5			
	Start	End	Start	End	Start	End	Start	End	Start	End	Start	End	Start	End	Start	End				
Personlast	0,0000	0,0000	5,8500	0,0000	0,0000	0,0000	6,3000	0,0000	0,0000	0,0000	6,1500	0,0000								
#2:																				
#3:																				
#4:																				
#5:																				
#6:																				
#7:																				
#8:																				

**Point Loads:**

	3 (m)	P (kN)	3 (m)	P (kN)	3 (m)	P (kN)	3 (m)	P (kN)	3 (m)	P (kN)
#1:										
#2:			1,6500	2,44						
#3:			3,1500	2,44						
#4:			4,6500	3,90						
#5:										
#6:										
#7:										
#8:										
#9:										
#10:										
#11:										
#12:										
#13:										
#14:										
#15:										

**Moments:**

	C (m)	M (kN-m)	C (m)	M (kN-m)	C (m)	M (kN-m)	C (m)	M (kN-m)	C (m)	M (kN-m)
#1:										
#2:										
#3:										
#4:										

**Results:**

Left End Cantilever Shear = 0,00 kN    Left End Cantilever Moment = 0,00 kN-m    Right End Cantilever Shear = 0,00 kN    Right End Cantilever Moment = 0,00 kN-m

**nd Shears (kN):** 2,007    -4,57    7,498    -8,364    4,77    -2,15    -    -    -

**Summary of Results for Entire 3-Span Beam:**

**Support Moments:**

M1 =	0,00	kN-m
M2 =	-7,51	kN-m
M3 =	-9,05	kN-m
M4 =	0,00	kN-m
M5 =	-	kN-m
M6 =	-	kN-m

**Support Reactions:**

R1 =	2,01	kN
R2 =	12,07	kN
R3 =	13,13	kN
R4 =	2,15	kN
R5 =	-	kN
R6 =	-	kN

**Maximum Moments in Beam:**

+M(max) =	6,87	kN-m
-M(max) =	-8,05	kN-m

**Maximum Deflections in Beam:**

-Δ(max) =	-7,785	mm
+Δ(max) =	0,871	mm
Δ(ratio) =	L/809	

**fygbs:** 42,566 MPa

Resultat

Max spänning: 42,6MPa

<

Tillåtet: 174,2MPa

Max nedböjning: 7,8mm

<

Tillåtet: 15mm

Fordonskombinationen resulterar i lägre last på tvärbalkar än personlast och kontrolleras därför ej i detta lastfall.

**Lastfallet godkänt**

## 8.2. Beräkning, Lastfall: Personlast 1000kg mellan stolppar max 3000kg på bron.

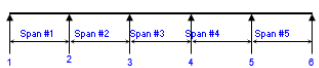
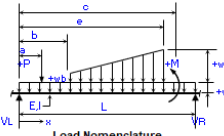
### 8.2.1. Stål

Konservativ beräknat ses stål balkarna bära hela lasten

Pålagd personlast (tillåten personlast \*1,3):

Egenvikt är också pålagd som en utbredd last.

Personlast centrerad:

CONTINUOUS-SPAN BEAM ANALYSIS For Two (2) through Five (5) Span Beams (Metric Units Version)																																																																																																																																																																																														
Job Name: Bro till restenäsö		Job Number: ---		Subject: Personlast vid de längsta spannen (huvudbalk)		Originator: Andreas Lundevall		Checker: Hans Aderum																																																																																																																																																																																						
<b>Input Data:</b> Beam Data: No. Spans, N = 3 Left End = Pinned Support #1 Right End = Pinned Support #4 Modulus, E = 210000 MPa																																																																																																																																																																																														
<b>Span and Support Nomenclature:</b> 																																																																																																																																																																																														
<b>Span Data and Loadings:</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Span Data:</th> <th>Span #1</th> <th>Span #2</th> <th>Span #3</th> <th>Span #4</th> <th>Span #5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Span, L (m) =</td> <td>5,8500</td> <td>6,3000</td> <td>6,1500</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Inertia, I (cm<sup>4</sup>) =</td> <td>1270,00</td> <td>1270,00</td> <td>1270,00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>W (cm<sup>3</sup>) =</td> <td>189,00</td> <td>189,00</td> <td>189,00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Full Uniform: w (kN/m) =</td> <td>1,1250</td> <td>1,1250</td> <td>1,1250</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>															Span Data:	Span #1	Span #2	Span #3	Span #4	Span #5	Span, L (m) =	5,8500	6,3000	6,1500			Inertia, I (cm <sup>4</sup> ) =	1270,00	1270,00	1270,00			W (cm <sup>3</sup> ) =	189,00	189,00	189,00			Full Uniform: w (kN/m) =	1,1250	1,1250	1,1250																																																																																																																																																				
Span Data:	Span #1	Span #2	Span #3	Span #4	Span #5																																																																																																																																																																																									
Span, L (m) =	5,8500	6,3000	6,1500																																																																																																																																																																																											
Inertia, I (cm <sup>4</sup> ) =	1270,00	1270,00	1270,00																																																																																																																																																																																											
W (cm <sup>3</sup> ) =	189,00	189,00	189,00																																																																																																																																																																																											
Full Uniform: w (kN/m) =	1,1250	1,1250	1,1250																																																																																																																																																																																											
<b>Load Nomenclature:</b> 																																																																																																																																																																																														
<b>Summary of Results for Entire 3-Span Beam:</b> <b>Support Moments:</b> M1 = 0,00 kN-m M2 = -7,95 kN-m M3 = -8,50 kN-m M4 = 0,00 kN-m M5 = --- kN-m M6 = --- kN-m <b>Support Reactions:</b> R1 = 5,18 kN R2 = 14,61 kN R3 = 14,97 kN R4 = 5,33 kN R5 = --- kN R6 = --- kN <b>Maximum Moments in Beam:</b> +M(max) = 6,50 kN-m @ x = 3,708 m (Span #3) -M(max) = -8,50 kN-m @ x = 6,300 m (Span #2) <b>Maximum Deflections in Beam:</b> -Δ(max) = -7,849 mm @ x = 3,403 m (Span #3) +Δ(max) = 0,355 mm @ x = 5,733 m (Span #2) Δ(ratio) = 1/784 fyt = 44,966 MPa																																																																																																																																																																																														
<b>Distributed:</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Start</th> <th>End</th> <th>Start</th> <th>End</th> <th>Start</th> <th>End</th> <th>Start</th> <th>End</th> <th>Start</th> <th>End</th> <th>Start</th> <th>End</th> <th>Start</th> <th>End</th> </tr> <tr> <th></th> <th>b (m)</th> <th>wb (kN/m)</th> <th>e (m)</th> <th>wre (kN/m)</th> <th>b (m)</th> <th>wb (kN/m)</th> <th>e (m)</th> <th>wre (kN/m)</th> <th>b (m)</th> <th>wb (kN/m)</th> <th>e (m)</th> <th>wre (kN/m)</th> <th>b (m)</th> <th>wb (kN/m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Personlast</td> <td>0,0000</td> <td>1,1111</td> <td>5,8500</td> <td>1,1111</td> <td>0,0000</td> <td>1,0317</td> <td>6,3000</td> <td>1,0317</td> <td>0,0000</td> <td>1,0569</td> <td>6,1500</td> <td>1,0569</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr><td>#2:</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#3:</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#4:</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#5:</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#6:</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#7:</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#8:</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>																Start	End	Start	End	Start	End	Start	End	Start	End	Start	End	Start	End		b (m)	wb (kN/m)	e (m)	wre (kN/m)	b (m)	wb (kN/m)	e (m)	wre (kN/m)	b (m)	wb (kN/m)	e (m)	wre (kN/m)	b (m)	wb (kN/m)	Personlast	0,0000	1,1111	5,8500	1,1111	0,0000	1,0317	6,3000	1,0317	0,0000	1,0569	6,1500	1,0569			#2:															#3:															#4:															#5:															#6:															#7:															#8:																																								
	Start	End	Start	End	Start	End	Start	End	Start	End	Start	End	Start	End																																																																																																																																																																																
	b (m)	wb (kN/m)	e (m)	wre (kN/m)	b (m)	wb (kN/m)	e (m)	wre (kN/m)	b (m)	wb (kN/m)	e (m)	wre (kN/m)	b (m)	wb (kN/m)																																																																																																																																																																																
Personlast	0,0000	1,1111	5,8500	1,1111	0,0000	1,0317	6,3000	1,0317	0,0000	1,0569	6,1500	1,0569																																																																																																																																																																																		
#2:																																																																																																																																																																																														
#3:																																																																																																																																																																																														
#4:																																																																																																																																																																																														
#5:																																																																																																																																																																																														
#6:																																																																																																																																																																																														
#7:																																																																																																																																																																																														
#8:																																																																																																																																																																																														
<b>Point Loads:</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>a (m)</th> <th>P (kN)</th> <th>a (m)</th> <th>P (kN)</th> <th>a (m)</th> <th>P (kN)</th> <th>a (m)</th> <th>P (kN)</th> <th>a (m)</th> <th>P (kN)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>#1:</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#2:</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#3:</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#4:</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#5:</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#6:</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#7:</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#8:</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#9:</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#10:</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#11:</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#12:</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#13:</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#14:</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#15:</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>																a (m)	P (kN)	a (m)	P (kN)	a (m)	P (kN)	a (m)	P (kN)	a (m)	P (kN)	#1:											#2:											#3:											#4:											#5:											#6:											#7:											#8:											#9:											#10:											#11:											#12:											#13:											#14:											#15:										
	a (m)	P (kN)	a (m)	P (kN)	a (m)	P (kN)	a (m)	P (kN)	a (m)	P (kN)																																																																																																																																																																																				
#1:																																																																																																																																																																																														
#2:																																																																																																																																																																																														
#3:																																																																																																																																																																																														
#4:																																																																																																																																																																																														
#5:																																																																																																																																																																																														
#6:																																																																																																																																																																																														
#7:																																																																																																																																																																																														
#8:																																																																																																																																																																																														
#9:																																																																																																																																																																																														
#10:																																																																																																																																																																																														
#11:																																																																																																																																																																																														
#12:																																																																																																																																																																																														
#13:																																																																																																																																																																																														
#14:																																																																																																																																																																																														
#15:																																																																																																																																																																																														
<b>Moments:</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>c (m)</th> <th>M (kN-m)</th> <th>c (m)</th> <th>M (kN-m)</th> <th>c (m)</th> <th>M (kN-m)</th> <th>c (m)</th> <th>M (kN-m)</th> <th>c (m)</th> <th>M (kN-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>#1:</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#2:</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#3:</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#4:</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>																c (m)	M (kN-m)	c (m)	M (kN-m)	c (m)	M (kN-m)	c (m)	M (kN-m)	c (m)	M (kN-m)	#1:											#2:											#3:											#4:																																																																																																																																			
	c (m)	M (kN-m)	c (m)	M (kN-m)	c (m)	M (kN-m)	c (m)	M (kN-m)	c (m)	M (kN-m)																																																																																																																																																																																				
#1:																																																																																																																																																																																														
#2:																																																																																																																																																																																														
#3:																																																																																																																																																																																														
#4:																																																																																																																																																																																														
Left End Cantilever Shear = 0,00 kN    Left End Cantilever Moment = 0,00 kN-m    Right End Cantilever Shear = 0,00 kN    Right End Cantilever Moment = 0,00 kN-m																																																																																																																																																																																														
<b>Results:</b> End Shears (kN): 5,182    -7,90    6,707    -6,681    6,09    -5,33    ---    ---    ---																																																																																																																																																																																														

Resultat

Max spänning: 45,0MPa

<

Tillåtet: 174,2MPa

Max nedböjning: 7,85mm

<

Tillåtet: 15mm

Lastfallet godkänt

### 8.3. Beräkning, Lastfall: Personlast max.

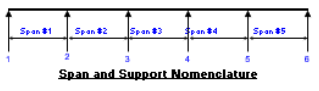
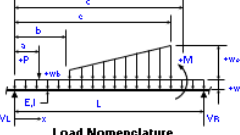
#### 8.3.1. Stål

Konservativ beräknat ses stålbalkarna bära hela lasten

Max pålagd personlast (Max tillåten personlast  $2,4\text{kN/m}^2 \cdot 1,3$ ):

Egenvikt är också pålagd som en utbredd last.

Personlast centrerad:

CONTINUOUS-SPAN BEAM ANALYSIS For Two (2) through Five (5) Span Beams (Metric Units Version)																																																																																																																																																															
Job Name: Bro till restenäsö		Subject: Max Personlast $2,13\text{kN/m}^2$ vid de längsta spannen (huvudbalk)																																																																																																																																																													
Job Number:		Originator: Andreas Lundevall				Checker: Hans Aderum																																																																																																																																																									
<b>Input Data:</b>																																																																																																																																																															
<b>Beam Data:</b> No. Spans, N = 3 Left End = Pinned Right End = Pinned Modulus, E = 210000 MPa																																																																																																																																																															
<b>Span and Support Nomenclature</b> 																																																																																																																																																															
<b>Load Nomenclature</b> 																																																																																																																																																															
<b>Summary of Results for Entire 3-Span Beam:</b> <b>Support Moments:</b> M1 = 0,00 kN-m M2 = -14,89 kN-m M3 = -16,20 kN-m M4 = 0,00 kN-m M5 = --- kN-m M6 = --- kN-m <b>Support Reactions:</b> R1 = 9,51 kN R2 = 27,37 kN R3 = 28,49 kN R4 = 10,04 kN R5 = --- kN R6 = --- kN <b>Maximum Moments in Beam:</b> +M(max) = 12,22 kN-m @ 2 = 3,714 m (Span #2) -M(max) = -16,20 kN-m @ 3 = 6,300 m (Span #2) <b>Maximum Deflections in Beam:</b> +Δ(max) = -14,895 mm @ 2 = 3,424 m (Span #2) -Δ(max) = 0,600 mm @ 3 = 5,796 m (Span #2) Δ(ratio) = L/419 fgb = 85,714 MPa																																																																																																																																																															
<b>Span Data and Loadings:</b>																																																																																																																																																															
<b>Span Data:</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Span #</th> <th>Span, L (m)</th> <th>Inertia, I (cm<sup>4</sup>)</th> <th>W (cm<sup>3</sup>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Span #1</td> <td>5,8500</td> <td>1270,00</td> <td>189,00</td> </tr> <tr> <td>Span #2</td> <td>6,3000</td> <td>1270,00</td> <td>189,00</td> </tr> <tr> <td>Span #3</td> <td>6,1500</td> <td>1270,00</td> <td>189,00</td> </tr> <tr> <td>Span #4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Span #5</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										Span #	Span, L (m)	Inertia, I (cm <sup>4</sup> )	W (cm <sup>3</sup> )	Span #1	5,8500	1270,00	189,00	Span #2	6,3000	1270,00	189,00	Span #3	6,1500	1270,00	189,00	Span #4				Span #5																																																																																																																																	
Span #	Span, L (m)	Inertia, I (cm <sup>4</sup> )	W (cm <sup>3</sup> )																																																																																																																																																												
Span #1	5,8500	1270,00	189,00																																																																																																																																																												
Span #2	6,3000	1270,00	189,00																																																																																																																																																												
Span #3	6,1500	1270,00	189,00																																																																																																																																																												
Span #4																																																																																																																																																															
Span #5																																																																																																																																																															
<b>Full Uniform:</b> W (kN/m) = 1,1250																																																																																																																																																															
<b>Distributed:</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Start</th> <th>End</th> <th>b (m)</th> <th>Wb (kN/m)</th> <th>e (m)</th> <th>Wb (kN/m)</th> <th>e (m)</th> <th>Wb (kN/m)</th> <th>e (m)</th> <th>Wb (kN/m)</th> <th>e (m)</th> <th>Wb (kN/m)</th> <th>e (m)</th> <th>Wb (kN/m)</th> <th>e (m)</th> <th>Wb (kN/m)</th> <th>e (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,0000</td> <td>2,9952</td> <td>5,8500</td> <td>2,9952</td> <td>0,0000</td> <td>2,9952</td> <td>6,3000</td> <td>2,9952</td> <td>0,0000</td> <td>2,9952</td> <td>6,1500</td> <td>2,9952</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										Start	End	b (m)	Wb (kN/m)	e (m)	Wb (kN/m)	e (m)	Wb (kN/m)	e (m)	Wb (kN/m)	e (m)	Wb (kN/m)	e (m)	Wb (kN/m)	e (m)	Wb (kN/m)	e (m)	0,0000	2,9952	5,8500	2,9952	0,0000	2,9952	6,3000	2,9952	0,0000	2,9952	6,1500	2,9952																																																																																																																									
Start	End	b (m)	Wb (kN/m)	e (m)	Wb (kN/m)	e (m)	Wb (kN/m)	e (m)	Wb (kN/m)	e (m)	Wb (kN/m)	e (m)	Wb (kN/m)	e (m)	Wb (kN/m)	e (m)																																																																																																																																															
0,0000	2,9952	5,8500	2,9952	0,0000	2,9952	6,3000	2,9952	0,0000	2,9952	6,1500	2,9952																																																																																																																																																				
<b>Point Loads:</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>a (m)</th> <th>P (kN)</th> <th>a (m)</th> <th>P (kN)</th> <th>a (m)</th> <th>P (kN)</th> <th>a (m)</th> <th>P (kN)</th> <th>a (m)</th> <th>P (kN)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>										a (m)	P (kN)	a (m)	P (kN)	a (m)	P (kN)	a (m)	P (kN)	a (m)	P (kN)																																																																																																																																												
a (m)	P (kN)	a (m)	P (kN)	a (m)	P (kN)	a (m)	P (kN)	a (m)	P (kN)																																																																																																																																																						
<b>Moments:</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>O (m)</th> <th>M (kN-m)</th> <th>O (m)</th> <th>M (kN-m)</th> <th>O (m)</th> <th>M (kN-m)</th> <th>O (m)</th> <th>M (kN-m)</th> <th>O (m)</th> <th>M (kN-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>										O (m)	M (kN-m)	O (m)	M (kN-m)	O (m)	M (kN-m)	O (m)	M (kN-m)	O (m)	M (kN-m)																																																																																																																																												
O (m)	M (kN-m)	O (m)	M (kN-m)	O (m)	M (kN-m)	O (m)	M (kN-m)	O (m)	M (kN-m)																																																																																																																																																						
<b>Results:</b> Left End Cantilever Shear = 0,00 kN Left End Cantilever Moment = 0,00 kN-m Right End Cantilever Shear = 0,00 kN Right End Cantilever Moment = 0,00 kN-m <b>End Shears (kN):</b> 9,507    -14,60    12,770    -13,167    15,30    -10,04    ---    ---    ---																																																																																																																																																															

Resultat

Max spänning: 85,7MPa

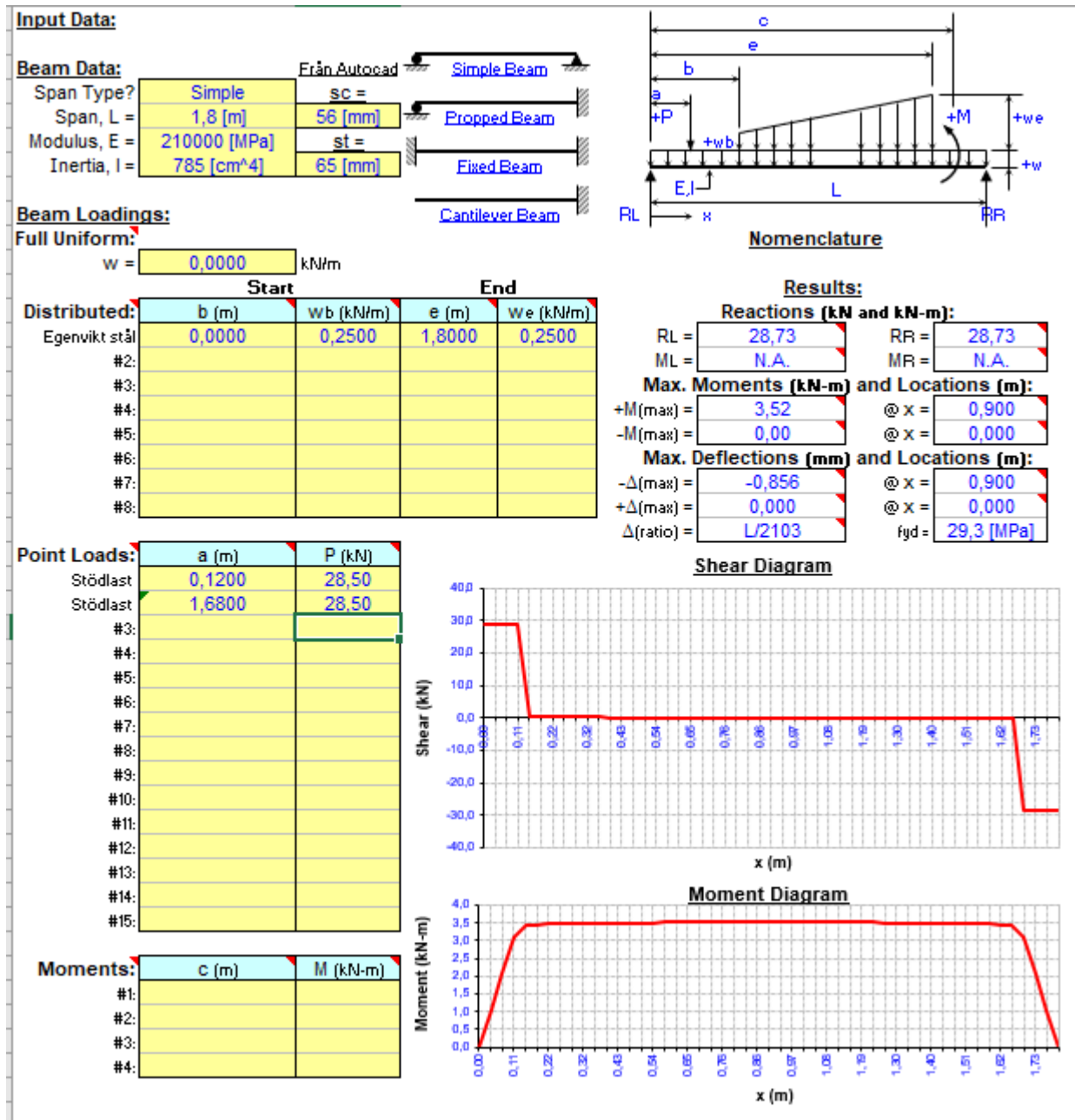
Max nedböjning: 14,7mm

<

Tillåtet: 174,2MPa

Tillåtet: 15mm

<



Resultat

Max spänning: 29,3MPa

<

Tillåtet: 139,4MPa

**Lastfallet godkänt**

## 8.4. Beräkning, Lastfall: Personlast 5kN/m<sup>2</sup>.

### 8.4.1. Stål

Konservativ beräknat ses stålbalkarna bära hela lasten

Max pålagd personlast (Max tillåten personlast 5kN/m<sup>2</sup>\*1,3):

Egenvikt är också pålagd som en utbredd last.

Personlast centrerad:

CONTINUOUS-SPAN BEAM ANALYSIS																																																																																																																																																																																									
For Two (2) through Five (5) Span Beams (Metric Units Version)																																																																																																																																																																																									
Job Name: Bro till restenäsö		Subject: Max Personlast 5kN/m <sup>2</sup> vid de längsta spannen (huvudbalk)																																																																																																																																																																																							
Job Number:		Originator: Andreas Lundevall		Checker: Hans Aderum																																																																																																																																																																																					
<b>Input Data:</b> Beam Data: No. Spans, N = 3 Left End = Pinned Support #1 Right End = Pinned Support #4 Modulus, E = 210000 MPa																																																																																																																																																																																									
<b>Span Data and Loadings:</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Span Data:</th> <th>Span #1</th> <th>Span #2</th> <th>Span #3</th> <th>Span #4</th> <th>Span #5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Span, L (m) =</td> <td>5,8500</td> <td>6,3000</td> <td>6,1500</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Inertia, I (cm<sup>4</sup>) =</td> <td>1270,00</td> <td>1270,00</td> <td>1270,00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>W (cm<sup>3</sup>) =</td> <td>189,00</td> <td>189,00</td> <td>189,00</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Full Uniform w (kN/m) =</td> <td>1,1250</td> <td>1,1250</td> <td>1,1250</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>										Span Data:	Span #1	Span #2	Span #3	Span #4	Span #5	Span, L (m) =	5,8500	6,3000	6,1500			Inertia, I (cm <sup>4</sup> ) =	1270,00	1270,00	1270,00			W (cm <sup>3</sup> ) =	189,00	189,00	189,00			Full Uniform w (kN/m) =	1,1250	1,1250	1,1250																																																																																																																																																				
Span Data:	Span #1	Span #2	Span #3	Span #4	Span #5																																																																																																																																																																																				
Span, L (m) =	5,8500	6,3000	6,1500																																																																																																																																																																																						
Inertia, I (cm <sup>4</sup> ) =	1270,00	1270,00	1270,00																																																																																																																																																																																						
W (cm <sup>3</sup> ) =	189,00	189,00	189,00																																																																																																																																																																																						
Full Uniform w (kN/m) =	1,1250	1,1250	1,1250																																																																																																																																																																																						
<b>Summary of Results for Entire 3-Span Beam:</b> <b>Support Moments:</b> M1 = 0,00 kN-m M2 = -26,81 kN-m M3 = -28,96 kN-m M4 = 0,00 kN-m M5 = --- kN-m M6 = --- kN-m <b>Support Reactions:</b> R1 = 16,99 kN R2 = 48,92 kN R3 = 50,93 kN R4 = 17,94 kN R5 = --- kN R6 = --- kN <b>Maximum Moments in Beam:</b> +M(max) = 21,85 kN-m @ x = 3,714 m (Span #3) -M(max) = -28,96 kN-m @ x = 6,300 m (Span #2) <b>Maximum Deflections in Beam:</b> -Δ(max) = -26,267 mm @ x = 3,432 m (Span #3) +Δ(max) = 1,073 mm @ x = 5,796 m (Span #2) Δ(ratio) = L/234 f <sub>yb</sub> = 153,217 MPa																																																																																																																																																																																									
<b>Distributed:</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Start</th> <th>End</th> <th>Start</th> <th>End</th> <th>Start</th> <th>End</th> <th>Start</th> <th>End</th> <th>Start</th> <th>End</th> </tr> <tr> <th></th> <th>b (m)</th> <th>wb (kN/m)</th> <th>e (m)</th> <th>we (kN/m)</th> <th>b (m)</th> <th>wb (kN/m)</th> <th>e (m)</th> <th>we (kN/m)</th> <th>b (m)</th> <th>wb (kN/m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Personlast</td> <td>0,0000</td> <td>6,2400</td> <td>5,8500</td> <td>6,2400</td> <td>0,0000</td> <td>6,2400</td> <td>6,3000</td> <td>6,2400</td> <td>0,0000</td> <td>6,2400</td> </tr> <tr><td>#2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>											Start	End	Start	End	Start	End	Start	End	Start	End		b (m)	wb (kN/m)	e (m)	we (kN/m)	b (m)	wb (kN/m)	e (m)	we (kN/m)	b (m)	wb (kN/m)	Personlast	0,0000	6,2400	5,8500	6,2400	0,0000	6,2400	6,3000	6,2400	0,0000	6,2400	#2											#3											#4											#5											#6											#7											#8																																																																												
	Start	End	Start	End	Start	End	Start	End	Start	End																																																																																																																																																																															
	b (m)	wb (kN/m)	e (m)	we (kN/m)	b (m)	wb (kN/m)	e (m)	we (kN/m)	b (m)	wb (kN/m)																																																																																																																																																																															
Personlast	0,0000	6,2400	5,8500	6,2400	0,0000	6,2400	6,3000	6,2400	0,0000	6,2400																																																																																																																																																																															
#2																																																																																																																																																																																									
#3																																																																																																																																																																																									
#4																																																																																																																																																																																									
#5																																																																																																																																																																																									
#6																																																																																																																																																																																									
#7																																																																																																																																																																																									
#8																																																																																																																																																																																									
<b>Point Loads:</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>a (m)</th> <th>P (kN)</th> <th>a (m)</th> <th>P (kN)</th> <th>a (m)</th> <th>P (kN)</th> <th>a (m)</th> <th>P (kN)</th> <th>a (m)</th> <th>P (kN)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>#1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#11</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#12</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#13</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#14</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>											a (m)	P (kN)	a (m)	P (kN)	a (m)	P (kN)	a (m)	P (kN)	a (m)	P (kN)	#1											#2											#3											#4											#5											#6											#7											#8											#9											#10											#11											#12											#13											#14											#15										
	a (m)	P (kN)	a (m)	P (kN)	a (m)	P (kN)	a (m)	P (kN)	a (m)	P (kN)																																																																																																																																																																															
#1																																																																																																																																																																																									
#2																																																																																																																																																																																									
#3																																																																																																																																																																																									
#4																																																																																																																																																																																									
#5																																																																																																																																																																																									
#6																																																																																																																																																																																									
#7																																																																																																																																																																																									
#8																																																																																																																																																																																									
#9																																																																																																																																																																																									
#10																																																																																																																																																																																									
#11																																																																																																																																																																																									
#12																																																																																																																																																																																									
#13																																																																																																																																																																																									
#14																																																																																																																																																																																									
#15																																																																																																																																																																																									
<b>Moments:</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>c (m)</th> <th>M (kN-m)</th> <th>c (m)</th> <th>M (kN-m)</th> <th>c (m)</th> <th>M (kN-m)</th> <th>c (m)</th> <th>M (kN-m)</th> <th>c (m)</th> <th>M (kN-m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>#1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>#4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>											c (m)	M (kN-m)	c (m)	M (kN-m)	c (m)	M (kN-m)	c (m)	M (kN-m)	c (m)	M (kN-m)	#1											#2											#3											#4																																																																																																																																			
	c (m)	M (kN-m)	c (m)	M (kN-m)	c (m)	M (kN-m)	c (m)	M (kN-m)	c (m)	M (kN-m)																																																																																																																																																																															
#1																																																																																																																																																																																									
#2																																																																																																																																																																																									
#3																																																																																																																																																																																									
#4																																																																																																																																																																																									
Left End Cantilever Shear = 0,00 kN Left End Cantilever Moment = 0,00 kN-m Right End Cantilever Shear = 0,00 kN Right End Cantilever Moment = 0,00 kN-m																																																																																																																																																																																									
<b>Results:</b> End Shears (kN): 16,994    -26,09    22,827    -23,573    27,36    -17,94    ---    ---    ---    ---																																																																																																																																																																																									

Resultat

Max spänning: 153,2MPa

Max nedböjning: 26,3mm

<

Tillåtet: 174,2MPa

Tillåtet: 15mm

>



SINGLE-SPAN BEAM ANALYSIS				
For Simple, Propped, Fixed, or Cantilever Beams				
(Metric Units Version)				
Job Name:	Bro till restenäsö		Subject:	Tvärbalk
Job Number:	10127		Originator:	Andreas Lundev
			Checker:	Hans Aderum

**Input Data:**

**Beam Data:**

Span Type?	Simple	Från Autocad	Simple Beam
Span, L =	1,8 [m]	SC =	Propped Beam
Modulus, E =	210000 [MPa]	st =	Fixed Beam
Inertia, I =	785 [cm <sup>4</sup> ]		Cantilever Beam

**Beam Loadings:**

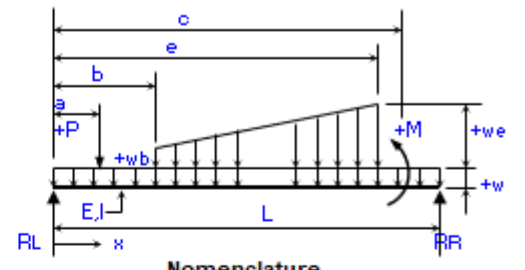
Full Uniform:

w = 0,0000 kN/m

	Start	End
Distributed:	b (m)	e (m)
Egenvikt stål	0,0000	1,8000
#2:		
#3:		
#4:		
#5:		
#6:		
#7:		
#8:		

	a (m)	P (kN)
Stödlast	0,1200	50,93
Stödlast	1,6800	50,93
#3:		
#4:		
#5:		
#6:		
#7:		
#8:		
#9:		
#10:		
#11:		
#12:		
#13:		
#14:		
#15:		

	c (m)	M (kN-m)
#1:		
#2:		
#3:		
#4:		



**Nomenclature**

**Results:**

**Reactions (kN and kN-m):**

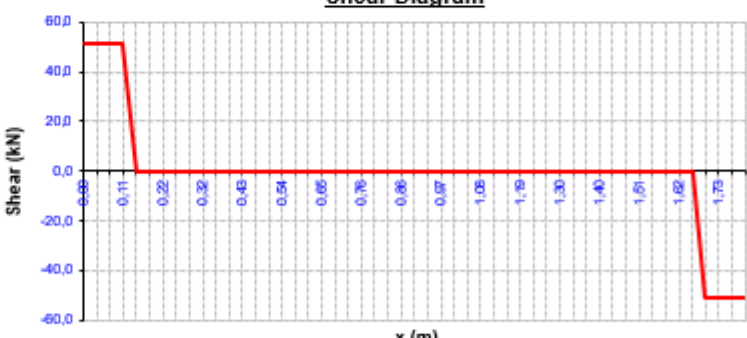
RL =	51,16	RR =	51,16
ML =	N.A.	MR =	N.A.

**Max. Moments (kN-m) and Locations (m):**

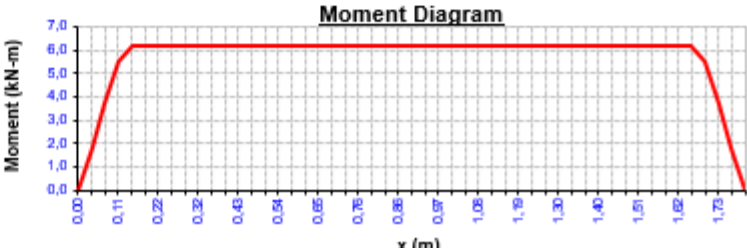
+M(max) =	6,21	@ x =	0,900
-M(max) =	0,00	@ x =	0,000

**Max. Deflections (mm) and Locations (m):**

-Δ(max) =	-1,513	@ x =	0,900
+Δ(max) =	0,000	@ x =	0,000
Δ(ratio) =	L/1189	f <sub>yd</sub> =	51,8 [MPa]



**Shear Diagram**



**Moment Diagram**

Resultat

Max spänning: 51,8MPa

<

Tillåtet: 139,4MPa

Lastfallet ej godkänt med avseende på nedböjning.

## 8.5. Knäckningskontroll av stolpar.

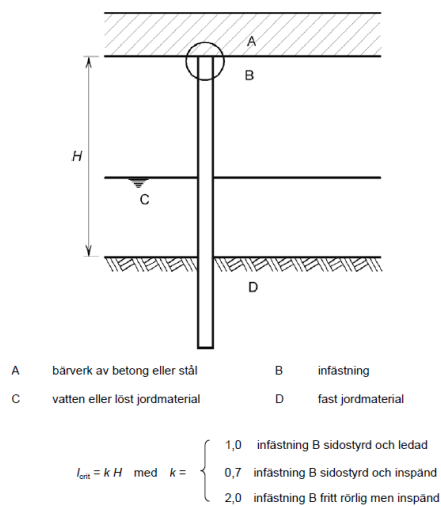
Knäckning beräknas på de stolpar som anses vara placerade i det mest påkända läget. Detta är i närheten av djupfåran. Baserat på informationen som finns tillgänglig gällande botten beskaffenhet så är den att betrakta som lös alternativt mycket lös då nyligen utförd sondering inte visar på friktion förrän ca 20-25m djup. Antagande av denna sondering förstärks av en geologisk undersökning som gjordes 1979 och visade på att de första 5metrarna av jordlagret utgöres av gytjtja eller gytjtjig lera som då ansågs som försumbar ur bärighetssynpunkt. Första biten av stolparna ner till botten är placerade i ett rör med invändig gjutning. Konservativt är denna ej med i beräkningen och sannolikt är knäckkraften något högre då stöd från betongen ej räknas med, I gengäld är ej en avrostning av rälén inräknad.

Osäkerhet finns kring hur långa stolparna är. Ritningsunderlag säger 13m dvs kortare än när friktion uppkommer eller alternativt berg. Detta ger knäcklängden  $L_{CR} = KH$  enligt SS-EN 1993-5 och  $K = \gamma$  faktor enligt Euler fall och stolplängd  $L = H$ .

Enligt mätningar utförda är längden ovanför bottenlinjen som mest på stolppar 17-19 med en max längd på 4,3m men då sonderingen som nämnt tidigare visar på lös botten tas även denna längd under bottenlinjen med i beräkningen för knäcklängd enl figur nedan.

Utifrån antagande om 13 m pålängd och botten beskaffenhet enligt ovan bedöms knäcklängden som mest vara 13m varav 8,7m i lös eller mycket lös botten. Två knäckfall kommer betraktas: 13m ledad båda ändar samt 8,7m ledad båda ändar.

8,7m skall ses som att det representerar en ombyggd bro med förstärkningar som eliminerar knäckning ovanför bottenlinjen och därmed sker knäckning i bottenmaterialet.



Figur 5-8 – Förenklad uppskattning av knäckningslängd för bärande pålar

Resultat ostagad 13m påle (dagens utförande):

**1324kg** i knäckningskapacitet. (beräkning se sidan 19)

Resultat påle stagad ovan bottenlinje 8,7m dvs knäckning i bottenmaterial:

**2850kg** i knäckningskapacitet. (beräkning se sidan 20)

### Indata knäcklängd 13m samt lös botten hela stolplängden

Stolplängd	$L=13000\text{mm}$
Knäckfaktor enligt Eulerfall 2	$\gamma=1$ (ledad i båda ändar)
Knäcklängd	$L_{cr}=L*\gamma=13000\text{mm}$
E-modul	$E=210000\text{MPa}$
Böjtröghetsmoment	$I=1142656\text{mm}^4$
Sträckgräns	$f_y=174,2\text{MPa}$
Tvärsnittsarea	$A=3120,9\text{mm}^2$
Kritisk Trycklast	$N_{CR} = \pi^2 * E * I / L_{cr}^2 = 14013,5\text{N}$
Slankhetsparameter	$\lambda = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr}}} = 6,229$
Knäckningskurva	c
Imperfektionsfaktor	$\alpha=0,49$
Reduktionsfaktor	$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} = 0,0239$
där	$\phi = 0,5(1 + \alpha(\lambda - 0,2) + \lambda^2) = 21,4$
<b>Knäckningskapacitet 13m</b>	<b><math>N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{M1}} = 13,0\text{kN}</math></b>

### Knäckningskapaciteten 1324kg.

Detta skulle eventuellt kunna höjas med hjälp av krysstag. Dock kvarstår knäckning i gjyttjan som kan vara 8,7m djup (13m-4,3m) med hänsyn tagen till osäkerhet kring bottenbeskaffenhet.

### Indata knäcklängd i bottenmaterial 8,7m lösboten

Stolplängd	$L=8700\text{mm}$
Knäckfaktor enligt Eulerfall 3	$\gamma=1$ (ledad i båda ändar)
Knäcklängd	$L_{cr}=L*\gamma=8700\text{mm}$
E-modul	$E=210000\text{MPa}$
Böjtröghetsmoment	$I=1142656\text{mm}^4$
Sträckgräns	$f_y=174,2\text{MPa}$
Tvärsnittsarea	$A=3120,9\text{mm}^2$
Kritisk Trycklast	$N_{CR} = \pi^2 * E * I / L_{cr}^2 = 31289,3\text{N}$
Slankhetsparameter	$\lambda = \sqrt{\frac{A * f_y}{N_{cr}}} = 4,1$
Knäckningskurva	c
Imperfektionsfaktor	$\alpha=0,49$
Reduktionsfaktor	$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \lambda^2}} = 0,05148$
där	$\phi = 0,5(1 + \alpha(\lambda - 0,2) + \lambda^2) = 10,16$

### Knäckningskapacitet 8,7m stolpdel i bottenmaterial

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi * A * f_y}{\gamma_{M1}} = 28,0\text{kN}$$

### Knäckningskapacitet för stolpdel i bottenmaterial 2850kg