

## Stalen Balk berekening (Apotheek te Hengelo)

### VOORSCHRIFTEN :

De volgende voorschriften zijn van toepassing:

NEN-EN 1990 Grondslagen van het ontwerp

NEN-EN 1991 Belastingen op constructies

NEN-EN 1993 Ontwerp en berekening van staalconstructies

NEN-EN 1994 Ontwerp en berekening van staal- betonconstructies

Deze balk ligt links en rechts en draagt de verdiepingsvloer.

Uitgangspunten:

Staalkwaliteit: S235

*Balk:*

Dagmaat:  $L = 3,0 \text{ m}$ , belastingen:  $G_{eg} = 0,3 \text{ kN/m}^1$

*Vloer:*

$L = 7,0 \text{ m}$ , belastingen:  $G_{eg} = 4,5 \text{ kN/m}^2$ ,  $Q_k = 1,75 \text{ kN/m}^2$

Belastingen:

Balk:

$G_{eg} = 0,3 \text{ kN/m}^1$

Vloer:

$$G_k = \frac{1}{2} * 7 * (4,5 + 1_{(afwerklaag)}) = 19,3 \text{ kN/m}^1$$

$$Q_k = \frac{1}{2} * 7 * (1,75 + 0,8) = 8,93 \text{ kN/m}^1$$

Op basis van deze uitgangspunten is een stalen profiel HEA 160 benodigd.

Voor de berekening zie de bijgevoegde bijlage (berekening blad 1 t/m 8)

Bestand : G:\projecten\Royanabouw- ABI\Hengelo\HEA 160.xbe2

Gehanteerde normen: : NEN-EN 1993-1-1 + C2:2011/NB:2011 (nl)

Gevolgklasse : CC2

## 1 Invoergegevens



### 1.1 KNOPEN

Knoop-nummer	Coördinaten		Opleggingen		
	X [mm]	Z [mm]	Tx	Tz	Ry
1	0	0	A	A	
2	3150	0		A	

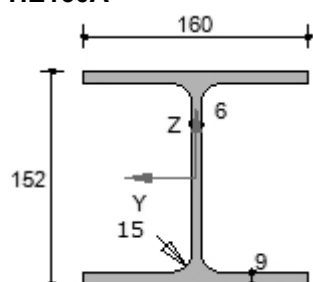
### 1.2 STAVEN

Staaf-nummer	Knoop		Staaf-type	Profiel	Lengte [mm]
	van	naar			
1	1	2		HE160A	3150

### 1.3 PROFIELEN

Profiel-nummer	Naam	Gewicht [kg/m]	E [N/mm <sup>2</sup> ]	A [mm <sup>2</sup> ]	I <sub>y</sub> [mm <sup>4</sup> ]	Wy,el_1 [mm <sup>3</sup> ]	Wy,el_2 [mm <sup>3</sup> ]
1	HE160A	30,5	210000	3880	16738907	220249	220249

#### HE160A



#### Doorsnedegegevens

Maximale coördinaat	$y_{\max}$	=	80,0 mm	$z_{\max}$	=	76,0 mm
Minimale coördinaat	$y_{\min}$	=	-80,0 mm	$z_{\min}$	=	-76,0 mm
Zwaartelij	$z_s$	=	0,0 mm	$y_s$	=	0,0 mm
Oppervlak / Gewicht	A	=	3879,5 mm <sup>2</sup>	G	=	30,5 kg/m
Statisch moment	$S_y$	=	122648 mm <sup>3</sup>	$S_z$	=	58826 mm <sup>3</sup>
Traagheidsmoment	$I_y$	=	16738907 mm <sup>4</sup>	$I_z$	=	6155952 mm <sup>4</sup>
Traagheidsstraal	$i_y$	=	65,7 mm	$i_z$	=	39,8 mm
Elastisch weerstandsmoment	$W_{y,el}$	=	220249 mm <sup>3</sup>	$W_{z,el}$	=	76949 mm <sup>3</sup>
Centrifugaalmoment	$C_{yz}$	=	0 mm <sup>3</sup>	hoek	=	0,00 graden

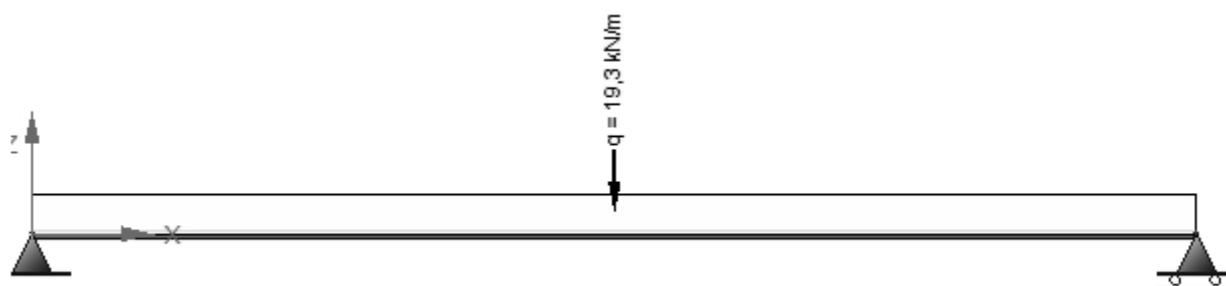
Traagheidsmoment	$I_{\max}$	=	16738907 mm <sup>4</sup>	$I_{\min}$	=	6155952 mm <sup>4</sup>
Traagheidsstraal	$i_{\max}$	=	65,7 mm	$i_{\min}$	=	39,8 mm
Halveringslijn	$z_h$	=	0,0 mm	$y_h$	=	0,0 mm
Plastisch weerstandsmoment	$W_{y,pl}$	=	245295 mm <sup>3</sup>	$W_{z,pl}$	=	117653 mm <sup>3</sup>

**1.4 BELASTINGSGEVAL 1 Permanent INCL. eigen gewicht**

Totaal eigen gewicht: : 96 kg.

**1.4.1 Staafbelastingen**

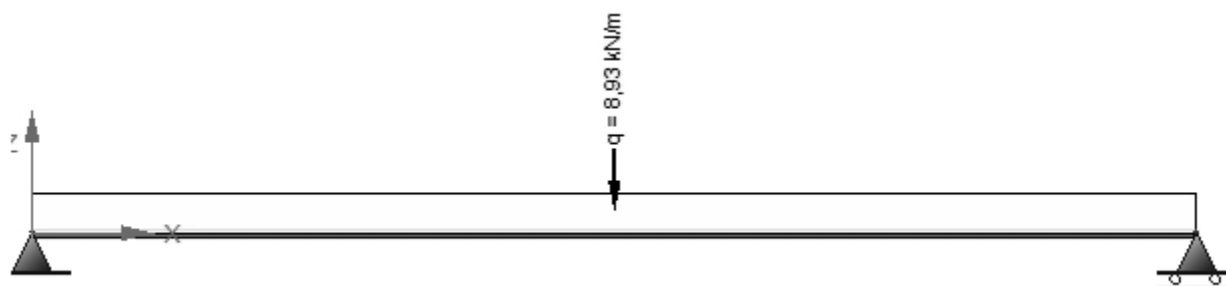
Type	Belasting			Afstand van		
	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
q	-0,305 kN/m	-0,305 kN/m	0,0	1	0	3150
q	-19,300 kN/m	-19,300 kN/m	0,0	1	0	3150



\*) Belastingen a.g.v. eigen gewicht worden niet getekend!

**1.5 BELASTINGSGEVAL 2 Veranderlijk****1.5.1 Staafbelastingen**

Type	Belasting			Afstand van		
	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
q	-8,930 kN/m	-8,930 kN/m	0,0	1	0	3150



**2 Berekeningsresultaten****2.1 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT)****2.1.1 Belastingscombinaties****(GL) Geometrisch lineaire krachtsverdeling**

Combinatie nummer	Omschrijving	Type
1	Combinatie1 (6.10a)	UGT
2	Combinatie2 (6.10b)	UGT

Combinatie nummer	Belasting ( $\psi \times y$ )				
	1	2			
1	1,00 x 1,35	0,50 x 1,50			
2	1,00 x 1,20	1,00 x 1,50			

**2.1.2 Reactiekrachten**

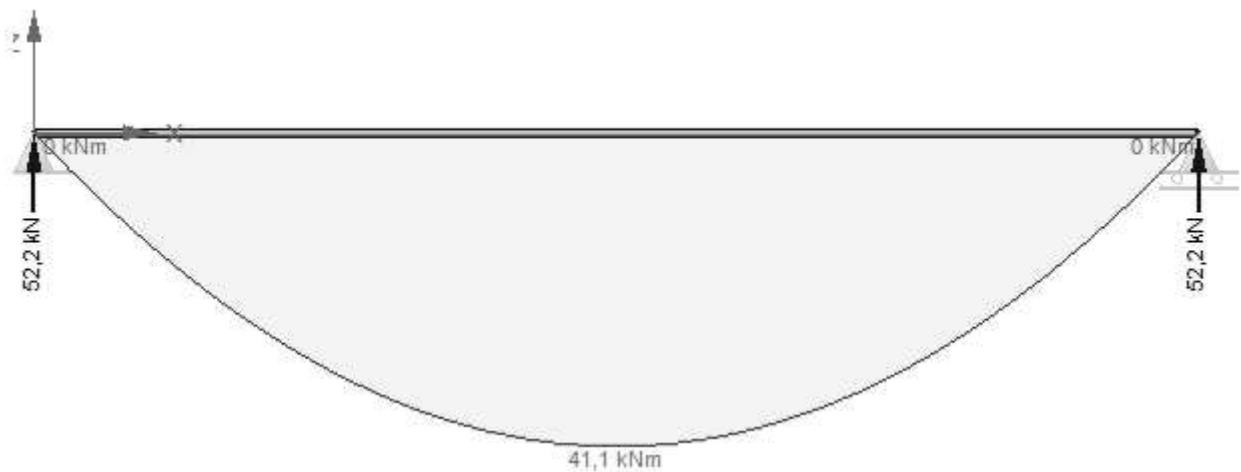
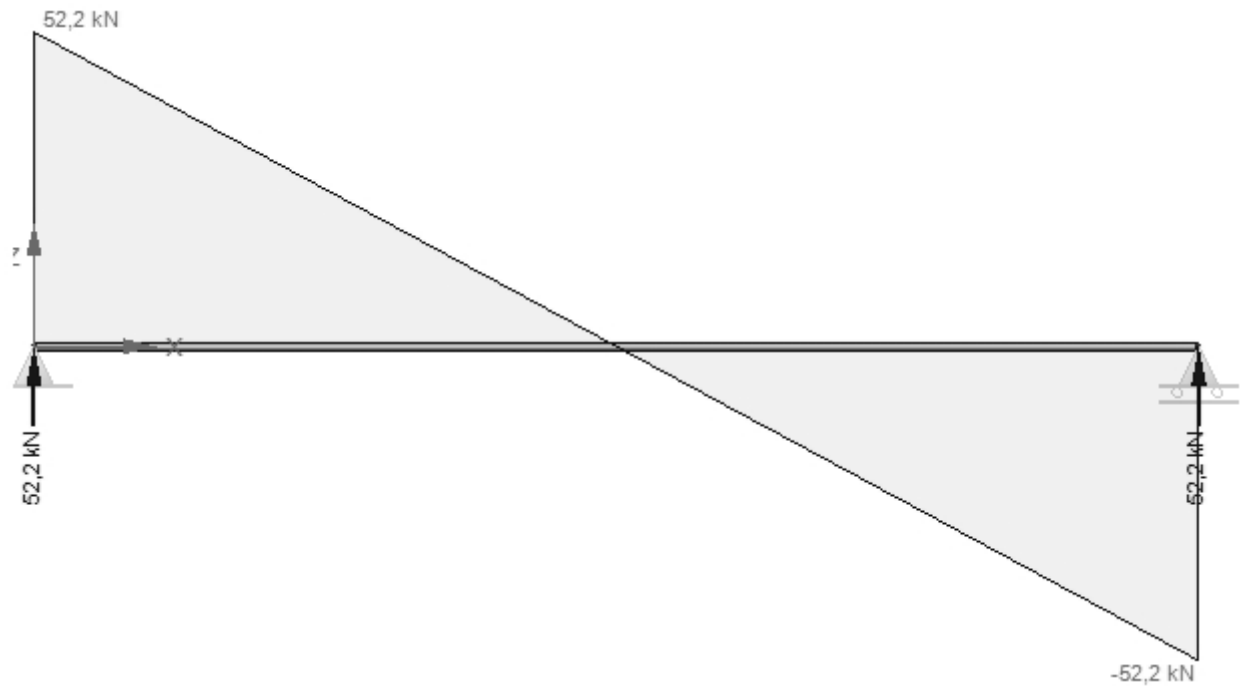
Knoop-nummer	Combinatie nummer	Fx [kN]	Fz [kN]	My [kNm]
1	1		52,233	
	2		58,150	
2	1		52,233	
	2		58,150	

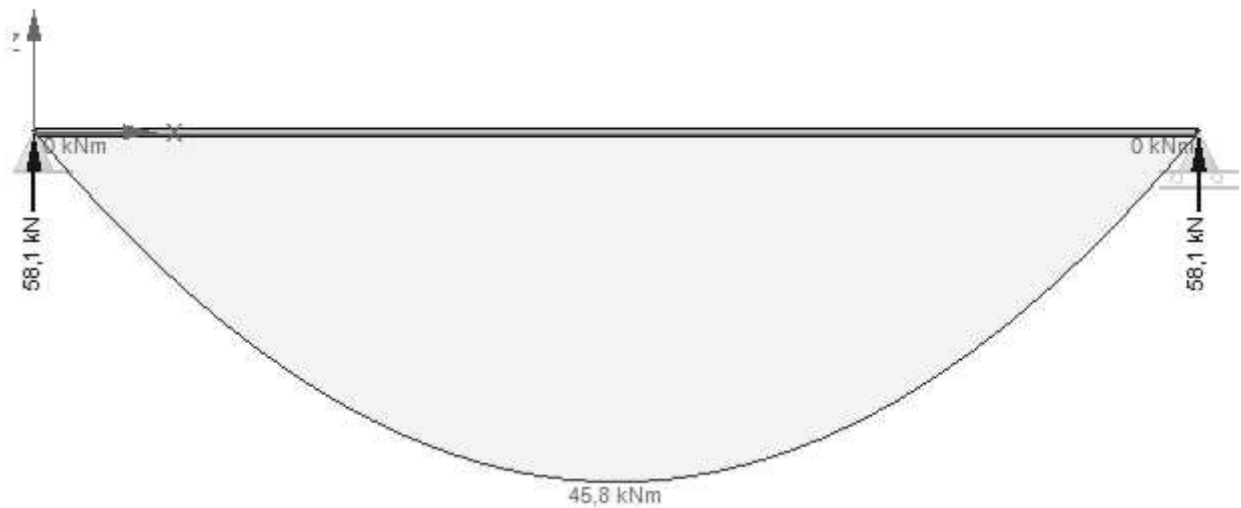
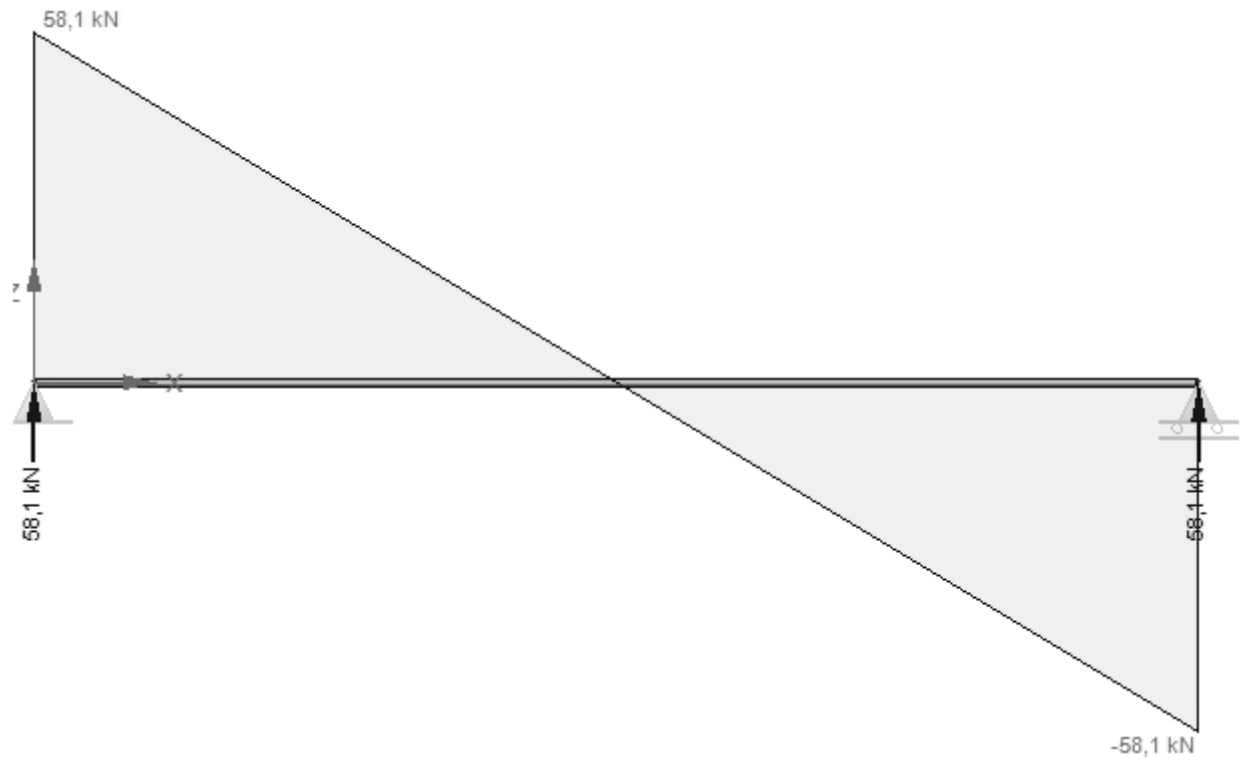
**2.1.3 Staafreactiekrachten**

Staaf-nummer	Combinatie nummer	Knoop-nummer	Nx-lokaal [kN]	Vz-lokaal [kN]	My-lokaal [kNm]
1	1	1		52,233	
		2		52,233	
	2	1		58,150	
		2		58,150	

**2.1.4 Snedekrachten en vervormingen**

Staaf-nummer	Comb. nummer	Knoop-nummer	x-lokaal [mm]	Nx-lokaal [kN]	Vz-lokaal [kN]	My-lokaal [kNm]	df-lokaal [mm]
1	1	1	0	0,000	52,233	<b>0,000</b>	0,0
			1575	0,000	0,000	<b>41,133</b>	12,1
			1576	0,000	-0,026	41,133	<b>12,1</b>
			3150	0,000	-52,233	0,000	0,0
1	2	1	0	0,000	58,150	0,000	0,0
			1574	0,000	0,028	45,793	<b>13,5</b>
			1575	0,000	0,000	<b>45,793</b>	13,5
			3150	0,000	-58,150	0,000	0,0





**2.2 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT)****2.2.1 Belastingscombinaties****(GL) Geometrisch lineaire krachtsverdeling**

Combinatie nummer	Omschrijving	Type
3	Combinatie	BGT

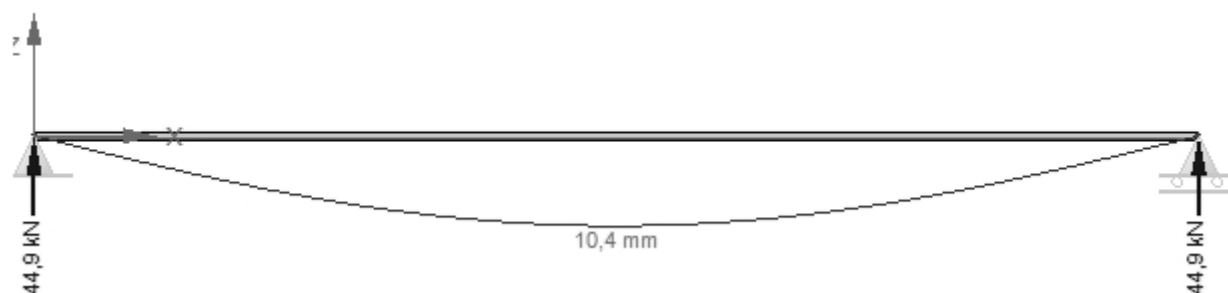
Combinatie nummer	Belasting ( $\psi \times y$ )				
	1	2			
3	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00			

**2.2.2 Knoopverplaatsingen**

Knoop-nummer	Combinatie nummer	dx [mm]	dz [mm]	dr [mrad]
1	3	0,0	0,0	-10,6
2	3	0,0	0,0	10,6

**2.2.3 Snedekrachten en vervormingen**

Staaf-nummer	Comb. nummer	Knoop-nummer	x-lokaal [mm]	Nx-lokaal [kN]	Vz-lokaal [kN]	My-lokaal [kNm]	df-lokaal [mm]
1	3	1	0	0,000	44,942	<b>0,000</b>	0,0
			1575	0,000	0,000	<b>35,392</b>	10,4
			1576	0,000	-0,022	35,392	<b>10,4</b>
			3150	0,000	-44,942	0,000	0,0

**Verplaatsing - 3 Combinatie****2.3 EN1993 TOETSINGEN**



Staaf-nummer	Profiel	Combinatie nummer	Klasse	Artikel	U.C.
1	HE160A	2	1	6.2.5	0,79
		2	1	6.2.6	0,32
		2	1	6.3.2.1	0,93

## 2.3.1 BEREKENING VAN UNITY CHECKS

### Staaf 1 - HE160A

#### 6.2.5 Buigend moment

Belastingcombinatie: 2     $x = 1575 \text{ mm}$      $N_x = 0 \text{ kN}$      $V_z = 0 \text{ kN}$      $M_y = 45,793 \text{ kNm}$

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{245295,1 \times 235}{1,00} = 57,644 \text{ kNm} \quad (6.13)$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{45,793}{57,644} = 0,79 < 1,0 \quad (6.12)$$

#### 6.2.6 Dwarskracht (afschuiving)

Belastingcombinatie: 2     $x = 0 \text{ mm}$      $N_x = 0 \text{ kN}$      $V_z = 58,15 \text{ kN}$      $M_y = 0 \text{ kNm}$

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{1324 \times (235 / \sqrt{3})}{1,00} = 179,6 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{58,1}{179,6} = 0,32 < 1,0 \quad (6.17)$$

#### 6.3.2.1 Kipstabiliteit

Belastingcombinatie: 2     $x = 1575 \text{ mm}$      $N_x = 0 \text{ kN}$      $V_z = -58,149 \text{ kN}$      $M_y = 45,793 \text{ kNm}$

Aantal kipsteunen: 0



$$d' = h - t = 152 - 9 = 143 \text{ mm} \quad I_w = \frac{(d')^2 b^3 t}{24} = \frac{(143)^2 \times 160^3 \times 9,0}{24} = 31410 \times 10^6 \text{ mm}^6$$

$$\text{torsiestijfheid volgens Roark geval 26} \quad I_t = 122540 \text{ mm}^4$$

volgens NEN-EN 1993-1-1+C2:2011/NB:2011 figuren NB.33 en NB.34:

$$L_g = 3150 \text{ mm} \quad L_{st} = 3150 \text{ mm}$$

$$B^* = \frac{8 M}{8 |M| + q L_{st}^2} = \frac{8 \times 0}{8 \times |0| + 36,918 \times 3150^2} = 0 \quad \text{D.4.3 (3)}$$

$$\beta = \frac{M_{y,1,Ed}}{M_{y,2,Ed}} = \frac{0}{0} = 1 \quad C_1 = 1,13 \quad C_2 = -0,461$$

aangrijpingspunt belasting op  $z = 76 \text{ mm}$

$$L_{kip} = L_{st} = 3150 \text{ mm}$$

$$S = \frac{h}{2} \times \sqrt{\frac{E \times I_z}{G \times I_t}} = \frac{152}{2} \times \sqrt{\frac{210000 \times 6155952}{80769 \times 122540}} = 869 \quad \text{(NB.159)}$$

$$C = \frac{\pi \times C_1 \times L_g}{L_{kip}} \times \left( \sqrt{1 + \left( \frac{\pi^2 \times S^2}{L_{kip}^2} \times (C_2^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times C_2 \times S}{L_{kip}} \right) = \quad \text{(NB.157)}$$

$$= \frac{\pi \times 1,13 \times 3150}{3150} \times \left( \sqrt{1 + \left( \frac{\pi^2 \times 869^2}{3150^2} \times (-0,461^2 + 1) \right)} + \frac{\pi \times -0,461 \times 869}{3150} \right) = 3,486$$

$$h / t_w = 152 / 6 = 25,3 < 75 \quad \rightarrow k_{red} = 1 \quad \text{(NB.153)}$$

$$M_{cr} = k_{red} \times \frac{C}{L_g} \times \sqrt{E \times I_z \times G \times I_t} = \quad \text{(NB.148)}$$

$$= 1 \times \frac{3,486}{3150} \times \sqrt{210000 \times 6155952 \times 80769 \times 122540} = 125,176 \text{ kNm}$$

$$\lambda_{Lt} = \pi \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{245295 \times 235}{125176062}} = 0,68 > \lambda_{Lt,0} = 0,4$$

$$\text{Kipkromme a} \quad \alpha_{Lt} = 0,21$$

$$\Phi_{Lt} = 0,5 [1 + \alpha_{Lt} (\lambda_{Lt} - 0,2) + \lambda_{Lt}^2] = 0,5 \times [1 + 0,21 \times (0,68 - 0,2) + 0,68^2] = 0,78$$

$$\chi_{Lt} = \frac{1}{\Phi_{Lt} + \sqrt{\Phi_{Lt}^2 - \lambda_{Lt}^2}} = \frac{1}{0,78 + \sqrt{0,78^2 - 0,68^2}} = 0,86 \quad \text{(6.56)}$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{Lt} W_y \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,86 \times 245295,1 \times \frac{235}{1,00} = 49,4 \text{ kNm} \quad \text{(6.55)}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} = \frac{45,8}{49,4} = 0,93 < 1,0 \quad \text{(6.54)}$$