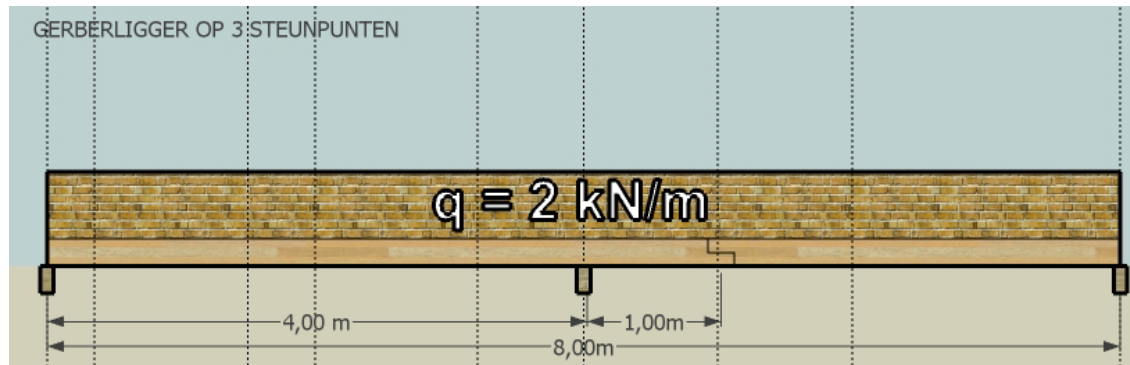


**Gegeven:**



**Hout**

$E = 11000 \text{ N/mm}^2$

$f_m = 18 \text{ N/mm}^2$

$f_v = 1 \text{ N/mm}^2$

$u_{\max} = 0,004L$

$b = 100\text{mm}$  (breedte houten balk)

**Staal**

$E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$

$f_m = 235 \text{ N/mm}^2$

$f_v = 10,5 \text{ N/mm}^2$

$u_{\max} = 0,004L$

**Gevraagd:**

- a. reactiekrachten
- b. dwarskrachten
- c. dwarskrachtenlijn (D-lijn)
- d. maximale dwarskracht
- e. momenten
- f. momentenlijn
- g. maximaal moment
- h. weerstandsmoment
- i. berekening op sterkte – buiging
- j. berekening op sterkte - afschuiving
- k. traagheidsmoment
- l. buigstijfheid
- m. berekening op stijfheid m.b.v. benaderingsformule
- n. doorbuiging in midden (M) van deel A-B
- o. doorbuiging in S1
- p. afmetingen van de ligger

**Reaktiekrachten****Deel S1-C**

$$\Sigma M \text{ t.o.v. } S1 = 0$$

$$-6 * 1,5 + S1 * 3 = 0$$

$$S1 = 3kN$$

$$\Sigma V = 0$$

$$6 - Frb - 3 = 0$$

$$Frb = 3kN$$

**Deel A-S1**

$$\Sigma M \text{ t.o.v. } A = 0$$

$$-10 * 2,5 + 4Frb - 3 * 5 = 0$$

$$Frb = 10kN$$

$$\Sigma V = 0$$

$$-Fra + 10 - 10 + 3 = 0$$

$$Fra = 3kN$$

**Dwarskrachten**

$$Va = 3kN$$

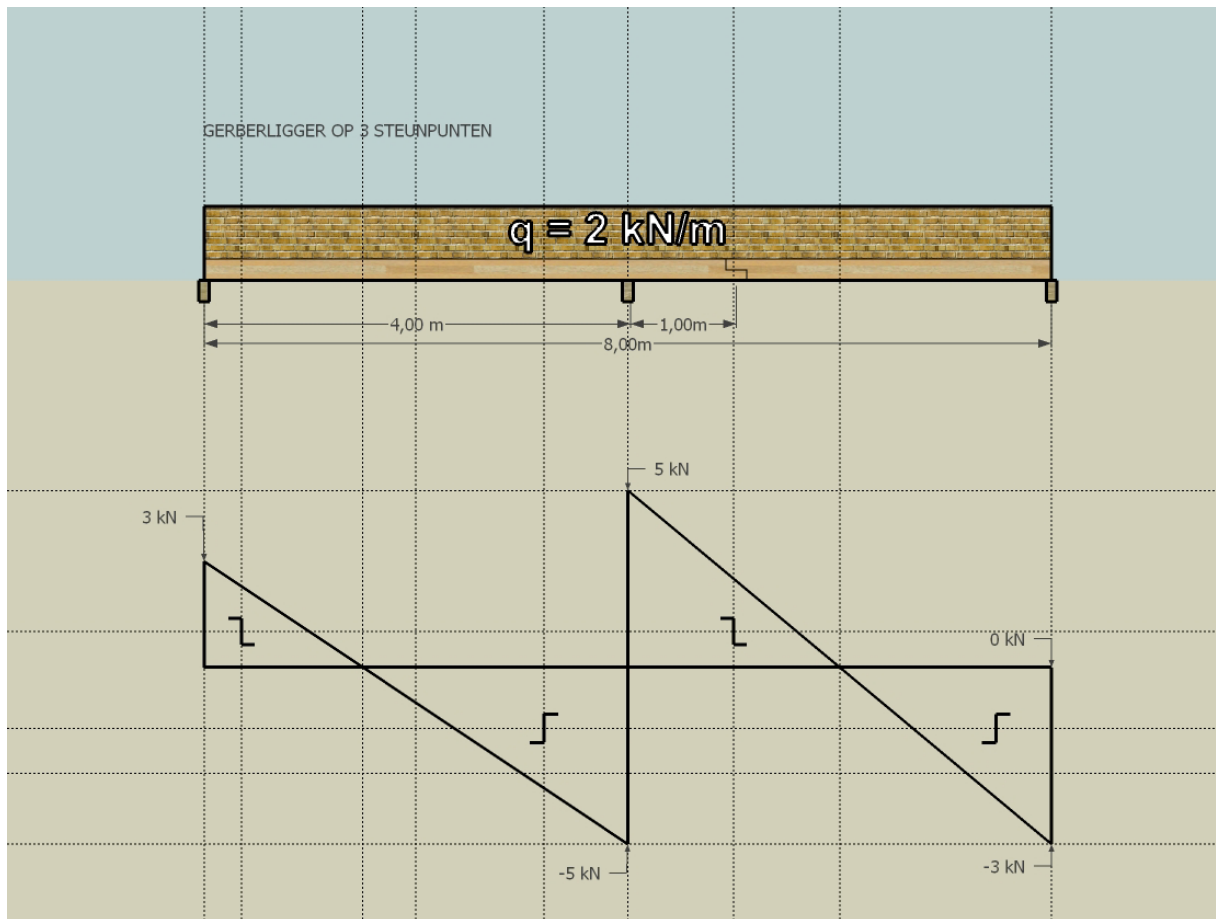
$$Vb1 = 3 - (2 * 4) = -5kN$$

$$Vb2 = -5 + 10 = 5kN$$

$$Vc1 = 5 - (2 * 4) = -3kN$$

$$Vc2 = -3 + 3 = 0kN$$

$$V \text{ max} = 5kN$$



**Momenten****Manier 1**

$$M1 = \frac{3 * 1,5}{2} = 2,25kNm$$

$$M2 = 2,25 - \frac{5 * 2,5}{2} = -4kNm$$

$$M3 = -4 + \frac{5 * 2,5}{2} = 2,25kNm$$

$$M4 = 2,25 - \frac{3 * 1,5}{2} = 0kNm$$

**Of Manier 2**

$$M1 = -(Fra * x) + ((q * x) * \frac{x}{2}) = -Fra * x + \frac{1}{2}qx^2 = -(3 * 1,5) + ((2 * 1,5) * \frac{1,5}{2}) = -2,25kNm$$

$$M2 = -(3 * 4) + ((2 * 4) * \frac{4}{2}) = 4kNm$$

$$M3 = -(3 * 6,5) + ((2 * 6,5) * \frac{6,5}{2}) - 10 * 2,5 = -2,25kNm$$

$$M4 = -(3 * 8) + ((2 * 8) * \frac{8}{2}) - (10 * 4) = 0kNm$$

***Afspraak was dat de waarden onder de momentenlijn positief zouden zijn, dus de uitkomsten van de momenten met -1 vermenigvuldigen***

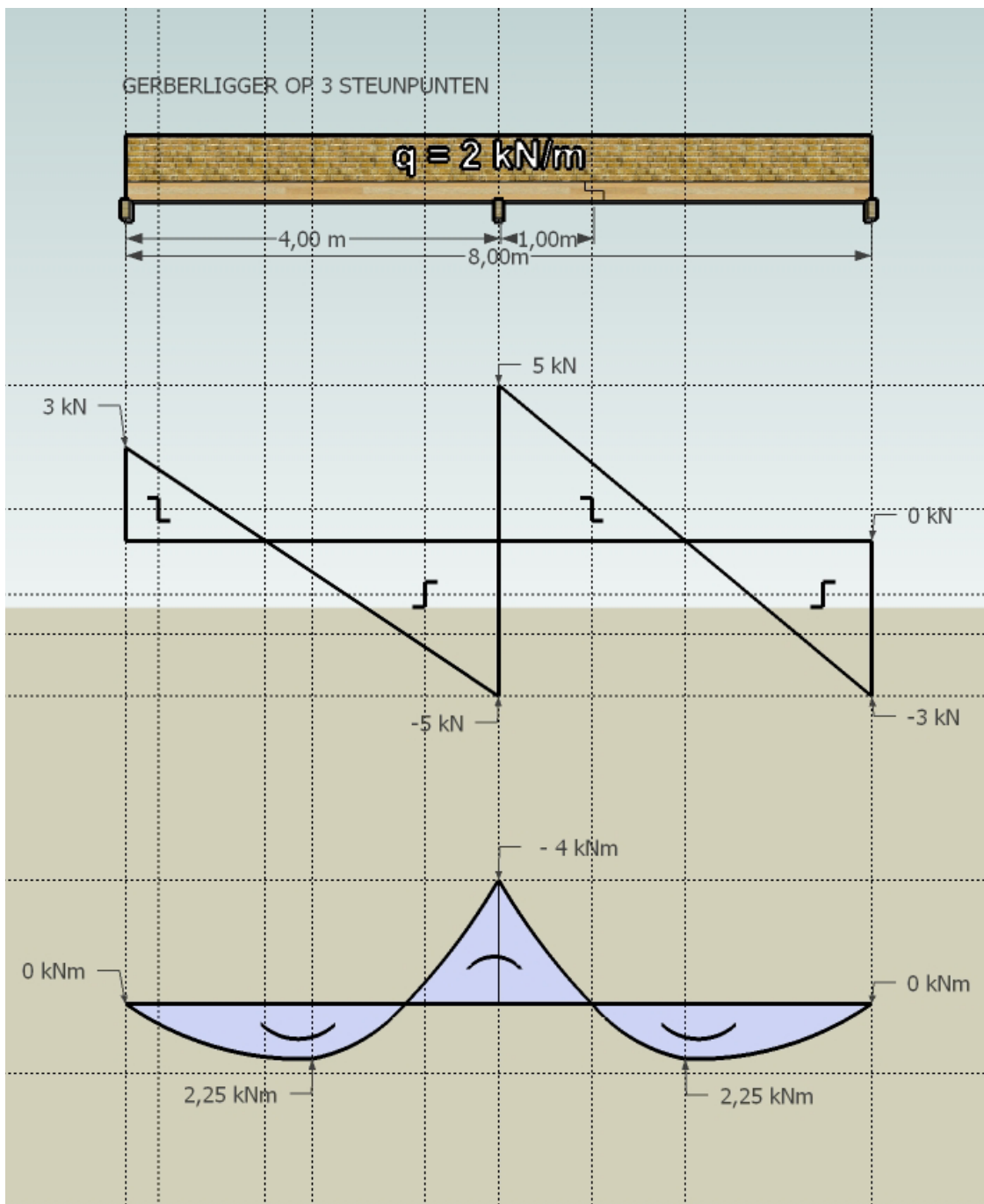
$$M1 = -2,25kN * -1 = 2,25kNm$$

$$M2 = 4kN * -1 = -4kNm$$

$$M3 = -2,25kN * -1 = 2,25kNm$$

$$M4 = 0kN * -1 = 0kNm$$

$$M \text{ max} = 4kNm$$



**Berekening op sterkte****Buiging**

$$M = W_y * f_m$$

$$W_y = \frac{4 * 10^6 Nm}{18 N / mm^2} = 222 * 10^3 mm^3$$

$$W_y = \frac{1}{6} * b * h^2$$

Neem  $b = 100 \text{ mm}$

$$h = \sqrt{\frac{222 * 10^3 * 6}{100}} = 115 mm$$

Neem handelsmaat  $100 * 150$

$$W_y = \frac{1}{6} * 100 * 150^2 = 375 * 10^3 mm^3$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{4 * 10^6 Nmm}{375 * 10^3 mm^3} = 10,76 N / mm^2$$

$$\text{Unity Check} = UC = \frac{10,76 N / mm^2}{18 N / mm^2} \leq 1$$

***Sterkte is akkoord op buiging.***

**Afschuiving**

$$\tau = 1,5 * \frac{F}{A} = 1,5 * \frac{5000}{100 * 150} = 0,5 N / mm^2$$

$$\text{Unity Check} = UC = \frac{0,5 N / mm^2}{1,0 N / mm^2} \leq 1$$

***Sterkte is akkoord op afschuiving***

**Berekening op stijfheid**

$$I_y = \frac{1}{12} * b * h^3 = \frac{1}{12} * 100 * 150^3 = 2812 * 10^4 \text{ mm}^4$$

Benaderingsformule doorbuiging

$$u = 0,1 * \frac{ML^2}{EI} = 0,1 * \frac{4 * 10^6 * 4000}{11000 * 2812 * 10^4} = 21 \text{ mm}$$

$$\text{Doorbuiging}_{\max} = 0,004L = 0,004 * 4000 = 16 \text{ mm}$$

$$UC = \frac{21}{16} > 1$$

**Ligger 100\*150 niet akkoord op stijfheid**

$$I_{y_{\max}} = \frac{0,1 * 4 * 10^6 * 4000^2}{11000 * 16} = 3636 * 10^4 \text{ mm}^4$$

Voor b = 100mm

$$h = \sqrt[3]{\frac{3636 * 10^4 * 12}{100}} = 163 \text{ mm}$$

Neem handelsmaat 100\*200

$$I_y = \frac{1}{12} * 100 * 200^3 = 6667 * 10^4 \text{ mm}^4$$

$$u = 0,1 * \frac{ML^2}{EI} = 0,1 * \frac{4 * 10^6 * 4000}{11000 * 6667 * 10^4} = 9 \text{ mm}$$

$$\text{Doorbuiging}_{\max} = 0,004L = 0,004 * 4000 = 16 \text{ mm}$$

$$UC = \frac{9}{16} \leq 1$$

**Ligger 100\*200 akkoord op stijfheid**

Neem als keuze ligger 100mm\*200mm

**Berekening van buiging met Vergeet Mij Nietjes****Deel A-B****Doorbuiging veroorzaakt door lijnbelasting q (VMN-5)**

$$u_{midden} = \frac{5qL^4}{384EI} = \frac{5 * 2 * 4^4}{384 * 11 * 10^6 * 6667 * 10^{-8}} = \frac{5 * 2 * 4^4}{384 * 733} = 0,009m = 9mm \downarrow$$

**Doorbuiging veroorzaakt door Steunpuntsmoment in B (VMN-8)**

$$u_B = \frac{ML^2}{16EI} = \frac{4 * 4^2}{16 * 733} = 0,005m = 5,5mm \uparrow$$

**Totale doorbuiging in M**

$$u_{midden\_totaal} = u_{midden} \uparrow + u_B \downarrow = 9 - 5,5 = 3,5mm$$

**Hoekverdraaiing in Steunpunt B-linkerdeel door lijnbelasting q (VMN-5)**

$$\varphi_{B\_links} = \frac{qL^3}{24EI} = \frac{2 * 4^3}{24 * 733} = 0,00728rad \downarrow$$

**Hoekverdraaiing in Steunpunt B-rechterdeel door steunpuntsmoment in B (VMN-8)**

$$\varphi_{B\_rechts} = \frac{ML}{3EI} = \frac{4 * 4}{3 * 733} = 0,00728rad \uparrow$$

**Totale hoekverdraaiing in B**

$$\varphi_{B\_totaal} = \varphi_{B\_links} \downarrow + \varphi_{B\_rechts} \uparrow = 0,00728 - 0,00728 = 0rad$$

**Verplaatsing op S1 door lijnbelasting en steunpuntsmoment**

$$u_{S1} = \varphi_{B\_totaal} * L = 0rad * 1m = 0m = 0m \uparrow$$

**Verplaatsing op S1 door scharnierkracht (VMN-2)**

$$u_{S1\_puntlast} = \frac{FL^3}{3EI} = \frac{3 \cdot 1^3}{3 \cdot 733} = 0,0014m = 1,4mm \downarrow$$

**Verplaatsing op S1 door lijnbelasting (VMN-3)**

$$u_{S1\_q-last} = \frac{qL^4}{8EI} = \frac{2 \cdot 1^4}{8 \cdot 733} = 0,00034m = 0,34mm \downarrow$$

**Totale verplaatsing in S1**

$$u_{S1\_totaal} = u_{S1} \uparrow + u_{S1\_puntlast} \downarrow + u_{S1\_q-last} \downarrow = 0 + 1,4 + 0,34 = 1,74mm$$

**Resume**

Verplaatsing in M = 3,5 mm

Verplaatsing in S1 = 1,74mm

Doorbuiging is beduidend minder dan met de benaderingsformule is aangenomen.

Dit betekent dat de gerberligger slanker zou kunnen worden uitgevoerd. Men dient dan wel de (gerber)ligger opnieuw te toetsen op sterkte en stijfheid.

Gerberligger 100mm\*150mm zou dan toch kunnen voldoen aan de berekening op stijfheid.

Verplaatsing in M door q-last is dan 21,6mm

Verplaatsing in M door steunpuntsmoment is dan 13mm

Totale verplaatsing in M is dan 8,6mm, UC = 8,6/16 is akkoord.

**Voor een stalen ligger****Berekening op sterkte****Buiging**

$$M = W_y \cdot f_m$$

$$W_y = \frac{4 \cdot 10^6 Nm}{235 N/mm^2} = 17 \cdot 10^3 mm^3$$

Kies  $\Rightarrow$  IPE80

$$W_y = 20 \cdot 10^3 mm^3$$

$$I_y = 80,1 \cdot 10^4 mm^4$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{4 \cdot 10^6 \text{ Nmm}}{20 \cdot 10^3 \text{ mm}^3} = 200 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Unity Check} = \text{UC} = \frac{200 \text{ N/mm}^2}{235 \text{ N/mm}^2} \leq 1$$

***Sterkte is akkoord op buiging.***

### **Afschuiving**

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{5000}{764} = 6,54 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Unity Check} = \text{UC} = \frac{6,54 \text{ N/mm}^2}{10,5 \text{ N/mm}^2} \leq 1$$

***Sterkte is akkoord op afschuiving***

### **Berekening op stijfheid**

#### **Buigstijfheid**

$$EI = 2,1 \cdot 10^8 \cdot 80,1 \cdot 10^{-8} = 168,21 \text{ kNm}^2$$

#### **Deel A-B**

#### **Doorbuiging veroorzaakt door lijnbelasting q (VMN-5)**

$$u_{\text{midden}} = \frac{5qL^4}{384EI} = \frac{5 \cdot 2 \cdot 4^4}{384 \cdot 168,21} = 0,0396 \text{ m} = 39,6 \text{ mm} \downarrow$$

#### **Doorbuiging veroorzaakt door Steunpuntsmoment in B (VMN-8)**

$$u_B = \frac{ML^2}{16EI} = \frac{4 \cdot 4^2}{16 \cdot 168,21} = 0,0238 \text{ m} = 23,8 \text{ mm} \uparrow$$

#### **Totale doorbuiging in M**

$$u_{\text{midden\_totaal}} = u_{\text{midden}} \uparrow + u_B \downarrow = 39,6 - 23,8 = 15,8 \text{ mm}$$

We weten uit de stijfheidsberekening van de houten ligger dat de totale hoekverdraaiing in B gelijk is aan nul radialen.

**Verplaatsing op S1 door lijnbelasting en steunpuntsmoment**

$$u_{S1} = \varphi_{B\_totaal} * L = 0rad * 1m = 0m = 0m \uparrow$$

**Verplaatsing op S1 door scharnierkracht (VMN-2)**

$$u_{S1\_puntlast} = \frac{FL^3}{3EI} = \frac{3 * 1^3}{3 * 168,21} = 0,0059m = 5,9mm \downarrow$$

**Verplaatsing op S1 door lijnbelasting (VMN-3)**

$$u_{S1\_q-last} = \frac{qL^4}{8EI} = \frac{2 * 1^4}{8 * 168,21} = 0,001484m = 1,5mm \downarrow$$

**Totale verplaatsing in S1**

$$u_{S1\_totaal} = u_{S1} \uparrow + u_{S1\_puntlast} \downarrow + u_{S1\_q-last} \downarrow = 0 + 5,9 + 1,5 = 7,4mm$$

**Resume**

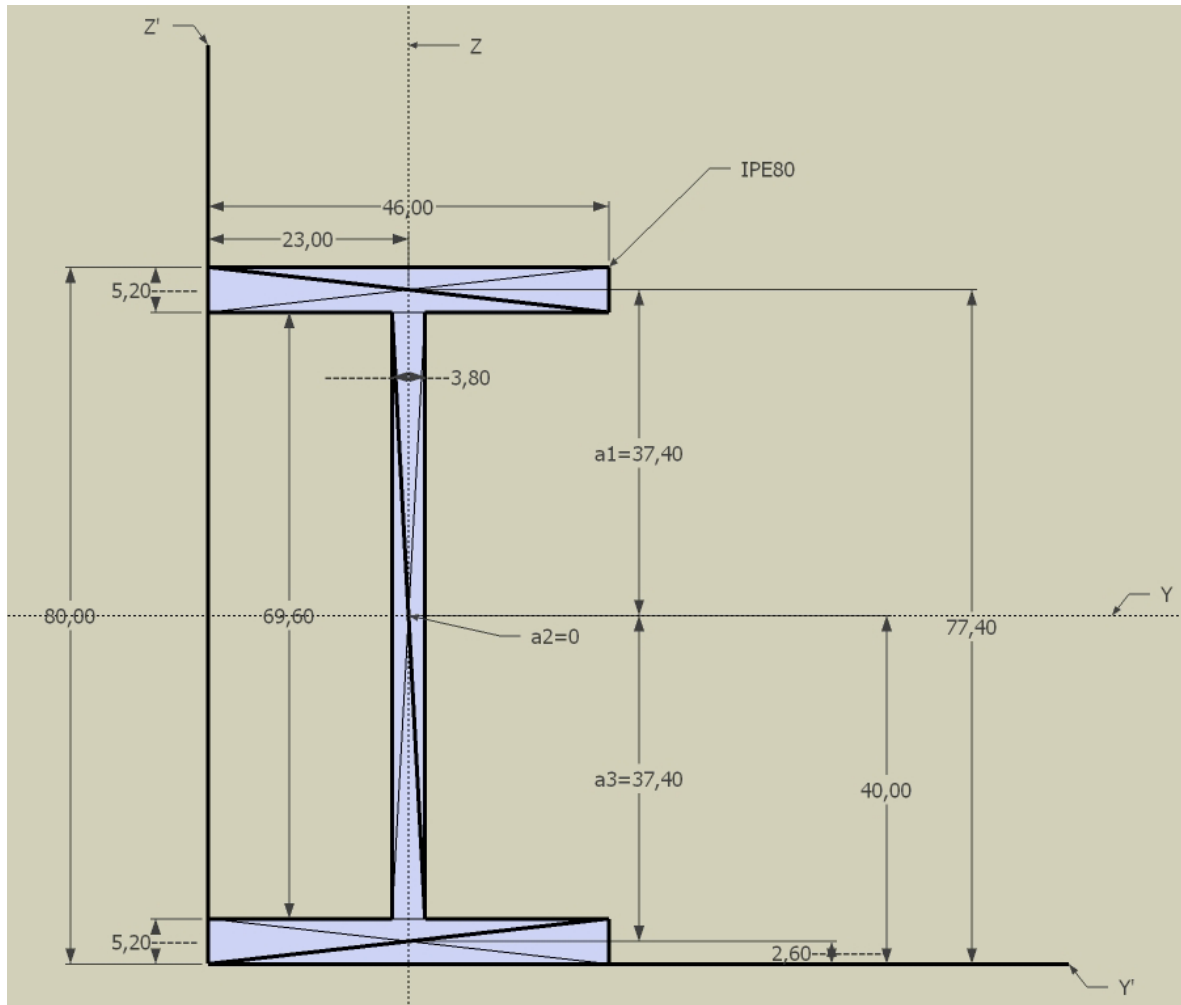
Verplaatsing in M = 15,8 mm

Verplaatsing in S1 = 7,4mm

$$UC = \frac{15,8}{16} \leq 1 = \text{akkoord}$$

## Verschuivingsregel van Steiner

### Berekening traagheidsmoment van een IPE80



#### T.o.v. de y'-as

$$A_1 = 46 \cdot 5,2 = 239,2$$

$$A_2 = (80 - (2 \cdot 5,2)) \cdot 3,8 = 264,48$$

$$A_3 = 46 \cdot 5,2 = 239,2$$

$$A_{\text{totaal}} = 742,88$$

$$S_y = (239,2 * 77,4) + (264,48 * 40) + (239,2 * 2,6) = z_y * A_{totaal}$$

$$S_y = 29715,2$$

$$z_y = \frac{S_y}{A_{totaal}} = \frac{29715,2}{742,88} = 40$$

$$S_z = (239,2 * 23) + (264,48 * 23) + (239,2 * 23) = z_z * A_{totaal}$$

$$S_z = 17086,24$$

$$z_z = \frac{S_z}{A_{totaal}} = \frac{17086,24}{742,88} = 23$$

**Verschuiving zwaartepuntafstand t.o.v. de y'-as**

$$a_{1y} = 77,4 - 40 = 37,4$$

$$a_{2y} = 40 - 40 = 0$$

$$a_{3y} = 2,6 - 40 = -37,4$$

**Lineaire traagheidsmoment t.o.v. de eigen (lokaal) y-as**

$$I_{y_1} = \frac{1}{12} * 46 * 5,2^3 = 539$$

$$I_{y_2} = \frac{1}{12} * 3,8 * 69,6^3 = 106765,3$$

$$I_{y_3} = \frac{1}{12} * 46 * 5,2^3 = 539$$

**Verschuivingsregel van Steiner t.o.v. y'-as (globaal)**

$$I_{y_{s1}} = I_{y_1} + a_{1y}^2 * A_1 = 539 + 37,4^2 * 239,2 = 335122,4$$

$$I_{y_{s2}} = I_{y_2} + a_{2y}^2 * A_2 = 106765,3 + 0^2 * 264,48 = 106765,3$$

$$I_{y_{s3}} = I_{y_3} + a_{3y}^2 * A_{3t} = 539 + (-37,4)^2 * 239,2 = 335122,4$$

$$I_{y_{totaal}} = 335122,4 + 106765,3 + 335122,4 = 78 * 10^4 \text{ mm}^4$$

**Lineaire traagheidsmoment t.o.v. de eigen (lokaal) z-as**

$$I_{z_1} = \frac{1}{12} * 5,2 * 46^3 = 42179$$

$$I_{z_2} = \frac{1}{12} * 69,6 * 3,8^3 = 318,26$$

$$I_{z_3} = \frac{1}{12} * 5,2 * 46^3 = 42179$$

**Verschuiving zwaartepuntafstand t.o.v. z'-as**

$$a_{1z} = 23 - 23 = 0$$

$$a_{2z} = 23 - 23 = 0$$

$$a_{3z} = 23 - 23 = 0$$

**Verschuivingsregel van Steiner t.o.v. z'-as (globaal)**

$$I_{z_{s1}} = I_{z_1} + a_{1z}^2 * A_1 = 42179 + 0^2 * 239,2 = 42179$$

$$I_{z_{s2}} = I_{z_2} + a_{2z}^2 * A_2 = 318,26 + 0^2 * 264,48 = 318,26$$

$$I_{z_{s3}} = I_{z_3} + a_{3z}^2 * A_3 = 42179 + 0^2 * 239,2 = 42179$$

$$I_{z_{totaal}} = 42179 + 318,26 + 42179 = 8,5 * 10^4 \text{ mm}^4$$

**Weerstandsmoment t.o.v. Y-as**

$$W_{y_{boven}} = \frac{I_y}{e_{boven}} = \frac{78 * 10^4}{40} = 19,5 * 10^3 \text{ mm}^3 \approx 20 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{y_{boven}} = W_{y_{onder}} = 20 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{I_z}{e_{1z}} = \frac{8,5 * 10^4}{23} = 3,7 * 10^3 \text{ mm}^3$$

**Volgens tabel IPE80**

profiel nr.	G <sub>s</sub> kg/m	A mm <sup>2</sup>	h mm	b mm	t <sub>w</sub> mm	t <sub>f</sub> mm	A <sub>L</sub> m <sup>2</sup> /m	I <sub>y</sub> x10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	W <sub>y,el</sub> x10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	I <sub>z</sub> x10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	W <sub>z,el</sub> x10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	profiel nr.
80	6,11	764	80	46	3,8	5,2	0,328	80,1	20,0	8,49	3,69	80

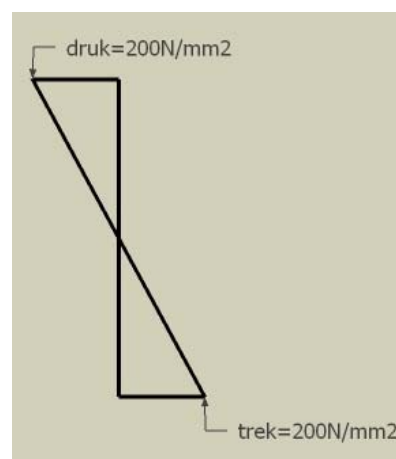
**Materiaalspanning**

**Berekening op druk**

$$\sigma_c = \frac{M}{W_y} = \frac{4 * 10^6 \text{ kNm}}{20 * 10^3 \text{ mm}^3} = 200 \text{ N/mm}^2$$

**Berekening op trek**

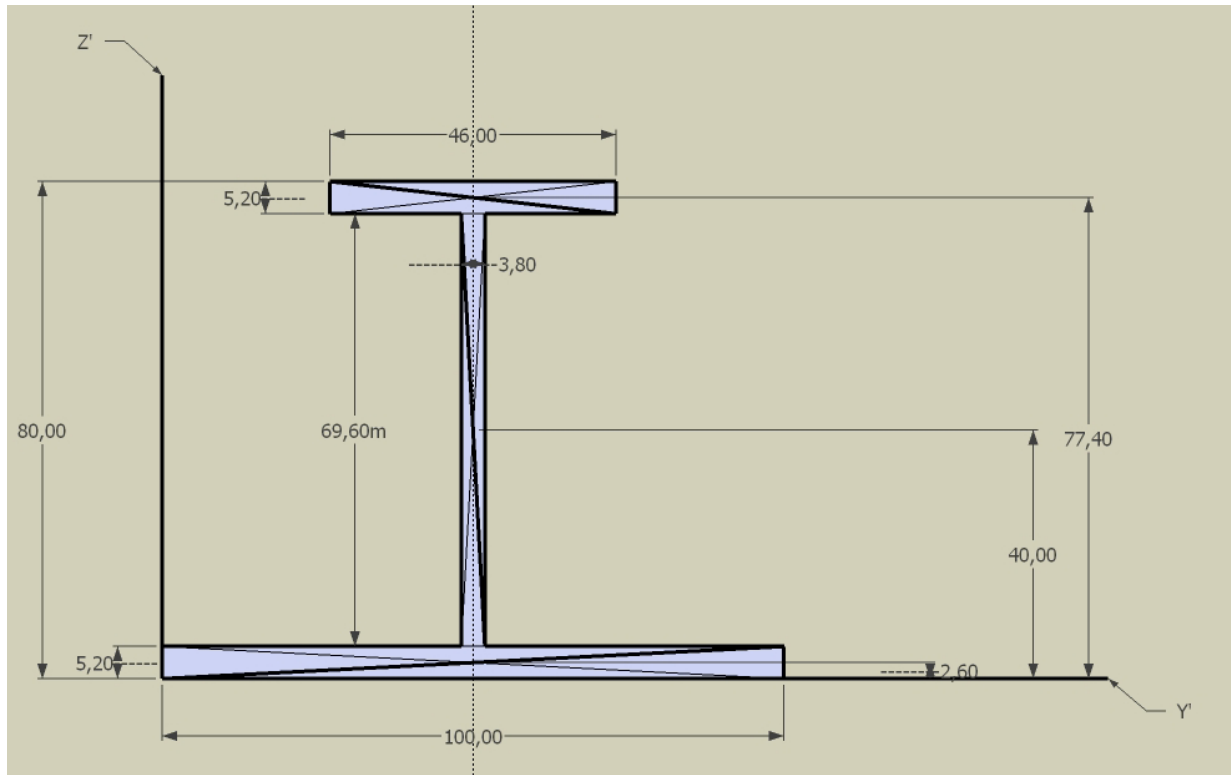
$$\sigma_c = \sigma_t = 200 \text{ N/mm}^2$$



**Unity check op sterkte**

$$UC = \frac{200}{235} \leq 1 = \text{akkoord}$$

**Samengestelde stalen ligger (hoedligger)**



**Verschuivingsregel van Steiner**

**Berekening traagheidsmoment van een Samengestelde stalen ligger**

**T.o.v. de y'-as**

$$A1 = 46 * 5,2 = 239,2$$

$$A2 = (80 - (2 * 5,2)) * 3,8 = 264,48$$

$$A3 = 100 * 5,2 = 520$$

$$A_{\text{totaal}} = 1023,68$$

$$S_y = (239,2 * 77,4) + (264,48 * 40) + (520 * 2,6) = z_y * A_{totaal}$$

$$S_y = 30445,28$$

$$z_y = \frac{S_y}{A_{totaal}} = \frac{30445,28}{1023,68} = 29,74$$

$$S_z = (239,2 * 50) + (264,48 * 50) + (520 * 50) = z_z * A_{totaal}$$

$$S_z = 51184$$

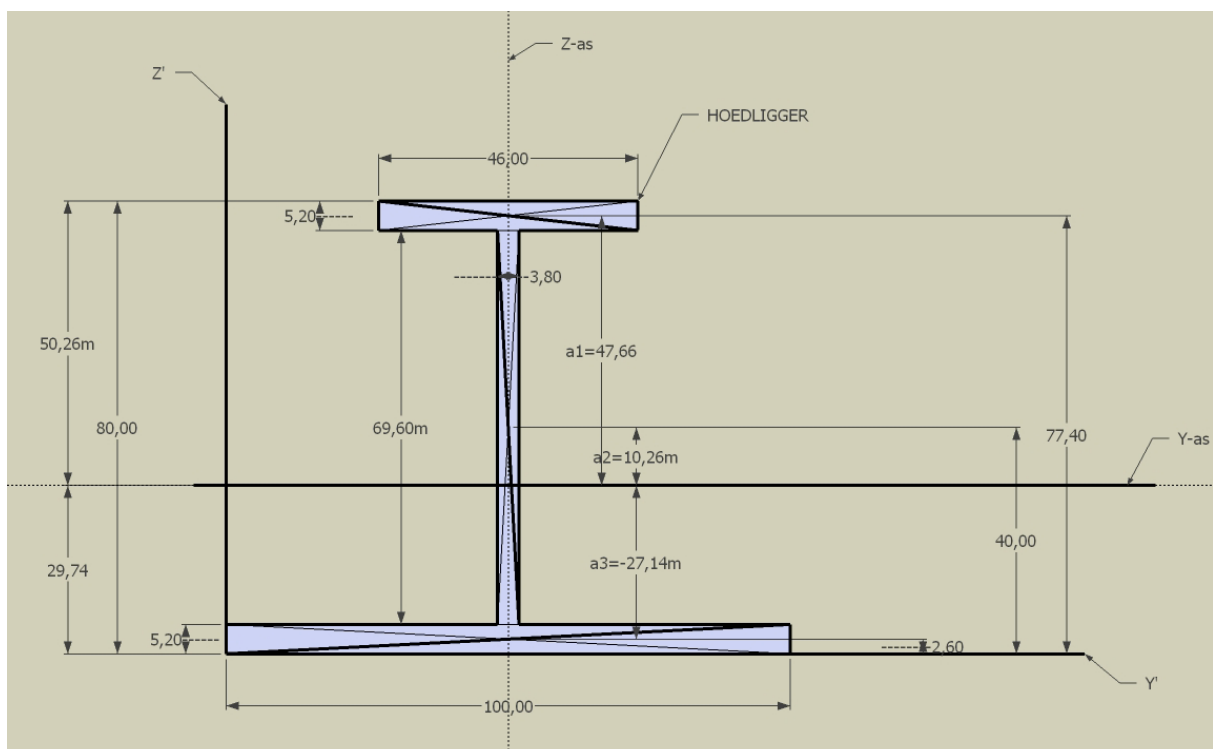
$$z_z = \frac{S_z}{A_{totaal}} = \frac{51184}{1023,68} = 50$$

**Verschuiving zwaartepuntafstand t.o.v. de y'-as**

$$a_{1y} = 77,4 - 29,74 = 47,66$$

$$a_{2y} = 40 - 29,74 = 10,26$$

$$a_{3y} = 2,6 - 29,74 = -27,14$$



**Lineaire traagheidsmoment t.o.v. de eigen (lokaal) y-as**

$$I_{y_1} = \frac{1}{12} * 46 * 5,2^3 = 539$$

$$I_{y_2} = \frac{1}{12} * 3,8 * 69,6^3 = 106765,3$$

$$I_{y_3} = \frac{1}{12} * 100 * 5,2^3 = 1171,73$$

**Verschuivingsregel van Steiner t.o.v. y'-as (globaal)**

$$I_{y_{s1}} = I_{y_1} + a_{1y}^2 * A_1 = 539 + 47,66^2 * 239,2 = 543875,96$$

$$I_{y_{s2}} = I_{y_2} + a_{2y}^2 * A_2 = 106765,3 + 10,26^2 * 264,48 = 134606,47$$

$$I_{y_{s3}} = I_{y_3} + a_{3y}^2 * A_3 = 1171,73 + (-27,14)^2 * 520 = 384139,12$$

$$I_{y_{totaal}} = 543875,96 + 134606,47 + 384139,12 = 106 * 10^4 \text{ mm}^4$$

**Lineaire traagheidsmoment t.o.v. de eigen (lokaal) z-as**

$$I_{z_1} = \frac{1}{12} * 5,2 * 46^3 = 42179$$

$$I_{z_2} = \frac{1}{12} * 69,6 * 3,8^3 = 318,26$$

$$I_{z_3} = \frac{1}{12} * 5,2 * 100^3 = 433333$$

**Verschuiving zwaartepuntafstand t.o.v. z'-as**

$$a_{1z} = 50 - 50 = 0$$

$$a_{2z} = 50 - 50 = 0$$

$$a_{3z} = 50 - 50 = 0$$

**Verschuivingsregel van Steiner t.o.v. z'-as (globaal)**

$$I_{z_{s1}} = I_{z_1} + a_{1z}^2 * A_1 = 42179 + 0^2 * 239,2 = 42179$$

$$I_{z_{s2}} = I_{z_2} + a_{2z}^2 * A_2 = 318,26 + 0^2 * 264,48 = 318,26$$

$$I_{z_{s3}} = I_{z_3} + a_{3z}^2 * A_3 = 433333 + 0^2 * 520 = 433333$$

$$I_{z_{totaal}} = 42179 + 318,26 + 433333 = 48 * 10^4 \text{ mm}^4$$

**Weerstandsmoment t.o.v. Y-as en Z-as.**

$$W_{y_{boven}} = \frac{I_y}{e_{boven}} = \frac{106 * 10^4}{80 - 29,74} = 21 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{y_{onder}} = \frac{I_y}{e_{onder}} = \frac{106 * 10^4}{80 - 50,26} = 36 * 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_z = \frac{I_z}{e_{1z}} = \frac{48 * 10^4}{50} = 9,6 * 10^3 \text{ mm}^3$$

**Materiaalspanning****Berekening op druk**

$$\sigma_c = \frac{M}{W_y} = \frac{4 * 10^6 \text{ kNm}}{21 * 10^3 \text{ mm}^3} = 190,5 \text{ N/mm}^2$$

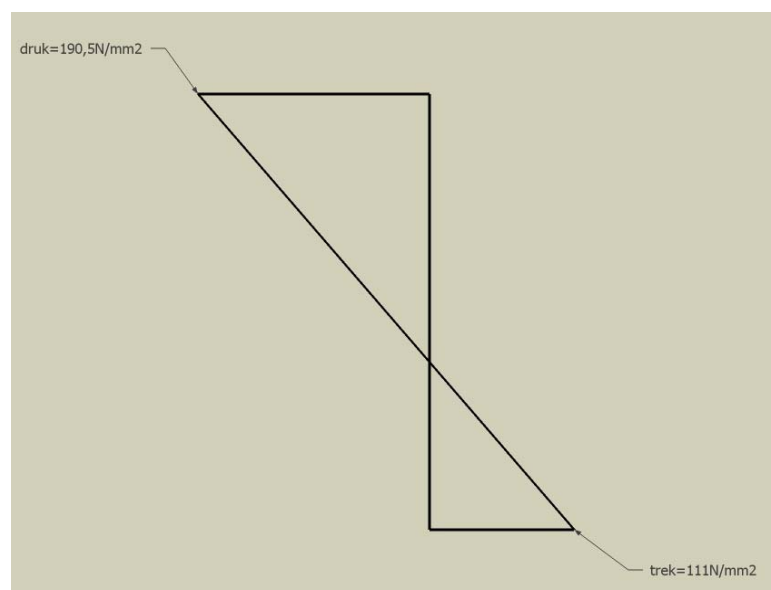
**Berekening op trek**

$$\sigma_t = \frac{M}{W_{y_{onder}}} = \frac{4 * 10^6 \text{ kNm}}{36 * 10^3 \text{ mm}^3} = 111 \text{ N/mm}^2$$

**De drukspanning is bepalend voor de sterkte !!**

**Unity check op sterkte (drukspanning)**

$$UC = \frac{190,5}{235} \leq 1 = \text{akkoord}$$



**Conclusie:**

De materiaalspanningen (trek/druk) zijn bij de stalen hoedligger beduidend lager dan de spanningen die optreden bij een IPE-profiel, dit geldt met name voor de trekspanning.

**Berekening op stijfheid****Buigstijfheid**

$$EI = 2,1 * 10^8 * 106 * 10^{-8} = 222,6 \text{ kNm}^2$$

**Deel A-B****Doorbuiging veroorzaakt door lijnbelasting q (VMN-5)**

$$u_{\text{midden}} = \frac{5qL^4}{384EI} = \frac{5 * 2 * 4^4}{384 * 222,6} = 0,0299 \text{ m} = 29,9 \text{ mm} \downarrow$$

**Doorbuiging veroorzaakt door Steunpuntsmoment in B (VMN-8)**

$$u_B = \frac{ML^2}{16EI} = \frac{4 * 4^2}{16 * 222,6} = 0,018 \text{ m} = 18 \text{ mm} \uparrow$$

**Totale doorbuiging in M**

$$u_{\text{midden\_totaal}} = u_{\text{midden}} \uparrow + u_B \downarrow = 29,9 - 18 = 11,9 \text{ mm}$$

We weten uit de stijfheidsberekening van de houten ligger dat de totale hoekverdraaiing in B gelijk is aan nul radialen.

**Verplaatsing op S1 door lijnbelasting en steunpuntsmoment**

$$u_{S1} = \varphi_{B\_totaal} * L = 0 \text{ rad} * 1 \text{ m} = 0 \text{ m} = 0 \text{ m} \uparrow$$

**Verplaatsing op S1 door scharnierkracht (VMN-2)**

$$u_{S1\_puntlast} = \frac{FL^3}{3EI} = \frac{3 * 1^3}{3 * 222,6} = 0,0045 \text{ m} = 4,5 \text{ mm} \downarrow$$

**Verplaatsing op S1 door lijnbelasting (VMN-3)**

$$u_{S1\_q-last} = \frac{qL^4}{8EI} = \frac{2 * 1^4}{8 * 222,6} = 0,0011m = 1,1mm \downarrow$$

**Totale verplaatsing in S1**

$$u_{S1\_totaal} = u_{S1} \uparrow + u_{S1\_puntlast} \downarrow + u_{S1\_q-last} \downarrow = 0 + 4,5 + 1,1 = 5,6mm$$

**Resume**

Verplaatsing in M = 11,9 mm

Verplaatsing in S1 = 5,6 mm

$$UC = \frac{11,9}{16} \leq 1 = \text{akkoord}$$

**De berekening op stijfheid voor de hoedligger voldoet.****Maximale verplaatsingen in punt M (deel A-B) voor diverse materialen en afmetingen.**

<b>hout</b>	<b>100*150</b>	<b>8,6 mm</b>
<b>hout</b>	<b>100*200</b>	<b>3,5 mm</b>
<b>staal</b>	<b>IPE80</b>	<b>15,8 mm</b>
<b>staal</b>	<b>Hoedligger</b>	<b>11,9 mm</b>