

## Module 1

### Uitwerkingen van de opdrachten

#### Hoofdstuk 2 Kracht, moment en koppel

##### Opdracht 1

Bepaal de resultante in horizontale en verticale richting.

$$\Sigma F_H = 0$$

$$-2 + 6 = 4 \text{ kN dus naar rechts } (\rightarrow)$$

$$\Sigma F_V = 0$$

$$-4 + 1 = -3 \text{ kN dus omhoog } (\uparrow)$$

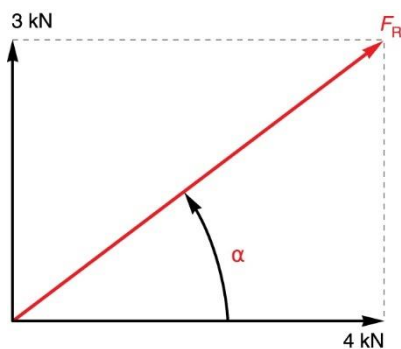
De resultante wordt met behulp van de stelling van Pythagoras bepaald.

$$F_R = \sqrt{\Sigma F_H^2 + \Sigma F_V^2}$$

$$F_R = \sqrt{4^2 + (-3)^2} = 5 \text{ kN}$$

Dit antwoord was al eerder te zien door gebruik te maken van de 3-4-5 steek. De richting wordt bepaald door de resultante van de twee richtingen te tekenen.

$$\alpha = \arctan(3/4) = 36,87^\circ$$



Figuur 1.1

##### Opdracht 2

Bepaal de resultante in horizontale en verticale richting.

Als eerste moeten de krachten in horizontale en verticale richting worden ontbonden.

$$\text{Ontbinding in horizontale richting: } 7\sqrt{2} \cdot \cos \alpha = 7 \text{ kN}$$

$$\text{Ontbinding in verticale richting: } 7\sqrt{2} \cdot \sin \alpha = 7 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_H = 0$$

$$7 \text{ kN}$$

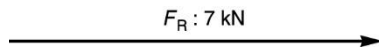
$$\Sigma F_V = 0$$

$-7 + 7 = 0$ , de krachten zijn tegengesteld en even groot.

De resultante is direct af te lezen, namelijk:

$$\Sigma F_H = F_R = 7 \text{ kN}$$

$$\alpha = \arctan (0/7) = 0^\circ$$



Figuur 1.2

### Opdracht 3

Als eerste moeten de krachten in horizontale en verticale richting worden ontbonden.

Ontbinding in horizontale richting:  $2 \cdot \cos \alpha = -\sqrt{2} \text{ kN}$

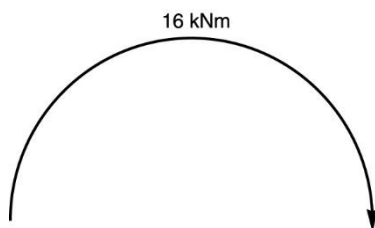
Ontbinding in verticale richting:  $2 \cdot \sin \alpha = \sqrt{2} \text{ kN}$

Bepaal de momentensom ten opzichte van O.

$$\begin{aligned} \Sigma T_O &= -(4 \text{ kN} \cdot 3 \text{ m}) + (\sqrt{2} \text{ kN} \cdot 2 \text{ m}) - (\sqrt{2} \text{ kN} \cdot 2 \text{ m}) \\ &\quad - (5 \text{ kN} \cdot 2 \text{ m}) + (3 \text{ kN} \cdot 2 \text{ m}) = -16 \text{ kNm (draait dus rechtsom)} \end{aligned}$$

#### Opmerking

De werklijn van de 2 kN kracht gaat door O. Deze kracht levert dus geen moment ten opzichte van O.



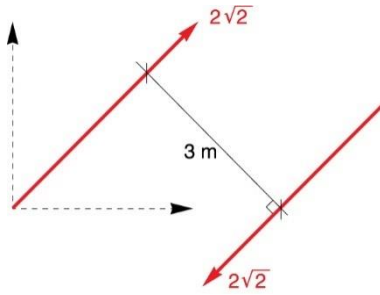
Figuur 1.3

### Opdracht 4

- a Geen krachterevenwicht.
- b Geen krachterevenwicht.
- c Evenwicht van krachten, en arm tussen de twee krachten.

$$T = -2\sqrt{2} \text{ kN} \cdot 3 \text{ m} = -6\sqrt{2} \text{ kNm}$$

Draairichting is rechtsom, dus negatief (zie figuur 1.4).



Figuur 1.4

### Hoofdstuk 3 Vlakke krachtenstelsels

#### Opdracht 5

Als eerste moeten de krachten in horizontale en verticale richting worden ontbonden.

Kracht:  $4\sqrt{2}$  kN

Ontbinding in horizontale richting:  $4\sqrt{2}$  kN  $\cdot \cos \alpha = -4$  kN

Ontbinding in verticale richting:  $4\sqrt{2}$   $\cdot \sin \alpha = -4$  kN

Kracht: 5 kN (3-4-5 steek)

Ontbinding in horizontale richting: 4 kN

Ontbinding in verticale richting: 3 kN

Bepaal de resultante in horizontale en verticale richting.

$$\Sigma F_H = 0$$

$$-4 + 3 + 4 = 3 \text{ kN}$$

$$\Sigma F_V = 0$$

$$-4 + 3 = -1$$

De resultante wordt met behulp van de stelling van Pythagoras bepaald.

$$F_R = \sqrt{\Sigma F_H^2 + \Sigma F_V^2}$$

$$F_R = \sqrt{\Sigma 3^2 + (-1)^2} = \sqrt{10} \text{ kN}$$

De richting wordt bepaald door de resultante van de twee richtingen te tekenen.

$$\alpha = \arctan (1/3) = 18,43^\circ$$

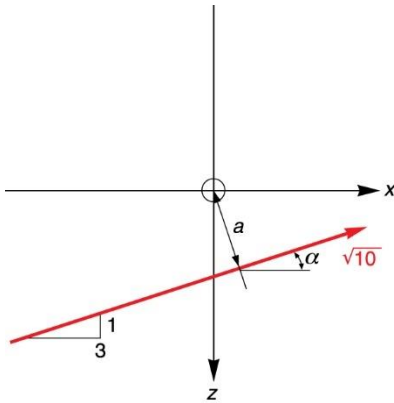
Bepaal de momentensom ten opzichte van O.

$$\Sigma T_O = -(4 \text{ kN} \cdot 4 \text{ m}) + (4 \text{ kN} \cdot 4 \text{ m}) - 10 \text{ kNm} + (3 \text{ kN} \cdot 4 \text{ m}) + (4 \text{ kN} \cdot 4 \text{ m}) - (3 \text{ kN} \cdot 4 \text{ m}) = +6 \text{ kNm (draait dus linksom)}$$

De werklijn van de resultante wordt bepaald door (zie figuur 1.5):

$$\sqrt{10} \cdot a = 6$$

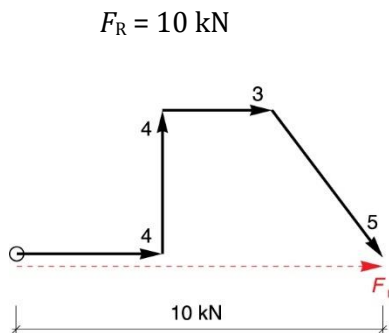
$$a = \frac{6}{\sqrt{10}} \text{ m}$$



Figuur 1.5

### Opdracht 6

Zet de krachten met de juiste richting en grootte achter elkaar uit. De resultante is de rechte lijn van beginpunt tot eindpunt van de achter elkaar getekende krachten.



Figuur 1.6

## Hoofdstuk 4 Evenwicht van krachten in tweedimensionale situaties

### Opdracht 7

We gaan ervan uit dat de grond voldoende draagkrachtig is, dus de toren zal niet zakken. Tevens zal de grond niet stuiken; de toren zal in horizontale zin niet verschuiven.

Rotatie-evenwicht moet nog worden gecontroleerd.

De resultante van de windbelasting is:  $2 \text{ kN/m} \cdot 15 \text{ m} = 30 \text{ kN}$ .

De toren wil om punt  $K$  roteren, weerstand van het grondlichaam wordt verwaarloosd.

$\Sigma T_k =$  aandrijvend door windbelasting =  $-30 \text{ kN} \cdot 8,5 \text{ m} = -255 \text{ kNm}$

$\Sigma T_k =$  tegenwerkend door eigen gewicht toren en fundering =  $(80 + 15) \text{ kN} \cdot 2 \text{ m} = 190 \text{ kNm}$

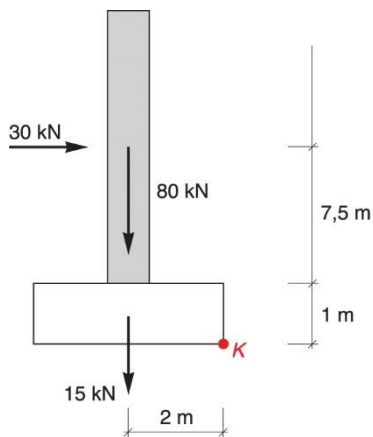
Aandrijvend moment is groter dan tegenwerkend moment, dus toren zal kantelen.

Het eigengewicht van de toren moet minimaal zijn:

$$255 \text{ kNm} = (\text{e.g. toren} + 15) \text{ kN} \cdot 2 \text{ m}$$

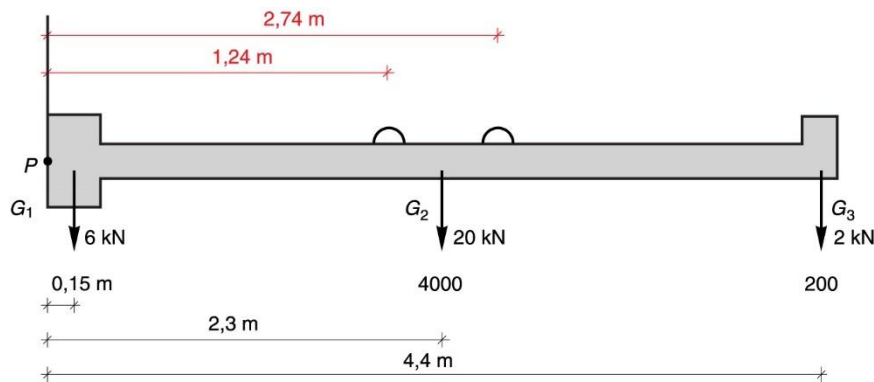
$$\text{e.g. toren} \geq 112,5 \text{ kN}$$

Een meer praktische oplossing is de fundatieplaat te verzwaren en/of te vergroten. Ga dit zelf na!



Figuur 1.7

### Opdracht 8



Figuur 1.8

De plaat moet horizontaal worden gehesen. Met andere woorden: de resultante van de balkonplaat moet gelijk vallen met het midden van de hijsogen.

$$\Sigma F_v = G_1 + G_2 + G_3 = 6 + 20 + 2 = 28 \text{ kN}$$

De plaats van de resultante volgt uit de momentensom.

$$\Sigma T_P = 6 \text{ kN} \cdot 0,15 \text{ m} + 20 \text{ kN} \cdot 2,3 \text{ m} + 2 \text{ kN} \cdot 4,4 \text{ m} = 28 \text{ kN} \cdot a_R$$

$$55,7 \text{ kNm} = 28 \text{ kN} \cdot a_R$$

$$a_R = 55,7/28 = 1,99 \text{ m vanuit } P$$

Plaats hijsogen vanuit  $P = 1,99 - 1,5/2 = 1,24 \text{ m}$  en  $1,99 + 1,5/2 = 2,74 \text{ m}$ .

## Hoofdstuk 6 Bepaling van steunpunctreacties voor liggers

### Opdracht 9

#### Analyse

De onbekenden zijn:

$$A_V, B_V, A_H \Rightarrow 3 \text{ onbekenden}$$

De evenwichtsvergelijkingen zijn:

$$\Sigma H = 0, \Sigma V = 0, \Sigma T = 0 \Rightarrow 3 \text{ vergelijkingen}$$

Conclusie: de constructie is statisch bepaald (SB).

De vergelijkingen met onbekenden zijn:

$$\begin{aligned} \Sigma F_H = 0 &\Rightarrow A_H && 1^e \text{ op te lossen} \\ \Sigma F_V = 0 &\Rightarrow A_V, B_V && 3^e \text{ (} B_V \text{ volgt uit } 2^e \text{ vergelijking)} \\ \Sigma T_{(A)} = 0 &\Rightarrow B_V && 2^e \\ \Sigma T_{(B)} = 0 &\Rightarrow A_V && 4^e \text{ is de controlevergelijking} \end{aligned}$$

#### Uitwerking

1<sup>e</sup> vergelijking  $\Sigma F_H = 0$

$$\Rightarrow -A_H + 10 = 0$$

$$\Rightarrow A_H = 10 \text{ kN}$$

2<sup>e</sup> vergelijking  $\Sigma T_{(A)} = 0$

$$\Rightarrow -(7 \text{ kN/m} \cdot 2,3) \cdot 2,3/2 - 8 \text{ kNm} - (1 \text{ kN/m} \cdot 2,7 \text{ m}) \cdot (2,3 + 2,7/2) + B_V \cdot 5 \text{ m} = 0$$

$$\Rightarrow B_V = 7,274 \text{ kN}$$

3<sup>e</sup> vergelijking  $\Sigma F_V = 0$

$$\Rightarrow -A_V + 7 \cdot 2,3 + 1 \cdot 2,7 - A_V = 0 \text{ (} A_V \text{ invullen)}$$

$$\Rightarrow -7,274 + 18,8 - A_V = 11,526 \text{ kN}$$

#### Controle

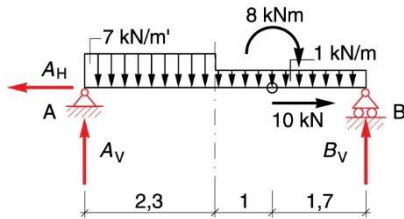
Bekijk het antwoord kritisch.

4<sup>e</sup> vergelijking  $\Sigma T_{(B)} = 0$

$$\Rightarrow -11,526 \cdot 5 + (7 \cdot 2,3) \cdot (2,7 + 2,3/2) + -8 + (1 \cdot 2,7) \cdot 2,7/2 = 0$$

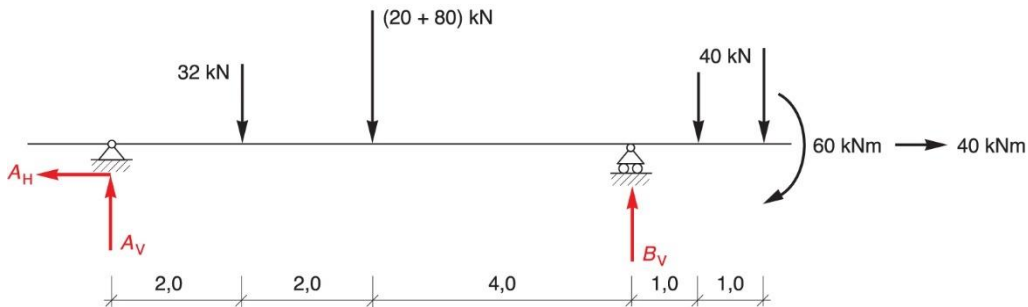
$$\Rightarrow -57,63 + 61,985 - 8 + 3,545 = 0$$

$$0 = 0$$



Figuur 1.9

### Opdracht 10



Figuur 1.10

1<sup>e</sup> vergelijking  $\Sigma F_H = 0$

$$\Rightarrow -A_H + 40 = 0$$

$$A_H = 40 \text{ kN} \leftarrow$$

2<sup>e</sup> vergelijking  $\Sigma T_{(a)} = 0$

$$\Rightarrow -32 \cdot 2 - 100 \cdot 4 + B_V \cdot 8 - 20 \cdot 9 - 40 \cdot 10 - 60 = 0$$

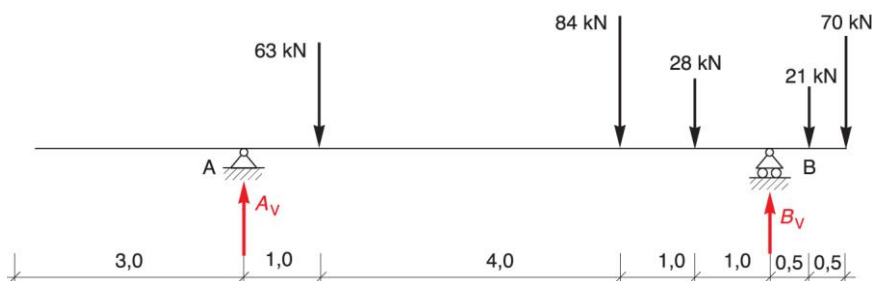
$$B_V = 138 \text{ kN} \uparrow$$

3<sup>e</sup> vergelijking  $\Sigma F_V = 0$

$$\Rightarrow -A_V + 32 + 100 + 20 + 40 - 138 = 0$$

$$A_V = 54 \text{ kN} \uparrow$$

### Opdracht 11



Figuur 1.11

$$A_V = 70,5 \text{ kN} \uparrow$$

$$B_V = 195,5 \text{ kN} \uparrow$$

**Opdracht 12**

$$\mathbf{a} \quad A_V = \frac{1}{2} ql \uparrow$$

$$B_V = \frac{1}{2} ql \uparrow$$

$$\mathbf{b} \quad A_V = \frac{1}{2} ql \uparrow$$

$$B_V = \frac{1}{2} ql \uparrow$$

$$\mathbf{c} \quad A_H = \frac{1}{2} ql \rightarrow$$

$$A_V = ql \uparrow$$

$$B_H = \frac{1}{2} ql \leftarrow$$

$$B_V = 0$$

**Opdracht 13***Analyse*

De onbekenden zijn:

$$A_V, A_H, A_T \Rightarrow 3 \text{ onbekenden}$$

De evenwichtsvergelijkingen zijn:

$$\Sigma H = 0, \Sigma V = 0, \Sigma T = 0 \Rightarrow 3 \text{ vergelijkingen}$$

Conclusie: de constructie is statisch bepaald (SB).

De vergelijkingen zijn direct op te lossen:

$$\Sigma F_H = 0 \Rightarrow A_H \quad 1^e \text{ op te lossen}$$

$$\Sigma F_V = 0 \Rightarrow A_V \quad 2^e (B_V \text{ volgt uit } 2^e \text{ vergelijking})$$

$$\Sigma T_{(A)} = 0 \Rightarrow A_T \quad 3^e$$

*Uitwerking*

1<sup>e</sup> vergelijking  $\Sigma F_H = 0$

$$\Rightarrow A_H = 0$$

2<sup>e</sup> vergelijking  $\Sigma F_V = 0$

$$\Rightarrow -A_V + 3 \cdot 2 + 5 - 3 \cdot 6 = 0$$

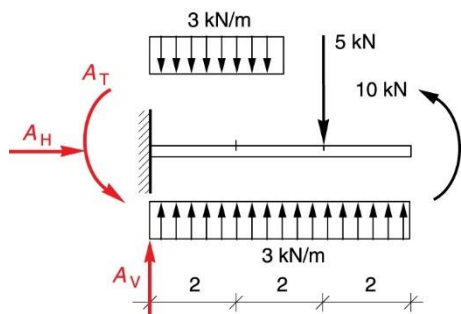
$\Rightarrow A_V = -7 \text{ kN}$ , dus tegengesteld aan wat was aangenomen.

3<sup>e</sup> vergelijking  $\Sigma T_{(A)} = 0$

$$\Rightarrow -(3 \text{ kN/m} \cdot 2) \cdot 2/2 - 5 \text{ kN} \cdot 4 + 10 + (3 \text{ kN/m} \cdot 6 \text{ m}) \cdot 3 + A_T = 0$$

$\Rightarrow A_T = -38 \text{ kNm}$ , dus tegengesteld aan wat was aangenomen.





Figuur 1.12

## Hoofdstuk 7 Bepaling van steunpntreacties voor portalen

### Opdracht 14

#### Analyse

$A_V, A_H, B_V, B_H \Rightarrow 4$  onbekenden, 3 vergelijkingen + scharnier  $\Rightarrow$  SB

Vergelijkingen	Onbekende	Pad
$\Sigma F_H = 0$	$\Rightarrow A_H, B_H$	4 <sup>e</sup>
$\Sigma F_V = 0$	$\Rightarrow A_V, B_V$	2 <sup>e</sup>
$\Sigma T_{(a)} = 0$	$\Rightarrow B_V$	1 <sup>e</sup> vergelijking
$\Sigma T_{(s)} \text{ links} = 0$	$\Rightarrow A_V, A_H$	3 <sup>e</sup>
$\Sigma T_{(s)} \text{ rechts} = 0$	$\Rightarrow B_V, B_H$	5 <sup>e</sup> controlevergelijking

#### Uitwerking

##### Totale constructie

1<sup>e</sup> vergelijking  $\Sigma T_{(a)} = 0$   
 $-(2 \cdot 5) \text{ kN} \cdot 5/2 \text{ m} - 4 \text{ kN} \cdot 4 \text{ m} + 7 \cdot B_V = 0$   
 $\Rightarrow B_V = 5,86 \text{ kN}$

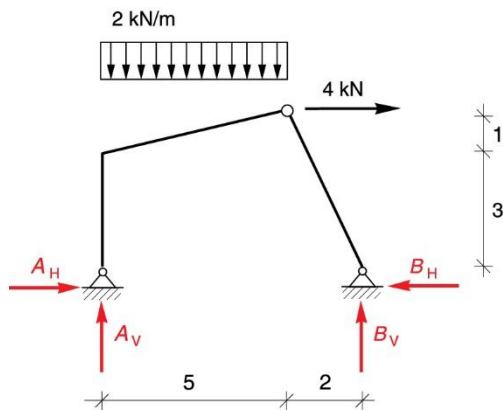
2<sup>e</sup> vergelijking  $\Sigma F_V = 0$   
 $-A_V + (2 \cdot 5) - B_V = 0$   
 $-A_V + 10 - 5,86 = 0$   
 $\Rightarrow A_V = 4,14 \text{ kN}$

3<sup>e</sup> vergelijking  $\Sigma T_{(s)} \text{ links} = 0$  ( $A_V = 4,14 \text{ kN}$ )  
 $-A_V \cdot 5 + A_H \cdot 4 + (2 \cdot 5) \cdot 5/2 = 0$   
 $-4,14 \cdot 5 + 4A_H + 25 = 0$   
 $\Rightarrow A_H = -1,07 \text{ kN}$

4<sup>e</sup> vergelijking  $\Sigma F_H = 0$  ( $A_H = -1,07 \text{ kN}$ )  
 $A_H + 4 - B_H = 0$   
 $\Rightarrow -1,07 + 4 - B_H = 0$   
 $B_H = 2,93 \text{ kN}$

**Controle**5<sup>e</sup> vergelijking

$$\begin{aligned}\Sigma T_{(s)} \text{ rechts} &= 0 \\ + 2 \cdot B_V - 4 B_H &= 0 \\ 2 \cdot 5,86 - 4 \cdot 2,93 &= 0 \\ \Rightarrow 0 &= 0 \text{ akkoord}\end{aligned}$$



Figuur 1.13

**Hoofdstuk 8 Statisch bepaald en statisch onbepaald****Opdracht 15**

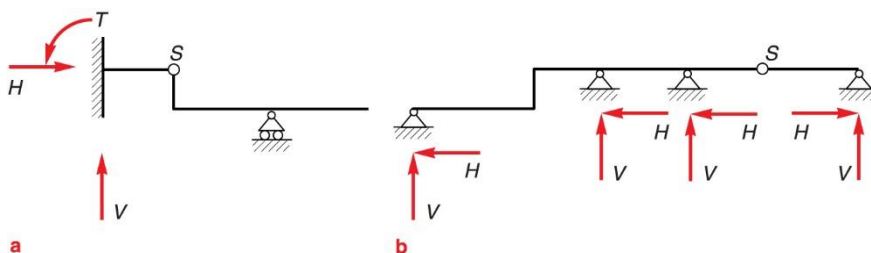
Neem onbekende oplegreacties in A en B aan, omhoog en naar rechts:

$$\begin{aligned}\Sigma T_{(A)\text{geheel}} &= 0 \\ B_V \cdot 10,6 - \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 10,6^2 &= 0 \Rightarrow B_V = 54 \text{ kN } \uparrow\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma F_V &= 0 \\ A_V + B_V &= 10 \cdot 10,6 \Rightarrow A_V = 53 \text{ kN } \uparrow\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma T_{(S)\text{links}} &= 0 \\ A_H \cdot 8 - A_V \cdot 7 + \frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 7^2 &= 0 \Rightarrow A_H = 15,75 \text{ kN } \rightarrow\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma F_H &= 0 \\ A_H + B_H &= 0 \Rightarrow B_H = -15,75 \text{ kN } \Rightarrow B_H = 15,75 \text{ kN } \leftarrow\end{aligned}$$

**Opdracht 16**

Figuur 1.14

*Figuur a*

Opleggingen: 4 onbekenden

Evenwichtsvergelijkingen: 3 stuks ( $\Sigma F_H = 0$ ,  $\Sigma F_V = 0$ ,  $\Sigma T_{(a)} = 0$ ) + scharnier = 4  $\Rightarrow$  dus oplosbaar  $\Rightarrow$  statisch bepaald.

Graad van statisch onbepaald zijn is:  $4 - 4 = 0$

*Figuur b*

Opleggingen: 8 onbekenden

Evenwichtsvergelijkingen: 3 stuks ( $\Sigma F_H = 0$ ,  $\Sigma F_V = 0$ ,  $\Sigma T_{(a)} = 0$ ) + scharnier = 4  $\Rightarrow$  dus onoplosbaar  $\Rightarrow$  statisch onbepaald.

Graad van statisch onbepaald zijn is:  $8 - 4 = 4$

Antwoord: viervoudig statisch onbepaald

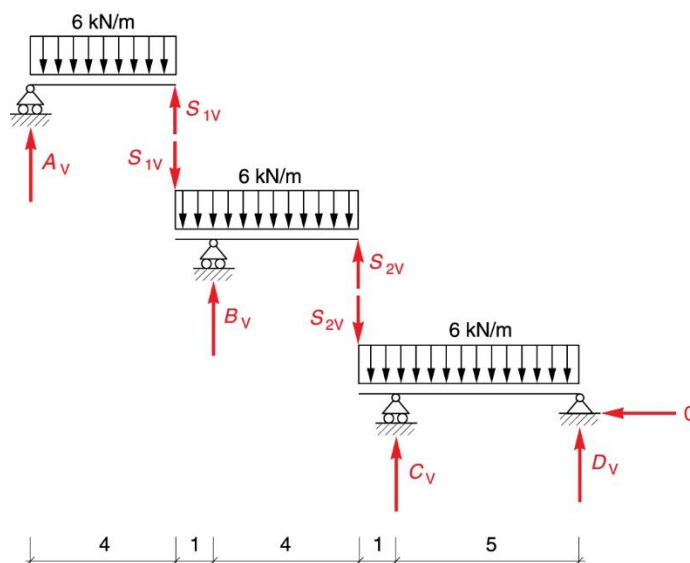
## Hoofdstuk 9 Scharnierconstructies

### Opdracht 17

#### Analyse

Geef het assenstelsel aan dat wordt bepaald door de ondersteuning. Schematiseer de constructie en teken de opleggingen in zoals ze volgens de symbolen aanwezig zijn. Breng de reactiekrachten aan (zie figuur 1.15).

We zien dat deel A-S1 hangt in deel S1-S2. Deel S1-S2 is op zich niet stabiel. Dit deel hangt weer in deel S2-D. Deel S2-D heeft twee steunpunten en is stabiel. Met andere woorden: de gehele constructie wordt door deel S2-D gestabiliseerd. Gekeken naar de totale constructie zien we geen horizontale actieve krachten. Omdat de constructie een rechte is, is er geen horizontale reactiekracht aanwezig, dus  $D_H = 0$ . We gaan de constructie op de plaats van de scharnieren opsplitsen.



Figuur 1.15

*Lokaal: deel A-S1*

Vergelijking	Onbekende	Pad
$\Sigma F_V = 0$	$\Rightarrow A_V, S_{1V}$	2 <sup>e</sup>
$\Sigma T_{(A)} = 0$	$\Rightarrow S_{1V}$	1 <sup>e</sup>

*Lokaal: deel S1-S2*

$\Sigma F_V = 0$	$\Rightarrow B_V, S_{1V}, S_{2V}$	4 <sup>e</sup>
$\Sigma T_{(B)} = 0$	$\Rightarrow S_{1V}, S_{2V}$	3 <sup>e</sup>

*Lokaal: deel S2-D*

$\Sigma F_V = 0$	$\Rightarrow S_{2V}, C_V, D_V$	6 <sup>e</sup>
$\Sigma T_{(C)} = 0$	$\Rightarrow S_{2V}, D_V$	5 <sup>e</sup>

*Totaal*

$\Sigma V = 0$	$\Rightarrow A_V, B_V, C_V, D_V$	controle
----------------	----------------------------------	----------

*Lokaal: deel A-S1*

$$1^e \Sigma T_{(A)} = 0$$

$$-(6 \text{ kN/m} \cdot 4 \text{ m}) \cdot 4 \text{ m}/2 + 4 \text{ m} \cdot S_{1V} = 0 \quad S_{1V} = 12 \text{ kN}$$

$$2^e \Sigma F_V = 0$$

$$-A_V + 6 \text{ kN/m} \cdot 4 \text{ m} - S_{1V} = 0$$

$$-A_V + 24 - 12 = 0 \quad A_V = 12 \text{ kN}$$

*Lokaal: deel S1-S2*

$$3^e \Sigma T_{(B)} = 0$$

$$S_{1V} \cdot 1 \text{ m} - (6 \text{ kN/m} \cdot 5 \text{ m}) \cdot 1,5 \text{ m} + 4 \cdot S_{2V} = 0$$

$$12 \cdot 1 \text{ m} - 45 \text{ m} + 4 \cdot S_{2V} = 0 \quad S_{2V} = 8,25 \text{ kN}$$

$$4^e \Sigma F_V = 0$$

$$S_{1V} - B_V + 6 \text{ kN/m} \cdot 5 - S_{2V} = 0$$

$$12 - B_V + 30 - 8,25 = 0 \quad B_V = 33,75 \text{ kN}$$

*Lokaal: deel S2-D*

$$5^e \Sigma T_{(C)} = 0$$

$$S_{2V} \cdot 1 \text{ m} - (6 \text{ kN/m} \cdot 6 \text{ m}) \cdot 2 \text{ m} + 5 \cdot D_V = 0$$

$$8,25 \cdot 1 \text{ m} - 72 + 5 \cdot D_V = 0 \quad D_V = 12,75 \text{ kN}$$

$$6^e \Sigma F_V = 0$$

$$S_{2V} - C_V + 6 \text{ kN/m} \cdot 6 - D_V = 0$$

$$8,25 - C_V + 36 - 12,75 = 0 \quad C_V = 31,5 \text{ kN}$$

*Controle*

De totale constructie:  $\Sigma V = 0$

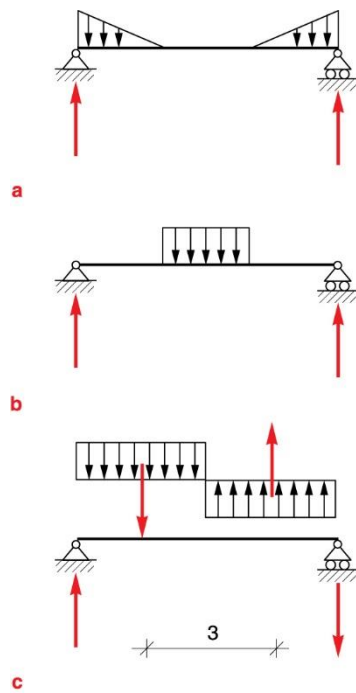
$$-A_V - B_V - C_V - D_V + 6 \text{ kN/m} \cdot 15 \text{ m} = 0$$

$$-12 - 33,75 - 31,5 - 12,75 + 90 = 0$$

$$0 = 0 \text{ akkoord}$$

## Hoofdstuk 10 Symmetrie en superpositie

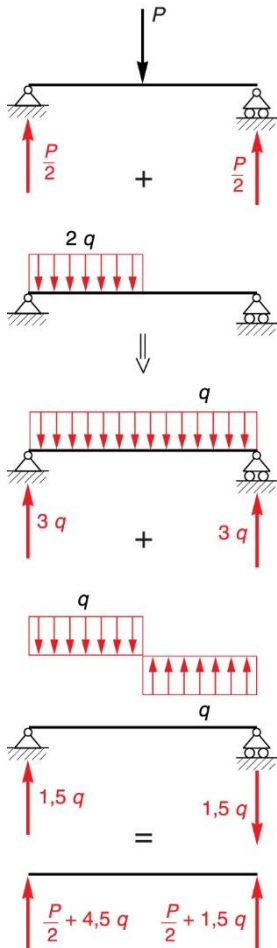
### Opdracht 18



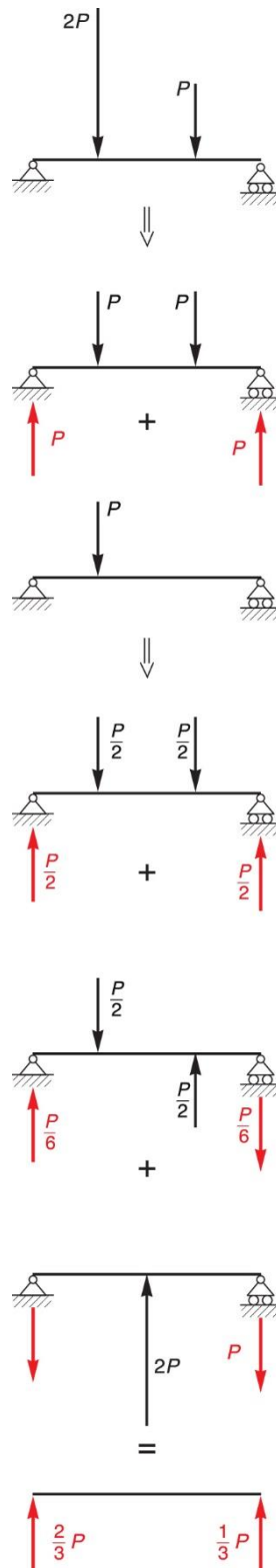
Figuur 1.16

- a** Driehoeksbelasting is  $q \text{ kN} \cdot 2 \text{ m}/2 = q$   
 Totale driehoeksbelasting is  $2 \cdot q = 2q$   
 Reactiekrachten zijn vanuit symmetrie  $A_v = B_v = 2q/2 = q \text{ kN}$
- b** Totale belasting is  $2 \cdot q = 2q \text{ kN}$   
 Reactiekrachten zijn vanuit symmetrie  $A_v = B_v = 2q/2 = q \text{ kN}$
- c** De twee tegengestelde belastingen vormen een koppel.  
 $T_{\text{koppel}} = F \cdot a$ , met  $F = 3q \text{ kN}$ , dus  $T_{\text{koppel}} = 3q \text{ kN} \cdot 3 \text{ m} = 9q \text{ kNm}$   
 De twee reactiekrachten vormen eveneens een koppel maar dan tegengesteld van richting.  
 $T_{\text{reactie}} = A_v \cdot 6$   
 Gelijkstelling levert:  
 $A_v = 9q \text{ kNm}/6 \text{ m} = -1,5q \text{ kN} \uparrow$   
 $B_v = 1,5q \text{ kN} \downarrow$

Opdracht 19



Figuur 1.17a



Figuur 1.17b

$P$ last	symmetrie = $P/2$
$2q$ last	vervangen door $q$ last en keersymmetrie $q$ last
	$q$ last: $q \cdot 6 \text{ m}/2 = 3q$
	keersymmetrie: $q \cdot 3 \cdot 3/6 = \pm 1,5q$
sommatie:	$A_v = P/2 + 3q + 1,5q$ $q = P/2 + 4,5q$ $B_v = P/2 + 3q - 1,5q$ $q = P/2 + 1,5q$
$2 \cdot P$ last	symmetrie = $2 P/2 = P$
$P$	vervangen door symmetrisch deel en keersymmetrisch deel
	symmetrisch: $P/2 \cdot 2/2 = P/2$
	keersymmetrisch: $P/2 \cdot 2 \text{ m}/6 \text{ m} = P/6$
$-2 P$ last	symmetrie = $-2 P/2 = -P$
sommatie:	$A_v = P + P/2 + P/6 - P = 2/3 P$ $B_v = P + P/2 - P/6 - P = 1/3 P$

## Module 1

### Uitwerkingen van de toetsopgaven

#### Hoofdstuk 2 Kracht, moment en koppel

##### Opgave 1

$$F_R = 13 \text{ kN}$$

$$\alpha = 270 + 22,6 = 292,6^\circ \text{ (zie figuur 1.18)}$$

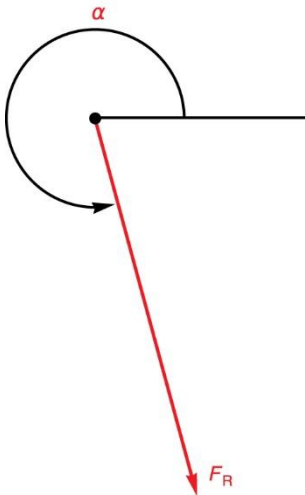
##### Opgave 2

$$F_R = 0 \text{ kN}$$

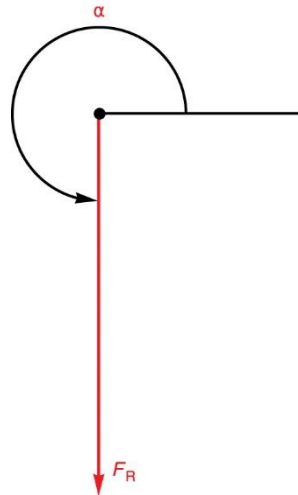
##### Opgave 3

$$F_R = 6 \text{ kN}$$

$$\alpha = 270^\circ \text{ (zie figuur 1.19)}$$



Figuur 1.18



Figuur 1.19

#### Hoofdstuk 3 Vlakke krachtenstelsels

##### Opgave 4

$$\Sigma F_H = 4 \text{ kN}$$

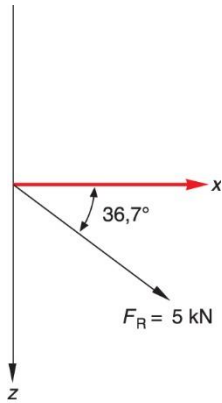
$$\Sigma F_V = 3 \text{ kN}$$

$$F_R = 5 \text{ kN}$$

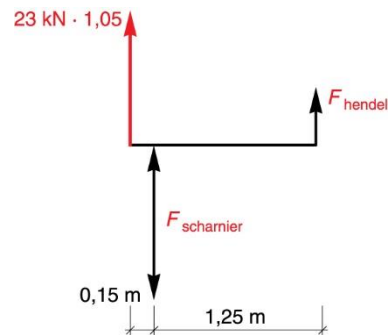
$$\alpha = -36,7^\circ$$

$$\Sigma T_{(o)} = 0$$





Figuur 1.20



Figuur 1.21

## Hoofdstuk 4 Evenwicht van krachten in tweedimensionale situaties

### Opgave 5

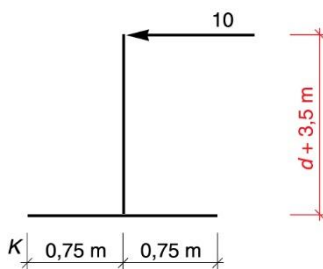
$$F_{\text{hendel}} = 2,9 \text{ kN}$$

$$F_{\text{scharnier}} = 27,05 \text{ kN}$$

## Hoofdstuk 6 Bepaling van steunpntreacties voor liggers

### Opgave 6

$$D > 1,074 \text{ m}$$



Figuur 1.22

## Hoofdstuk 7 Bepaling van steunpntreacties voor portalen

### Opgave 7

$$A_V = 35 \text{ kN } \uparrow$$

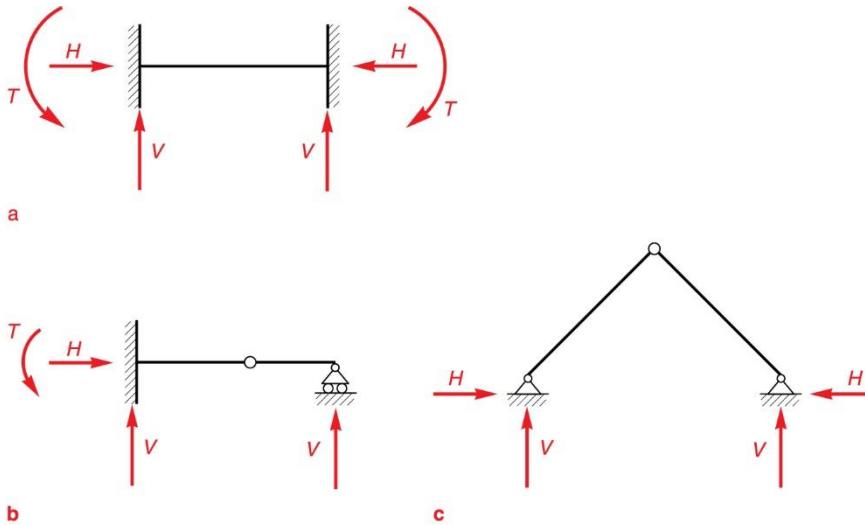
$$B_V = 25 \text{ kN } \uparrow$$

$$A_H = 12 \text{ kN } \rightarrow$$

$$B_H = 12 \text{ kN } \leftarrow$$

## Hoofdstuk 8 Statisch bepaald en statisch onbepaald

### Opgave 8



Figuur 1.23

- a** Drievoudig statisch onbepaald.
- b** Statisch bepaald.
- c** Statisch bepaald.
- d** Statisch bepaald.

## Hoofdstuk 9 Scharnierconstructies

### Opgave 9

$$A_T = 8 \text{ kNm} \curvearrowright$$

$$A_V = 2 \text{ kN} \uparrow$$

$$A_H = 0$$

$$S_{V1} = 2 \text{ kN}$$

$$S_{H1} = 0$$

$$B_V = 2 \text{ kN} \uparrow$$

## Hoofdstuk 10 Symmetrie en superpositie

### Opgave 10

Het antwoord is ja.