

**Funderingsbalk op 2 steunpunten (Eindbalk)**

**Gegeven:**

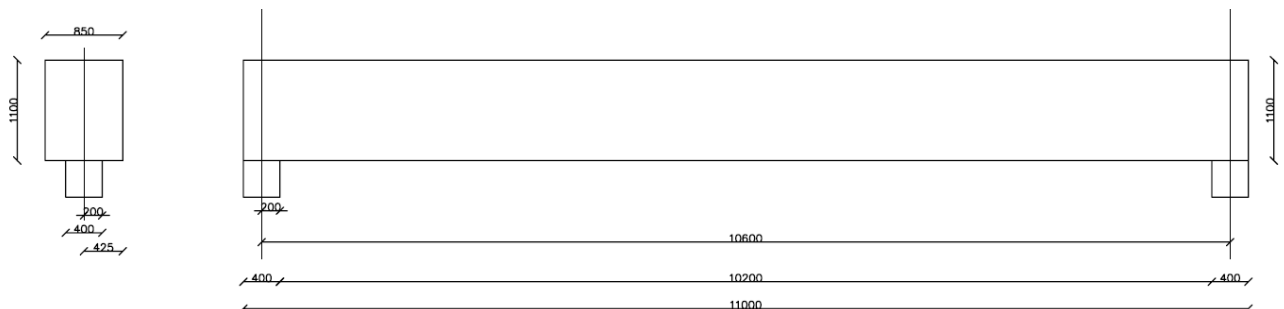
Balk, tweezijdig vrij opgelegd  
 Beton: C20/25  
 Staal: FeB500  
 Veiligheidsklasse 3  
 Milieuklasse 2

**Afmeting:**

Overspanning:  $10200 + \frac{400}{2} + \frac{400}{2} = 10600\text{mm}$   
 H.O.H. = 5150mm  
 Oplegging: Beton, 400mm  
 Hoogte balk (h):  $\frac{10600}{10} = 1100\text{mm}$   
 Breedte balk:  $\frac{3}{4} * 1100 = 825\text{mm}$ , neem 850mm  
 Afmeting balk: 1100mm \* 850mm  
 Geschatte hoofdwapening: Ø20  
 Geschatte beugels: Ø10 – 300  
 Betondekking (c) : 30mm + 5 mm = 35mm  
 Nuttige hoogte (d):  
 $h - c - bgl - \frac{1}{2} HW = 1100 - 35 - 10 - 10 = 1045\text{mm}$   
 Afmeting begane grond vloer (beton): 10600mm \* 5600mm \* 250mm  
 Afmeting 1<sup>e</sup> etage vloer (beton) : 10600mm \* 5600mm \* 240mm  
 Hoogte binnenspouwblad begane grond = 2510 mm  
 Hoogte binnenspouwblad 1<sup>e</sup> etage = 2683mm  
 Hoogte buitenspouwblad begane grond = 3000mm  
 Hoogte buitenspouwblad 1<sup>e</sup> etage = 2959mm

**Belastingen**

Gewapend grindbeton: 24,00 kN/m<sup>3</sup>  
 Kalkzandsteen: 18,50 kN/m<sup>3</sup>  
 Metselwerk: 18,50 kN/m<sup>3</sup>  
 Cementdekvloer: 20,00 kN/m<sup>3</sup>  
 Lichte scheidingswanden: 0,80 kN/m<sup>2</sup>  
 Dak: 0,65 kN/m<sup>2</sup>  
 Dwarsbalk: h = 4300/10 = 450mm  
 b =  $\frac{3}{4} * 450 = 350\text{mm}$   
 $0,45 * 0,35 * 24\text{kN/m}^3 = 3,78\text{ kN/m}$



**Note:** Bij de berekening van de begane grondvloer was rekening gehouden met een overspanning van 5,35m. Door de gekozen funderingsbalk wordt de werkelijke overspanning van de begane grondvloer nu 5,15m, daarbij is oplegglengte van de vloer met 30% toegenomen. Daardoor zal de vloer uit de voorgaande berekening stijver zijn en de vervorming van de vloer dus minder zijn dan in 1<sup>e</sup> instantie werd aangenomen.

### Permanente belasting

#### Lijnbelastingen

Funderingsbalk	eigen gewicht	$(1,1 * 0,85 * 24 \text{ kN} / \text{m}^3) =$	22,44 kN/m
Binnenspouwblad bg	eigen gewicht	$(0,1 * 2,51 * 18,5 \text{ kN} / \text{m}^3) =$	04,64 kN/m
Binnenspouwblad 1 <sup>e</sup>	eigen gewicht	$(0,1 * 2,68 * 18,5 \text{ kN} / \text{m}^3) =$	04,96 kN/m
Buitenspouwblad bg	eigen gewicht	$(0,1 * 3,00 * 18,5 \text{ kN} / \text{m}^3) =$	05,55 kN/m
Buitenspouwblad 1 <sup>e</sup>	eigen gewicht	$(0,1 * 2,96 * 18,5 \text{ kN} / \text{m}^3) =$	05,48 kN/m
Uit vloer 1 <sup>e</sup>		$09,64 \text{ kN/m}^2 * 5,15 / 2$	= 24,82 kN/m
Uit vloer bg		$11,8 \text{ kN/m}^2 * 5,15 / 2$	= 30,39 kN/m
Uit dak		$0,65 \text{ kN/m}^2 * 5,15 / 2$	= <u>01,67 kN/m</u>
		q;rep;tot	99,95 kN/m

#### Veranderlijke belasting

Uit vloer 1 <sup>e</sup>		$(0,7 * 5,15) / 2$	1,80 kN/m
Uit vloer bg		$(1,75 * 5,15) / 2$	4,51 kN/m
Uit dak		dakhelling $\alpha > 20$	<u>0,00 kN/m</u>
		Qq;rep;tot	6,31 kN/m

#### Momentane belastingen

Uit vloer 1 <sup>e</sup>	$\psi = 0,7$	$0,7 * 1,80 =$	1,26 kN/m
Uit vloer bg	$\psi = 0,4$	$0,4 * 4,51 =$	1,80 kN/m <sup>2</sup>
Uit dak	$\psi = 0,0$	$0,0 * 0,0 =$	0,00 kN/m <sup>2</sup>

#### Puntlasten

Uit dwarsbalk		$(3,78 * 5,15) / 2 =$	09,73 kN
Uit buitenspouwblad 1 <sup>e</sup>	op dwarsbalk	$(0,1 * 2,68 * 18,5 * 5,15) / 2 =$	12,77 kN
Uit buitenspouwblad bg	op dwarsbalk	$(0,1 * 3,00 * 18,5 * 5,15) / 2 =$	<u>14,29 kN</u>
		F;g;rep	36,79 kN

#### Rekenbelasting voor de permanente belastingen

$$1,2 * 99,95 = 119,94 \text{ kN/m}$$

#### Rekenbelasting voor de puntlasten

$$1,2 * 36,79 = 44,15 \text{ kN}$$

#### De extreme rekenbelasting voor de veranderlijke belastingen

Uit vloer 1 <sup>e</sup>	$1,5 * 1,80$	2,70 kN/m
Uit vloer bg	$1,5 * 4,51$	6,77 kN/m
Uit dak	$1,5 * 0,00$	0,00 kN/m

#### De momentane rekenbelasting voor de veranderlijke belastingen

Uit vloer 1 <sup>e</sup>	$1,5 * 1,26$	1,89 kN/m
Uit vloer bg	$1,5 * 1,80$	2,70 kN/m
Uit dak	$1,5 * 0,00$	0,00 kN/m

**Belastingcombinaties**

**Uiterste grenstoestand**

Fundamentele combinaties  $1,2G + 1,5Q + \Sigma(1,5 * Q_m)$  (A1a)  
 $1,35G$  (A2 )

A1a  $119,94 + (6,77 + 1,89) =$  128,6 kN/m  
 A2  $1,35 * 99,95 =$  134,93 kN/m

A2 is bepalende belastingscombinatie met  $q_{q;d} = 134,93$  kN/m

**Bruikbaarheidsgrenstoestand**

Incidentele combinatie  $G + Q_e + \Sigma Q_m$  (B1 )

B1  $1,0 * 99,95 + 1,0 * 4,51 + 1,0 * 1,26 =$  105,72 kN/m

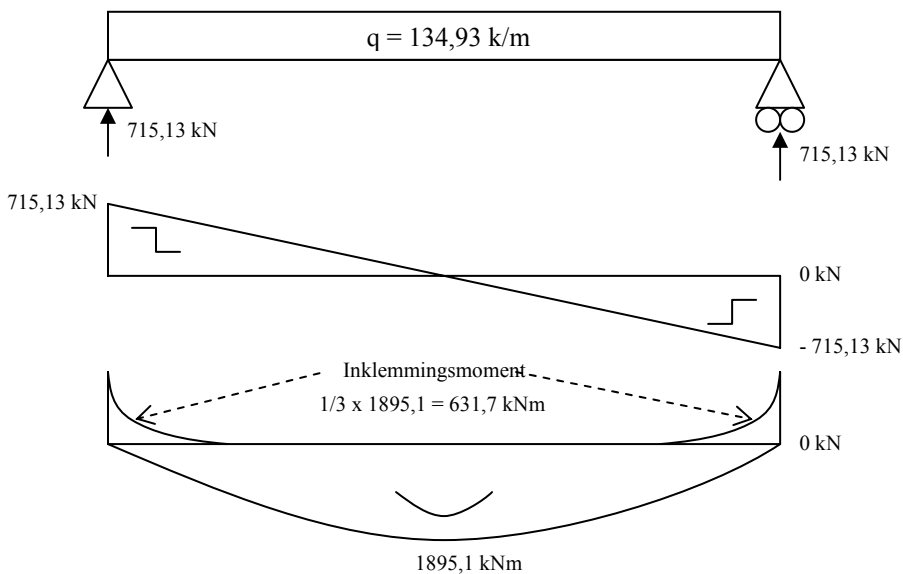
**Momentane combinatie**  $G + \gamma_{f,g} Q_e + \Sigma 0,6 Q_m$  (B2)

B2  $99,95 + 1,0 * 4,51 + (0,6 * 1,26) =$  105,22 kN/m

**Berekening dwarskrachten en moment met de fundamentele combinatie A1**

$q_{q;d}$  134,93 kN/m  
 $R_{;d}$   $0,5 * q * l = 0,5 * 134,93 * 10,6 =$  715,13 kN  
 $M_{;d;u}$   $\frac{1}{8} * q * l^2 = \frac{1}{8} * 134,93 * 10,6^2 =$  1895,09 kNm

**Uiterste grenstoestand**



**Berekening dwarskrachten en momenten met de Incidentele combinatie B1**

**B1**  
 $q_{q;rep}$  105,72 kN/m  
 $R_{;rep}$   $0,5 * q * l = 0,5 * 105,72 * 10,6 =$  560,32 kN  
 $M_{;d;rep}$   $\frac{1}{8} * q * l^2 = \frac{1}{8} * 105,72 * 10,6^2 =$  1484,84 kNm

**Berekening dwarskrachten en momenten met de Momentele combinatie B2**

**B1**

$$\begin{aligned} Q_{q,rep} &= 105,22 \text{ kN/m} \\ R_{,rep} &= 0,5 \times q \times l = 0,5 \times 105,22 \times 10,6 = 557,67 \text{ kN} \\ M_{,d,rep} &= \frac{1}{8} q l^2 = \frac{1}{8} \times 105,22 \times 10,6^2 = 1477,81 \text{ kNm} \end{aligned}$$

**Berekening van de wapening.**

Voor beton C20/25:

$$\begin{aligned} \text{Minimum wapeningspercentage:} &= 0,15\% \\ \text{Maximum wapeningspercentage:} &= 1,38\% \end{aligned}$$

Met GTB-tabel

$$\frac{Mu}{bxd^2} = \frac{1895,1}{0,85 \times 1,045^2} = 2041,65 \text{ kNm}^2$$

$$\omega_0 = 0,51\%$$

$$As_{min} = \omega_0 \times b \times h \times 10^4 = 0,15 \times 0,85 \times 1,1 \times 10^4 = 1403 \text{ mm}^2$$

**Hoofdwapening**

$$As_{berek.} = \omega_0 \times b \times d \times 10^4 = 0,51 \times 0,85 \times 1,045 \times 10^4 = 4530 \text{ mm}^2$$

$$\text{Oppervlakte } \varnothing 20 = \pi r^2 = \pi \left( \frac{20}{2} \right)^2 = 314,16 \text{ mm}^2$$

$$\text{Aantal staven: } \frac{As_{berek.}}{A} = \frac{4530}{314,16} = 15 \times \varnothing 20$$

$$As_{aanw.} = 15 \times 314,16 = 4712 \text{ mm}^2$$

**Wapening voor toevallig Inklemmingsmoment**

$$IW_b = \frac{1}{3} \times As_{berek.} = \frac{1}{3} \times 4530 = 1510 \text{ mm}^2 \quad \text{kies: } 10 \times \varnothing 14 = 1540 \text{ mm}^2$$

**Dwarskrachtwapening**

$$\tau_d = V/bd = (715,13 \times 1000) / (850 \times 1045) = 0,81 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_1 = 0,46 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_2 = 3 \text{ N/mm}^2$$

Beugels\_aanw:  $\varnothing 10 - 300$

$$As_{bgls} = \frac{(\tau_2 - \tau_1) \times b \times s}{0,9 \times f_s}$$

$$A_s \text{ _bgls\_aanw} = \pi * r^2 * 2 * \frac{1000}{s} = \pi * 5^2 * 2 * \frac{1000}{300} = 523 \text{ mm}^2 / m$$

(let op: de beugels is dubbelsnedig)

$$\left( \frac{A_s \text{ _bgls}}{n} * 0,9 * f_s \right) / (b * s) = \left( \frac{523}{3 \frac{1}{3}} * 0,9 * 435 \right) / (850 * 300) = 0,24 \text{ N / mm}^2$$

$\tau_d > \tau_1$  dwarskrachtwapening vereist.

$\tau_d < \tau_2$  balkafmeting akkoord

$$\tau_{bgl\_benodigd} = 0,81 - 0,46 - 0,24 = 0,11 \text{ N/mm}^2$$

Neem voor de extra beugels: Ø8 – 200 (0,23 N/mm<sup>2</sup>)

Deze extra beugels verdelen over een afstand y vanuit de dag van de oplegging:

$$0,81 : \frac{10600}{2} = 0,11 : y$$

$$y = 720 \text{ mm}$$

Of praktischer:

Neem over een afstand van 720 mm vanuit de dag van de oplegging beugels Ø10 – 100 (0,72 N/mm<sup>2</sup>)

Of nog praktischer:

Neem over de gehele overspanning beugels Ø12 – 300 (0,35 N/mm<sup>2</sup>) op.

### Verankeringslengte t.p.v. de op het steunpunt doorlopende onderwapening

$$c/\emptyset_{km} = 35/20 = 1,75$$

$$\text{Uit tabel: } L_{0v} = 36,75 \times \emptyset_{20} = 735 \text{ mm}$$

$$L_1 = \text{opleglengte} - c = 400 - 35 = 365 \text{ mm}$$

$$L_2 - L_{0v} - L_1 = 735 - 365 = 370 \text{ mm}$$

I.v.m het splijtingsgevaar zijn er beperkingen gesteld aan het gedeelte van de verankeringslengte achter de ombuiging (L2) en aan de buigstraal bij staven met een  $\emptyset_{km} \geq 16 \text{ mm}$

Bij staven met een  $\emptyset \geq 25 \text{ mm}$  dient de verankeringslengte eerst met 1,25 te worden vermenigvuldigd.

$$L_2/L_{0v} = 0,5 \quad L_2 = 0,5 * 735 = 367,5 \text{ mm}$$

$$L_v = 375 + 367,5 = 742,5 \text{ mm}$$

$742,5 > 735 \rightarrow$  De oplegging zou dan worden 402,5 mm, dit is een verschil van 2,5 mm (0,6%)

Dit verschil is te verwaarlozen, de verankeringslengte is dan akkoord.

De helft van de onderwapening mag i.v.m met het afnemen van het moment op 0,1 L - d = (0,1 x 10600) - 1045 = 15 mm vanuit de dag van de constructie worden beëindigd.

### Verankeringslengte t.p.v. het inklemmingsmoment

De lengte van de bovenwapening voor het toevallig inklemmingsmoment mag gesteld worden op:

$$0,2 \times L + d = (0,2 \times 10600) + 1045 = 3165 \text{ mm}$$

Dit is vanuit de dag van de ondersteuning.

De verankering van de inklemmingswapening t.p.v het steunpunt:

$$\text{Ø}14: \text{bovenstaaf, } c = 35 \text{ mm, } L_v = 280 \text{ mm}$$

$$c/\text{Ø}_{km} = 35/14 = 2,5$$

$$\text{Uit tabel: } L_{0v} = 29,18 \times \text{Ø}14 = 408 \text{ mm}$$

$$A_{s\_berek.} = 224 \text{ mm}^2 \text{ en } A_{s\_aanw.} = 251 \text{ mm}^2$$

$$L_{vr} = \frac{A_{s\_berek.}}{A_{s\_aanw.}} \times L_v = \frac{1510}{1540} \times 408 = 400 \text{ mm}$$

Als verankering voor de ombuiglengte (L2) is aanwezig:

$$L1 = 400 - 35 = 365 \text{ mm}$$

$$L2 = 400 - 365 = 35 \text{ mm}$$

Als praktische bovenwapening kiezen we  $10 \times \text{Ø}8$  met  $L = 4600 + (2 \times 300) = 5200 \text{ mm}$

(De minimale laslengte tussen de praktische bovenwapening en de inklemmingswapening bedraagt 300 mm)

Als praktische flankwapening kiezen we  $\text{Ø}8 - 300$

### Scheurwijdte

Het betreft hier milieuklasse 2, dus toets op scheurwijdte.

$$\sigma_s = \frac{q; rep}{q; d} \times \frac{A_{s; ben}}{A_{s; aanw}} \times f_s = \frac{106,26}{134,93} \times \frac{4530}{4712} \times 435 = 329 \text{ N/mm}^2$$

#### Voorwaarde 01

De staafdiameter volgens NEN 6720, VBC, tabel 36 moet kleiner zijn dan:  $\text{Ø}11,7 \text{ mm}$

$$\text{Ø}20 < \text{Ø}11,8 \rightarrow \text{Niet Akkoord}$$

#### Voorwaarde 02

De staafafstand bedraagt:

$$(b - (2xc) - (2 * bgl) - (rnd.10)) / (n - 1) = (850 - 30 - 20 - 10) / (15 - 1) = 56,4 \text{ mm}$$

De staafafstand volgens NEN 6720, VBC, tabel 36 moet kleiner zijn dan:  $97 \text{ mm}$

$$120 \text{ mm} > 97 \text{ mm} \rightarrow \text{Akkoord}$$

Indien aan één van beide voorwaarden wordt voldaan is de scheurwijdte akkoord.

De voorwaarde m.b.t. de staafdiameter voldoet, dus aan de toets van de scheurwijdte is voldaan.

**Toets op scheurwijdte = Akkoord.**

**Controle oplegging**

Druksterkte gewapend beton: 15 N/mm<sup>2</sup>

$$a1 = 6 \times r_{nd} \cdot k_m = 6 \times 10 = 60 \text{ mm}$$

$$a1 = \frac{F_d}{\frac{2}{3} \cdot x f'_{dca_b}} = \frac{715,131 \times 1000}{\frac{2}{3} \times 15 \times 850} = 84 \text{ mm}$$

$$a1 = 0,004L + 50 = 0,004 \times 10600 + 40 = 82,4 \text{ mm (de grootste waarde aanhouden)}$$

$$a2 = \frac{F_{rep}}{\frac{1}{2} \cdot x f'_{dca_b}} = \frac{563,18 \times 1000}{\frac{1}{2} \times 15 \times 850} = 88 \text{ mm}$$

$$a1 = 84 \text{ mm}$$

a2 > 25, tussenlaag is vereist.

Neem a2 = ar = 0

$$a = 84 \text{ mm} + 0 + 35 = 120$$

$$120 < 400 \text{ mm} \rightarrow \text{Akkoord}$$

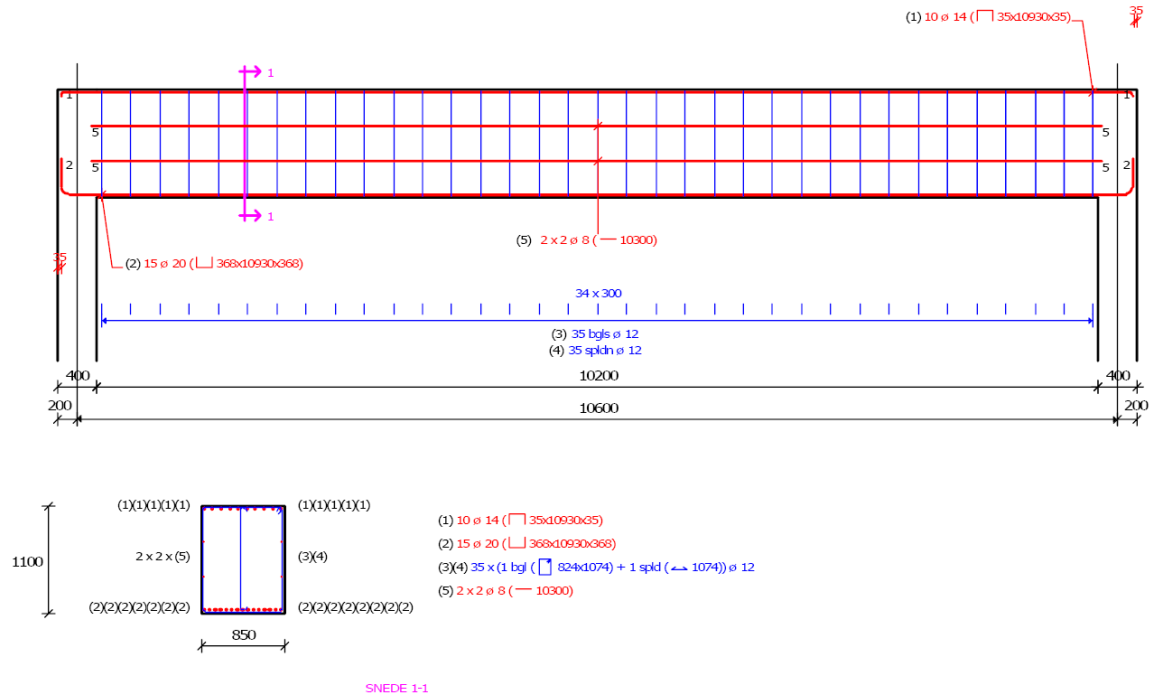
**Controle drukbelasting oplegging:**

$$\sigma_c = \frac{V_d}{b \cdot a} = \frac{715,13 \times 1000}{400 \times 400} = 4,5 \text{ N / mm}^2$$

$$UC = 4,5 / 15 = 0,3 < 1, \text{ Akkoord}$$

**Wapeningstekening met Applicatie [Powerframe van BuildSoft](#)**

B - 1



HOGESCHOOL ROTTERDAM – IBB  
 Constructie – Woonhuis

met applicatie [M.J.Roos – dec. 2008](#), versie 2

Liggerbalk op twee steunpunten		q:q= 99,96kN/m	q:q= 6,33kN/m	BGT= 106,3kN/m	UGT= 134,95kN/m
<b>WAPENINGSBEREKENING</b>		<b>Bruikbaarheidsgrenstoestand (incidenteel)</b>		<b>Momenten</b>	
p permanent <i>rep. (kN/m<sup>2</sup>)</i>	19,41	Mrep = 1492,93kNm	qd= 106,30 kN/m	Scheurmoment (Mr)	275,98 kNm
p veranderlijk <i>rep. (kN/m<sup>2</sup>)</i>	1,23	Q= 1126,74 kN	Q= 1126,74 kN	Vloeimoment (Me)	1834,54 kNm
Veiligheidsklasse	3	Vd= 563,37 kN	Vd= 563,37 kN	Bezwijkmoment (Mu)	1938,35 kNm
Milieuklasse	2 = vochtig	<b>Uiterste grenstoestand</b>		Moment ugt (Md)	1895,35 kNm
Betonkwaliteit	C20/25	Mu = 1895,35kNm	qd= 134,95 kN/m	Weerstandsmoment (W)	1,71E+08 mm <sup>3</sup>
Betonstaalkwaliteit	FeB500	Q= 1430,45 kN	Q= 1430,45 kN	Traagheidsmoment (I)	9,43E+10 mm <sup>4</sup>
Overspanning (m)	10,6	Vd= 715,22 kN	Vd= 715,22 kN	<b>Vervorming</b>	
H.O.H (m)	5,15	<b>Momentane toestand</b>		Zeeg <input type="checkbox"/>	0mm
Type balk <i>dek vloer</i>	balk/poer/console	Mmom = 1441,33kNm	qd= 99,96 kN/m	Doorbuiging (u;bgt)	9,75 mm
Breedte balk (mm)	850	Q= 1087,79 kN	Q= 1087,79 kN	Onmiddellijk (u;on)	9,17 mm
Hoogte balk (mm)	1100	Vd= 543,90 kN	Vd= 543,90 kN	Bijkomend (u;bij)	0,58 mm
Eindoplegging (mm)	400	<b>Wapening</b>			
Druksterkte oplegging (N/mm <sup>2</sup> )	gewap. beton	<b>Trek</b>		<b>Druk</b>	<b>Dwarskracht</b>
Hoofdwapening (mm)	20	ωmin= 0,15%	ωmax= 1,38%	r1= 0,46N/mm <sup>2</sup>	r2= 3N/mm <sup>2</sup>
Beugels (mm)	12	ω0= 0,51%			
Beugelafstand (mm)	300	As.berek 4521 mm <sup>2</sup>	A's2.berek mm <sup>2</sup>	rd= 0,81N/mm <sup>2</sup>	
Toeslag betondekking (5mm)	Toeslagbeton	As.aanw 4710 mm <sup>2</sup>	A's2.aanw mm <sup>2</sup>	beugels 0,35N/mm <sup>2</sup>	12-300 36 st.
Unity check	M - k diagram	HW 15xØ20	BW	0N/mm <sup>2</sup>	12-300 0st.
Wapening handmatig toewoeren				<b>Totaal 36 st.</b>	
Bestand opslaan				<b>0mm</b>	
				<b>Geen drukwapening benodigd</b>	
				<b>Dwarskrachtwapening vereist</b>	
		Betondekking 35,00 mm	Verdeelwap. onder 904 mm <sup>2</sup>	(platen)	
		Steekafstand 62,57 mm	Inklem.wap.boven 1507 mm <sup>2</sup>	(platen)	
		Verankeringslengte 735,00 mm	VW voor inklem.wap. 301 mm <sup>2</sup>	(platen)	
		Scheurwijdte 1,6883 mm/m			
		<b>Tussenlaag oplegging aanbrengen</b>			
		Berekening op sterkte akkoord	96,36 %		
		Berekening op vervorming is akkoord	30,67 %		
		Berekening op scheurwijdte akkoord	67,93 %		
		Berekening op eindoplegging niet akkoord	100,68 %		

**Berekening tussenbalk (kopgevel)**

**Gegeven:**

Balk, tweezijdig ingeklemd

Beton: C20/25

Staal: FeB500

Veiligheidsklasse 3

Milieuklasse 2

**Afmeting:**

Overspanning: 4300 + 850 = 5150mm

Hoogte balk (h):  $4300 / 15 = 300mm$

Breedte balk:  $\frac{3}{4} * 4300 = 300mm$

Afmeting balk: 350mm \* 300mm

Geschatte hoofdwapening: Ø10

Geschatte beugels: Ø8 – 300

Betondekking (c) : 30mm = 30mm

Nuttige hoogte (d):  
 $h - c - bgl - \frac{1}{2}HW = 350 - 30 - 8 - 5 = 307mm$

Hoogte buitenspouwblad begane grond = 3000mm

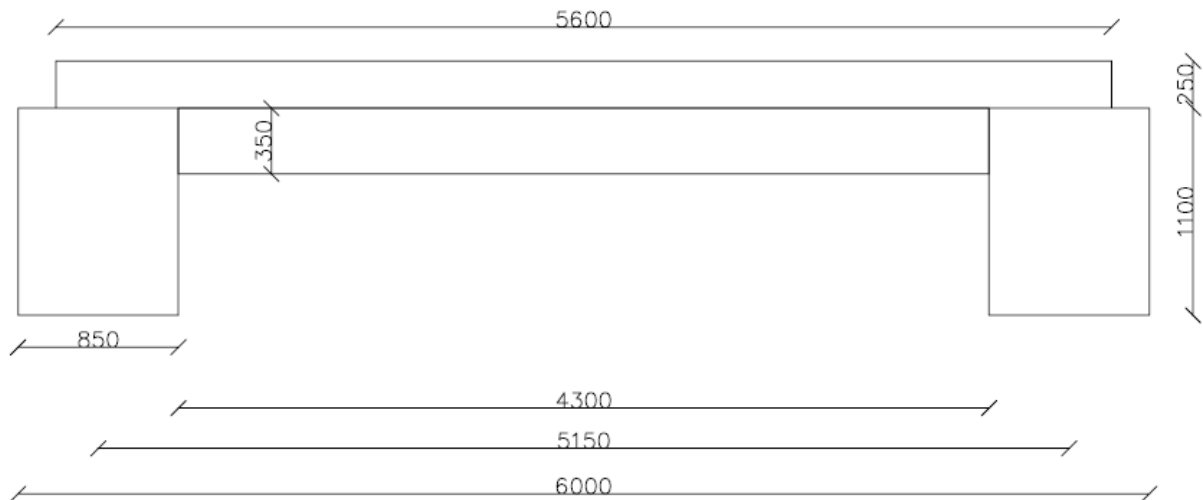
Hoogte buitenspouwblad 1<sup>e</sup> etage = 2959mm

**Belastingen**

Gewapend grindbeton: 24,00 kN/m<sup>3</sup>

Metselwerk: 18,50 kN/m<sup>3</sup>

Cementdekvloer: 20,00 kN/m<sup>3</sup>



**Permanente belasting**

**Lijnbelastingen**

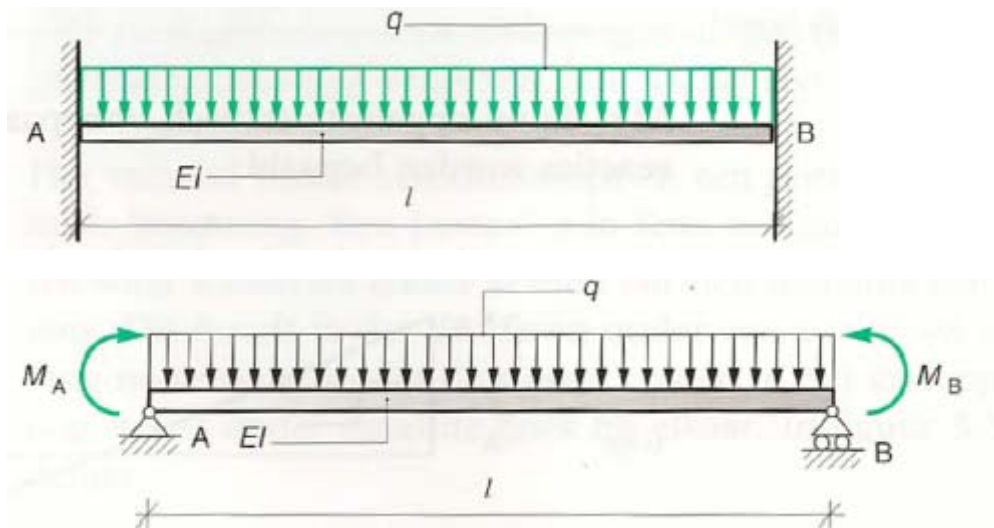
Funderingsbalk	eigen gewicht	$(0,35 * 0,3 * 24kN / m^3) =$	2,52 kN/m
Buitenspouwblad bg	eigen gewicht	$(0,1 * 3,00 * 18,5kN / m^3) =$	05,55 kN/m
Buitenspouwblad l°	eigen gewicht	$(0,1 * 2,96 * 18,5kN / m^3) / 2 =$	02,74 kN/m
		q;rep;tot	10,81 kN/m

**Rekenbelasting voor de permanente belastingen**

$1,35 * 10,81 = 14,59 \text{ kN/m}$

De binnenspouwbladen worden gedragen door de tweezijdig opgelegde vloerplaten. De buitenspouwbladen worden gedragen door de tussenbalken aan kopgevelzijde, deze tussenbalk is ingeklemd tussen beide funderingsbalken.

De tussenbalken zijn echter statisch tweevoudig onbepaald. Voor het berekenen van de momenten en de dwarskrachten dient de constructie eerst statisch bepaald te worden gemaakt waarna de statisch onbepaalden worden aangebracht.



Uiteraard is bij beide inklemmingen de hoekverandering gelijk aan nul (randvoorwaarde).

$$\varphi_a = 0$$

$$\varphi_b = 0$$

Met de “Vergeet \_ Mij \_ Nietjes”:

$$\varphi_a = -\frac{q \cdot l^3}{24EI} - \frac{M_a \cdot l}{3EI} - \frac{M_b \cdot l}{6EI} = 0$$

De inklemmingsmomenten bij A en B zijn daarmee bepaald

$$M_a = -\frac{1}{12} q \cdot l^2$$

$$M_b = -\frac{1}{12} q \cdot l^2$$

De inklemmingsmomenten zijn in verband met de symmetrie links en rechts gelijk en negatief,

De som van de momenten moet gelijk zijn aan:

$$M = \frac{1}{8} q \cdot l^2$$

Het veldmoment wordt dan:

$$M_{\text{veld}} = \left( \frac{3}{24} q \cdot l^2 \right) - \left( \frac{2}{24} q \cdot l^2 \right) = \frac{1}{24} q \cdot l^2$$

Met de opgeloste statische onbepaalden kunnen de verticale oplegreacties worden bepaald.

**$\Sigma M$  t.o.v. A**

$$-\frac{1}{2} q \cdot l \cdot l - \frac{1}{12} q \cdot l + \frac{1}{12} q \cdot l + V_B \cdot l = 0$$

$$-\frac{1}{2} q \cdot l^2 = -V_B \cdot l$$

$$V_B = \frac{1}{2} ql$$

**$\Sigma V = 0$**

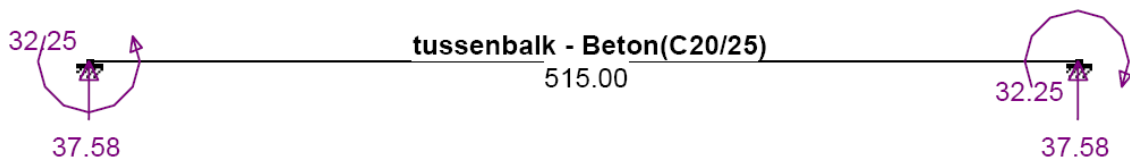
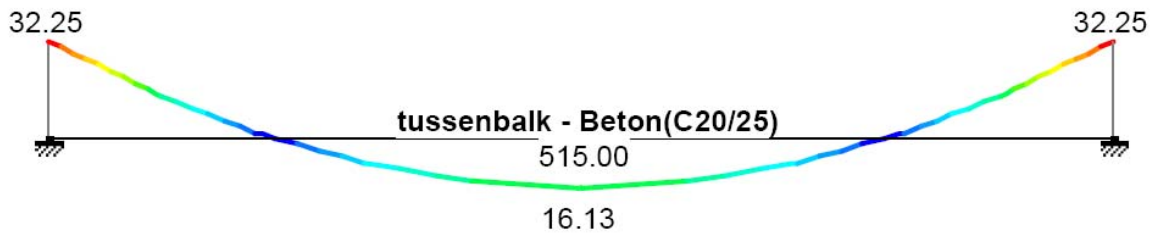
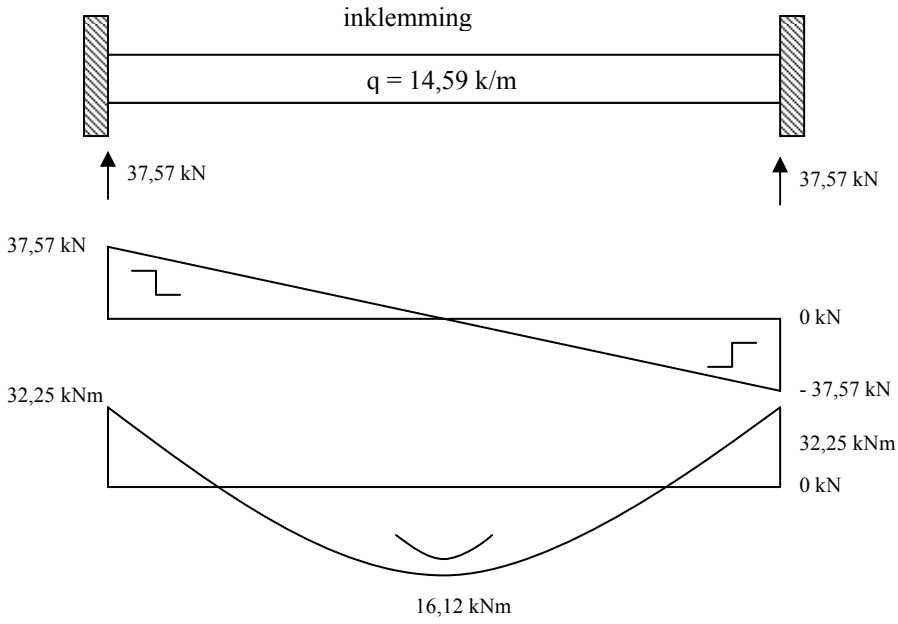
$$(q \cdot l) - \left( \frac{1}{2} q \cdot l \right) - V_A = 0$$

$$V_A = \frac{1}{2} ql$$

**Berekening dwarskrachten en moment met de fundamentele combinatie A1**

$q_{q;d}$		14,59 kN/m
$R;d$	$0,5 \cdot q \cdot l = 0,5 \cdot 14,59 \cdot 5,15 =$	37,57 kN
$M;d;veld$	$\frac{1}{24} q l^2 = \frac{1}{24} \cdot 14,59 \cdot 5,15^2 =$	16,12 kNm
$M;d;st$	$\frac{1}{12} q l^2 = \frac{1}{12} \cdot 14,59 \cdot 5,15^2 =$	32,25 kNm

**Uiterste grenstoestand**



**Berekening van de wapening.**

Voor beton C20/25:

Minimum wapeningspercentage: 0,15%  
Maximum wapeningspercentage: 1,38%

Met GTB-tabel

**Voor de veldwapening:**

$$\frac{Mu}{bxd^2} = \frac{16,12}{0,30 * 0,307^2} = 570 \text{ kNm}^2$$

$$\omega_0 = 0,134\%$$

$$As_{\text{min}} = \omega_0 * b * x * h * 10^4 = 0,15 * 0,3 * 0,35 * 10^4 = 158 \text{ mm}^2$$

**Veldwapening**

$$As_{\text{berek.}} = \omega_0 * b * x * d * 10^4 = 0,134 * 0,3 * 0,307 * 10^4 = 123 \text{ mm}^2$$

$$\omega_0 < \omega_{\text{min}}$$

Neem:  $As_{\text{min}} = 158 \text{ mm}^2$

$$\text{Oppervlakte } \emptyset 10 = \pi r^2 = \pi \left( \frac{10}{2} \right)^2 = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$\text{Aantal staven: } \frac{As_{\text{berek.}}}{A} = \frac{158}{78,54} = 2 \times \emptyset 10$$

$$As_{\text{aanw.}} = 2 * 78,54 = 157 \text{ mm}^2$$

**Voor de steunpuntwapening:**

$$\frac{Mu}{bxd^2} = \frac{32,25}{0,3 * 0,307^2} = 1141 \text{ kNm}^2$$

$$\omega_0 = 0,27\%$$

$$As_{\text{min}} = \omega_0 * b * x * h * 10^4 = 0,15 * 0,3 * 0,35 * 10^4 = 158 \text{ mm}^2$$

**Steunpuntwapening**

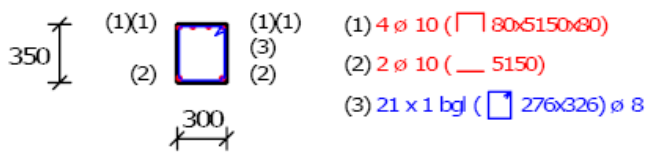
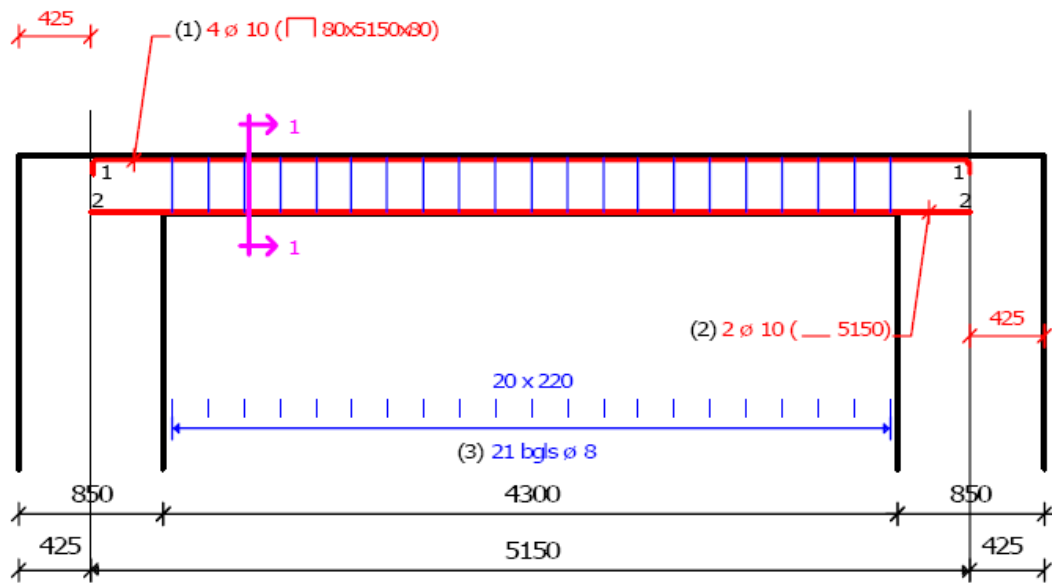
$$As_{\text{berek.}} = \omega_0 * b * x * d * 10^4 = 0,27 * 0,3 * 0,307 * 10^4 = 249 \text{ mm}^2$$

$$\text{Oppervlakte } \emptyset 10 = \pi r^2 = \pi \left( \frac{10}{2} \right)^2 = 78,54 \text{ mm}^2$$

$$\text{Aantal staven: } \frac{As_{\text{berek.}}}{A} = \frac{249}{78,54} = 4 \times \emptyset 10$$

$$As_{\text{aanw.}} = 4 * 78,54 = 314 \text{ mm}^2$$

Klasse 1 - 1



SNEDE 1-1