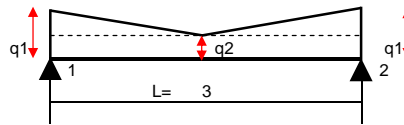




## houten ligger op 2 steunpunten belast door twee driehoeksbelastingen en een q-last

**71 x 246**  
 naaldhout C18

werk	=	<b>werk</b>	
werknummer	=	<b>werknummer</b>	
onderdeel	=	<b>onderdeel</b>	
toegepaste norm	=	<b>eurocode nieuwbouw</b>	ontwerplevensduur = 50 jaar
ontwerplevensduur klasse	=	<b>3</b>	toepassing: gebouwen en andere gewone constructies
gevolgklasse CC	=	<b>CC1</b>	<b>belastingfactoren</b>
correctiefactor voor formule 6.10.b	$\xi$ =	<b>0,89</b>	formule 6.10.a
<b>de waarde van ksi volgt uit de Nationale Bijlage</b>			$\gamma_{Gj}$ = 1,22 -
gebouwcategorie	<b>A: woon- en verblijfsruimtes</b>		$\gamma_{Q,1}$ = 1,35 -
(gewichtsberekening)	$\psi_{0,1}$ = 0,4 -	formule 6.10.b	$\xi \gamma_{Gj}$ = 1,08 -
(elastische doorbuiging)	$\psi_{1,1}$ = 0,5 -		$\gamma_{Q,1}$ = 1,35 -
(kruip)	$\psi_{2,1}$ = 0,3 -		$\gamma_{Q,1}$ = 1,35 -
reductiefactor vloerbelasting	$\psi_{1,1}$ = 1,00 -	formule 6.10.a en b	$\gamma_{Gj}$ = 0,90 (gunstig)
belastingcombinatie	<b>eg + vloerbelasting</b>		
liggerlengte	L = 3 m		
staaf lengte z-richting, ongesteund	L <sub>z</sub> = 3 m		
aangrijpingspunt belasting	<b>aan drukzijde</b>		
wijze van steunen	<b>gesteund</b>		
aangrijpingspunt van steunen	<b>aan drukzijde</b>		
toelaatbare einddoorbuiging	1: 250 * L		
toelaatbare bijkomende doorbuiging	1: 333 * L		
toegepaste zeeg	0 mm		



### belastingen en combinaties onderdeel

**q1:**

permanente belasting	$G_{k,j}$ = 3,5 kN/m	$G_{k,j}$ : (incl.e.g.)	3,5	=	3,50 kN/m'
opgelegde belasting exteem+mom.	$\Sigma Q_{extr+mom}$ = 3,5 kN/m	STR/GEO	$\gamma_{Gj}$ $G_{k,j}$ + $\gamma_Q \Sigma Q_{mom}$		
opgelegde belasting momentaan	$\Sigma Q_{mom}$ = 2 kN/m	6.10.a:	1,22 3,50 + 1,35 2,00	=	6,95 kN/m'
gewogen momentaanfactor $\Sigma Q_{k1}$	$\psi_{0,1}$ = 0,4 -	STR/GEO	$\xi \gamma_{Gj} G_{k,j}$ + $\gamma_Q \Sigma Q_{extr+mom}$		
gewogen momentaanfactor $\Sigma Q_{ki}$	$\psi_{0,i}$ = 0,4 -	6.10.b:	1,08 3,50 + 1,35 3,50	=	8,51 kN/m'
quasie-permanente factor $\Sigma Q_{k1}$	$\psi_{2,1}$ = 0,3 -	EQU	1,10 $G_{k,j}$ + 1,50 $\Sigma Q_{extr+mom}$		
quasie-permanente factor $\Sigma Q_{ki}$	$\psi_{2,i}$ = 0,3 -	6.10:	1,10 3,50 + 1,50 3,50	=	9,10 kN/m'
		EQU en STR/GEO	0,9 $G_{k,j}$	=	0,9 3,50 = 3,15 kN/m'
$\Sigma Q_{k,1}$	= ( $\Sigma Q_{extr+mom}$ - $\Sigma Q_{mom}$ ) / ( 1 - $\psi_{0,1}$ )		= ( 3,5 - 2 ) / ( 1 - 0,4 )	=	2,50 kN/m'
$\Sigma Q_{k,i}$	= ( $\Sigma Q_{extr+mom}$ - $\Sigma Q_{k,1}$ ) / $\psi_{0,i}$		= ( 3,5 - 2,50 ) / 0,4	=	2,50 kN/m'
kruip = $k_{def}$ ( $G_{k,j} + \psi_{2,1} Q_{k,1} + \psi_{2,i} Q_{k,i}$ )	= 0,60 ( 3,50 + 0,3 2,50 + 0,3 2,50 )			=	3,00 kN/m'

**q2**

permanente belasting	$G_{k,j}$ = 3 kN/m	$G_{k,j}$ : (incl.e.g.)	3	=	3,00 kN/m
opgelegde belasting exteem+mom.	$\Sigma Q_{extr+mom}$ = 3,5 kN/m	STR/GEO	$\gamma_{Gj} G_{k,j}$ + $\gamma_Q \Sigma Q_{mom}$		
opgelegde belasting momentaan	$\Sigma Q_{mom}$ = 2 kN/m	6.10.a:	1,22 3,00 + 1,35 2,00	=	6,35 kN/m
gewogen momentaanfactor $\Sigma Q_{k1}$	$\psi_{0,1}$ = 0,4 -	STR/GEO	$\xi \gamma_{Gj} G_{k,j}$ + $\gamma_Q \Sigma Q_{extr+mom}$		
gewogen momentaanfactor $\Sigma Q_{ki}$	$\psi_{0,i}$ = 0,4 -	6.10.b:	1,08 3,00 + 1,35 3,50	=	7,97 kN/m
quasie-permanente factor $\Sigma Q_{k1}$	$\psi_{2,1}$ = 0,3 -	EQU	1,10 $G_{k,j}$ + 1,50 $\Sigma Q_{extr+mom}$		
quasie-permanente factor $\Sigma Q_{ki}$	$\psi_{2,i}$ = 0,3 -	6.10:	1,10 3,00 + 1,50 3,50	=	8,55 kN/m
		EQU en STR/GEO	0,9 $G_{k,j}$	=	0,9 3,00 = 2,70 kN/m
$\Sigma Q_{k,1}$	= ( $\Sigma Q_{extr+mom}$ - $\Sigma Q_{mom}$ ) / ( 1 - $\psi_{0,1}$ )		= ( 3,5 - 2,00 ) / ( 1 - 0,4 )	=	2,50 kN/m
$\Sigma Q_{k,i}$	= ( $\Sigma Q_{extr+mom}$ - $\Sigma Q_{k,1}$ ) / $\psi_{0,i}$		= ( 3,5 - 2,50 ) / 0,4	=	2,50 kN/m
kruip = $k_{def}$ ( $G_{k,j} + \psi_{2,1} Q_{k,1} + \psi_{2,i} Q_{k,i}$ )	= 0,60 ( 3,00 + 0,3 2,50 + 0,3 2,50 )			=	2,70 kN/m

### materiaal-, hoogte- en modificatiefactoren onderdeel

sterkteklasse	= <b>naaldhout C18</b>	materiaalfactor sterkte	$\gamma_M$ = 1,30 -
materiaal	= <b>gezaagd hout</b>	hoogtefactor treksterkte/breedte	$k_h$ = 1,16 -
houtbreedte	b = 71 mm.	hoogtefactor buigsterkte/hoogte	$k_h$ = 1,00 -
houthoogte	h = 246 mm	modificatiefactor sterkte	$k_{mod}$ = 0,90 kort
klimaatklasse	= <b>1</b>	modificatiefactor treksterkte	$k_{mod}$ = 0,80 kort
belastingduurklasse comb. veranderlijk	= <b>kort</b>	modificatiefactor sterkte	$k_{mod}$ = 0,60 blijvend
belastingduurklasse alleen permanent	= <b>blijvend</b>	modificatiefactor treksterkte	$k_{mod}$ = 0,50 blijvend
E en G corrigeren tgv art. 2.3.2.2(2)	= <b>nee</b>	modificatiefactor vervorming	$k_{def}$ = 0,60 -
factor voor volume-effect	s = 0,12 bij LVL		
$\sigma_{m,crit}$ berekenen met formule	<b>6.32</b>		

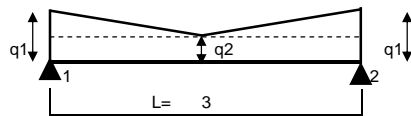
ULS	buiging	1,03	dwarskracht	0,38	stabiliteit	1,03	SLS	$u_{eind}$	1,05	$u_{bij}$	0,93
-----	---------	------	-------------	------	-------------	------	-----	------------	------	-----------	------



**materiaal- en profielgegevens** onderdeel

		$f_{x;d}$ =	$k_l$	$k_h$	$k_{mod}$	$f_{crep}$	/	$\gamma_M$	kort blijvend	
buigsterkte	$f_{m;k}$ <b>18</b> N/mm <sup>2</sup>	$f_{m;d}$	1,00	1,00	0,90	18	/	1,30	=	<b>12,46</b> 8,31
treksterkte	$f_{t;0;k}$ <b>11</b> N/mm <sup>2</sup>	$f_{t;0;d}$	1,00	1,16	0,90	11	/	1,30	=	<b>8,84</b> 5,90
treksterkte	$f_{t;90;k}$ <b>0,4</b> N/mm <sup>2</sup>	$f_{t;90;d}$			0,80	0,4	/	1,30	=	<b>0,25</b> 0,15
druksterkte	$f_{c;0;k}$ <b>18</b> N/mm <sup>2</sup>	$f_{c;0;d}$			0,90	18	/	1,30	=	<b>12,46</b> 8,31
druksterkte	$f_{c;90;k}$ <b>2,2</b> N/mm <sup>2</sup>	$f_{c;90;d}$			0,90	2,2	/	1,30	=	<b>1,52</b> 1,02
schuifsterkte	$f_{v;k}$ <b>3,4</b> N/mm <sup>2</sup>	$f_{v;d}$			0,90	3,4	/	1,30	=	<b>2,35</b> 1,57
elasticiteitsmodulus	$E_{0,mean;k}$ <b>9000</b> N/mm <sup>2</sup>	$E_{0,mean;d}$			1,00	9000	/	1,00	=	<b>9000</b> 9000
volumieke massa	$\rho_k$ <b>320</b> kg/m <sup>3</sup>	$E_{0,u;d}$			0,90	9000	/	1,30	=	<b>6231</b> 4154
glijdingsmodulus	$G_k$ <b>560</b> N/mm <sup>2</sup>	$G_d$			1,00	560	/	1,00	=	<b>560</b> 560
elasticiteitsmod naaldhout	$E_{90,mean;k}$ <b>300</b> N/mm <sup>2</sup>	$E_{90,mean;d}$			1,00	300	/	1,00	=	<b>300</b> 300
elasticiteitsmod loofhout	$E_{90,mean;k}$ <b>300</b> N/mm <sup>2</sup>	$E_{90,mean;d}$			1,00	300	/	1,00	=	<b>300</b> 300
elasticiteitsmodulus	$E_{0,05;k}$ <b>6000</b> N/mm <sup>2</sup>	$E_{0,05;d}$			1,00	6000	/	1,00	=	<b>6000</b> 6000
traagheidsmoment	$I_y = 1 * \frac{1}{12} bh^3$		=	1	$\frac{1}{12}$	71	$246^3$		=	8808 $10^4 mm^4$
traagheidsmoment	$I_z = 1 * \frac{1}{12} hb^3$		=	1	$\frac{1}{12}$	246	$71^3$		=	734 $10^4 mm^4$
weerstandsmoment	$W_y = 1 * \frac{1}{6} bh^2$		=	1	$\frac{1}{6}$	71	$246^2$		=	716,1 $10^3 mm^3$
weerstandsmoment	$W_z = 1 * \frac{1}{6} hb^2$		=	1	$\frac{1}{6}$	246	$71^2$		=	206,7 $10^3 mm^3$
oppervlak	$A = 1 * bh$		=	1		71	246		=	174,7 $10^2 mm^2$
traagheidsstraal	$i_y = \sqrt{I_y / A}$		=	$\sqrt{\quad}$	(	8808	/	175	) =	71,0 mm
traagheidsstraal	$i_z = \sqrt{I_z / A}$		=	$\sqrt{\quad}$	(	734	/	175	) =	20,5 mm

**resultaten mechanieberekeningen** onderdeel



belastinggeval / combinatie	belastingen		dwarskracht (kN)		reactie (kN)	
	q1:	q2	$V_{1,2}$	$V_{2,1}$	$R_1$	$R_2$
$G_{k,i}$	3,50	3,00	-4,9	4,9	4,9	4,9
$Q_{k1} + \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$	3,50	3,50	-5,3	5,3	5,3	5,3
$k_{def} * (G_{k,i} + \psi_{2,i} Q_{k,1} + \psi_{2,i} Q_{k,i})$	3,00	2,70	-4,3	4,3	4,3	4,3
ULS(1) 6.10.a	6,95	6,35	-10,0	10,0	10,0	10,0
ULS(2) 6.10.b	8,51	7,97	-12,4	12,4	12,4	12,4
<b>maatgevende waarden</b>			$V_{Ed} =$ <b>12,36</b>	kN	$R_{Ed} =$ <b>12,36</b>	kN

belastinggeval / combinatie	steunpuntmoment (kNm)		veldmoment (kNm)	positie $M_{veld,max}$ (m)	vervorming (mm)
	$M_1$	$M_2$	$M_{1,2}$	uit $R_1$	$u_{1,2}$
$G_{k,i}$	0,0	0,0	3,6	1,50	4,2
$Q_{k1} + \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$	0,0	0,0	3,9	1,50	4,7
$k_{def} * (G_{k,i} + \psi_{2,i} Q_{k,1} + \psi_{2,i} Q_{k,i})$	0,0	0,0	3,2	1,50	3,7
ULS(1) 6.10.a	0,0	0,0	7,4	1,50	
ULS(2) 6.10.b	0,0	0,0	9,2	1,50	
<b>maatgevende waarden</b>	$M_{Ed,sl} =$ <b>0,0</b>	kNm	$M_{Ed,v} =$ <b>9,2</b>	kNm	

**toetsingen bruikbaarheidsgrenstoestand** onderdeel

combinatie	=	leg + vloerbelasting
veld	=	$u_{1,2}$
$u_{on}$	=	$G_{k,i}$ = 4,2
$u_{elastisch}$	=	$Q_{k1} + \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$ = 4,7
$u_{kruip}$	=	$k_{def} * (G_{k,i} + \psi_{2,i} Q_{k,1} + \psi_{2,i} Q_{k,i})$ = 3,7
$u_{zeeg}$	=	volgens opgave = 0,0
$u_{eind}$	=	$u_{on} + u_{elastisch} + u_{kruip} + u_{zeeg}$ = 12,6
$u_{eind,toe}$	=	$u_{eind,toelaatbaar}$ = 12,0
U.C.	=	$u_{eind} / u_{eind,toelaatbaar}$ = <b>1,05</b>
$u_{bij}$	=	$u_{elastisch} + u_{kruip}$ = 8,4
$u_{bij,toe}$	=	$u_{bij,toelaatbaar}$ = 9,0
U.C.	=	$u_{bij} / u_{bij,toelaatbaar}$ = <b>0,93</b>



**toetsingen uiterste grenstoestand** onderdeel

**art. 6.1.6 enkele buiging**

moment in y-richting	$M_{Ed,y} = 9,2$ kNm	$W_y = 716$ cm <sup>3</sup>	$f_{m,y,d} = 12,5$ N/mm <sup>2</sup>	$b = 71$ mm
				$h = 246$ mm
				$= 12,8$ N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{m,y,d} = M_{Ed,y} / W_y = 9,2 \cdot 10^6 / 716 \cdot 10^3$				<b>= 1,03</b> -
6.11 unity-check	$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} = 12,8 / 12,5$			

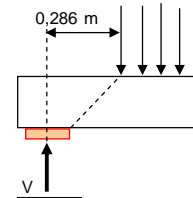
**art. 6.1.7 dwarskracht**

oplegbreedte ondersteuning	$b_r = 80$ mm	$f_{v,d} = 2,35$ N/mm <sup>2</sup>	$b = 71$ mm
rekenwaarde q-last op balk	$q_d = 6,95$ kN/m'		$h = 246$ mm
niet gereduceerde dwarskracht	$V = 12,4$ kN		

$$V_{red} = (0,5 b_r + h) \cdot q_d = (0,5 \cdot 0,08 + 0,246) \cdot 6,95 = 1,99 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = V - V_{red} = 12,36 - 1,99 = 10,37 \text{ kN}$$

$$\tau_d = \frac{3 V_{Ed}}{2 b h} = \frac{3 \cdot 10,37}{2 \cdot 71 \cdot 246} = 0,89 \text{ N/mm}^2$$



6.13 unity-check  $= \tau_d / f_{v,d} = 0,89 / 2,35 = 0,38$  -

**art. 6.3.3 liggers onderworpen aan buiging of aan buiging en druk**

6.33  $\sigma_{m,d} / (k_{krit} f_{m,d}) = 12,8 / (1,00 \cdot 12,5) = 1,03$  -

**art. 6.3.3 liggers onderworpen aan buiging of aan buiging en druk**

drukkracht	$N_{Ed} = 0$ kN	$W_y = 716$ cm <sup>3</sup>	$f_{c,0,k} = 18,0$ N/mm <sup>2</sup>	$b = 71$ mm
moment	$M_{y,Ed} = 9,2$ kNm	$A = 174,7$ cm <sup>2</sup>	$f_{c,0,d} = 12,5$ N/mm <sup>2</sup>	$h = 246$ mm
staaf lengte z-richting, ongesteund	$l_z = 3000$ mm		$f_{m,k} = 18$ N/mm <sup>2</sup>	$I_z = 734$ cm <sup>4</sup>
elasticiteitsmodulus	$E_{0,05} = 6000$ N/mm <sup>2</sup>		$f_{m,y,d} = 12,5$ N/mm <sup>2</sup>	$i_z = 20,5$ mm
elasticiteitsmodulus	$E_{0,mean,d} = 9000$ N/mm <sup>2</sup>			$\lambda_z = 146,4$ -
glijdingsmodulus	$G_{0,05} = E_{0,05} / 16 = 375$ N/mm <sup>2</sup>		modificatiefactor vervorming	$K_{def} = 0,6$ -
factor quasi-blijvende belasting	$\psi_2 = 0,3$ -		factor voor rechtheid (6.29)	$\beta_c = 0,2$ -
balk- en belastingtype	<b>2 steunpunten + q-last</b>			
aangrijpingspunt belasting	aan drukzijde			
wijze van steunen	gesteund			

druk  $\sigma_{c,0,d} = N_{Ed} / A = 0 / 174,7 \cdot 10^2 = 0,0$  N/mm<sup>2</sup>

buiging y  $\sigma_{m,y,d} = M_{y,Ed} / W_y = 9,2 \cdot 10^6 / 716 \cdot 10^3 = 12,8$  N/mm<sup>2</sup>

2.10  $E_{0,05,fin} = E_{0,05} / (1 + \psi_2 k_{def}) = 6000 / (1 + 0,30 \cdot 0,60) = 5085$  N/mm<sup>2</sup>

2.11  $G_{0,05,fin} = G_{0,05} / (1 + \psi_2 k_{def}) = 375 / (1 + 0,30 \cdot 0,60) = 318$  N/mm<sup>2</sup>

6.30  $\lambda_{rel,m} = \sqrt{f_{m,k} / \sigma_{m,crit}} = \sqrt{18 / 30,0} = 0,77$  -

**bij aan de drukzijde of neutrale lijn gesteunde staven**

6.31  $\sigma_{m,crit} = \pi \sqrt{(E_{0,05} I_{tor} G_{0,05} I_{tor}) / (I_{ef} W_y)}$   
 $\sigma_{m,crit} = \pi \sqrt{(6000 \cdot 734 \cdot 10^4 \cdot 375 \cdot 2404,3 \cdot 10^4) / (3192 \cdot 716 \cdot 10^3)} = 27,4$  N/mm<sup>2</sup>

of bij gezaagd hout met een rechthoekige doorsnede

6.32  $\sigma_{m,crit} = 0,78 b^2 E_{0,05} / (h I_{ef}) = 0,78 \cdot 71^2 \cdot 6000 / (246 \cdot 3192) = 30,0$  N/mm<sup>2</sup>  
 rekenen met:  $\sigma_{m,crit} = 30,0$  N/mm<sup>2</sup>

**bij in trekzone gesteunde staven: (staat niet in de eurocode)**

$$\sigma_{m,crit} = (G_{0,05} I_{tor} / E_{0,05} + 3,2 h^2 I_z / L_{ed}^2) \cdot 4 \cdot E_{0,05} / (b h^3)$$

$$\sigma_{m,crit} = (2404,3 \cdot 10^4 / 16 + 3,2 \cdot 246^2 \cdot 734 \cdot 10^4 / 3192^2) \cdot 4 \cdot 6000 / (71 \cdot 246^3) = 37,3$$
 N/mm<sup>2</sup>

met  $I_{tor} = 1/3 b^3 h \{ 1 - 0,63 b/h + 0,525 (b/h)^5 \}$

$I_{tor} = 1/3 \cdot 71^3 \cdot 246 \{ 1 - 0,63 \cdot 71 / 246 + 0,525 (71 / 246)^5 \} \cdot 10^4 = 2404,3$  cm<sup>4</sup>

en  $I_{ef} = a \cdot I_z + n \cdot h = 0,9 \cdot 3000 + 2 \cdot 246 = 3192$  mm

6.22  $\lambda_{rel,z} = \lambda_z / \pi \cdot \sqrt{f_{c,0,k} / E_{0,05}} = 146,4 / \pi \cdot \sqrt{18,0 / 6000} = 2,552$  -

6.26  $k_{c,z} = 1 / \{ k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2} \} = 1 / \{ 3,98 + \sqrt{3,98^2 - 2,552^2} \} = 0,14$

6.28  $k_z = 0,5 (1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2) = 0,5 (1 + 0,2 (2,552 - 0,3) + 2,552^2) = 3,98$

6.34  $k_{crit} = 1$  als  $\lambda_{rel,m} \leq 0,75$   $k_{crit} = 1 = 1,00$

$k_{crit} = 1,56 - 0,75 \lambda_{rel,m}$  als  $0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4$   $k_{crit} = 1,56 - 0,75 \cdot 0,77 = 0,98$

$k_{crit} = 1 / \lambda_{rel,m}^2$  als  $1,4 < \lambda_{rel,m}$   $k_{crit} = 1 / 0,77^2 = 1,67$

als de balk aan de drukzijde volledig is gesteund geldt  $k_{crit} = 1,0$  maatgevende waarde  $k_{crit} = 1,00$  -

6.33  $\sigma_{m,d} / (k_{krit} f_{m,d}) = 12,8 / (1,00 \cdot 12,5) = 1,03$  -

**opmerking**

