



**op druk en/of buiging belaste houten ligger :**  
**berekening volgens eurocode 5 art. 6.3.3**

**71 x 221**  
 naaldhout C18

werk = **werk**  
 werknummer = **werknummer**  
 onderdeel = **onderdeel**

**materiaalfactoren, hoogtefactor en modificatiefactoren**

sterkteklasse	= <b>naaldhout C18</b>	materiaalfactor sterkte	$\gamma_M =$ 1,30 -
materiaal	= <b>gezaagd hout</b>	hoogtefactor treksterkte/breedte	$k_{q1} =$ 1,16 -
houtbreedte	b= <b>71</b> mm	hoogtefactor buigsterkte/hoogte	$k_{q2} =$ 1,00 -
houthoogte (in buigrichting)	h= <b>221</b> mm	modificatiefactor sterkte	$k_{mod} =$ 0,90 kort
klimaatklasse	= <b>1</b>	modificatiefactor treksterkte	$k_{mod} =$ 0,80 kort
belastingduurklasse (veranderlijk)	= <b>kort</b>	modificatiefactor sterkte	$k_{mod} =$ 0,60 blijvend
factor voor volume-effect	s= <b>0,12</b> bij LVL	modificatiefactor treksterkte	$k_{mod} =$ 0,50 blijvend
		modificatiefactor vervorming	$k_{def} =$ 0,60 -

unity-checks formule 6.33: **0,83** formule 6.35: **0,94**

**normaalkracht, moment, kniklengte, schema**

drukkraft	$N_{Ed} =$ <b>5</b> kN	
moment	$M_{y,Ed} =$ <b>6</b> kNm	
staaflengte y-richting	$l_y =$ <b>3500</b> mm	
ongesteunde lengte z-richting	$l_z =$ <b>3500</b> mm	
E en G corrigeren tgv art. 2.3.2.2(2) :	= <b>nee</b>	
soort doorsnede	= <b>rechthoekig</b>	
balk- en belastingtype	= <b>2 steunpunten + q-last</b>	
aangrijpingspunt belasting	= <b>aan drukzijde</b>	
gebouwcategorie	= <b>A: woon- en verblijfsruimtes</b>	wijze van steunen: <b>volledig gesteund</b>
$\sigma_{m,crit}$ berekenen met formule	= <b>6.32</b>	aangrijpingspunt van steunen: <b>aan drukzijde</b>

**toetsing**

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

drukkraft	$N_{Ed} =$ 5 kN	$W_y =$ 578 cm <sup>3</sup>	$k_{m1} =$ 0,7 -	b= 71 mm
moment	$M_{y,Ed} =$ 6 kNm	$W_z =$ 185,7 cm <sup>3</sup>	$f_{c,0,k} =$ 18,0 N/mm <sup>2</sup>	h= 221 mm
soort doorsnede	rechthoekig	A= 156,9 cm <sup>2</sup>	$f_{c,0,d} =$ 12,5 N/mm <sup>2</sup>	$I_z =$ 659 cm <sup>4</sup>
staaflengte y-richting	$l_y =$ 3500 mm		$f_{m,k} =$ 18 N/mm <sup>2</sup>	$I_y =$ 63,8 mm
staaflengte z-richting, ongesteund	$l_z =$ 3500 mm		$f_{m,y,d} =$ 12,5 N/mm <sup>2</sup>	$I_z =$ 20,5 mm
elasticiteitsmodulus	$E_{0,05} =$ 6000 N/mm <sup>2</sup>		$f_{m,z,d} =$ 12,5 N/mm <sup>2</sup>	$\lambda_y =$ 54,9 -
elasticiteitsmodulus	$E_{0,mean,d} =$ 9000 N/mm <sup>2</sup>			$\lambda_z =$ 170,8 -
glijdingsmodulus	$G_{0,05} = E_{0,05} / 16 =$ 375 N/mm <sup>2</sup>		modificatiefactor vervorming	$K_{def} =$ 0,6 -
			factor voor rechtheid (6.29)	$\beta_c =$ 0,2 -

factor quasi-blijvende belasting	$\psi_2 =$ 0,3 -
druk	$\sigma_{c,0,d} = N_{Ed} / A =$ 5 $10^3$ / 156,9 $10^2 =$ 0,3 N/mm <sup>2</sup>
buiging y	$\sigma_{m,y,d} = M_{y,Ed} / W_y =$ 6 $10^6$ / 578 $10^3 =$ 10,4 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  $\lambda_{rel,m} = \sqrt{f_{m,k} / \sigma_{m,crit}} = \sqrt{(18 / 29,7)} = 0,78$  -

**aangrijpingspunt kipsteunen aan de drukzijde of neutrale lijn**

6.31  $\sigma_{m,crit} = \pi \sqrt{(E_{0,05} I_z G_{0,05} I_{tor}) / (I_{ef} W_y)}$   
 $\sigma_{m,crit} = \pi \sqrt{(6000 \cdot 659 \cdot 10^4 \cdot 375 \cdot 2107,7 \cdot 10^4) / (3592 \cdot 578 \cdot 10^3)} = 26,8$  N/mm<sup>2</sup>

of bij gezaagd **naaldhout** met een rechthoekige doorsnede

6.32  $\sigma_{m,crit} = 0,78 b^2 E_{0,05} / (h I_{ef}) = 0,78 \cdot 71^2 \cdot 6000 / (221 \cdot 3592) = 29,7$  N/mm<sup>2</sup>  
 rekenen met:  $\sigma_{m,crit} =$  **29,7** N/mm<sup>2</sup>

**aangrijpingspunt kipsteunen in trekzone ( staat niet in de eurocode )**

$\sigma_{m,crit} = (I_{tor} \cdot G_{0,05} / E_{0,05} + 3,2 h^2 I_z / L_{ef}^2) \cdot 4 \cdot E_{0,05} / (b h^3)$   
 $\sigma_{m,crit} = (2107,7 \cdot 10^4 / 16 + 3,2 \cdot 221^2 \cdot 659 \cdot 10^4 / 3592^2) \cdot 4 \cdot 6000 / (71 \cdot 221^3) = 43,8$  N/mm<sup>2</sup>



met  $I_{oy} = \frac{1}{3} b^3 h \{ 1 - 0.63 b/h + 0.525 (b/h)^5 \}$   
 $I_{oz} = \frac{1}{3} h^3 b \{ 1 - 0.63 h/b + 0.525 (h/b)^5 \}$   
 en  $I_{ef} = a \cdot I_z + n \cdot h = 0,9 \cdot 3500 + 2 \cdot 221 = 3592 \text{ mm}^4$

6,21  $\lambda_{rel,y} = \lambda_y / \pi \cdot \sqrt{f_{c,0,k} / E_{0,05}} = 54,9 / \pi \cdot \sqrt{18,0 / 6000} = 0,956$   
 6,22  $\lambda_{rel,z} = \lambda_z / \pi \cdot \sqrt{f_{c,0,k} / E_{0,05}} = 170,8 / \pi \cdot \sqrt{18,0 / 6000} = 2,977$

6,25  $k_{cy} = 1 / \{ k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \} = 1 / \{ 1,02 + \sqrt{1,02^2 - 0,956^2} \} = 0,72$   
 6,26  $k_{cz} = 1 / \{ k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2} \} = 1 / \{ 5,20 + \sqrt{5,20^2 - 2,977^2} \} = 0,11$

6,27  $k_y = 0.5 ( 1 + \beta_c ( \lambda_{rel,y} - 0.3 ) + \lambda_{rel,y}^2 ) = 0.5 ( 1 + 0.2 ( 0,956 - 0.3 ) + 0,956^2 ) = 1,02$   
 6,28  $k_z = 0.5 ( 1 + \beta_c ( \lambda_{rel,z} - 0.3 ) + \lambda_{rel,z}^2 ) = 0.5 ( 1 + 0.2 ( 2,977 - 0.3 ) + 2,977^2 ) = 5,20$

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  $0.75 < \lambda_{rel,m} \leq 1.4$   $k_{crit} = 1,56 - 0,75 \cdot 0,78 = 0,98$  -  
 $k_{crit} = 1 / \lambda_{rel,m}^2$  als  $1.4 < \lambda_{rel,m}$   $k_{crit} = 1 / 0,78^2 = 1,65$  -  
 als de balk aan drukzijde volledig is gesteund geldt:  $k_{crit} = 1,0$  maatgevende waarde  $k_{crit} = 1,00$  -

6,33  $\sigma_{m,d} / ( k_{crit} f_{m,d} ) = 10,4 / ( 1,00 \cdot 12,5 ) = 0,83$

6,35  $\left[ \frac{\sigma_{m,y,d}}{k_{crit} f_{m,y,d}} \right]^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} f_{c,0,d}} = \left[ \frac{10,4}{1,00 \cdot 12,5} \right]^2 + \frac{0,3}{0,11 \cdot 12,5} = 0,94$

= deze gegevens worden niet gebruikt bij deze berekening maar zijn ter informatie toegevoegd

**materiaal- en profielgegevens** onderdeel

algemene formule voor een sterkte-eigenschap:	$f_{x,d} =$	$k_1$	$k_h$	$k_{mod}$	$f_{x,rep}$	/	$\gamma_M$	kort	blijvend
buigsterkte	$f_{m,k}$ 18 N/mm <sup>2</sup>	$f_{m,d}$	1,00	0,90	18	/	1,30	12,46	8,31
treksterkte	$f_{t,0,k}$ 11 N/mm <sup>2</sup>	$f_{t,0,d}$	1,00	1,16	0,90	/	1,30	8,84	5,90
treksterkte	$f_{t,90,k}$ 0,4 N/mm <sup>2</sup>	$f_{t,90,d}$		0,80	0,4	/	1,30	0,25	0,15
druksterkte	$f_{c,0,k}$ 18 N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,0,d}$		0,90	18	/	1,30	12,46	8,31
druksterkte	$f_{c,90,k}$ 2,2 N/mm <sup>2</sup>	$f_{c,90,d}$		0,90	2,2	/	1,30	1,52	1,02
schuifsterkte	$f_{v,k}$ 3,4 N/mm <sup>2</sup>	$f_{v,d}$		0,90	3,4	/	1,30	2,35	1,57
elasticiteitsmodulus	$E_{0,mean,k}$ 9000 N/mm <sup>2</sup>	$E_{0,mean,d}$		1,00	9000	/	1,00	9000	9000
volumieke massa	$\rho_k$ 320 kg/m <sup>3</sup>	$E_{0,u,d}$		0,90	9000	/	1,30	6231	4154
glijdingsmodulus	$G_k$ 560 N/mm <sup>2</sup>	$G_d$		1,00	560	/	1,00	560	560
elasticiteitsmod. naaldhout	$E_{90,mean,k}$ 300 N/mm <sup>2</sup>	$E_{90,mean,d}$		1,00	300	/	1,00	300	300
elasticiteitsmod. loofhout	$E_{90,mean,k}$ 300 N/mm <sup>2</sup>	$E_{90,mean,d}$		1,00	300	/	1,00	300	300
elasticiteitsmodulus	$E_{0,05,k}$ 6000 N/mm <sup>2</sup>	$E_{0,05,d}$		1,00	6000	/	1,00	6000	6000
** met $k_1 =$ minimum van $(3000/l)^{0,2}$ en 1.1	$k_1 = ( 3000 / 1000 )^{0,2}$			0,06			1,07		dus $k_1 = 1,07$

traagheidsmoment	$I_y = 1 \cdot \frac{1}{12} b h^3$	=	1	$\frac{1}{12}$	71	$221^3$	=	6386	$10^4 \text{mm}^4$
traagheidsmoment	$I_z = 1 \cdot \frac{1}{12} h b^3$	=	1	$\frac{1}{12}$	221	$71^3$	=	659	$10^4 \text{mm}^4$
weerstandsmoment	$W_y = 1 \cdot \frac{1}{6} b h^2$	=	1	$\frac{1}{6}$	71	$221^2$	=	578	$10^3 \text{mm}^3$
weerstandsmoment	$W_z = 1 \cdot \frac{1}{6} h b^2$	=	1	$\frac{1}{6}$	221	$71^2$	=	186	$10^3 \text{mm}^3$
oppervlak	$A = 1 \cdot b h$	=	1		71	221	=	157	$10^2 \text{mm}^2$
traagheidsstraal	$i_y = \sqrt{I_y / A}$	=	$\sqrt{}$		( 6386 / 157 )		=	63,8	mm
traagheidsstraal	$i_z = \sqrt{I_z / A}$	=	$\sqrt{}$		( 659 / 157 )		=	20,5	mm

**opmerking**