Houtman
ingenieursbureau

Statische Berekening

status:	Voorlopige Opzet
project:	Dakopbouw t.b.v. appartementen Steenwijkerstraatweg 10 te Meppel
projectnr.:	2026-047
[versie] datum:	[A2] 9-6-2026
opdrachtgever:	Addo Pouwels BV
constructeur:	ing. H.K. Houtman
interne controle:	ing. J. Pater

- alle opdrachten worden aangegaan op basis van de DNR 2011 -

Houtman ingenieursbureau

Inhoudsopgave

1 Algemeen ... 3
1.1 Veiligheids- en ontwerpklassen ... 3
1.2 Voorschriften (indien toegepast) ... 3
1.3 Constructiematerialen en kwaliteiten ... 3
1.4 Stabiliteit ... 3
2 Tekeningen en schetsen ... 4
2.1 Hellend dak ... 4
2.2 Wanden verdieping ... 5
2.3 Begane grond / verdiepingsvloer ... 6
2.4 Kelder / fundering en begane grondvloer ... 7
3 Belastingen ... 8
3.1 Plat dak ... 8
3.2 Hellend dak ... 8
3.3 1e verdiepingsvloer ... 8
3.4 Begane grondvloer ... 9
3.5 Wanden ... 9
4 Houtconstructie ... 10
4.1 1e verdiepingsvloer 70x245 h.o.h. 405mm ... 10
4.2 Plat dak 70 x 245 h.o.h. 610 mm ... 13
4.3 Alternatief: Plat dak 38 x 235 h.o.h. 405mm ... 16
4.4 Sporen 38 x 235 h.o.h. 610 mm ... 19
4.5 Dragende wand verdieping ... 22
4.6 Ligger onder de kap 3x 70x245mm ... 24
5 Staalconstructie ... 30
5.1 L1: Hoeklijn L100x100x10 of houten ligger 70x245mm ... 30
6 Fundering ... 42
6.1 Algemeen ... 42
6.2 Richtlijnen eventuele grondverbetering: ... 42
6.3 Lijn- en puntlasten op fundering ... 43
6.4 Controle fundering ... 44

1 Algemeen

In dit rapport opgenomen berekeningen en adviezen zijn uitsluitend gebaseerd door de opdrachtgever verstrekte gegevens en hebben uitsluitend betrekking op de onderdelen beschreven in dit document. De opsteller aanvaardt geen verantwoordelijkheid voor onderdelen die buiten de scope van deze berekening vallen.

Op deze opdracht zijn de voorwaarden van de DNR 2011 van toepassing.

1.1 Veiligheids- en ontwerpklassen

Ontwerplevensduurklasse 3	→	50 jaar
Gevolg- / betrouwbaarheidsklasse	→	CC2 / RC2 middelmatige gevolgen ten aanzien van verlies van mensenlevens, en/of aanzienlijke economische of sociale gevolgen of gevolgen voor de omgeving.

1.2 Voorschriften (indien toegepast)

NEN-EN 1990+ NB + NEN 8700	Grondslagen van het ontwerp
NEN-EN 1991+ NB	Belastingen
NEN-EN 1992+ NB	Betonconstructies
NEN-EN 1993+ NB	Staalconstructies
NEN-EN 1994+ NB	Staalbetonconstructies
NEN-EN 1995+ NB	Houtconstructies
NEN-EN 1996+ NB	Metselwerkconstructies
NEN-EN 1997+ NB	Geotechnisch ontwerp

Het Besluit Bouwwerken Leefomgeving stelt geen eisen aan de bruikbaarheidstoestanden

1.3 Constructiematerialen en kwaliteiten

Indien toegepast en indien niet anders is vermeld.

Staal:	gewalste profielen	S235	(f_y = 235 N/mm^2; f_u = 360 N/mm^2)
	koker en buisprofielen	S235	
	bouten	8.8 gerold	(f_y = 640 N/mm^2; f_u = 800 N/mm^2)
	ankerbouten	4.6 haakankers	(f_y = 240 N/mm^2; f_u = 400 N/mm^2)
		8.8 rechte of met ankerplaat	
Beton:	in het werk gestort	C20/25	
	prefab	≥ C35/45 (vlgns leverancier)	
	wapeningsstaal	B500B	
Hout:	standaard bouwhout	C18 (klossen en dergelijke)	
	constructiehout	C24	
	gelamineerde balken	min. GL24c	
Metselwerk:	best. metselwerk	fb10 + M5 mortel	(f_b = 10 N/mm^2; f_k = 4,01 N/mm^2)
	best. kalkzandsteen	CS12 + M5 mortel	(f_b = 12 N/mm^2; f_k = 4,51 N/mm^2)
	kalkzandsteen	CS12 + M10 mortel	(f_b = 12 N/mm^2; f_k = 5,37 N/mm^2)
		CS12 + L12,5 gelijmd	(f_b = 12 N/mm^2; f_k = 6,61 N/mm^2)
	snelbouwsteen	PM20 + M10 mortel	(f_b = 18 N/mm^2; f_k = 5,82 N/mm^2)

1.4 Stabiliteit

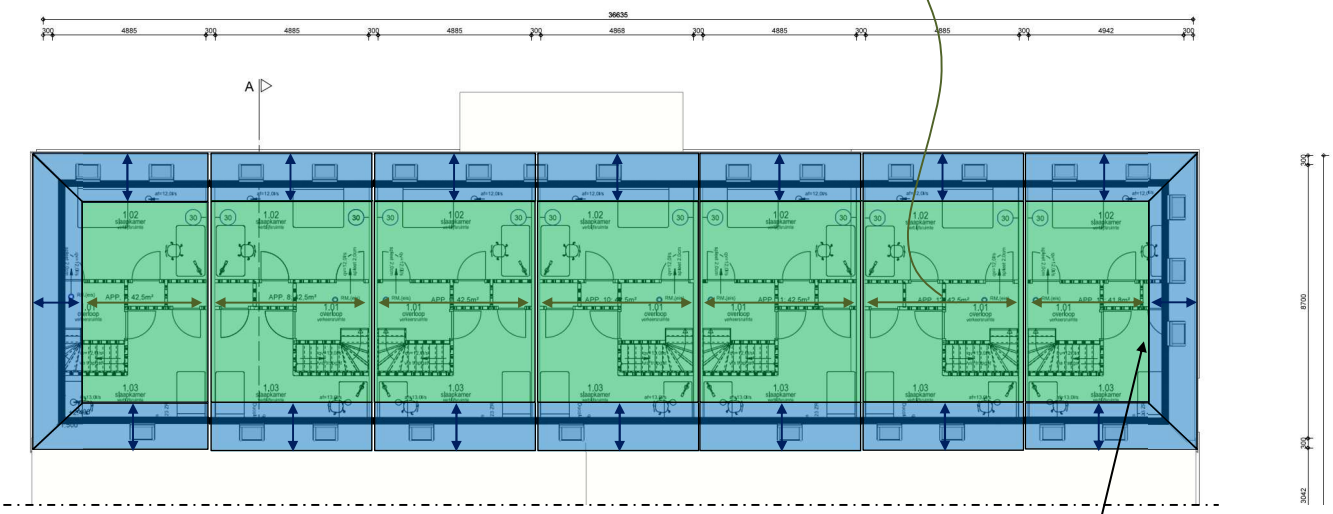
De stabiliteit van de nieuwe kapconstructie wordt door de schijfwerking van het platte dak, hellende dak en de verdieping voorzien. Vanaf de 1^e verdieping wordt de stabiliteit afgedragen door de bestaande constructie.

2 Tekeningen en schetsen

2.1 Hellend dak

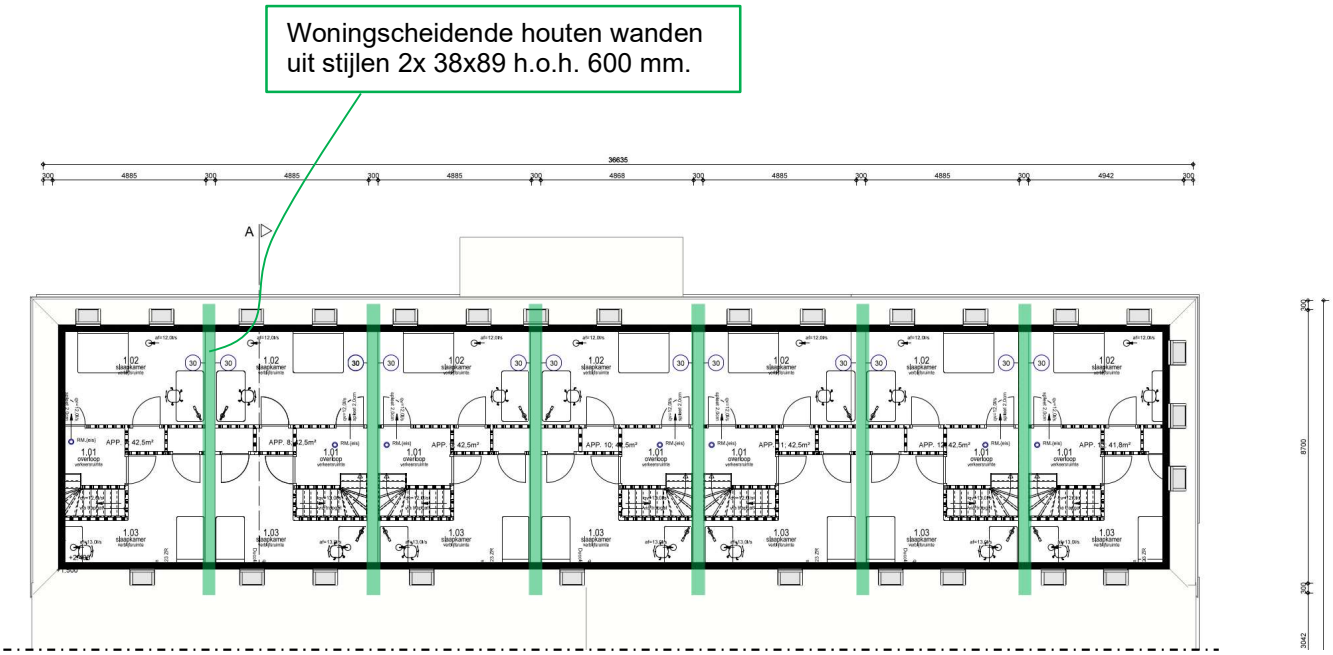
Sporen hellend dak 38x235 mm

Plat dak 70x245 h.o.h. 600 mm
Alternatief 38x235 h.o.h. 600 mm
Randzones h.o.h. 1,2 m uitklossen.

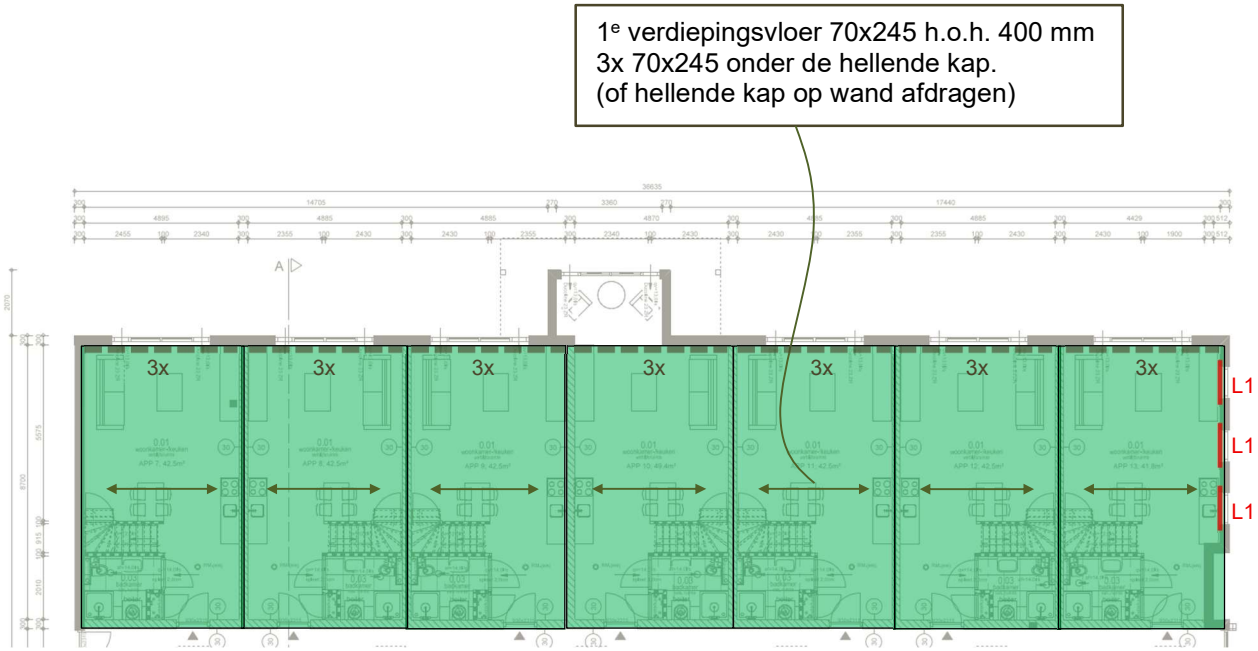


Plat dak ophangen in het hellende dak d.m.v. een afschuifregel.
Nadere uitwerking vlgns leverancier.

2.2 Wanden verdieping



2.3 Begane grond / verdiepingsvloer

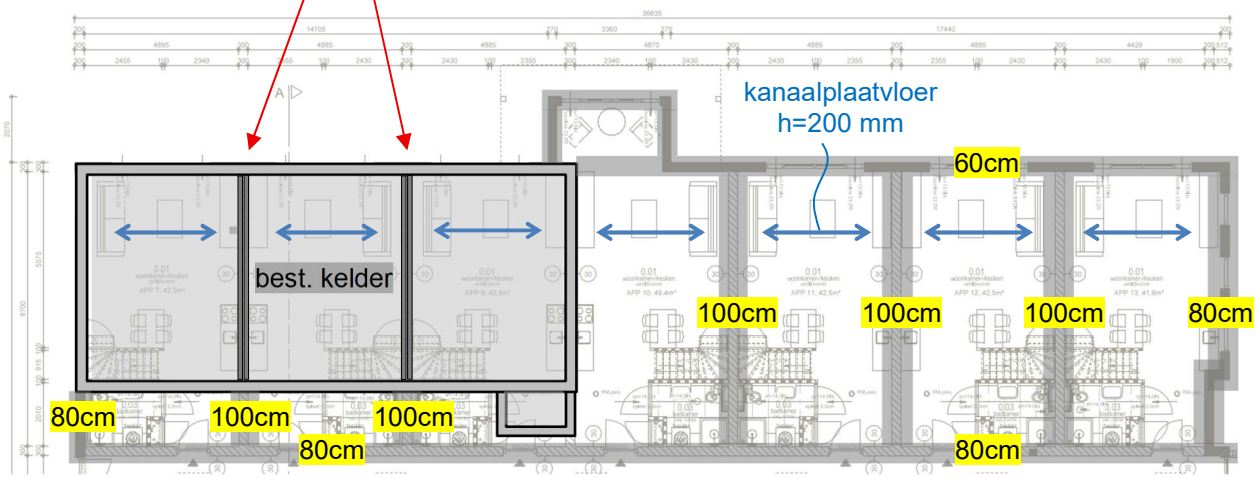


L1 = Stalen hoeklijn L100x100x10mm of houten ligger 70x245 mm
De fundering / onderconstructie dient nader gecontroleerd te worden.
Zie hoofdstuk 5.1 Portaalspanten.

2.4 Kelder / fundering en begane grondvloer

2x 12cm kalkzandsteen op de bestaande kelder bodemvloer.

Bestaande fundering onbekend. I.h.w. controleren en indien nodig de fundering verzwaren.



Minimaal benodigde strook breedte

Strook 200 mm dik op een werkvloer gestort.
Beton C20/25, XC4, min 35 mm dekking.
Wapeningsnet #8-150 onder in de strook
Aanlegdiepte op vaste als bestaand onder de vorstvrije grens, zie hoofdstuk Fundering.
Grond aanvullen tot bovenkant strook.

3 Belastingen

Gedurende de werkvoorbereiding en uitvoering dient te worden nagegaan of de feitelijke omstandigheden overeenkomen met de uitgangspunten van dit document.

3.1 Plat dak

g_k	pv-panelen incl. ballast		0,30	
	dakbedekking		0,10	
	dakbeschot		0,10	
	balklaag		0,15	
	plafond		0,15	
	totaal	g_k =	0,80 kN/m^2	
q_k	opgelegde belasting (H)	q_k	1,00 kN/m^2;	$\psi_0 = 0$; $\psi_1 = 0$; Q_k = 1,5 kN
	sneeuwbelasting	q_k =	0,56 kN/m^2	
	regenwater: →	q_k =	1,00 kN/m^2	
	nood overstorten op max. 8 cm t.o.v. het laagste punt			

3.2 Hellend dak

Zadeldak 70°

g_k	pv-panelen		0,15	
	dakpannen		0,50	
	hsb-element		0,20	
	totaal	g_k =	0,85 kN/m^2	
	in het grondvlak	g_k =	2,49 kN/m^2	

q_k windbelasting h= 11,5 m
gebied III onbebouwd
q_p = 0,74 kN/m^2

sneeuwbelasting in het grondvlak
q_k = 0,00 kN/m^2

3.3 1e verdiepingsvloer

g_k	estrichvloer		0,30	
	beschot		0,10	
	balklaag		0,15	
	plafond		0,30	
	totaal	g_k =	0,85 kN/m^2	
q_k	opgelegde belasting		1,75 kN/m^2;	$\psi_0 = 0{,}4$; $\psi_1 = 0{,}5$; $\psi_2 = 0{,}3$ Q_k = 3,0 kN
	niet dragende wanden		1,20 kN/m^2;	(wand g_k < 3,0 kN/m)
	totaal	q_k =	2,95 kN/m^2	

3.4 Begane grondvloer

g_k	kanaalplaatvloer 200 mm		3,20 kN/m^2		
	afwerkvloer 70 mm		1,40		
	totaal	g_k =	4,60 kN/m^2		
q_k	opgelegde belasting		1,75 kN/m^2;	ψ_0 = 0,4; ψ_1 = 0,5; ψ_2 = 0,3	Q_k = 3,0 kN
	niet dragende wanden		1,20 kN/m^2;	(wand g_k < 3,0 kN/m)	
	totaal	q_k =	2,95 kN/m^2		

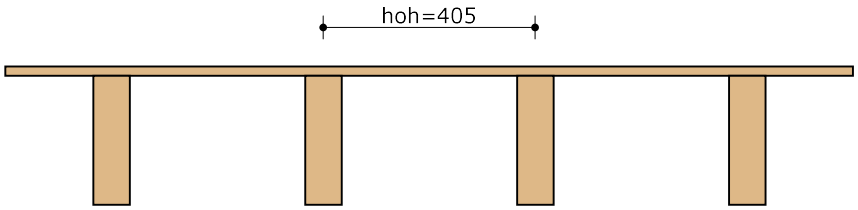
3.5 Wanden

g_k	spouwmuur	4,0 kN/m^2
	steens metselwerk	4,0 kN/m^2
	halfsteens muur	2,0 kN/m^2
	HSB-gevel	1,0 kN/m^2
	HSB-binnenwand	0,5 kN/m^2
	puien	0,5 kN/m^2

4 Houtconstructie

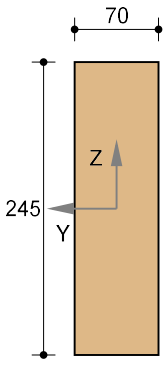
4.1 1e verdiepingsvloer 70x245 h.o.h. 405mm

Geometrie



Dagmaat	5000	mm	Opleglengte	100	mm
H.o.h afstand	405	mm	Dikte vloerhout	18	mm

70 x 245



Materiaalgegevens

Sterkteklasse	C24	
Klimaatklasse	1	
Materiaaltype	Gezaagd hout; γ_M = 1,30; k_{def} = 0,60	
Elasticiteitsmodulus	E =	11000 N/mm²

		$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	
		24,00	14,00	0,40	21,00	2,50	4,00	N/mm²
Belastingsduurklasse	k_{mod}	$f_{m,d}$	$f_{t,0,d}$	$f_{t,90,d}$	$f_{c,0,d}$	$f_{c,90,d}$	$f_{v,d}$	
Blijvend	0,60(0,50)	11,08	6,46	0,15	9,69	1,15	1,85	N/mm²
Middellang	0,80(0,65)	14,77	8,62	0,20	12,92	1,54	2,46	
Kort	0,90(0,80)	16,62	9,69	0,25	14,54	1,73	2,77	

Volumieke massa	ρ_{mean}	=	420 kg/m³	ρ_k	=	350 kg/m³
Elasticiteitsmodulus	$E_{0,mean}$	=	11000 N/mm²	$E_{90,mean}$	=	370 N/mm²
Elasticiteitsmodulus (kruip)	$E_{0,fin}$	=	6875 N/mm²	$E_{90,fin}$	=	231 N/mm²
Elasticiteitsmodulus	$E_{0,05}$	=	7400 N/mm²	$E_{0,d}$	=	8462 N/mm²
Elasticiteitsmodulus	G_{mean}	=	690 N/mm²	$G_{0,05}$	=	460 N/mm²

Doorsnedegegevens

Maximale coördinaat	y_{max}	=	35,0 mm	z_{max}	=	122,5 mm
Minimale coördinaat	y_{min}	=	-35,0 mm	z_{min}	=	-122,5 mm
Zwaartelijn	z_s	=	0,0 mm	y_s	=	0,0 mm
Oppervlak / Gewicht	A	=	17150 mm²	G	=	0,2 kg/m
Statisch moment	S_y	=	525219 mm³	S_z	=	150063 mm³
Traagheidsmoment	I_y	=	85785729 mm⁴	I_z	=	7002917 mm⁴
Traagheidsstraal	i_y	=	70,7 mm	i_z	=	20,2 mm
Elastisch weerstandsmoment	$W_{y;el}$	=	700292 mm³	$W_{z;el}$	=	200083 mm³
Centrifugaalmoment	C_{yz}	=	0 mm³	hoek	=	-0,00 °
Traagheidsmoment	I_{max}	=	85785729 mm⁴	I_{min}	=	7002917 mm⁴
Traagheidsstraal	i_{max}	=	70,7 mm	i_{min}	=	20,2 mm

Belasting

Permanent

E.g. vloerplaat	0,400	kN/m²			
E.g. plafond	0,300	kN/m²	Overig	0,150	kN/m²
g_k	0,850	kN/m²			

Veranderlijk

q_k	1,750	kN/m²	E.g. scheidingswanden	1,200	kN/m²
Q_k	3	kN			

BEREKENING volgens Eurocode 5

Gehanteerde normen: : NEN-EN 1995-1-1+C1+A1:2011/NB:2013 nl

$$L_{th} = 5000 + 2 \times \frac{100}{2} = 5100\,mm$$

Belastingsgeval 1 Permanent

$P_{g,k,par\ balk}$ = 0,405 x 0,850 + 0,094 = 0,44 kN/m

$$M_{g,k} = \frac{1}{8} \times 0{,}44 \times 5{,}100^2 = 1{,}43\,kNm \quad V_{g,k} = \frac{1}{2} \times 0{,}44 \times 5{,}100 = 1{,}12\,kN$$

$$u_{g,k} = \frac{5}{384} \times \frac{0{,}44 \times 5100^4}{11000 \times 85785729} = 4{,}09\,mm$$

Belastingsgeval 2 Veranderlijk

$q_{q,k}$ = 0,405 x 2,95 = 1,19 kN/m

$$M_{q,k} = \frac{1}{8} \times 1{,}19 \times 5{,}100^2 = 3{,}88\,kNm \quad V_{q,k} = \frac{1}{2} \times 1{,}19 \times 5{,}100 = 3{,}05\,kN$$

$$u_{q,k} = \frac{5}{384} \times \frac{1{,}19 \times 5100^4}{11000 \times 85785729} = 11{,}15\,mm$$

Belastingsgeval 3 Veranderlijk Geconcentreerde last

$$k_r = 0{,}37 + \frac{0{,}8\,a}{a_{ref}} - \frac{E_{0;ser;rep} I}{E_{0;ser;rep} I_1} = 0{,}37 + \frac{0{,}8 \times 0{,}405}{1{,}0} - \frac{3402}{50000} = 0{,}626$$

$F_{Q,k}$ = 3,00 x 0,626 = 1,88 kN

$$M_{Q,k} = \frac{1}{4} \times 1{,}88 \times 5{,}100 = 2{,}39\,kNm \quad V_{Q,k} = 3{,}00\,kN$$

$$u_{Q,k} = \frac{1}{48} \times \frac{1{,}88 \times 5100^3}{11000 \times 85785729} = 5{,}50\,mm$$

Toetsing BGT

$w_{fin,y}$ = (1 + 0,60) x 4,09 + (1 + 0,60 x 0,30) x 11,15 = 19,71 mm < 0,004 x 5100 = 20,40 mm

$$\frac{w_{fin,y}}{w_{fin,y,max}} = 0{,}97 \leq 1{,}00\ voldoet$$

Toetsing UGT

Permanent + Veranderlijk
M_{yEd} = 1,20 x 1,43 + 1,50 x 3,88 = 7,54 kNm V_{zEd} = 1,20 x 1,12 + 1,50 x 3,05 = 5,91 kN

Permanent + Veranderlijk Geconcentreerde last
M_{yEd} = 1,20 x 1,43 + 1,50 x 2,39 = 5,30 kNm V_{zEd} = 1,20 x 1,12 + 1,50 x 1,88 = 4,16 kN

Permanent + Veranderlijk
Belastingsduurklasse : Middellang

Buiging **art. 6.1.6**

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{7{,}538 \times 10^6}{700 \times 10^3} = 10{,}8\ N/mm^2$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{10{,}8}{14{,}8} = 0{,}73 \leq 1.00 \qquad (6.11)$$

Permanent + Veranderlijk
Belastingsduurklasse : Middellang

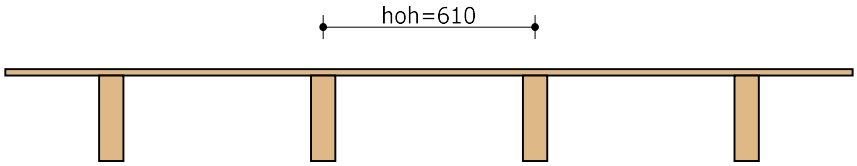
Afschuiving **art. 6.1.7**

$$\tau_d = \frac{V_{Ed}\, S}{b\, Iy} = \frac{5912{,}0 \times 525219}{70 \times 85785729} = 0{,}52\ N/mm^2 \leq f_{v,d} = 2{,}5\ N/mm^2 \qquad (6.13)$$

Conclusie: 1e verdiepingsvloer 70x245 h.o.h. 405mm voldoet.

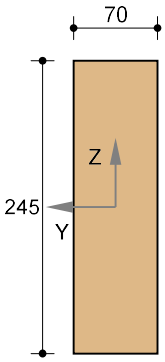
4.2 Plat dak 70 x 245 h.o.h. 610 mm

Geometrie



Dagmaat	5000	mm	Opleglengte	100	mm
H.o.h afstand	610	mm			
Dakhelling	0°	Dikte dakbeschot		18	mm
I dakbeschot	486000	mm⁴	E dakbeschot	5000	N/mm²

70 x 245



Materiaalgegevens

Sterkteklasse		C24	
Klimaatklasse		1	
Materiaaltype		Gezaagd hout; γ_M = 1,30; k_{def} = 0,60	
Elasticiteitsmodulus	E	=	11000 N/mm²

		$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	
		24,00	14,00	0,40	21,00	2,50	4,00	N/mm²
Belastingsduurklasse	k_{mod}	$f_{m,d}$	$f_{t,0,d}$	$f_{t,90,d}$	$f_{c,0,d}$	$f_{c,90,d}$	$f_{v,d}$	
Blijvend	0,60(0,50)	11,08	6,46	0,15	9,69	1,15	1,85	N/mm²
Middellang	0,80(0,65)	14,77	8,62	0,20	12,92	1,54	2,46	
Kort	0,90(0,80)	16,62	9,69	0,25	14,54	1,73	2,77	

Volumieke massa	ρ_{mean}	=	420 kg/m³	ρ_k	=	350 kg/m³
Elasticiteitsmodulus	$E_{0,mean}$	=	11000 N/mm²	$E_{90,mean}$	=	370 N/mm²
Elasticiteitsmodulus (kruip)	$E_{0,fin}$	=	6875 N/mm²	$E_{90,fin}$	=	231 N/mm²
Elasticiteitsmodulus	$E_{0,05}$	=	7400 N/mm²	$E_{0,d}$	=	8462 N/mm²
Elasticiteitsmodulus	G_{mean}	=	690 N/mm²	$G_{0,05}$	=	460 N/mm²

Doorsnedegegevens

Maximale coördinaat	y_{max}	=	35,0 mm	z_{max}	=	122,5 mm
Minimale coördinaat	y_{min}	=	-35,0 mm	z_{min}	=	-122,5 mm
Zwaartelijn	z_s	=	0,0 mm	y_s	=	0,0 mm
Oppervlak / Gewicht	A	=	17150 mm²	G	=	0,2 kg/m
Statisch moment	S_y	=	525219 mm³	S_z	=	150063 mm³
Traagheidsmoment	I_y	=	85785729 mm⁴	I_z	=	7002917 mm⁴
Traagheidsstraal	i_y	=	70,7 mm	i_z	=	20,2 mm
Elastisch weerstandsmoment	$W_{y;el}$	=	700292 mm³	$W_{z;el}$	=	200083 mm³
Centrifugaalmoment	C_{yz}	=	0 mm³	hoek	=	-0,00 °
Traagheidsmoment	I_{max}	=	85785729 mm⁴	I_{min}	=	7002917 mm⁴
Traagheidsstraal	i_{max}	=	70,7 mm	i_{min}	=	20,2 mm

Belastingen
Permanent

E.g. pv-panelen	0,3	kN/m²	E.g. dakbedekking	0,1	kN/m²
E.g. dakplaat	0,25	kN/m²	E.g. plafond	0,15	kN/m²

Veranderlijk

q_k	1	kN/m²	Q_k	2	kN

Wind
Windgebied: II Referentieperiode wind T: 50 jaar
Terreincategorie: II Onbebouwd gebied Hoogte boven maaiveld: 9,0 m

Sneeuw
Zone: 2 Klimaatgebied: Centraal_West

BEREKENING volgens Eurocode 5

Gehanteerde normen: : NEN-EN 1995-1-1+C1+A1:2011/NB:2013 nl

$$L_{th} = 5000 + 2 \times \frac{100}{2} = 5100\,mm$$

Belastingsgeval 1 Permanent
$P_{g,k,per\ gording}$ = 0,610 x 0,80 + 0,094 = 0,58 kN/m

$$M_{g,k} = \frac{1}{8} \times 0{,}58 \times 5{,}100^2 = 1{,}89\,kNm \quad V_{g,k} = \frac{1}{2} \times 0{,}58 \times 5{,}100 = 1{,}48\,kN$$

$$u_{g,k} = \frac{5}{384} \times \frac{0{,}58 \times 5100^4}{11000 \times 85785729} = 5{,}44\,mm$$

Belastingsgeval 2 Veranderlijk
Klasse H; Dakhelling 0° q_k = 1,00 kN/m²

$$M_{q,k} = \frac{1}{8} \times 0{,}61 \times 5{,}100^2 = 1{,}98\,kNm \quad V_{q,k} = \frac{1}{2} \times 0{,}61 \times 5{,}100 = 1{,}56\,kN$$

$$u_{q,k} = \frac{5}{384} \times \frac{0{,}61 \times 5100^4}{11000 \times 85785729} = 5{,}69\,mm$$

Belastingsgeval 3 Veranderlijk Geconcentreerde last

$$k_r = 0{,}37 + \frac{0{,}8\,a}{a_{ref}} - \frac{E_{0;ser;rep} I}{E_{0;ser;rep} I_1} = 0{,}37 + \frac{0{,}8 \times 0{,}610}{1{,}0} - \frac{2430}{50000} = 0{,}809$$

$F_{Q,k}$ = 2,00 x 0,809 = 1,62 kN

$$M_{Q,k} = \frac{1}{4} \times 1{,}62 \times 5{,}100 = 2{,}06\,kNm \quad V_{Q,k} = 2{,}00\,kN$$

$$u_{Q,k} = \frac{1}{48} \times \frac{1{,}62 \times 5100^3}{11000 \times 85785729} = 4{,}74\,mm$$

Belastingsgeval 4 Sneeuwbelasting
$P_{sn,rep} = \mu_1\ s_k$ = 0,800 x 0,70 = 0,56 kN/m² / grondvlak
$q_{sn,rep}$ = 0,610 x 0,56 = 0,34 kN/m (dakvlak)

$$M_{g,k} = \frac{1}{8} \times 0{,}34 \times 5{,}100^2 = 1{,}11\,kNm \quad V_{g,k} = \frac{1}{2} \times 0{,}34 \times 5{,}100 = 0{,}87\,kN$$

$$u_{g,k} = \frac{5}{384} \times \frac{0{,}34 \times 5100^4}{11000 \times 85785729} = 3{,}19\,mm$$

Belastingsgeval 5 Windbelasting
Windgebied: II Referentieperiode wind T: 50 jaar
Terreincategorie: II Onbebouwd gebied Hoogte boven maaiveld: 9,0 m
$q_p(Z_e) = q_p(9{,}0)$ = 0,822 kN/m² C_{pe} = -0,70 zone F-G-H C_{pi} = -0,30
$P_{w,rep}$ = (-0,70 + 0,30) x 0,822 = -0,329 kN/m² $q_{w,rep}$ = 0,610 x -0,329 = -0,20 kN/m

$$M_{q,w,k} = \frac{1}{8} \times -0{,}20 \times 5{,}100^2 = -0{,}65\,kNm \quad V_{q,w,k} = \frac{1}{2} \times -0{,}20 \times 5{,}100 = -0{,}51\,kN$$

$$u_{q,w,k} = \frac{5}{384} \times \frac{-0{,}20 \times 5100^4}{11000 \times 85785729} = -1{,}87\,mm$$

Toetsing BGT
$w_{fin,y}$ = (1 + 0,60) x 5,44 + (1 + 0,60 x 0,00) x 5,69 = 14,39 mm < 0,004 x 5100 = 20,40 mm

$$\frac{w_{fin,y}}{w_{fin,y,max}} = 0{,}71 \leq 1{,}00 \; voldoet$$

Toetsing UGT
Permanent + Veranderlijk
M_{yEd} = 1,20 x 1,89 + 1,50 x 1,98 = 5,25 kNm V_{zEd} = 1,20 x 1,48 + 1,50 x 1,56 = 4,12 kN
Permanent + Veranderlijk Geconcentreerde last
M_{yEd} = 1,20 x 1,89 + 1,50 x 2,06 = 5,37 kNm V_{zEd} = 1,20 x 1,48 + 1,50 x 2,00 = 4,78 kN
Permanent + Sneeuwbelasting
M_{yEd} = 1,20 x 1,89 + 1,50 x 1,11 = 3,94 kNm V_{zEd} = 1,20 x 1,48 + 1,50 x 0,87 = 3,09 kN
Permanent + Windbelasting
M_{yEd} = 1,20 x 1,89 + 1,50 x -0,65 = 1,29 kNm V_{zEd} = 1,20 x 1,48 + 1,50 x -0,51 = 1,02 kN

Permanent + Veranderlijk
Belastingsduurklasse : Middellang

Buiging art. 6.1.6

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{5{,}247 \times 10^6}{700 \times 10^3} = 7{,}5 \, N/mm^2$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{7{,}5}{14{,}8} = 0{,}51 \leq 1.00 \qquad (6.11)$$

Permanent + Veranderlijk Geconcentreerde last
Belastingsduurklasse : Kort

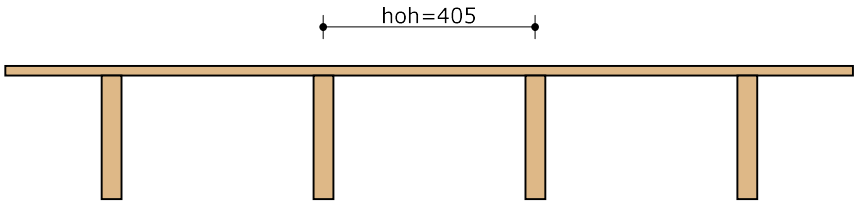
Afschuiving art. 6.1.7

$$\tau_d = \frac{V_{Ed} \, S}{b \, Iy} = \frac{4781{,}9 \times 525219}{70 \times 85785729} = 0{,}42 \, N/mm^2 \leq f_{v,d} = 2{,}8 \, N/mm^2 \qquad (6.13)$$

Conclusie: Plat dak 70 x 245 h.o.h. 610 mm voldoet.

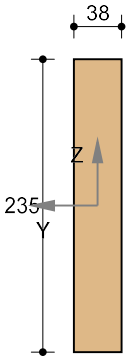
4.3 Alternatief: Plat dak 38 x 235 h.o.h. 405mm

Geometrie



Dagmaat	5000	mm	Opleglengte	100	mm
H.o.h afstand	405	mm			
Dakhelling	0°	Dikte dakbeschot		18	mm
I dakbeschot	486000	mm^4	E dakbeschot	5000	N/mm^2

38 x 235



Materiaalgegevens

Sterkteklasse	C24		
Klimaatklasse	1		
Materiaaltype	Gezaagd hout; γ_M = 1,30; k_{def} = 0,60		
Elasticiteitsmodulus	E	=	11000 N/mm^2

		$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	
		24,00	14,00	0,40	21,00	2,50	4,00	N/mm^2
Belastingsduurklasse	k_{mod}	$f_{m,d}$	$f_{t,0,d}$	$f_{t,90,d}$	$f_{c,0,d}$	$f_{c,90,d}$	$f_{v,d}$	
Blijvend	0,60(0,50)	11,08	6,46	0,15	9,69	1,15	1,85	N/mm^2
Middellang	0,80(0,65)	14,77	8,62	0,20	12,92	1,54	2,46	
Kort	0,90(0,80)	16,62	9,69	0,25	14,54	1,73	2,77	

Volumieke massa	ρ_{mean}	=	420 kg/m^3	ρ_k	=	350 kg/m^3
Elasticiteitsmodulus	$E_{0,mean}$	=	11000 N/mm^2	$E_{90,mean}$	=	370 N/mm^2
Elasticiteitsmodulus (kruip)	$E_{0,fin}$	=	6875 N/mm^2	$E_{90,fin}$	=	231 N/mm^2
Elasticiteitsmodulus	$E_{0,05}$	=	7400 N/mm^2	$E_{0,d}$	=	8462 N/mm^2
Elasticiteitsmodulus	G_{mean}	=	690 N/mm^2	$G_{0,05}$	=	460 N/mm^2

Doorsnedegegevens

Maximale coördinaat	y_{max}	=	19,0 mm	z_{max}	=	117,5 mm
Minimale coördinaat	y_{min}	=	-19,0 mm	z_{min}	=	-117,5 mm
Zwaartelijn	z_s	=	0,0 mm	y_s	=	0,0 mm
Oppervlak / Gewicht	A	=	8930 mm^2	G	=	0,0 kg/m
Statisch moment	S_y	=	262319 mm^3	S_z	=	42418 mm^3
Traagheidsmoment	I_y	=	41096604 mm^4	I_z	=	1074577 mm^4
Traagheidsstraal	i_y	=	67,8 mm	i_z	=	11,0 mm
Elastisch weerstandsmoment	$W_{y;el}$	=	349758 mm^3	$W_{z;el}$	=	56557 mm^3
Centrifugaalmoment	C_{yz}	=	0 mm^3	hoek	=	-0,00 °
Traagheidsmoment	I_{max}	=	41096604 mm^4	I_{min}	=	1074577 mm^4
Traagheidsstraal	i_{max}	=	67,8 mm	i_{min}	=	11,0 mm

Belastingen
Permanent

E.g. pv-panelen	0,3	kN/m²	E.g. dakbedekking	0,1	kN/m²
E.g. dakplaat	0,25	kN/m²	E.g. plafond	0,15	kN/m²

Veranderlijk

q_k	1	kN/m²	Q_k	2	kN

Wind
Windgebied: II Referentieperiode wind T: 50 jaar
Terreincategorie: II Onbebouwd gebied Hoogte boven maaiveld: 9,0 m

Sneeuw
Zone: 2 Klimaatgebied: Centraal_West

BEREKENING volgens Eurocode 5

Gehanteerde normen: : NEN-EN 1995-1-1+C1+A1:2011/NB:2013 nl

$$L_{th} = 5000 + 2 \times \frac{100}{2} = 5100\,mm$$

Belastingsgeval 1 Permanent
$P_{g,k,per\ gording}$ = 0,405 x 0,80 + 0,049 = 0,37 kN/m

$$M_{g,k} = \frac{1}{8} \times 0{,}37 \times 5{,}100^2 = 1{,}21\,kNm \quad V_{g,k} = \frac{1}{2} \times 0{,}37 \times 5{,}100 = 0{,}95\,kN$$

$$u_{g,k} = \frac{5}{384} \times \frac{0{,}37 \times 5100^4}{11000 \times 41096604} = 7{,}27\,mm$$

Belastingsgeval 2 Veranderlijk
Klasse H; Dakhelling 0° q_k = 1,00 kN/m²

$$M_{q,k} = \frac{1}{8} \times 0{,}41 \times 5{,}100^2 = 1{,}32\,kNm \quad V_{q,k} = \frac{1}{2} \times 0{,}41 \times 5{,}100 = 1{,}03\,kN$$

$$u_{q,k} = \frac{5}{384} \times \frac{0{,}41 \times 5100^4}{11000 \times 41096604} = 7{,}89\,mm$$

Belastingsgeval 3 Veranderlijk Geconcentreerde last

$$k_r = 0{,}37 + \frac{0{,}8\,a}{a_{ref}} - \frac{E_{0;ser;rep}I}{E_{0;ser;rep}I_1} = 0{,}37 + \frac{0{,}8 \times 0{,}405}{1{,}0} - \frac{2430}{50000} = 0{,}645$$

$F_{Q,k}$ = 2,00 x 0,645 = 1,29 kN

$$M_{Q,k} = \frac{1}{4} \times 1{,}29 \times 5{,}100 = 1{,}65\,kNm \quad V_{Q,k} = 2{,}00\,kN$$

$$u_{Q,k} = \frac{1}{48} \times \frac{1{,}29 \times 5100^3}{11000 \times 41096604} = 7{,}89\,mm$$

Belastingsgeval 4 Sneeuwbelasting
$P_{sn,rep} = \mu_1\ s_k$ = 0,800 x 0,70 = 0,56 kN/m² / grondvlak
$q_{sn,rep}$ = 0,405 x 0,56 = 0,23 kN/m (dakvlak)

$$M_{g,k} = \frac{1}{8} \times 0{,}23 \times 5{,}100^2 = 0{,}74\,kNm \quad V_{g,k} = \frac{1}{2} \times 0{,}23 \times 5{,}100 = 0{,}58\,kN$$

$$u_{g,k} = \frac{5}{384} \times \frac{0{,}23 \times 5100^4}{11000 \times 41096604} = 4{,}42\,mm$$

Belastingsgeval 5 Windbelasting
Windgebied: II Referentieperiode wind T: 50 jaar
Terreincategorie: II Onbebouwd gebied Hoogte boven maaiveld: 9,0 m
$q_p(Z_e) = q_p(9{,}0)$ = 0,822 kN/m² C_{pe} = -0,70 zone F-G-H C_{pi} = -0,30
$P_{w,rep}$ = (-0,70 + 0,30) x 0,822 = -0,329 kN/m² $q_{w,rep}$ = 0,405 x -0,329 = -0,13 kN/m

$$M_{q,w,k} = \frac{1}{8} \times -0{,}13 \times 5{,}100^2 = -0{,}43\,kNm \quad V_{q,w,k} = \frac{1}{2} \times -0{,}13 \times 5{,}100 = -0{,}34\,kN$$

$$u_{q,w,k} = \frac{5}{384} \times \frac{-0{,}13 \times 5100^4}{11000 \times 41096604} = -2{,}59\,mm$$

Toetsing BGT
$w_{fin,y}$ = (1 + 0,60) x 7,27 + (1 + 0,60 x 0,00) x 7,89 = 19,52 mm < 0,004 x 5100 = 20,40 mm

$$\frac{w_{fin,y}}{w_{fin,y,max}} = 0{,}96 \leq 1{,}00 \; voldoet$$

Toetsing UGT
Permanent + Veranderlijk
M_{yEd} = 1,20 x 1,21 + 1,50 x 1,32 = 3,43 kNm V_{zEd} = 1,20 x 0,95 + 1,50 x 1,03 = 2,69 kN
Permanent + Veranderlijk Geconcentreerde last
M_{yEd} = 1,20 x 1,21 + 1,50 x 1,65 = 3,92 kNm V_{zEd} = 1,20 x 0,95 + 1,50 x 2,00 = 4,14 kN
Permanent + Sneeuwbelasting
M_{yEd} = 1,20 x 1,21 + 1,50 x 0,74 = 2,56 kNm V_{zEd} = 1,20 x 0,95 + 1,50 x 0,58 = 2,01 kN
Permanent + Windbelasting
M_{yEd} = 1,20 x 1,21 + 1,50 x -0,43 = 0,81 kNm V_{zEd} = 1,20 x 0,95 + 1,50 x -0,34 = 0,63 kN

Permanent + Veranderlijk Geconcentreerde last
Belastingsduurklasse : Kort

Buiging art. 6.1.6

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{3{,}924 \times 10^6}{350 \times 10^3} = 11{,}2 \; N/mm^2$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{11{,}2}{16{,}6} = 0{,}68 \leq 1.00 \quad (6.11)$$

Permanent + Veranderlijk Geconcentreerde last
Belastingsduurklasse : Kort

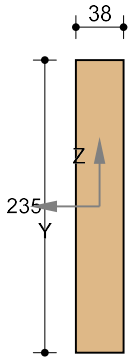
Afschuiving art. 6.1.7

$$\tau_d = \frac{V_{Ed}\, S}{b\, Iy} = \frac{4141{,}7 \times 262319}{38 \times 41096604} = 0{,}7 \; N/mm^2 \leq f_{v,d} = 2{,}8 \; N/mm^2 \quad (6.13)$$

Conclusie: Alternatief: Plat dak 38 x 235 h.o.h. 405mm voldoet.

4.4 Sporen 38 x 235 h.o.h. 610 mm

38 x 235



Materiaalgegevens

Sterkteklasse	C24	
Klimaatklasse	1	
Materiaaltype	Gezaagd hout; γ_M = 1,30; k_{def} = 0,60	
Elasticiteitsmodulus	E =	11000 N/mm²

		$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	
		24,00	14,00	0,40	21,00	2,50	4,00	N/mm²
Belastingsduurklasse	k_{mod}	$f_{m,d}$	$f_{t,0,d}$	$f_{t,90,d}$	$f_{c,0,d}$	$f_{c,90,d}$	$f_{v,d}$	
Blijvend	0,60(0,50)	11,08	6,46	0,15	9,69	1,15	1,85	N/mm²
Middellang	0,80(0,65)	14,77	8,62	0,20	12,92	1,54	2,46	
Kort	0,90(0,80)	16,62	9,69	0,25	14,54	1,73	2,77	

Volumieke massa	ρ_{mean}	=	420 kg/m³	ρ_k	=	350 kg/m³
Elasticiteitsmodulus	$E_{0,mean}$	=	11000 N/mm²	$E_{90,mean}$	=	370 N/mm²
Elasticiteitsmodulus (kruip)	$E_{0,fin}$	=	6875 N/mm²	$E_{90,fin}$	=	231 N/mm²
Elasticiteitsmodulus	$E_{0,05}$	=	7400 N/mm²	$E_{0,d}$	=	8462 N/mm²
Elasticiteitsmodulus	G_{mean}	=	690 N/mm²	$G_{0,05}$	=	460 N/mm²

Doorsnedegegevens

Maximale coördinaat	y_{max}	=	19,0 mm	z_{max}	=	117,5 mm
Minimale coördinaat	y_{min}	=	-19,0 mm	z_{min}	=	-117,5 mm
Zwaartelijn	z_s	=	0,0 mm	y_s	=	0,0 mm
Oppervlak / Gewicht	A	=	8930 mm²	G	=	0,0 kg/m
Statisch moment	S_y	=	262319 mm³	S_z	=	42418 mm³
Traagheidsmoment	I_y	=	41096604 mm⁴	I_z	=	1074577 mm⁴
Traagheidsstraal	i_y	=	67,8 mm	i_z	=	11,0 mm
Elastisch weerstandsmoment	$W_{y;el}$	=	349758 mm³	$W_{z;el}$	=	56557 mm³
Centrifugaalmoment	C_{yz}	=	0 mm³	hoek	=	-0,00 °
Traagheidsmoment	I_{max}	=	41096604 mm⁴	I_{min}	=	1074577 mm⁴
Traagheidsstraal	i_{max}	=	67,8 mm	i_{min}	=	11,0 mm

Belastingen

Permanent

E.g. pannen	0,3	kN/m²	E.g. panlat + tengel	0,1	kN/m²
E.g. dakplaat	0,25	kN/m²	E.g. plafond	0,15	kN/m²

Veranderlijk

q_k	0	kN/m²	Q_k	2	kN

Wind

Windgebied: III Referentieperiode wind T: 50 jaar

Terreincategorie: II Onbebouwd gebied Hoogte boven maaiveld: 11,5 m

Sneeuw

Zone: 2 Klimaatgebied: Centraal_West

BEREKENING volgens Eurocode 5

Gehanteerde normen: : NEN-EN 1995-1-1+C1+A1:2011/NB:2013 nl

$$L_{th} = 3200 + 2 \times \frac{100}{2} = 3300\,mm$$

Belastingsgeval 1 Permanent

$P_{g,k}\perp = P_{g,k} \cos(70) = 0{,}80 \times \cos(70) = 0{,}27$ kN/m²
$P_{g,k}\parallel = P_{g,k} \sin(70) = 0{,}80 \times \sin(70) = 0{,}75$ kN/m²
$P_{g,k}\parallel,tot = 3{,}19 \times 0{,}75 + 4{,}00 \times 0{,}049 \times \sin(70) = 2{,}58$ kN/m

$$P_{g,k}\parallel_{,per\ gording} = \frac{2{,}584 - 0{,}00}{4} = 0{,}65\,kN/m$$

$P_{g,k}\perp_{,per\ gording} = 0{,}638 \times 0{,}27 + 0{,}049 \times \cos(70) = 0{,}19$ kN/m

$$M_{g,k}\perp = \frac{1}{8} \times 0{,}19 \times 3{,}300^2 = 0{,}26\,kNm \quad V_{g,k}\perp = \frac{1}{2} \times 0{,}19 \times 3{,}300 = 0{,}32\,kN$$

$$u_{g,k}\perp = \frac{5}{384} \times \frac{0{,}19 \times 3300^4}{11000 \times 41096604} = 0{,}65\,mm$$

Belastingsgeval 2 Veranderlijk Geconcentreerde last

$$k_r = 0{,}37 + \frac{0{,}8\,a}{a_{ref}} - \frac{E_{0;ser;rep}I}{E_{0;ser;rep}I_1} = 0{,}37 + \frac{0{,}8 \times 0{,}638}{1{,}0} - \frac{2430}{50000} = 0{,}832$$

$F_{Q,k}\perp = 2{,}00 \times \cos(70) \times 0{,}832 = 0{,}57$ kN $F_{Q,k}\parallel = 2{,}00 \times \sin(70) * 0{,}832 = 1{,}56$ kN

$$M_{Q,k}\perp = \frac{1}{4} \times 0{,}57 \times 3{,}300 = 0{,}47\,kNm \quad V_{Q,k}\perp = 2{,}00 \times cos(70) = 0{,}68\,kN$$

$$u_{Q,k}\perp = \frac{1}{48} \times \frac{0{,}57 \times 3300^3}{11000 \times 41096604} = 0{,}94\,mm$$

Belastingsgeval 3 Sneeuwbelasting

$P_{sn,rep} = \mu_1\, s_k = 0{,}000 \times 0{,}70 = 0{,}00$ kN/m² / grondvlak
$q_{sn,rep} = 0{,}638 \times 0{,}00 \times \cos(70) = 0{,}00$ kN/m (dakvlak)
$q_{sn,rep}\perp = 0{,}00 \times \cos(70) = 0{,}00$ kN/m $q_{sn,rep}\parallel = 0{,}00 \times \sin(70) = 0{,}00$ kN/m

$$M_{g,k}\perp = \frac{1}{8} \times 0{,}00 \times 3{,}300^2 = 0{,}00\,kNm \quad V_{g,k}\perp = \frac{1}{2} \times 0{,}00 \times 3{,}300 = 0{,}00\,kN$$

$$u_{g,k}\perp = \frac{5}{384} \times \frac{0{,}00 \times 3300^4}{11000 \times 41096604} = 0{,}00\,mm$$

Belastingsgeval 4 Windbelasting

Windgebied: III Referentieperiode wind T: 50 jaar
Terreincategorie: II Onbebouwd gebied Hoogte boven maaiveld: 11,5 m
$q_p(Z_e) = q_p(11{,}5) = 0{,}736$ kN/m² $C_{pe} = 0{,}77$ zone F-G-H $C_{pi} = -0{,}30$
$P_{w,rep} = (0{,}77 + 0{,}30) \times 0{,}736 = 0{,}786$ kN/m² $q_{w,rep}\perp = 0{,}638 \times 0{,}786 = 0{,}50$ kN/m

$$M_{q,w,k}\perp = \frac{1}{8} \times 0{,}50 \times 3{,}300^2 = 0{,}68\,kNm \quad V_{q,w,k}\perp = \frac{1}{2} \times 0{,}50 \times 3{,}300 = 0{,}83\,kN$$

$$u_{q,w,k}\perp = \frac{5}{384} \times \frac{0{,}50 \times 3300^4}{11000 \times 41096604} = 1{,}71\,mm$$

Toetsing BGT
Alleen buiging om de sterke as
$w_{fin,y}$ = (1 + 0,60) x 0,65 + (1 + 0,60 x 0,00) x 1,71 = 2,76 mm < 0,004 x 3300 = 13,20 mm

$$\frac{w_{fin,y}}{w_{fin,y,max}} = 0{,}21 \leq 1{,}00 \; voldoet$$

Toetsing UGT

Permanent + Veranderlijk Geconcentreerde last
M_{yEd} = 1,20 x 0,26 + 1,50 x 0,47 = 1,02 kNm M_{zEd} = 1,20 x 0,88 + 1,50 x 1,29 = 2,99 kNm
V_{zEd} = 1,20 x 0,32 + 1,50 x 0,68 = 1,40 kN V_{yEd} = 1,20 x 1,07 + 1,50 x 1,88 = 4,10 kN

Permanent + Sneeuwbelasting
M_{yEd} = 1,20 x 0,26 + 1,50 x 0,00 = 0,31 kNm M_{zEd} = 1,20 x 0,88 + 1,50 x 0,00 = 1,06 kNm
V_{zEd} = 1,20 x 0,32 + 1,50 x 0,00 = 0,38 kN V_{yEd} = 1,20 x 1,07 + 1,50 x 0,00 = 1,28 kN

Permanent + Windbelasting
M_{yEd} = 1,20 x 0,26 + 1,50 x 0,68 = 1,34 kNm M_{zEd} = 1,20 x 0,88 = 1,06 kNm
V_{zEd} = 1,20 x 0,32 + 1,50 x 0,83 = 1,62 kN V_{yEd} = 1,20 x 1,07 = 1,28 kN

Permanent + Windbelasting
Belastingsduurklasse : Kort

Buiging art. 6.1.6

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{1{,}336 \times 10^6}{350 \times 10^3} = 3{,}8 \; N/mm^2$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{3{,}8}{16{,}6} = 0{,}23 \leq 1.00 \qquad (6.11)$$

Permanent + Windbelasting
Belastingsduurklasse : Kort

Afschuiving art. 6.1.7

$$\tau_d = \frac{V_{Ed}\, S}{b\, Iy} = \frac{1618{,}8 \times 262319}{38 \times 41096604} = 0{,}27 \; N/mm^2 \leq f_{v,d} = 2{,}8 \; N/mm^2 \qquad (6.13)$$

Conclusie: Sporen 38 x 235 h.o.h. 610 mm voldoet.

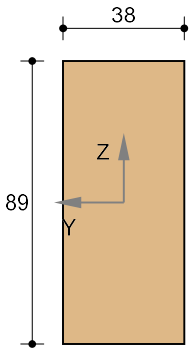
4.5 Dragende wand verdieping

Woningscheidende dragende wand.
Belasting uit plat dak
q_{Ed} = 0,8 x 1,2 + 1,0 x 1,5 = 2,46 kN/m2

q_{Ed} = 2,6 x 2,46 = 6,40 kN/m[1]

F_{Ed} = 0,6 x 6,4 = 3,84 kN per stijl

38 x 89



Materiaalgegevens

Sterkteklasse	C24	
Klimaatklasse	1	
Materiaaltype	Gezaagd hout; γ_M = 1,30; k_{def} = 0,60; k_h = 1,11	
Elasticiteitsmodulus	E = 11000	N/mm²

		$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	
		26,64	15,54	0,40	21,00	2,50	4,00	N/mm²
Belastingsduurklasse	k_{mod}	$f_{m,d}$	$f_{t,0,d}$	$f_{t,90,d}$	$f_{c,0,d}$	$f_{c,90,d}$	$f_{v,d}$	
Blijvend	0,60(0,50)	12,30	7,17	0,15	9,69	1,15	1,85	N/mm²
Middellang	0,80(0,65)	16,39	9,56	0,20	12,92	1,54	2,46	
Kort	0,90(0,80)	18,44	10,76	0,25	14,54	1,73	2,77	

Volumieke massa	ρ_{mean}	=	420 kg/m³	ρ_k	=	350 kg/m³
Elasticiteitsmodulus	$E_{0,mean}$	=	11000 N/mm²	$E_{90,mean}$	=	370 N/mm²
Elasticiteitsmodulus (kruip)	$E_{0,fin}$	=	6875 N/mm²	$E_{90,fin}$	=	231 N/mm²
Elasticiteitsmodulus	$E_{0,05}$	=	7400 N/mm²	$E_{0,d}$	=	8462 N/mm²
Elasticiteitsmodulus	G_{mean}	=	690 N/mm²	$G_{0,05}$	=	460 N/mm²

Doorsnedegegevens

Maximale coördinaat	y_{max}	=	19,0 mm	z_{max}	=	44,5 mm
Minimale coördinaat	y_{min}	=	-19,0 mm	z_{min}	=	-44,5 mm
Zwaartelijn	z_s	=	0,0 mm	y_s	=	0,0 mm
Oppervlak / Gewicht	A	=	3382 mm²	G	=	1,4 kg/m
Statisch moment	S_y	=	37625 mm³	S_z	=	16065 mm³
Traagheidsmoment	I_y	=	2232402 mm⁴	I_z	=	406967 mm⁴
Traagheidsstraal	i_y	=	25,7 mm	i_z	=	11,0 mm
Elastisch weerstandsmoment	$W_{y;el}$	=	50166 mm³	$W_{z;el}$	=	21419 mm³
Centrifugaalmoment	C_{yz}	=	0 mm³	hoek	=	-0,00 °
Traagheidsmoment	I_{max}	=	2232402 mm⁴	I_{min}	=	406967 mm⁴
Traagheidsstraal	i_{max}	=	25,7 mm	i_{min}	=	11,0 mm

Geometrie

Kolomlengte L	2800	mm	
Kniklengte om y-as	$L_{cr,y}$	2800	mm
Kniklengte om z-as	$L_{cr,z}$	150	mm
Ongesteunde lengte	L_{cr}	2800	mm

Belasting

N_{Ed}	4	kN
M_{yAEd}	0	kNm
M_{yBEd}	0	kNm
q_{zEd}	0	kN/m

BEREKENING volgens Eurocode 5

Gehanteerde normen: : NEN-EN 1995-1-1+C1+A1:2011/NB:2013 nl

Druk evenwijdig aan de vezelrichting art. 6.1.4

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,Ed}}{A} = \frac{4000,0}{3382} = 1,2\,N/mm^2 \leq f_{c,0,d} = 9,7\,N/mm^2 \quad (6.2)$$

Kolommen onderworpen aan druk of aan druk en buiging art. 6.3.2

$$\lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y} = \frac{2800}{25,7} = 108,98 \quad \lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi}\sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,005}}} = \frac{108,98}{\pi}\sqrt{\frac{21,0}{7400}} = 1,848 \quad (6.21)$$

$$\lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z} = \frac{150}{11,0} = 13,67 \quad \lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi}\sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,005}}} = \frac{13,67}{\pi}\sqrt{\frac{21,0}{7400}} = 0,232 \quad (6.22)$$

$k_y = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2 = 0,5 \times (1 + 0,2 \times (1,848 - 0,3) + 1,848^2 = 2,36$ (6.27)

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{2,36 + \sqrt{2,36^2 - 1,85^2}} = 0,26 \quad (6.25)$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{c,Ed}}{A} = \frac{4000}{3382} = 1,2\,N/mm^2$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y}\,f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m\frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,2}{0,26 \times 9,7} + \frac{0,0}{12,3} + 0,7 \times \frac{0,0}{14,4} = 0,47 \leq 1.00 \quad (6.23)$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z}\,f_{c,0,d}} + k_m\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,2}{1,00 \times 9,7} + 0,7 \times \frac{0,0}{12,3} + \frac{0,0}{14,4} = 0,12 \leq 1.00 \quad (6.24)$$

Liggers onderworpen aan druk of aan druk en buiging art. 6.3.3

Op twee steunpunten: Gelijkmatig verdeelde belasting

→ $l_{ef} = 0,9 \times l = 0,9 \times 2800 = 2520$ mm $l_{ef} = l_{ef} + 2h = 2520 + 2 \times 89 = 2698$ mm

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78\,b^2}{h\,l_{ef}}E_{0,05} = \frac{0,78 \times 38^2}{89 \times 2698} \times 7400 = 34,7\,N/mm^2 \quad (6.32)$$

$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma m,crit}} = \sqrt{\frac{24}{34,7}} = 0,832$ (6.30)

$0,75 < \lambda_{rel,m} < 1,4$ → $k_{crit} = 1,56 - 0,75\,\lambda_{rel,m} = 1,56 - 0,75 \times 0,832 = 0,936$ (6.34)

$0,75 < \lambda_{rel,m} < 1,4$ → $k_{crit} = 1,56 - 0,75\,\lambda_{rel,m} = 1,56 - 0,75 \times 0,832 = 0,936$ (6.34)

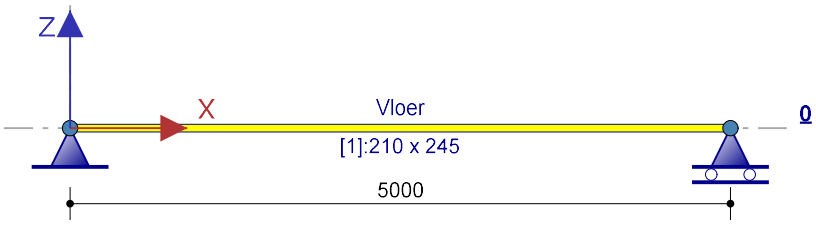
Conclusie: Dragende woningscheidende wand 38x89 h.o.h. 600 mm voldoet.

4.6 Ligger onder de kap 3x 70x245mm

Bestand :....Werken 2026\2026-047\ligger onder de kap.xfr2
Gebruiker :ing.H.K.Houtman

Gehanteerde normen : NEN-EN 1995-1-1+C1+A1:2011/NB:2013 nl
Gevolgklasse : CC2
Zwaartekrachtversnelling g : 9,81 m/s²

1 Invoergegevens



1.1 KNOPEN

Knoop-nummer	Coördinaten		Opleggingen		
	X [mm]	Z [mm]	T_x	T_z	R_y
1	0	0	A	A	
2	5000	0		A	

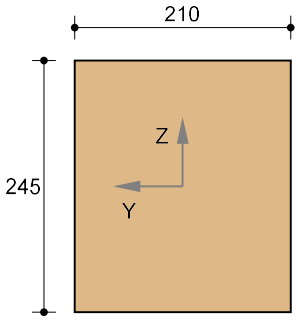
1.2 STAVEN

Staaf-nummer	Knoop		Staaf-type	Profiel	Lengte [mm]
	van	naar			
1	1	2		210 x 245	5000

1.3 PROFIELEN

Profiel-nummer	Naam	Gewicht [kg/m]	E [N/mm²]	A [mm²]	I_y [mm⁴]	$W_{y;el_1}$ [mm³]	$W_{y;el_2}$ [mm³]
1	210 x 245	21,6	11000	5,145E4	2,5736E8	2,1009E6	2,1009E6

210 x 245



Materiaalgegevens

Sterkteklasse C24
Klimaatklasse 1
Materiaaltype Gezaagd hout; γ_M = 1,30; k_{def} = 0,60
Elasticiteitsmodulus E = 11000 N/mm²

		$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	
		24,00	14,00	0,40	21,00	2,50	4,00	N/mm²
Belastingsduurklasse	k_{mod}	$f_{m,d}$	$f_{t,0,d}$	$f_{t,90,d}$	$f_{c,0,d}$	$f_{c,90,d}$	$f_{v,d}$	
Blijvend	0,60(0,50)	11,08	6,46	0,15	9,69	1,15	1,85	N/mm²
Middellang	0,80(0,65)	14,77	8,62	0,20	12,92	1,54	2,46	
Kort	0,90(0,80)	16,62	9,69	0,25	14,54	1,73	2,77	

Volumieke massa	ρ_{mean}	=	420 kg/m³	ρ_k	=	350 kg/m³
Elasticiteitsmodulus	$E_{0,mean}$	=	11000 N/mm²	$E_{90,mean}$	=	370 N/mm²
Elasticiteitsmodulus (kruip)	$E_{0,fin}$	=	6875 N/mm²	$E_{90,fin}$	=	231 N/mm²
Elasticiteitsmodulus	$E_{0,05}$	=	7400 N/mm²	$E_{0,d}$	=	8462 N/mm²
Elasticiteitsmodulus	G_{mean}	=	690 N/mm²	$G_{0,05}$	=	460 N/mm²

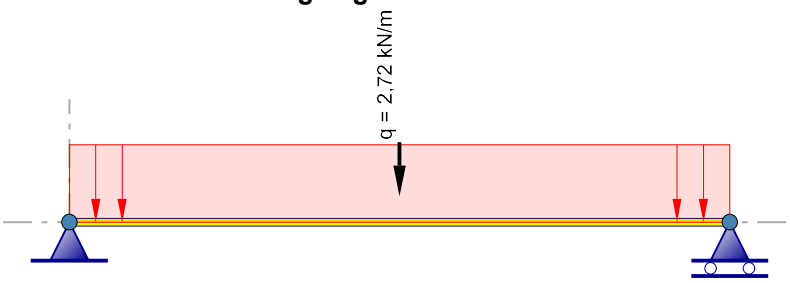
Doorsnedegegevens

Maximale coördinaat	y_{max}	=	105,0 mm	z_{max}	=	122,5 mm
Minimale coördinaat	y_{min}	=	-105,0 mm	z_{min}	=	-122,5 mm
Zwaartelijn	z_s	=	0,0 mm	y_s	=	0,0 mm
Oppervlak / Gewicht	A	=	51450,0 mm²	G	=	21,6 kg/m
Statisch moment	S_y	=	1575656 mm³	S_z	=	1350563 mm³
Traagheidsmoment	I_y	=	257357188 mm⁴	I_z	=	189078750 mm⁴
Traagheidsstraal	i_y	=	70,7 mm	i_z	=	60,6 mm
Elastisch weerstandsmoment	$W_{y;el}$	=	2100875 mm³	$W_{z;el}$	=	1800750 mm³
Centrifugaalmoment	C_{yz}	=	0 mm³	hoek	=	-0,00 °
Traagheidsmoment	I_{max}	=	257357188 mm⁴	I_{min}	=	189078750 mm⁴
Traagheidsstraal	i_{max}	=	70,7 mm	i_{min}	=	60,6 mm

1.4 BELASTINGSGEVALLEN

Nr.	Omschrijving	Type	ψ0	ψ1	ψ2
1	Permanent	Permanent incl. eigen gewicht	1,00	1,00	1,00
2	Veranderlijk	Wind	0,00	0,20	0,00

1.5 BELASTINGSGEVAL 1 Permanent INCL. eigen gewicht

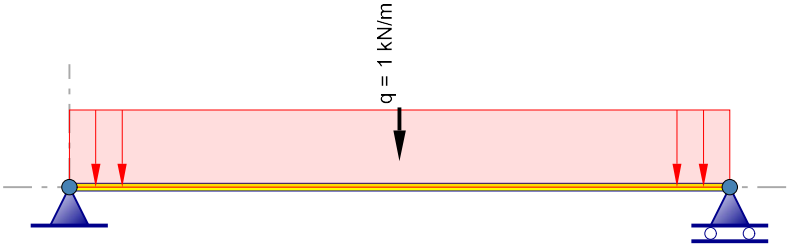


***) Belastingen a.g.v. eigen gewicht worden niet getekend!**
Totaal eigen gewicht: : 106 kg.

1.5.1 Staafbelastingen

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
1	q	-0,212 kN/m	-0,212 kN/m	-0,0	1	0	5000
1	q	-2,720 kN/m	-2,720 kN/m	0,0	1	0	5000
	hsb woningscheidende wand						

1.6 BELASTINGSGEVAL 2 Veranderlijk



1.6.1 Staafbelastingen

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
1	q	-1,000 kN/m	-1,000 kN/m	0,0	1	0	5000
	hsb woningscheidende wand						

2 Berekeningsresultaten

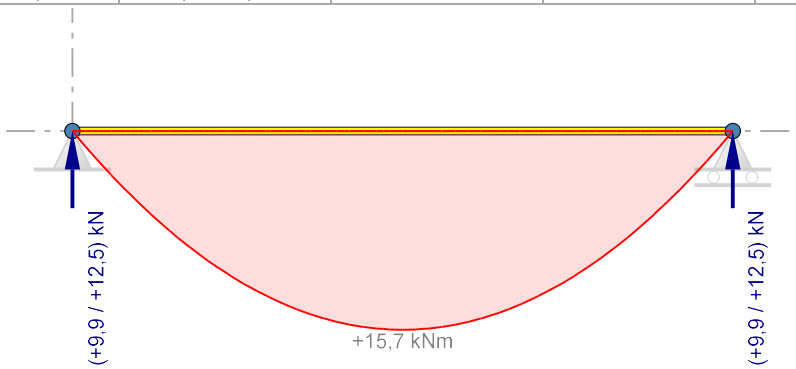
2.1 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT)

2.1.1 Belastingscombinaties

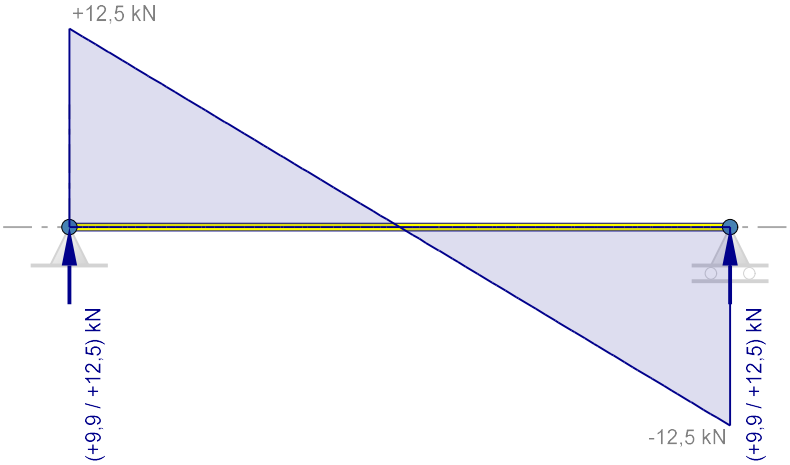
(GNL) Geometrisch niet-lineaire krachtsverdeling

Combinatie nummer	Omschrijving	Type
1	Permanent	UGT
2	Veranderlijk	UGT

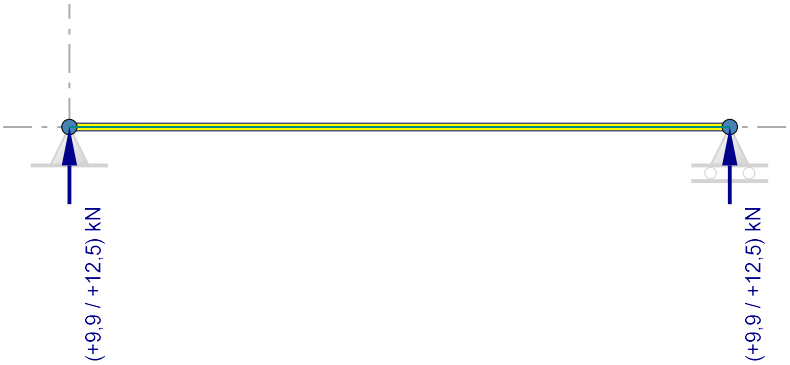
Combinatie nummer	Belasting (ψ x γ)				
	1	2			
1	1,00x1,35				
2	1,00x1,20	1,00x1,50			



Omhullende M-lijn



Omhullende D-lijn



Omhullende N-lijn

2.1.2 Omhullende reactiekrachten

Knoop-nummer	Combinatie nummer	F_x [kN]	F_z [kN]	M_y [kNm]
1	1		**9,895**	
	2		**12,546**	
2	1		**9,895**	
	2		**12,546**	
Minimale / maximale waarden				
1	1		**9,895**	
1	2		**12,546**	

2.1.3 Omhullende staafkrachten

Staaf-nummer	Combinatie nummer	Knoop-nummer	x-lokaal [mm]	Nx-lokaal [kN]	Vz-lokaal [kN]	My-lokaal [kNm]
1	1	1		0,000	**9,895**	0,000
	2	1		0,000	**12,546**	-0,000
	2		2500	0,000	0,000	**15,682**
	1	2		0,000	**9,895**	0,000
	2	2		0,000	**12,546**	-0,000

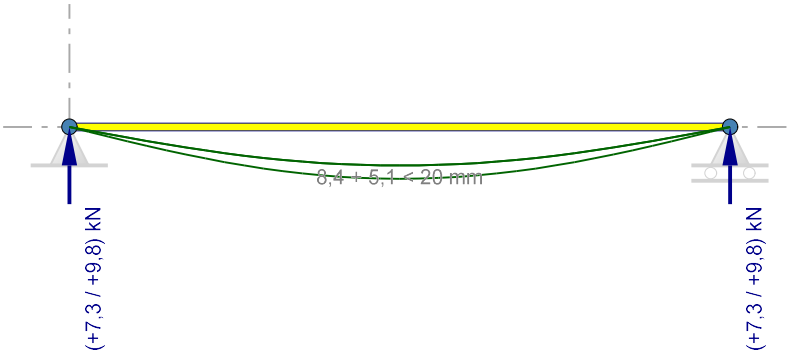
2.2 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT)

2.2.1 Belastingscombinaties

(GNL) Geometrisch niet-lineaire krachtsverdeling

Combinatie nummer	Omschrijving	Type
3	Permanent	BGT
4	Veranderlijk	BGT
5	BGT Blijvend	BGT Blijvend
6	BGT Quasi blijvend (i.v.m. kruip)	BGT Quasi blijvend

Combinatie nummer	Belasting (ψ x γ)				
	1	2			
3	1,00x1,00				
4	1,00x1,00	1,00x1,00			
5	1,00x1,00				
6	1,00x1,00				



Omhullende verplaatsing

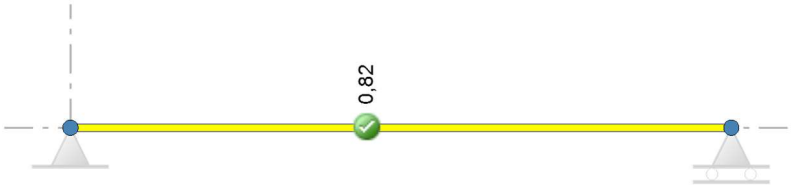
2.2.2 Omhullende knoopverplaatsingen

Knoop-nummer	Combinatie nummer	d_x [mm]	d_z [mm]	d_r [mrad]
1	3	**0,0**	**-0,0**	**-5,4**
	4	0,0	**-0,0**	**-7,2**

Knoop-nummer	Combinatie nummer	d_x [mm]	d_z [mm]	d_r [mrad]
2	3	**0,0**	**-0,0**	**5,4**
	4	0,0	**-0,0**	**7,2**
Minimale / maximale waarden				
1	3	**0,0**		
1	3	**0,0**		
1	4		**-0,0**	
2	3		**-0,0**	
1	4			**-7,2**
2	4			**7,2**

2.3 EN1995 TOETSINGEN

De toetsing van de houtprofielen in de uiterste grenstoestand volgens EN 1995-1-1 is gebaseerd op een geometrische niet-lineaire krachtsverdeling (tweede orde analyse) inclusief de gegeven imperfecties volgens art.5.4.4.



Staaf-nummer	Profiel	Combinatie nummer	Artikel	U.C.
1	210 x 245	1	6.1.6	0,53
		1	6.1.7	0,16
		1	6.3.3	0,53
		4	Doorbuiging	0,82
		4	Doorbuiging	0,53

2.4 BEREKENING VAN UNITY CHECKS

2.4.1 Staaf 1 - 210 x 245 (C24 Klimaatklasse:1)

Buiging art. 6.1.6

Combinatie : 1 x = 2500 mm Nx = 0 kN Vz = 0 kN My = 12,369 kNm
Belastingsduurklasse : Blijvend

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{12{,}369 \times 10^6}{2101 \times 10^3} = 5{,}9\ N/mm^2$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{5{,}9}{11{,}1} = 0{,}53 \leq 1.00 \qquad (6.11)$$

Afschuiving art. 6.1.7

Combinatie : 1 x = 0 mm Nx = 0 kN Vz = 9,895 kN My = 0 kNm
Belastingsduurklasse : Blijvend

$$\tau_d = \frac{V_{z,Ed}\, S}{b\, Iy} = \frac{9895{,}4 \times 1575656}{210 \times 257357188} = 0{,}3\ N/mm^2 \leq f_{v,d} = 1{,}8\ N/mm^2 \qquad (6.13)$$

Liggers onderworpen aan druk of aan druk en buiging art. 6.3.3

Combinatie : 1 x = 2500 mm Nx = 0 kN Vz = -9,895 kN My = 12,369 kNm
Belastingsduurklasse : Blijvend

Aantal kipsteunen: 0
Op twee steunpunten: Gelijkmatig verdeelde belasting
→ l_{ef} = 0,9 x l = 0,9 x 5000 = 4500 mm $l_{ef} = l_{ef} + 2h = 4500 + 2 \times 245 = 4990$ mm

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0{,}78\, b^2}{h\, l_{ef}} E_{0,05} = \frac{0{,}78 \times 210^2}{245 \times 4990} \times 7400 = 208{,}2\ N/mm^2$$ (6.32)

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma m, crit}} = \sqrt{\frac{24}{208{,}2}} = 0{,}34 \leq 0.75 \rightarrow kcrit_\{ = 1{,}00$$ (6.30)(6.34)

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{12{,}369 \times 10^6}{2101 \times 10^3} = 5{,}9\ N/mm^2$$

$\sigma_{m,y,d}$ = 5,9 N/mm² < k_{crit} $f_{m,d}$ = 1,00 x 11,1 = 11,1 N/mm² (6.33)

Doorbuiging

Combinatie : 4 x = 2500 mm Nx = 0 kN Vz = 0 kN My = 12,287 kNm
Belastingsduurklasse : Kort
Lokale knoopverplaatsingen d_{z1} = -0 mm d_{z2} = -0 mm
$w_{eind,z}$ = w_z + k_{def} $w_{BGT\ Quasi\ blijvend,z}$ = -11,3 + 0,6 x -8,4 = -16,4 mm

$$\frac{|w_{eind,z}|}{w_{eind,z,max}} = \frac{|-16{,}4|}{5000\ /\ 250} = \frac{|-16{,}4|}{20} = 0{,}82 \leq 1{,}0$$

$w_{bijk.,z}$ = $w_{eind,z}$ - $w_{BGT\ Blijvend,z}$ = -16,4 +8,4 = -7,9 mm

$$\frac{|w_{bijk.,z}|}{w_{bijk.,z,max}} = \frac{|-7{,}9|}{5000\ /\ 333} = \frac{|-7{,}9|}{15} = 0{,}53 \leq 1{,}0$$

Doorbuiging

Combinatie : 4 x = 2500 mm Nx = 0 kN Vz = 0 kN My = 12,287 kNm
Belastingsduurklasse : Kort
Lokale knoopverplaatsingen d_{z1} = -0 mm d_{z2} = -0 mm
$w_{eind,z}$ = w_z + k_{def} $w_{BGT\ Quasi\ blijvend,z}$ = -11,3 + 0,6 x -8,4 = -16,4 mm

$$\frac{|w_{eind,z}|}{w_{eind,z,max}} = \frac{|-16{,}4|}{5000\ /\ 250} = \frac{|-16{,}4|}{20} = 0{,}82 \leq 1{,}0$$

$w_{bijk.,z}$ = $w_{eind,z}$ - $w_{BGT\ Blijvend,z}$ = -16,4 +8,4 = -7,9 mm

$$\frac{|w_{bijk.,z}|}{w_{bijk.,z,max}} = \frac{|-7{,}9|}{5000\ /\ 333} = \frac{|-7{,}9|}{15} = 0{,}53 \leq 1{,}0$$

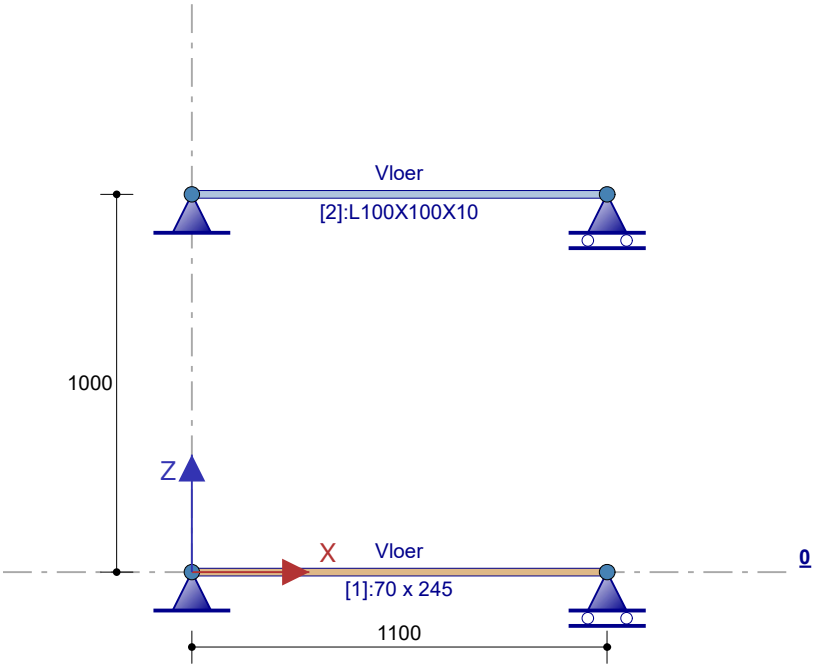
5 Staalconstructie

5.1 L1: Hoeklijn L100x100x10 of houten ligger 70x245mm

Bestand :....Werken 2026\2026-047\[1] L1.xfr2
Gebruiker :ing.H.K.Houtman

Gehanteerde normen	:	NEN-EN 1993-1-1+C2+A1/NB:2016 nl
	:	NEN-EN 1995-1-1+C1+A1:2011/NB:2013 nl
Gevolgklasse	:	CC2
Zwaartekrachtversnelling g	:	9,81 m/s^2

1 Invoergegevens



1.1 KNOPEN

Knoop-nummer	Coördinaten		Opleggingen		
	X [mm]	Z [mm]	T_x	T_z	R_y
1	0	0	A	A	
2	1100	0		A	
3	0	1000	A	A	
4	1100	1000		A	

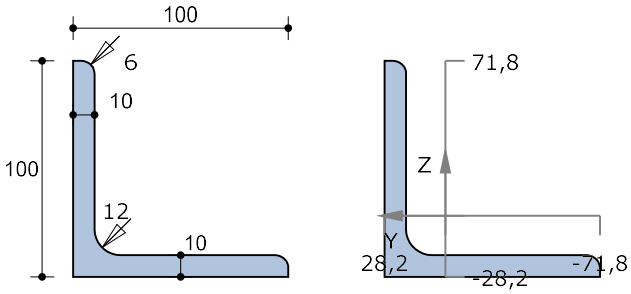
1.2 STAVEN

Staaf-nummer	Knoop		Staaf-type	Profiel	Lengte [mm]
	van	naar			
1	1	2		70 x 245	1100
2	3	4		L100X100X10	1100

1.3 PROFIELEN

Profiel-nummer	Naam	Gewicht [kg/m]	E [N/mm²]	A [mm²]	I_y [mm⁴]	$W_{y;el_1}$ [mm³]	$W_{y;el_2}$ [mm³]
5	L100X100X10	15,0	210000	1,916E3	1,7661E6	2,4604E4	6,2591E4
6	70 x 245	6,5	11000	1,715E4	8,5786E7	7,0029E5	7,0029E5

L100X100X10



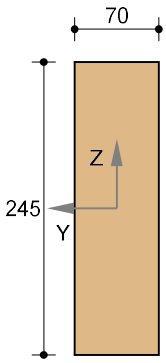
Materiaalgegevens

Staalsoort	S 235 Warmgewalst		
Elasticiteitsmodulus	E	=	210000 N/mm²

Doorsnedegegevens

Maximale coördinaat	y_{max}	=	28,2 mm	z_{max}	=	28,2 mm
Minimale coördinaat	y_{min}	=	-71,8 mm	z_{min}	=	-71,8 mm
Zwaartelijn	z_s	=	0,0 mm	y_s	=	0,0 mm
Oppervlak / Gewicht	A	=	1915,7 mm²	G	=	15,0 kg/m
Statisch moment	S_y	=	25210 mm³	S_z	=	25210 mm³
Traagheidsmoment	I_y	=	1766127 mm⁴	I_z	=	1766127 mm⁴
Traagheidsstraal	i_y	=	30,4 mm	i_z	=	30,4 mm
Elastisch weerstandsmoment	$W_{y;el}$	=	24604 mm³	$W_{z;el}$	=	24604 mm³
Centrifugaalmoment	C_{yz}	=	-1036198 mm³	hoek	=	45,00 °
Traagheidsmoment	I_{max}	=	2802325 mm⁴	I_{min}	=	729928 mm⁴
Traagheidsstraal	i_{max}	=	38,2 mm	i_{min}	=	19,5 mm
Halveringslijn	z_h	=	18,6 mm	y_h	=	18,6 mm
Plastisch weerstandsmoment	$W_{y;pl}$	=	44865 mm³	$W_{z;pl}$	=	44865 mm³

70 x 245



Materiaalgegevens

Sterkteklasse	C24		
Klimaatklasse	1		
Materiaaltype	Gezaagd hout; γ_M = 1,30; k_{def} = 0,60		
Elasticiteitsmodulus	E	=	11000 N/mm²

		$f_{m,k}$	$f_{t,0,k}$	$f_{t,90,k}$	$f_{c,0,k}$	$f_{c,90,k}$	$f_{v,k}$	
		24,00	14,00	0,40	21,00	2,50	4,00	N/mm²
Belastingsduurklasse	k_{mod}	$f_{m,d}$	$f_{t,0,d}$	$f_{t,90,d}$	$f_{c,0,d}$	$f_{c,90,d}$	$f_{v,d}$	
Blijvend	0,60(0,50)	11,08	6,46	0,15	9,69	1,15	1,85	N/mm²
Middellang	0,80(0,65)	14,77	8,62	0,20	12,92	1,54	2,46	
Kort	0,90(0,80)	16,62	9,69	0,25	14,54	1,73	2,77	

Volumieke massa	ρ_{mean}	=	420 kg/m³	ρ_k	=	350 kg/m³
Elasticiteitsmodulus	$E_{0,mean}$	=	11000 N/mm²	$E_{90,mean}$	=	370 N/mm²
Elasticiteitsmodulus (kruip)	$E_{0,fin}$	=	6875 N/mm²	$E_{90,fin}$	=	231 N/mm²
Elasticiteitsmodulus	$E_{0,05}$	=	7400 N/mm²	$E_{0,d}$	=	8462 N/mm²
Elasticiteitsmodulus	G_{mean}	=	690 N/mm²	$G_{0,05}$	=	460 N/mm²

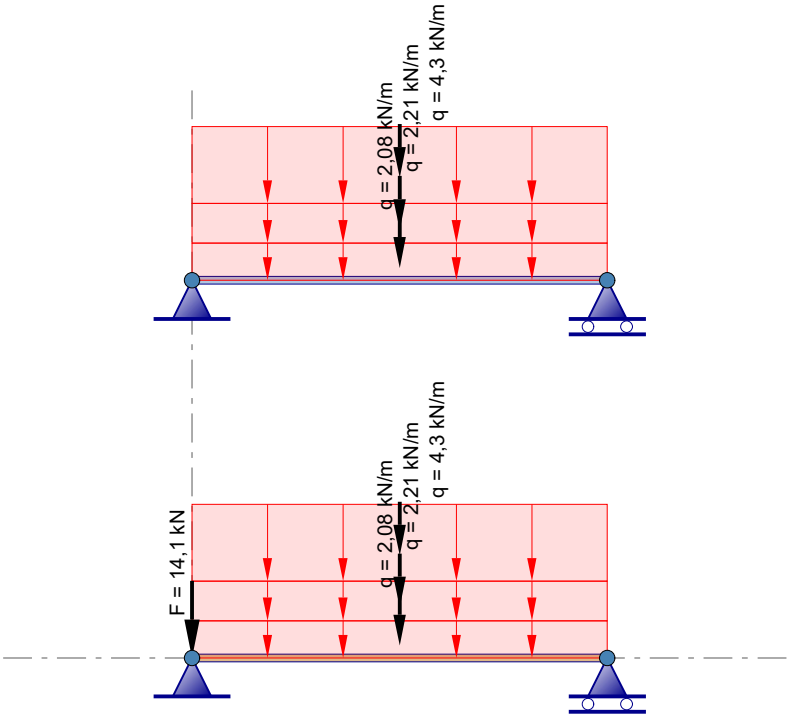
Doorsnedegegevens

Maximale coördinaat	y_{max}	=	35,0 mm	z_{max}	=	122,5 mm
Minimale coördinaat	y_{min}	=	-35,0 mm	z_{min}	=	-122,5 mm
Zwaartelijn	z_s	=	0,0 mm	y_s	=	0,0 mm
Oppervlak / Gewicht	A	=	17150,0 mm^2	G	=	7,2 kg/m
Statisch moment	S_y	=	525219 mm^3	S_z	=	150063 mm^3
Traagheidsmoment	I_y	=	85785729 mm^4	I_z	=	7002917 mm^4
Traagheidsstraal	i_y	=	70,7 mm	i_z	=	20,2 mm
Elastisch weerstandsmoment	$W_{y;el}$	=	700292 mm^3	$W_{z;el}$	=	200083 mm^3
Centrifugaalmoment	C_{yz}	=	0 mm^3	hoek	=	-0,00 °
Traagheidsmoment	I_{max}	=	85785729 mm^4	I_{min}	=	7002917 mm^4
Traagheidsstraal	i_{max}	=	70,7 mm	i_{min}	=	20,2 mm

1.4 BELASTINGSGEVALLEN

Nr.	Omschrijving	Type	ψ0	ψ1	ψ2
1	Permanent	Permanent incl. eigen gewicht	1,00	1,00	1,00
2	Veranderlijk verd.vloer	A:Woonfunctie en logiesfunctie	0,40	0,50	0,30
3	Veranderlijk plat dak H	H:daken	0,00	0,00	0,00
4	Veranderlijk Sneeuw	Sneeuw	0,00	0,20	0,00

1.5 BELASTINGSGEVAL 1 Permanent INCL. eigen gewicht



***) Belastingen a.g.v. eigen gewicht worden niet getekend!**
Totaal eigen gewicht: : 23 kg.

1.5.1 Staafbelastingen

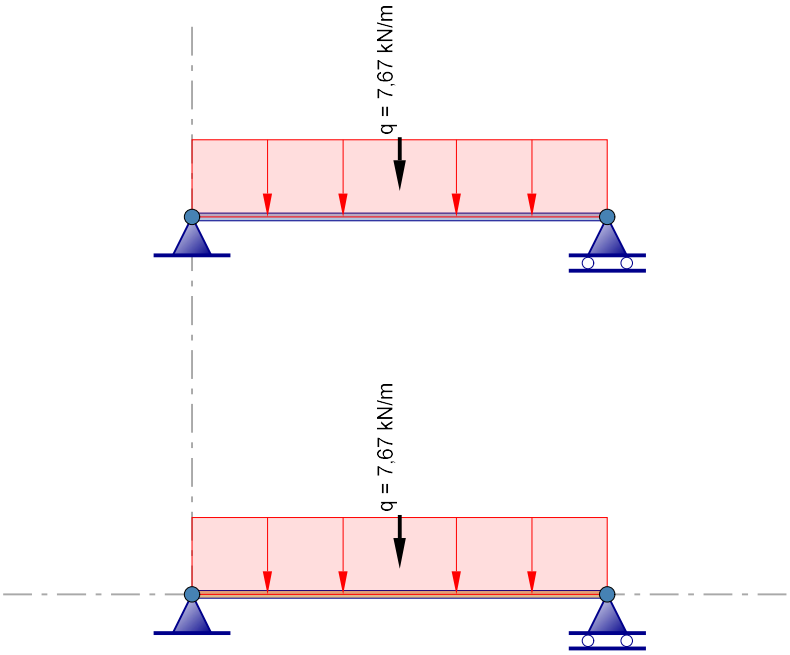
Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
1	q	-0,064 kN/m	-0,064 kN/m	-0,0	1	0	1100
1	q	-2,080 kN/m	-2,080 kN/m	0,0	1	0	1100
	2,6m plat dak						
1	q	-2,210 kN/m	-2,210 kN/m	0,0	1	0	1100
	2,6m verdiepingsvloer						
1	q	-4,300 kN/m	-4,300 kN/m	0,0	1	0	1100
	hellend dak + 2m plat dak						
2	q	-0,148 kN/m	-0,148 kN/m	-0,0	3	0	1100
2	q	-2,080 kN/m	-2,080 kN/m	0,0	3	0	1100
	2,6m plat dak						
2	q	-2,210 kN/m	-2,210 kN/m	0,0	3	0	1100

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
	2,6m verdiepingsvloer						
2	q	-4,300 kN/m	-4,300 kN/m	0,0	3	0	1100
	hellend dak + 2m plat dak						

1.5.2 Knoopbelastingen

Knoop-nummer	F_x [kN]	F_z [kN]	M_y [kNm]
1		-14,100	
	hellend dak		

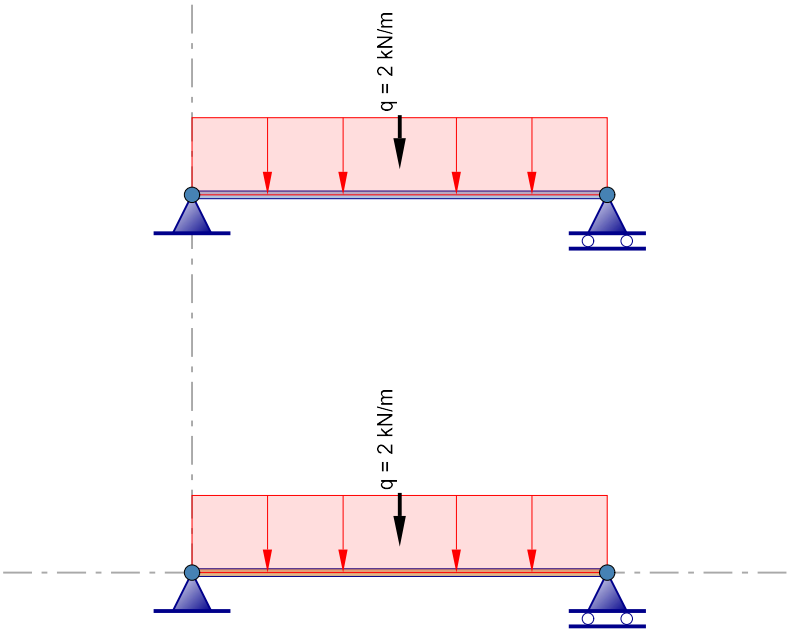
1.6 BELASTINGSGEVAL 2 Veranderlijk verd.vloer



1.6.1 Staafbelastingen

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
1	q	-7,670 kN/m	-7,670 kN/m	0,0	1	0	1100
	2,6m verdiepingsvloer						
2	q	-7,670 kN/m	-7,670 kN/m	0,0	3	0	1100
	2,6m verdiepingsvloer						

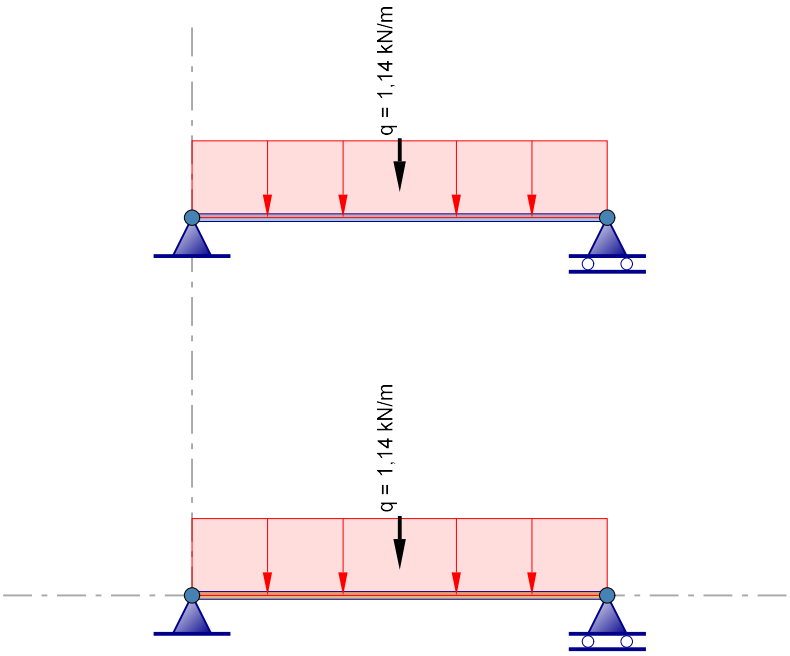
1.7 BELASTINGSGEVAL 3 Veranderlijk plat dak H



1.7.1 Staafbelastingen

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
1	q	-2,000 kN/m	-2,000 kN/m	0,0	1	0	1100
	2,6m verdiepingsvloer						
2	q	-2,000 kN/m	-2,000 kN/m	0,0	3	0	1100
	2,6m verdiepingsvloer						

1.8 BELASTINGSGEVAL 4 Veranderlijk Sneeuw



1.8.1 Staafbelastingen

Staaf-nummer	Belasting				Afstand van		
	Type	q1	q2	Hoek	Knoop	a [mm]	L [mm]
1	q	-1,140 kN/m	-1,140 kN/m	0,0	1	0	1100
2	q	-1,140 kN/m	-1,140 kN/m	0,0	3	0	1100

2 Berekeningsresultaten

2.1 KNOPEN - Imperfectie scheefstand

Knoop-nummer	1/200 in +X			1/200 in -X	
	X [mm]	Z [mm]		X [mm]	Z [mm]
1	0	0		0	0
2	1100	0		1100	0
3	5	1000		-5	1000
4	1105	1000		1095	1000

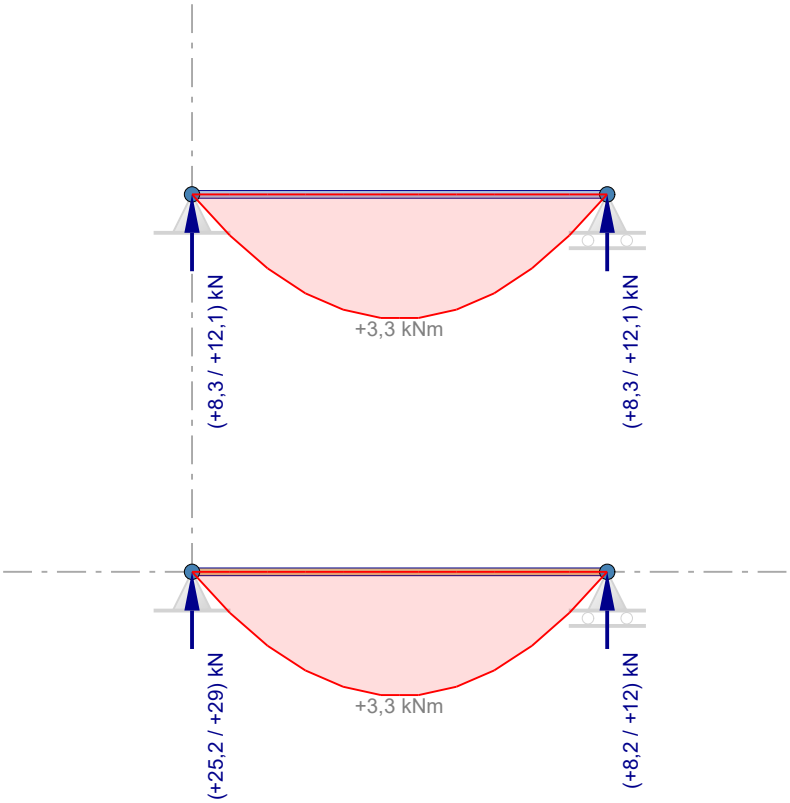
2.2 UITERSTE GRENSTOESTANDEN (UGT)

2.2.1 Belastingscombinaties

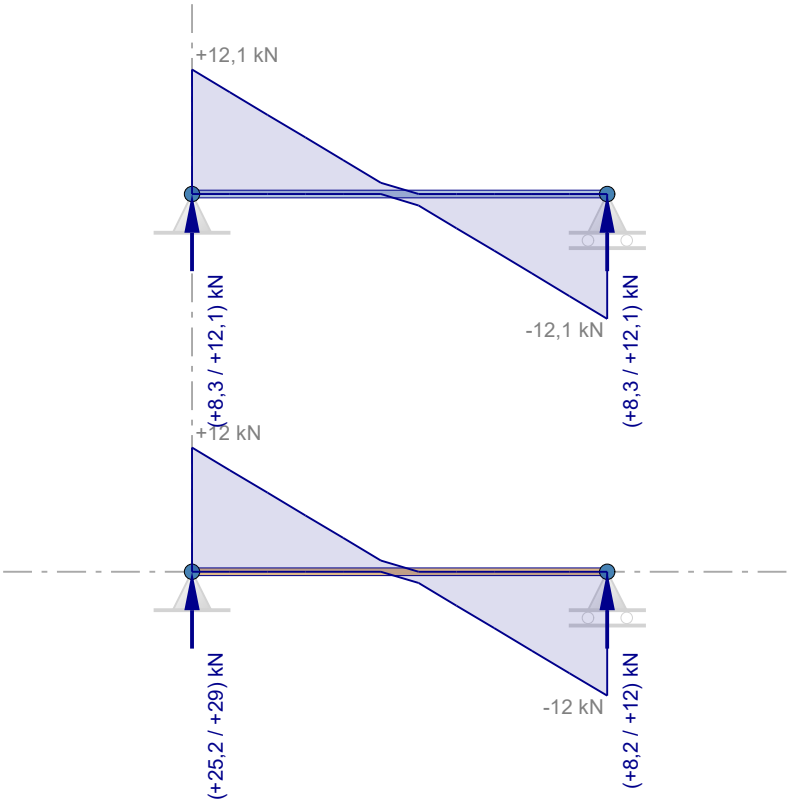
(GNL) Geometrisch niet-lineaire krachtsverdeling

Combinatie nummer	Omschrijving	Type
1.1	Permanent + Scheefstand 1/200 +X	UGT
1.2	Permanent + Scheefstand 1/200 -X	UGT
2.1	Veranderlijk verd.vloerL + Scheefstand 1/200 +X	UGT
2.2	Veranderlijk verd.vloerL + Scheefstand 1/200 -X	UGT
3.1	Veranderlijk verd.vloerL+R + Scheefstand 1/200 +X	UGT
3.2	Veranderlijk verd.vloerL+R + Scheefstand 1/200 -X	UGT
4.1	Veranderlijk verd.vloerR + Scheefstand 1/200 +X	UGT
4.2	Veranderlijk verd.vloerR + Scheefstand 1/200 -X	UGT
5.1	Veranderlijk plat dak H + Scheefstand 1/200 +X	UGT
5.2	Veranderlijk plat dak H + Scheefstand 1/200 -X	UGT
6.1	Veranderlijk Sneeuw + Scheefstand 1/200 +X	UGT
6.2	Veranderlijk Sneeuw + Scheefstand 1/200 -X	UGT

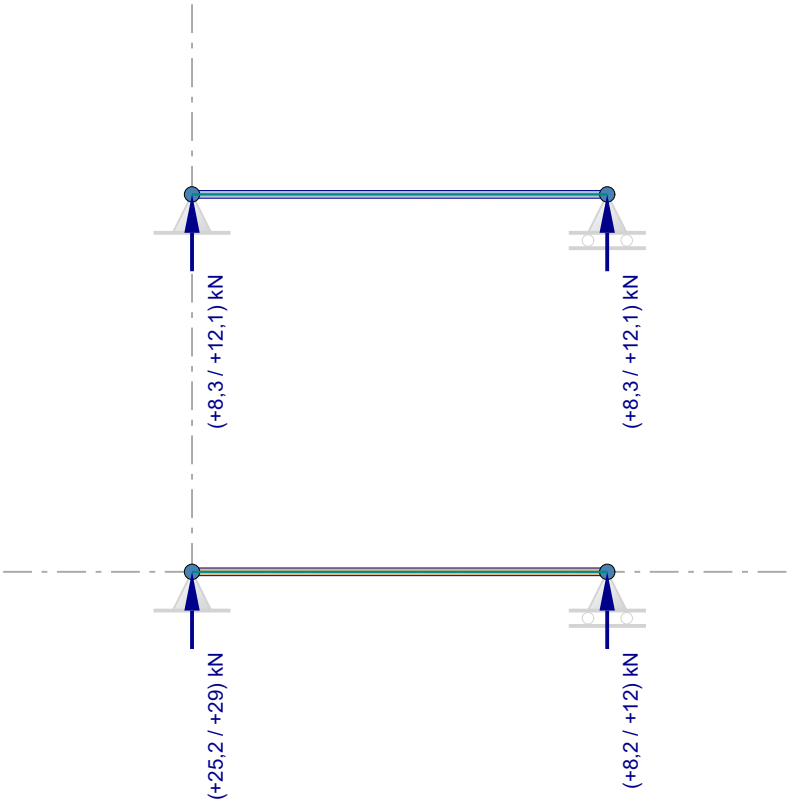
Combinatie nummer	Belasting (ψ x γ)				
	1	2	3	4	
1.1	1,00x1,35	0,40x1,50			
1.2	1,00x1,35	0,40x1,50			
2.1	1,00x1,20	1,00x1,50			
2.2	1,00x1,20	1,00x1,50			
3.1	1,00x1,20	1,00x1,35			
3.2	1,00x1,20	1,00x1,35			
4.1	1,00x1,20	0,40x1,50			
4.2	1,00x1,20	0,40x1,50			
5.1	1,00x1,20	0,40x1,50	1,00x1,50		
5.2	1,00x1,20	0,40x1,50	1,00x1,50		
6.1	1,00x1,20	0,40x1,50		1,00x1,50	
6.2	1,00x1,20	0,40x1,50		1,00x1,50	



Omhullende M-lijn



Omhullende D-lijn



Omhullende N-lijn

2.2.2 Omhullende reactiekrachten

Knoop-nummer	Combinatie nummer	F_x [kN]	F_z [kN]	M_y [kNm]
1	2.1		**28,959**	
	4.1		**25,163**	
2	2.1		**12,039**	
	4.1		**8,243**	
3	2.1		**12,095**	
	4.1		**8,298**	
4	2.1		**12,095**	
	4.1		**8,298**	
Minimale / maximale waarden				
2	4.1		**8,243**	
1	2.1		**28,959**	

2.2.3 Omhullende staafkrachten

Staaf-nummer	Combinatie nummer	Knoop-nummer	x-lokaal [mm]	Nx-lokaal [kN]	Vz-lokaal [kN]	My-lokaal [kNm]
1	2.1	1		0,000	**12,039**	0,000
	4.1	1		0,000	**8,243**	-0,000
	2.1		550	0,000	0,000	**3,311**
	2.1	2		0,000	**12,039**	0,000
	4.1	2		0,000	**8,243**	0,000
2	2.1	3		0,000	**12,095**	0,000
	4.1	3		0,000	**8,298**	-0,000
	2.1		550	0,000	-0,000	**3,326**
	2.1	4		0,000	**12,095**	-0,000
	4.1	4		0,000	**8,298**	0,000

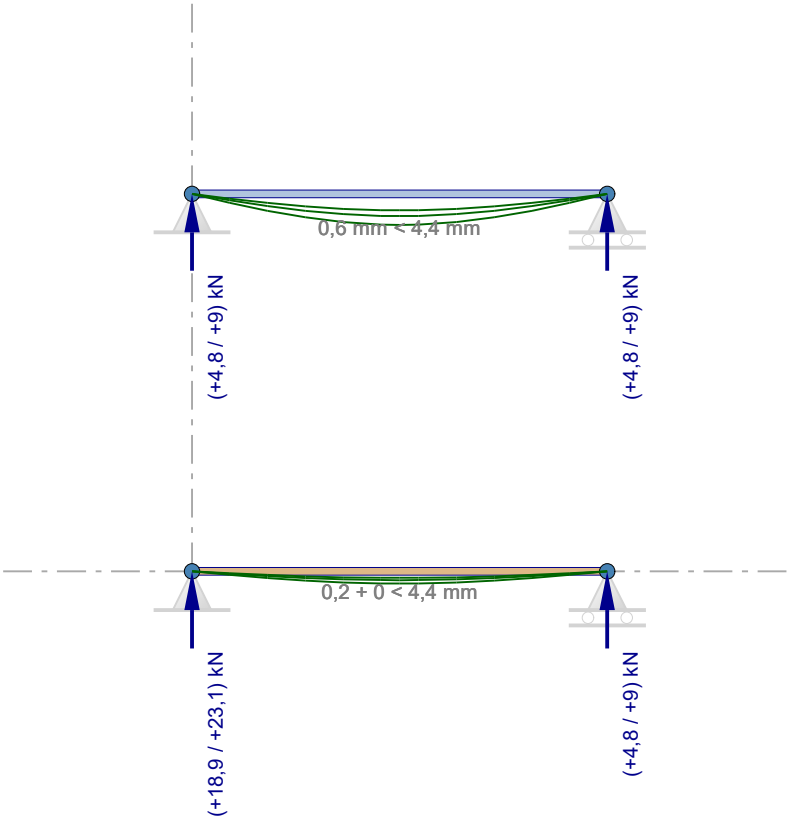
2.3 BRUIKBAARHEIDSGRENSTOESTANDEN (BGT)

2.3.1 Belastingscombinaties

(GNL) Geometrisch niet-lineaire krachtsverdeling

Combinatie nummer	Omschrijving	Type
7	Permanent	BGT
8	Veranderlijk verd.vloer	BGT
9	Veranderlijk verd.vloerR	BGT
10	Veranderlijk plat dak H	BGT
11	Veranderlijk Sneeuw	BGT
12	BGT Blijvend	BGT Blijvend

Combinatie nummer	Belasting (ψ x γ)				
	1	2	3	4	
7	1,00x1,00	0,40x1,00			
8	1,00x1,00	1,00x1,00			
9	1,00x1,00	0,40x1,00			
10	1,00x1,00	0,40x1,00	1,00x1,00		
11	1,00x1,00	0,40x1,00		1,00x1,00	
12	1,00x1,00				



Omhullende verplaatsing

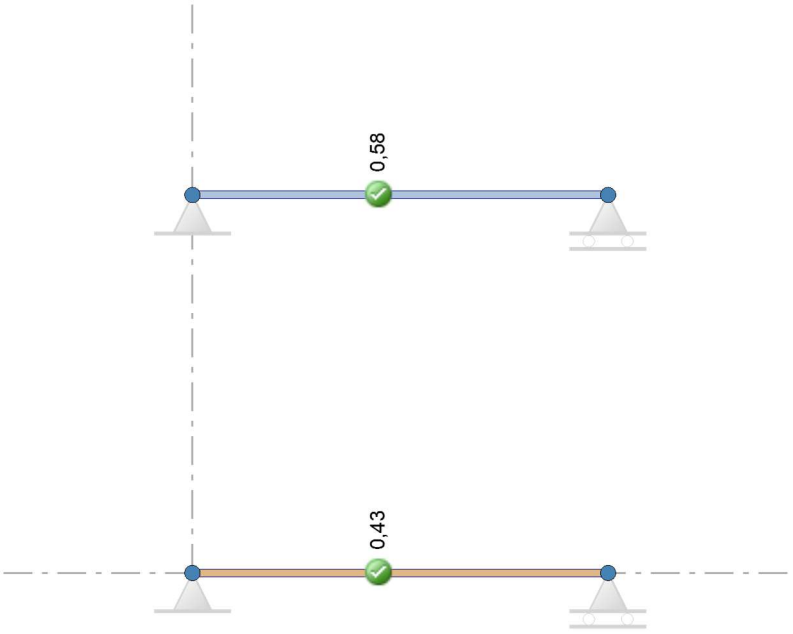
2.3.2 Omhullende knoopverplaatsingen

Knoop-nummer	Combinatie nummer	d_x [mm]	d_z [mm]	d_r [mrad]
1	7	**0,0**	-0,0	-0,7
	8	0,0	**-0,0**	**-1,0**
	12	0,0	**-0,0**	**-0,5**
2	7	**0,0**	-0,0	0,7
	8	0,0	**-0,0**	**1,0**
	12	0,0	**-0,0**	**0,5**
3	7	**0,0**	-0,0	-1,8
	8	0,0	**-0,0**	**-2,5**
	12	0,0	**-0,0**	**-1,3**
4	7	**0,0**	-0,0	1,8
	8	0,0	**-0,0**	**2,5**
	12	0,0	**-0,0**	**1,3**
Minimale / maximale waarden				

Knoop-nummer	Combinatie nummer	d_x [mm]	d_z [mm]	d_r [mrad]
1	7	**0,0**		
1	7	**0,0**		
1	8		**-0,0**	
2	12		**-0,0**	
3	8			**-2,5**
4	8			**2,5**

2.4 EN1993 TOETSINGEN / EN1995 TOETSINGEN

De toetsing van de staalprofielen in de uiterste grenstoestand volgens EN 1993-1-1 is gebaseerd op een geometrische niet-lineaire krachtsverdeling (tweede orde analyse) inclusief de gegeven imperfecties volgens art.5.3.2. (a) algemene initiële scheefstanden, volgens figuur 5.2)



Staaf-nummer	Profiel	Combinatie nummer	Klasse	Artikel	U.C.
2	L100X100X10	2.1	3	6.2.5	0,58
		2.1	1	6.2.6	0,10
		8		Doorbuiging	0,19
		8		Doorbuiging	0,12

Staaf-nummer	Profiel	Combinatie nummer	Artikel	U.C.
1	70 x 245	2.1	6.1.6	0,32
		2.1	6.1.7	0,43
		2.1	6.3.3	0,32

2.5 BEREKENING VAN UNITY CHECKS

2.5.1 Staaf 2 - L100X100X10 (S 235)

Buigend moment (maatgevend) **art. 6.2.5**

Combinatie: 2.1 x = 550 mm Nx = 0 kN Vz = -0 kN My = 3,326 kNm

$$M_{y,c,Rd} = M_{el,y,Rd} = \frac{W_{el,y,min}\, f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{24604 \times 235}{1,00} \times 10^{-6} = 5,782\, kNm \qquad (6.14)$$

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{y,c,Rd}} = \frac{3,326}{5,782} = 0,58 \leq 1,0 \qquad (6.12)$$

Dwarskracht (afschuiving) **art. 6.2.6**

Combinatie: 2.1 x = 1100 mm Nx = 0 kN Vz = -12,095 kN My = -0 kNm

$$V_{c,z,Rd} = V_{pl,z,Rd} = \frac{A_v\,(f_y/\sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{916 \times (235/\sqrt{3})}{1,00} \times 10^{-3} = 124,3\, kN \qquad (6.18)$$

$$\frac{V_{z,Ed}}{V_{c,z,Rd}} = \frac{12,1}{124,3} = 0,10 \leq 1,0 \qquad (6.17)$$

Doorbuiging

Combinatie: 8 x = 550 mm Nx = 0 kN Vz = 0 kN My = 2,482 kNm
Lokale knoopverplaatsingen d_{z1} = -0 mm d_{z2} = -0 mm
$w_{eind,z} = w_z - w_{Zeeg,z}$ = -0,8 +0 = -0,8 mm

$$\frac{|w_{eind,z}|}{w_{eind,z,max}} = \frac{|-0,8|}{1100 / 250} = \frac{|-0,8|}{4,4} = 0,19 \leq 1,0$$

$w_{bijk.,z} = w_{eind,z} - w_{BGT\ Blijvend,z}$ = -0,8 +0,4 = -0,4 mm

$$\frac{|w_{bijk.,z}|}{w_{bijk.,z,max}} = \frac{|-0,4|}{1100 / 333} = \frac{|-0,4|}{3,3} = 0,12 \leq 1,0$$

2.5.2 Staaf 1 - 70 x 245 (C24 Klimaatklasse:1)

Buiging **art. 6.1.6**

Combinatie : 2.1 x = 550 mm Nx = 0 kN Vz = 0 kN My = 3,311 kNm
Belastingsduurklasse : Middellang

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{3,311 \times 10^6}{700 \times 10^3} = 4,7\, N/mm^2$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{4,7}{14,8} = 0,32 \leq 1.00 \qquad (6.11)$$

Afschuiving (maatgevend) **art. 6.1.7**

Combinatie : 2.1 x = 0 mm Nx = 0 kN Vz = 12,039 kN My = -0 kNm
Belastingsduurklasse : Middellang

$$\tau_d = \frac{V_{z,Ed}\, S}{b\, Iy} = \frac{12039,3 \times 525219}{70 \times 85785729} = 1,1\, N/mm^2 \leq f_{v,d} = 2,5\, N/mm^2 \qquad (6.13)$$

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

Combinatie : 2.1 x = 550 mm Nx = 0 kN Vz = -12,039 kN My = 3,311 kNm
Belastingsduurklasse : Middellang

Aantal kipsteunen: 0

Op twee steunpunten: Gelijkmatig verdeelde belasting
→ l_{ef} = 0,9 x l = 0,9 x 1100 = 990 mm $l_{ef} = l_{ef} + 2h$ = 990 + 2 x 245 = 1100 mm

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0{,}78\, b^2}{h\, l_{ef}} E_{0,05} = \frac{0{,}78 \times 70^2}{245 \times 1100} \times 7400 = 104{,}9\, N/mm^2 \quad (6.32)$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma m, crit}} = \sqrt{\frac{24}{104{,}9}} = 0{,}478 \leq 0.75 \rightarrow kcrit_\{ = 1{,}00 \quad (6.30)(6.34)$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_{y,Ed}}{W_y} = \frac{3{,}311 \times 10^6}{700 \times 10^3} = 4{,}7\, N/mm^2$$

$\sigma_{m,y,d}$ = 4,7 N/mm² < k_{crit} $f_{m,d}$ = 1,00 x 14,8 = 14,8 N/mm² (6.33)

6 Fundering

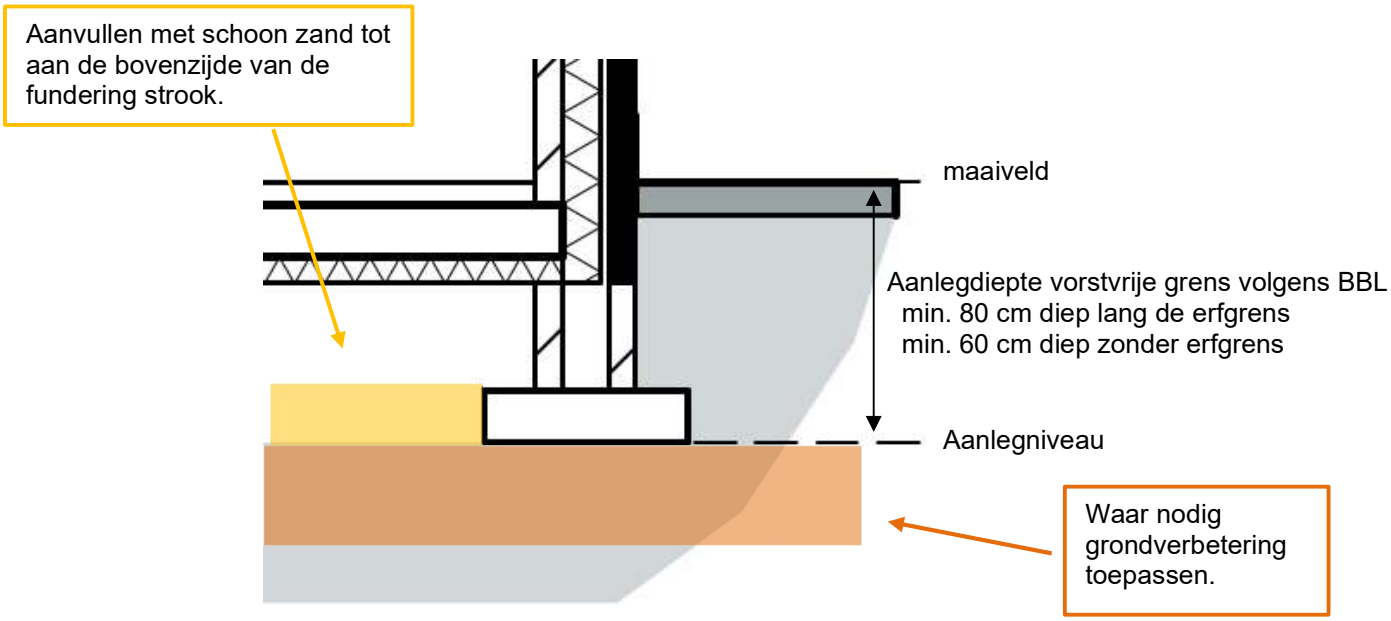
6.1 Algemeen

Er zijn geen sonderingen bekend op de bouwkavel. De opdrachtgever dient nader grondonderzoek uit te voeren. Gezien de aard en fundering van het bestaande bouwwerk gaan wij uit van een ondergrond bestaande uit schoon, los, zand. Hier hebben wij in dit rapport rekening mee gehouden. Er dient in het werk gecontroleerd te worden of deze uitgangspunten minimaal overeenkomen.

Gezien de aard van het bouwwerk wordt er gerekend met een fundering op staal met een minimale aanlegdiepte van 60 tot 80 cm onder het maaiveld (=vorstvrije grens vlgns het BBL). Daarbij wordt gerekend met een veilige aanname voor de toelaatbare grondspanning.
Deze grondspanning dient in het werk gecontroleerd te worden met een handsondeerapparaat, waarbij een conuswaarde van minimaal 5 MPa over de gehele invloed diepte gehaald moet worden. De minimale onderzoek diepte is 3,0 x de strookbreedte onder het aanlegniveau. Het aanlegniveau is de onderkant van de funderingsstrook.

Wanneer bij controle de vereiste waarden niet worden bereikt, wordt geadviseerd om grondverbetering toe te passen vanaf een draagkrachtige grondlaag (zoals bovenstaand omschreven) of aanvullend geotechnisch onderzoek uit te voeren met een diepere elektrische sondering. Indien er veen, klei of leem lagen aanwezig zijn dienen deze volledig te worden verwijderd en dient er grondverbetering toegepast te worden.

Er is gerekend met het aanvullen van zand vanaf de aanlegdiepte tot de bovenkant van de strook, wat de draagkracht behoorlijk verhoogt. Zie onderstaand principe detail.



6.2 Richtlijnen eventuele grondverbetering:

Er dient te worden nagegaan of de grondwerkzaamheden met een minimaal aanvaardbaar risico voor nabijgelegen bebouwing en infrastructuur kan worden uitgevoerd. Bij een belending dient de funderingswijze en bouwkundige staat onderzocht te worden. Bij negatieve effecten kan het nodig zijn om de uitvoeringswijze of de funderingswijze aan te passen. Zo nodig kan de omgeving voor wat betreft deformaties en trillingen worden gemonitord.

- Het grondwerk dient in den droge te geschieden;
- Grondwaterstand min. 0,5 m onder het ontgravingsniveau;
- Ophogen in lagen van ca. 25 cm, afhankelijk van de slagkracht van de trilplaat;
- Elke laag zorgvuldig aftrillen in 4 gangen;
- Te behalen conusweerstand van 5 MPa met een handsondeerapparaat op 30 cm diepte.

6.3 Lijn- en puntlasten op fundering

Funderingsbelasting
Gevolgklasse CC2

Lijnlast 1	categorie	g_k	q_k	L	B	g_k [kN/m]	q_k [kN/m]	ψ_0	ψ_1	ψ_2
uit hellend dak	Sneeuw	2,49	0,56					0,0	0,2	0,0
uit plat dak	H	0,80	1,00	5,20		4,16	5,20	0,0	0,0	0,0
								0,0	0,0	0,0
uit 1e verdieping	A	0,85	2,95	5,20		4,42	15,34	0,4	0,5	0,3
uit begane grondvloer	A	4,60	2,95	5,20		23,92	15,34	0,4	0,5	0,3
uit wanden		4,00		3,00		12,00				
uit fundering + mw		10,00		1,00		10,00				
						54,50	+			
				UGT	q_d	111,4	kN/m			
				BGT	q_k	85,2	kN/m			

Lijnlast 2	categorie	g_k	q_k	L	B	g_k [kN/m]	q_k [kN/m]	ψ_0	ψ_1	ψ_2
uit hellend dak	Sneeuw	2,49	0,56					0,0	0,2	0,0
uit plat dak	H	0,80	1,00	2,60		2,08	2,60	0,0	0,0	0,0
								0,0	0,0	0,0
uit 1e verdieping	A	0,85	2,95	2,60		2,21	7,67	0,4	0,5	0,3
uit begane grondvloer	A	4,60	2,95	2,60		11,96	7,67	0,4	0,5	0,3
uit wanden		4,00		3,00		12,00				
uit fundering + mw		10,00		1,00		10,00				
						38,25	+			
				UGT	q_d	68,9	kN/m			
				BGT	q_k	53,6	kN/m			

Lijnlast 3	categorie	g_k	q_k	L	B	g_k [kN/m]	q_k [kN/m]	ψ_0	ψ_1	ψ_2
uit hellend dak	Sneeuw	2,49	0,56	2,00		4,98	1,12	0,0	0,2	0,0
uit plat dak	H	0,80	1,00	0,50		0,40	0,50	0,0	0,0	0,0
								0,0	0,0	0,0
uit 1e verdieping	A	0,85	2,95	0,50		0,43	1,48	0,4	0,5	0,3
uit begane grondvloer	A	4,60	2,95	0,50		2,30	1,48	0,4	0,5	0,3
uit wanden		4,00		3,00		12,00				
uit fundering + mw		10,00		1,00		10,00				
						30,11	+			
				UGT	q_d	42,4	kN/m			
				BGT	q_k	33,1	kN/m			

6.4 Controle fundering

grond naast de funderin Zand; Schoon; Los
grond onder de funderin Zand; Schoon; Los
grondwater tot o.k. invloetsdiepte fund

Fundering op staal conform NEN-EN 1997-1-1
Verticale draagkracht in ongedraineerde toestand

Invoergegevens grond naast de fundering			
minimale gronddekking naast de fundering	d_i =	0,2	m
droog volumiek grondgewicht naast de funderinç	γ =	17	kN/m^3
nat volumiek grondgewicht naast fundering	γsat =	19	kN/m^3
verticale grondspanning	$\sigma'_{v;zo;d}$ =	3,1	kN/m^3

Invoergegegevens grond onder de fundering					
Karakteristieke waarden		Mat. Factoren		Reken waarden	
φ'k	30,0 °	$\gamma_{\varphi'}$	1,15	φ'd	26,7
γ_k	17,0 kN/m^3	γ_γ	1,10	$\gamma_{j;d}$	15,5
$\gamma_{sat,k}$	19,0 kN/m^3			c'd	0,0
q_c	5,0 MPa				

$$\sigma'_{max;d} = c'_{gem;d} \times N_c \times s_c \times b_c \times i_c + \sigma'_{v;z;d} \times N_q \times s_q \times b_q \times i_q + 0{,}5 \times \gamma'_{gem;d} \times b' \times N_{\gamma'} \times s_{\gamma'} \times b_\gamma \times i_\gamma$$

$\sigma'_{max;d}$ =	Cohesie	+	Dekking	+	Grondgewicht		
$\sigma'_{max;d}$ =	0	+	41	+	88	= 129	kN/m^2

Draagkrachtfactoren	
N_c =	23,3
N_q =	12,7
N_γ =	11,8

Stroken $q_{v;Rd}$ [kN/m]

breedte	gronddekking d [m]			
b'	0,0	0,2	0,4	0,6
0,40	14	30	46	62
0,50	22	42	62	82
0,60	32	56	80	104
0,70	44	72	100	128
0,80	57	89	121	154
0,90	72	108	145	181
1,00	88	129	170	210
1,10	106	151	196	241
1,20	126	175	225	274
1,30	148	201	255	308
1,40	171	229	287	345
1,50	195	258	320	382
1,60	222	288	355	422
1,70	249	321	392	463
1,80	279	354	430	506
1,90	310	390	470	550
2,00	342	427	512	596
2,10	376	465	555	644
2,20	411	505	599	693
2,30	448	547	645	744
2,40	486	590	693	797
2,50	526	634	742	850

Poeren $F_{v;Rd}$ [kN]

breedte	lengte	gronddekking d [m]			
b'	l'	0,0	0,2	0,4	0,6
0,40	0,40	4	13	22	31
0,50	0,50	8	22	36	50
0,60	0,60	14	34	54	75
0,70	0,70	22	49	77	105
0,80	0,80	33	69	105	141
0,90	0,90	46	92	138	183
1,00	1,00	64	120	176	233
1,10	1,10	85	153	221	289
1,20	1,20	110	191	272	354
1,30	1,30	140	235	330	426
1,40	1,40	175	285	396	506
1,50	1,50	215	342	469	596
1,60	1,60	261	405	549	694
1,70	1,70	313	476	639	802
1,80	1,80	371	554	737	919
1,90	1,90	437	640	844	1047
2,00	2,00	509	735	960	1186
2,10	2,10	590	838	1087	1336
2,20	2,20	678	951	1224	1497
2,30	2,30	775	1073	1371	1670
2,40	2,40	880	1205	1530	1855
2,50	2,50	995	1347	1700	2052

l' =	10
b' =	1

Vormfactoren	
S_c =	1,0
S_q =	1,0
S_γ =	1,0

Hellingfactoren o.k. fundering	
b_c =	1,0
b_q =	1,0
b_γ =	1,0

Hellingfactoren belasting	
i_c =	1,0
i_q =	1,0
i_γ =	1,0

Controle stroken

Beton 20 N/mm^2 C20/25
Wapening #8-150 B500B

A_s = 335 mm^2/m

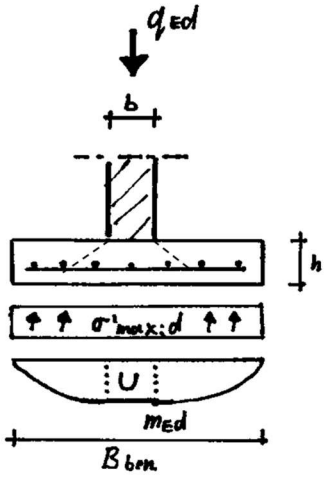
$M_{Rd} = (A_s \times f_{yd} \times z) / 10^6$

= **21,12 kNm**

h = 200 mm dikte strook (excl. eventuele werkvloer)
c_{nom} = 35 mm XC4, gestort op werkvloer
d = 161 mm
z = 145 mm
k = $1+\sqrt{200/d} \leq 2$
= 2,00

$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} \times k \times (100 \times \rho_l \times f_{ck})^{1/3} \times b \times d$

= **57,8 kN**



Stroken berekening

	q_{Ed} [kN/m]	B_{ben} [m]	B_{toe} [m]	q_{Rd} [kN/m]	U.C.	[N/mm^2]	b_{wand} [m]	M_{Ed} [kNm]	M_{Rd} [kNm]	U.C.	V_{Ed} [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]	U.C.
Strook 1	111,4	1,0	1,0	128,9	0,86	111,4	0,30	1,7	21,1	0,08	3,1	57,8	0,05
Strook 2	68,9	0,7	0,8	89,1	0,77	86,1	0,10	1,3	21,1	0,06	2,4	57,8	0,04
Strook 3	42,4	0,6	0,6	56,1	0,76	70,7	0,20	0,4	21,1	0,02	0,0	57,8	0,00