

Opdrachtgever: Eigen Energienet te Geldrop

Betreft: BIPV-panelen als gevelbekleding, bevestigd met clips

Definitief

Behoort bij beschikking van
Burgemeester en Wethouders
van Leiden

Wabo Z/20/1602325



BEGELEIDING
KOSTENMANAGEMENT
KWALITEITSBEWAKING
SCHADEONDERZOEK
TEKENWERK
RENOVATIE

WWW.GEVELRAAD.NL



Gevelraad BV

Kastelenplein 168c
5653 LX Eindhoven
Postbus 7169
5605 JD Eindhoven

+31 (0)40 304 60 03
info@gevelraad.nl
www.gevelraad.nl

KvK Eindhoven nr. 61929573

Colofon

Opdrachtgever : Eigen Energienet

Contactpersoon : Ir. K.S. Schoustra

Projectnummer : GR2018025
Projectnaam : BIPV-panelen clipsysteem
Fasenummer : 01
Fasenaam : Constructief ontwerp

Betreft : Rapportage
Uw kenmerk :

Rapport : GR2018025.R02
Datum : 11-1-2019
Versie : 2
Status : Definitief

Auteur(s) : Klaas Schoustra
06-511 54018
k.schoustra@gevelraad.nl

Projectverantwoordelijke : Klaas Schoustra
06-51154018
k.schoustra@gevelraad.nl

Vrijgegeven door : Ir. Klaas S. Schoustra
Datum : 11-1-2019

Voor akkoord

INHOUDSOPGAVE

- Algemeen
- Berekening BIPV-panelen en clips
- Berekening aluminium draagprofiel
- Voorbeeldberekening bepaling windbelasting
- Conclusies en opmerkingen
- Geldende normen
- Bijlagen

ALGEMEEN

De BIPV-panelen zijn opgebouwd als glas-glas-modules met daartussen folies en PV-cellen. De panelen worden toegepast als gevelbekleding en zijn langs de randen bevestigd met RVS-clips op een aluminium draagprofiel. Het draagprofiel wordt geschroefd op een metalen of houten achterconstructie. Voor het systeem is een Avis Technique (Frans testcertificaat) beschikbaar, met daarin de volledige beschrijving van het gevel systeem (bijlage).

Voor de Nederlandse markt dienen de panelen te voldoen aan het Bouwbesluit 2012 en de daarin aangewezen normen voor de windbelasting NEN EN-1991-1.4-NB en beglazing van gebouwen NEN 2608;2014.

Dit rapport bevat de berekeningen voor de BIPV-panelen, die als gevelbekleding worden toegepast met een clipsysteem, op een aluminium draagprofiel.

BEREKENING BIPV-PANELEN

De beglazing is getoetst op:

- Windbelasting
- Referentieperiode 50 jaar
- Gevolgklasse CC2:
 - o sterkte, $\gamma = 1,5$ (wind) en $1,35$ (eigen gewicht)
 - o doorbuiging, $\gamma = 1,0$

Toetsingscriteria:

- Toelaatbare glasspanning bij windbelasting (berekening in de bijlage):
 - o Ongehard float glas: 23 N/mm^2
 - o Thermisch versterkt (half gehard): 49 N/mm^2
 - o Gehard glas: 84 N/mm^2
- Gebruiksveiligheid voor gelaagd glas:
 - o $U < L/100$; L is de maximale overspanning tussen de bevestigingspunten.

Berekeningsresultaten (zie bijlage voor model berekeningen):

Leverancier	Glasopbouw van buiten naar binnen	Afmetingen 1200x600mm (bxh)			Clips gelijkmatig verdeeld over lange zijden			
		windlast (N/m ²)	Optredende Glasspanning (N/mm ²)	Toelaatbare glasspanning (N/mm ²)	Optredende doorbuiging (mm)	Toelaatbare doorbuiging (mm)	Trekkracht op clip (N)	Aantal clips
Heliartec	4mm gehard - 1mm PVB - 4mm gehard	2000	10	84	0,9	6	150	16
		1500	9	84	0,8	6	145	12
		1000	9	84	0,6	6	145	8
Heliartec	5mm gehard - 1mm PVB - 5mm gehard	2000	7	84	0,6	6	150	16
		1500	6	84	0,5	6	145	12
		1000	6	84	0,4	6	145	8
Nice Solar	3mm gehard - 1mm PVB - 3mm ongehard	2000	16	23	1,8	6	150	16
		1500	15	23	1,5	6	145	12
		1000	15	23	1,2	6	145	8
Eterbright	4mm gehard - 0,5mm EVA - 1,8mm ongehard - 0,5mm EVA - 4mm ongehard	2000	15	23	3,6	6	150	16
		1500	14	23	3,0	6	145	12
		1000	14	23	2,4	6	145	8
* windlast is de karakteristieke belasting $Q_w; k = C_{tp}; \text{net} \times q_p$								
* maximale windbelasting op clip $F_t; R_d = 150 \text{ N}$								
* maximaal gewicht op clip $G; R_d = 120 \text{ N}$								
* vetgedrukt is maatgevend criterium								

Leverancier	Glasopbouw	Afmetingen 600x1200 (bxh)		Clips gelijkmatig verdeeld over korte zijden				
	van buiten naar binnen	windlast (N/m ²)	Optredende Glasspanning (N/mm ²)	Toelaatbare glasspanning (N/mm ²)	Optredende doorbuiging (mm)	Toelaatbare doorbuiging (mm)	Trekkracht op clip (N)	Aantal clips
Heliartec	4mm gehard - 1mm PVB - 4mm gehard	1000	18	84	5	12	145	8
		750	15	84	4	12	145	6
Heliartec	5mm gehard - 1mm PVB - 5mm gehard	1000	11	84	3	12	145	8
		750	8	84	2	12	145	6
Nice Solar	3mm gehard - 1mm PVB - 3mm ongehard	550	23	23	6	12	80	8
		450	22	23	5	12	85	6
Eterbright	4mm gehard - 0,5mm EVA - 1,8mm ongehard - 0,5mm EVA - 4mm ongehard	550	22	23	12	12	85	8
		500	22	23	12	12	100	6
* windlast is de karakteristieke belasting $Q_w; k = C_{tp}; net \times q_p$								
* maximale windbelasting op clip $F_t; R_d = 150N$								
* maximaal gewicht op clip $G; R_d = 120N$								
* vetgedrukt is maatgevend criterium								

Interpolatie voor het bepalen van het aantal clips bij een andere windbelasting dan in de tabel, is toegestaan.

BEREKENING ALUMINIUM DRAAGPROFIEL

- Aluminium EN-AW 6060-T5 (bijlage):
 - o Profieltipe (zie bijlage)
 - o Maximale buigspanning $f_o = 120 \text{ N/mm}^2$ en treksterkte $f_u = 160 \text{ N/mm}^2$; $\gamma_m = 1,1$
 - o E-modulus = 70.000 N/mm^2
 - o $I_{xx} = 10,50 \text{ cm}^4$
 - o $W_{xx} = 3,22 \text{ cm}^3$
 - o $I_{yy} = 5,13 \text{ cm}^4$
 - o $W_{yy} = 2,85 \text{ cm}^3$
- De gebruiksveiligheid van de regels dient te voldoen aan een maximale doorbuiging van:
 - o $u_{\text{max}} = L / 200 \text{ mm}$ horizontaal
 - o $u_{\text{max}} = 3 \text{ mm}$ verticaal

1-velds ligger	Paneelhoogte 600 mm					
Windlast Q_w/k	maximale overspanning	$u_{\text{optredend}}$	$u_{\text{toelaatbaar}}$	$S_p_{\text{optredend}}$	$S_p_{\text{toelaatbaar}}$	Trekkracht schroef
N/m ²	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²	Ft (N)
2000	1050	5,3	5,3	87	109	945
1500	1150	5,7	5,8	78	109	776
1000	1300	6,2	6,5	67	109	585
500	1650	8,1	8,3	54	109	371
* Ft;Rd houtschroef 6x50 mm = 1290 N (1 schroef op uiteinden profiel toepassen)						
* verticale doorbuiging bij 5.5.2 paneel met profieloverspanning 1650 mm				2,0	toelaatbaar 3 mm	
meer-velds ligger	Paneelhoogte 600 mm					
Windlast Q_w/k	maximale overspanning	$u_{\text{optredend}}$	$u_{\text{toelaatbaar}}$	$S_p_{\text{optredend}}$	$S_p_{\text{toelaatbaar}}$	Trekkracht schroef
N/m ²	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²	Ft (N)
2000	1150	3,2	5,8	104	109	2070
1500	1350	4,5	6,8	108	109	1823
1000	1650	6,7	8,3	107	109	1485
500	2200	10,6	11,0	96	109	990
* Ft;Rd houtschroef 6x50 mm = 1290 N (2 schroeven voor tussensteunpunten toepassen en 1 schroef op uiteinden profiel)						
* verticale doorbuiging bij 5.5.2 paneel met profieloverspanning 2200 mm				2,6	toelaatbaar 3 mm	
1-velds ligger	Paneelhoogte 1200 mm					
Windlast Q_w/k	maximale overspanning	$u_{\text{optredend}}$	$u_{\text{toelaatbaar}}$	$S_p_{\text{optredend}}$	$S_p_{\text{toelaatbaar}}$	Trekkracht schroef
N/m ²	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²	Ft (N)
2000	800	3,6	4,0	101	109	720
1500	900	4,3	4,5	96	109	608
1000	1050	5,3	5,3	87	109	473
500	1300	6,2	6,5	67	109	293
* Ft;Rd houtschroef 6x50 mm = 1290 N (1 schroef op uiteinden profiel toepassen)						
* verticale doorbuiging bij 5.5.2 paneel met profieloverspanning 1300 mm				1,5	toelaatbaar 3 mm	
meer-velds ligger	Paneelhoogte 1200 mm					
Windlast Q_w/k	maximale overspanning	$u_{\text{optredend}}$	$u_{\text{toelaatbaar}}$	$S_p_{\text{optredend}}$	$S_p_{\text{toelaatbaar}}$	Trekkracht schroef
N/m ²	mm	mm	mm	N/mm ²	N/mm ²	Ft (N)
2000	800	1,5	4,0	101	109	1440
1500	950	2,2	4,8	107	109	1283
1000	1150	3,2	5,8	104	109	1035
500	1600	5,9	8,0	101	109	720
* Ft;Rd houtschroef 6x50 mm = 1290 N (2 schroeven voor tussensteunpunten toepassen en 1 schroef op uiteinden profiel)						
* verticale doorbuiging bij 5.5.2 paneel met profieloverspanning 1600 mm				1,4	toelaatbaar 3 mm	

VOORBEELDBEREKENING WINDBELASTING

Voorbeeld windzuiging gevelpaneel op de hoekzone van een gebouw (zone A):

- $q_p = 1,0 \text{ kN/m}^2$ voor gebouwhoogte $h=16 \text{ m}$ (onbebouwd in windgebied II; tabel NB 5)
- $C_{p;\text{net}} = C_{p;e} \times C_{e;q} - C_{p;i}$
- $C_{p;e} = 1,4$
- $C_{e;q} = 0,5$
- $C_{p;i} = 0$
- $C_{p;\text{net}} = 1,4 \times 0,5 - 0 = 0,7$
- $Q_{w;k} = q_p \times C_{p;\text{net}}$
- $Q_{w;k} = 1,0 \times 0,7 = 0,7 \text{ kN/m}^2$
- $Q_{w;d} = \gamma \times Q_{w;k}$
- $Q_{w;d} = 1,5 \times 0,7 = 1,1 \text{ kN/m}^2$

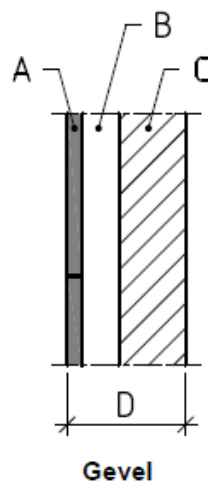
De optredende windbelasting dient door de verantwoordelijk projectconstructeur te worden getoetst aan de toelaatbare windbelasting van het BIPV-paneel.

Windvormfactoren volgens NEN 7250.

3.11

montagewijze 1

montagewijze waarbij het zonne-energiesysteem als een bouwkundig geïntegreerd onderdeel van de uitwendige scheidingsconstructie wordt gemonteerd en samen met de onderliggende constructie voor de waterdichtheid van de uitwendige scheidingsconstructie zorgt, waarbij de zonne-elementen vlak of schubsgewijs kunnen worden gemonteerd, zie figuur 1



Legenda

- A zonne-element
- B luchtspouw
- C onderliggende constructie
- D uitwendige scheidingsconstructie

6.2.2.4 Drukvereffeningsfactor c_{eq} , montagewijze 1, gevel

Voor zonne-energiesystemen volgens montagewijze 1 waarbij het zonne-element is geïntegreerd in de gevel en die voldoen aan de volgende voorwaarden:

- a) de hellingshoek van de gevel voldoet aan $75^\circ < \alpha \leq 90^\circ$;
- b) de permeabiliteit van het vlak waarin de zonne-elementen zijn aangebracht, is groter dan 10^{-3} volgens bijlage NB.A van NEN-EN 1991-1-4/NB, waarbij de onderliggende constructie een permeabiliteit heeft die minimaal een factor 3 kleiner is dan die van het vlak waarin de zonne-elementen zijn aangebracht;
- c) de afstand tussen de zonne-elementen onderling in het vlak van de zonne-elementen is minder dan 20 mm,
- d) de afstand d , loodrecht op de gevel, tussen het zonne-element en de onderliggende constructie is kleiner dan 200 mm, zie figuur 7;
- e) de zonne-elementen zijn zo opgesteld dat geen luchtinstroming van opzij of van boven kan optreden, zie figuur 8;

geldt:

In zone A:

$c_{eq} = 0,50$ bij een belasting van de gevel af gericht;

$c_{eq} = 0,67$ bij een belasting naar de gevel toe gericht.

In zone B, C, D en E:

$c_{eq} = 0,33$ bij een belasting van de gevel af gericht;

$c_{eq} = 0,67$ bij een belasting naar de gevel toe gericht.

Als alleen aan voorwaarde a, b, c en e wordt voldaan, dan geldt:

In zone A:

$c_{eq} = 1,3$ bij een belasting van de gevel af gericht;

$c_{eq} = 1,3$ bij een belasting naar de gevel toe gericht.

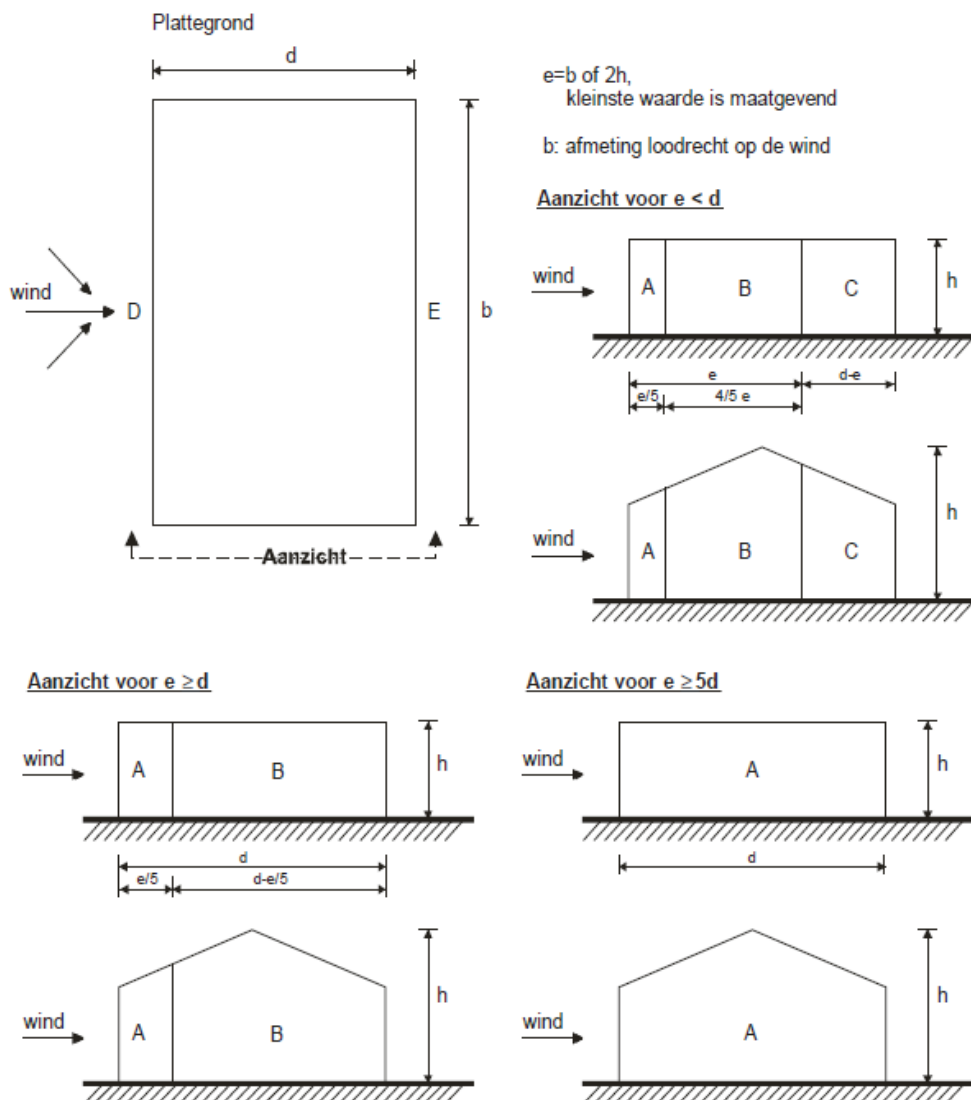
In zone B, C, D en E:

$c_{eq} = 1,0$ bij een belasting van de gevel af gericht;

$c_{eq} = 1,0$ bij een belasting naar de gevel toe gericht.

waarbij:

zone is de belastingszone bij gevels volgens 7.2.2 van NEN-EN 1991-1-4.



Tabel NB.6 – 7.1 — Uitwendige drukcoëfficiënten voor verticale gevels van gebouwen met rechthoekige plattegrond

Zone	A		B		C		D		E	
h/d	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
≤ 1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	

Tabel NB.5 — Extreme stuwdruk in kN/m² als functie van de hoogte

Hoogte m	Gebied I			Gebied II			Gebied III	
	kust	onbebouwd	bebouwd	kust	onbebouwd	bebouwd	onbebouwd	bebouwd
1	0,93	0,71	0,69	0,78	0,60	0,58	0,49	0,48
2	1,11	0,71	0,69	0,93	0,60	0,58	0,49	0,48
3	1,22	0,71	0,69	1,02	0,60	0,58	0,49	0,48
4	1,30	0,71	0,69	1,09	0,60	0,58	0,49	0,48
5	1,37	0,78	0,69	1,14	0,66	0,58	0,54	0,48
6	1,42	0,84	0,69	1,19	0,71	0,58	0,58	0,48
7	1,47	0,89	0,69	1,23	0,75	0,58	0,62	0,48
8	1,51	0,94	0,73	1,26	0,79	0,62	0,65	0,51
9	1,55	0,98	0,77	1,29	0,82	0,65	0,68	0,53
10	1,58	1,02	0,81	1,32	0,85	0,68	0,70	0,56
15	1,71	1,16	0,96	1,43	0,98	0,80	0,80	0,66
20	1,80	1,27	1,07	1,51	1,07	0,90	0,88	0,74
25	1,88	1,36	1,16	1,57	1,14	0,97	0,94	0,80
30	1,94	1,43	1,23	1,63	1,20	1,03	0,99	0,85
35	2,00	1,50	1,30	1,67	1,25	1,09	1,03	0,89
40	2,04	1,55	1,35	1,71	1,30	1,13	1,07	0,93

Windbelasting volgens NEN-EN-1991-1.4-NB

CONCLUSIES EN OPMERKINGEN

De berekende BIPV-panelen, het clipsysteem en het draagprofiel voldoen aan de eisen gesteld in het Bouwbesluit 2012.

Berekening van de onderconstructie maakt geen deel uit van dit rapport.

GELDENDE NORMEN

- Bouwbesluit 2012
- NEN-EN 1990 – Eurocode – Grondslagen van het constructief ontwerp
- NEN-EN 1991 – Eurocode 1 - Deel 1.4 – Windbelasting
- NEN-EN 1999 – Eurocode – Aluminium constructies
- NEN 2608;2014: Vlakglas voor gebouwen – Eisen en bepalingsmethode
- NEN 7250;2014 – Zonne-energiesystemen – Integratie in daken en gevels

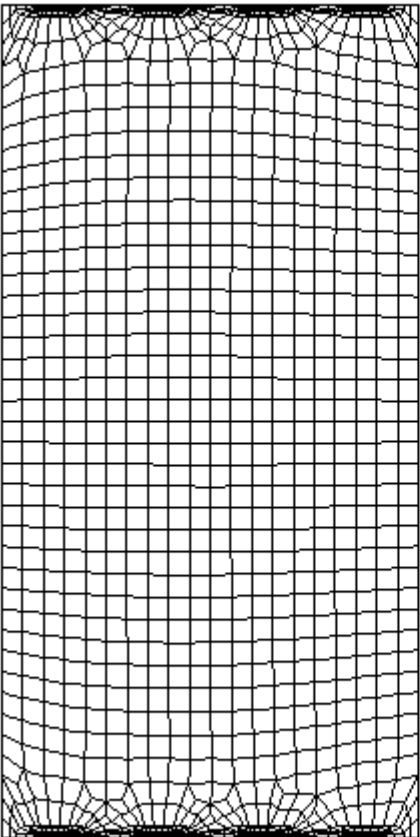
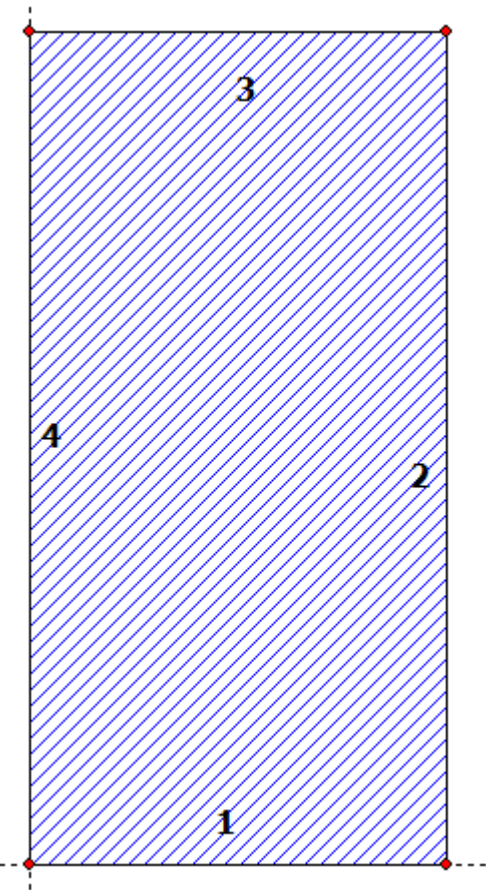
BIJLAGEN

- Avis Technique 2/09-1362 (Engelstalig)
- Toelaatbare glasspanning
- Berekende glasspanningen (2 stuks)
- Aluminium profiel T8

REKENWAARDE BUIGTREKSTERKTE GLAS volgens NEN 2608;2014						
ARSYCON GLAS EN GEVELADVIES						
Software versie 10-9-2018						
Niet voorgespannen glas	f _{gk}	k _{sp}	k _{sp} -draadglas			N/mm2
	45	1,00	0,78			
Voorgespannen glas	f _{bk}	k _{sp}	f _{bk} -k _{sp} x f _{gk}			N/mm2
half gehard (versterkt)	70	1,00	25			
gehard (voorgespannen)	120	1,00	75			
geëmailleerd half gehard	45	0,78	10			
geëmailleerd gehard	75	0,78	40			
gegoten figuurglas half gehard	55	0,80	19			
gegoten figuurglas gehard	90	0,80	54			
Modificatiefactoren				Gekozen waarde		
Randkwaliteit k _{re}	loodrecht belast	zijkant belast	zijkant onbelast			belasting op vlak of op zijkant (geslepen rand)
	ongehard	0,80	1,00	k _{re}	0,80	ongehard
	half gehard	1,00	1,00	k _{re}	1,00	half gehard
	gehard	1,00	1,00	k _{re}	1,00	gehard
Type belasting k _a	lineair	niet lineair				oppervlak onder puntlast = belastingoppervlak
belastingoppervlak (mm2)	nvt	10.000				k _a NL = 1,664*(Abelast)^(1/25)
k _a	1,0	1,14		k _a	1,00	
Belastingduur k _{mod}	sec		belasting	bouwdeel	sec	5
5 sec	5		wind	alle		
10 sec	10		doorval	woningen zone b		
1 minuut	60		doorval	woningen zone a		
5 minuten	300		doorval	niet woningen		
1 uur	3.600		doorval	daken en vloeren		
24 uur	86.400		doorval	woningenj		
48 uur	172.800		gebruikslast	daken		
1 week	604.800		doorval	niet woningen		
4 weken	2.419.200		sneeuw	alle		
50 jaar	1.576.713.600		eigen gewicht	alle, vloeren		
corrosieconstante c	randzone	16			c	16
	middenzone					
	spouwzijde	27				
	gelaagd					
	foliezijde	18				
	overige	16			k _{mod}	1,00
						k _{mod} = (5/sec)^(1/c)
Zone k _z	midden plaat	rand	op hoek	rondom gat		
ongehard	nvt	nvt	nvt	nvt		hoek = ongehard glas (r = 3,41 x t; pl)
half gehard	1,00	1,00	0	1,00	k _z	1,00
gehard	1,00	0,90	0	0,90	k _z	0,90
						rand = 1,5*t;n (halfgehard)
						rand = 1,0*t;n (gehard)
Materiaalfactor Y _m	windbelasting	overige				
Y _m ;A	1,6	1,8			Y _m ;A	1,6
Y _m ;V	1,2	1,2			Y _m ;V	1,2
						ongehard glas
						(half)gehard glas
Rekenwaarde buigsterkte glas (N/mm2)	ongehard				f _{mt;u;d}	22,5
						ongehard float glas
	$f_{mt;u;d} = \frac{k_a \times k_e \times k_{mod} \times k_{sp} \times f_{g;k}}{\gamma_{m;A}}$				f _{mt;u;d}	49,0
					f _{mt;u;d}	84,4
	(half)gehard				f _{mt;u;d}	30,2
					f _{mt;u;d}	51,9
	$f_{mt;u;d} = \frac{k_e \times k_a \times k_{mod} \times k_{sp} \times f_{g;k}}{\gamma_{m;A}} + \frac{k_e \times k_z \times (f_{b;k} - k_{sp} \times f_{g;k})}{\gamma_{m;V}}$				f _{mt;u;d}	38,3
					f _{mt;u;d}	63,0
					f _{mt;u;d}	17,6
						spiegeldraadglas ongehard

Toelaatbare glasspanning bij windbelasting (belastingduur 5 seconden).

SJ MEPLA Berekeningsprotocol:



Geometrie:

Rand		Randpunt	Middelpunt	boog	Draairichting
	mm	mm	mm	mm	+/-
1	0.00	0.00			
2	600.00	0.00			

3	600.00	1200.00
4	0.00	1200.00

Ondersteuning:**Veerondersteuning:**

Pakket	Laag	x mm	y mm	z mm	C_x N/mm	C_y N/mm	C_z N/mm	C_φ Nmm	C_θ Nmm
1	1	0.0	0.0	0.0	1.000e+000	1.000e+000	0.000e+000	0.00e+000	0.00e+000
1	1	600.0	0.0	0.0	0.000e+000	1.000e+000	0.000e+000	0.00e+000	0.00e+000

Glashouder:

Positie van de glashouders:

----- Positie -----				----- Veerstijfheid bij het nulpunt van de glashouder -----					
Referentie	x mm	y mm	z mm	C_x N/mm	C_y N/mm	C_z N/mm	C_φ Nmm/rad	C_θ Nmm/rad	
1	525.00	1200.00	-10.00	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+008	1.000e+008	
1	375.00	1200.00	-10.00	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+008	1.000e+008	
1	225.00	1200.00	-10.00	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+008	1.000e+008	
1	75.00	1200.00	-10.00	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+008	1.000e+008	
1	525.00	0.00	-10.00	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+008	1.000e+008	
1	375.00	0.00	-10.00	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+008	1.000e+008	
1	225.00	0.00	-10.00	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+008	1.000e+008	
1	75.00	0.00	-10.00	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+008	1.000e+008	

Type glashouder:

Referentie	Type	Breedte Schijf mm	Diepte Schijf mm	E-mod. Schijf N/mm ²	E-mod. Rand N/mm ²	Dikte Schijf mm	Dikte Rand mm
1	4	60.00	10.00	60.00	500.00	3.00	2.00

De glashouders van type 3, 4 en 7 zijn torsiestijf om de z-as ingeklemd.

Referentie glashouder:

Referentie	Producent/Naam
1	Rechthoekige glashouder (rand)

Instellingen contact:

Zonder vereenvoudigd contactmodel tussen huls/randbescherming en glas

Zonder vereenvoudigd contactmodel van de contactlaag schijf-glas

Lagen:**Laagopbouw:**

Pakket	Laag	Beschrijving
1	3	Glas, thermisch voorgespannen
1	2	PVB 5 sec 17C
1	1	Glas, thermisch voorgespannen

Karakteristieke waarden:

Pakket	Laag	E-mod. N/mm ²	ν	Dikte mm	Dichtheid kg/m ³	α_t 1/K	ΔT K
1	3	70000.00	0.23	3.80	2550.00	1.0000e-005	0.00
1	2	41.31	0.50	1.00	1070.00	8.0000e-005	0.00
1	1	70000.00	0.23	3.80	2550.00	1.0000e-005	0.00

Belastingen:**Constante en lineair stijgende vlakbelastingen: zie belastingsgeval****Eigengewicht:**

Hellingshoek van de plaat: 90.00° Grad

Richtingsvector van de gravitatiekracht [9.81 m/s²]:

Vx	Vy	Vz
0.00000	-1.00000	0.00000

Berekeningsmethode:

geometrisch lineair
 statische berekening

Eigenschappen van de eindige elementen mesh::

Elementgrootte : 30.0 mm
 Aantal elementen : 2808

Aantal knooppunten : 7885 (per pakket)
 Aantal van onbekend : 70933

Belastingcombinatie: 1 (windzuiging)

Coefficienten / veiligheidsfactoren:

-- Klimaat ---

Eigen gewicht	Wind	Sneeuw	Lijn	Punt	$\Delta p, \Delta T$	ΔH	Afschuiving
1.20	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

Belastingcombinatie:

	Wind N/mm ²	Sneeuw N/mm ²	Klimaat
buiten	0.00100	0.00000	geen klimaatbelasting
binnen	0.00000		

Resulterende vlakbelasting t.g.v. wind en sneeuw:

	N/mm ²	
buiten	0.00150	N/mm ² = 0.00100 * 1.50 + 0.00000 * 0.00
binnen	0.00000	N/mm ² = 0.00000 * 1.50

Bijkomende begrensde vlakbelasting (lineair verdeeld, buiten) - hier niet geselecteerd!

Berekeningsresultaat:

Minimale en maximale vervorming w:

Pakket	- Positie -		Vervorming
	x	y	
	mm	mm	
1	375.00	1200.00	-0.06 (min)
	600.00	600.00	7.55 (max)

Maximale hoofdtrekspanning:

Pakket	Laag	x	y	σ	σ (max)
		mm	mm	N/mm ²	N/mm ²

1	3	(boven)	573.40	603.39	15.56	15.56
		(onder)	535.54	1182.54	3.86	
1	1	(boven)	551.02	1199.63	9.75	17.88
		(onder)	530.23	1191.33	17.88	

Veerkrachten en vervormingen bij het nulpunt van de houder:

u	v	w	φ	θ	Fx	Fy	Fz	M_φ	M_θ
mm	mm	mm	rad	rad	N	N	N	Nmm	Nmm
(x: 525.00 y: 1200.00)									
0.00	-0.00	0.01	-5.022e-006	1.228e-004	0.00	-37.06	146.35	-502.24	12281.45
(x: 375.00 y: 1200.00)									
0.00	-0.00	0.01	-3.785e-007	1.197e-004	0.00	-36.67	123.66	-37.85	11972.23
(x: 225.00 y: 1200.00)									
0.00	-0.00	0.01	3.790e-007	1.197e-004	0.00	-36.67	123.66	37.90	11972.36
(x: 75.00 y: 1200.00)									
0.00	-0.00	0.01	5.023e-006	1.228e-004	0.00	-37.06	146.35	502.32	12281.70
(x: 525.00 y: 0.00)									
0.00	-0.00	0.01	-5.024e-006	-1.290e-004	0.00	-6.28	146.34	-502.43	-12897.55
(x: 375.00 y: 0.00)									
0.00	-0.00	0.01	-3.785e-007	-1.259e-004	0.00	-6.69	123.65	-37.85	-12588.53
(x: 225.00 y: 0.00)									
0.00	-0.00	0.01	3.789e-007	-1.259e-004	0.00	-6.69	123.65	37.89	-12588.66
(x: 75.00 y: 0.00)									
0.00	-0.00	0.01	5.024e-006	-1.290e-004	0.00	-6.28	146.34	502.44	-12897.72

Veren:

Pakket	Laag	u	v	w	φ	θ	Fx	Fy	Fz	M_φ	M_θ
(x / y)		mm	mm	mm	rad	rad	N	N	N	Nmm	Nmm
(0.00 / 0.00)											
1	1	-0.00	0.04	-0.02	0.0007	-0.0175	-0.00	0.04	-0.00	0.00	-0.00
(600.00 / 0.00)											
1	1	0.00	0.04	-0.02	-0.0007	-0.0175	0.00	0.04	-0.00	-0.00	-0.00

Belastingcombinatie: 2 (doorbuiging wind)**Coefficienten / veiligheidsfactoren:**

-- Klimaat ---

Eigen gewicht	Wind	Sneeuw	Lijn	Punt	$\Delta p, \Delta T$	ΔH	Afschuiving
1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

Belastingcombinatie:

	Wind	Sneeuw	Klimaat
	N/mm ²	N/mm ²	
buiten	0.00100	0.00000	geen klimaatbelasting
binnen	0.00000		

Resulterende vlakbelasting t.g.v. wind en sneeuw:

	N/mm ²	
buiten	0.00100 N/mm ² = 0.00100 * 1.00 + 0.00000 * 0.00	
binnen	0.00000 N/mm ² = 0.00000 * 1.00	

Bijkomende begrensde vlakbelasting (lineair verdeeld, buiten) - hier niet geselecteerd!

Berekeningsresultaat:**Minimale en maximale vervorming w:**

	- Positie -		Vervorming
Pakket	x	y	w
	mm	mm	mm
1	375.00	1200.00	-0.04 (min)
	600.00	600.00	5.03 (max)

Maximale hoofdtrekspanning:

Pakket	Laag		x	y	σ	σ (max)
			mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	3	(boven)	573.40	603.39	10.37	10.37
		(onder)	535.54	1182.54	2.58	
1	1	(boven)	551.02	1199.63	6.51	11.93
		(onder)	530.23	1191.33	11.93	

Veerkrachten en vervormingen bij het nulpunt van de houder:

u	v	w	φ	θ	Fx	Fy	Fz	M _φ	M _θ
mm	mm	mm	rad	rad	N	N	N	Nmm	Nmm

```

(x: 525.00 y: 1200.00)
  0.00  -0.00   0.01 -3.348e-006  8.136e-005      0.00   -28.32    97.57   -334.81    8136.32
(x: 375.00 y: 1200.00)
  0.00  -0.00   0.01 -2.524e-007  7.930e-005      0.00   -28.06    82.44   -25.24    7930.15
(x: 225.00 y: 1200.00)
  0.00  -0.00   0.01  2.527e-007  7.930e-005      0.00   -28.06    82.44    25.27    7930.24
(x:  75.00 y: 1200.00)
  0.00  -0.00   0.01  3.349e-006  8.136e-005      0.00   -28.32    97.56    334.86    8136.49
(x: 525.00 y:   0.00)
  0.00  -0.00   0.01 -3.350e-006 -8.650e-005      0.00    -7.80    97.56   -334.97   -8649.68
(x: 375.00 y:   0.00)
  0.00  -0.00   0.01 -2.523e-007 -8.444e-005      0.00    -8.07    82.43   -25.23   -8443.69
(x: 225.00 y:   0.00)
  0.00  -0.00   0.01  2.526e-007 -8.444e-005      0.00    -8.07    82.43    25.26   -8443.77
(x:  75.00 y:   0.00)
  0.00  -0.00   0.01  3.350e-006 -8.650e-005      0.00    -7.80    97.56    334.97   -8649.79

```

Veren:

Pakket	Laag	u	v	w	φ	θ	Fx	Fy	Fz	M_φ	M_θ
(x / y)		mm	mm	mm	rad	rad	N	N	N	Nmm	Nmm
(0.00 / 0.00)											
1 1		-0.00	0.02	-0.01	0.0005	-0.0117	-0.00	0.02	-0.00	0.00	-0.00
(600.00 / 0.00)											
1 1		0.00	0.02	-0.01	-0.0005	-0.0117	0.00	0.02	-0.00	-0.00	-0.00

Resulterende belasting:**Maximale hoofdtrekspanning:**

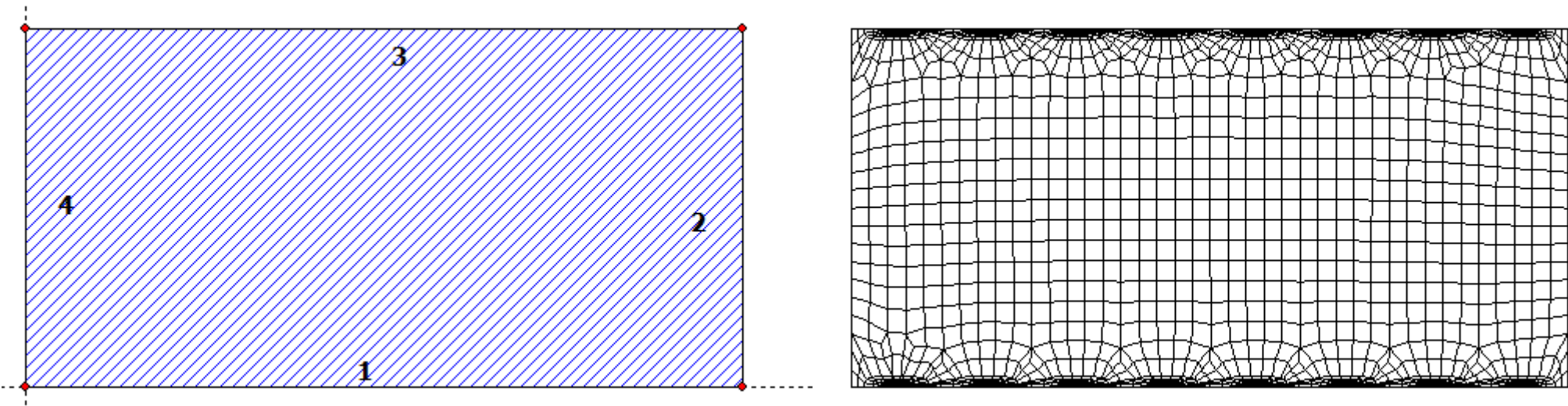
Pakket	Laag	σ	Belastingcombinatie
		N/mm ²	
1	3	(boven)	15.56 1
		(onder)	3.86 1
1	1	(boven)	9.75 1
		(onder)	17.88 1

Minimale en maximale vervorming w:

Pakket	Vervorming	Belastingcombinatie
--------	------------	---------------------

	mm	
1	7.55 (max)	1
1	-0.06 (min)	1

SJ MEPLA Berekeningsprotocol:



Geometrie:

Rand	Randpunt		Middelpunt boog		Draairichting
	mm	mm	mm	mm	
1	0.00	0.00			
2	1200.00	0.00			
3	1200.00	600.00			
4	0.00	600.00			

Ondersteuning:

Veerondersteuning:

Pakket	Laag	x	y	z	C_x	C_y	C_z	C_φ	C_θ
		mm	mm	mm	N/mm	N/mm	N/mm	Nmm	Nmm
1	1	0.0	0.0	0.0	1.000e+000	1.000e+000	0.000e+000	0.00e+000	0.00e+000
1	1	1200.0	0.0	0.0	0.000e+000	1.000e+000	0.000e+000	0.00e+000	0.00e+000

Glashouder:

Positie van de glashouders:

----- Positie -----			----- Veerstijfheid bij het nulpunt van de glashouder -----					
Referentie	x	y	z	C_x	C_y	C_z	C_φ	C_θ
	mm	mm	mm	N/mm	N/mm	N/mm	Nmm/rad	Nmm/rad
1	1125.00	600.00	-10.00	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+008	1.000e+008
1	975.00	600.00	-10.00	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+008	1.000e+008
1	825.00	600.00	-10.00	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+008	1.000e+008
1	675.00	600.00	-10.00	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+008	1.000e+008
1	525.00	600.00	-10.00	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+008	1.000e+008
1	375.00	600.00	-10.00	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+008	1.000e+008
1	225.00	600.00	-10.00	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+008	1.000e+008
1	75.00	600.00	-10.00	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+008	1.000e+008
1	1125.00	0.00	-10.00	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+008	1.000e+008
1	975.00	0.00	-10.00	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+008	1.000e+008
1	825.00	0.00	-10.00	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+008	1.000e+008
1	675.00	0.00	-10.00	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+008	1.000e+008
1	525.00	0.00	-10.00	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+008	1.000e+008
1	375.00	0.00	-10.00	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+008	1.000e+008
1	225.00	0.00	-10.00	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+008	1.000e+008
1	75.00	0.00	-10.00	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+004	1.000e+008	1.000e+008

Type glashouder:

Referentie	Type	Breedte Schijf	Diepte Schijf	E-mod. Schijf	E-mod. Rand	Dikte Schijf	Dikte Rand
		mm	mm	N/mm ²	N/mm ²	mm	mm
1	4	60.00	10.00	60.00	500.00	3.00	2.00

De glashouders van type 3, 4 en 7 zijn torsiestijf om de z-as ingeklemd.

Referentie glashouder:

Referentie	Producent/Naam
1	Rechthoekige glashouder (rand)

Instellingen contact:

Zonder vereenvoudigd contactmodel tussen huls/randbescherming en glas
 Zonder vereenvoudigd contactmodel van de contactlaag schijf-glas

Lagen:**Laagopbouw:**

Pakket	Laag	Beschrijving
1	3	Glas, thermisch voorgespannen
1	2	PVB 5 sec 17C
1	1	Vlakglas

Karakteristieke waarden:

Pakket	Laag	E-mod. N/mm ²	ν	Dikte mm	Dichtheid kg/m ³	α_t 1/K	ΔT K
1	3	70000.00	0.23	2.80	2550.00	1.0000e-005	0.00
1	2	41.31	0.50	1.00	1070.00	8.0000e-005	0.00
1	1	70000.00	0.23	2.80	2550.00	1.0000e-005	0.00

Belastingen:

Constante en lineair stijgende vlakbelastingen: zie belastingsgeval

Eigengewicht:

Hellingshoek van de plaat: 90.00° Grad

Richtingsvector van de gravitatiekracht [9.81 m/s²]:

V_x	V_y	V_z
0.00000	-1.00000	0.00000

Berekeningsmethode:

geometrisch lineair
statische berekening

Eigenschappen van de eindige elementen mesh::

Elementgrootte	: 30.0 mm
Aantal elementen	: 5141
Aantal knooppunten	: 13077 (per pakket)
Aantal van onbekend	: 117629

Belastingcombinatie: 1 (windzuiging)**Coefficienten / veiligheidsfactoren:**

-- Klimaat ---							
Eigen gewicht	Wind	Sneeuw	Lijn	Punt	$\Delta p, \Delta T$	ΔH	Afschuiving
1.20	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

Belastingcombinatie:

	Wind	Sneeuw	Klimaat
	N/mm ²	N/mm ²	
buiten	0.00200	0.00000	geen klimaatbelasting
binnen	0.00000		

Resulterende vlakbelasting t.g.v. wind en sneeuw:

	N/mm ²	
buiten	0.00300	N/mm ² = 0.00200 * 1.50 + 0.00000 * 0.00
binnen	0.00000	N/mm ² = 0.00000 * 1.50

Bijkomende begrensde vlakbelasting (lineair verdeeld, buiten) - hier niet geselecteerd!

Berekeningsresultaat:**Minimale en maximale vervorming w:**

- Positie -		Vervorming
Pakket		
	x	y
	mm	mm
1	73.69	0.00
	1200.00	300.00
		w
		mm
		-0.04 (min)
		2.74 (max)

Maximale hoofdtrekspanning:

Pakket	Laag		x	y	σ	σ (max)
			mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	3	(boven)	33.48	298.20	15.21	15.21
		(onder)	61.45	591.49	9.09	
1	1	(boven)	1151.02	599.63	5.15	16.53

(onder) 65.01 591.38 16.53

Veerkrachten en vervormingen bij het nulpunt van de houder:

u	v	w	φ	θ	F _x	F _y	F _z	M _{φ}	M _{θ}
mm	mm	mm	rad	rad	N	N	N	Nmm	Nmm
(x: 1125.00 y: 600.00)									
0.00	-0.00	0.01	-6.940e-006	5.324e-005	0.00	-14.20	149.69	-694.03	5323.53
(x: 975.00 y: 600.00)									
0.00	-0.00	0.01	2.066e-007	4.929e-005	0.00	-13.80	127.79	20.66	4929.11
(x: 825.00 y: 600.00)									
0.00	-0.00	0.01	2.442e-007	4.846e-005	0.00	-13.74	130.37	24.42	4845.80
(x: 675.00 y: 600.00)									
0.00	-0.00	0.01	7.905e-008	4.835e-005	0.00	-13.74	132.15	7.90	4834.79
(x: 525.00 y: 600.00)									
0.00	-0.00	0.01	-7.684e-008	4.835e-005	0.00	-13.74	132.15	-7.68	4834.79
(x: 375.00 y: 600.00)									
0.00	-0.00	0.01	-2.422e-007	4.846e-005	0.00	-13.74	130.37	-24.22	4845.79
(x: 225.00 y: 600.00)									
0.00	-0.00	0.01	-2.048e-007	4.929e-005	0.00	-13.80	127.79	-20.48	4929.20
(x: 75.00 y: 600.00)									
0.00	-0.00	0.01	6.943e-006	5.324e-005	0.00	-14.20	149.69	694.31	5323.87
(x: 1125.00 y: 0.00)									
0.00	-0.00	0.01	-6.940e-006	-5.538e-005	0.00	-1.96	149.69	-694.01	-5537.65
(x: 975.00 y: 0.00)									
0.00	-0.00	0.01	2.071e-007	-5.144e-005	0.00	-2.45	127.78	20.71	-5144.22
(x: 825.00 y: 0.00)									
0.00	-0.00	0.01	2.442e-007	-5.062e-005	0.00	-2.58	130.37	24.42	-5061.70
(x: 675.00 y: 0.00)									
0.00	-0.00	0.01	7.884e-008	-5.051e-005	0.00	-2.60	132.15	7.88	-5051.12
(x: 525.00 y: 0.00)									
0.00	-0.00	0.01	-7.703e-008	-5.051e-005	0.00	-2.60	132.15	-7.70	-5051.12
(x: 375.00 y: 0.00)									
0.00	-0.00	0.01	-2.425e-007	-5.062e-005	0.00	-2.58	130.37	-24.25	-5061.69
(x: 225.00 y: 0.00)									
0.00	-0.00	0.01	-2.063e-007	-5.144e-005	0.00	-2.45	127.78	-20.63	-5144.18
(x: 75.00 y: 0.00)									
0.00	-0.00	0.01	6.940e-006	-5.538e-005	0.00	-1.96	149.69	693.99	-5537.69

Veren:

Pakket	Laag	u	v	w	φ	θ	Fx	Fy	Fz	M _{φ}	M _{θ}
(x / y)		mm	mm	mm	rad	rad	N	N	N	Nmm	Nmm
(0.00 / 0.00)											
1 1		-0.00	0.02	0.07	0.0019	-0.0126	-0.00	0.02	0.00	0.00	-0.00
(1200.00 / 0.00)											
1 1		0.01	0.02	0.07	-0.0019	-0.0126	0.00	0.02	0.00	-0.00	-0.00

Belastingcombinatie: 2 (doorbuiging wind)**Coefficienten / veiligheidsfactoren:**

-- Klimaat --								
Eigen gewicht	Wind	Sneeuw	Lijn	Punt	$\Delta p, \Delta T$	ΔH	Afschuiving	
1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	

Belastingcombinatie:

	Wind	Sneeuw	Klimaat
	N/mm ²	N/mm ²	
buiten	0.00200	0.00000	geen klimaatbelasting
binnen	0.00000		

Resulterende vlakbelasting t.g.v. wind en sneeuw:

	N/mm ²	
buiten	0.00200 N/mm ²	= 0.00200 * 1.00 + 0.00000 * 0.00
binnen	0.00000 N/mm ²	= 0.00000 * 1.00

Bijkomende begrensde vlakbelasting (lineair verdeeld, buiten) - hier niet geselecteerd!

Berekeningsresultaat:**Minimale en maximale vervorming w:**

- Positie -			Vervorming
Pakket	x	y	w
	mm	mm	mm
1	73.69	0.00	-0.03 (min)

1200.00 300.00 1.82 (max)

Maximale hoofdtrekspanning:

Pakket	Laag		x	y	σ	σ (max)
			mm	mm	N/mm ²	N/mm ²
1	3	(boven)	33.48	298.20	10.14	10.14
		(onder)	61.45	591.49	6.06	
1	1	(boven)	1151.02	599.63	3.44	11.02
		(onder)	65.01	591.38	11.02	

Veerkrachten en vervormingen bij het nulpunt van de houder:

u	v	w	φ	θ	Fx	Fy	Fz	M _{φ}	M _{θ}
mm	mm	mm	rad	rad	N	N	N	Nmm	Nmm
(x: 1125.00 y: 600.00)									
0.00	-0.00	0.01	-4.627e-006	3.531e-005	0.00	-10.81	99.80	-462.69	3531.19
(x: 975.00 y: 600.00)									
0.00	-0.00	0.01	1.377e-007	3.268e-005	0.00	-10.55	85.19	13.77	3268.14
(x: 825.00 y: 600.00)									
0.00	-0.00	0.01	1.628e-007	3.213e-005	0.00	-10.52	86.92	16.28	3212.52
(x: 675.00 y: 600.00)									
0.00	-0.00	0.01	5.270e-008	3.205e-005	0.00	-10.53	88.10	5.27	3205.15
(x: 525.00 y: 600.00)									
0.00	-0.00	0.01	-5.122e-008	3.205e-005	0.00	-10.53	88.10	-5.12	3205.15
(x: 375.00 y: 600.00)									
0.00	-0.00	0.01	-1.615e-007	3.213e-005	0.00	-10.52	86.92	-16.15	3212.51
(x: 225.00 y: 600.00)									
0.00	-0.00	0.01	-1.365e-007	3.268e-005	0.00	-10.55	85.19	-13.65	3268.19
(x: 75.00 y: 600.00)									
0.00	-0.00	0.01	4.629e-006	3.531e-005	0.00	-10.81	99.80	462.87	3531.41
(x: 1125.00 y: 0.00)									
0.00	-0.00	0.01	-4.627e-006	-3.710e-005	0.00	-2.65	99.80	-462.68	-3709.60
(x: 975.00 y: 0.00)									
0.00	-0.00	0.01	1.381e-007	-3.447e-005	0.00	-2.99	85.19	13.81	-3447.42
(x: 825.00 y: 0.00)									
0.00	-0.00	0.01	1.628e-007	-3.392e-005	0.00	-3.08	86.91	16.28	-3392.48
(x: 675.00 y: 0.00)									
0.00	-0.00	0.01	5.256e-008	-3.385e-005	0.00	-3.10	88.10	5.26	-3385.46
(x: 525.00 y: 0.00)									

0.00	-0.00	0.01	-5.135e-008	-3.385e-005	0.00	-3.10	88.10	-5.14	-3385.46
(x: 375.00	y: 0.00)								
0.00	-0.00	0.01	-1.617e-007	-3.392e-005	0.00	-3.08	86.91	-16.17	-3392.47
(x: 225.00	y: 0.00)								
0.00	-0.00	0.01	-1.375e-007	-3.447e-005	0.00	-2.99	85.19	-13.75	-3447.39
(x: 75.00	y: 0.00)								
0.00	-0.00	0.01	4.627e-006	-3.710e-005	0.00	-2.65	99.80	462.66	-3709.62

Veren:

Pakket	Laag	u	v	w	φ	θ	Fx	Fy	Fz	M _{φ}	M _{θ}
(x / y)		mm	mm	mm	rad	rad	N	N	N	Nmm	Nmm
(0.00 / 0.00)											
1 1	-0.00	0.01	0.05	0.0013	-0.0084		-0.00	0.01	0.00	0.00	-0.00
(1200.00 / 0.00)											
1 1	0.00	0.01	0.05	-0.0013	-0.0084		0.00	0.01	0.00	-0.00	-0.00

Resulterende belasting:**Maximale hoofdtrekspanning:**

Pakket	Laag	σ	Belastingcombinatie
		N/mm ²	
1	3	(boven) 15.21	1
		(onder) 9.09	1
1	1	(boven) 5.15	1
		(onder) 16.53	1

Minimale en maximale vervorming w:

Pakket	Vervorming	Belastingcombinatie
	mm	
1	2.74 (max)	1
1	-0.04 (min)	1

labelfacade - rail T 8

Pour le rail T8 tubulaire, en alliage

6060 - T6

$I_{xx}' : 10.496 \text{ cm}^4$

$I_{xx}'/v : 3.223 \text{ cm}^3$

$I_{yy}' : 5.13 \text{ cm}^4$

$I_{yy}'/v : 2.85 \text{ cm}^3$

-

