

TL2160 – glaspaneel 1200*1250 mm bij [0.8 kN/m | 1.0 kN]

statische berekening glaspaneel

4018-20005-TL2160-005 rev. A



TL2160 – glaspaneel 1200*1250 mm bij [0.8 kN/m | 1.0 kN]

4018-20005-TL2160-005 rev. A

statische berekening glaspaneel

Opdrachtgever:

ONLEVEL GmbH

Budberger Straße 5
46446 Emmerich am Rhein

rev.	datum	paraaf	omschrijving
A	2020-03-27	WG	



ing. W.L.G van de Gaar

ADVIESBUREAU BREKELMANS

ingenieurs voor bouwconstructies
wilhelminasingel 102
6221 BL maastricht
tel. +31 (0)43 3254637
e-mail info@adviesbureau-brekelmans.nl



Inhoud

1	Van toepassing zijnde normen	3
2	Omschrijving	3
3	Uitgangspunten berekening	4
3.1	Gevolgklasse - belastingfactoren	4
3.2	Belastingen	4
3.2.1	Belasting door personen/meubilair	4
3.2.2	Windbelasting	4
3.3	Materialen	5
3.3.1	TL2160 adapter	5
3.3.2	Glas (thermisch gehard)	5
4	Berekening enkel glaspaneel bij een fictieve dikte van 10 mm	7
5	Berekening glaspanelen met doorgaande handregel	11
6	Berekening glaspanelen met doorgaande handregel & reststerkte	15
7	Toetsing TL2160 adapter	18
8	Toetsing glassamenstellingen	19
8.1	Glas 12124 thermisch gehard	19
9	Conclusie	20

1 Van toepassing zijnde normen

De berekening is gebaseerd op de Eurocodes, in het bijzonder:

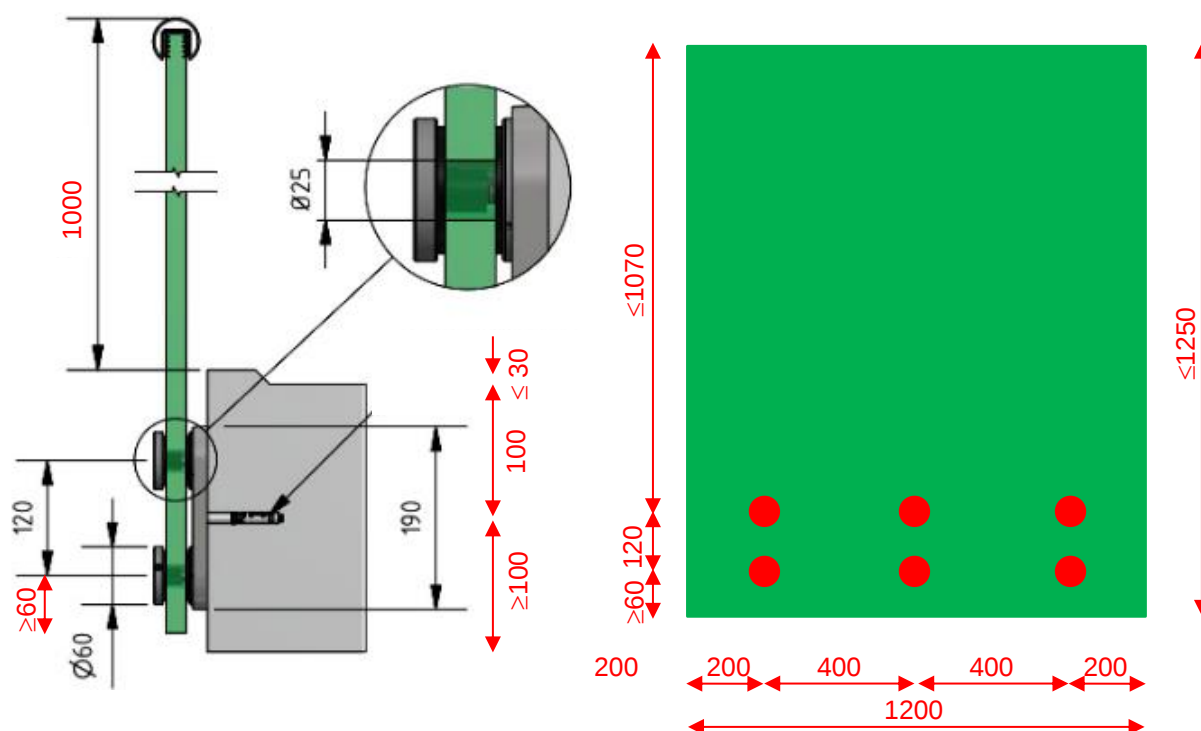
NEN-EN 1990:2011	grondslagen voor het constructief ontwerp
NEN-EN 1991-1-1:2011	algemene belastingen: eigen gewicht en opgelegde belastingen
NEN-EN 1993-1-1:2011	ontwerp en berekening van staalconstructies: algemeen
NEN-EN 1993-1-4:2011	aanvullende regels voor corrosie-vaste staalsoorten
NEN-EN 1993-1-8:2011	ontwerp en berekening van staalconstructies: verbindingen
NEN 2608:2014	vlakglas voor gebouwen – eisen en bepalingsmethoden

Bij deze normen is consequent de Nederlandse nationale bijlage (NB) gebruikt.

2 Omschrijving

In dit rapport is een glaspaneel van 1200*1250 mm berekend bij [0,8 kN/m | 1,0 kN] belasting.

Voor de berekening van de capaciteit van de TL2160 adapter wordt verwezen naar rapport 4018-20005-TL2160-001.



Mogelijke glassamenstellingen:

- 12124 thermisch gehard veiligheidsglas voldoet alleen bij toepassing van een doorgaande, constructieve handregel
- De TL2160 adapters voldoen alleen bij toepassing van een doorgaande, constructieve handregel

De doorgaande handregel moet op uiteinden/hoeken gekoppeld zijn aan de aansluitende bouwconstructie. Handregel minimaal aluminium U30*28*2.

Eventuele onderbrekingen in de handregel midden boven glaspaneel aanbrengen.



3 Uitgangspunten berekening

3.1 Gevolgklasse - belastingfactoren

Gevolgklasse CC2 (vlg. H.2 van NEN 2608)

Gehanteerde belastingfactoren op basis van gevolgklasse CC2:

Formule (6.10b) maatgevend: $\gamma_G = 1.2$ $\gamma_Q = 1.50$

3.2 Belastingen

3.2.1 Belasting door personen/meubilair

Horizontale belastingen op afscheidingen bij een hoogteverschil vlg. bijlage NB.A van NEN 1991-1-1(NB):
"overige ruimten"

lijnlast	$q_{rep} = 0.8 \text{ kN/m}$	(5min = 300 sec) zone a	
geconcentreerde belasting	$F_{rep} = 1.0 \text{ kN}$	(5min = 300 sec) zone a	
	$F_{rep} = 0.7 \text{ kN}$	(5min = 300 sec) zone b	- niet maatgevend
	$F_{rep} = 0.5 \text{ kN}$	(7*24h = 604800 sec) zone a+b	- niet maatgevend

3.2.2 Windbelasting

n.v.t.



3.3 Materialen

3.3.1 TL2160 adapter

Voor de dubbele punthouder en benodigde boorankers, zie rapport 4018-20005-TL2160-001.
De capaciteit van de punthouder is bij de in dit rapport vermelde boorankers: $F_{tRd} = 5.0 \text{ kN}$

3.3.2 Glas (thermisch gehard)

REKENWAARDE BUIGTREKSTERKTE GLAS vlg. 8.3 van NEN 2608

"NEN2608:2014 Glasberekening" ©WG versie 1.10

Materiaal 5. Floatglas – thermisch gehard veiligheidsglas volgens NEN-EN 12150-1 en 'heat soaked' thermisch gehard veiligheidsglas volgens NEN-EN 14179-1

$$f_{m;t;u;d} = \frac{k_e \times k_a \times k_{mod} \times k_{sp} \times f_{g;k}}{\gamma_{m;A}} + \frac{k_e \times k_z \times (f_{b;k} - k_{sp} \times f_{g;k})}{\gamma_{m;V}} \quad \text{verg. (7)}$$

$f_{m;t;u;d}$ N/mm² rekenwaarde buigtreksterkte (niet-)voorgespannen glas
loodrecht op vlak belast

$k_e = 1,00$ factor randkwaliteit van de ruit vlg. 8.3.3(2) tabel 4

$k_a = 1,037$ 1,000 factor voor het oppervlakte-effect vlg. 8.3.3: (3) - lijn- en geconc. last / (5) overige situaties

$k_{mod} = \left(\frac{5}{t}\right)^{\frac{1}{c}}$, waarbij $0,25 \leq k_{mod} \leq 1$ difficatiefactor afh. belastingduur en referentieperiode volgens 8.3.3(4)

$k_{sp} = 1,00$ factor voor de oppervlaktestructuur van de ruit vlg. 8.3.3(1) tabel 3

$f_{g;k} = 45,0 \text{ N/mm}^2$ karakteristieke waarde buigtreksterkte van glas

$\gamma_{m;A} = 1,8$ 1,6 materiaalfactor van glas (1,6 als wind of isoch.druk overheersende v.b.; 1,8 voor overige situaties)

$k_z = 0,9$ 1,0 factor voor de zone van de ruit vlg. 8.3.3(7) tabel 6: rand (zone 2) en rond gat (zone 4) | midden (zone 1)

$f_{b;k} = 120,0 \text{ N/mm}^2$ karakteristieke waarde buigtreksterkte van voorgespannen glas vlg. tabel 2

$f_{b;k} - k_{sp} \times f_{g;k} = 75,0 \text{ N/mm}^2$ karakteristieke waarde buigtreksterkte van voorgespannen glas vlg. tabel 2

$\gamma_{m;V} = 1,2$ materiaalfactor van de voorspanning van voorgespannen glas

$c = 16$ corrosieconstante vlg. tabel 5 (overige situaties)

Rekenwaarde buigtreksterkte gerelateerd aan belastingduur

t	k _{mod}	k _a	aandeel			f _{m;t;u;d}	
			midden	rand		midden zone 1	rand/gat zone 2+4
sec			niet-voorg. oorgespannen	orgespannen		N/mm ²	N/mm ²
5	1,00	1,000	28,1	62,5	56,3	90,6	84,4 wind
10	0,96	1,037	24,8	62,5	56,3	87,3	81,1
60	0,86	1,037	22,2	62,5	56,3	84,7	78,4 lijn- en geconc. last bij woon/cel/logies-functie (A+B)
300	0,77	1,037	20,1	62,5	56,3	82,6	76,3 lijn- en geconc. last bij overige functies (C+D)
86400	0,54	1,037	14,1	62,5	56,3	76,6	70,3 24 uur - lijn- en geconc. last bij woon/cel/logies-functie (A+B)
604800	0,48	1,000	12,0	62,5	56,3	74,5	68,3 7*24 uur - lijn- en geconc. last bij overige functies (C+D)

Elasticiteitsmodulus en poissongetal glas:

$E_g = 70000 \text{ N/mm}^2$
 $\nu_g = 0,23$



Glas 12124

BEREKENING EQUIVALENTE DIKTE GELAAGD GLAS voor ingeklemde glasbalustrades op basis van Bijlage F van NEN2608:
Glasopbouw met standaard PVB folie "NEN2608:2014 Glasberekening" ©WG versie 1.10

glasplaat	nom. glasdikte [mm]	tpli	aantal lagen folie	ti
tpl:1	12	11,7	4	1,52
tpl:2	12	11,7	0	0
tpl:3	0	0		

(dikte folie per laag = 0,38 mm)

t = 300 sec = belastingduur vlg. bijlage A behorende bij de kortst durende belasting in de belastingcombinatie

Berekening koppelfactor vlg. bijlage C:

standaard PVB-folie volgens tabel C.1

C1 =	20,7
C2 =	91,1
To =	20 gr C
Go =	471 N/mm ²
Goo =	0,05 N/mm ²
V _{PVB} =	0,50
Tg =	17 gr C = temperatuur van het glas tijdens belasten

Berekening glijdingsmodulus tussenlaag Gtl van standaard PVB-folie vlg. C.2 met WLF-constanten vlg. table C.1:

i	Gi/Go	Tref,i	TT,i	(Gi/Go)*e ^{-(t/TT,i)}
1	0,1606000	3,255700E-11	1,650157E-10	0,000000E+00
2	0,0787770	4,941000E-09	2,504354E-08	0,000000E+00
3	0,2912000	7,242700E-08	3,670974E-07	0,000000E+00
4	0,0711550	9,863500E-06	4,999331E-05	0,000000E+00
5	0,2688000	2,805900E-03	1,422175E-02	0,000000E+00
6	0,0895860	1,644100E-01	8,333147E-01	4,006194E-158
7	0,0301830	2,264800E+00	1,147917E+01	1,348304E-13
8	0,0076056	3,536400E+01	1,792430E+02	1,426436E-03
9	0,0009634	9,367500E+03	4,747932E+04	9,573319E-04
10	0,0004059	6,414100E+05	3,250997E+06	4,058625E-04
11	0,0006143	4,134700E+07	2,095679E+08	6,142991E-04
				3,403930E-03

→ Gtl = 1,65
E_{PVB} [N/mm²] = 4,96

De berekening van de mate van samenwerking is afgeleid van de vormfactoren voor tweezijdig opgelegde ruiten vlg. C.4.2.

Daarbij wordt voor de overspanningslengte 2 x de lengte van de uitkraging aangehouden.

Verschil wordt gemaakt tussen de mate van samenwerking in UGT en BGT:

UGT = i.v.m. de spanningsconcentraties langs de inklemming wordt voor de berekening van lo aangehouden: lo = 2*Hinkl;rek

BGT = voor de berekening van de doorbuiging wordt uitgegaan van: lo = 2*Hbalustrade

glasafmeting:

B =	1000 mm		
Hbalustrade =	1200 mm	BGT: lo = 2*Hbalustrade =	2400 mm
Hinkl;rek =	210 mm	UGT: lo = 2*Hinsteek =	420 mm

(Hinkl;rek en H1(inkl;rek) gelden voor een werkelijke insteekmaat van 105 mm; deze zijn gecalculeerd m.b.v. SJ Mepla)

Lastafmeting:

B1 =	1000 mm		
H1 =	100 mm	BGT: z =	550 mm
H1(inkl;rek) =	210 mm	UGT: z =	605 mm

BGT Lw =	0,912	LA =	2400 mm
UGT Lσ =	1,500	LA =	420 mm

X = 17,78 {(vlg. form. C.4a): 17,78 (vlg. form. C.4b): 17,78 }

glas Eg = 70000 N/mm² vg = 0,23

Berekening koppelfactoren:

BGT: β =	0,681	ωw =	0,572 (doorbuiging)
UGT: β =	22,244	ωσ =	0,063 (spanning)

Berekening equivalente glasdikte vlg. F.1:

Equivalente dikte in BGT vlg. formule (F.3)

tggser = 20,57 mm tggser = 20,57 mm (doorbuiging)

Equivalente dikte in UGT vlg. formule (F.1) en (F.2)

Σtpl;i =	23,4 mm	tgg;i;u	
tpl;i	tm;i	tgg;i;u	
11,7	5,85	17,50	
11,7	5,85	17,50	
0	0		

→ tgg;u = MIN(tgg;i;u) = 17,50 mm (spanning)

Voor de berekening van de doorbuiging aan bovenzijde balustrade wordt gerekend met t_{gg;ser} = 20,57 mm
De grootste spanningen treden op rond de gaten bij de punthouder (zone 4). In dit gebied is de koppeling d.m.v. de interlayer nihil.

Derhalve wordt gerekend met ω_σ = 0

→ t_{gg;u} = √(11.7²+11.7²) = 16,55 mm

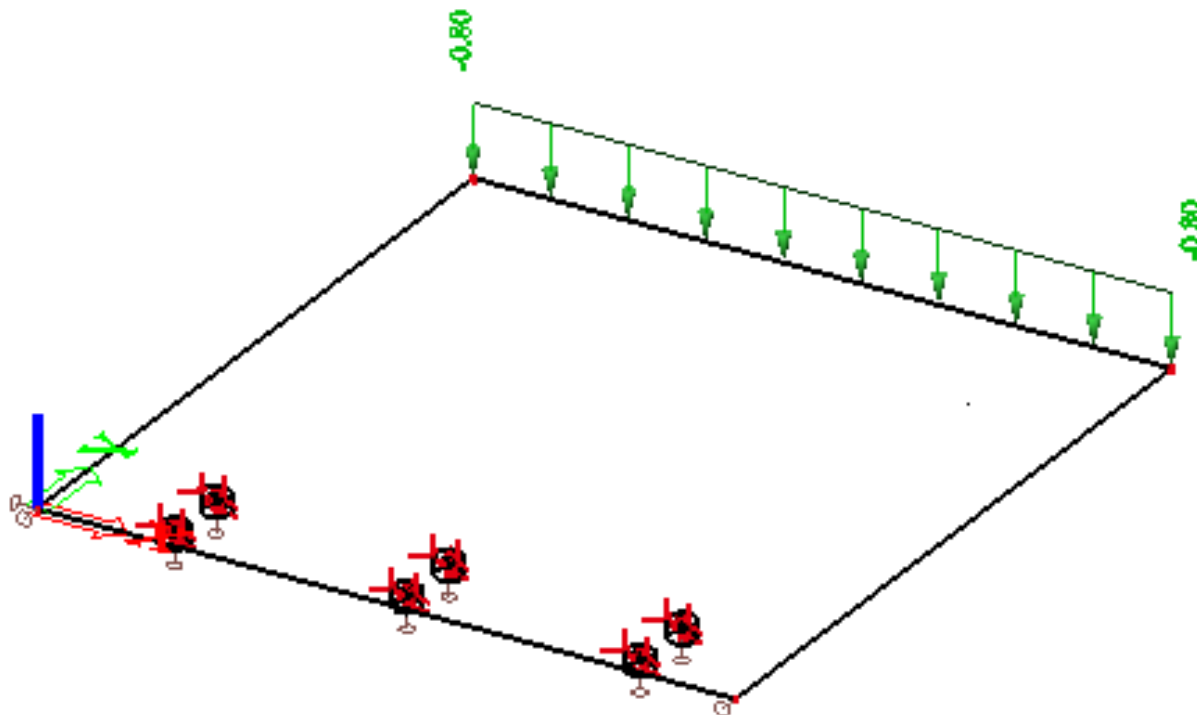


4 Berekening enkel glaspaneel bij een fictieve dikte van 10 mm

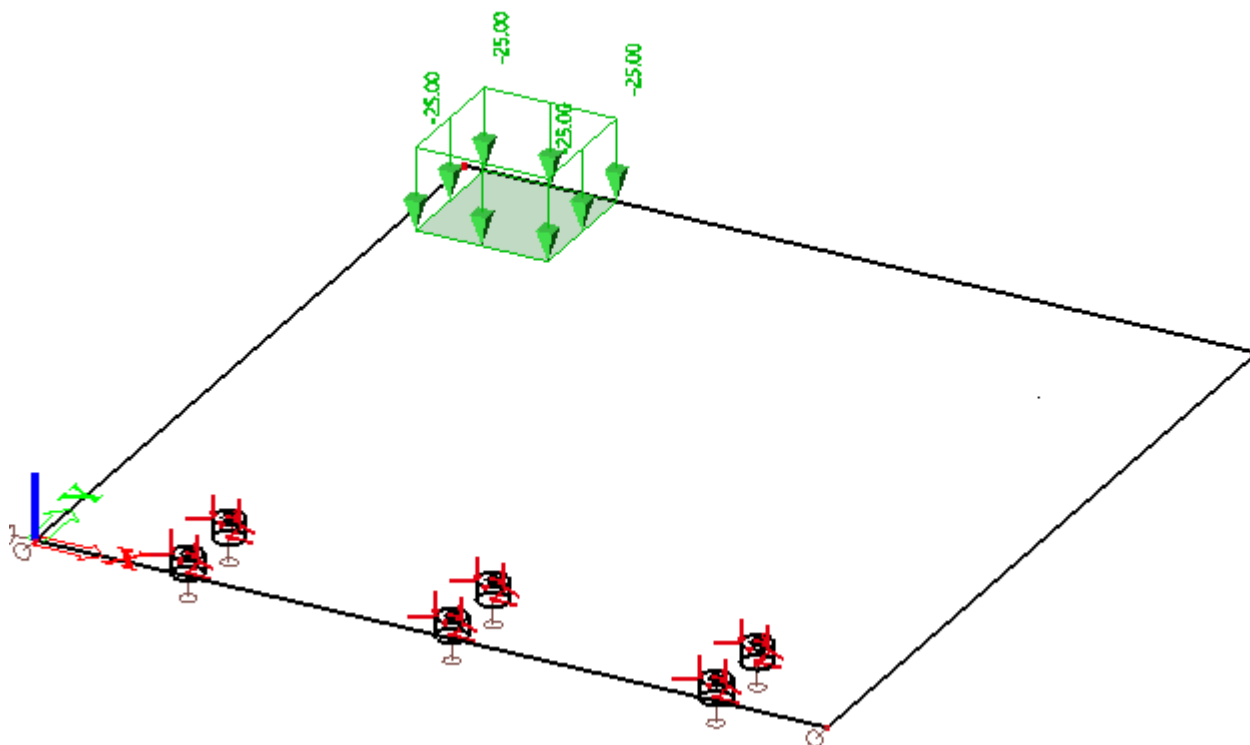
Het glaspaneel is berekend met SCIA Engineer, zonder het effect van een doorgaande, constructieve handregel

Belastinggevallen (maatgevend):

- 1) Lijnlast $q_k = 0.8 \text{ kN/m}$



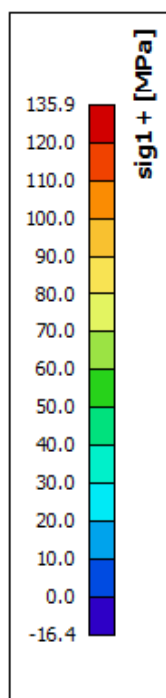
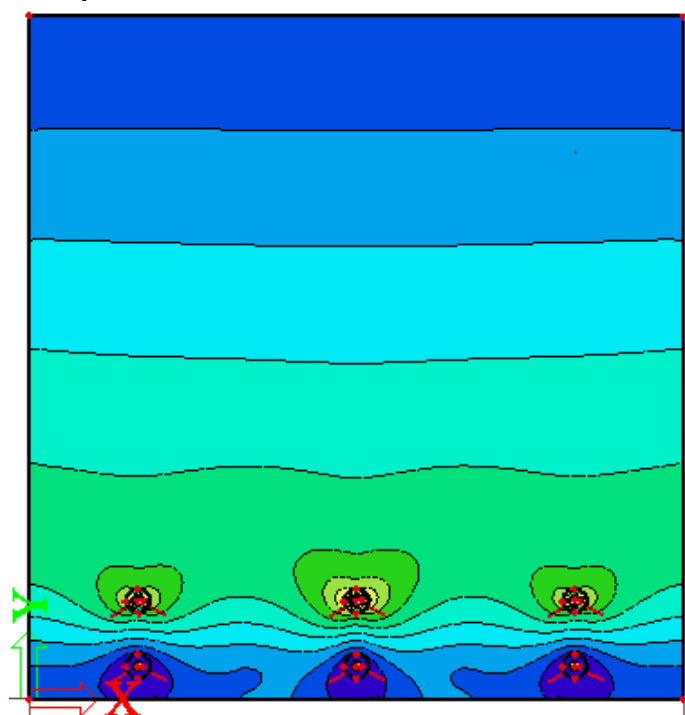
- 2) Puntlast $Q_k = 1.0 \text{ kN}$ op $0.2 \times 0.2 \text{ m}^2$ in bovenhoek





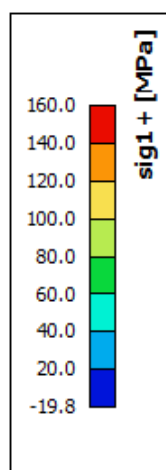
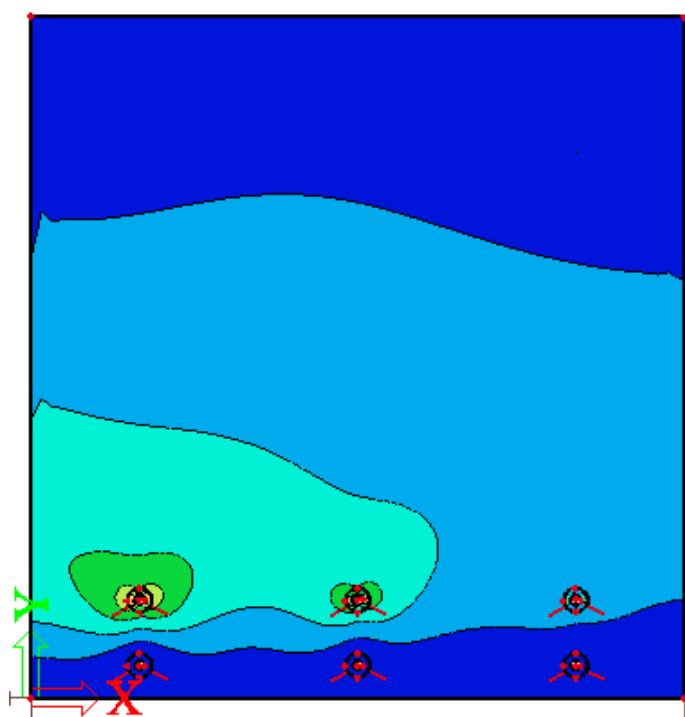
Spanningen bij fictieve dikte 10 mm en karakteristieke belastingen

BG1-lijnlast



Eigenschappen	
2D element - Span	
Naam	2D element - ...
Selectie	Benoemde se
Benoemde selec...	glaspaneel
Belastingtype	Belastingsgev
Belastingsgevall...	BG1-LIJNLA...
Filter	Nee
Middeling van p...	☐
Locatie	In knopen, ge
Type krachten	Hoofd groot
Standaard	☒
Snede	☐
Rand	☐
Trajectoriën	☐
Waardes	sig1+
Extreem	Globaal
Grafisch beeld i...	...

BG2 – puntlast

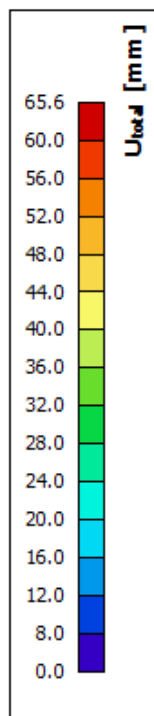
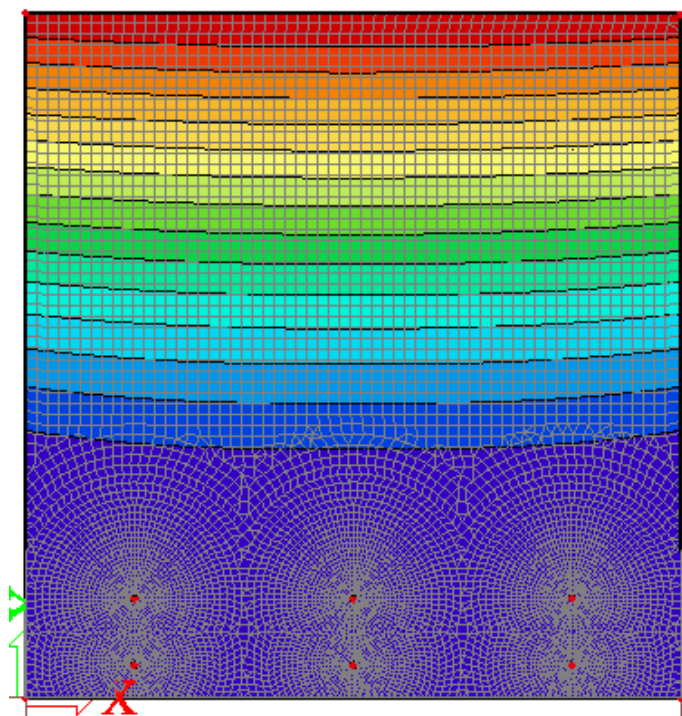


Eigenschappen	
2D element - Span	
Naam	2D element - ...
Selectie	Benoemde se
Benoemde selec...	glaspaneel
Belastingtype	Belastingsgev
Belastingsgevall...	BG2-puntlast
Filter	Nee
Middeling van p...	☐
Locatie	In knopen, ge
Type krachten	Hoofd groot
Standaard	☒
Snede	☐
Rand	☐
Trajectoriën	☐
Waardes	sig1+
Extreem	Globaal
Grafisch beeld i...	...



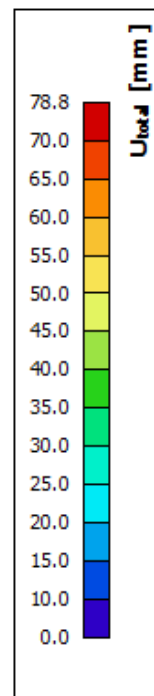
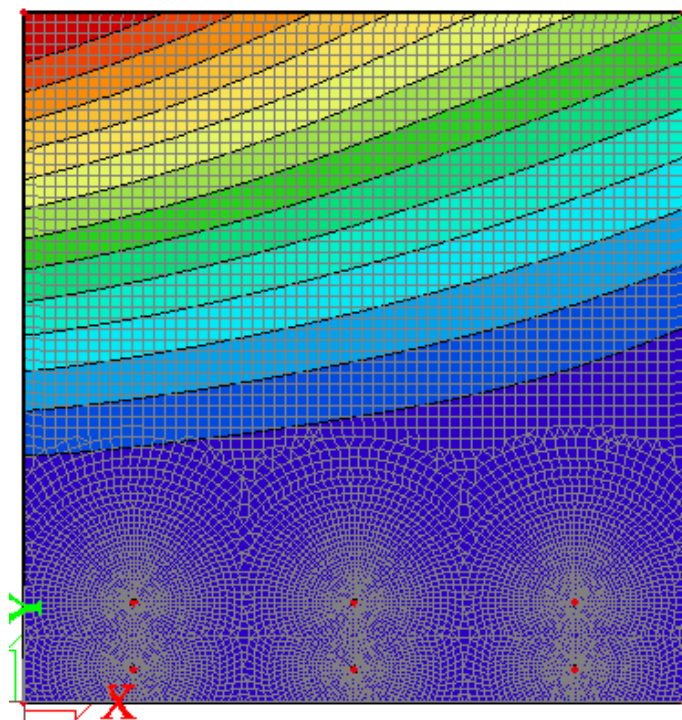
Doorbuiging bij fictieve dikte 10 mm en karakteristieke belastingen

BG1-lijnlast



Eigenschappen	
3D verplaatsing (1)	
Naam	3D verplaatsing
Resultaat g...	
Type last	Belastingsgev
Belastingsgeval	BG1-LIJNLAAS
Draadmodel	☐
Selectie	
Type van sele...	Alle
Filter	Nee
Locatie	In knooppunt
Waarde	U_total
Systeem	LCS net elem
Extrem 1D	Globaal
Extrem 2D	Globaal
Bereken res...	
1D staven	☒
2D positieve z...	☒

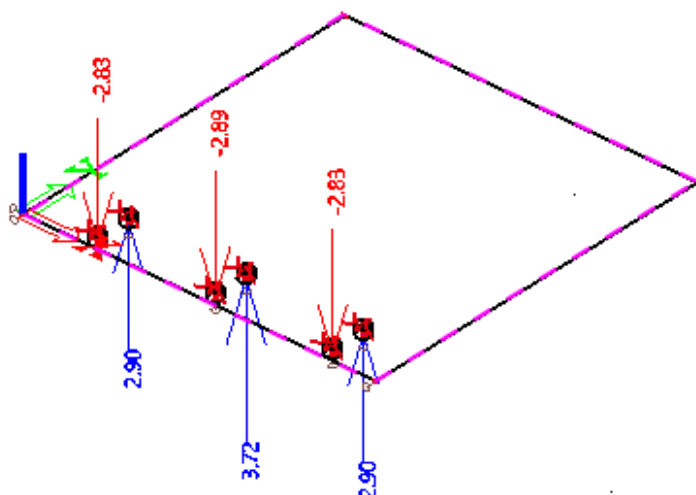
BG2-puntlast



Eigenschappen	
3D verplaatsing (1)	
Naam	3D verplaatsing
Resultaat g...	
Type last	Belastingsgev
Belastingsgeval	BG2-puntlast
Draadmodel	☐
Selectie	
Type van sele...	Alle
Filter	Nee
Locatie	In knooppunt
Waarde	U_total
Systeem	LCS net elem
Extrem 1D	Globaal
Extrem 2D	Globaal
Bereken res...	
1D staven	☒
2D positieve z...	☒

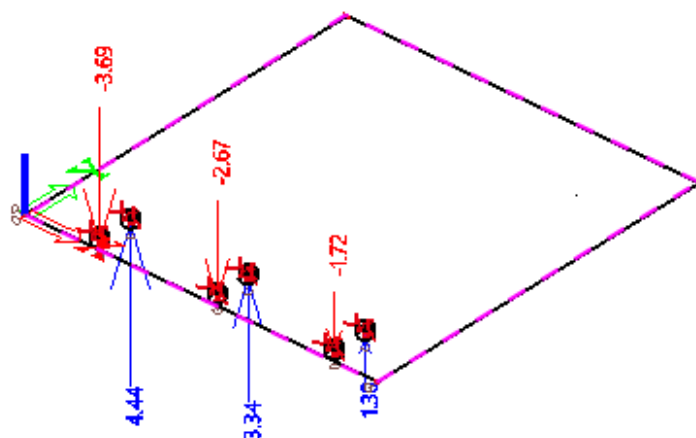


Krachten in glasadapter bij karakteristieke belastingen
BG1 - lijnlast



Reacties (1)	
Naam	Reacties
Selectie	Alle
Belastingtype	Belastingsgev
Belastingsgeval...	BG1-LIJNLAS
Filter	Nee
Waardes	Rz
Extreem	Knoop
Grafisch beeld i...	...
Schuine steunp...	☐

BG2 – puntlast



Reacties (1)	
Naam	Reacties
Selectie	Alle
Belastingtype	Belastingsgev
Belastingsgeval...	BG2-puntlast
Filter	Nee
Waardes	Rz
Extreem	Knoop
Grafisch beeld i...	...
Schuine steunp...	☐

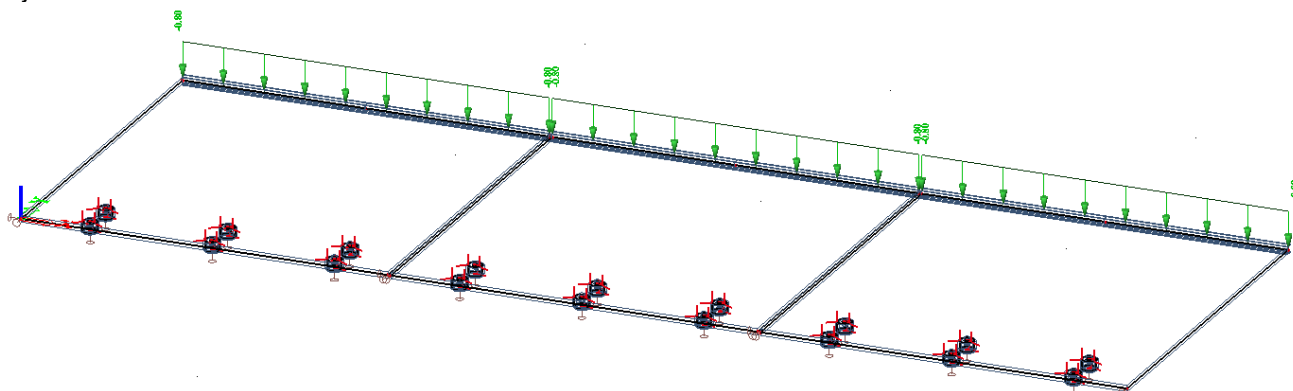


5 Berekening glaspanelen met doorgaande handregel

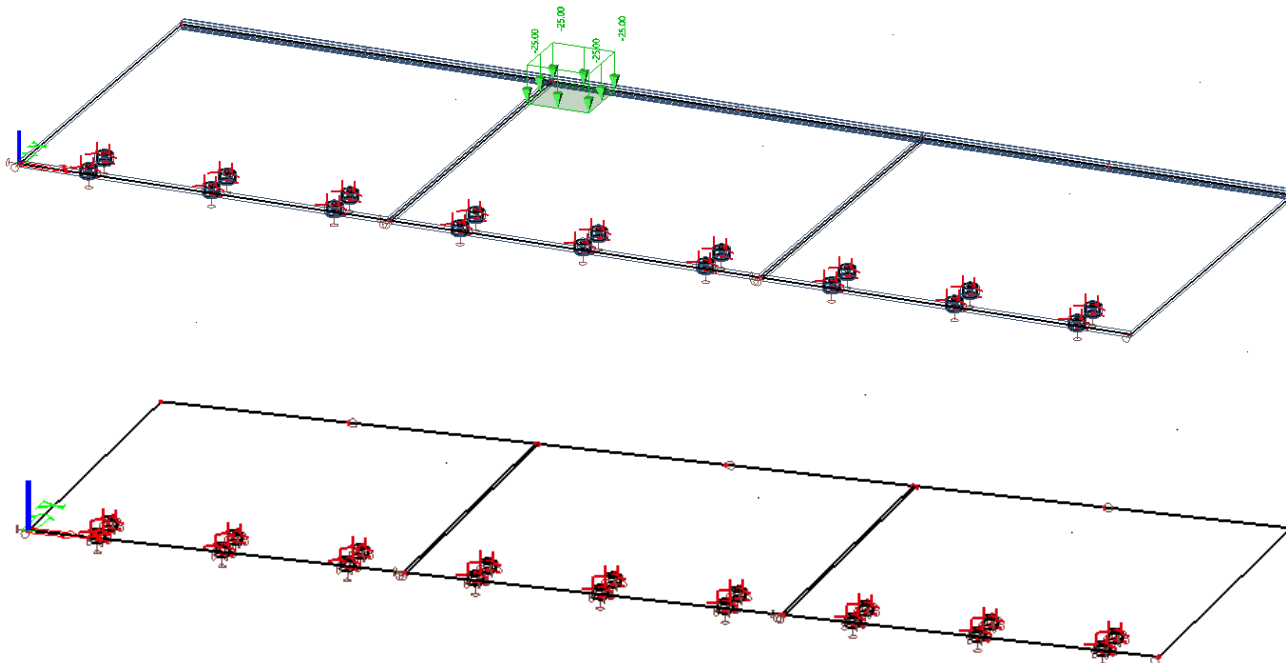
Berekening van 3 glaspanelen met glasdikte $t_{gg,ser} = 17.89$ mm (t.b.v. stijfheid) en min. aluminium handregel U26/23/2.

De handregel is midden boven de glaspanelen voorzien van een scharnier, waarmee eventueel noodzakelijke koppelingen zijn gesimuleerd.

Lijnlast 0.8 kN/m



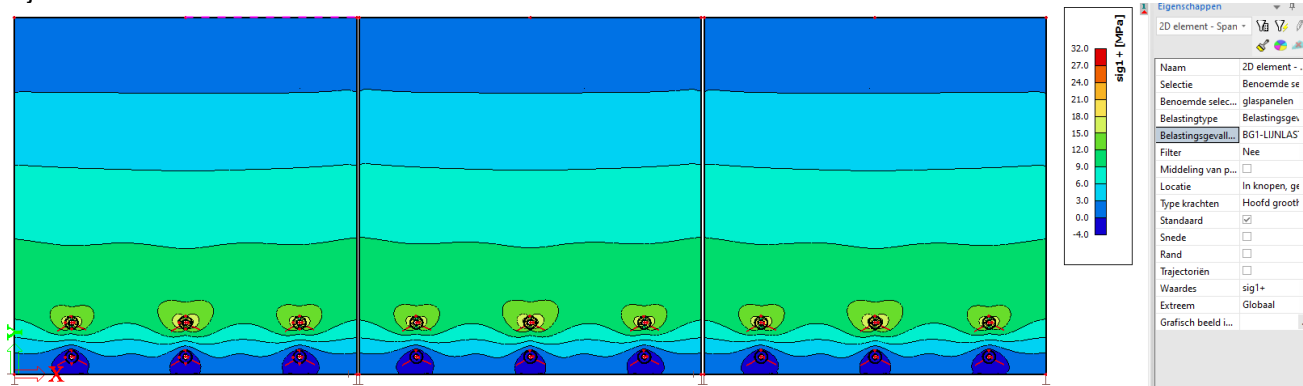
Puntlast 1.0 kN





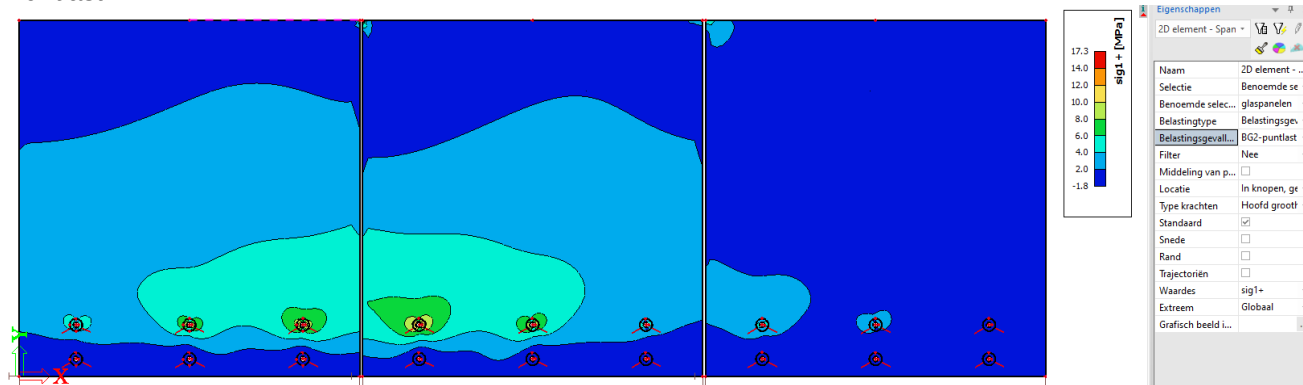
Resulterende spanningen bij 20.57 mm en karakteristieke belasting

Lijnlast

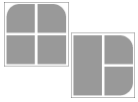


Omgerekend naar de spanningen rond de gaten bij $t_{gg,u} = 16.55$ mm: $\sigma = 32.0 \cdot (20.57/16.55)^2 = 49.4$ MPa

Puntlast

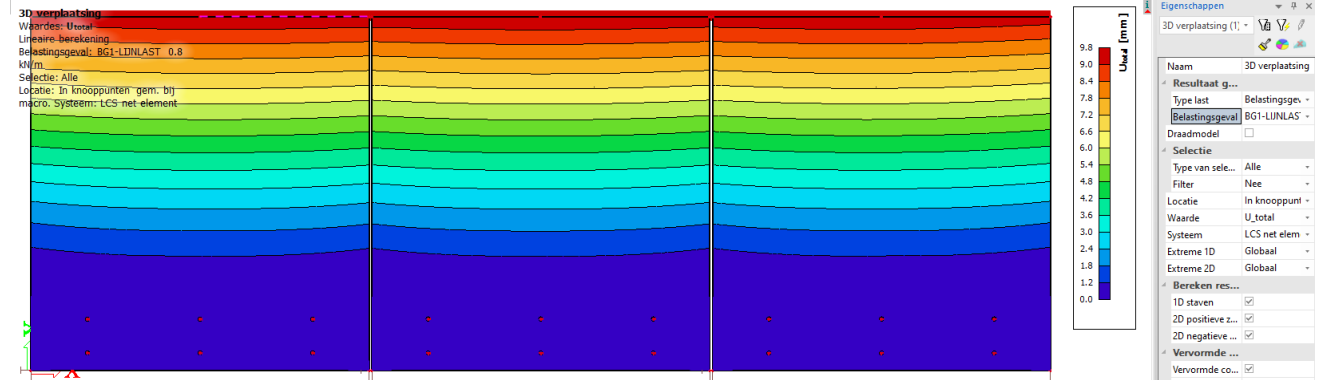


Omgerekend naar de spanningen rond de gaten bij $t_{gg,u} = 16.55$ mm: $\sigma = 17.3 \cdot (20.57/16.55)^2 = 26.7$ MPa

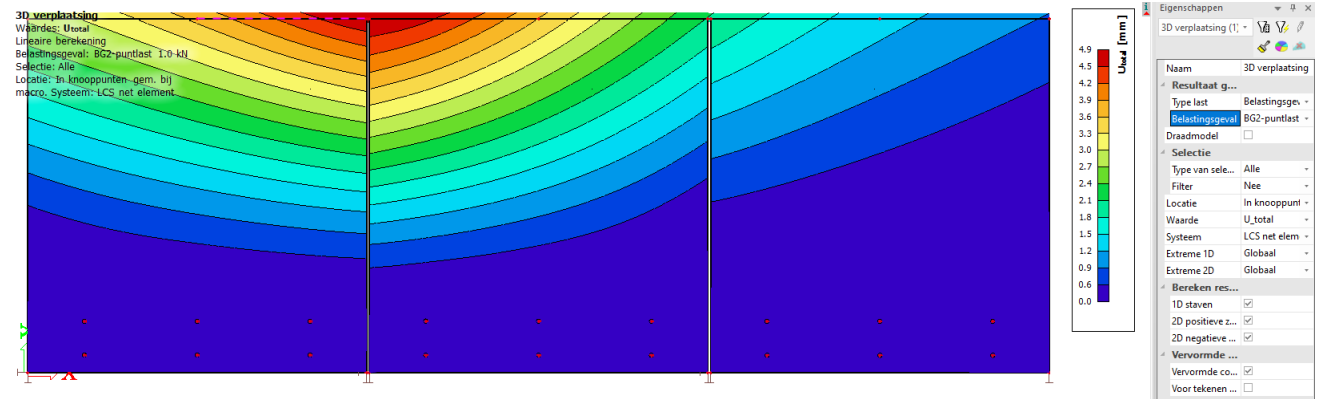


Resulterende verplaatsing bij 20.57 mm en karakteristieke belasting

Lijnlast

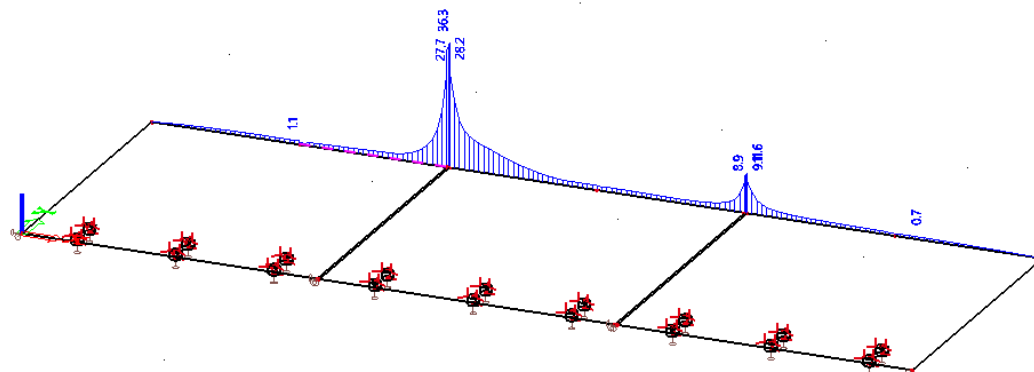


Puntlast





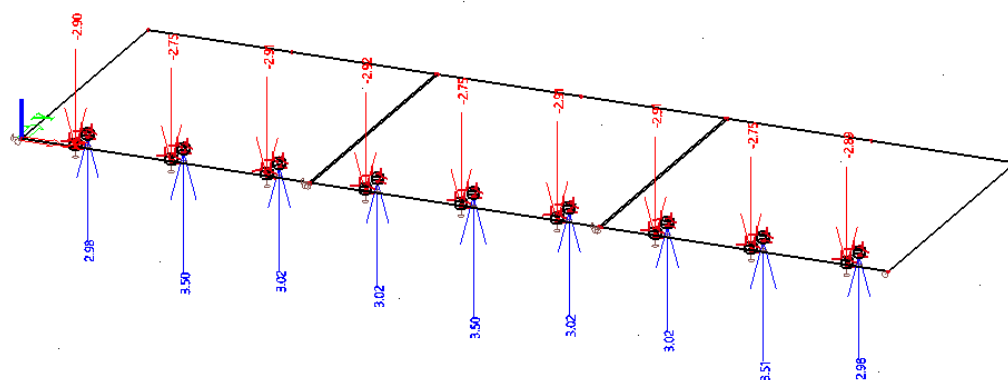
Resulterende spanningen bij karakteristieke belasting bij handregel U30/28/2 Puntlast maatgevend



Eigenschappen	
Spanning (1)	
Naam	Spanning
Selectie	Alle
Belastingtype	Belastingsgev
Belastingsgevall...	BG2-puntlast
Filter	Nee
Doorsnede ond...	Alle
Vezels	Alle
Tekenen	Standaard
Waardes	Von Mises
Extreem	Staaf
Grafisch beeld i...	
Snede	Alle

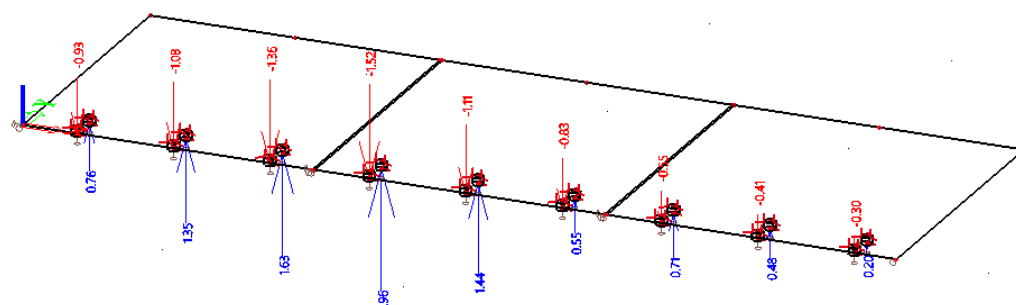
Check spanning: $1.5 \cdot 36.3 = 54.4 \text{ MPa} \leq 160/1.1$

Resulterende reactiekrachten bij karakteristieke belasting Lijnlast



Eigenschappen	
Reacties (1)	
Naam	Reacties
Selectie	Alle
Belastingtype	Belastingsgev
Belastingsgevall...	BG1-LIJNLAS
Filter	Nee
Waardes	Rz
Extreem	Knoop
Grafisch beeld i...	
Schuine steunp...	☐

Puntlast



Reacties (1)	
Naam	Reacties
Selectie	Alle
Belastingtype	Belastingsgev
Belastingsgevall...	BG2-puntlast
Filter	Nee
Waardes	Rz
Extreem	Knoop
Grafisch beeld i...	
Schuine steunp...	☐



6 Berekening glaspanelen met doorgaande handregel & reststerkte

Berekening van 3 glaspanelen met min. aluminium handregel U30/28/2.

De handregel is midden boven de glaspanelen voorzien van een scharnier, waarmee eventueel noodzakelijke koppelingen zijn gesimuleerd.

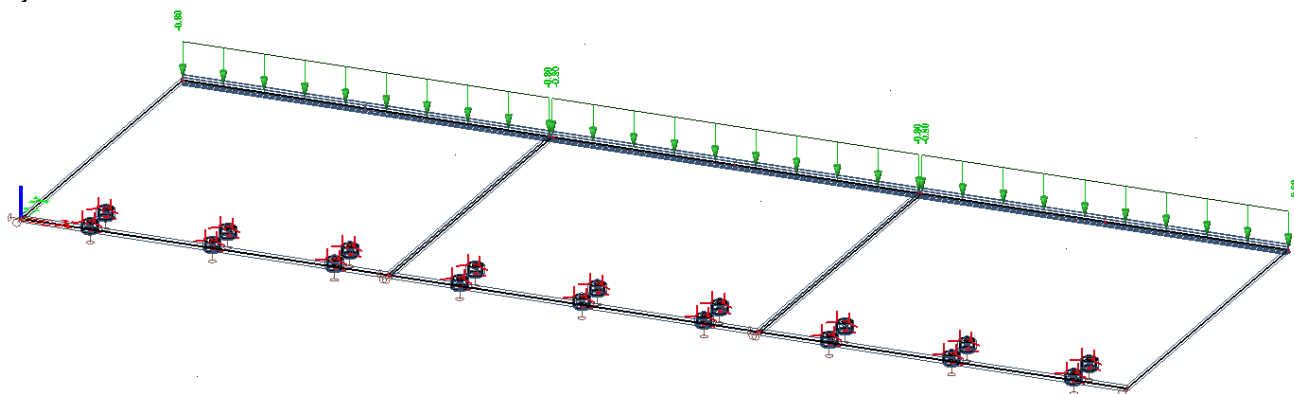
Buitenste glaspanelen onbeschadigd 12124

$t_{gg,ser} = 20.57 \text{ mm}$ (i.v.m. stijfheid)

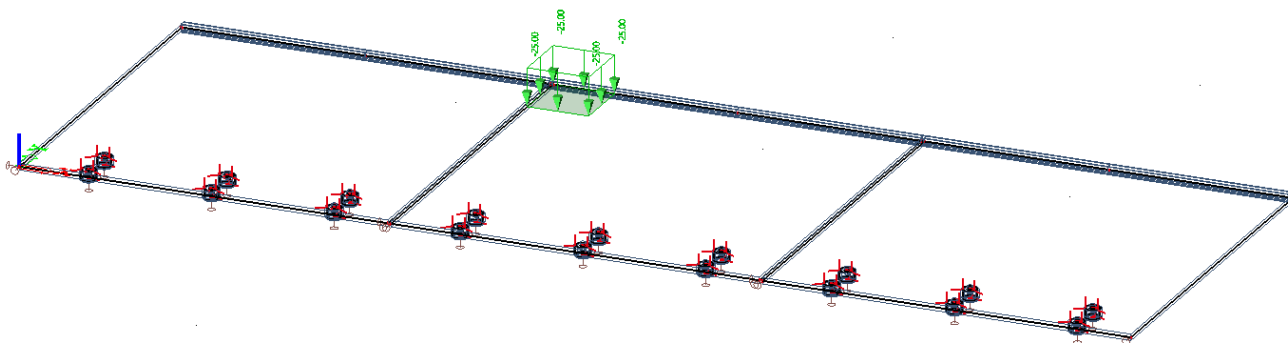
Middelste glaspaneel met een beschadigde plaat

$t_{gg,ser} = t_{gg,u} = 11.7 \text{ mm}$

Lijnlast 0.8 kN/m



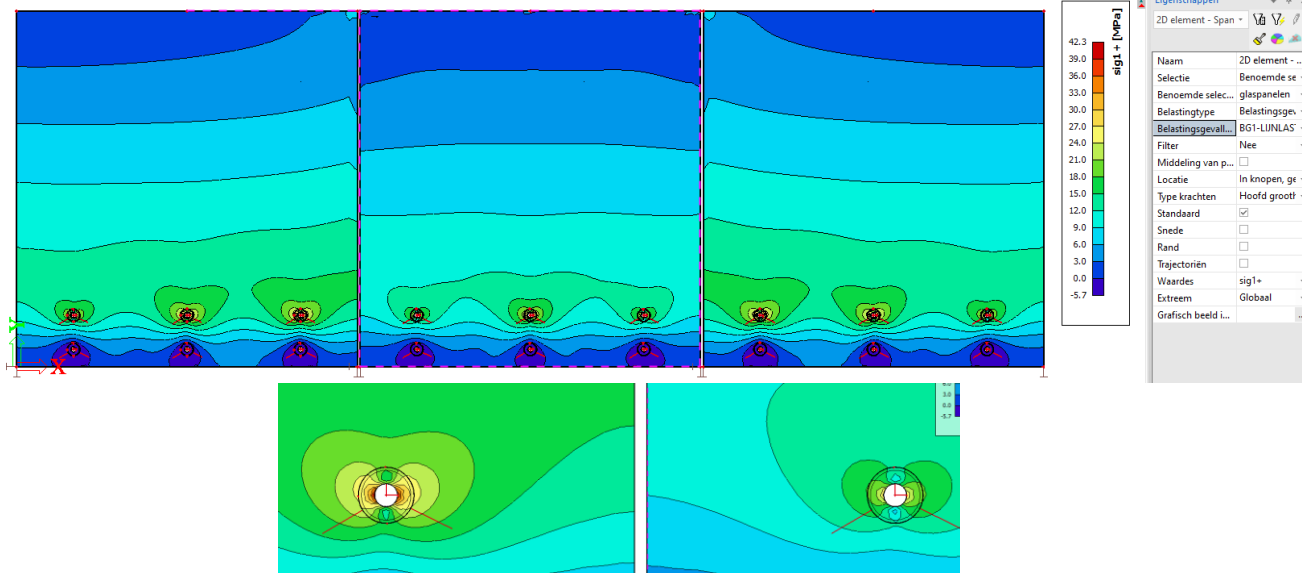
Puntlast 1.0 kN



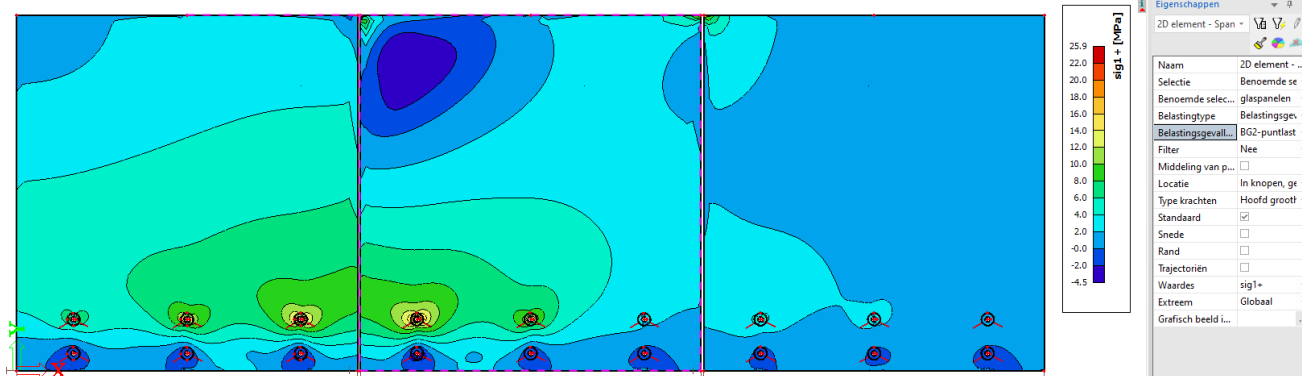


Resulterende spanningen bij karakteristieke belasting

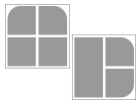
Lijnlast



Puntlast

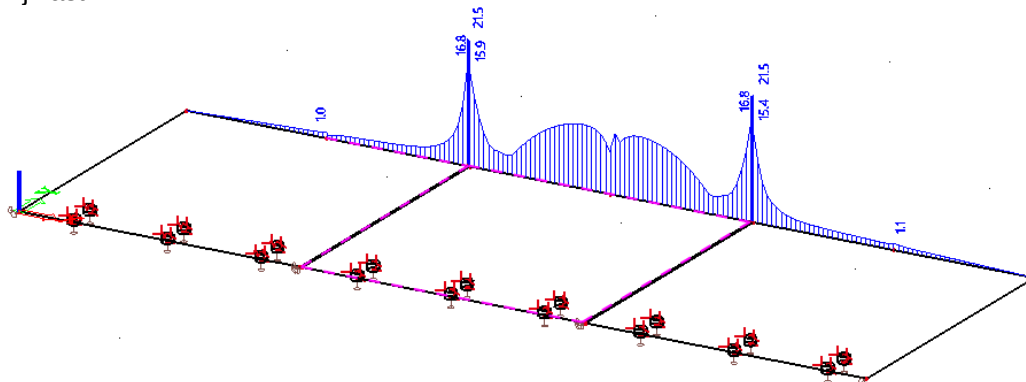


Herleiding naar spanning in 12124 plaat rond gat: $42.3 \cdot (20.57/16.55)^2 = 65.3 \text{ MPa}$



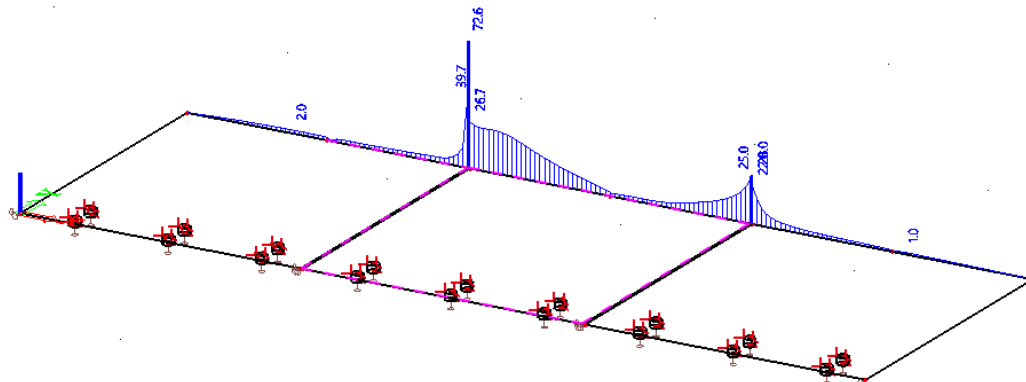
TL2160 – glaspaneel 1200*1250 mm bij [0.8 kN/m | 1.0 kN]
[4018-20005-TL2160-005 rev. A] blad 17

Spanningen in handregel U30/28/2 Lijnlast



Eigenschappen	
Spanning (1)	
Naam	Spanning
Selectie	Alle
Belastingtype	Belastingsgev
Belastingsgeval...	BG1-LIJNLAS
Filter	Nee
Doorsnede ond...	Alle
Vezels	Alle
Tekenen	Standaard
Waardes	Von Mises
Extreem	Staa
Grafisch beeld i...	
Snede	Alle

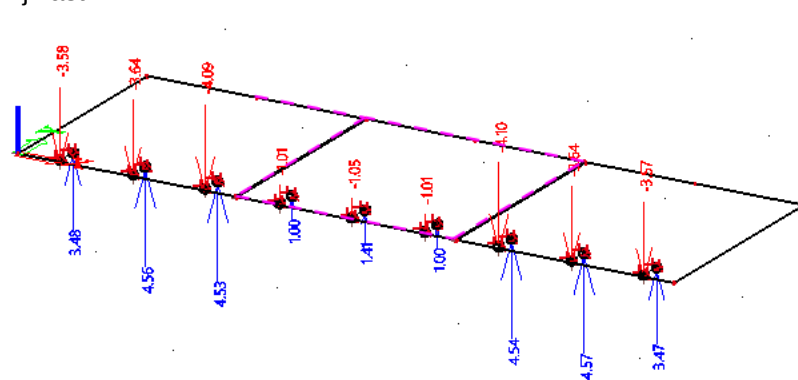
Puntlast



Eigenschappen	
Spanning (1)	
Naam	Spanning
Selectie	Alle
Belastingtype	Belastingsgev
Belastingsgeval...	BG2-puntlast
Filter	Nee
Doorsnede ond...	Alle
Vezels	Alle
Tekenen	Standaard
Waardes	Von Mises
Extreem	Staa
Grafisch beeld i...	
Snede	Alle

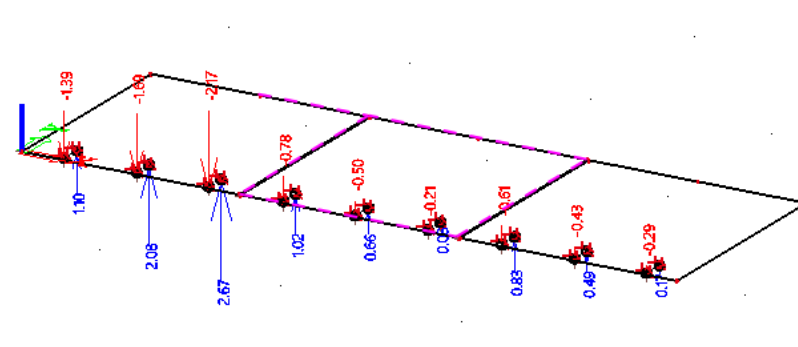
Check spanning: $1.0 \cdot 72.6 = 72.6 \text{ MPa} \leq 160/1.1$

Resulterende reactiekrachten Lijnlast



Eigenschappen	
Reacties (1)	
Naam	Reacties
Selectie	Alle
Belastingtype	Belastingsgev
Belastingsgeval...	BG1-LIJNLAS
Filter	Nee
Waardes	Rz
Extreem	Knoop
Grafisch beeld i...	
Schuine steunp...	☐

Puntlast



Eigenschappen	
Reacties (1)	
Naam	Reacties
Selectie	Alle
Belastingtype	Belastingsgev
Belastingsgeval...	BG2-puntlast
Filter	Nee
Waardes	Rz
Extreem	Knoop
Grafisch beeld i...	
Schuine steunp...	☐

$F_{d,max} = 2.88 \text{ kN}$



7 Toetsing TL2160 adapter

Toetsing sterkte bij balustrade zonder constructieve handregel

- lijnlast: $F_{tEd} = 1.5 \cdot 3.72 = 5.58 \text{ kN} \leq F_{tRd} = 5.00 \text{ kN} \times$
- puntlast: $F_{tEd} = 1.5 \cdot 4.44 = 6.66 \text{ kN} \leq F_{tRd} = 5.00 \text{ kN} \times$

→ Glasadapter onvoldoende sterk bij balustrade zonder constructieve handregel

Toetsing sterkte bij balustrade met constructieve handregel

- lijnlast: $F_{tEd} = 1.5 \cdot 3.50 = 5.25 \text{ kN} \leq F_{tRd} = 5.00 \text{ kN} \sim$
- puntlast: $F_{tEd} = 1.5 \cdot 3.02 = 4.53 \text{ kN} \leq F_{tRd} = 5.00 \text{ kN} \checkmark$
- puntlast: $F_{tEd} = 1.5 \cdot 2.04 = 3.06 \text{ kN} \leq F_{tRd} = 5.00 \text{ kN} \checkmark$

→ Glasadapter voldoet ~ bij balustrade mét constructieve handregel



8 Toetsing glassamenstellingen

8.1 Glas 12124 thermisch gehard

$t_{gg,u} = 16.55 \text{ mm}$ | $t_{gg,ser} = 20.57 \text{ mm}$ | tijdsduur 5 min. zone 4: $f_{mtud} = 76.3 \text{ MPa}$ (zie 3.3.2)

Zonder constructieve handregel

Voor berekening spanningen en doorbuigingen bij fictieve dikte 10 mm zie 4

Toetsing sterkte

- lijnlast: $\sigma_d = 1.5 \cdot 135.9 \cdot (10/16.55)^2 = 74.4 \text{ MPa} \leq f_{mtud} = 76.3 \text{ MPa} \quad \checkmark$
- puntlast: $\sigma_d = 1.5 \cdot 160.0 \cdot (10/16.55)^2 = 87.6 \text{ MPa} \leq f_{mtud} = 76.3 \text{ MPa} \quad \times$
- reststerkte bij breuk van glasplaat aan aanvalszijde:
lijnlast/puntlast: $\sigma_d = 1.0 \cdot 160.0 \cdot (10/12)^2 = 111.1 \text{ MPa} \leq f_{mtud} = 76.3 \text{ MPa} \quad \times$

Toetsing doorbuiging

- lijnlast: $w_{top} = 65.6 \cdot (10/20.57)^3 = 7.5 \text{ mm} \leq 1130/100 = 11.3 \text{ mm} \quad \checkmark$
- puntlast: $w_{top} = 78.8 \cdot (10/20.57)^3 = 9.0 \text{ mm} \leq 1130/100 = 11.3 \text{ mm} \quad \checkmark$
 $\leq 20 \text{ mm} \quad \checkmark$

→ 12124 voldoet niet zonder doorgaande, constructieve handregel

Met constructieve handregel

Voor berekening spanningen en doorbuigingen zie 5

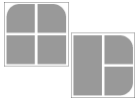
Toetsing sterkte

- lijnlast: $\sigma_d = 1.5 \cdot 49.4 = 74.1 \text{ MPa} \leq f_{mtud} = 76.3 \text{ MPa} \quad \checkmark$
- puntlast: $\sigma_d = 1.5 \cdot 26.7 = 40.0 \text{ MPa} \leq f_{mtud} = 76.3 \text{ MPa} \quad \checkmark$
- reststerkte bij breuk van glasplaat aan aanvalszijde: (voor berekening spanningen zie 6)
lijnlast/puntlast: $\sigma_d = 1.0 \cdot 65.3 = 65.3 \text{ MPa} \leq f_{mtud} = 76.3 \text{ MPa} \quad \checkmark$

Toetsing doorbuiging

- lijnlast: $w_{top} = 9.8 \text{ mm} \leq 1130/100 = 11.3 \text{ mm} \quad \checkmark$
- puntlast: $w_{top} = 4.9 \text{ mm} \leq 1130/100 = 11.3 \text{ mm} \quad \checkmark$
 $\leq 20 \text{ mm} \quad \checkmark$

→ 12124 voldoet wel mét doorgaande constructieve handregel



9 Conclusie

- 12124 thermisch gehard veiligheidsglas voldoet alleen bij toepassing van een doorgaande, constructieve handregel
- De TL2160 adapters voldoen alleen bij toepassing van een doorgaande, constructieve handregel