Behoort bij besluit

BWT 2569391
Gemerkt dgk02-3

Gemeente Amsterdam Centrum

321

PEUTZ

Notitie

betreft:	Bungehuis en Spuistraat Amsterdam; beoordeling glazen balustrades
datum:	9 juli 2018
referentie:	MvdV/MvdV/JMa/HC 5318-1-NO-001
van:	
aan:	Bungehuis CV

1. Inleiding

Op het dak van het project "Spuistraat 210" te Amsterdam worden op dakniveau glazen afscheidingen toegepast. Een deel van deze afscheidingen dienen ter voorkoming van het vallen van een hoogte van meer dan 13 meter. Deze afscheidingen bevinden zich rondom de binnenpatio. Bij de overige situaties is geen sprake van een valhoogte van meer dan 1 meter. Teneinde te kunnen aantonen dat de constructie van deze vloerafscheidingen met betrekking tot sterkte aan het Bouwbesluit voldoen zijn door Adviesbureau Brekelmans sterkteberekeningen uitgevoerd.

Na inspectie van BWT zijn er vragen gekomen over de stabiliteit van de vloerafscheidingsconstructie. Om deze reden heeft Bungehuis CV Peutz verzocht de uitgevoerde berekeningen te beoordelen op juistheid en of deze uitgevoerd zijn zoals het Bouwbesluit vereist.

Om een goede beoordeling te kunnen maken zijn de onderstaande documenten bij Adviesbureau Brekelmans opgevraagd en is de constructie op 5 juli 2018 visueel geïnspecteerd. Tijdens deze inspectie is nagegaan welke glassamenstellingen zijn toegepast en op welke wijze de constructie is opgebouwd.

Verstrekte documenten:
- document met nummer 3432-17018-01 ver. A, met de titel "Spuistraat 210, Amsterdam";
- document met nummer 3432-17018-01 ver. B, met de titel "Bungehuis, Amsterdam";
- document met nummer 3432-12002-001 rev. L, berekening glasbalustrades;
- document met nummer 3432-12002-003 rev. F, berekening glasbalustrades;
- document met nummer 3432-12001-TL3031rev. D, berekening TL3011 profiel;
- document met nummer 3432-12001-TL3011rev. D, berekening TL3031 profiel;
- document met nummer 3432-12001-TL5010rev. D, berekening TL5010 profiel;
- document met nummer 3432-12001-TL6011rev. D, berekening TL6011 profiel;
- werktekening d.d. 08-12-2017, met tekeningnr. 60170172-001 GK;
- werktekening d.d. 08-12-2017, met tekeningnr. 60170172-002 GK;

– werktekening d.d. 08-12-2017, met tekeningnr. 60170172-001 GK (blad 1 t/m3);

Ook is een document ter beschikking gesteld waarin wordt ingegaan op de sterkte van de toegepaste aluminium hoeklijn die over de ruitranden is aangebracht.

2. Bouwbesluit

De te beoordelen ruiten dienen weerstand te kunnen bieden aan de voorgeschreven belastingen ten gevolge van eigen gewicht, de in rekening te brengen statische belastingen op vloerafscheidingen (conform NEN-EN 1991-1-1 + C1/NB) en de belastingen ten gevolge van wind (conform NEN-EN 1991-1-4+A1+C2/NB).

Voor het positioneren van de statische belastingen op vloerafscheidingen dient men rekening te houden met een door het Bouwbesluit voorgeschreven hoogte. Aangezien er sprake is van een valhoogte dient men uit te gaan van een voorgeschreven hoogte van 1,2 meter.

Voor het bepalen van de sterkte van het glas wordt verwezen naar NEN 2608: 2014.

3. Visuele inspectie

Vastgesteld is dat glazen vloerafscheidingen met variërende hoogten zijn toegepast. De hoogste vloerafscheiding heeft een hoogte van 1,65 meter. De reden dat deze afscheiding een grotere hoogte (hoger dan 1,2 meter) is dat deze afscheiding ook als windscherm dient. De hoogten van de vloerafscheidingen is conform de verstrekte werktekeningen.

Rondom de binnenpatio zijn glazen vloerafscheidingen toegepast met een hoogte van 1,2 en 1,65 meter hoogte. Bij de vloerafscheiding aan de zwembadzijde met een hoogte van 1,65 meter is thermisch gehard floatglas toegepast bestaande uit twee glasplaten met een handelsdikte van 12 mm. Bij de overige vloerafscheidingen, welke een hoogte van 1,2 meter hebben, is thermisch gehard floatglas toegepast bestaande uit twee glasplaten met een handels dikte van 8 mm. In alle gevallen is gebruik gemaakt van 4 PVB-folies tussen de glasplaten.

Over de bovenrand van de ruiten is een aluminium hoeklijn (30 x 28 mm) gezet. Deze hoeklijnen zijn doorgezet over meerdere ruiten. Als gevolg hiervan zullen krachten die op een ruit aangrijpen via deze hoeklijn deels afgedragen worden aan aangrenzende ruiten. Bij uiteinden van afscheidingen zijn deze hoeklijnen nog niet verbonden met de aangrenzende constructie (muur of andere afscheiding). Aangegeven is dat deze verbindingen nog wel zullen worden aangebracht.

4. Sterkteberekeningen

Berekeningen zijn gemaakt voor zowel het glas, de toegepaste klemprofielen en de hoeklijnen die over de ruitranden zijn aangebracht.

De eisen ten aanzien van de voorgeschreven belastingen voor vloerafscheidingen zijn ontleend aan de Nationale Bijlagen van de NEN-EN 1991-1-1+C1/NB tabel NB.6. Voor de in rekening te brengen statische belastingen is uitgegaan van de gebruiksfunctie behorende tot "overige gebruiksfuncties". Vanwege de grotere hoogte is de windbelasting bij de 1,65 meter hoge ruiten de maatgevende belasting. Dit in tegenstelling tot de overige ruiten waar de belasting met betrekking tot doorvalveiligheid maatgevend is. Om deze reden dienen de 1,65 meter hoge ruiten een dikkere samenstelling te hebben dan de 1,2 meter hoge ruiten.
Bij het bepalen van de opneembare buigtrekspanning van het glas is rekening gehouden met de reductie van de sterkte van het glas bij langdurige belastingen. Gezien de waarden die voor uiterste opneembare buigtrekspanning gekozen zijn, is er ook rekening gehouden meteen lagere sterkten bij ruitranden (overeenkomstig NEN 2608).

De optredende buigtrekspanningen in de ruiten zijn bepaald met het eindige elementenprogramma ESA SCIA Engineer. Na beoordeling van de berekeningen dient geconcludeerd te worden dat de berekeningen naar behoren zijn uitgevoerd en uitgevoerd zijn zoals het Bouwbesluit het voorschrijft. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de uiteinden van de aluminium hoeklijnen (die over de bovenrand van de balustraden zijn aangebracht) ten tijde van de inspectie nog niet ergens aan verbonden waren.

Op basis van de rekenresultaten en uit ervaring kan gesteld worden dat het noodzakelijk zal zijn de uiteinden van de hierboven genoemde hoeklijnen te fixeren om met de gekozen ruitsamenstellingen te voldoen aan de gestelde sterkte-eisen.

5. Conclusie en aanbevelingen

De berekeningen van de vloerafscheidingen zijn naar behoren uitgevoerd en voldoen aan de normering en komen overeen met de werkelijkheid zodra de uiteinden van de aluminium hoeklijnen over de bovenrand van de balustrade ergens aan verbonden zijn (aan een muur of een aangrenzende vloerafscheiding).

Zoetermeer,

Deze notitie bevat 3 pagina's.

ADVIESBUREAU BREKELMANS

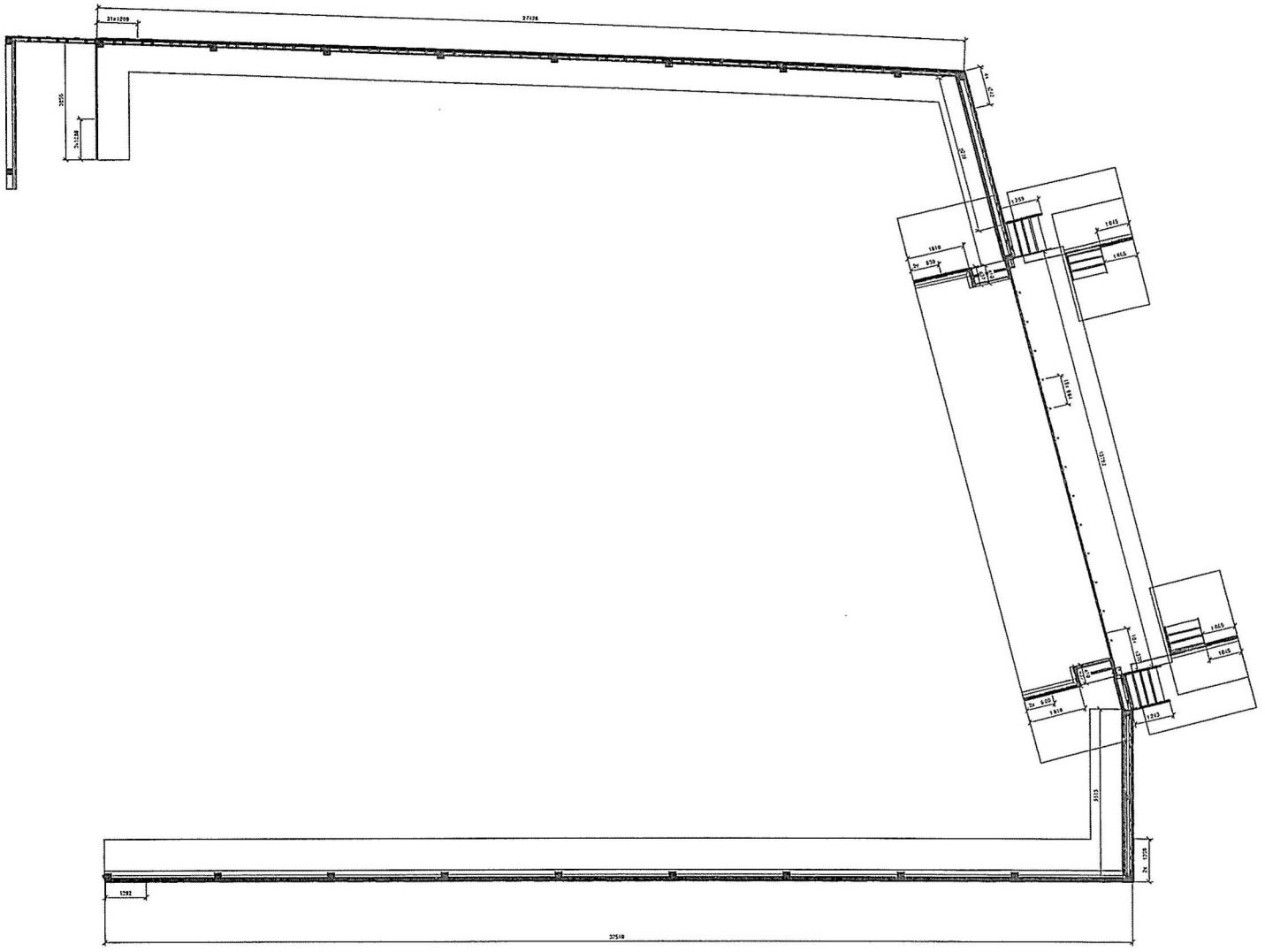
ingenieurs voor bouwconstructies

ONLEVEL BALUSTRADES

BEREKENINGEN

Project:	Spuistraat 210, Amsterdam
Project nr. OnLevel: Brekelmans:	3432-17018-01 ver. A
Opdrachtgever:	OnLevel B.V. Innovatielaan 25 Nijehaske
Constructeur:	Maastricht
Onderdeel:	Constructieberekening
Datum:	A. 2017-11-27

WE'RE ONLEVEL



Door OnLevel te verzorgen	: Consoles (detail 3) : Aluminium klemprofielen TL-5010, TL-3031, TL-3011, TL-6011 : Afdekkappen : Glas + Aluminium leuningwerk
Door aannemer te verzorgen	: Alle achterconstructies* welke benodigd zijn mbt de montage van de glazen balustraden.

* Achterconstructies dienen recht, vlak en strak gemonteerd te zijn.
Tevens dienen de achterconstructies te zijn voorzien van de juiste gaten gaten patronen

Alle maten moeten nog ingemeten worden door OnLevel

Uitv.klasse: EXC 3

Glasbalustrade
Hand railing U-30 Alu.
Ral 8019 mat 2 laags gecoat

Glasprofiel TL-5010
Aluminium 6063T6
Ral 8019 mat 2 laags gecoat

Glasprofiel TL3031
Aluminium 6063T6
Ral 8019 mat 2 laags gecoat

Glasprofiel TL-3011
Aluminium 6063T6
Ral 8019 mat 2 laags gecoat

Glasprofiel TL-6011
Aluminium 6063T6
Ral 8019 mat 2 laags gecoat

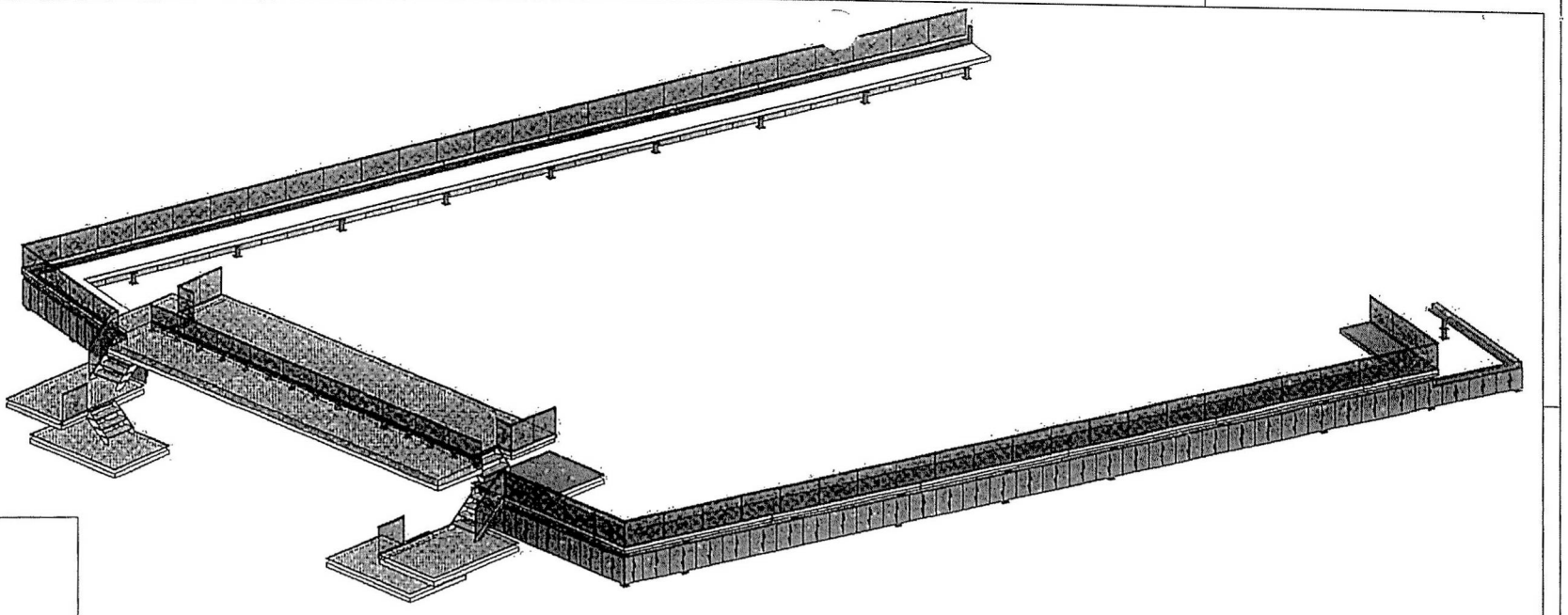
Afdekkappen
TL-3011/TL-3031/TL-6011
Ral 8019 mat 2 laags gecoat
Aluminium 6063T6

Glas
Blank Gehard Gelaagd 8/9/4
Blank Gehard Gelaagd 12/12/4
ruimte tussen glas en glas 8mm
ruimte tussen muur en glas Ca.20mm

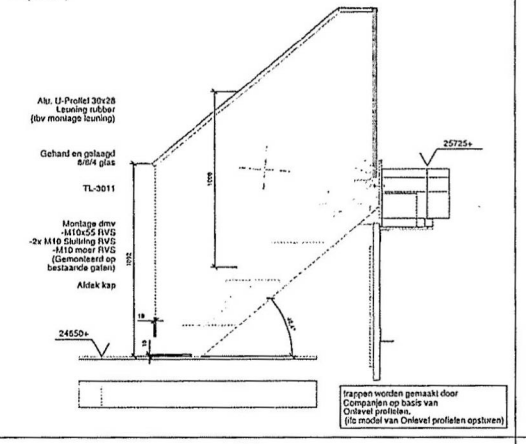
DEFINITIEF

Behandeling:	Glazen balustrade	Tekeningnummer:	60170172-002 GN
Project:	Bungalow		
Opdrachtgever:	Bakhuis Bouw Leiderdorp		

ONLEVEL BALUSTRADES



8 (1:10)

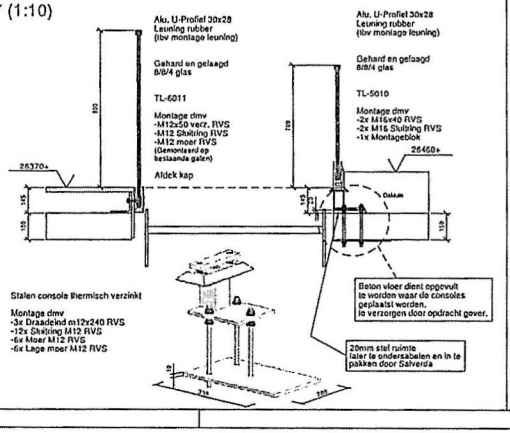


Door OnLevel te verzorgen	: Consoles (detail 3) : Aluminium klemprofielen TL-5010, TL-3031, TL-3011, TL-6011 : Aldekkappen : Glas + Aluminium leuningwerk
Door aannemer te verzorgen	: Alle achterconstructies* welke benodigd zijn mbt de montage van de glazen balustraden.

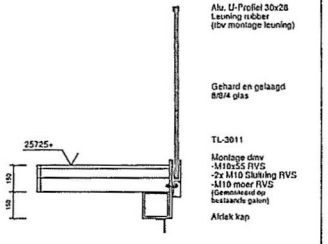
* Achterconstructies dienen recht, vlak en strak gemonteerd te zijn.
Tevens dienen de achterconstructies te zijn voorzien van de juiste gaten gaten patronen

Alle maten moeten nog ingemeten worden door OnLevel

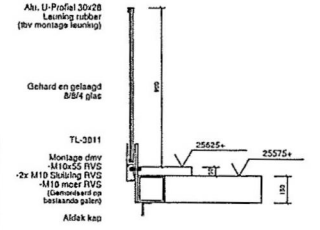
7 (1:10)



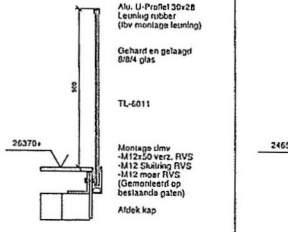
5 (1:10)



6 (1:10)

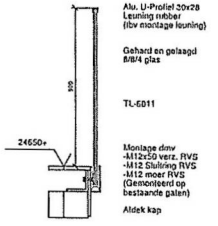


9 (1:10)



10 (1:10)

Als de leuning naar 1000 hoog gaat
dan zijn de leuningen nog niet even hoog
zie maat detail 8



Uitv.klasse: EXC 3

Glasbalustrade
Hand railing U-30 Alu.
Ral 8019 mat 2 laags gecoat

Glasprofiel TL-5010
Aluminium 6063T6
Ral 8019 mat 2 laags gecoat

Glasprofiel TL3031
Aluminium 6063T6
Ral 8019 mat 2 laags gecoat

Glasprofiel TL-3011
Aluminium 6063T6
Ral 8019 mat 2 laags gecoat

Glasprofiel TL-6011
Aluminium 6063T6
Ral 8019 mat 2 laags gecoat

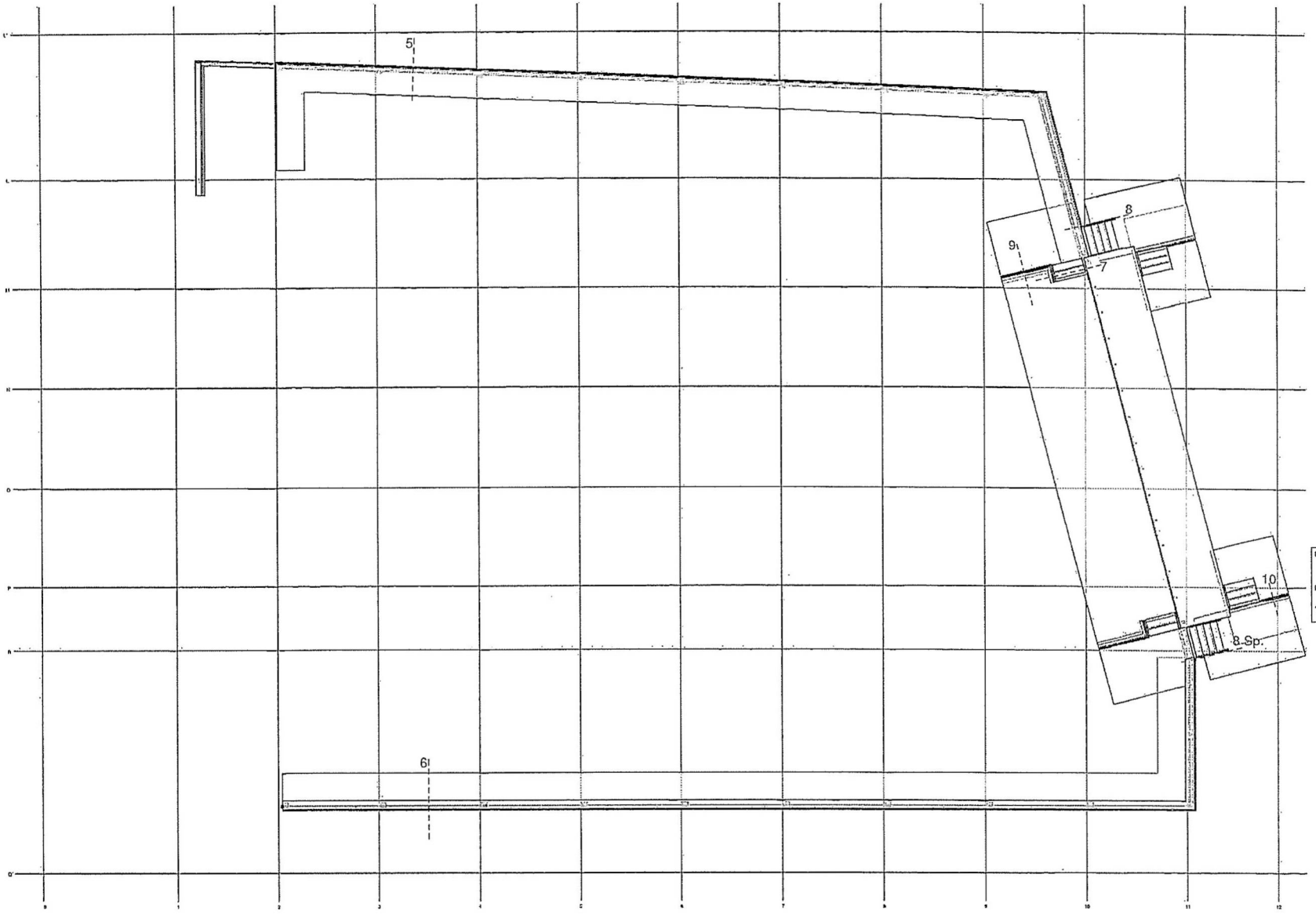
Aldekkappen
TL-3011/TL-3031/TL-6011
Ral 8019 mat 2 laags gecoat
Aluminium 6063T6

Glas
Blank Gehard Gelaagd 8/8/4
Blank Gehard Gelaagd 12/12/4
ruimte tussen glas en glas 8mm
ruimte tussen muur en glas Ca.20mm

DEFINITIEF

Project	Bungehuis
Tekeningnr.	E0170172-002 OK

ONLEVEL BALUSTRADES



Door OnLevel te verzorgen	: Consoles (detail 3) : Aluminium klemprofielen TL-5010, TL-3031, TL-3011, TL-6011 : Afdekkappen : Glas + Aluminium leuningwerk
Door aannemer te verzorgen	: Alle achterconstructies* welke benodigd zijn met de montage van de glazen balustraden.

* Achterconstructies dienen recht, vlak en strak gemonteerd te zijn.
Tevens dienen de achterconstructies te zijn voorzien van de juiste gaten gaten patronen

Alle maten moeten nog ingemeten worden door OnLevel

Uitv.klasse: EXC 3

Glasbalustrade
Hand railing U-30 Alu.
Ral 8019 mat 2 laags gecoat

Glasprofiel TL-5010
Aluminium 6063T6
Ral 8019 mat 2 laags gecoat

Glasprofiel TL3031
Aluminium 6063T6
Ral 8019 mat 2 laags gecoat

Glasprofiel TL-3011
Aluminium 6063T6
Ral 8019 mat 2 laags gecoat

Glasprofiel TL-6011
Aluminium 6063T6
Ral 8019 mat 2 laags gecoat

Afdekkappen
TL-3011/TL-3031/TL-6011
Ral 8019 mat 2 laags gecoat
Aluminium 6063T6

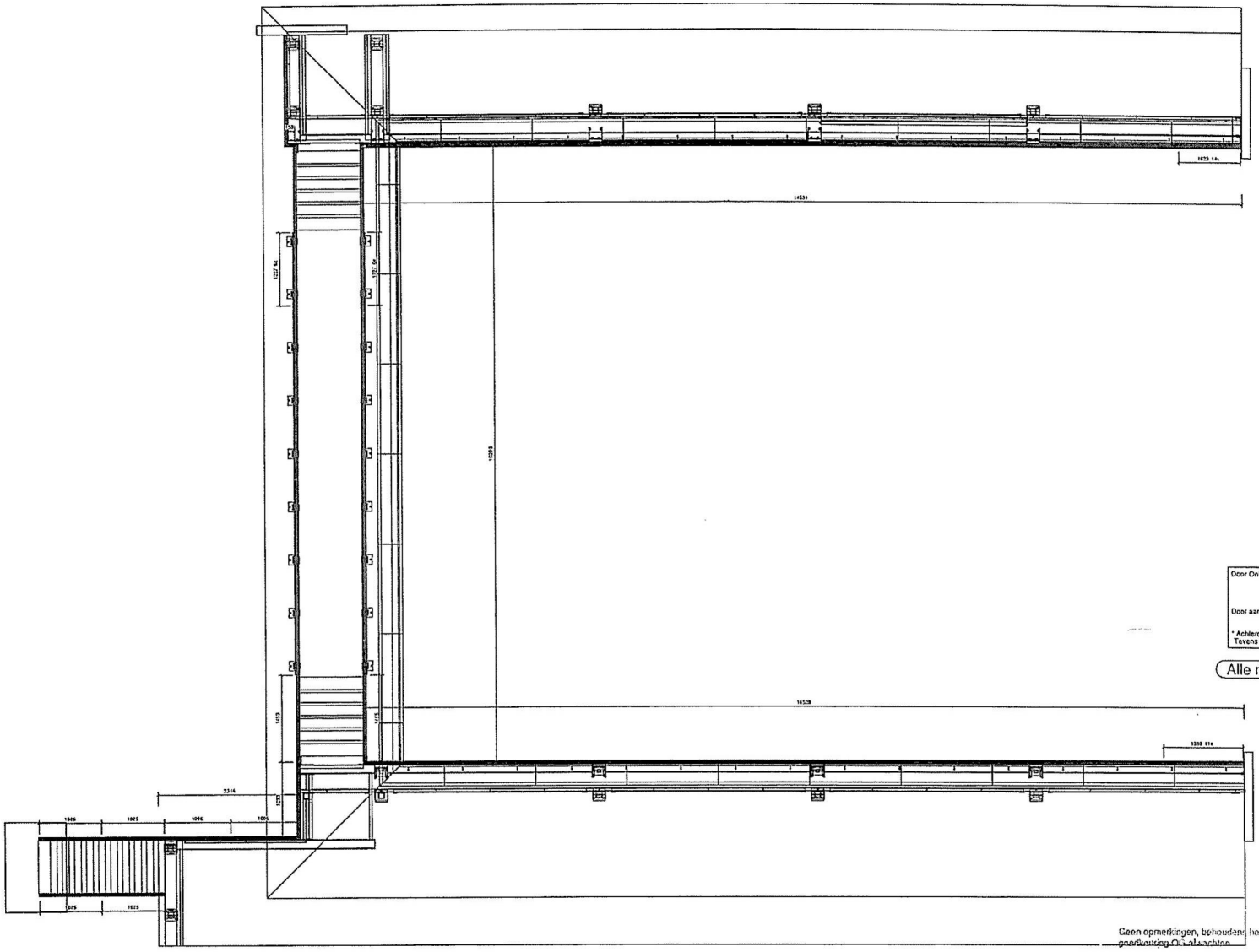
Glas
Blank Gehard Gelaagd 8/8/4
Blank Gehard Gelaagd 12/12/4
ruimte tussen glas en glas 8mm
ruimte tussen muur en glas Ca.20mm

DEFINITIEF

Voor details zie tek.nr.60170172-002 GK bl.02 Rev.01

60170172 002 GK

ONLEVEL BALUSTRADES



Door OnLevel te verzorgen	: Consoles (detail 3) : Aluminium klemprofielen TL-5010, TL-3031, TL-3011, TL-6011 : Afdekkappen : Glas + Aluminium leuningwerk
Door aannemer te verzorgen	: Alle achterconstructies* welke benodigd zijn mbt de montage van de glazen balustraden.

* Achterconstructies dienen recht, vlak en strak gemonteerd te zijn.
Tevens dienen de achterconstructies te zijn voorzien van de juiste gaten gaten patronen

Alle maten moeten nog ingemeten worden door OnLevel

Geen opmerkingen, behoudens het type glas.
goedkeuring OnLevel volgt

Uitv.klasse: EXC 3

Glasbalustrade
Hand railing U-30 Alu.
Ral 8019 mat 2 laags gecoat

Glasprofiel TL-5010
Aluminium 6063T6
Ral 8019 mat 2 laags gecoat

Glasprofiel TL3031
Aluminium 6063T6
Ral 8019 mat 2 laags gecoat

Glasprofiel TL-3011
Aluminium 6063T6
Ral 8019 mat 2 laags gecoat

Glasprofiel TL-6011
Aluminium 6063T6
Ral 8019 mat 2 laags gecoat

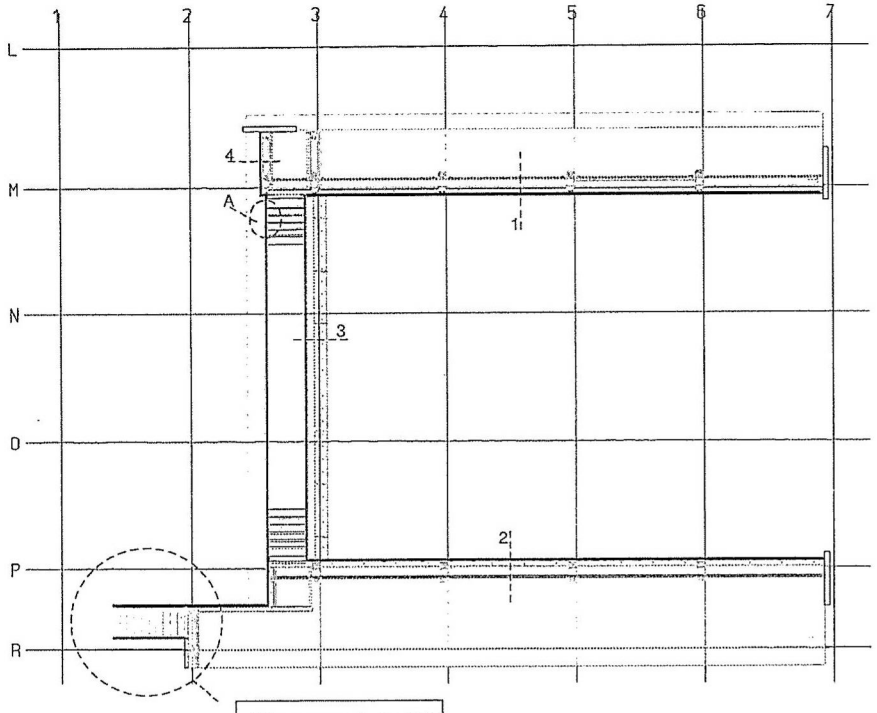
Afdekkappen
TL-3011/TL-3031/TL-6011
Ral 8019 mat 2 laags gecoat
Aluminium 6063T6

Glas
Blank Gehard Gelaagd 8/8/4
Blank Gehard Gelaagd 12/12/4
ruimte tussen glas en glas 8mm
ruimte tussen muur en glas Ca.20mm

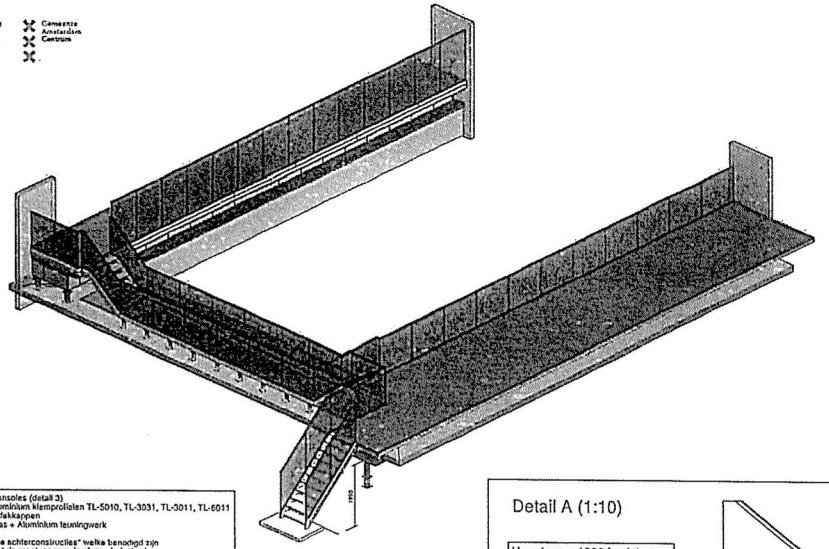
DEFINITIEF

Opdrachtgever	Glazen balustrade	Tekeningnummer	60170172-001 GK
Project	Bungalows		
Opdrachtgever	Schoorlse Bouw Support		

ONLEVEL BALUSTRADES



Volgens opgave peilmaten : 1990



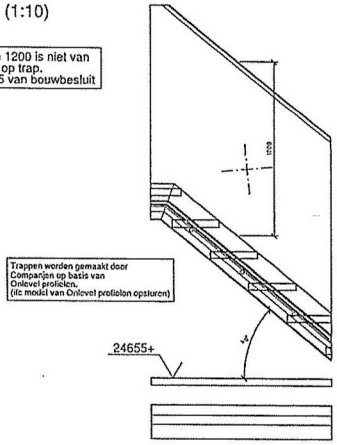
Door OnLevel te verzorgen	: Consoles (detail 3) : Aluminium klemprofielen TL-5010, TL-3031, TL-3011, TL-6011 : Afdekkappen : Glas + Aluminium leuningwerk
Door aannemer te verzorgen	: Alle achterconstructies* welke benodigd zijn mbt de montage van de glazen balustraden.

* Achterconstructies dienen recht, vlak en strak gemonteerd te zijn.
Tevens dienen de achterconstructies te zijn voorzien van de juiste gaten gaten patronen

Alle maten moeten nog ingemeten worden door OnLevel

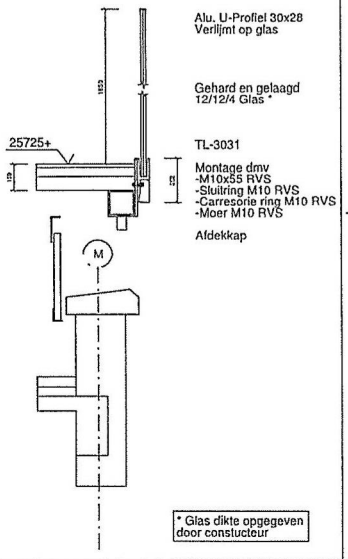
Detail A (1:10)

Hoogte van 1200 is niet van toepassing op trap.
Zie Art. 2.35 van bouwbesluit



Trappen worden gemaakt door Companjen op basis van Onlevel profielen.
(ifc model van Onlevel profielen opsturen)

1 (1:10)



Alu. U-Profiel 30x28
Verlijmt op glas

Gehard en gelaagd
12/12/4 Glas *

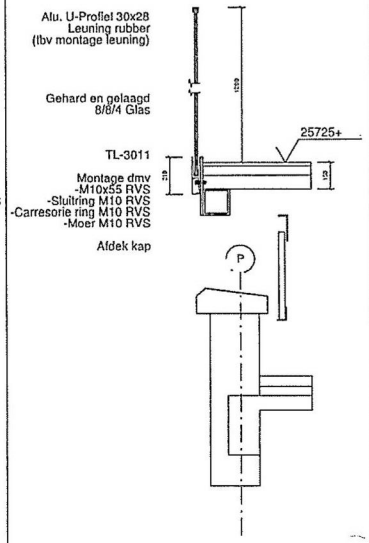
TL-3031

Montage dmv
-M10x55 RVS
-Sluitring M10 RVS
-Carresorie ring M10 RVS
-Moer M10 RVS

Afdekkap

* Glas dikte opgegeven door constucteur

2 (1:10)



Alu. U-Profiel 30x28
Leuning rubber
(tbv montage leuning)

Gehard en gelaagd
8/8/4 Glas

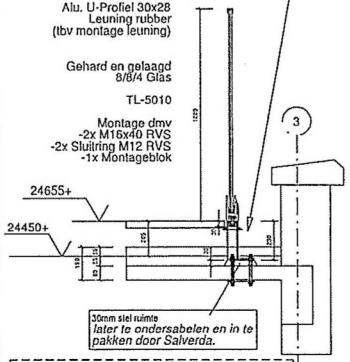
TL-3011

Montage dmv
-M10x55 RVS
-Sluitring M10 RVS
-Carresorie ring M10 RVS
-Moer M10 RVS

Afdek kap

3 (1:10)

Dit zou allemaal goed moeten gaan volgens Salverda

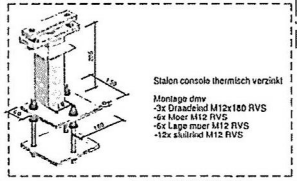


Alu. U-Profiel 30x28
Leuning rubber
(tbv montage leuning)

Gehard en gelaagd
8/8/4 Glas

TL-5010

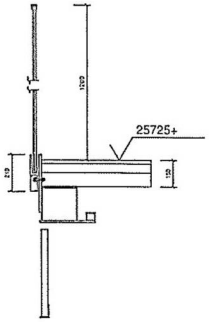
Montage dmv
-2x M16x40 RVS
-2x Sluitring M12 RVS
-1x Montageblok



Stalon console thermisch verzinkt

Montage dmv
-3x Draadeind M12x180 RVS
-6x Moer M12 RVS
-6x Lage moer M12 RVS
-12x sluitrkd M12 RVS

4 (1:10)



Alu. U-Profiel 30x28
Leuning rubber
(tbv montage leuning)

Gehard en gelaagd
8/8/4 Glas

TL-3011

Montage dmv
-M10x55 RVS
-Sluitring M10 RVS
-Carresorie ring M10 RVS
-Moer M10 RVS
Afdekkap

Uitv.klasse: EXC 3

Glasbalustrade
Hand railing U-30 Akt.
Ral 8019 mat 2 laags gecoat

Glasprofiel TL-5010
Aluminium 6063T6
Ral 8019 mat 2 laags gecoat

Glasprofiel TL3031
Aluminium 6063T6
Ral 8019 mat 2 laags gecoat

Glasprofiel TL-3011
Aluminium 6063T6
Ral 8019 mat 2 laags gecoat

Glasprofiel TL-6011
Aluminium 6063T6
Ral 8019 mat 2 laags gecoat

DEFINITIEF

Afdekkappen
TL-3011/TL-3031/TL-6011
Ral 8019 mat 2 laags gecoat
Aluminium 6063T6

Glas
Blank Gehard Gelaagd 8/8/4
Blank Gehard Gelaagd 12/12/4
minimale tussen glas en glas 8mm
minimale tussen muur en glas Ca.20mm

Project	Bungehuis
	60170172-001 GK

ONLEVEL
BALUSTRADES

Spuistraat 210, Amsterdam

3432-17018-01 ver. A

statische berekening balustrade

projectnr. Onlevel: **60170172**

Opdrachtgever: **OnLevel B.V.**
Innovatielaan 25
Heerenveen

ver.	datum	paraaf	omschrijving
A	2017-11-27	WG	

ing. W.L.G. van de Gaar (contr)

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

Besloten vennootschap; inschrijving K.v.K. nummer 14622259
BTW-nummer: NL.0059.43.917.B.01
Opdrachten worden aanvaard en uitgevoerd overeenkomstig de geldende DNR 2011 zoals gedeponeerd ter griffie van de Rechtbank te Amsterdam onder nummer 78/2011.
Deze zijn ter inzage en worden u op verzoek toegezonden.

Inhoud

1 Van toepassing zijnde normen 3
2 Standaard berekeningsrapporten 3
3 Omschrijving 3
4 Uitgangspunten berekening 3
4.1 Belastingen en gevolgklasse 3
4.2 Materialen 4
4.2.1 Aluminium vlg. NEN-EN 1999-1-1 4
4.2.2 Staal vlg. NEN-EN 1993-1-1 4
4.2.3 Bouten en moeren 4
4.2.4 Betonconstructie 4
5 Overzicht/tekeningen 5
6 balustrade 1 - 1.65 m hoog 6
6.1 Glas 12/12/4 therm gehard 6
6.2 Profiel TL 3031 6
6.3 Verankering profiel M10 (A4-70) h.o.h. 250 mm 6
6.4 Achterliggende staalconstructie 6
7 balustrade 2 - 1.20 m hoog 7
7.1 Glas 8/8/4 therm gehard 7
7.2 Profiel TL 3011 7
7.3 Verankering profiel M10 (A4-70) h.o.h. 370 mm 7
7.4 Achterliggende staalconstructie 7

1 Van toepassing zijnde normen

NEN 2608:2014	vlakglas voor gebouwen: eisen en bepalingsmethoden
NEN-EN 1990:2011	grondslagen voor het constructief ontwerp
NEN-EN 1991-1-1:2011	algemene belastingen: eigen gewicht en opgelegde belastingen
NEN-EN 1991-1-4:2011	algemene belastingen: windbelastingen
NEN-EN 1993-1-1:2011	staalconstructies

2 Standaard berekeningsrapporten

Naar onderstaande berekeningsrapporten wordt in deze berekening verwezen:

3432-12002-001 rev. K	berekening glasbalustrades - algemeen
3432-12002-003 rev. E	berekening glasbalustrades - (0.8 kN/m | 1.0 kN)
3432-12001-10303100211 rev D	berekening TL3031 profiel
3432-12001-10301100211 rev D	berekening TL3011 profiel

3 Omschrijving

In opdracht van Onlevel zijn de 1.65 m hoge glazen balustrades/windschermen op het bovenste dak van het gebouw berekend.
Voor de tekening van de balustrades zie tek. 60170172-001 GK van Onlevel.
Specifiek detail 1.

De balustrade zelf, inclusief de klemlijst worden in een andere (standaard)berekening al verantwoord. Hier draait het enkel om de verbinding van de klemlijst aan de achterliggende koker.

4 Uitgangspunten berekening

4.1 Belastingen en gevolgklasse

Gevolgklasse CC2 (vlg. H.2 van NEN 2608)
Gehanteerde belastingfactoren op basis van gevolgklasse CC2:
Formule (6.10b) maatgevend: $\gamma_G = 1{,}2$ $\gamma_Q = 1{,}5$

Horizontale belastingen op afscheidingen bij een hoogteverschil vlg. bijlage NB.A van NEN 1991-1-1(NB):
Belasting op horizontale handregel (zone A):

lijnlast	**q_{rep} = 0.8 kN/m**
geconcentreerde belasting	**F_{rep} = 1.0 kN** (0.2*0.2 m)
tijdsduur	5 min = 300 sec
Belasting glaspaneel in zone B:	F_{rep} = 0.7 kN (0.2*0.2 m) (tijdsduur 5 min)
	F_{rep} = 0.5 kN (0.2*0.2 m) (tijdsduur 7*24 uur)

Glasgewicht:
Totale glasdikte max: 30 mm
G = 0.030 * 25 = 0.75 kN/m^2

Op een verbinding wordt tevens een persoon verticaal als gewicht geteld, buiten de reeds aanwezige horizontale belasting.

Windbelasting
Gebouw windgebied 2 - reken bebouwd
Gebouwafmetingen: H = 25.7 m' (BK dak) → $q_{p(z)}$ = 0.98 kN/m^2
C_{pe} = */- 1.5 → w = 1.50*1.00 = 1.50 kN/m^2

4.2 Materialen

De toegepaste materialen en kwaliteiten zijn, tenzij anders vermeld:

4.2.1 Aluminium vlg. NEN-EN 1999-1-1

Aluminium extrusie profielen **EN AW-6063-T6**

t γ 25 mm	f_o = 160 MPa	f_u = 195 MPa
	$f_{o;haz}$ = 65 MPa	$f_{u;haz}$ = 110 MPa
	E = 70000 MPa	
	G = 27000 MPa	v = 0.3

Materiaal factoren vlg. 6.1.3(1): γ_{M1} = 1.10 γ_{M2} = 1.25

4.2.2 Staal vlg. NEN-EN 1993-1-1

Staalprofielen:

S235JR t γ 40 mm	f_y = 235 MPa	f_u = 360 MPa
S355J2 t γ 40 mm	f_y = 355 MPa	f_u = 490 MPa
	E = 210000 MPa	
	G = 81000 MPa	v = 0.3

Materiaal factoren vlg. 6.1(1): $\gamma_{M0} = \gamma_{M1}$ = 1.00 γ_{M2} = 1.25

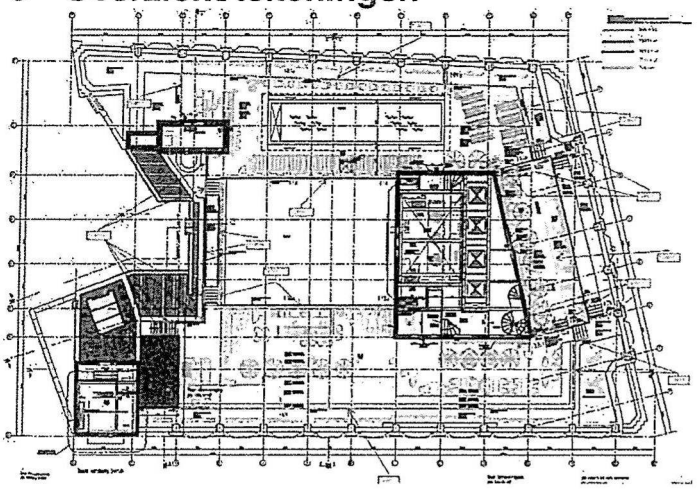
4.2.3 Bouten en moeren

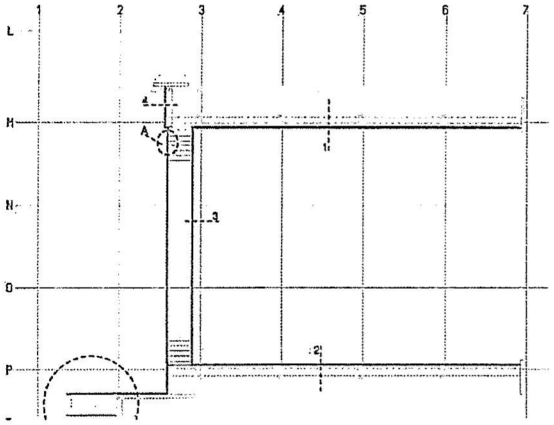
A4-70 (A2-70)	f_{yb} = 450 MPa	f_{ub} = 700 MPa
8.8	f_{yb} = 640 MPa	f_{ub} = 800 MPa

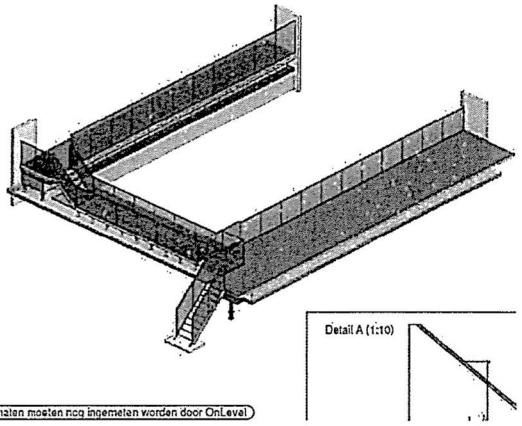
4.2.4 Betonconstructie

nvt

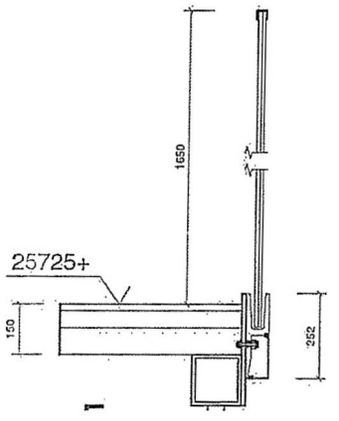
5 Overzicht/tekeningen







6 balustrade 1 - 1.65 m hoog 1 (1:10)



Alu. U-Profiel 30x28

Leuning rubber

Gehard en gelaagd
12/12/4 glas

TL-3031

Montage dmv
-M10x55 RVS
-Sluitring M10 RVS
-Carresorie ring M10 RVS
-Moer M10 RVS

6.1 Glas 12/12/4 therm gehard

Personen: lijnlast/puntlast 0.8 kN/m | 1.0 kN op 1.20 m hoogte γ
zie standaard berekeningen 3432-12002-001 en 3132-12002-003 γ
met handregel voldoet 10/10/4 therm gehard

Wind: $M_{Ed} = 1.50*1.50*0.98*1.65^2/2 = 3.00$ kNm/m

$f_{m;t;ud} = 84.4$ MPa bij 5 sec (wind) - zie 3432-12002-001

12/12/4: $t_{gg;u} = 17.80$ mm $t_{gg;ser} = 20.57$ mm - zie 3432-12002-001
$\sigma_{Ed} = 3.00 *10^3 *6 / (17.8^2) = 56.8 \leq$ 84.4 γ 12/12/4 voldoet

Doorbuiging top balustrade bij windbelasting t.g.v. vervorming glas:
$w_{freq} = 0.90*1.50*0.98*1650^4 / (8*70000*1000*20.57^3/12) = 24.1$ mm
NEN 2608: $w_{glas} \leq 2*1650/100 = 33$ mm > 29.5 ✓

6.2 Profiel TL 3031

Personen: Het profiel is gedimensioneerd op 3 kN/m ✓
Wind: $M_{Ed} = 1.50*1.50*0.98*1.65^2/2 =$ 3.00 kNm/m
$Q_{Ed} = 1.50*1.50*0.98*1.65 =$ 3.64 kN/m
Krachten in klemprofiel: (zie 3432-12001-10303100211)
$F_{1Ed} = 3.003/0.090 + 3.64 = 37.00$ kN/m ≤ (1.50*43.00 =) 64.5 kN/m ✓

γ Profiel voldoet in deze situatie

6.3 Verankering profiel M10 (A4-70) h.o.h. 250 mm

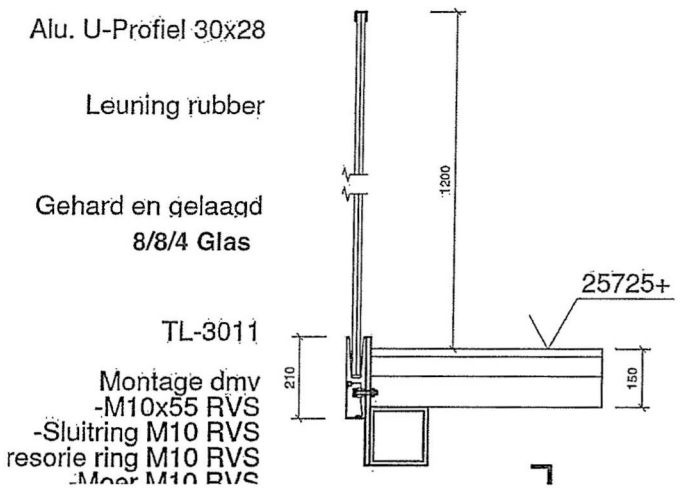
Wind maatgevend.
In bouten h.o.h. 250 mm: $F_{tEd} = 3.64*(1650/2 + 245) / 95$ = 40.99 kN/m γ 10.24 kN per bout
$F_{vEd} = 1.20*1.65*0.024*25$ = 1.19 kN/m γ 0.30 kN per bout

M10 (A4-70): $F_{tRd} = 29.23$ kN ≥ 10.24 ✓
$F_{vRd} = 16.24$ kN ≥ 0.30 ✓

6.4 Achterliggende staalconstructie

De achterliggende staalconstructie valt buiten de opdracht en dient te worden gecontroleerd op de hierboven berekenden krachten uit de balustrade / windscherm (door/namens hoofdconstructeur).

7 balustrade 2 - 1.20 m hoog



7.1 Glas 8/8/4 therm gehard

Personen: lijnlast/puntlast 0.8 kN/m | 1.0 kN op 1.20 m hoogte γ
zie standaard berekeningen 3432-12002-001 en 3132-12002-003 γ
met handregel voldoet 10/10/4 therm gehard

Wind: $M_{Ed} = 1.50*1.50*0.98*1.20^2/2 = 1.588$ kNm/m
$f_{m;t;ud} = 84.4$ MPa bij 5 sec (wind) - zie 3432-12002-001

8/8/4: $t_{gg;u} = 12.46$ mm $t_{gg;ser} = 14.66$ mm - zie 3432-12002-001
$\sigma_{Ed} = 1.588*10^3 *6 / (12.46^2) = 61.3 \leq$ 84.4 γ 8/8/4

Doorbuiging top balustrade bij windbelasting t.g.v. vervorming glas:
$w_{freq} = 0.90*1.50*0.98*1200^4 / (8*70000*1000*14.66^3/12) = 18.6$ mm
NEN 2608: $w_{glas} \leq 2*1200/100 = 24$ mm > 18.6 ✓

7.2 Profiel TL 3011

TL3011:
Personen: Het profiel is gedimensioneerd op 1 kN/m ✓
Wind: $M_{Ed} = 1.50*1.50*0.98*1.20^2/2 = 1.588$ kNm/m
$Q_{Ed} = 1.50*1.50*0.98*1.20 = 2.65$ kN/m
Krachten in klemprofiel: (zie 3432-12001-10301100211)
$F_{1Ed} = 1.588/0.090 + 2.65 = 20.29$ kN/m ≤ (1.50*14.33 =) 21.50 kN/m
γ Profiel TL3011 ✓

7.3 Verankering profiel M10 (A4-70) h.o.h. 370 mm

In bouten h.o.h. 370 mm:

personen:	$F_{tEd} = 1.5*1.0*(1200 + 203) / 60$	= 35.07 kN/m γ	12.97 kN per bout	
wind:	$F_{tEd} = 2.65*(1200/2 + 203) / 60$	= 35.46 kN/m γ	13.12 kN per bout	
	$F_{vEd} = 1.20*1.20*0.020*25$	= 0.72 kN/m γ	0.27 kN per bout	

M10 (A4-70): $F_{tRd} = 29.23$ kN ≥ 13.12 ✓
$F_{vRd} = 16.24$ kN ≥ 0.27 ✓

7.4 Achterliggende staalconstructie

De achterliggende staalconstructie valt buiten de opdracht en dient te worden gecontroleerd op de hierboven berekenden krachten uit de balustrade / windscherm (door/namens hoofdconstructeur).

ADVIESBUREAU BREKELMANS

ingenieurs voor bouwconstructies

ONLEVEL BALUSTRADES

BEREKENINGEN

Project:	Bungehuis, Amsterdam
Project nr. OnLevel: Brekelmans:	3432-17018-01 ver. B
Opdrachtgever:	OnLevel B.V. Innovatielaan 25 Nijehaske
Constructeur:	Brekelmans Maastricht
Onderdeel:	Constructieberekening
Datum:	B. 2017-12-13

WE'RE ONLEVEL

Bungehuis, Amsterdam
3432-17018-01 ver. B

statische berekening balustrade

projectnr. Onlevel: **60170172**

Opdrachtgever: **OnLevel B.V.**
Innovatielaan 25
Heerenveen

ver.	datum	paraaf	omschrijving
A	2017-11-27	WG	
B	2017-12-13	WG	aanvulling met berekening details 3, 6 en 9



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

Besloten vennootschap; inschrijving K.v.K. nummer 14622259
BTW-nummer: NL.0059.43.917.B.01
Opdrachten worden aanvaard en uitgevoerd overeenkomstig de geldende DNR 2011 zoals gedeponeerd ter griffie van de Rechtbank te Amsterdam onder nummer 78/2011.
Deze zijn ter inzage en worden u op verzoek toegezonden.

Inhoud

1 Van toepassing zijnde normen 4
2 Standaard berekeningsrapporten 4
3 Omschrijving 4
4 Uitgangspunten berekening 4
4.1 Belastingen en gevolgklasse 4
4.2 Materialen 5
4.2.1 Aluminium vlg. NEN-EN 1999-1-1 5
4.2.2 Staal vlg. NEN-EN 1993-1-1 5
4.2.3 Bouten en moeren 5
4.2.4 Betonconstructie 5
5 Overzicht/tekeningen 6
6 balustrade 1 - 1.65 m hoog 7
6.1 Glas 12/12/4 therm gehard 7
6.2 Profiel TL 3031 7
6.3 Verankering profiel M10 (A4-70) h.o.h. 250 mm 7
6.4 Achterliggende staalconstructie 7
7 balustrade 2 - 1.20 m hoog 8
7.1 Glas 8/8/4 therm gehard 8
7.2 Profiel TL 3011 8
7.3 Verankering profiel M10 (A4-70) h.o.h. 370 mm 8
7.4 Achterliggende staalconstructie 8
8 balustrade 3 - 1.20 m hoog 9
8.1 Glas 8/8/4 therm gehard 9
8.2 Profiel TL 5010 9
8.3 Stalen steun h.o.h. 833 mm 9
8.3.1 K60/6 (S235) 9
8.3.2 Verankering draadeinden M12 (A4-50) door en door (o.k. vloer staalplaat) 10
8.3.3 Voetplaat dik 12 mm (S235) 10
8.3.4 Ondersabel mortel K50 10
8.3.5 80 mm dikke betonvloer 10
9 balustrade 6 - 0.90 m hoog 11
9.1 Glas 8/8/4 therm gehard 11
9.2 Profiel TL 3011 11
9.2.1 Verankering profiel M10 (A4-70) h.o.h. 370 mm 11
9.3 Achterliggende staalconstructie 11
10 balustrade 9 - 0.90 m hoog 12
10.1.1 Glas 8/8/4 therm gehard 12
10.2 Profiel TL 6011 12

10.3 Verankering profiel M10 (A4-70) h.o.h. 370 mm 12
10.4 Achterliggende staalconstructie 12

1 Van toepassing zijnde normen

NEN 2608:2014	vlakglas voor gebouwen: eisen en bepalingsmethoden
NEN-EN 1990:2011	grondslagen voor het constructief ontwerp
NEN-EN 1991-1-1:2011	algemene belastingen: eigen gewicht en opgelegde belastingen
NEN-EN 1991-1-4:2011	algemene belastingen: windbelastingen
NEN-EN 1993-1-1:2011	staalconstructies

2 Standaard berekeningsrapporten

Naar onderstaande berekeningsrapporten wordt in deze berekening verwezen:

3432-12002-001 rev. K	berekening glasbalustrades - algemeen
3432-12002-003 rev. E	berekening glasbalustrades - (0.8 kN/m | 1.0 kN)
3432-12001-10303100211 rev D	berekening TL3031 profiel
3432-12001-10301100211 rev D	berekening TL3011 profiel
3432-12001-10501000211 rev E	berekening TL5010 profiel
3432-12001-10601100211 rev C	berekening TL6011 profiel

3 Omschrijving

In opdracht van Onlevel zijn de glazen balustrades/windschermen op het bovenste dak van het gebouw berekend.
Voor de tekening van de balustrades zie tek. 60170172-001 en 002 GK van Onlevel.

Voor de berekening van de standaard klemprofielen en glaspanelen zie bovengenoemde standaard berekeningsrapporten.

4 Uitgangspunten berekening

4.1 Belastingen en gevolgklasse

Gevolgklasse CC2 (vlg. H.2 van NEN 2608)
Gehanteerde belastingfactoren op basis van gevolgklasse CC2:
Formule (6.10b) maatgevend: $\gamma_G = 1{,}2$ $\gamma_Q = 1{,}5$

Horizontale belastingen op afscheidingen bij een hoogteverschil vlg. bijlage NB.A van NEN 1991-1-1(NB):
Belasting op horizontale handregel (zone A):

lijnlast	**q_{rep} = 0.8 kN/m**
geconcentreerde belasting	**F_{rep} = 1.0 kN** (0.2*0.2 m)
tijdsduur	5 min = 300 sec
Belasting glaspaneel in zone B:	F_{rep} = 0.7 kN (0.2*0.2 m) (tijdsduur 5 min)
	F_{rep} = 0.5 kN (0.2*0.2 m) (tijdsduur 7*24 uur)

Glasgewicht:
Totale glasdikte max: 30 mm
G = 0.030 * 25 = 0.75 kN/m^2

Op een verbinding wordt tevens een persoon verticaal als gewicht geteld, buiten de reeds aanwezige horizontale belasting.

Windbelasting
Gebouw windgebied 2 - reken bebouwd
Gebouwafmetingen: H = 25.7 m' (BK dak) $\rightarrow$ $q_{p(z)}$ = 0.98 kN/m^2
C_{pe} = */- 1.5 $\rightarrow$ w = 1.50*1.00 = 1.50 kN/m^2

4.2 Materialen

De toegepaste materialen en kwaliteiten zijn, tenzij anders vermeld:

4.2.1 Aluminium vlg. NEN-EN 1999-1-1

Aluminium extrusie profielen **EN AW-6063-T6**

$t \leq 25$ mm	$f_o = 160$ MPa	$f_u = 195$ MPa
	$f_{o;haz} = 65$ MPa	$f_{u;haz} = 110$ MPa
	$E = 70000$ MPa	
	$G = 27000$ MPa	$v = 0.3$

Materiaal factoren vlg. 6.1.3(1): $\gamma_{M1} = 1.10$ $\gamma_{M2} = 1.25$

4.2.2 Staal vlg. NEN-EN 1993-1-1

Staalprofielen:

S235JR $t \leq 40$ mm	$f_y = 235$ MPa	$f_u = 360$ MPa
S355J2 $t \leq 40$ mm	$f_y = 355$ MPa	$f_u = 490$ MPa
	$E = 210000$ MPa	
	$G = 81000$ MPa	$v = 0.3$

Materiaal factoren vlg. 6.1(1): $\gamma_{M0} = \gamma_{M1} = 1.00$ $\gamma_{M2} = 1.25$

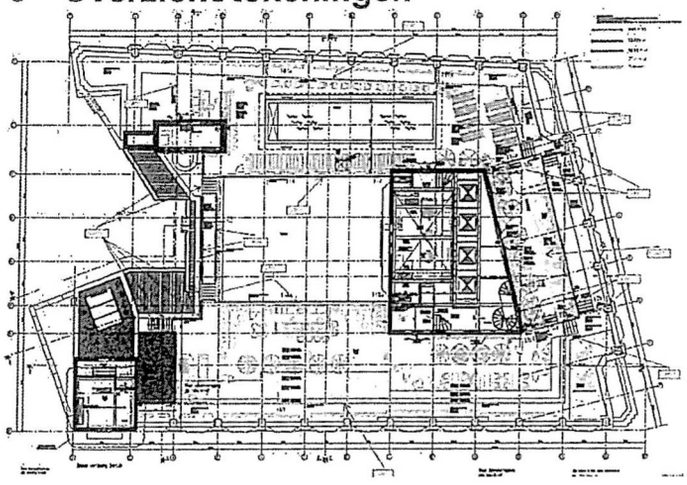
4.2.3 Bouten en moeren

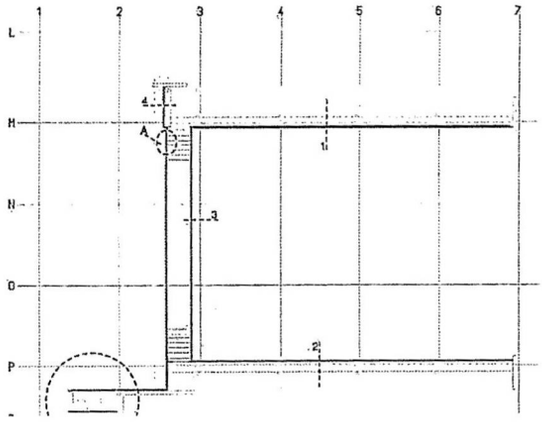
A4-70 (A2-70)	$f_{yb} = 450$ MPa	$f_{ub} = 700$ MPa
8.8	$f_{yb} = 640$ MPa	$f_{ub} = 800$ MPa

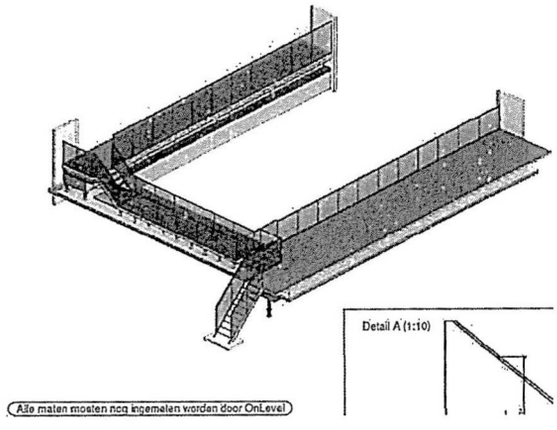
4.2.4 Betonconstructie

nvt

5 Overzicht/tekeningen

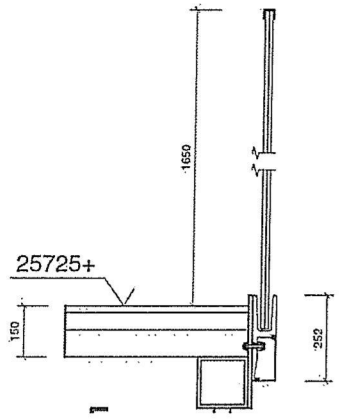






6 balustrade 1 - 1.65 m hoog

1 (1:10)



Alu. U-Profiel 30x28

Leuning rubber

Gehard en gelaagd
12/12/4 glas

TL-3031

Montage dmv
-M10x55 RVS
-Sluitring M10 RVS
-Carresorie ring M10 RVS
-Moer M10 RVS

6.1 Glas 12/12/4 therm gehard

Personen: lijnlast/puntlast 0.8 kN/m | 1.0 kN op 1.20 m hoogte →
zie standaard berekeningen 3432-12002-001 en 3132-12002-003 →
met handregel voldoet 10/10/4 therm gehard

Wind: $M_{Ed} = 1.50*1.50*0.98*1.65^2/2 = 3.00$ kNm/m

$f_{m;t;ud} = 84.4$ MPa bij 5 sec (wind) - zie 3432-12002-001

12/12/4: $t_{gg;u} = 17.80$ mm $t_{gg;ser} = 20.57$ mm - zie 3432-12002-001
$\sigma_{Ed} = 3.00 *10^3 *6 / (17.8^2) = 56.8 \leq$ 84.4 → 12/12/4 voldoet

Doorbuiging top balustrade bij windbelasting t.g.v. vervorming glas:
$w_{freq} = 0.90*1.50*0.98*1650^4 / (8*70000*1000*20.57^3/12) = 24.1$ mm
NEN 2608: $w_{glas} \leq 2*1650/100 = 33$ mm > 29.5 ✓

6.2 Profiel TL 3031

Personen: Het profiel is gedimensioneerd op 3 kN/m ✓

Wind: $M_{Ed} = 1.50*1.50*0.98*1.65^2/2 = 3.00$ kNm/m
$Q_{Ed} = 1.50*1.50*0.98*1.65 = 3.64$ kN/m
Krachten in klemprofiel: (zie 3432-12001-10303100211)
$F_{1Ed} = 3.003/0.090 + 3.64 = 37.00$ kN/m ≤ (1.50*43.00 =) 64.5 kN/m ✓

→ Profiel voldoet in deze situatie

6.3 Verankering profiel M10 (A4-70) h.o.h. 250 mm

Wind maatgevend.

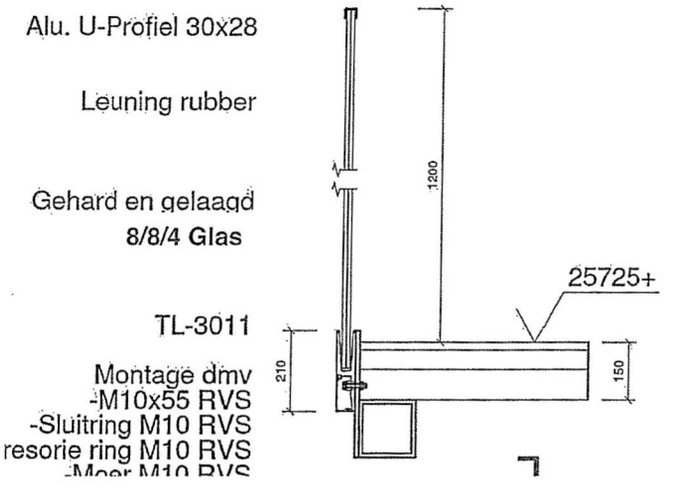
In bouten h.o.h. 250 mm: $F_{tEd} = 3.64*(1650/2 + 245) / 95 = 40.99$ kN/m → 10.24 kN per bout
$F_{vEd} = 1.20*1.65*0.024*25 = 1.19$ kN/m → 0.30 kN per bout

M10 (A4-70): $F_{tRd} = 29.23$ kN ≥ 10.24 ✓
$F_{vRd} = 16.24$ kN ≥ 0.30 ✓

6.4 Achterliggende staalconstructie

De achterliggende staalconstructie valt buiten de opdracht en dient te worden gecontroleerd op de hierboven berekende krachten uit de balustrade / windscherm (door/namens hoofdconstructeur).

7 balustrade 2 - 1.20 m hoog



7.1 Glas 8/8/4 therm gehard

Personen: lijnlast/puntlast 0.8 kN/m | 1.0 kN op 1.20 m hoogte →
zie standaard berekeningen 3432-12002-001 en 3132-12002-003 →
met handregel voldoet 10/10/4 therm gehard

Wind: $M_{Ed} = 1.50*1.50*0.98*1.20^2/2 = 1.588$ kNm/m
$f_{m;t;ud} = 84.4$ MPa bij 5 sec (wind) - zie 3432-12002-001

8/8/4: $t_{gg;u} = 12.46$ mm $t_{gg;ser} = 14.66$ mm - zie 3432-12002-001
$\sigma_{Ed} = 1.588*10^3 *6 / (12.46^2) = 61.3 \leq$ 84.4 → 8/8/4

Doorbuiging top balustrade bij windbelasting t.g.v. vervorming glas:
$w_{freq} = 0.90*1.50*0.98*1200^4 / (8*70000*1000*14.66^3/12) = 18.6$ mm
NEN 2608: $w_{glas} \leq 2*1200/100 = 24$ mm > 18.6 ✓

7.2 Profiel TL 3011

→

7.3 Verankering profiel M10 (A4-70) h.o.h. 370 mm

In bouten h.o.h. 370 mm:

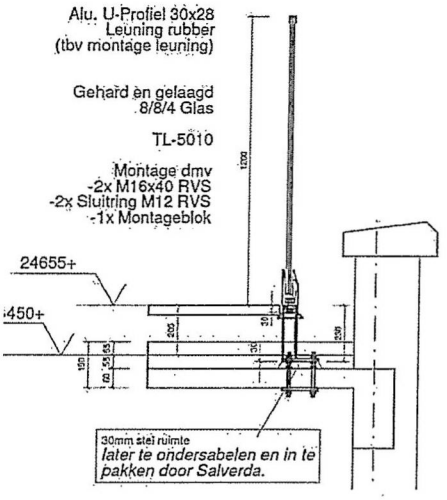
personen:	$F_{tEd} = 1.5*1.0*(1200 + 203) / 60$	= 35.07 kN/m →	12.97 kN per bout
wind:	$F_{tEd} = 2.65*(1200/2 + 203) / 60$	= 35.46 kN/m →	13.12 kN per bout
	$F_{vEd} = 1.20*1.20*0.020*25$	= 0.72 kN/m →	0.27 kN per bout

M10 (A4-70):	$F_{tRd} = 29.23$ kN	≥	13.12	✓
	$F_{vRd} = 16.24$ kN	≥	0.27	✓

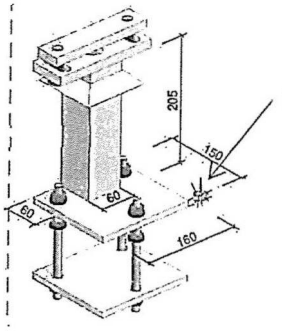
7.4 Achterliggende staalconstructie

De achterliggende staalconstructie valt buiten de opdracht en dient te worden gecontroleerd op de hierboven berekende krachten uit de balustrade / windscherm (door/namens hoofdconstructeur).

8 balustrade 3 - 1.20 m hoog



stalen steun h.o.h. 833 mm



Stalen console thermisch verzinkt

Montage dmv
-3x Draadeind M12x180 RVS
-6x Moer M12 RVS
-6x Lage moer M12 RVS
-12x sluitrind M12 RVS

8.1 Glas 8/8/4 therm gehard

Personen: lijnlast/puntlast 0.8 kN/m | 1.0 kN op 1.20 m hoogte →
zie standaard berekeningen 3432-12002-001 en 3132-12002-003 →
met handregel voldoet 10/10/4 therm gehard

Wind: $M_{Ed} = 1.50*1.50*0.98*1.10^2/2 = 1.390$kNm/m
$f_{m;t;ud} = 84.4$ MPa bij 5 sec (wind) - zie 3432-12002-001

8/8/4: $t_{gg;u} = 12.46$ mm $t_{gg;ser} = 14.66$ mm - zie 3432-12002-001
$\sigma_{Ed} = 1.390*10^3 *6 / (12.46^2) = 53.7 \leq 84.4 \rightarrow$ 8/8/4

Doorbuiging top balustrade bij windbelasting t.g.v. vervorming glas:
$w_{freq} = 0.90*1.50*0.98*1100^4 / (8*70000*1000*14.66^3/12) = 18.2$ mm
NEN 2608: $w_{glas} \leq 2*1100/100 = 22$ mm > 18.2 ✓

8.2 Profiel TL 5010

TL5010:

Personen: Het profiel is gedimensioneerd op 1 kN/m op 1.20 m t.o.v. ok. profiel ✓
$M_{Ed} = 1.50*1.00*1.20 = 1.800$ kNm/m

Wind: $M_{Ed} = 1.50*1.50*0.98*1.20^2/2 = 1.588$ kNm/m < 1.80
Krachten in klemprofiel: zie 3432-12001-10501000211 → Profiel TL5010 ✓

8.3 Stalen steun h.o.h. 833 mm

Voor de berekening van de koppeling stalen - TL5010 profiel zie 3432-12001-10501000211.
In afwijking van de steun zoals berekend in bovengenoemd rapport, wordt een 230 mm hoge steun toegepast in de vorm van een stalen koker 60/6.

Personen: Het profiel is gedimensioneerd op 1 kN/m op 1.20 m t.o.v. ok. profiel ✓
$M_{Ed} = 1.50*1.00*(1.20+0.26) = 2.190$ kNm/m

Wind: $Q_{Ed} = 1.50*1.50*0.98*1.20 = 2.646$ kN/m * 0.833 = 2.204 kN
$M_{Ed} = 2.646*(0.6+0.26) = 2.276$ kNm/m * 0.833 = 1.896 kNm

8.3.1 K60/6 (S235)

K60/6: $W_{el} = 18.49$ cm^3 $A = 1203$ mm2 $I = 55.47$ cm^4
$M_{Rd} = 18.49*235*10^{-3} = 4.345$ kNm UC = 0.507 ≤ 1

8.3.2 Verankering draadeinden M12 (A4-50) door en door (o.k. vloer staalplaat)

Wind maatgevend.

In maatgevend draadeind: $F_{tEd} = 1.896/(0.15-0.03-0.005) =$ 16.49 kN
$F_{vEd} = 2.204/3 =$ 0.74 kN

M12 (A4-50): $F_{tRd} = 30.35$ kN $\geq$ 16.49 ✓
$F_{vRd} = 16.86$ kN $\geq$ 0.74 ✓

8.3.3 Voetplaat dik 12 mm (S235)

$M_{dmax} = 13.12 * (0.15-0.06-0.03) = 0.787$ kNm
160*12: $M_{Rd} = 235*160*12^2 / 6 = 0.902$ kNm > 0.787 ✓

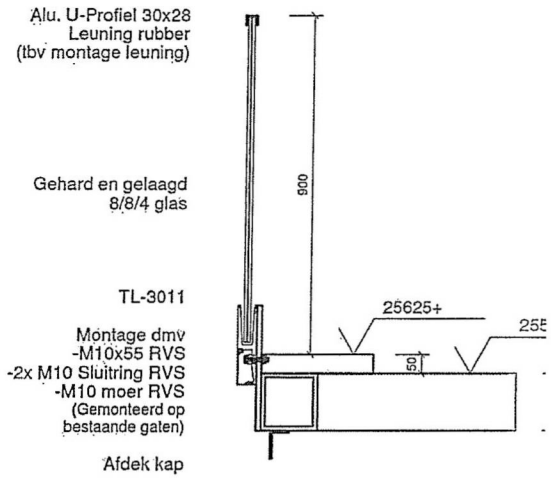
8.3.4 Ondersabel mortel K50

Voetplaat volledig ondersabelen met krimparme mortel K50.

8.3.5 80 mm dikke betonvloer

De betonvloer valt buiten de opdracht en dient te worden gecontroleerd op de hierboven berekende krachten uit de balustrade / windscherm (door/namens hoofdconstructeur).

9 balustrade 6 - 0.90 m hoog



9.1 Glas 8/8/4 therm gehard

Voor de berekening van de glaspanelen wordt verwezen naar balustrade 2. Deze is i.v.m. de grotere hoogte maatgevend.

9.2 Profiel TL 3011

Voor de berekening van het profiel wordt verwezen naar balustrade 2. Deze is i.v.m. de grotere hoogte maatgevend.

9.2.1 Verankering profiel M10 (A4-70) h.o.h. 370 mm

In bouten h.o.h. 370 mm:

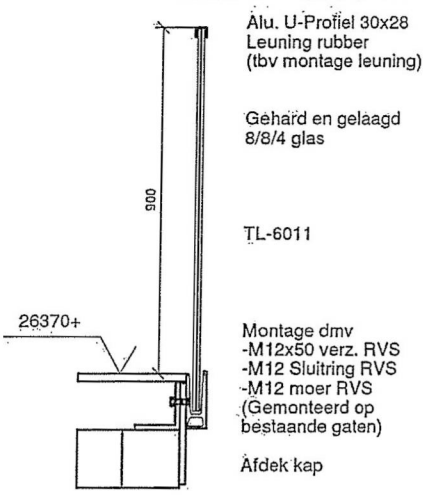
personen: $F_{tEd} = 1.5*1.0*(900 + 203) / 60$ = 27.57 kN/m → 10.20 kN per bout
wind: $Q_{Ed} = 1.50*1.50*0.98*0.90 = 1.985$ kN/m
$F_{tEd} = 1.985*(900/2 + 203) / 60$ = 21.60 kN/m → 7.99 kN per bout
$F_{vEd} = 1.20*0.90*0.020*25$ = 0.54 kN/m → 0.20 kN per bout

M10 (A4-70): $F_{tRd} = 29.23$ kN ≥ 10.20 ✓
$F_{vRd} = 16.24$ kN ≥ 0.20 ✓

9.3 Achterliggende staalconstructie

De achterliggende staalconstructie valt buiten de opdracht en dient te worden gecontroleerd op de hierboven berekende krachten uit de balustrade / windscherm (door/namens hoofdconstructeur).

10 balustrade 9 - 0.90 m hoog



10.1.1 Glas 8/8/4 therm gehard

Voor de berekening van de glaspanelen wordt verwezen naar balustrade 2. Deze is i.v.m. de grotere hoogte maatgevend.

10.2 Profiel TL 6011

TL6011:

Personen: Het profiel is gedimensioneerd op 1 kN/m op 1,20 hoogte

M_{Ed} = 1.50*1.00*1.20 = 1.800 kNm/m

Wind bij voorhanden situatie:

M_{Ed} = 1.50*1.50*0.98*0.90^2/2 = 0.893 kNm/m << 1.800 kNm/m ✓

→ Profiel TL6011 ✓

10.3 Verankering profiel M10 (A4-70) h.o.h. 370 mm

In bouten h.o.h. 370 mm:

personen: F_{tEd} = 1.5*1.0*(900 + 140) / 60 = 26.00 kN/m → 9.62 kN per bout

wind: Q_{Ed} = 1.50*1.50*0.98*0.90 = 1.985 kN/m

F_{tEd} = 1.985*(900/2 + 140) / 60 = 19.52 kN/m → 7.22 kN per bout

F_{vEd} = 1.20*0.90*0.020*25 = 0.54 kN/m → 0.20 kN per bout

M10 (A4-70): F_{tRd} = 29.23 kN ≥ 9.62 ✓

F_{vRd} = 16.24 kN ≥ 0.20 ✓

10.4 Achterliggende staalconstructie

De achterliggende staalconstructie valt buiten de opdracht en dient te worden gecontroleerd op de hierboven berekende krachten uit de balustrade / windscherm (door/namens hoofdconstructeur).

SPARQ
BALUSTRADES

Berekening glasbalustrades - (0.8 kN/m l 1.0 kN) -RECHT

Statische berekening glasbalustrade bij 0.8 kN/m l 1.0 kN
Rechthoekige en licht parallellogramvormige panelen (hellingshoek ≤ 10°)

3432-12002-003 rev. F

high quality full-glass balustrades

Berekening glasbalustrades - (0.8 kN/m l 1.0 kN) -RECHT

3432-12002-003 rev. F

Statische berekening glasbalustrade bij 0.8 kN/m l 1.0 kN
Rechthoekige en licht parallellogramvormige panelen (hellingshoek ≤ 10°)

Opdrachtgever: SPARQ Balustrades
Innovatielaan 25
8447 SN Heerenveen
tel. 0513-617073

rev.	datum	paraaf	omschrijving
A	2013-03-01	WG	
B	2013-04-03	WG	afwijkende breedtes
C	2013-05-01	WG	handregel geoptimaliseerd + SGP
D	2014-07-18	WG	aanvulling met glasplaten met verschillende dikte + SaflexDG
E	2015-06-08	WG	aanvulling 12101DG
F	2018-02-05	WG	Saflex DG, floatglas en samenstellingen met ongelijke dikte verwijderd



ADVIESBUREAU BREKELMANS
ingenieurs voor bouwconstructies
stationsstraat 16
6221 BP maastricht
tel. +31 (0)43 3254637
fax. +31 (0)43 3254190
e-mail info@adviesbureau-brekelmans.nl

Besloten vennootschap; inschrijving K.v.K. nummer 14622259
BTW-nummer: NL.0059.43.917.B.01
Opdrachten worden aanvaard en uitgevoerd overeenkomstig de geldende DNR 2011 zoals gedeponeerd ter griffie van de Rechtbank te Amsterdam onder nummer 78/2011.
Deze zijn ter inzage en worden u op verzoek toegezonden.

Inhoud

1 Van toepassing zijnde normen 3
2 Omschrijving en uitgangspunten 3
3 Thermisch gehard veiligheidsglas 5
4 Minimale breedte paspanelen 9
4.1 Paspanelen zonder constructieve handregel 9
4.2 Paspanelen met constructieve handregel 11
Bijlage 1 – rechthoek – 1000 mm 12
Zonder handregel 12
Met handregel 18
Bijlage 2 – rechthoek – 1200 mm 20
Zonder handregel 20
Met handregel 26
Bijlage 3 – Float 12.10.1DG mét handregel 28
Grenstoestand met laterale breuk van een plaat 30

1 Van toepassing zijnde normen

NEN 2608:2014	vlakglas voor gebouwen: eisen en bepalingsmethoden
NEN-EN 1990:2011	grondslagen voor het constructief ontwerp
NEN-EN 1991-1-1:2011	algemene belastingen: eigen gewicht en opgelegde belastingen
NEN-EN 1991-1-4:2011	algemene belastingen: windbelastingen
(alle normen incl. de NB)	

2 Omschrijving en uitgangspunten

In dit rapport wordt alleen het glaspaneel berekend.
Het glaspaneel is langs de onderrand lijnvormig ingeklemd.

De profielen voor de lijnverankering zijn in andere rapporten berekend.

Voor de bepaling van de rekenwaarde van de buigtreksterkte en de equivalente glasdikte van gelaagd glas wordt verwezen naar rapport "4018-12002-001".
Voor de nadere toelichting op de toetsing van de weerstand bij een beschadigd constructief element vlg. NEN 2608 wordt verwezen naar rapport "4018-12002-001".

Belastingen vlg. bijlage NB.A van NEN-EN 1991-1-1(NB) voor niet-gemeenschappelijke ruimten met een woonfunctie:

lijnlast	q_{rep} **= 0.8 kN/m**	(0.8 N/mm)
geconcentreerde belasting	F_{rep} **= 1.0 kN**	op een vlak van 200*200 mm^2 ($1000/200^2 = 0.0250$ N/mm^2)
tijdsduur belasting	5 min = 300 sec	

Toepassingsgebied:
- Eurocode klasse A (m.u.v. niet-gemeenschappelijke ruimten met een woonfunctie), B en D
- dus alle ruimten met uitzondering van gebruiksfuncties voor personenvervoer, bijeenkomstfuncties, sportfuncties en de gebruiksfunctie "bouwwerk, geen gebouw zijnde" met een gedeelte mede bestemd voor bezoekers (Eurocode klasse C)

Op basis van het gestelde in tabel NB.20 van NEN-EN 1990(NB) en bijlage H.2 van NEN 2608 dient te worden uitgegaan van gevolgklasse **CC2**:

γ_Q **= 1.5**

Glas:
- thermisch gehard veiligheidsglas
- alleen bij de gemarkeerde glaspanelen met "heat-soak"-test vlg. NEN-EN 14179-1
- niet-voorgespannen floatglas is beperkt mogelijk in grotere diktes en bij toepassing van een handregel

De gebouwbeheerder dient bij het constateren van een gebroken plaat het gebied per omgaande af te zetten en de plaat te vervangen!

De berekening is uitgevoerd voor rechthoekige glaspanelen bij een hoogte van 1000 mm en 1200 mm en is van toepassing op rechthoekige en licht parallellogramvormige glaspanelen tot een hellingshoek van 10°.
Voor de parallellogramvormige glaspanelen met grotere hellingshoek is een aparte berekening gemaakt.

Voor de berekening in de UGT en BGT zijn EEM modellen (ESA SCIA Engineer) gemaakt, waarbij is uitgegaan van een fictieve dikte van 10 mm. In de uitvoer zijn de omhullenden voor de spanningen en doorbuigingen bepaald op basis van de representatieve belastingen.

Daar de berekeningen lineair-elastisch worden uitgevoerd en zijn gebaseerd op de representatieve belastingen, moeten de optredende spanningen en doorbuigingen bij de werkelijke dikte worden bepaald d.m.v. :

- spanningen: $\sigma_{Ed} := \gamma_Q \cdot \sigma_{10} \cdot (10/t_{gg;u})^2 \quad \leq \quad f_{mt;u;d}$
- doorbuiging: $w := w_{10} \cdot (10/t_{gg;ser})^3$

In de berekeningen is een verschil gemaakt tussen balustrades met en zonder handregel.
Bij toepassing van een handregel is de geconcentreerde belasting in de hoek niet maatgevend.
Door de handregel wordt de belasting in de bovenhoek overgedragen naar het volgende glaspaneel.
Uit een vergelijkende berekening blijkt dat de doorbuigingen en spanningen dan niet groter zijn dan bij de geconcentreerde belasting in het midden langs de bovenrand.

3 Thermisch gehard veiligheidsglas

Voor de berekening van de optredende spanningen en doorbuigingen in de BGT zie bijlage 1 en 2.

Berekening doorbuiging en rekenwaarde optredende spanningen bij werkelijke equivalente dikte:

Rechthoekig glaspaneel H = 1000 mm paneelbreedte B = 1250 mm
hellingshoogte over B = 0 mm

Belastingen: q_{rep} = 0.80 kN/m
F_{rep} = 1.00 kN

thermisch gehard veiligheidsglas

Resultaten berekening in BGT bij tfict = 10 mm γ_Q = 1.50
(zie bijlagen)

	w_{max} [mm]	σ_{max} [MPa]	
zonder handregel	54.84	70.09	(omhullende BG1+BG2+BG3)
met handregel	44.35	46.19	(omhullende BG1+BG2)
laterale breuk met handregel		91.00	(omhullende BG3+BG4)

Doorbuigingseis glasplaat zelf vlg. 9.2 van NEN 2608 voor eenzijdig ingeklemde plaat: w <= 2*H/100 = 20 mm

duur 5 min.

Glas	$t_{gg;ser}$ [mm]	$t_{gg;u}$ [mm]	w [mm]	σ_{Ed} [MPa]	$f_{mt;u;d}$ [MPa]	UC UGT	voldoet
8.8.4 zonder handregel	13.61	11.78	21.75	75.76	76.3	0.99	nee
met handregel			17.59	49.93	76.3	0.65	ja
10.10.4 zonder handregel	16.79	14.65	11.59	48.99	76.3	0.64	ja
met handregel			9.37	32.28	76.3	0.42	ja
12.12.4 zonder handregel	19.88	17.50	6.98	34.33	76.3	0.45	ja
met handregel			5.64	22.62	76.3	0.30	ja

Toetsing bij laterale breuk van een glasplaat bij fundamentele belastingcombinatie met partiële factor 1:

γ_Q = 1.00

Glas	$t_{gg;u}$ [mm]	σ_{Ed} [MPa]	$f_{mt;u;d}$ [MPa]	UC UGT	voldoet UGT
8.8.4 zonder handregel	7.70	118.22	76.3	1.55	nee
met handregel	11.78	65.58	76.3	0.86	ja
10.10.4 zonder handregel	9.70	74.49	76.3	0.98	ja
met handregel	14.65	42.40	76.3	0.56	ja
12.12.4 zonder handregel	11.70	51.20	76.3	0.67	ja
met handregel	17.50	29.71	76.3	0.39	ja

Toelichting:
Bij toetsing zonder handregel wordt gerekend met de equivalente dikte van de overblijvende onbeschadigde glasplaten.
Bij toetsing met handregel wordt gerekend met de equivalente dikte van de onbeschadigde aangrenzende glasplaten.

Berekening minimaal vereiste momentcapaciteit doorgaande constructieve handregel
paneelbreedte B = 1250 mm a= 50 mm **handregel M_{Rd} >= 50000 Nmm**

In deze tabel vindt geen toetsing op de doorbuiging plaats. De doorbuiging van de glasbalustrade is de som van bovenstaande doorbuiging en de doorbuiging t.g.v. de vervorming van het inklemprofiel.

Berekening doorbuiging en rekenwaarde optredende spanningen bij werkelijke equivalente dikte:

Rechthoekig glaspaneel	**H =**	**1200 mm**	paneelbreedte B =	1250 mm
			hellingshoogte over B =	0 mm
Belastingen:	q_{rep} =	0.80 kN/m		
	F_{rep} =	1.00 kN		

thermisch gehard veiligheidsglas

Resultaten berekening in BGT bij tfict = 10 mm γ_Q = 1.50

(zie bijlagen)

	w_{max} [mm]	σ_{max} [MPa]	
zonder handregel	88.95	76.07	(omhullende BG1+BG2+BG3)
met handregel	68.64	55.91	(omhullende BG1+BG2)
laterale breuk met handregel		94.38	(omhullende BG3+BG4)

Doorbuigingseis glasplaat zelf vlg. 9.2 van NEN 2608 voor eenzijdig ingeklemde plaat: w <= 2*H/100 = 24 mm

duur 5 min.

Glas	$t_{gg;ser}$ [mm]	$t_{gg;u}$ [mm]	w [mm]	σ_{Ed} [MPa]	$f_{mt;u;d}$ [MPa]	UC UGT	voldoet
8.8.4 zonder handregel	14.01	11.78	32.35	82.23	76.3	1.08	nee
met handregel			24.96	60.44	76.3	0.79	nee
10.10.4 zonder handregel	17.33	14.65	17.09	53.17	76.3	0.70	ja
met handregel			13.19	39.08	76.3	0.51	ja
12.12.4 zonder handregel	20.57	17.50	10.22	37.26	76.3	0.49	ja
met handregel			7.89	27.38	76.3	0.36	ja

Toetsing bij laterale breuk van een glasplaat bij fundamentele belastingcombinatie met partiële factor 1:

γ_Q = 1.00

Glas	$t_{gg;u}$ [mm]	σ_{Ed} [MPa]	$f_{mt;u;d}$ [MPa]	UC UGT	voldoet UGT
8.8.4 zonder handregel	7.70	128.30	76.3	1.68	nee
met handregel	11.78	68.01	76.3	0.89	ja
10.10.4 zonder handregel	9.70	80.85	76.3	1.06	nee
met handregel	14.65	43.97	76.3	0.58	ja
12.12.4 zonder handregel	11.70	55.57	76.3	0.73	ja
met handregel	17.50	30.82	76.3	0.40	ja

Toelichting:
Bij toetsing zonder handregel wordt gerekend met de equivalente dikte van de overblijvende onbeschadigde glasplaten.
Bij toetsing met handregel wordt gerekend met de equivalente dikte van de onbeschadigde aangrenzende glasplaten.

Berekening minimaal vereiste momentcapaciteit doorgaande constructieve handregel
paneelbreedte B = 1250 mm a= 50 mm **handregel M_{Rd} >=** **50000 Nmm**

In deze tabel vindt geen toetsing op de doorbuiging plaats. De doorbuiging van de glasbalustrade is de som van bovenstaande doorbuiging en de doorbuiging t.g.v. de vervorming van het inklemprofiel.

Berekening doorbuiging en rekenwaarde optredende spanningen bij werkelijke equivalente dikte:

Rechthoekig glaspaneel H = 1000 mm paneelbreedte B = 2500 mm
hellingshoogte over B = 0 mm

Belastingen: q_{rep} = 0.80 kN/m
F_{rep} = 1.00 kN

thermisch gehard veiligheidsglas

Resultaten berekening in BGT bij tfict = 10 mm γ_Q = 1.50
(zie bijlagen)

	w_{max} [mm]	σ_{max} [MPa]	
zonder handregel	49.70	66.69	(omhullende BG1+BG2+BG3)
met handregel	44.00	44.89	(omhullende BG1+BG2)
laterale breuk met handregel		117.58	(omhullende BG3+BG4)

Doorbuigingseis glasplaat zelf vlg. 9.2 van NEN 2608 voor eenzijdig ingeklemde plaat: w <= 2*H/100 = 20 mm

duur 5 min.

Glas	$t_{gg;ser}$ [mm]	$t_{gg;u}$ [mm]	w [mm]	σ_{Ed} [MPa]	$f_{mt;u;d}$ [MPa]	UC UGT	voldoet
8.8.4 zonder handregel	13.61	11.78	19.71	72.09	76.3	0.94	ja
met handregel			17.45	48.52	76.3	0.64	ja
10.10.4 zonder handregel	16.79	14.65	10.50	46.61	76.3	0.61	ja
met handregel			9.30	31.37	76.3	0.41	ja
12.12.4 zonder handregel	19.88	17.50	6.33	32.66	76.3	0.43	ja
met handregel			5.60	21.99	76.3	0.29	ja

Toetsing bij laterale breuk van een glasplaat bij fundamentele belastingcombinatie met partiële factor 1:

γ_Q = 1.00

Glas	$t_{gg;u}$ [mm]	σ_{Ed} [MPa]	$f_{mt;u;d}$ [MPa]	UC UGT	voldoet UGT
8.8.4 zonder handregel	7.70	112.48	76.3	1.47	nee
met handregel	11.78	84.73	76.3	1.11	nee
10.10.4 zonder handregel	9.70	70.88	76.3	0.93	ja
met handregel	14.65	54.78	76.3	0.72	ja
12.12.4 zonder handregel	11.70	48.72	76.3	0.64	ja
met handregel	17.50	38.39	76.3	0.50	ja

Toelichting:
Bij toetsing zonder handregel wordt gerekend met de equivalente dikte van de overblijvende onbeschadigde glasplaten.
Bij toetsing met handregel wordt gerekend met de equivalente dikte van de onbeschadigde aangrenzende glasplaten.

Berekening minimaal vereiste momentcapaciteit doorgaande constructieve handregel
paneelbreedte B = 2500 mm a= 50 mm **handregel M_{Rd} >= 50000 Nmm**

In deze tabel vindt geen toetsing op de doorbuiging plaats. De doorbuiging van de glasbalustrade is de som van bovenstaande doorbuiging en de doorbuiging t.g.v. de vervorming van het inklemprofiel.

OPMERKING: de berekening van de spanningen en vervormingen is identiek aan die van de 1250 mm brede panelen. Alleen de breedte is veranderd in 2500 mm. De resulterende uitvoer van de achterliggende berekening voor deze breedte is verder niet toegevoegd.

Berekening doorbuiging en rekenwaarde optredende spanningen bij werkelijke equivalente dikte:

Rechthoekig glaspaneel	H =	1200 mm	paneelbreedte B =	2500 mm
			hellingshoogte over B =	0 mm
Belastingen:	qrep =	0.80 kN/m		
	Frep =	1.00 kN		

thermisch gehard veiligheidsglas

Resultaten berekening in BGT bij tfict = 10 mm γ_Q = 1.50

(zie bijlagen)

	w_{max} [mm]	σ_{max} [MPa]	
zonder handregel	76.29	69.14	(omhullende BG1+BG2+BG3)
met handregel	76.29	54.13	(omhullende BG1+BG2)
laterale breuk met handregel		125.75	(omhullende BG3+BG4)

Doorbuigingseis glasplaat zelf vlg. 9.2 van NEN 2608 voor eenzijdig ingeklemde plaat: w <= 2*H/100 = 24 mm

duur 5 min.

Glas	$t_{gg;ser}$ [mm]	$t_{gg;u}$ [mm]	w [mm]	σ_{Ed} [MPa]	$f_{mt;u;d}$ [MPa]	UC UGT	voldoet
8.8.4 zonder handregel	14.01	11.78	27.74	74.74	76.3	0.98	nee
met handregel			27.74	58.51	76.3	0.77	nee
10.10.4 zonder handregel	17.33	14.65	14.66	48.32	76.3	0.63	ja
met handregel			14.66	37.83	76.3	0.50	ja
12.12.4 zonder handregel	20.57	17.50	8.77	33.86	76.3	0.44	ja
met handregel			8.77	26.51	76.3	0.35	ja

Toetsing bij laterale breuk van een glasplaat bij fundamentele belastingcombinatie met partiële factor 1:

γ_Q = 1.00

Glas	$t_{gg;u}$ [mm]	σ_{Ed} [MPa]	$f_{mt;u;d}$ [MPa]	UC UGT	voldoet UGT
8.8.4 zonder handregel	7.70	116.61	76.3	1.53	nee
met handregel	11.78	90.62	76.3	1.19	nee
10.10.4 zonder handregel	9.70	73.48	76.3	0.96	ja
met handregel	14.65	58.59	76.3	0.77	ja
12.12.4 zonder handregel	11.70	50.51	76.3	0.66	ja
met handregel	17.50	41.06	76.3	0.54	ja

Toelichting:
Bij toetsing zonder handregel wordt gerekend met de equivalente dikte van de overblijvende onbeschadigde glasplaten.
Bij toetsing met handregel wordt gerekend met de equivalente dikte van de onbeschadigde aangrenzende glasplaten.

Berekening minimaal vereiste momentcapaciteit doorgaande constructieve handregel
paneelbreedte B = 2500 mm a= 50 mm **handregel M_{Rd} >= 50000 Nmm**

In deze tabel vindt geen toetsing op de doorbuiging plaats. De doorbuiging van de glasbalustrade is de som van bovenstaande doorbuiging en de doorbuiging t.g.v. de vervorming van het inklemprofiel.

OPMERKING: de berekening van de spanningen en vervormingen is identiek aan die van de 1250 mm brede panelen. Alleen de breedte is veranderd in 2500 mm. De resulterende uitvoer van de achterliggende berekening voor deze breedte is verder niet toegevoegd.

4 Minimale breedte paspanelen

4.1 Paspanelen zonder constructieve handregel

Thermisch gehard veiligheidsglas

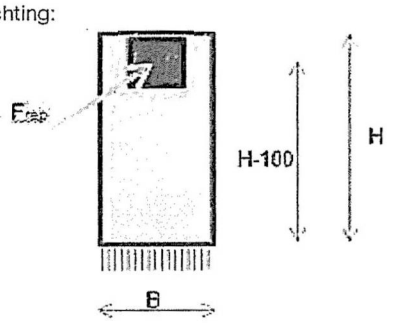
Voor nadere toelichting, zie paragraaf 7.1 van 4018-12002-001.

Minimaal vereiste breedte zonder constructieve handregel

Rechthoekig glaspaneel	H =	1000 mm	
Geconcentreerde belasting	Frep =	1.0 kN	
Belastingfactor in uiterste grenstoestand (CC2)			γ_Q = 1.50
Belastingfactor in bijzondere combinatie met laterale breuk van een glasplaat van een balustrade element			γ_Q = 1.00
Rekenwaarde buigtreksterkte (rand als maatgevend beschouwd)			$f_{m;t;u;d}$ = 76.30 MPa

Glas	$t_{gg;u}$ [mm]	t_{rest} [mm]	UGT	min. B bijz. grenstoestand bij beschadigde plaat	**maat-gevend**
8.8.4	11.78	7.70	970		
10.10.4	14.65	9.70	530	950	**950**
12.12.4	17.50	11.70	360	560	**560**

Toelichting:



De correctiefactor voor de asymmetrische belasting is vlg. bijlage 2:
$C = 2.8819 \cdot 10^{-7} \cdot B^2 + 1.8755 \cdot 10^{-5} \cdot B + 0.9781$
waarin B in mm

Uiterste grenstoestand:
$M_{Ed} = \gamma_Q \cdot F_{rep} \cdot (H-100)$ waarin $\gamma_Q = 1.5$ (CC2)
$\sigma_{Ed} = C \cdot M_{Ed} \cdot 6 / (t_{gg;u}^2 \cdot B) \leq f_{m;t;u;d}$
$\therefore B \geq \{C \cdot \gamma_Q \cdot F_{rep} \cdot (H-100) \cdot 6\} / \{t_{gg;u}^2 \cdot f_{m;t;u;d}\}$

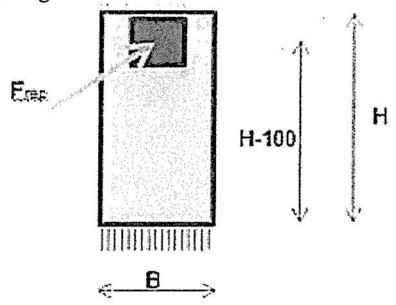
Bijzondere belastingcombinatie met beschadigd paneel:
$M_{Ed} = \gamma_Q \cdot F_{rep} \cdot (H-100)$ waarin $\gamma_Q = 1.0$
$\sigma_{Ed} = C \cdot M_{Ed} \cdot 6 / (t_{rest}^2 \cdot B) \leq f_{m;t;u;d}$
$\therefore B \geq \{C \cdot \gamma_Q \cdot F_{rep} \cdot (H-100) \cdot 6\} / \{t_{rest}^2 \cdot f_{m;t;u;d}\}$
waarin t_{rest} = resterende (equivalente) dikte onbeschadigd glas

Minimaal vereiste breedte zonder constructieve handregel

Rechthoekig glaspaneel	H =	**1200** mm	
Geconcentreerde belasting	Frep =	**1.0** kN	
Belastingfactor in uiterste grenstoestand (CC2)			γ_Q = 1.50
Belastingfactor in bijzondere combinatie met laterale breuk van een glasplaat van een balustrade element			γ_Q = 1.00
Rekenwaarde buigtreksterkte (rand als maatgevend beschouwd)			$f_{m;t;u;d}$ = 76.30 MPa

Glas	$t_{gg;u}$ [mm]	t_{rest} [mm]	UGT	min. B bijz. grenstoestand bij beschadigde plaat	**maat-gevend**
8.8.4	11.78	7.70			
10.10.4	14.65	9.70	680		
12.12.4	17.50	11.70	450	730	**730**

Toelichting:



De correctiefactor voor de asymmetrische belasting is vlg. bijlage 2:

$C = 2.8819 \cdot 10^{-7} \cdot B^2 + 1.8755 \cdot 10^{-5} \cdot B + 0.9781$

waarin B in mm

Uiterste grenstoestand:

$M_{Ed} = \gamma_Q \cdot F_{rep} \cdot (H-100)$ waarin $\gamma_Q = 1.5$ (CC2)

$\sigma_{gg} = C \cdot M_{Ed} \cdot 6 / (t_{gg;u}^2 \cdot B) \leq f_{m;t;u;d}$

$\therefore B \geq \{C \cdot \gamma_Q \cdot F_{rep} \cdot (H-100) \cdot 6\} / \{t_{gg;u}^2 \cdot f_{m;t;u;d}\}$

Bijzondere belastingcombinatie met beschadigd paneel:

$M_{Ed} = \gamma_Q \cdot F_{rep} \cdot (H-100)$ waarin $\gamma_Q = 1.0$

$\sigma_{gg} = C \cdot M_{Ed} \cdot 6 / (t_{rest}^2 \cdot B) \leq f_{m;t;u;d}$

$\therefore B \geq \{C \cdot \gamma_Q \cdot F_{rep} \cdot (H-100) \cdot 6\} / \{t_{rest}^2 \cdot f_{m;t;u;d}\}$

waarin t_{rest} = resterende (equivalente) dikte onbeschadigd glas

4.2 Paspanelen met constructieve handregel

Voor nadere toelichting, zie paragraaf 7.2 van 4018-12002-001.
De breedte van het paspaneel wordt niet beperkt als de handregel voldoende momentcapaciteit heeft om de optredende belastingen op de plaat met laterale breuk te spreiden naar de aangrenzende glaspanelen:

$$M_{Rd} \geq \gamma_Q \cdot q_{rep} \cdot B_{cr}^2 / 8 \geq \gamma_Q \cdot F_{rep} \cdot B_{cr} / 4$$
$$\geq 0{,}8 \cdot B_{cr}^2 / 8 \geq 1{,}0 \cdot B_{cr} / 4$$

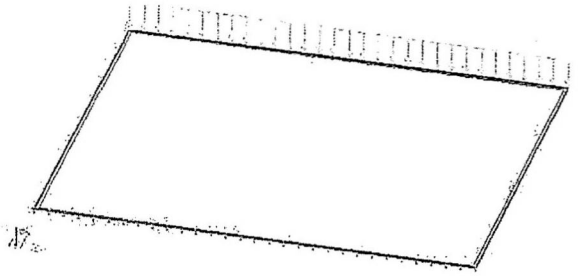
waarin $\gamma_Q = 1{,}0$

$B_{cr} := B_{paspaneel} + B_{paneel}$

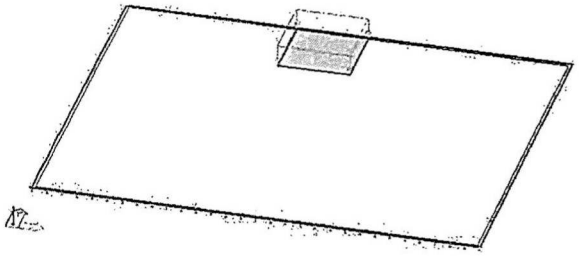
Bijlage 1 – rechthoek – 1000 mm

Zonder handregel

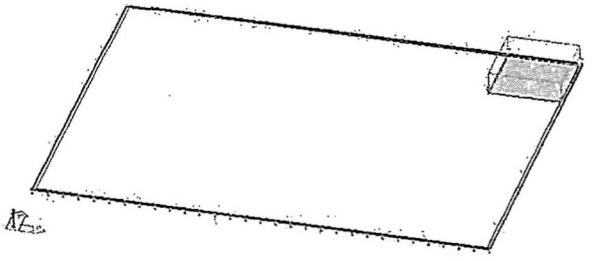
Representatieve belastingen
BG1: q_{rep} = 0.8 kN/m



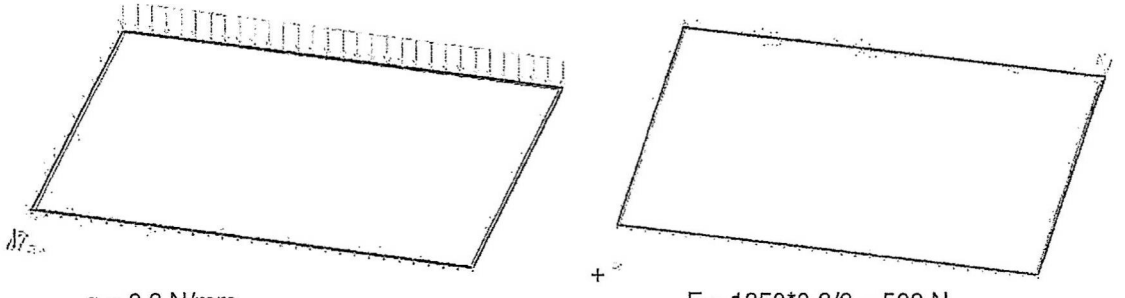
BG2: F_{rep} = 1.0 kN



BG3: F_{rep} = 1.0 kN



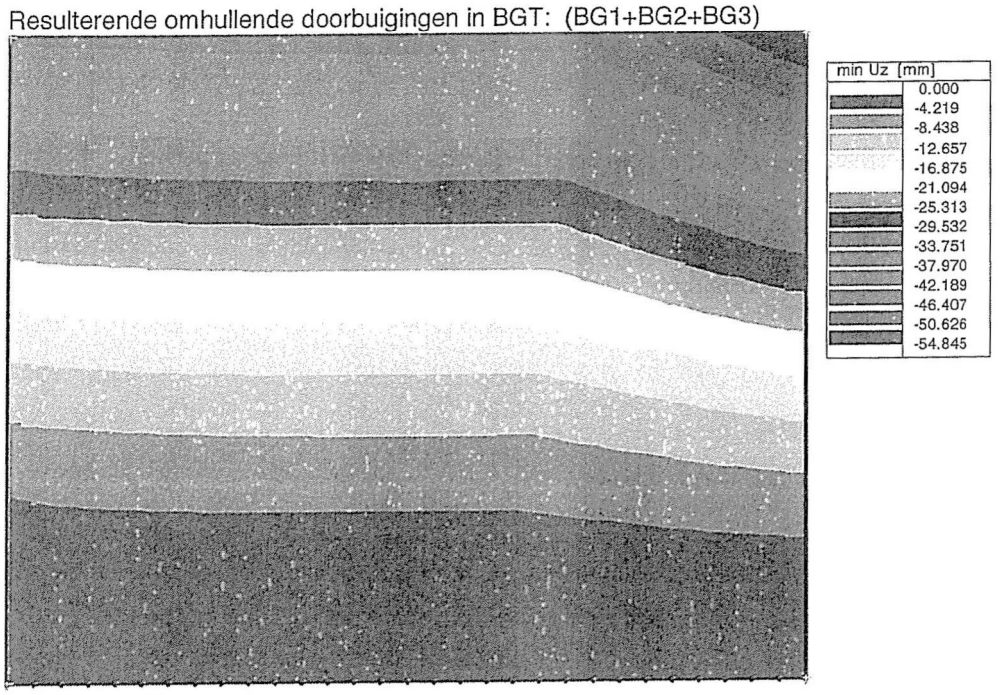
BG4: q_{rep} = 0.8 kN/m bij handregel en laterale breuk aangrenzend paneel
(niet van toepassing bij balustrade zonder handregel!)



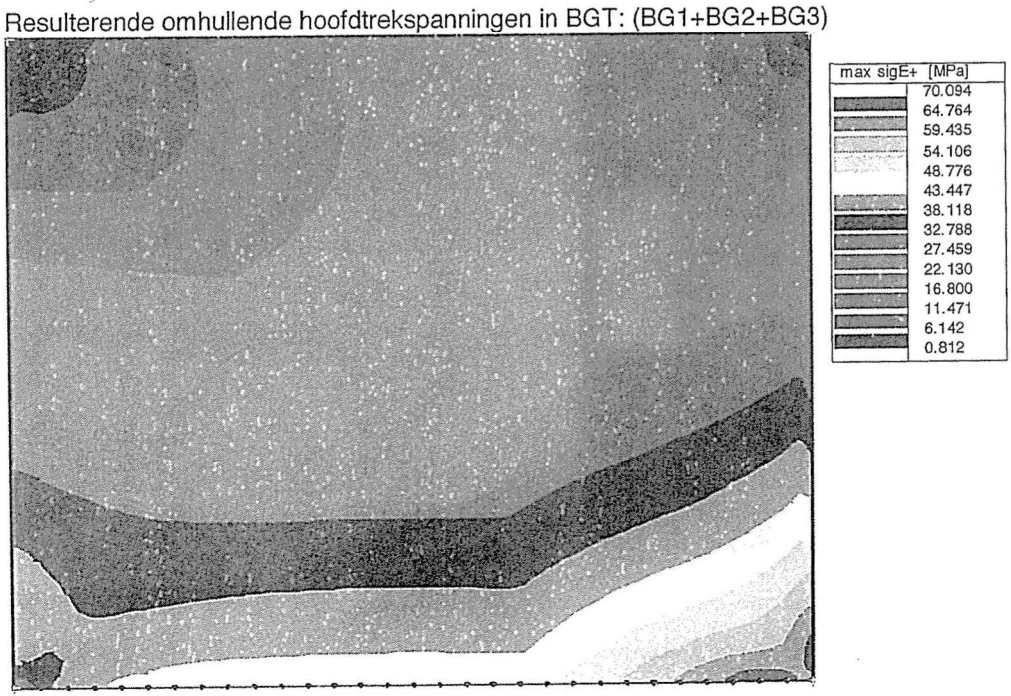
q = 0.8 N/mm

F = 1250*0.8/2 = 500 N

Resulterende omhullende doorbuigingen in BGT: (BG1+BG2+BG3)



Resulterende omhullende hoofdtrekspanningen in BGT: (BG1+BG2+BG3)



Invoergegevens:
Inhoudsopgave

Basisgegevens , gebruikte materialen	:=C3,3
Materialenlijst	:=C4,3
Knopen	:=C5,3
Randen	:=C6,3
2D macro's	:=C7,3
Steunpunten & Bedding	:=C8,3
Belastinggevallen	:=C9,3
Groep van variabele lasten	:=C10,3
Knooplasten	:=C11,3
Gelijkmatig verdeelde last	:=C12,3
Vrije belasting	:=C13,3
Verslag berekening.	:=C14,3

Basisgegevens

Structuurtype :	Plaat XY
Aantal knopen:	4
Aantal staven:	0
Aantal 1D macro's:	0
Aantal randlijnen:	4
Aantal 2D macro's:	1
Aantal profielen:	0
Aantal belastingsgev.:	4
Aantal materialen:	1

Materiaal
Naam
GLAS

E-modulus	70000.00 MPa
Poisson coëff.	0.23
Specifiek gewicht	0.000 kg/mm^3
Uitzettingscoëff.	0 mm/mm.K

Materialenlijst - Macro2D
Groep staven:
1/1

nr.	Naam	Kwaliteit	Specifieke massa kgmm^3	Volume mm^3	Massa kg
91	GLAS	GLAS	0.00	12500000.00	31.25

Totaal gewicht van constructie: 31.25 kg

Knopen

knoop	X mm	Y mm

1	0	200
2	1250	200
3	1250	1200
4	0	1200

Randen

randlijn	type	knoop
1	Lijn	1,2
2	Lijn	2,3
3	Lijn	3,4
4	Lijn	4,1

2D macro's

num type
1
GLAS Dikte 10.00 mm
Rand: 1,2,3,4

Steunpunten

Steunpunt	rand	type	Afmeting mm
1	1	ZRxRy	10.00

Belastinggevallen

BG	Naam	Omschrijving
1	lijnlast 0.8 kN/m	Variabel - 1 Korte termijn
2	puntlast 1.0 kN op 200x200 in midden	Variabel - 1
3	puntlast 1.0 kN op 200x200 in hoek	Variabel - 1
4	lijnlast 0.8 kN/m bij breuk met leuning	Variabel - 1 Korte termijn

BG nr. 4 - knooplasten

knoop	Fx N	Fy N	Fz N	Mx Nmm	My Nmm	Mz Nmm
3	0.00	0.00	-500.00	0.00	0.00	0.00

BG nr. 1 - verdeelde lasten

rand	type	dx		exY	exZ		X beg	Y beg	Z beg
		mm		mm	mm		eind	eind	eind
3	Kracht	0.00	rel	0.00	0.00	glo	0.00	0.00	-0.80
	N/mm	1.00				len	0.00	0.00	-0.80

BG nr. 4 - verdeelde lasten

rand	type	dx		exY	exZ		X beg	Y beg	Z beg
		mm		mm	mm		eind	eind	eind
3	Kracht	0.00	rel	0.00	0.00	glo	0.00	0.00	-0.80
	N/mm	1.00				len	0.00	0.00	-0.80

Belastinggeval nr. 2 - Vrije belasting

Rechthoeken

Index	Verdeling	x	y	qx	qy	qz	Systeem	Geldigheid	Locatie
		mm	mm	N/mm^2	N/mm^2	N/mm^2			
1	Uniform	0.49	0.99	0.00	0.00	-0.03	Globaal	Alles	Lengte
1		0.69	1.19						

Belastinggeval nr. 3 - Vrije belasting

Rechthoeken

Index	Verdeling	x	y	qx	qy	qz	Systeem	Geldigheid	Locatie
		mm	mm	N/mm^2	N/mm^2	N/mm^2			
1	Uniform	1.04	0.99	0.00	0.00	-0.03	Globaal	Alles	Lengte
1		1.24	1.19						

Verslag berekening.

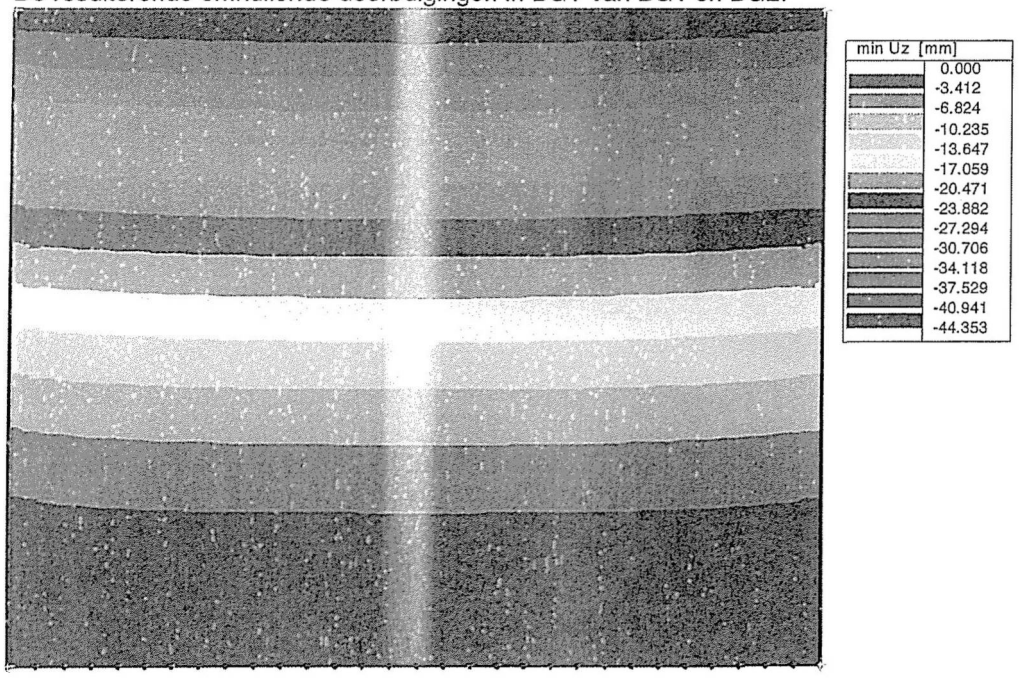
Lineaire berekening	
Aantal 2D elementen	3376
Aantal 1D elementen	0
Aantal netknopen	3490
Aantal vergelijkingen	10470
Belastinggevallen	BG 1 lijnlast 0.8 kN/m
	BG 2 puntlast 1.0 kN op 200x200 in midden
	BG 3 puntlast 1.0 kN op 200x200 in hoek
	BG 4 lijnlast 0.8 kN/m bij breuk met leuning
Buigtheorie	Mindlin
Start berekening	28.02.2013 16:54
Einde berekening	28.02.2013 16:55

Som van lasten en reacties.

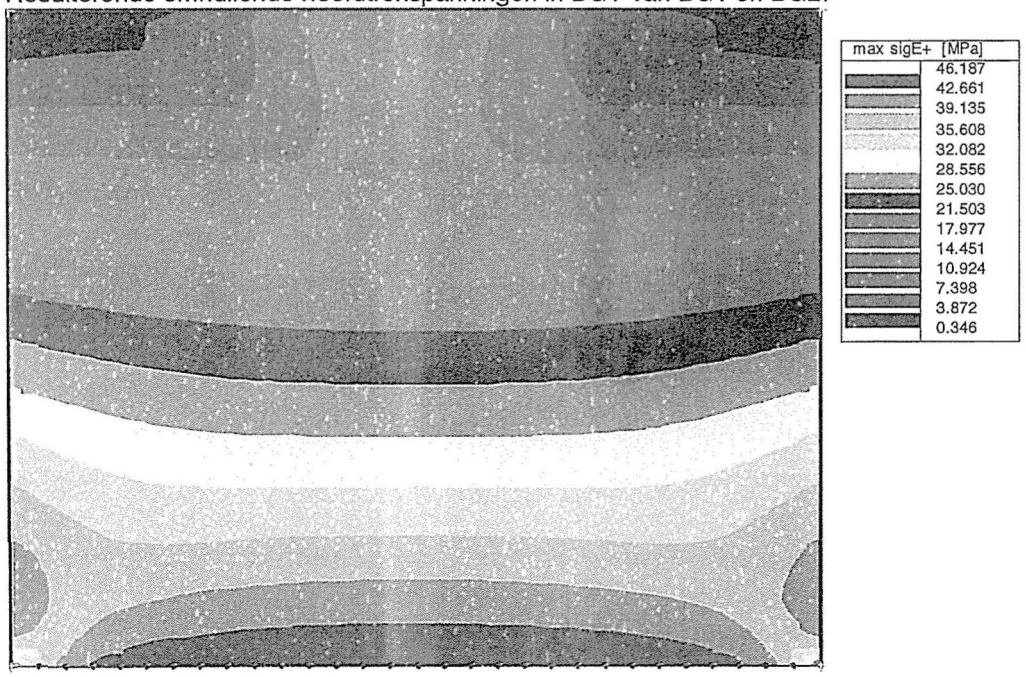
			X	Y	Z
belastinggeval	1	last	0.0	0.0	-1000.0
		knoopreacties	0.0	0.0	1000.0
		lijnreactions	0.0	0.0	0.0
		contact 1D	0.0	0.0	0.0
		contact 2D	0.0	0.0	0.0
belastinggeval	2	last	0.0	0.0	-1000.0
		knoopreacties	0.0	0.0	1000.0
		lijnreactions	0.0	0.0	0.0
		contact 1D	0.0	0.0	0.0
		contact 2D	0.0	0.0	0.0
belastinggeval	3	last	0.0	0.0	-1000.0
		knoopreacties	0.0	0.0	1000.0
		lijnreactions	0.0	0.0	0.0
		contact 1D	0.0	0.0	0.0
		contact 2D	0.0	0.0	0.0
belastinggeval	4	last	0.0	0.0	-1500.0
		knoopreacties	0.0	0.0	1500.0
		lijnreactions	0.0	0.0	0.0
		contact 1D	0.0	0.0	0.0
		contact 2D	0.0	0.0	0.0

Met handregel

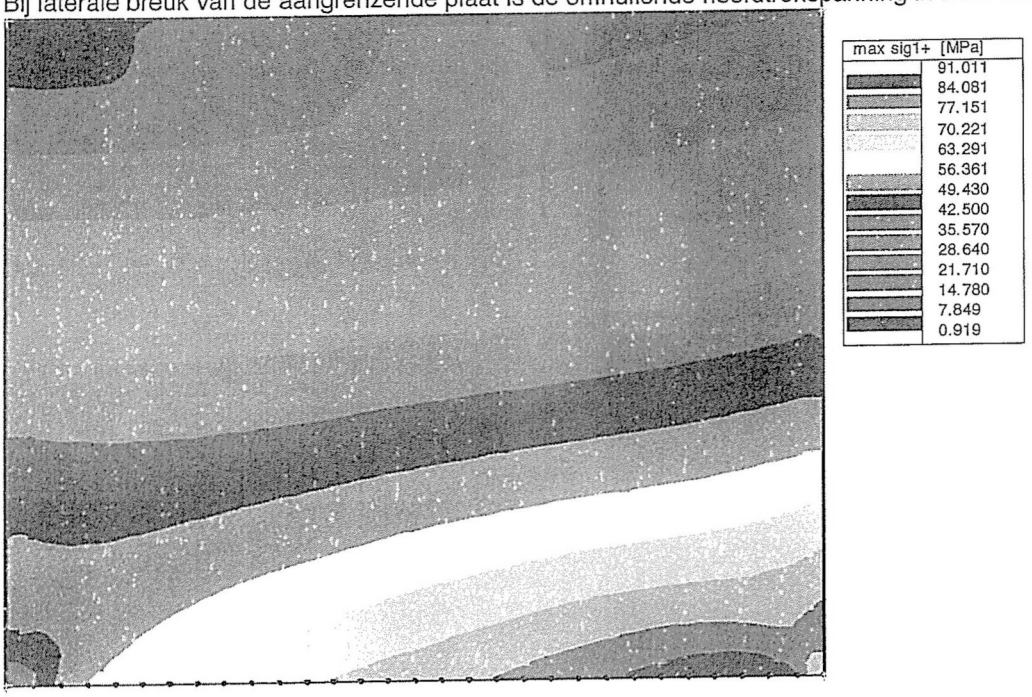
Bij toepassing van een handregel is de geconcentreerde belasting in de hoek niet maatgevend.
Door de handregel wordt de belasting in de bovenhoek overgedragen naar het volgende glaspaneel.
Uit een vergelijkende berekening blijkt dat de doorbuigingen en spanningen dan niet groter zijn dan bij de geconcentreerde belasting in het midden langs de bovenrand.
Voor alle invoergegevens zie "zonder handregel".
De resulterende omhullende doorbuigingen in BGT van BG1 en BG2:



Resulterende omhullende hoofdtrekspanningen in BGT van BG1 en BG2:



Bij laterale breuk van de aangrenzende plaat is de omhullende hoofdtrekspanning in BGT van BG3 en BG4:

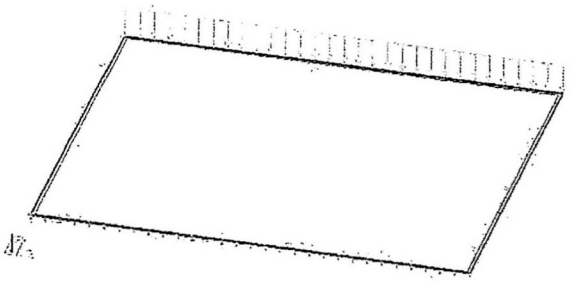


Bijlage 2 – rechthoek – 1200 mm

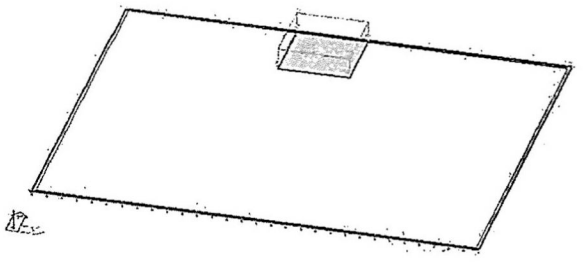
Zonder handregel

Representatieve belastingen

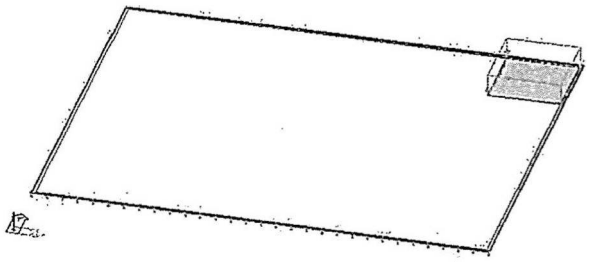
BG1: q_{rep} = 0.8 kN/m



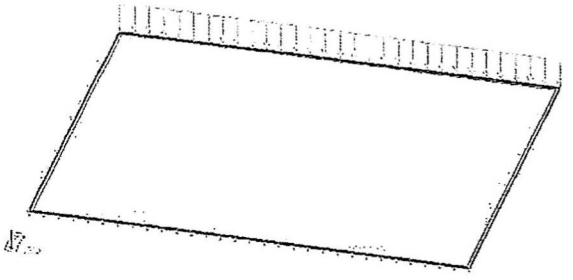
BG2: F_{rep} = 1.0 kN



BG3: F_{rep} = 1.0 kN

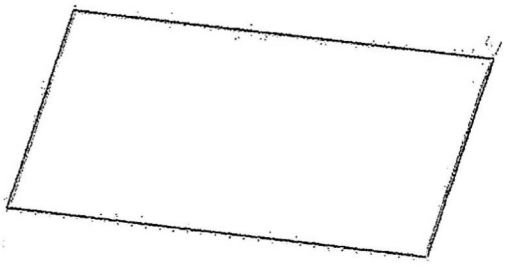


BG4: q_{rep} = 0.8 kN/m bij handregel en laterale breuk aangrenzend paneel
(niet van toepassing bij balustrade zonder handregel!)



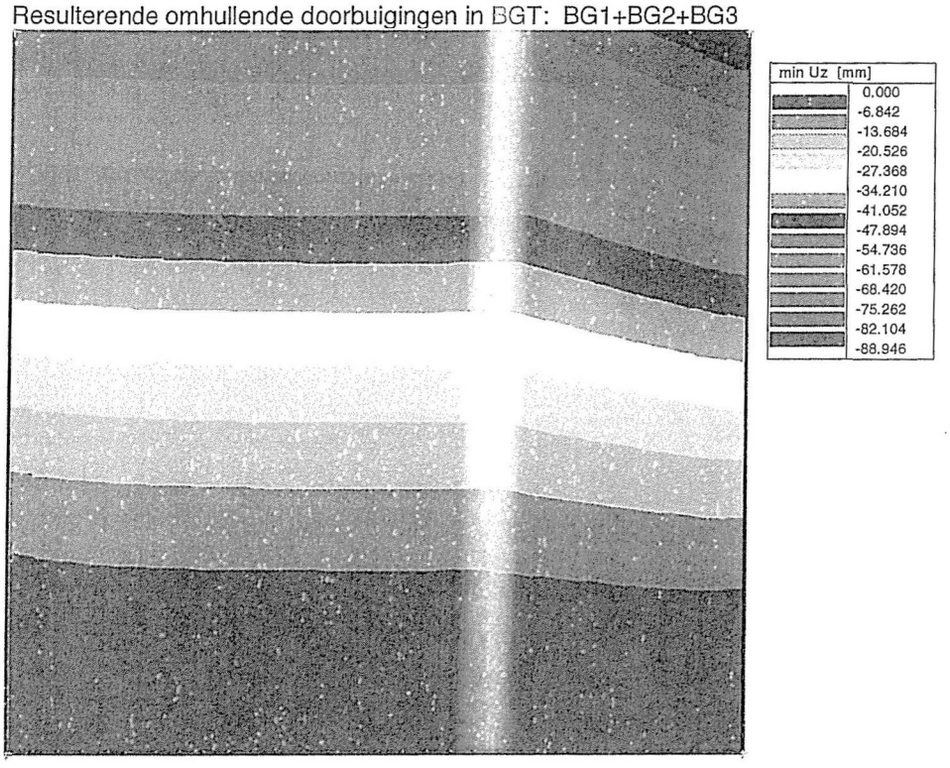
q = 0.8 N/mm

+

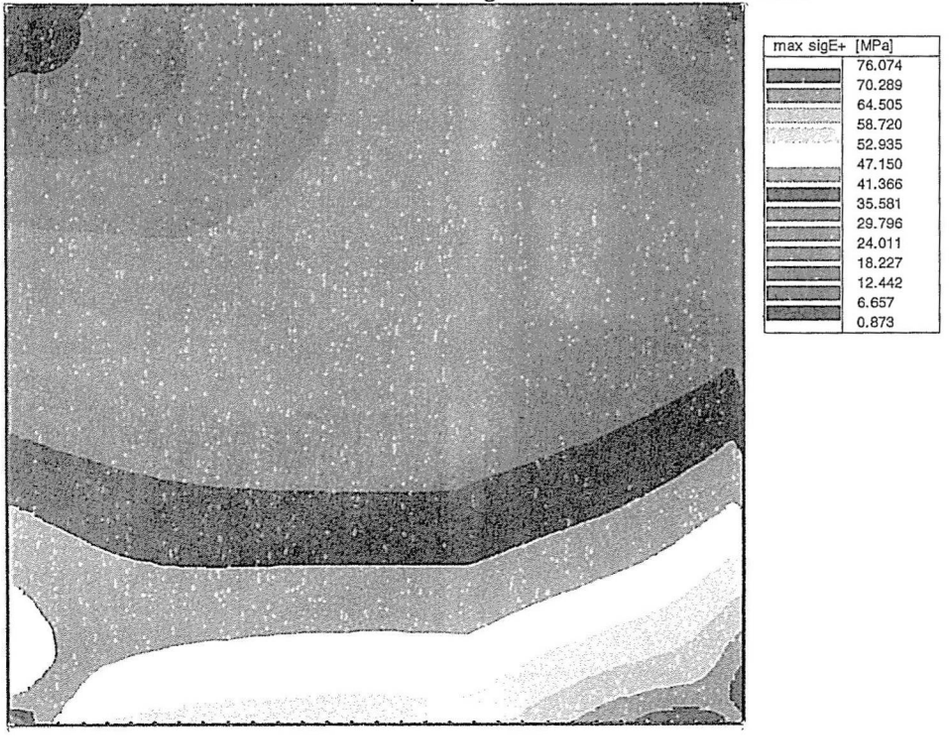


F = 1250*0.8/2 = 500 N

Resulterende omhullende doorbuigingen in BGT: BG1+BG2+BG3



Resulterende omhullende hoofdtrekspanningen in BGT: BG1+BG2+BG3



Invoergegevens:
Inhoudsopgave

Basisgegevens , gebruikte materialen	:=C3,3
Materialenlijst	:=C4,3
Knopen	:=C5,3
Randen	:=C6,3
2D macro's	:=C7,3
Steunpunten & Bedding	:=C8,3
Belastinggevallen	:=C9,3
Groep van variabele lasten	:=C10,3
Knooplasten	:=C11,3
Gelijkmatig verdeelde last	:=C12,3
Vrije belasting	:=C13,3
Verslag berekening.	:=C14,3

Basisgegevens

Structuurtype :	Plaat XY
Aantal knopen:	4
Aantal staven:	0
Aantal 1D macro's:	0
Aantal randlijnen:	4
Aantal 2D macro's:	1
Aantal profielen:	0
Aantal belastingsgev.:	4
Aantal materialen:	1

Materiaal
Naam
GLAS

E-modulus	70000.00 MPa
Poisson coëff.	0.23
Specifiek gewicht	0.000 kg/mm^3
Uitzettingscoëff.	0 mm/mm.K

Materialenlijst - Macro2D
Groep staven:
1/1

nr.	Naam	Kwaliteit	Specifieke massa kgmm^3	Volume mm^3	Massa kg
91	GLAS	GLAS	0.00	15000000.00	37.50

Totaal gewicht van constructie: 37.50 kg

Knopen

knoop	X mm	Y mm

1	0	0
2	1250	0
3	1250	1200
4	0	1200

Randen

randlijn	type	knoop
1	Lijn	1,2
2	Lijn	2,3
3	Lijn	3,4
4	Lijn	4,1

2D macro's

num type
1
GLAS Dikte 10.00 mm
Rand: 1,2,3,4

Steunpunten

Steunpunt	rand	type	Afmeting mm
1	1	ZRxRy	10.00

Belastinggevallen

BG	Naam	Omschrijving
1	lijnlast 0.8 kN/m	Variabel - 1 Korte termijn
2	puntlast 1.0 kN op 200x200 in midden	Variabel - 1
3	puntlast 1.0 kN op 200x200 in hoek	Variabel - 1
4	lijnlast 0.8 kN/m bij breuk met leuning	Variabel - 1 Korte termijn

BG nr. 4 - knooplasten

knoop	Fx N	Fy N	Fz N	Mx Nmm	My Nmm	Mz Nmm
3	0.00	0.00	-500.00	0.00	0.00	0.00

BG nr. 1 - verdeelde lasten

rand	type	dx		exY	exZ		X beg	Y beg	Z beg
		mm		mm	mm		eind	eind	eind
3	Kracht	0.00	rel	0.00	0.00	glo	0.00	0.00	-0.80
	N/mm	1.00				len	0.00	0.00	-0.80

BG nr. 4 - verdeelde lasten

rand	type	dx		exY	exZ		X beg	Y beg	Z beg
		mm		mm	mm		eind	eind	eind
3	Kracht	0.00	rel	0.00	0.00	glo	0.00	0.00	-0.80
	N/mm	1.00				len	0.00	0.00	-0.80

Belastinggeval nr. 2 - Vrije belasting

Rechthoeken

Index	Verdeling	x	y	qx	qy	qz	Systeem	Geldigheid	Locatie
		mm	mm	N/mm^2	N/mm^2	N/mm^2			
1	Uniform	0.49	0.99	0.00	0.00	-0.03	Globaal	Alles	Lengte
1		0.69	1.19						

Belastinggeval nr. 3 - Vrije belasting

Rechthoeken

Index	Verdeling	x	y	qx	qy	qz	Systeem	Geldigheid	Locatie
		mm	mm	N/mm^2	N/mm^2	N/mm^2			
1	Uniform	1.04	0.99	0.00	0.00	-0.03	Globaal	Alles	Lengte
1		1.24	1.19						

Verslag berekening.

Lineaire berekening

Aantal 2D elementen	4026
Aantal 1D elementen	0
Aantal netknopen	4150
Aantal vergelijkingen	12450
Belastinggevallen	BG 1 lijnlast 0.8 kN/m
	BG 2 puntlast 1.0 kN op 200x200 in midden
	BG 3 puntlast 1.0 kN op 200x200 in hoek
	BG 4 lijnlast 0.8 kN/m bij breuk met leuning
Buigtheorie	Mindlin
Start berekening	28.02.2013 17:07

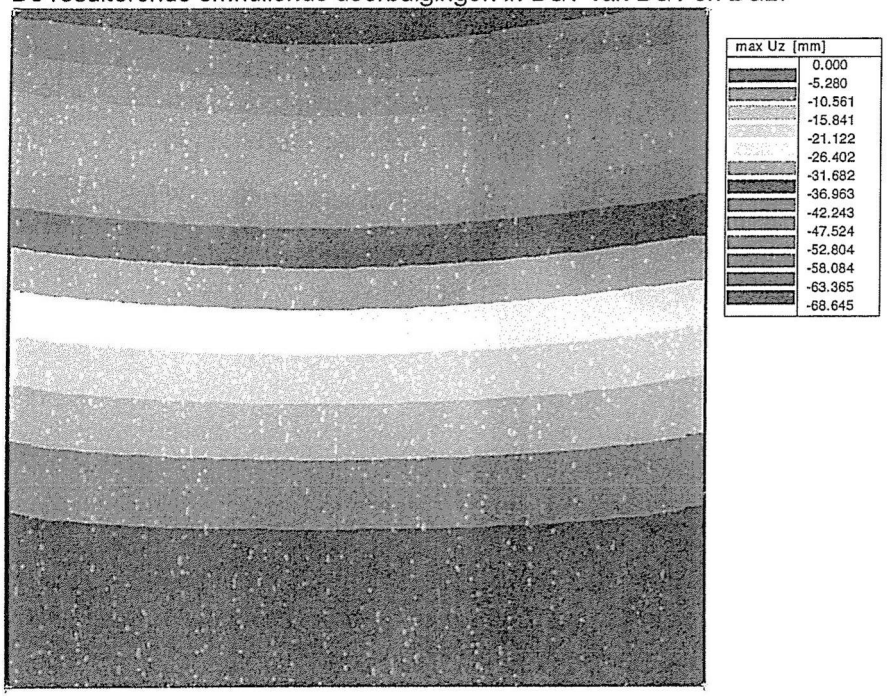
Einde berekening 28.02.2013 17:07

Som van lasten en reacties.

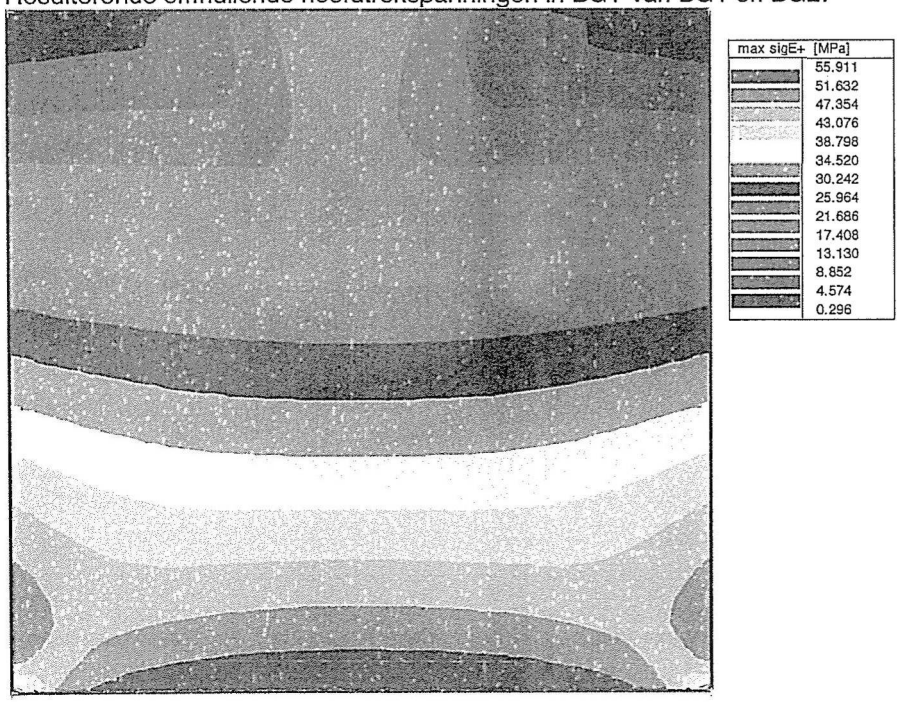
			X	Y	Z
belastinggeval	1	last	0.0	0.0	-1000.0
		knoopreacties	0.0	0.0	1000.0
		lijnreactions	0.0	0.0	0.0
		contact 1D	0.0	0.0	0.0
		contact 2D	0.0	0.0	0.0
belastinggeval	2	last	0.0	0.0	-1000.0
		knoopreacties	0.0	0.0	1000.0
		lijnreactions	0.0	0.0	0.0
		contact 1D	0.0	0.0	0.0
		contact 2D	0.0	0.0	0.0
belastinggeval	3	last	0.0	0.0	-1000.0
		knoopreacties	0.0	0.0	1000.0
		lijnreactions	0.0	0.0	0.0
		contact 1D	0.0	0.0	0.0
		contact 2D	0.0	0.0	0.0
belastinggeval	4	last	0.0	0.0	-1500.0
		knoopreacties	0.0	0.0	1500.0
		lijnreactions	0.0	0.0	0.0
		contact 1D	0.0	0.0	0.0
		contact 2D	0.0	0.0	0.0

Met handregel

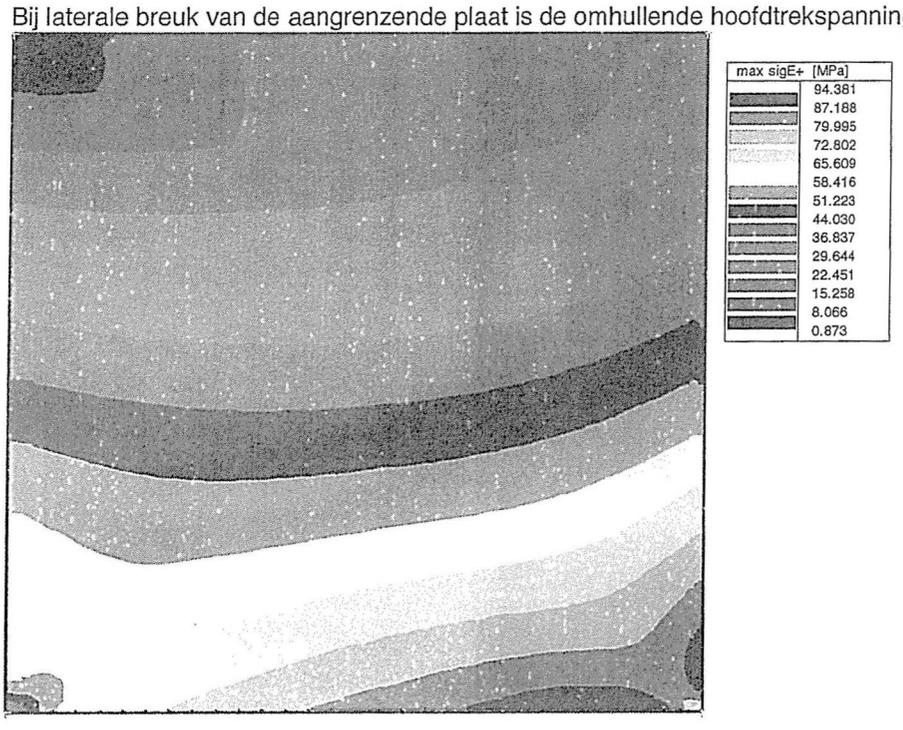
Bij toepassing van een handregel is de geconcentreerde belasting in de hoek niet maatgevend.
Door de handregel wordt de belasting in de bovenhoek overgedragen naar het volgende glaspaneel.
Uit een vergelijkende berekening blijkt dat de doorbuigingen en spanningen dan niet groter zijn dan bij de geconcentreerde belasting in het midden langs de bovenrand.
Voor alle invoergegevens zie "zonder handregel".
De resulterende omhullende doorbuigingen in BGT van BG1 en BG2:



Resulterende omhullende hoofdtrekspanningen in BGT van BG1 en BG2:



Bij laterale breuk van de aangrenzende plaat is de omhullende hoofdtrekspanning in BGT van BG3 en BG4:



Bijlage 3 – Float 12.10.1DG mét handregel

Voor de samenstelling floatglas 12.10.1DG (Met Saflex DG41 folie) is bij de voorgeschreven hoogte van 1000 mm een aanvullende berekening met (stijvere) handregel uitgevoerd om na te gaan of de gekoppelde platen voldoen in de fundamentele grenstoestand en in de bijzondere grenstoestand met een plaat met laterale breuk.
Hiervoor zijn 3 platen gemodelleerd die aan de onderzijde zijn ingeklemd en bovenlangs zijn gekoppeld door middel van een doorgaande handregel.
In de grenstoestand met laterale breuk wordt gerekend met:

- de buitenste, onbeschadigde platen: t_{pl} = 11.7 / 9.7 mm (12.10.1DG)
  met als resulterende, equivalente glasdikte: $t_{gg;u}$ = 21.21 mm ($t_{gg;ser}$ = 21.38 mm)
- de middelste, beschadigde plaat: t_{rest} = 11.7 mm.

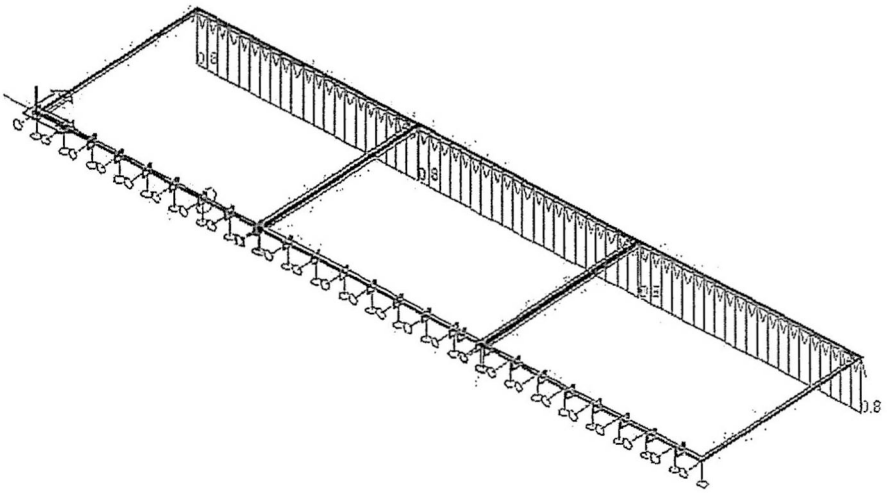
De equivalente glasdikte is in rapport 4018-12002-001 berekend vlg. bijlage F van NEN 2608.

De handregel dient min. de volgende eigenschappen te hebben:

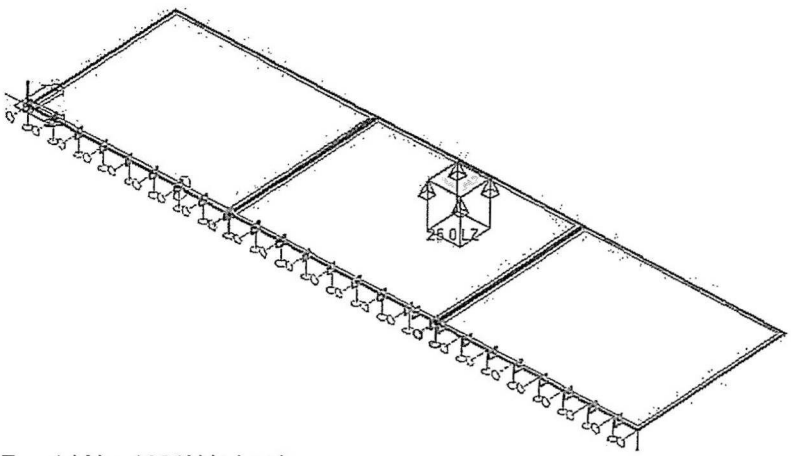
- bij aluminium: I = 60000 mm^4 bij E = 70000 N/mm^2
- bij RVS: I = 21000 mm^4 bij E = 200000 N/mm^2
- $M_{Rd} \geq$ 84000 Nmm

De berekening is uitgevoerd bij 1,00 hoogte en bij een plaatbreedte van (max) 1,25 m.

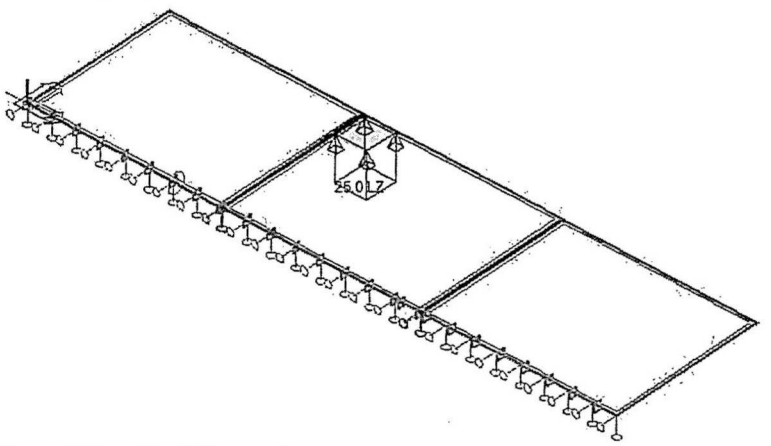
Belastingen
Lijnlast 0.8 kN/m = 0.8 N/mm



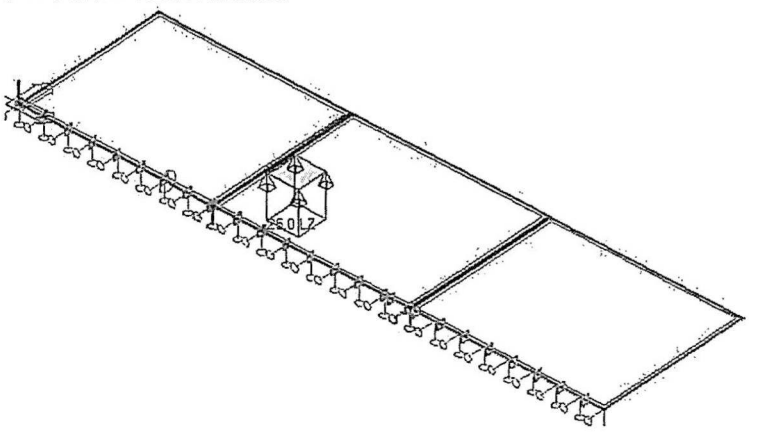
F = 1 kN = 1000N in midden



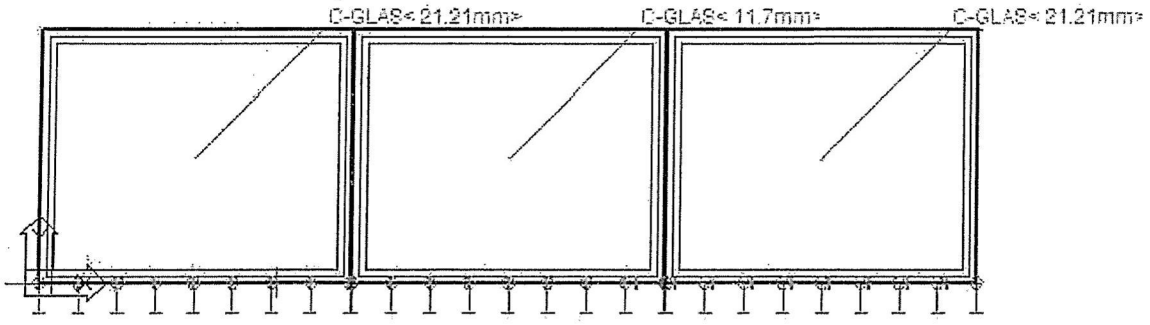
F = 1 kN = 1000N in hoek



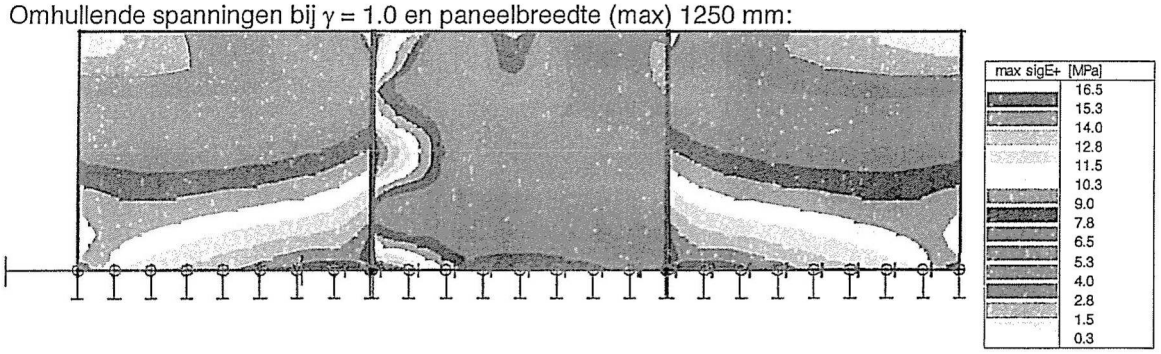
F = 1 kN = 1000N in rand



Grenstoestand met laterale breuk van een plaat

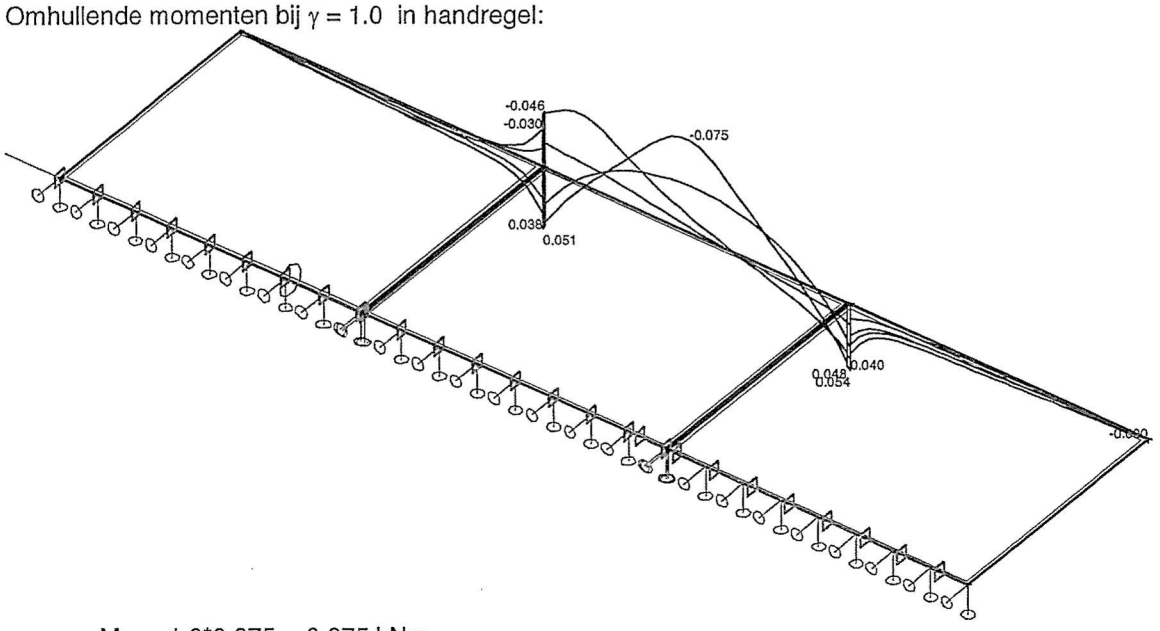


Omhullende spanningen bij $\gamma = 1.0$ en paneelbreedte (max) 1250 mm:



→ $\sigma_{Ed} = 1.0*16.5 = 16.5$ N/mm^2

Omhullende momenten bij $\gamma = 1.0$ in handregel:



→ $M_{Ed} = 1.0*0.075 = 0.075$ kNm

Invoergegevens

Inhoudsopgave
Basisgegevens , gebruikte materialen :=C3,3
Materialenlijst :=C4,3
Knopen :=C5,3
Staven :=C6,3
Randen :=C7,3
2D macro's :=C8,3
Doorsnede-eig. , standaard , gebruikte profielen :=C9,3
Dikte van 2D_macro :=C10,3
Scharnieren :=C11,3
Steunpunten & Bedding :=C12,3
Belastinggevallen :=C13,3
Groep van variabele lasten :=C14,3
Gelijkmatig verdeelde last :=C15,3
Vrije belasting :=C16,3
Verslag berekening. :=C17,3

Basisgegevens

Structuurtype	: Algemeen XYZ
Aantal knopen:	12
Aantal staven:	5
Aantal 1D macro's:	5
Aantal randlijnen:	12
Aantal 2D macro's:	3
Aantal profielen:	1
Aantal belastingsgev.:	4
Aantal materialen:	2

Materiaal

Naam		
GLAS		
	E-modulus	70000.00 MPa
	Poisson coëff.	0.23
ALU		
	E-modulus	70000.00 MPa
	Poisson coëff.	0.30

Materialenlijst
Groep staven:
1/5

nr.	Naam	Kwaliteit	Eenh. gewicht kg/mm	Lengte mm	Massa kg
1	ALU I=60000 mm^4 (Numeriek)	ALU	0.00	3750.00	3.42

Materialenlijst - Macro2D
Groep staven:
1/3

nr.	Naam	Kwaliteit	Specifieke massa kgmm^3	Volume mm^3	Massa kg
91	GLAS	GLAS	0.00	67225800.00	168.06

Knopen

knoop	X	Y	Z
	mm	mm	mm
1	0	0	0
2	1240	0	0
3	1240	1000	0
4	0	1000	0
5	1250	0	0
6	2500	0	0
7	2500	1000	0
8	1250	1000	0
9	2510	0	0
10	3750	0	0
11	3750	1000	0
12	2510	1000	0

Staven

macro	staaf	knoop 1	knoop 2	Lengte	Rx	Profiel	Kwaliteit
				mm	deg		
1	1	4	3	1240	0.00	1 - ALU I=60000 mm^4 (Numeri...	ALU
2	2	3	8	10	0.00	1 - ALU I=60000 mm^4 (Numeri...	ALU
3	3	8	7	1250	0.00	1 - ALU I=60000 mm^4 (Numeri...	ALU
4	4	7	12	10	0.00	1 - ALU I=60000 mm^4 (Numeri...	ALU
5	5	12	11	1240	0.00	1 - ALU I=60000 mm^4 (Numeri...	ALU

Randen

randlijn	type	knoop
1	Lijn	1,2
2	Lijn	2,3
3	Lijn	4,3
4	Lijn	4,1
5	Lijn	5,6
6	Lijn	6,7
7	Lijn	8,7
8	Lijn	8,5
9	Lijn	9,10
10	Lijn	10,11
11	Lijn	12,11
12	Lijn	12,9

2D macro's

num type

1
GLAS Dikte 21.21 mm
Rand: 1,2,3,4

2
GLAS Dikte 11.70 mm
Rand: 5,6,7,8

3
GLAS Dikte 21.21 mm
Rand: 9,10,11,12

Profielen

Doorsnedenr. 1 - ALU I=60000 mm^4 (Numeriek)
Materiaal : 92 - ALU
A : 3.650000e+002 mm^2
Ay/A : 0.003 Az/A : 0.003
Iy : 6.000000e+004 mm^4 Iz : 6.000000e+004 mm^4
Iyz : 0.000000e+000 mm^4 It : 1.000000e+000 mm^4
Iw : 1.000000e+000 mm^6
Wely : 1.000000e+000 mm^3 Welz : 1.000000e+000 mm^3

Wply	:	1.000000e+000 mm^3	Wplz	:	1.000000e+000 mm^3
cy	:	-0.00 mm	cz	:	-0.00 mm
iy	:	12.82 mm	iz	:	12.82 mm
dy	:	0.00 mm	dz	:	0.00 mm
Omtrek	:		0.00 mm		

Scharnieren
De waarden van stijfheden van randscharnieren zijn gesteld in 1 mm´van de lengte

staaf	macro	2D macro/ rand	type	pos	flexibiliteit N/mm-Nmm/rad	Funktie

Steunpunten

Steunpunt	rand	knoop	type	Afmeting mm
1	1		YZRx	10.00
2		1	X	10.00
3	5		YZRx	10.00
4		5	X	10.00
5	9		XYZRx	10.00

Belastinggevallen

BG	Naam	Omschrijving
1	lijnlast 0.8 kN/m	Variabel - 1
2	puntlast 1.0 kN op 200x200 mid	Variabel - 1
3	puntlast 1.0 kN op 200x200 hoek	Variabel - 1
4	puntlast 1.0 kN op 200x200 midhoogte	Variabel - 1

BG nr. 1 - verdeelde lasten

rand	type	dx mm		exY mm	exZ mm		X beg eind	Y beg eind	Z beg eind
3	Kracht	0.00	rel	0.00	0.00	glo	0.00	0.00	0.80
	kN/m	1.00				len	0.00	0.00	0.80
7	Kracht	0.00	rel	0.00	0.00	glo	0.00	0.00	0.80
	kN/m	1.00				len	0.00	0.00	0.80
11	Kracht	0.00	rel	0.00	0.00	glo	0.00	0.00	0.80
	kN/m	1.00				len	0.00	0.00	0.80

Belastinggeval nr. 2 - Vrije belasting
Rechthoeken

Index	Verdeling	x m	y m	qx kN/m^2	qy kN/m^2	qz kN/m^2	Systeem	Geldigheid	Locatie
1	Uniform	1.74	0.79	0.00	0.00	25.00	Lokaal	Alles	Lengte
1		1.94	0.99						

Belastinggeval nr. 3 - Vrije belasting
Rechthoeken

Index	Verdeling	x m	y m	qx kN/m^2	qy kN/m^2	qz kN/m^2	Systeem	Geldigheid	Locatie
1	Uniform	1.26	0.79	0.00	0.00	25.00	Lokaal	Alles	Lengte
1		1.46	0.99						

Belastinggeval nr. 4 - Vrije belasting
Rechthoeken

Index	Verdeling	x m	y m	qx kN/m^2	qy kN/m^2	qz kN/m^2	Systeem	Geldigheid	Locatie
1	Uniform	1.26	0.37	0.00	0.00	25.00	Lokaal	Alles	Lengte
1		1.46	0.57						

Verslag berekening.
Lineaire berekening

Aantal 2D elementen	2325
Aantal 1D elementen	95
Aantal netknopen	2496
Aantal vergelijkingen	14976
Belastinggevallen	BG 1 lijnlast 0.8 kN/m
	BG 2 puntlast 1.0 kN op 200x200 mid
	BG 3 puntlast 1.0 kN op 200x200 hoek
	BG 4 puntlast 1.0 kN op 200x200 midhoogte
Buigtheorie	Kirchhoff
Start berekening	08.06.2015 15:45
Einde berekening	08.06.2015 15:45

Som van lasten en reacties.

			X	Y	Z
belastinggeval	1	last	0.0	0.0	3.0
		knoopreacties	0.0	0.0	-3.0
		lijnreactions	0.0	0.0	0.0
		contact 1D	0.0	0.0	0.0
		contact 2D	0.0	0.0	0.0
belastinggeval	2	last	0.0	0.0	1.0
		knoopreacties	0.0	0.0	-1.0
		lijnreactions	0.0	0.0	0.0
		contact 1D	0.0	0.0	0.0
		contact 2D	0.0	0.0	0.0
belastinggeval	3	last	0.0	0.0	1.0
		knoopreacties	0.0	0.0	-1.0
		lijnreactions	0.0	0.0	0.0
		contact 1D	0.0	0.0	0.0
		contact 2D	0.0	0.0	0.0
belastinggeval	4	last	0.0	0.0	1.0
		knoopreacties	0.0	0.0	-1.0
		lijnreactions	0.0	0.0	0.0
		contact 1D	0.0	0.0	0.0
		contact 2D	0.0	0.0	0.0

SPARQ
BALUSTRADES

Berekening glasbalustrades - (0.8 kN/m I 1.0 kN) - PARA

Statische berekening glasbalustrade bij 0.8 kN/m I 1.0 kN
Parallellogramvormige panelen (10° < hellingshoek ≤ 40°)

3432-12002-006 rev. F

high quality full-glass balustrades

Berekening glasbalustrades - (0.8 kN/m l 1.0 kN) - PARA

3432-12002-006 rev. F

Statische berekening glasbalustrade bij 0.8 kN/m l 1.0 kN
Parallellogramvormige panelen (10° < hellingshoek ≤ 40°)

Opdrachtgever: SPARQ Balustrades
Innovatielaan 25
8447 SN Heerenveen
tel. 0513-617073

rev.	datum	paraaf	omschrijving
A	2013-03-01	WG	
B	2013-05-02	WG	aanvulling met SGP en optimalisatie met handregel
C	2013-05-15	WG	aanvulling met voorgeschreven hoogte 0,85 m
D	2014-07-25	WG	aanvulling met verschillende glasdiktes en DG
E	2015-05-21	WG	berekening alleen bij voorgeschreven hoogte 0.85 m
F	2018-02-05	WG	aanvulling specificatie hoek



ing. [illegible]

ADVIESBUREAU BREKELMANS
ingenieurs voor bouwconstructies
stationsstraat 16
6221 BP maastricht
tel. +31 (0)43 3254637
fax. +31 (0)43 3254190
e-mail info@adviesbureau-brekelmans.nl

Besloten vennootschap; inschrijving K.v.K. nummer 14622259
BTW-nummer: NL.0059.43.917.B.01
Opdrachten worden aanvaard en uitgevoerd overeenkomstig de geldende DNR 2011 zoals gedeponeerd ter griffie van de Rechtbank te Amsterdam onder nummer 78/2011.
Deze zijn ter inzage en worden u op verzoek toegezonden.

Inhoud

1 Van toepassing zijnde normen....3
2 Omschrijving en uitgangspunten....3
3 Parallellogramvormige glaspanelen....5
Bijlage 1 – paralellogramvormig – 850 mm....6
Zonder handregel bij fictieve dikte 10 mm....6
Met handregel bij fictieve dikte 10 mm....11
Met handregel bij beschadigde plaat....19

1 Van toepassing zijnde normen

NEN 2608:2014	vlakglas voor gebouwen: eisen en bepalingsmethoden
NEN-EN 1990:2011	grondslagen voor het constructief ontwerp
NEN-EN 1991-1-1:2011	algemene belastingen: eigen gewicht en opgelegde belastingen
NEN-EN 1991-1-4:2011	algemene belastingen: windbelastingen
(alle normen incl. de NB)	

2 Omschrijving en uitgangspunten

In dit rapport wordt alleen het glaspaneel berekend.
Het glaspaneel is langs de onderrand lijnvormig ingeklemd.

De profielen voor de lijnverankering zijn in andere rapporten berekend.

Voor de bepaling van de rekenwaarde van de buigtreksterkte en de equivalente glasdikte van gelaagd glas wordt verwezen naar rapport "4018-12002-001".
Voor de nadere toelichting op de toetsing van de weerstand bij een beschadigd constructief element vlg. NEN 2608 wordt verwezen naar rapport "4018-12002-001".

Belastingen vlg. bijlage NB.A van NEN-EN 1991-1-1(NB) voor niet-gemeenschappelijke ruimten met een woonfunctie:

lijnlast	q_{rep} = **0.8 kN/m**	(0.3 N/mm)
geconcentreerde belasting	F_{rep} = **1.0 kN**	op een vlak van 200*200 mm^2 ($500/200^2$ = 0.0125 N/mm^2)
tijdsduur belasting	5 min = 300 sec	

Toepassingsgebied:
- Eurocode klasse A (m.u.v. niet-gemeenschappelijke ruimten met een woonfunctie), B en D
- dus alle ruimten met uitzondering van gebruiksfuncties voor personenvervoer, bijeenkomstfuncties, sportfuncties en de gebruiksfunctie "bouwwerk, geen gebouw zijnde" met een gedeelte mede bestemd voor bezoekers (Eurocode klasse C)

Op basis van het gestelde in tabel NB.20 van NEN-EN 1990(NB) en bijlage H.2 van NEN 2608 dient te worden uitgegaan van gevolgklasse **CC2**:

γ_Q = **1.5**

Glas:
- thermisch gehard veiligheidsglas
- alleen bij de gemarkeerde glaspanelen met "heat-soak"-test vlg. NEN-EN 14179-1

De gebouwbeheerder dient bij het constateren van een gebroken plaat het gebied per omgaande af te zetten en de plaat te vervangen!

Voor trappen is in artikel 2.18 Lid 5 van het Bouwbesluit de minimum (voorgeschreven) hoogte van 0,85 m (gemeten vanaf de voorkant van de tredevlakken of vanaf de vloer van de hellingbaan) vastgelegd.
De berekening is uitgevoerd voor parallellogramvormige glaspanelen (trappen) bij een hoogte van 850, 1000 en 1200 mm. Deze laatste kunnen in voorkomende gevallen noodzakelijk zijn, bijv. als de bovenzijde van het klemprofiel onder voorkant tredevlakken is gepositioneerd.

De minimale breedte van de glaspanelen is ca. 1250 mm.
Voor eventuele passtukken is een aanvullende controle noodzakelijk.
Bij glaspanelen met handregel is bij een grotere breedte een aanvullende controle nodig bij de beschouwing van een beschadigd element.

Voor de parallellogramvormige glaspanelen is uitgegaan van een maximale hellingshoek met tanα = (1000/1250) ($\approx$ 39°).
Voor panelen met hellingshoeken $\leq$ 10° wordt verwezen naar de berekening van de rechte panelen.

Voor de berekening in de UGT en BGT zijn EEM modellen (ESA SCIA Engineer) gemaakt, waarbij is uitgegaan van een fictieve dikte van 10 mm. In de uitvoer zijn de omhullenden voor de spanningen en doorbuigingen bepaald op basis van de representatieve belastingen.

Daar de berekeningen lineair-elastisch worden uitgevoerd en zijn gebaseerd op de representatieve belastingen, moeten de optredende spanningen en doorbuigingen bij de werkelijke dikte worden bepaald d.m.v. :

- spanningen: $\sigma_{Ed} := \gamma_Q \cdot \sigma_{10} \cdot (10/t_{gg;u})^2 \leq f_{mt;u;d}$
- doorbuiging: $w := w_{10} \cdot (10/t_{gg;ser})^3$

In de berekeningen is een verschil gemaakt tussen balustrades met en zonder handregel.

Bij toepassing van een handregel zijn steeds 3 gekoppelde platen gemodelleerd, waarbij de handregel zorgdraagt voor een verdeling van de krachten over de platen waardoor de spanningen in de stompe hoek worden gereduceerd.
De handregel is alleen als "deuvel" in de bovenhoek van de panelen gemodelleerd. Aan de handregel wordt derhalve verder geen stijfheid toegekend.

Bij de bijzondere belastingcombinatie met een beschadigd element is de minimaal vereiste paneelsamenstelling bepaald, waarbij bij een paneel met een gereduceerde dikte is gerekend.

3 Parallellogramvormige glaspanelen

Voor de berekening van de optredende spanningen en doorbuigingen in de BGT zie bijlagen.
Berekening doorbuiging en rekenwaarde optredende spanningen bij werkelijke equivalente dikte:

Parallellogram glaspaneel	**H =**	**850 mm**	paneelbreedte B =	**1250 mm**
			hellingshoogte over B =	**1000 mm**
Belastingen:	q_{rep} =	**0.80 kN/m**		
	F_{rep} =	**1.00 kN**		

Resultaten berekening in BGT bij tfict = 10 mm (γ_Q = **1.50**)
(zie bijlagen)

	w_{max} [mm]	σ_{max} [MPa]	
zonder handregel	**45.60**	**229.20**	(omhullende BG1+BG2+BG3)
met handregel	**15.36**	**68.38**	

Doorbuigingseis glasplaat zelf vlg. 9.2 van NEN 2608 voor eenzijdig ingeklemde plaat: w <= 2*H/100 = 17 mm

duur 5 min.

Glas	$t_{gg;ser}$ [mm]	$t_{gg;u}$ [mm]	w [mm]	σ_{Ed} [MPa]	$f_{mt;u;d}$ [MPa]	UC UGT	voldoet
8.8.4 zonder handregel	**14.40**	**12.46**	15.27	221.45	**76.3**	**2.90**	nee
met handregel			5.14	66.07	76.3	0.87	ja
10.10.4 zonder handregel	**16.79**	**14.65**	9.63	160.19	76.3	**2.10**	nee
met handregel			3.25	47.79	76.3	0.63	ja
12.12.4 zonder handregel	**19.88**	**17.50**	5.80	112.26	76.3	**1.47**	nee
met handregel			1.95	33.49	76.3	0.44	ja
15.15.4 zonder handregel	**24.09**	**21.49**	3.26	74.44	76.3	0.98	ja
met handregel			1.10	22.21	76.3	0.29	ja
SGP 10.10.4.2 zonder handregel	**23.04**	**22.25**	3.73	69.45	76.3	0.91	ja
met handregel			1.26	20.72	76.3	0.27	ja
SGP 10.10.6.2 zonder handregel	**25.02**	**24.90**	2.91	55.45	76.3	0.73	ja
met handregel			0.98	16.54	76.3	0.22	ja

Toetsing bij laterale breuk van een glasplaat bij fundamentele belastingcombinatie met partiële factor 1:

(γ_Q = **1.00**)

Glas	$t_{gg;u}$ [mm]	σ_{Ed} [MPa]	$f_{mt;u;d}$ [MPa]	UC UGT	voldoet UGT
8.8.4 zonder handregel	**7.70**	386.57	76.3	**5.07**	nee
met handregel	zie ber. min. dikte bijz. bel. comb	75.30	76.3	0.99	ja
10.10.4 zonder handregel	**9.70**	243.60	76.3	**3.19**	nee
met handregel	zie ber. min. dikte bijz. bel. comb.		76.3	0.00	ja
12.12.4 zonder handregel	**11.70**	167.43	76.3	**2.19**	nee
met handregel	zie ber. min. dikte bijz. bel. comb.		76.3	0.00	ja
15.15.4 zonder handregel	**14.50**	109.01	76.3	**1.43**	nee
met handregel	zie ber. min. dikte bijz. bel. comb.		76.3	0.00	ja
SGP 10.10.4.2 zonder handregel	**19.01**	63.42	76.3	0.83	ja
met handregel	zie ber. min. dikte bijz. bel. comb.		76.3	0.00	ja
SGP 10.10.6.2 zonder handregel	**19.01**	63.42	76.3	0.83	ja
met handregel	zie ber. min. dikte bijz. bel. comb.		76.3	0.00	ja

Toelichting:
Bij toetsing zonder handregel wordt gerekend met de equivalente dikte van de overblijvende onbeschadigde glasplaten.
Bij toetsing met handregel wordt gerekend met de equivalente dikte van de onbeschadigde aangrenzende glasplaten.

Berekening minimaal vereiste momentcapaciteit doorgaande constructieve handregel
paneelbreedte B 1601 mm a= 50 mm **handregel M_{Rd} >= 50000 Nmm**

In deze tabel vindt geen toetsing op de doorbuiging plaats. De doorbuiging van de glasbalustrade is de som van bovenstaande doorbuiging en de doorbuiging t.g.v. de vervorming van het inklemprofiel.

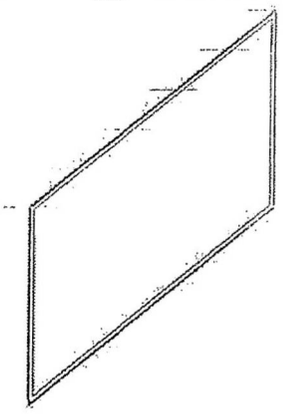
Bijlage 1 – parallellogramvormig – 850 mm

Ruit tan α = (1000/1250)

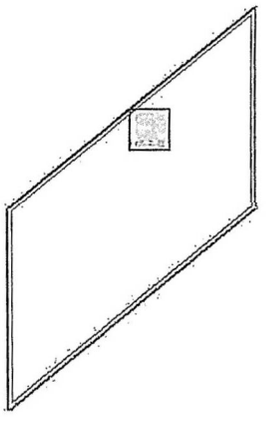
Zonder handregel bij fictieve dikte 10 mm

Representatieve belastingen

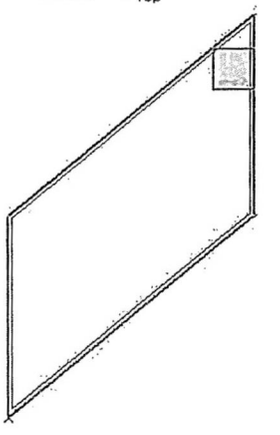
BG1: q_{rep} = 0.8 kN/m



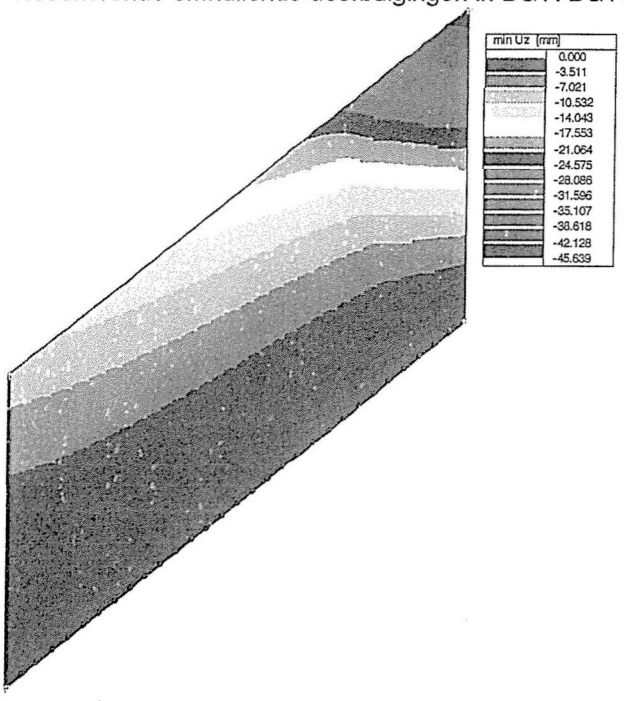
BG2: F_{rep} = 1.0 kN



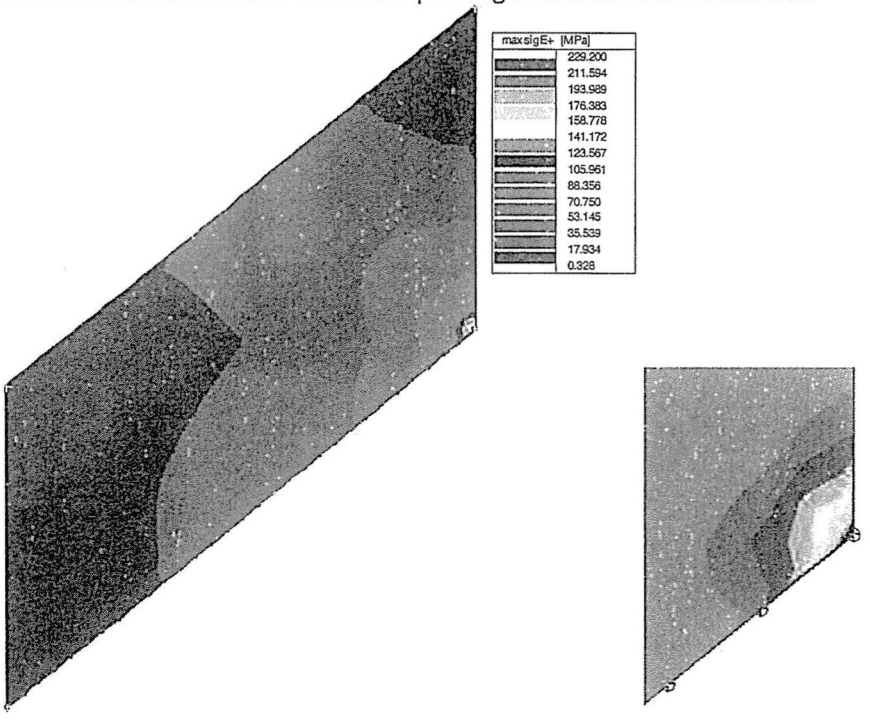
BG3: F_{rep} = 1.0 kN



Resulterende omhullende doorbuigingen in BGT: BG1+BG2+BG3



Resulterende omhullende hoofdtrekspanningen in BGT: BG1+BG2+BG3



Invoergegevens:
Inhoudsopgave

Basisgegevens , gebruikte materialen	:=C3,3
Materialenlijst	:=C4,3
Knopen	:=C5,3
Randen	:=C6,3
2D macro's	:=C7,3
Steunpunten & Bedding	:=C8,3
Belastinggevallen	:=C9,3
Groep van variabele lasten	:=C10,3
Knooplasten	:=C11,3
Gelijkmatig verdeelde last	:=C12,3
Vrije belasting	:=C13,3
Verslag berekening.	:=C14,3

Basisgegevens

Structuurtype :	Plaat XY
Aantal knopen:	4
Aantal staven:	0
Aantal 1D macro's:	0
Aantal randlijnen:	4
Aantal 2D macro's:	1
Aantal profielen:	0
Aantal belastingsgev.:	3
Aantal materialen:	1

Materiaal
Naam
GLAS

E-modulus	70000.00 MPa
Poisson coëff.	0.23
Specifiek gewicht	0.000 kg/mm^3
Uitzettingscoëff.	0 mm/mm.K

Materialenlijst - Macro2D
Groep staven:
1/1

nr.	Naam	Kwaliteit	Specifieke massa kgmm^3	Volume mm^3	Massa kg
91	GLAS	GLAS	0.00	10625000.00	26.56

Totaal gewicht van constructie: 26.56 kg

Knopen

knoop	X mm	Y mm
1	0	350
2	1250	1350
3	1250	2200
4	0	1200

Randen

randlijn	type	knoop
1	Lijn	1,2

```
       2  Lijn  2,3
       3  Lijn  3,4
       4  Lijn  4,1

2D macro's
num  type
  1
     GLAS   Dikte   10.00 mm
     Rand:  1,2,3,4

Steunpunten
Steunpunt  rand  type   Afmeting
                              mm
        1     1  ZRxRy     10.00

Belastinggevallen
BG  Naam                                    Omschrijving
 1  lijnlast 0.8 kN/m                       Variabel - 1
                                                    Korte termijn
 2  puntlast 1.0 kN op 200x200 in midden     Variabel - 1
 3  puntlast 1.0 kN op 200x200 in hoek       Variabel - 1


BG nr. 1 - verdeelde lasten
rand  type    dx          exY   exZ        X beg   Y beg   Z beg
              mm           mm    mm          eind    eind    eind
   3  Kracht  0.00  rel  0.00  0.00  glo     0.00    0.00   -0.80
      N/mm    1.00                  len     0.00    0.00   -0.80

Belastinggeval nr. 2 - Vrije belasting
Rechthoeken
Index  Verdeling     x     y      qx      qy      qz  Systeem  Geldigheid
Locatie
                    mm    mm  N/mm^2  N/mm^2  N/mm^2
    1  Uniform    0.50  1.39    0.00    0.00   -0.03  Globaal  Alles       Lengte
    1             0.70  1.59

Belastinggeval nr. 3 - Vrije belasting
Rechthoeken
Index  Verdeling     x     y      qx      qy      qz  Systeem  Geldigheid
Locatie
                    mm    mm  N/mm^2  N/mm^2  N/mm^2
    1  Uniform    1.04  1.82    0.00    0.00   -0.03  Globaal  Alles       Lengte
    1             1.24  2.02

Verslag berekening.

Lineaire berekening
Aantal 2D elementen     3018
Aantal 1D elementen     0
Aantal netknopen        3060
Aantal vergelijkingen   9180
Belastinggevallen       BG 1 lijnlast 0.8 kN/m
                        BG 2 puntlast 1.0 kN op 200x200 in midden
                        BG 3 puntlast 1.0 kN op 200x200 in hoek
```

Buigtheorie	Mindlin
Start berekening	15.05.2013 15:17
Einde berekening	15.05.2013 15:17

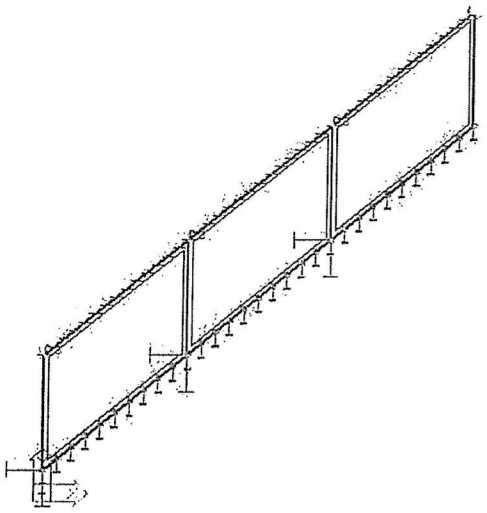
Som van lasten en reacties.

			X	Y	Z
belastinggeval	1	last	0.0	0.0	-1280.6
		knoopreacties	0.0	0.0	1280.6
		lijnreactions	0.0	0.0	0.0
		contact 1D	0.0	0.0	0.0
		contact 2D	0.0	0.0	0.0
belastinggeval	2	last	0.0	0.0	-1000.0
		knoopreacties	0.0	0.0	1000.0
		lijnreactions	0.0	0.0	0.0
		contact 1D	0.0	0.0	0.0
		contact 2D	0.0	0.0	0.0
belastinggeval	3	last	0.0	0.0	-1000.0
		knoopreacties	0.0	0.0	1000.0
		lijnreactions	0.0	0.0	0.0
		contact 1D	0.0	0.0	0.0
		contact 2D	0.0	0.0	0.0

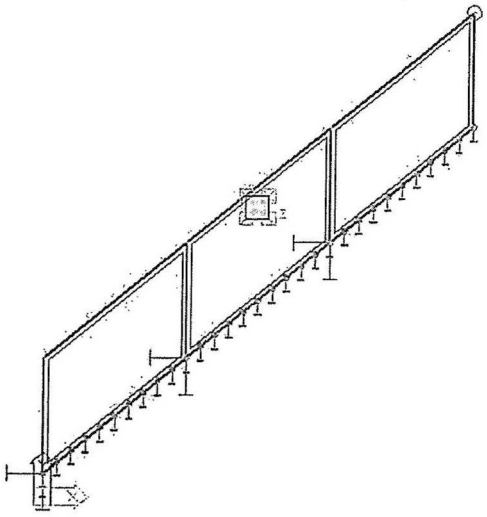
Met handregel bij fictieve dikte 10 mm

Representatieve belastingen

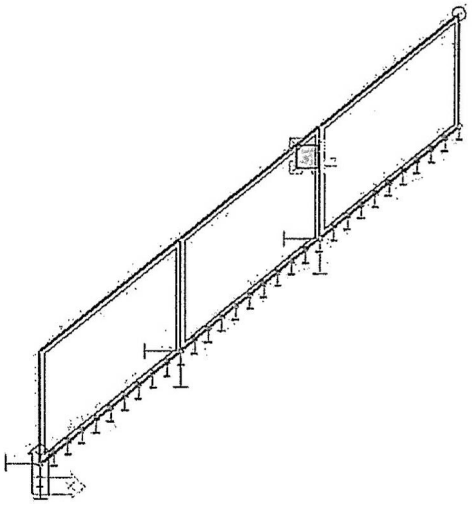
BG1: q_{rep} = 0.8 kN/m



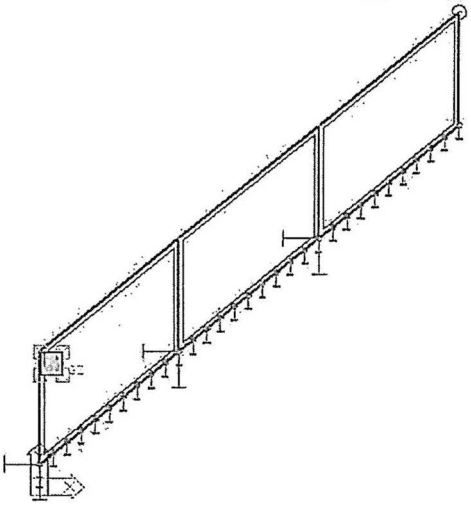
BG2: F_{rep} = 1.0 kN



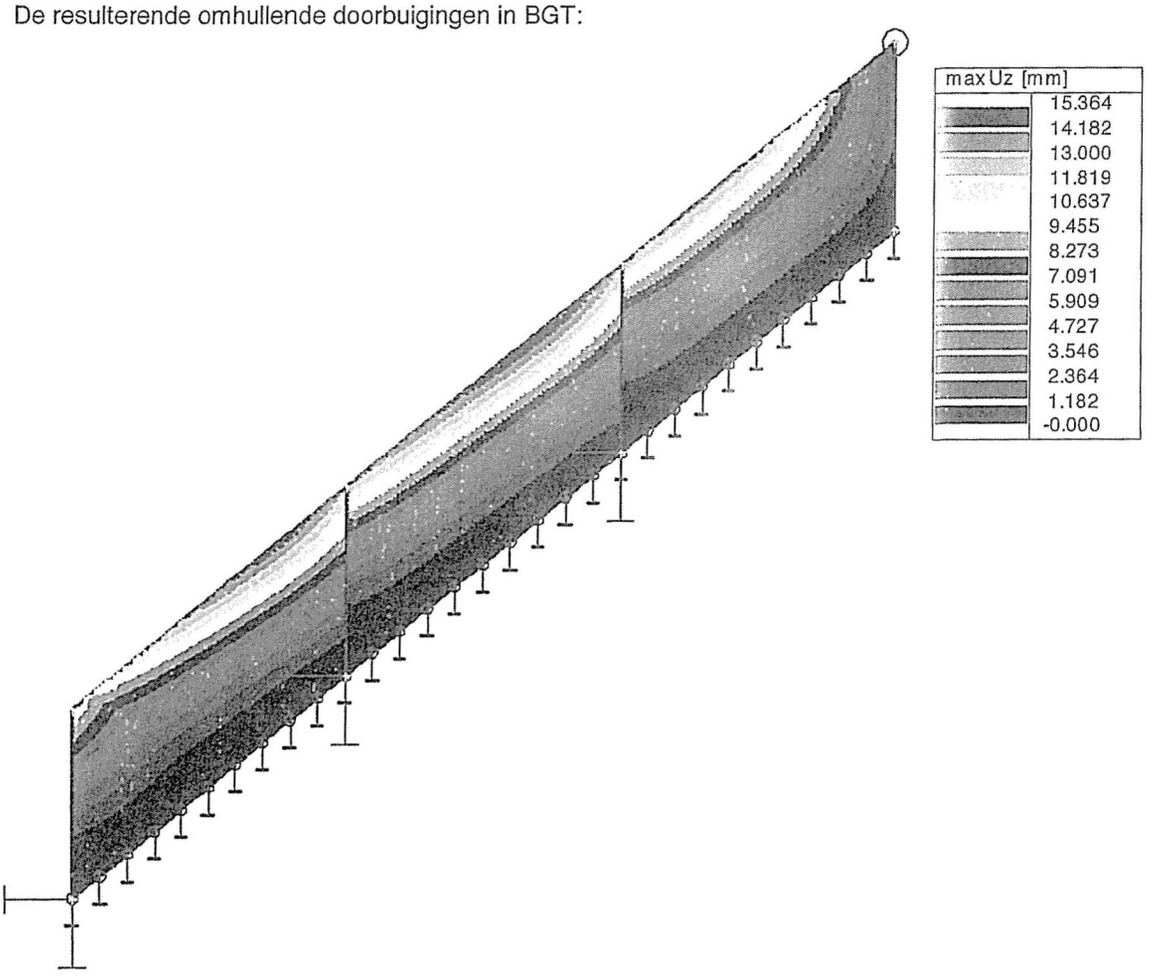
BG3: F_{rep} = 1.0 kN



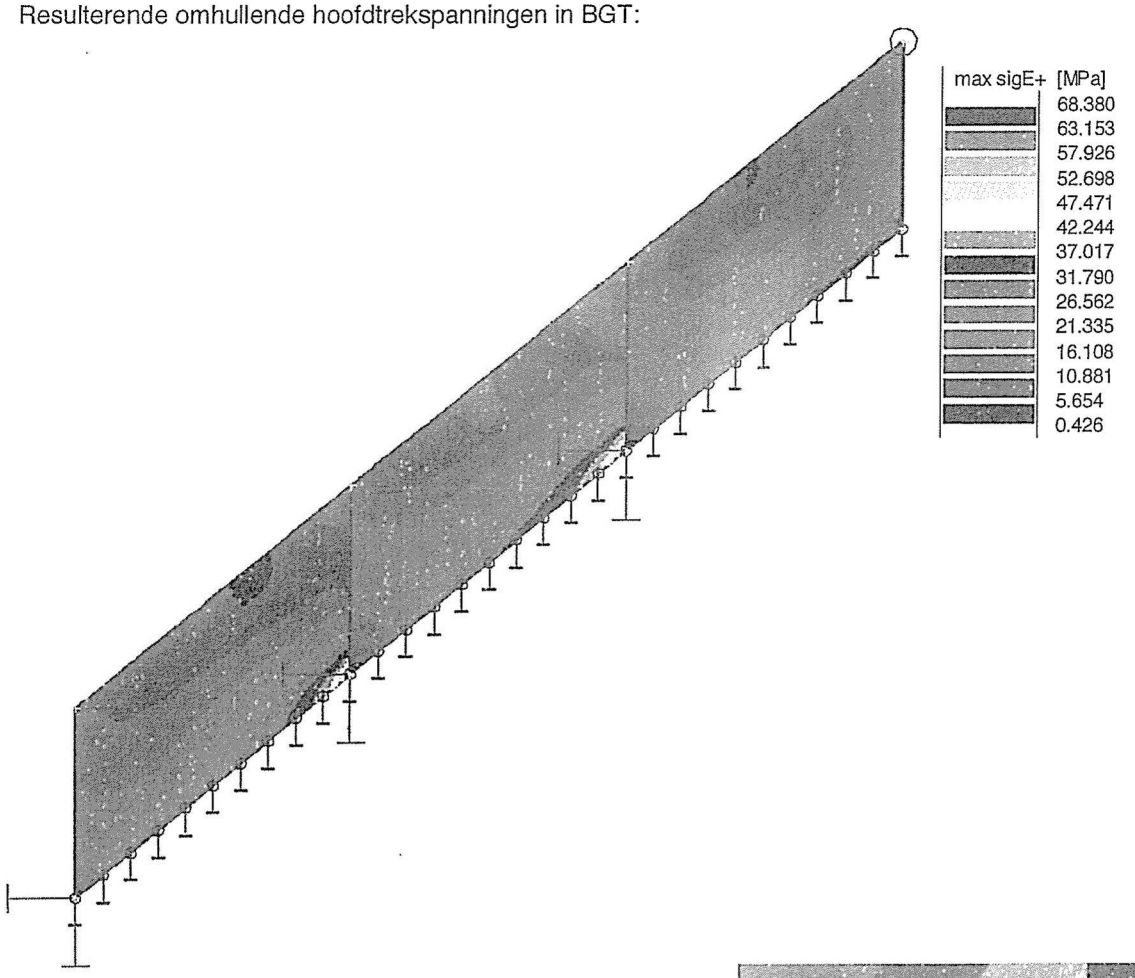
BG4: F_{rep} = 1.0 kN

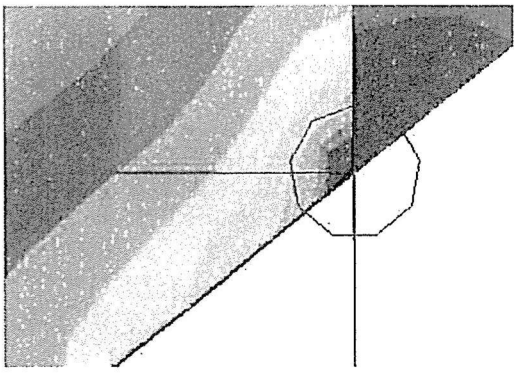


De resulterende omhullende doorbuigingen in BGT:



Resulterende omhullende hoofdtrekspanningen in BGT:





Invoergegevens:
Inhoudsopgave

Basisgegevens , gebruikte materialen	:=C3,3
Materialenlijst	:=C4,3
Knopen	:=C5,3
Staven	:=C6,3
Randen	:=C7,3
2D macro's	:=C8,3
Doorsnede-eig. , standaard , gebruikte profielen	:=C9,3
Dikte van 2D_macro	:=C10,3
Scharnieren	:=C11,3
Steunpunten & Bedding	:=C12,3
Belastinggevallen	:=C13,3
Groep van variabele lasten	:=C14,3
Gelijkmatig verdeelde last	:=C15,3
Vrije belasting	:=C16,3
Verslag berekening.	:=C17,3

Basisgegevens

Structuurtype :	Algemeen XYZ
Aantal knopen:	12
Aantal staven:	2
Aantal 1D macro's:	2
Aantal randlijnen:	12
Aantal 2D macro's:	3
Aantal profielen:	1
Aantal belastingsgev.:	4
Aantal materialen:	2

Materiaal
Naam

S 235		
	Treksterkte	360.000 MPa
	Vloeigrens	235.000 MPa
	E-modulus	210000.00 MPa
	Poisson coëff.	0.30
	Specifiek gewicht	0.000 kg/mm^3
	Uitzettingscoëff.	1.2e-005 mm/mm.K
GLAS		
	E-modulus	70000.00 MPa
	Poisson coëff.	0.23
	Specifiek gewicht	0.000 kg/mm^3
	Uitzettingscoëff.	0 mm/mm.K

Materialenlijst
Groep staven:
1/2

nr.	Naam	Kwaliteit	Eenh. gewicht	Lengte	Massa
			kg/mm	mm	kg
1	REC (50,50)	S 235	0.02	200.00	3.93

Materialenlijst - Macro2D
Groep staven:
1/3

nr.	Naam	Kwaliteit	Specifieke massa kgmm^3	Volume mm^3	Massa kg
91	GLAS	GLAS	0.00	31875000.00	79.69

Knopen

knoop	X mm	Y mm	Z mm
1	0	350	0
2	1250	1350	0
3	1250	2200	0
4	0	1200	0
5	1250	1350	100
6	2500	2350	100
7	2500	3200	100
8	1250	2200	100
9	2500	2350	0
10	3750	3350	0
11	3750	4200	0
12	2500	3200	0

Staven

macro	staaf	knoop 1	knoop 2	Lengte mm	Rx deg	Profiel	Kwaliteit
1	1	3	8	100	0.00	1 - REC (50,50)	S 235
2	2	12	7	100	0.00	1 - REC (50,50)	S 235

Randen

randlijn	type	knoop
1	Lijn	1,2
2	Lijn	2,3
3	Lijn	3,4
4	Lijn	4,1
5	Lijn	5,6
6	Lijn	6,7
7	Lijn	7,8
8	Lijn	8,5
9	Lijn	9,10
10	Lijn	10,11
11	Lijn	11,12
12	Lijn	12,9

2D macro's

num type

1
GLAS Dikte 10.00 mm
Rand: 1,2,3,4

2
GLAS Dikte 10.00 mm
Rand: 5,6,7,8

3
GLAS Dikte 10.00 mm
Rand: 9,10,11,12

Profielen

Doorsnedenr. 1 - REC (50,50)

```
Materiaal : 10 - S 235
A       :  2.500000e+003 mm^2
Ay/A    :  0.833                 Az/A    :    0.833
Iy      :  5.208333e+005 mm^4    Iz      :    5.208333e+005 mm^4
Iyz     :  0.000000e+000 mm^4    It      :    8.787500e+005 mm^4
Iw      :  0.000000e+000 mm^6
Wely    :  2.083333e+004 mm^3    Welz    :    2.083333e+004 mm^3
Wply    :  3.125000e+004 mm^3    Wplz    :    3.125000e+004 mm^3
cy      :  25.00 mm              cz      :    25.00 mm
iy      :  14.43 mm              iz      :    14.43 mm
dy      :  0.00 mm               dz      :    0.00 mm
Omtrek  :                        200.00 mm
```

Scharnieren
De waarden van stijfheden van randscharnieren zijn gesteld in 1 mm´van de lengte

staaf	type	pos
1	fiyfiz	beg
1	fiyfiz	eind
2	fiyfiz	beg
2	fiyfiz	eind

Steunpunten

Steunpunt	rand	knoop	type	Afmeting mm
1	1		YZRxRy	10.00
2		1	XY	10.00
3	5		YZRxRy	10.00
4		5	XY	10.00
5	9		YZRxRy	10.00
6		9	XY	10.00
7		11	Z	10.00

Belastinggevallen

BG	Naam	Omschrijving
1	lijnlast 0.8 kN/m	Variabel - 1
2	puntlast 1.0 kN op 200x200 mid	Variabel - 1
3	puntlast 1.0 kN op 200x200 hoek	Variabel - 1
		Korte termijn
4	puntlast 1.0 op uiteinde	Variabel - 1

BG nr. 1 - verdeelde lasten

rand	type	dx mm		exY mm	exZ mm		X beg eind	Y beg eind	Z beg eind
3	Kracht	0.00	rel	0.00	0.00	glo	0.00	0.00	0.80
	N/mm	1.00				len	0.00	0.00	0.80
7	Kracht	0.00	rel	0.00	0.00	glo	0.00	0.00	0.80
	N/mm	1.00				len	0.00	0.00	0.80
11	Kracht	0.00	rel	0.00	0.00	glo	0.00	0.00	0.80
	N/mm	1.00				len	0.00	0.00	0.80

Belastinggeval nr. 2 - Vrije belasting

Rechthoeken

Index	Verdeling	x	y	qx	qy	qz	Systeem	Geldigheid	Locatie
		mm	mm	N/mm^2	N/mm^2	N/mm^2			
1	Uniform	1.76	2.41	0.00	0.00	0.03	Lokaal	Alles	Lengte
1		1.96	2.61						

Belastinggeval nr. 3 - Vrije belasting
Rechthoeken

Index	Verdeling	x	y	qx	qy	qz	Systeem	Geldigheid	Locatie
		mm	mm	N/mm^2	N/mm^2	N/mm^2			
1	Uniform	2.29	2.83	0.00	0.00	0.03	Lokaal	Alles	Lengte
1		2.49	3.03						

Belastinggeval nr. 4 - Vrije belasting
Rechthoeken

Index	Verdeling	x	y	qx	qy	qz	Systeem	Geldigheid	Locatie
		mm	mm	N/mm^2	N/mm^2	N/mm^2			
1	Uniform	0.01	0.99	0.00	0.00	0.03	Globaal	Alles	Lengte
1		0.21	1.19						

Verslag berekening.

Lineaire berekening	
Aantal 2D elementen	8388
Aantal 1D elementen	2
Aantal netknopen	8508
Aantal vergelijkingen	51048
Belastinggevallen	BG 1 lijnlast 0.8 kN/m
	BG 2 puntlast 1.0 kN op 200x200 mid
	BG 3 puntlast 1.0 kN op 200x200 hoek
	BG 4 puntlast 1.0 op uiteinde
Buigtheorie	Mindlin
Start berekening	15.05.2013 15:23
Einde berekening	15.05.2013 15:23

Som van lasten en reacties.

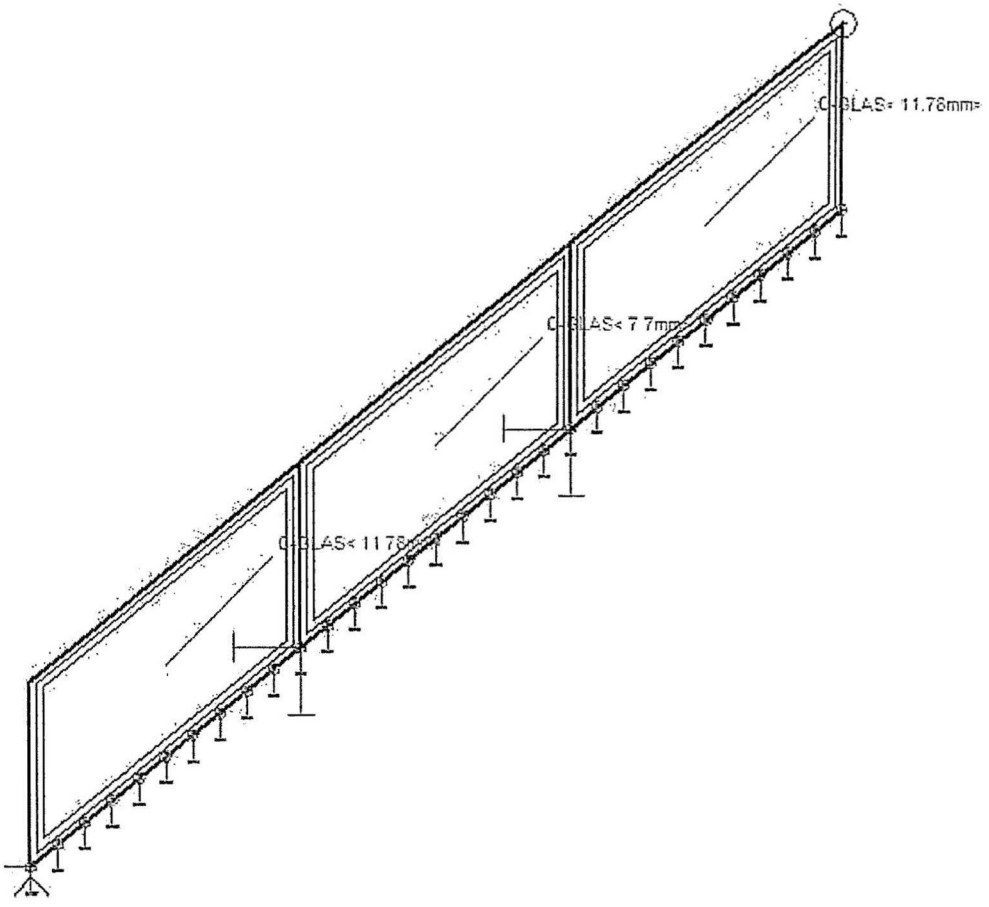
			X	Y	Z
belastinggeval	1	last	0.0	0.0	3841.9
		knoopreacties	0.0	0.0	-3841.9
		lijnreactions	0.0	0.0	0.0
		contact 1D	0.0	0.0	0.0
		contact 2D	0.0	0.0	0.0
belastinggeval	2	last	0.0	0.0	1000.0
		knoopreacties	0.0	0.0	-1000.0
		lijnreactions	0.0	0.0	0.0
		contact 1D	0.0	0.0	0.0
		contact 2D	0.0	0.0	0.0
belastinggeval	3	last	0.0	0.0	1000.0
		knoopreacties	0.0	0.0	-1000.0
		lijnreactions	0.0	0.0	0.0

		contact 1D	0.0	0.0	0.0
		contact 2D	0.0	0.0	0.0
belastinggeval	4	last	0.0	0.0	1000.0
		knoopreacties	0.0	0.0	-1000.0
		lijnreactions	0.0	0.0	0.0
		contact 1D	0.0	0.0	0.0
		contact 2D	0.0	0.0	0.0

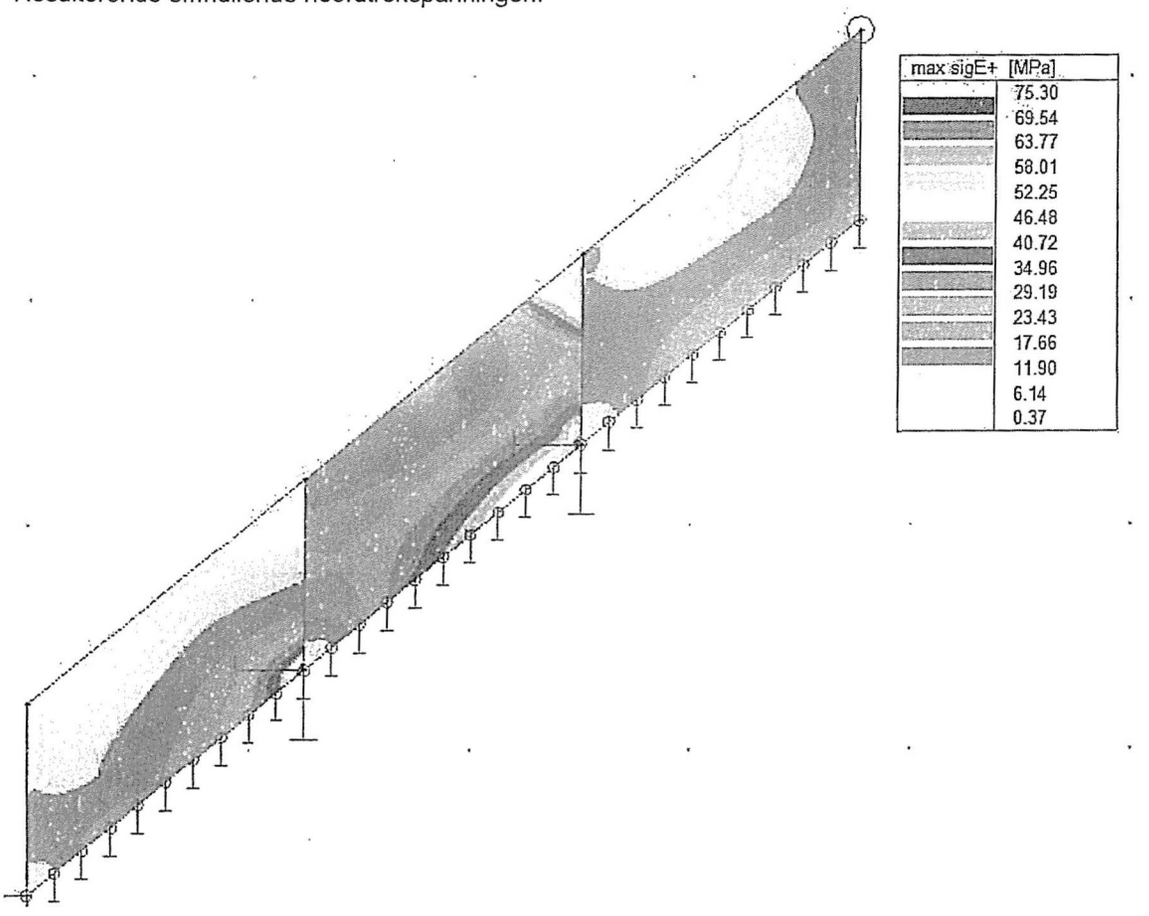
Met handregel bij beschadigde plaat

Representatieve belastingen en dimensies zijn gelijk aan die van "handregel met fictieve dikte 10 mm".
Bij de beschouwing van de bijzondere belastingcombinatie met beschadigde plaat is echter gerekend met de werkelijke dikte $t_{gg;u}$ (voor zowel de beschadigde als de onbeschadigde plaat) van de dunst mogelijke paneelsamenstelling.
Afwijkend t.o.v. invoer "handregel met fictieve dikte 10 mm" bij min. mogelijke dikte **8.8.4**:

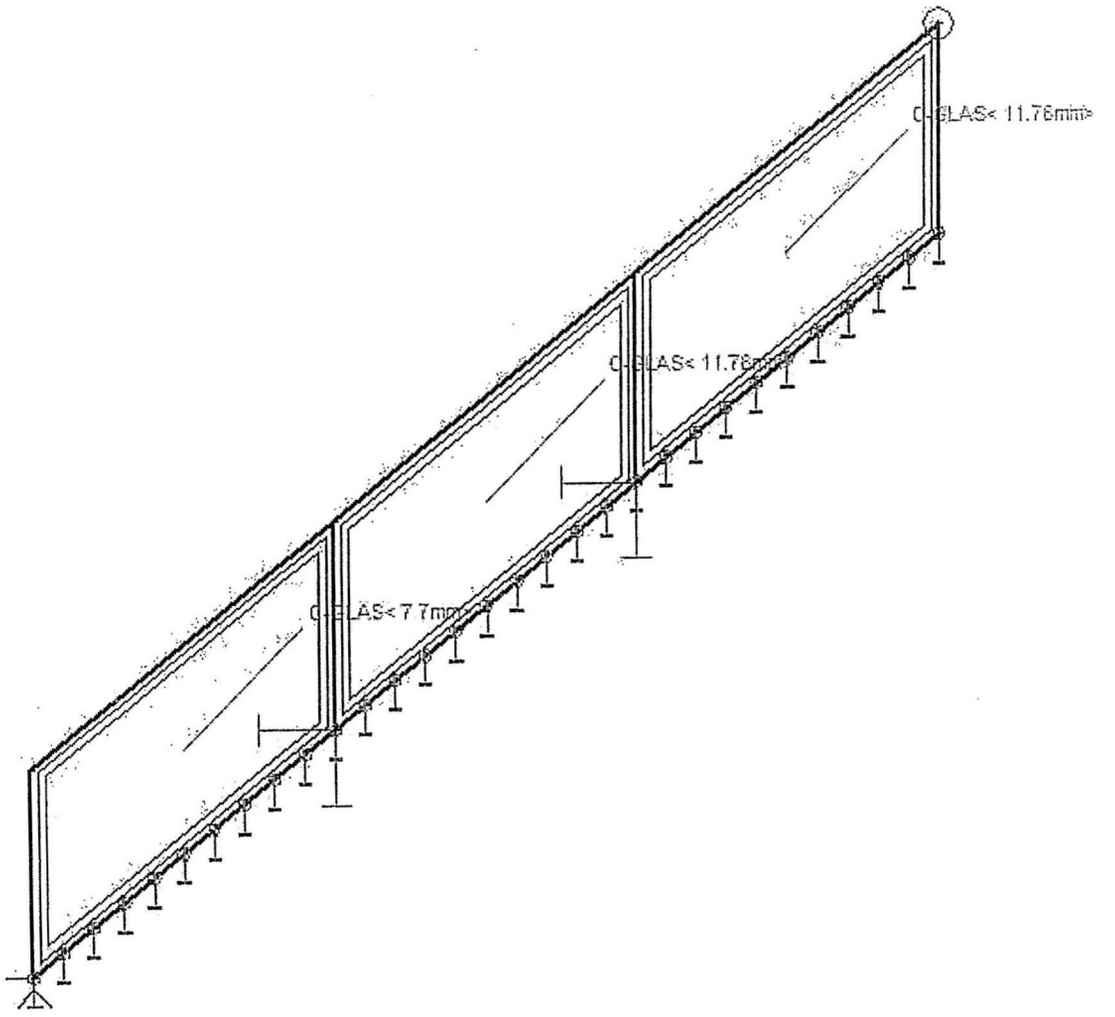
```
2D macro's
num  type
  1
     GLAS   Dikte   11.78 mm
     Rand:  1,2,3,4
  2
     GLAS   Dikte   7.70 mm
     Rand:  5,6,7,8
  3
     GLAS   Dikte   11.78 mm
     Rand:  9,10,11,12
```



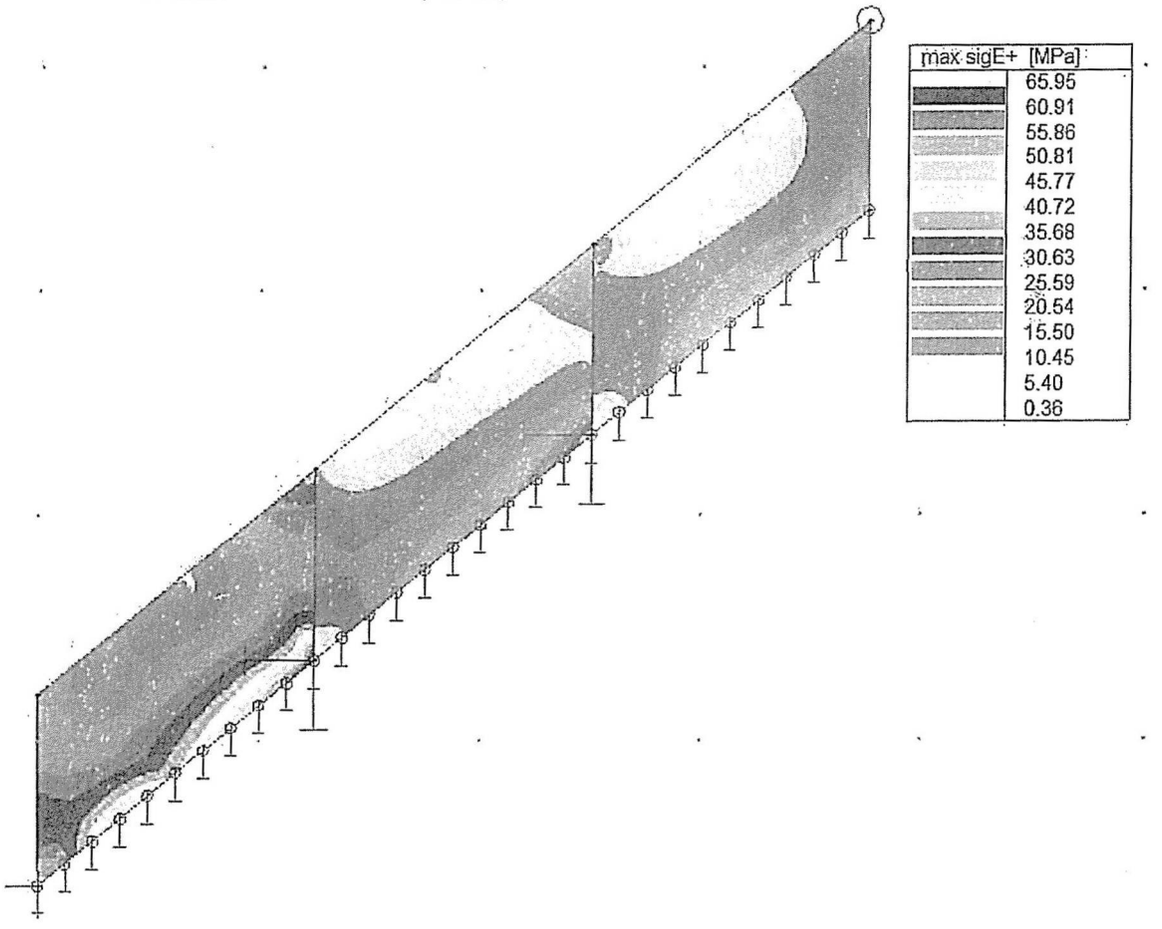
Resulterende omhullende hoofdtrekspanningen:



```
2D macro's
num  type
  1
     GLAS   Dikte   7.70 mm
     Rand:  1,2,3,4
  2
     GLAS   Dikte   11.78 mm
     Rand:  5,6,7,8
  3
     GLAS   Dikte   11.78 mm
     Rand:  9,10,11,12
```



Resulterende omhullende hoofdtrekspanningen:



KOMO® ATTEST
SKG.1184.4890.05.NL

Uitgegeven op: 31-08-2016
Geldig tot: 31-08-2021

Vervangt: SKG.1184.4890.04.NL
Uitgegeven: 18-01-2016

SKG-IKOB
Certificatie

Attesthouder
OnLevel BV
Innovatielaan 25
8447 SN Heerenveen
T: +31 (0)513 617 073
E: info@onlevel.nl
I: www.onlevel.nl

ATTEST

OnLevel BV
balustrades vervaardigd uit het TRANS LEVEL 10, 30, 50 en 60 (0,3 kN, 0,8 kN en 3,0 kN) systeem in zijn toepassing als (vloer)afscheidingen

Verklaring van SKG-IKOB
Dit attest is op basis van BRL 4107: 26-07-2016 afgegeven conform het vigerende Reglement voor Attestering, Certificatie en Inspectie van SKG-IKOB.

De prestaties van de balustrades uit bovengenoemd systeem in zijn toepassing als (vloer)afscheidingen zijn beoordeeld in relatie tot het Bouwbesluit en de uitgangspunten voor de beoordeling worden periodiek herbeoordeeld.

Op basis daarvan verklaart SKG-IKOB dat met de bovengenoemde balustrades samengestelde (vloer)afscheidingen prestaties leveren zoals opgenomen in dit attest en de (vloer)afscheidingen voldoen aan de in dit attest opgenomen eisen van het Bouwbesluit, mits:

- wordt voldaan aan de in dit attest vastgelegde technische specificatie(s) en toepassingsvoorwaarden;
- de vervaardiging van de vloerafscheidingen geschiedt overeenkomstig de in dit attest vastgelegde voorschriften en/of verwerkingsmethoden.

In het kader van dit attest vindt geen controle plaats op de productie van de balustrades, noch op samenstelling van en/of de montage in (vloer)afscheidingen.

Voor SKG-IKOB

ir. H.A.J. van Dartel
Certificatiemanager

Het attest is voorts opgenomen in het overzicht op de website van Stichting KOMO: www.komo.nl. De gebruikers van dit attest worden geadviseerd op www.skgikob.nl te controleren of dit document nog geldig is.
Dit attest bestaat uit 24 bladzijden.

PRODUCTEN
RvA C 003

SKG-IKOB Certificatie
Poppenbouwing 56
4191 NZ Geldermalsen

Postbus 202
4190 CE Geldermalsen

T 088-2440100
info@skgikob.nl
www.skgikob.nl

Bouwbesluit

Product is:
Eenmalig beoordeeld op prestatie in de toepassing.
Herbeoordeling minimaal elke 5 jaar

1. IDENTIFICATIE VAN HET PRODUCT

Producten conform dit attest worden geïdentificeerd door deze duurzaam te voorzien van de naam c.q. het logo van de fabrikant, tezamen met vermelding van het attestnummer. Een en ander zoals hieronder is aangegeven.

De toepassingsindicaties voor vloerafscheidingen zijn overeenkomstig de waarden zoals vermeld in tabel 1 en voor sterkte en stijfheid overeenkomstig de rekenwaarde voor de sterkte. Toepassingsindicaties kunnen vermeld zijn op de begeleidende documenten of op de projecttekeningen.

De identificatie wordt uitgevoerd in de vorm van een witte zegel met zwarte opdruk als volgt opgezet:

LOGO attest-houder	OnLevel BV attestnummer: SKG.1184.4890

2. SAMENVATTING MINIMUM PRESTATIES [1)]

Tabel 1

BOUWBESLUITINGANG				
Afd. nr.	Onderwerp	Grenswaarde/bepalingsmethode	Prestatie	Opmerking i.v.m. toepassing
2.1	Algemene sterkte van de bouwconstructie	Uiterste grenstoestand, berekening volgens EN 1991-1-1 en/of EN 1999-1-1 en/of EN 1993-1-1 en/of EN 1992-1-1 en/of EN 1996-1-1 en/of EN 1994-1-1 en/of EN 1995-1-1 EN 1990 en NEN 2608	Geschikt voor de toepassing (situatie en hoogte gebouw)	Zie § 4.1.1 van dit attest
2.3	Afscheiding van vloer, trap en hellingbaan	Conform voorschriften artikel 2.18, 2.19 en 2.20, tabel 2.16 Bouwbesluit	Voldoet aan de minimale eisen. Per project door of namens de opdrachtgever te beoordelen.	Zie § 4.1.2 van dit attest
2.9	Beperking van het ontwikkelen van brand en rook	Klasse A1, A2, B,C,D volgens NEN-EN 13501-1	Klasse A1	Zie § 4.1.3 van dit attest
		Rookklasse s1 of s2 volgens NEN-EN 13501-1	Klasse s1	Zie § 4.1.3 van dit attest
3.9	Beperking van de toepassing van schadelijke materialen	Volgens voorschriften ministeriële regeling	Aan de voorschriften wordt voldaan.	

1) Zulks voor zover in dit attest voor bepaalde constructies geen hogere prestaties zijn gegeven.

3. WENKEN VOOR DE AFNEMER

Inspecteer bij aflevering van onder dit attest geleverde producten of conform de technische specificaties als omschreven in dit attest:
- geleverd is wat is overeengekomen;
- identificatie conform de specificatie in dit attest op de producten is aangebracht;
- de producten geen zichtbare beschadigingen en/of gebreken vertonen als gevolg van transport of anderszins;
- voldaan is aan wettelijke eisen in verband met de toepassing.

Controleer of dit attest nog geldig is. Raadpleeg hiertoe de website van SKG-IKOB: www.skgikob.nl.

Indien u op grond van het hiervoor gestelde en/of op grond van uw eigen bevindingen tot afkeuring overgaat, neem dan contact op met de houder van dit attest en zonodig met SKG-IKOB.

Indien op een bouwproduct een Europese geharmoniseerde technische specificatie van toepassing is mogen de uitspraken in dit KOMO attest niet worden gebruikt ter vervanging van de CE-markering op dat bouwproduct en/of ter vervanging van de bijbehorende verplichte prestatieverklaring.

Scheuten Glas Nederland B.V. • GGP VENLO
PO Box 22 • NL 5900 AA Venlo
t +31 (0)77 3599 373
e salesggp@scheuten.com
i www.scheuten.com
IBAN NL43INGB0688575765
BIC INGBNL2A
VAT Number NL007341842B01
HR 12024240

Datablad Multisafe®

OnLevel, Deb.nr.: **project: -**
Glastype 1, Multisafe Datum: 18-12-2017

Multisafe®

Glassoort : Multisafe®
Bevestiging : -

Glasopbouw gehard : **Gehard blank 8mm, 1,52mm blanke PVB folie, 8mm blank**

- Certificatie : NEN-EN 12600
- Coating / emaille : -
- Randbewerking : -
- Stempel, markering : buiten- en binnenblad Securisafe ESG
- Andere eigenschappen : -

Technische specificaties:

Lichttechnische eigenschappen (NEN-EN 410)

Lichttransmissie *(ττν);* **LTA** : **ca. 85 %**
Buitenlichtreflectie (ρv;buiten); BLR : ca. 8 %
Binnenlichtreflectie (ρv;binnen) : ca. 8 %

Energetische eigenschappen (NEN-EN 410)

Directe energietransmissie (τe) : ca. 63 %
Directe energiereflectie (ρe) : ca. 7 %
Directe energieabsorptie (αe) : ca. 30 %
Totale energietransmissie (g); **ZTA** : **ca. 71 %**

Optische en isolerende eigenschappen zijn gebaseerd op NEN-EN 410 en NEN-EN 673
Toleranties op lichttechnische of energetische specificaties +/- 3 %; toleranties op U-waarde +/- 0,1 W/m2K

Op al onze aanbiedingen en op alle met ons gesloten overeenkomsten zijn van toepassing de algemene voorwaarden van Scheuten Glas Nederland B.V., gedeponeerd ter Griffie van de Rechtbank te Roermond alsmede de algemene voorwaarden van de Glas Branche Organisatie, gedeponeerd ter Griffie van de Rechtbank te Amsterdam. In geval van tegenstrijdigheid prevaleren de algemene voorwaarden van Scheuten Glas Nederland B.V. Op verzoek sturen wij u gratis een exemplaar op.

Scheuten Glas Nederland B.V. • GGP VENLO
PO Box 22 • NL 5900 AA Venlo
t +31 (0)77 3599 373
e salesggp@scheuten.com
i www.scheuten.com
IBAN NL43INGB0688575765
BIC INGBNL2A
VAT Number NL007341842B01
HR 12024240

Datablad Multisafe®

OnLevel, Deb.nr.: **project: -**
Glastype 1, Multisafe Datum: 18-12-2017

Multisafe®

Glassoort : Multisafe®
Bevestiging : -

Glasopbouw gehard : **Gehard blank 10mm, 1,52mm blanke PVB folie, 10mm blank**

- Certificatie : NEN-EN 12600
- Coating / emaille : -
- Randbewerking : -
- Stempel, markering : buiten- en binnenblad Securisafe ESG
- Andere eigenschappen : -

Technische specificaties:

Lichttechnische eigenschappen (NEN-EN 410)

Lichttransmissie *(ττν);* **LTA**	**: ca. 84 %**
Buitenlichtreflectie (ρv;buiten); BLR	: ca. 8 %
Binnenlichtreflectie (ρv;binnen)	: ca. 8 %

Energetische eigenschappen (NEN-EN 410)

Directe energietransmissie (τe)	: ca. 59 %
Directe energiereflectie (ρe)	: ca. 7 %
Directe energieabsorptie (αe)	: ca. 34 %
Totale energietransmissie (g); **ZTA**	**: ca. 68 %**

Optische en isolerende eigenschappen zijn gebaseerd op NEN-EN 410 en NEN-EN 673
Toleranties op lichttechnische of energetische specificaties +/- 3 %; toleranties op U-waarde +/- 0,1 W/m2K

Op al onze aanbiedingen en op alle met ons gesloten overeenkomsten zijn van toepassing de algemene voorwaarden van Scheuten Glas Nederland B.V., gedeponeerd ter Griffie van de Rechtbank te Roermond alsmede de algemene voorwaarden van de Glas Branche Organisatie, gedeponeerd ter Griffie van de Rechtbank te Amsterdam. In geval van tegenstrijdigheid prevaleren de algemene voorwaarden van Scheuten Glas Nederland B.V. Op verzoek sturen wij u gratis een exemplaar op.

Scheuten Glas Nederland B.V. • GGP VENLO
PO Box 22 • NL 5900 AA Venlo
t +31 (0)77 3599 373
e salesggp@scheuten.com
i www.scheuten.com
IBAN NL43INGB0688575765
BIC INGBNL2A
VAT Number NL007341842B01
HR 12024240

Datablad Multisafe®

OnLevel, Deb.nr.: **project: -**
Glastype 1, Multisafe Datum: 18-12-2017

Multisafe®

Glassoort : Multisafe®
Bevestiging : -

Glasopbouw gehard : **Gehard blank 12mm, 1,52mm blanke PVB folie, 12mm blank**

- Certificatie : NEN-EN 12600
- Coating / emaille : -
- Randbewerking : -
- Stempel, markering : buiten- en binnenblad Securisafe ESG
- Andere eigenschappen : -

Technische specificaties:

Lichttechnische eigenschappen (NEN-EN 410)

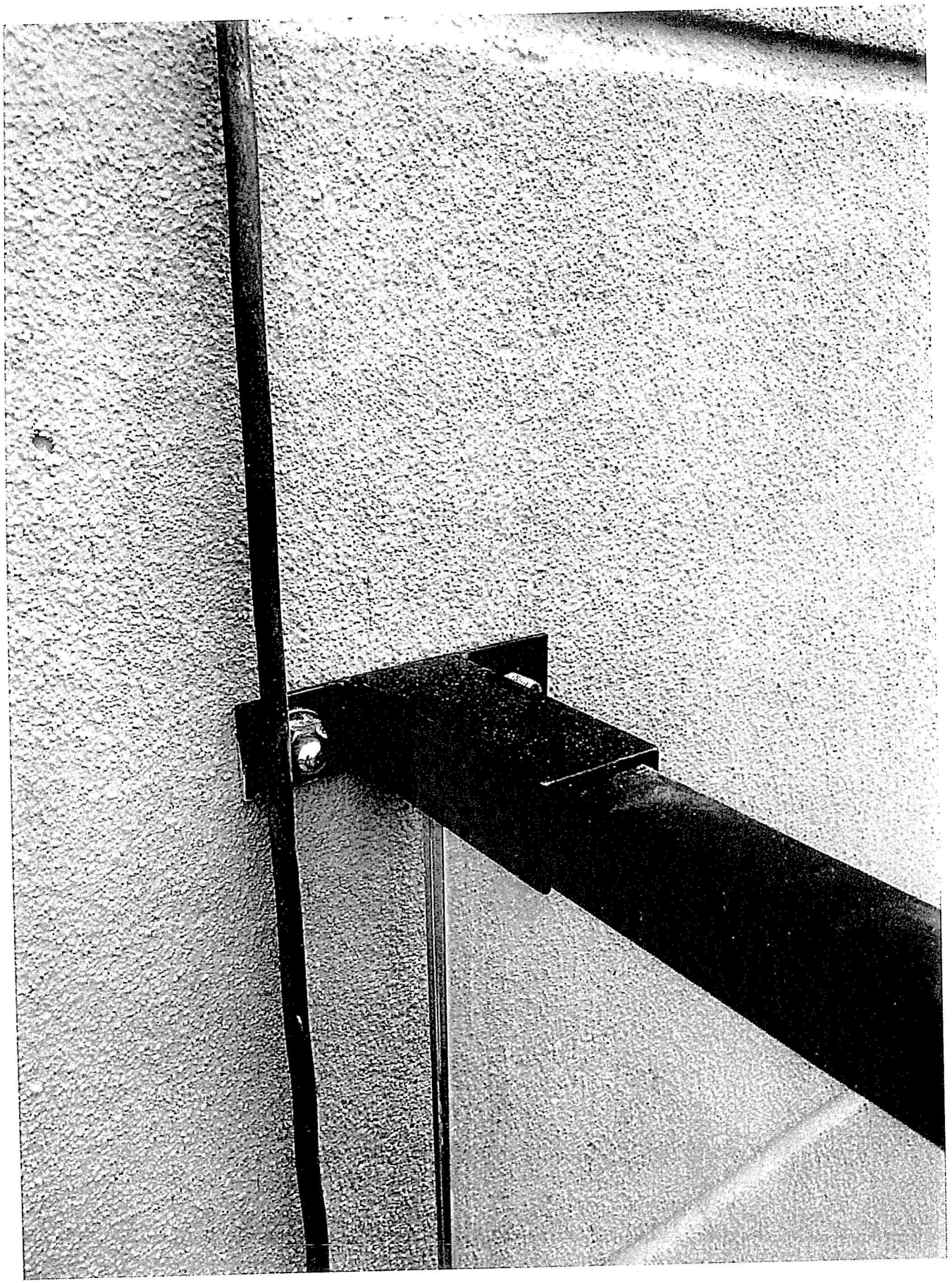
Lichttransmissie *($\tau\tau v$);* **LTA** : **ca. 81 %**
Buitenlichtreflectie (ρv;buiten); BLR : ca. 7 %
Binnenlichtreflectie (ρv;binnen) : ca. 7 %

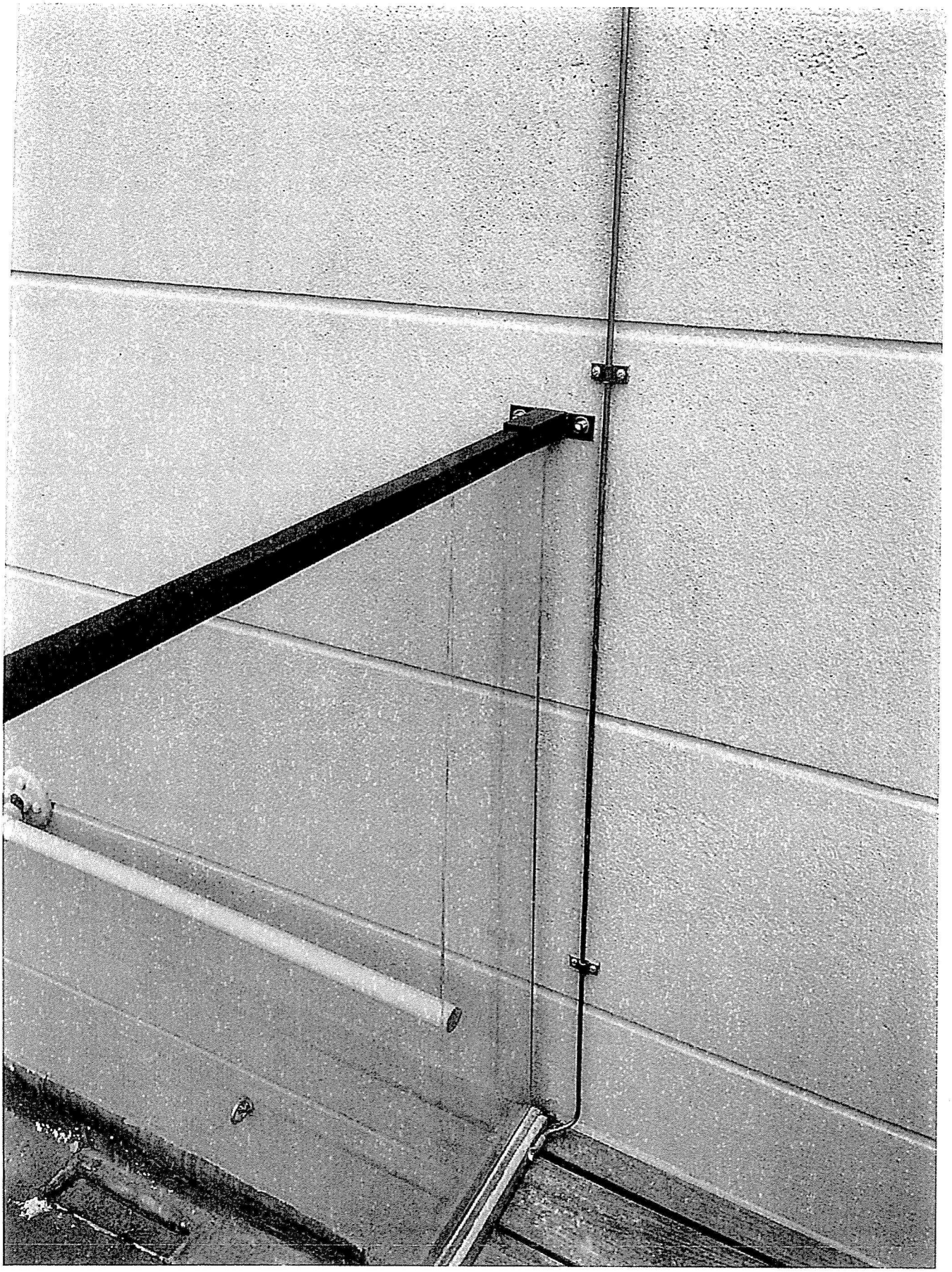
Energetische eigenschappen (NEN-EN 410)

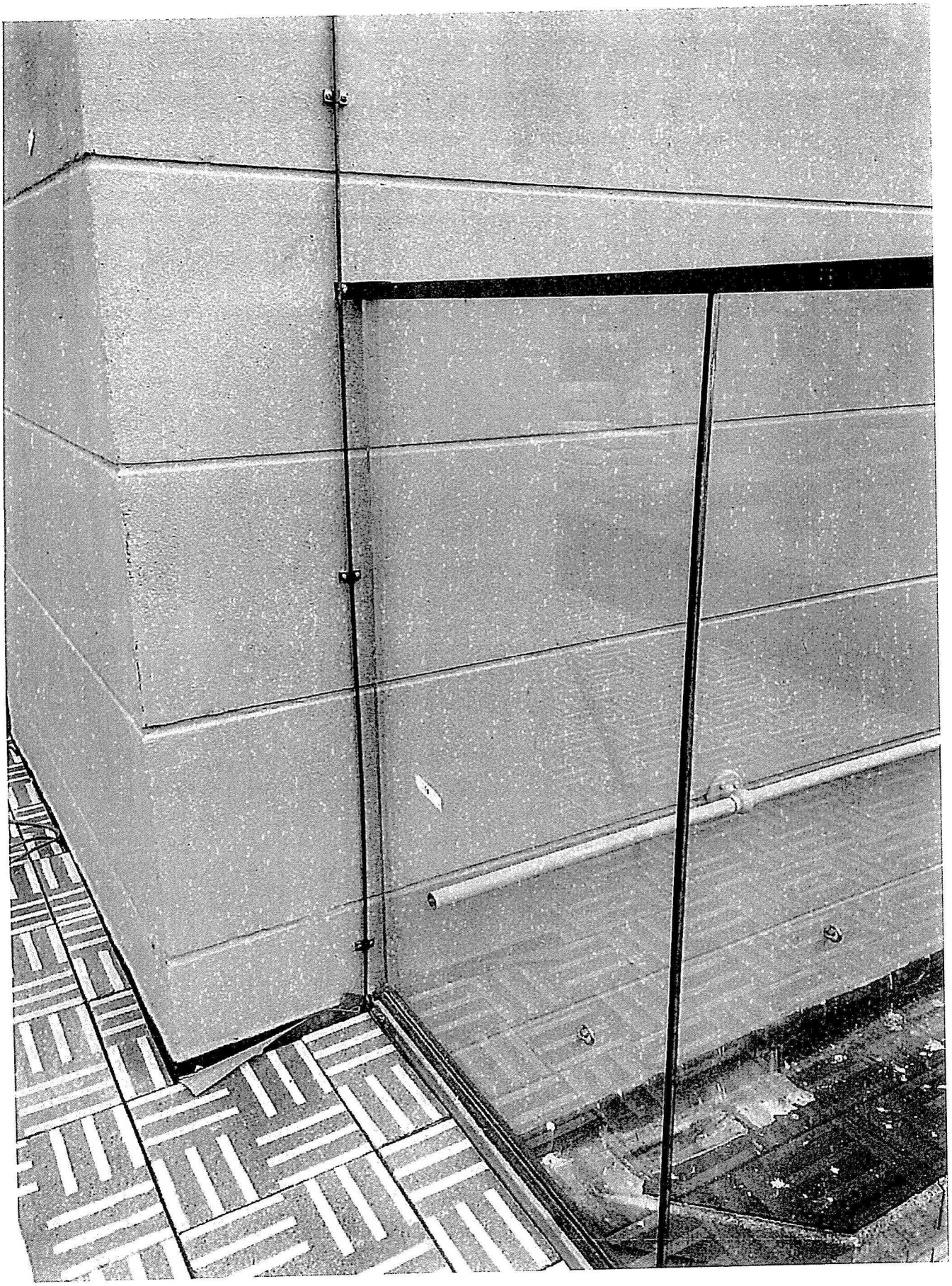
Directe energietransmissie (τe) : ca. 56 %
Directe energiereflectie (ρe) : ca. 6 %
Directe energieabsorptie (αe) : ca. 38 %
Totale energietransmissie (g); **ZTA** : **ca. 65 %**

Optische en isolerende eigenschappen zijn gebaseerd op NEN-EN 410 en NEN-EN 673
Toleranties op lichttechnische of energetische specificaties +/- 3 %; toleranties op U-waarde +/- 0,1 W/m2K

Op al onze aanbiedingen en op alle met ons gesloten overeenkomsten zijn van toepassing de algemene voorwaarden van Scheuten Glas Nederland B.V., gedeponeerd ter Griffie van de Rechtbank te Roermond alsmede de algemene voorwaarden van de Glas Branche Organisatie, gedeponeerd ter Griffie van de Rechtbank te Amsterdam. In geval van tegenstrijdigheid prevaleren de algemene voorwaarden van Scheuten Glas Nederland B.V. Op verzoek sturen wij u gratis een exemplaar op.







SPARQ
BALUSTRADES

TL6011 - 1.0 kN/m Side Mount

statische berekening aluminium profiel met verankering

3432-12001-TL6011 rev. C

high quality full-glass balustrades

ADVIESBUREAU BREKELMANS
ingenieurs voor bouwconstructies
ingenieurs voor bouwconstructies

SPARQ BALUSTRADES

TL6011 - 1.0 kN/m Side Mount

3432-12001-TL6011 rev. C

statische berekening aluminium profiel met verankering

Opdrachtgever: SPARQ Balustrades
Innovatielaan 25
8447 SN Heerenveen
tel. 0513-617073

Bron: ONLEVEL

rev.	datum	paraaf	omschrijving
A	2013-01-28	WG	
B	2013-03-07	WG	verduideling windbelasting
C	2015-04-03	WG	correctie figuur § 2

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

Besloten vennootschap; inschrijving K.v.K. nummer 14622259
BTW-nummer: NL.0059.43.917.B.01
Opdrachten worden aanvaard en uitgevoerd overeenkomstig de geldende DNR 2011 zoals gedeponeerd ter griffie van de Rechtbank te Amsterdam onder nummer 78/2011.
Deze zijn ter inzage en worden u op verzoek toegezonden.

Inhoud

1 Van toepassing zijnde normen 3
2 Omschrijving 3
3 Uitgangspunten berekening 4
3.1 Belastingen 4
3.2 Materialen 4
4 Berekening 5
5 Conclusie en ontwerp-instructies 5
Bijlage 1 - berekening aluminium profiel 6
Bijlage 2 - berekening verankeringsmiddelen 11
Bijlage 3 - berekening boorankers 12
Bijlage 4 - relevante profieldiktes 16

1 Van toepassing zijnde normen

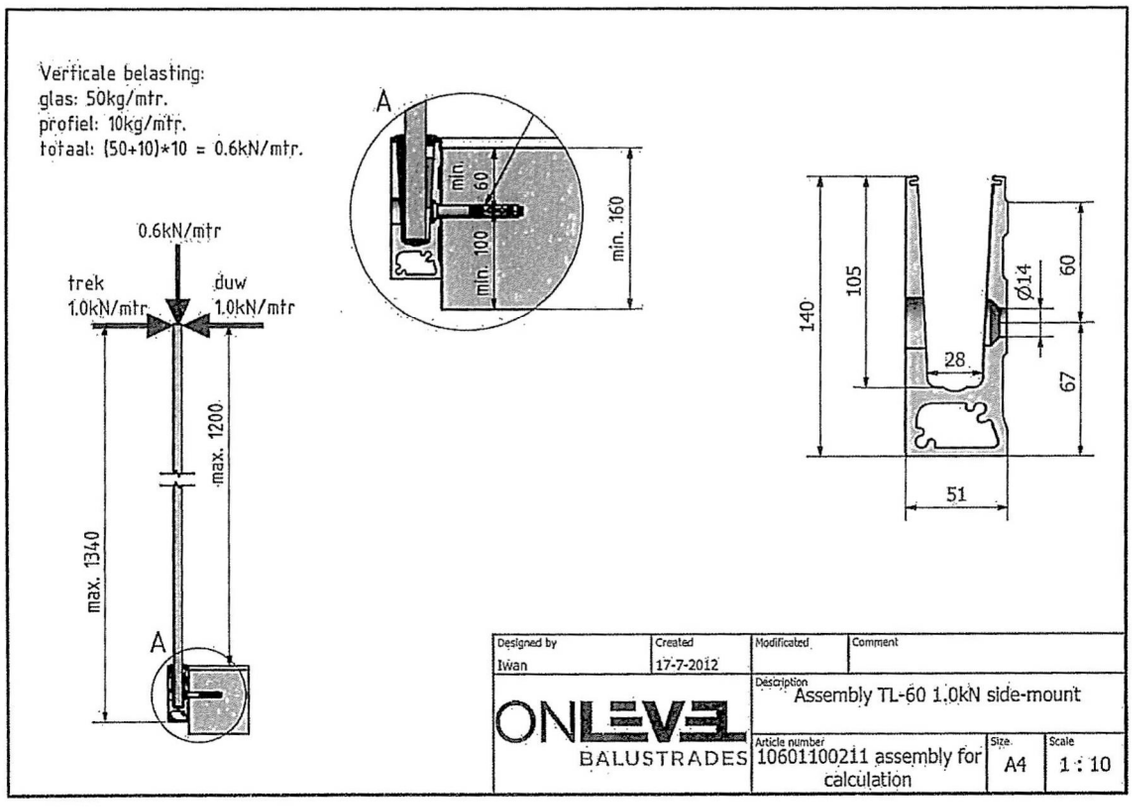
De berekening is gebaseerd op de Eurocodes, in het bijzonder:

NEN-EN 1990:2011	grondslagen voor het constructief ontwerp
NEN-EN 1991-1-1:2011	algemene belastingen: eigen gewicht en opgelegde belastingen
NEN-EN 1991-1-4:2011	algemene belastingen: windbelastingen
NEN-EN 1993-1-1:2011	ontwerp en berekening van staalconstructies: algemeen
NEN-EN 1993-1-8:2011	ontwerp en berekening van staalconstructies: verbindingen
NEN-EN 1999-1-1:2011	ontwerp en berekening van aluminiumconstructies

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

2 Omschrijving

In dit rapport is de verankering met het aluminium vloerrandprofiel "TL6011 - 1.0 kN/m Side Mount" voor het Trans Level glasbalustrade-systeem nader berekend.
De berekeningen van de glaspanelen zelf zijn afzonderlijk uitgevoerd.



Voor de benodigde boorankers zie bijlage 2.

Voor de relevante profieldiktes zie bijlage 4.

3 Uitgangspunten berekening

3.1 Belastingen

Gevolgklasse CC2 (vlg. H.2 van NEN 2608)
Gehanteerde belastingfactoren op basis van gevolgklasse CC2:
Formule (6.10b) maatgevend: $\gamma_G = 1.2$ $\gamma_Q = 1.5$

Horizontale belastingen op afscheidingen bij een hoogteverschil vlg. bijlage NB.A van NEN 1991-1-1(NB):
In afwijking van tabel NB.6 is de verankering berekend op onderstaande afzonderlijke belastingen:

lijnlast **$q_{rep} = 1.0$ kN/m**
geconcentreerde belasting **$F_{rep} = 1.0$ kN**

(hiermee worden alle toepassingen m.u.v. 3 kN/m gedekt en wordt aangesloten op de voorwaarden in enkele andere EU landen).
De verankering is berekend bij de voorgeschreven hoogte van 1.20 **m**.

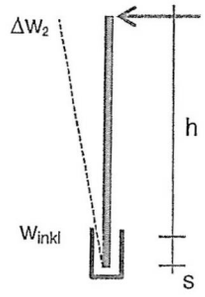
3.2 Materialen

Geëxtrudeerde aluminium profielen:	EN AW 6063-T6	
	f_o = 160 N/mm^2	
	f_u = 195 N/mm^2	
Stalen onderdelen:	S235	
Bouten/moeren:	8.8	(indien RVS: A4-80)
	f_{yb} = 600 N/mm^2	
	f_{ub} = 800 N/mm^2	

Minimaal vereiste betonkwaliteit voor boorankers: C20/25

4 Berekening

Voor de berekening van het aluminium profiel zelf zie bijlage 1.
De beschouwde profiellengte is



De insteekmaat is: $s = 90$ mm

De relatieve doorbuiging van het profiel is: $\mathbf{w_{inkl} = 1.6172\ mm}$
bij $q_{rep} = 1.0$ kN en $h = 1.20$ m

Voor de berekening van de verankeringen van het profiel aan de bouwkundige constructie, zie bijlage 2.

5 Conclusie en ontwerp-instructies

Het berekende profiel met zijn verankeringen voldoet bij de gegeven belastingen.

Horizontale doorbuiging:
De doorbuiging van de glasbalustrade is de som van de doorbuiging van de glasplaat zelf en de doorbuiging ten gevolge van het swing-effect door vervorming van het vloerrandprofiel.
Voor de berekening van de doorbuiging van de glasbalustrade dient, bij afzonderlijke berekening van het glaspaneel, de doorbuiging van het glaspaneel te worden gesuperponeerd met:

$$\Delta w_2 = w_{inkl} \cdot q_{rep} \cdot \frac{(h+s)^2}{(1290)\cdot s} = 1.6172 \cdot q_{rep} \cdot \frac{(h+90)^2}{1290 \cdot 90}$$

→ $h = 1.00$ m: $\Delta w_2 = \mathbf{16.5} \cdot F_{rep}$ [mm]
→ $h = 1.20$ m: $\Delta w_2 = \mathbf{23.2} \cdot F_{rep}$ [mm]
waarin q_{rep} (F_{rep}) de belasting vlg. tabel NB.6 in de beschouwde toepassing

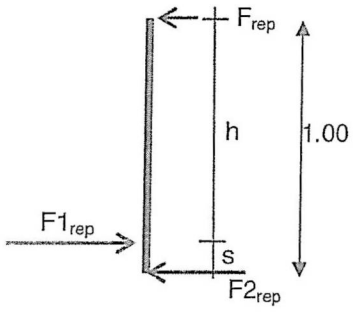
Windbelasting:
De maximale extreme stuwdruk q_p vlg. NEN-EN 1991-1-4(NB) in een buitentoepassing is, gerelateerd aan de lijnlast q_{rep}:

uitgaande van: $\gamma_Q = 1.5$
Volgens tabel NB 17-7.9 van NEN-EN 1991-1-4(NB) voor borstweringen met omgezette randen:
$c_{p,net} = +/- 1{,}8$ (panelen binnen 2h van rand maatgevend)

$q_{rep} \cdot (h_{ontw} + s) = c_{p,net} \cdot q_p \cdot h \cdot (0.5h+s)$
$q_p \leq \{q_{rep} \cdot (h_{ontw} + s)\} / \{c_{p,net} \cdot h \cdot (0.5h+s)\}$
→ extreme stuwdruk bij $h = 1.00$ m:
$q_p \leq \{1.00 \cdot (1.20+0.09) / \{1.8 \cdot 1.00 \cdot (0.5 \cdot 1.00 + 0.09)\} = \mathbf{1.22\ kN/m^2}$
→ extreme stuwdruk bij $h = 1.20$ m: $q_p \leq (q_{rep} \cdot 2.4 / (c_{p,net} \cdot h^2)^{0,5}$
$q_p \leq \{1.00 \cdot (1.20+0.09) / \{1.8 \cdot 1.20 \cdot (0.5 \cdot 1.20 + 0.09)\} = \mathbf{0.87\ kN/m^2}$

De maximale hoogte waarop het borstweringsprofiel kan worden toegepast, kan per windgebied worden bepaald m.b.v. tabel NB.5 van NEN-EN 1991-1-4(NB).
Hierbij dient wel rekening te zijn gehouden met de voorwaarden die bij de toepassing van deze tabel zijn gesteld.

Bijlage 1 - berekening aluminium profiel



F_{rep}	=	1.00	kN/m
h	=	1200	mm
s	=	90	mm

Het profiel is berekend bij een lengte van l_s = 750 mm:

$F1_{rep}$ = $F_{rep} \cdot (h+s) / s$ = 14.33 kN/m* l_s = 10.75 kN
$F2_{rep}$ = 14.33-1.00 = 13.33 kN/m* l_s = 10.00 kN

Het profiel wordt elastisch berekend met de representatieve waarde van de optredende krachten, waarbij de spanningen in de BGT begrensd worden op:

Herleiding van 6.2.5 van NEN-EN 1999-1-1(NB):

$M_{u,Rd} = W_{net} \cdot f_u / \gamma_{M2}$

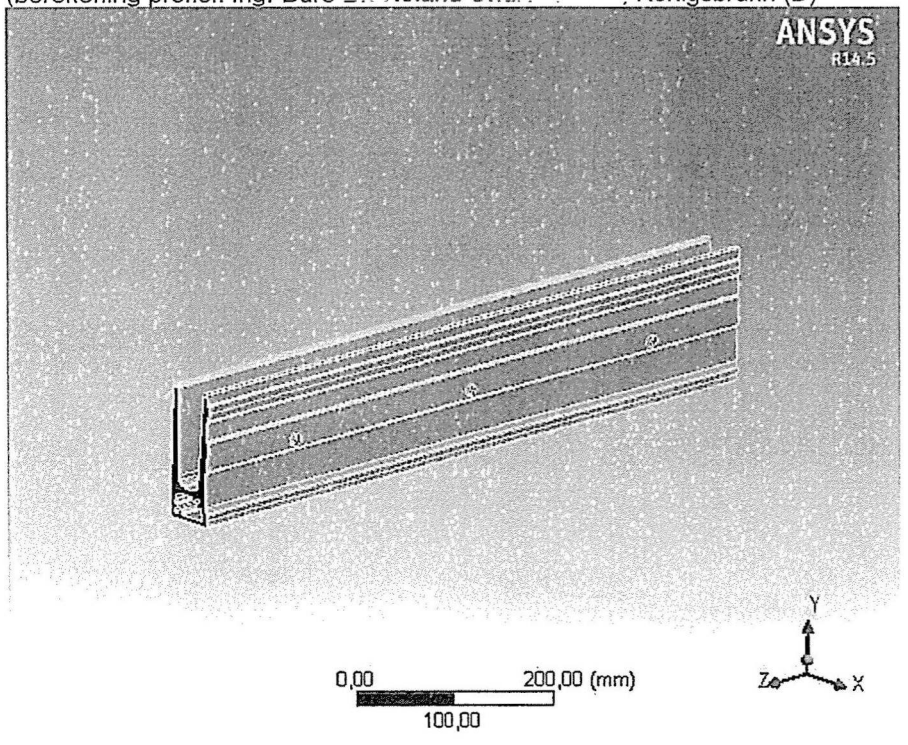
$M_{c,Rd} = \alpha \cdot W_{el} \cdot f_o / \gamma_{M1}$

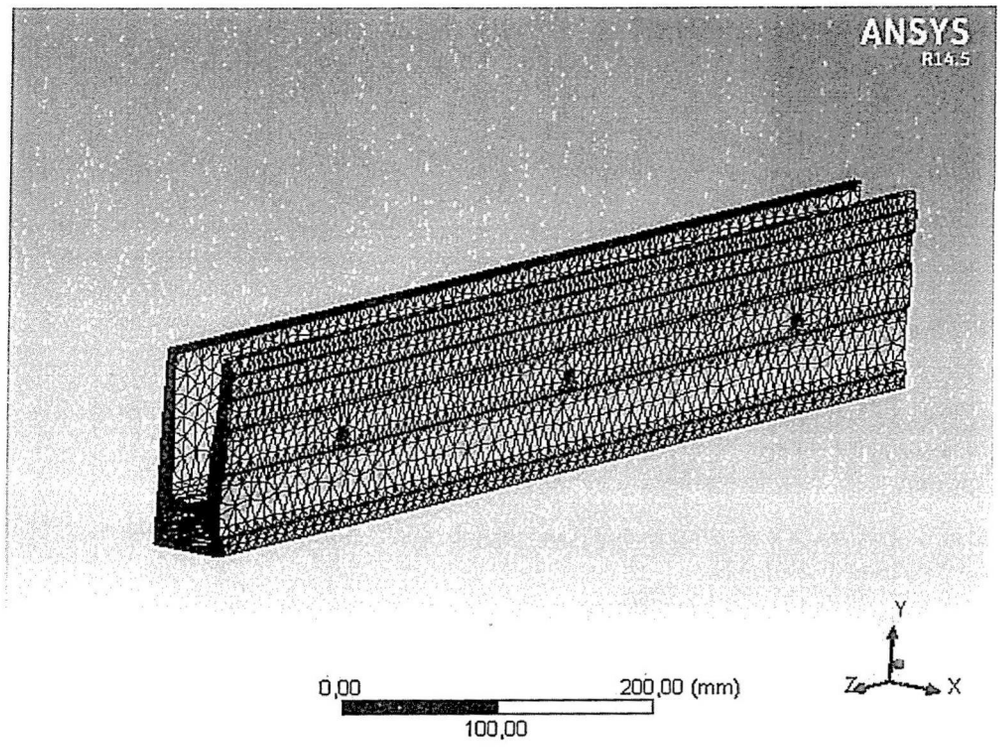
waarin: $\gamma_{M2} = 1.25$ $\gamma_{M1} = 1.10$

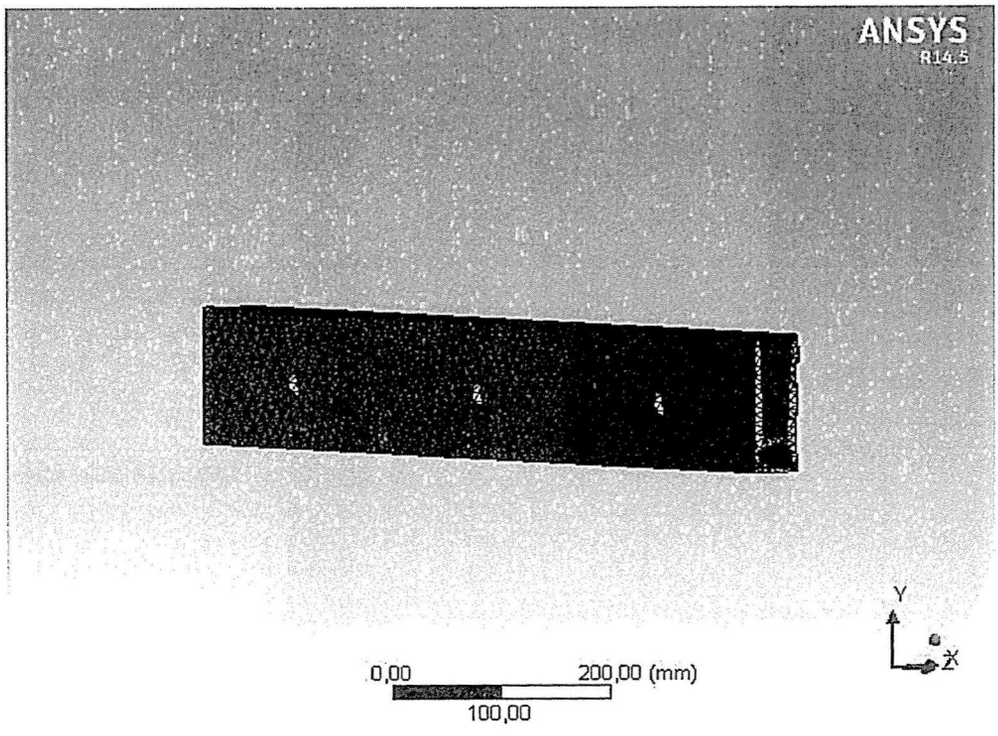
$\alpha = 1.5 = W_{pl} / W_{el}$ voor doorsnedeklasse 1 en 2 (massief, niet gelast) $\sigma_{rep} \leq (f_u / \gamma_{M2})/\gamma_Q = (195 / 1.25) / 1.50 = 104.0$ N/mm^2

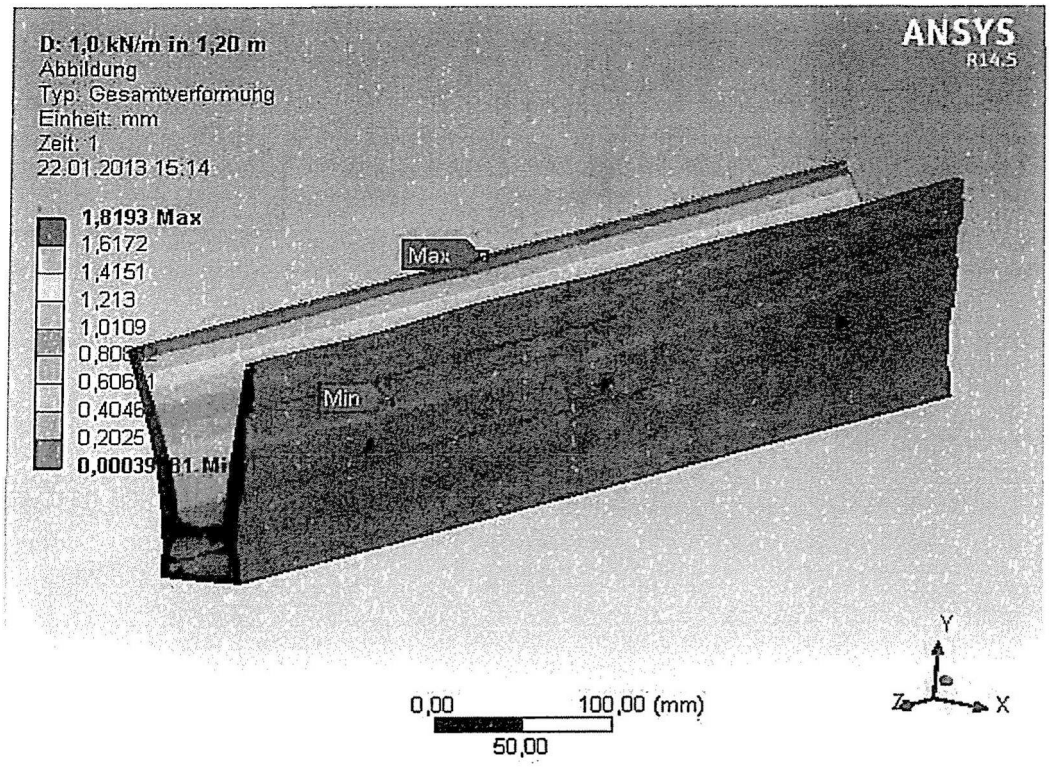
$\sigma_{rep} \leq (\alpha \cdot f_o / \gamma_{M1})/\gamma_Q = (1,5 \cdot 160 / 1.10) / 1.50 = 145.4$ N/mm^2 $\rightarrow \sigma_{rep} \leq 104.0$ N/mm^2

(berekening profiel: Ing.-Büro [illegible], Königsbrunn (D)

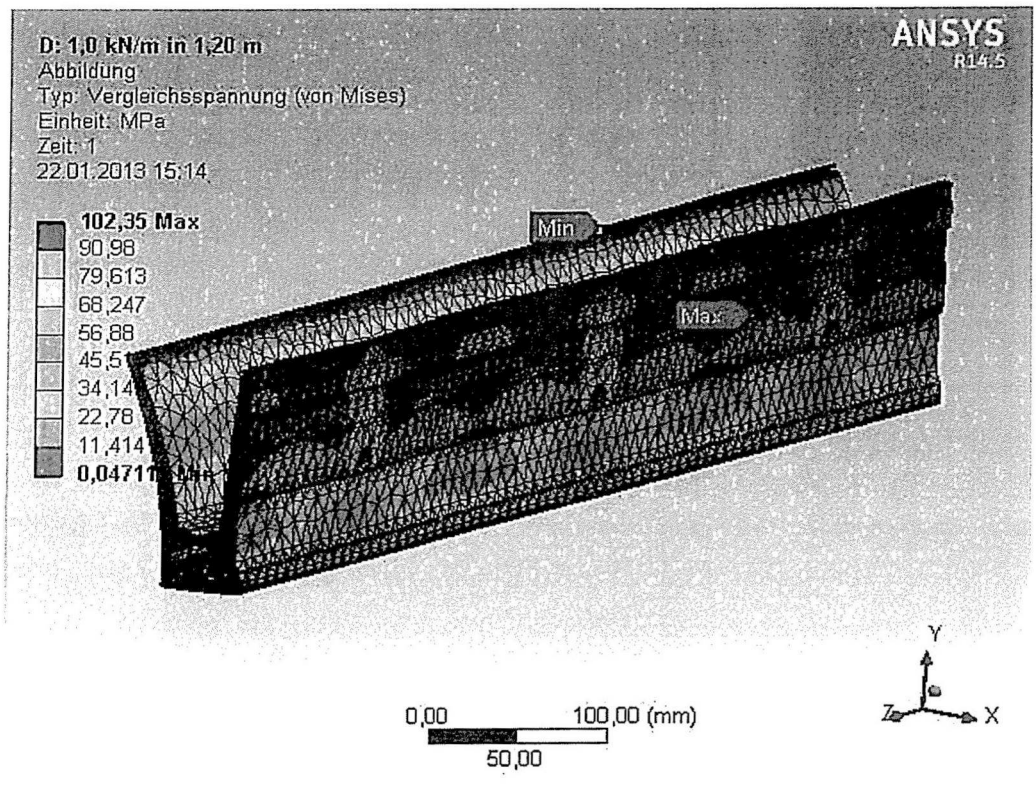


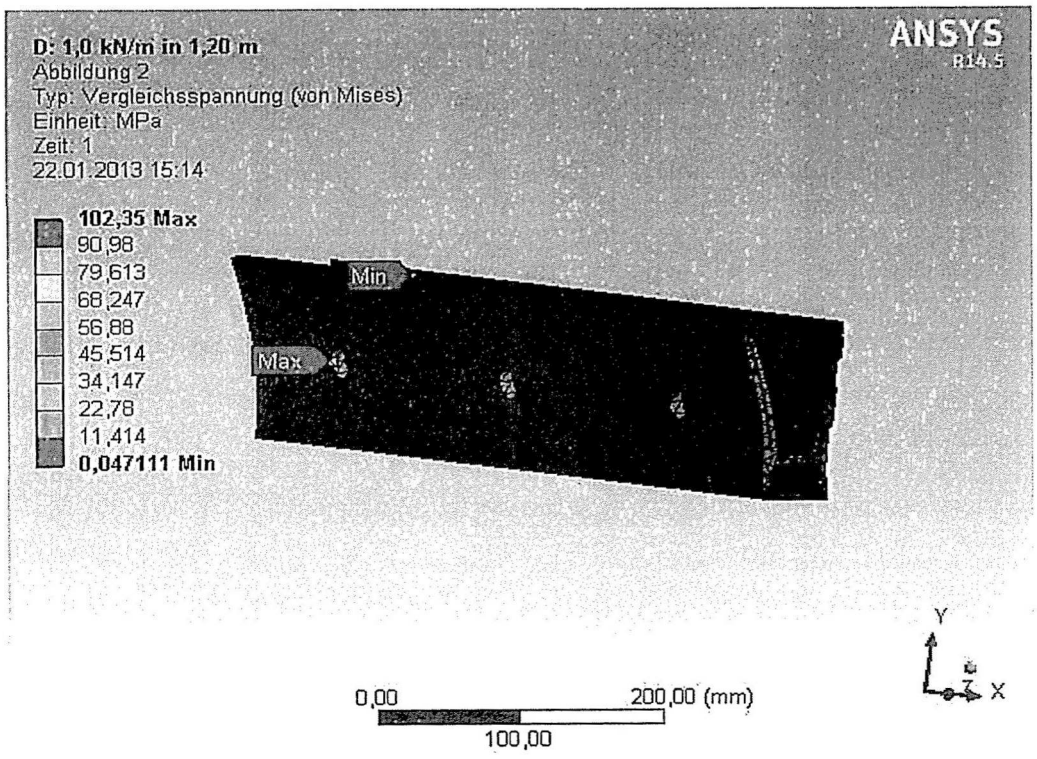

ANSYS
R14.5
Y
Z
X
0,00
200,00 (mm)
100,00

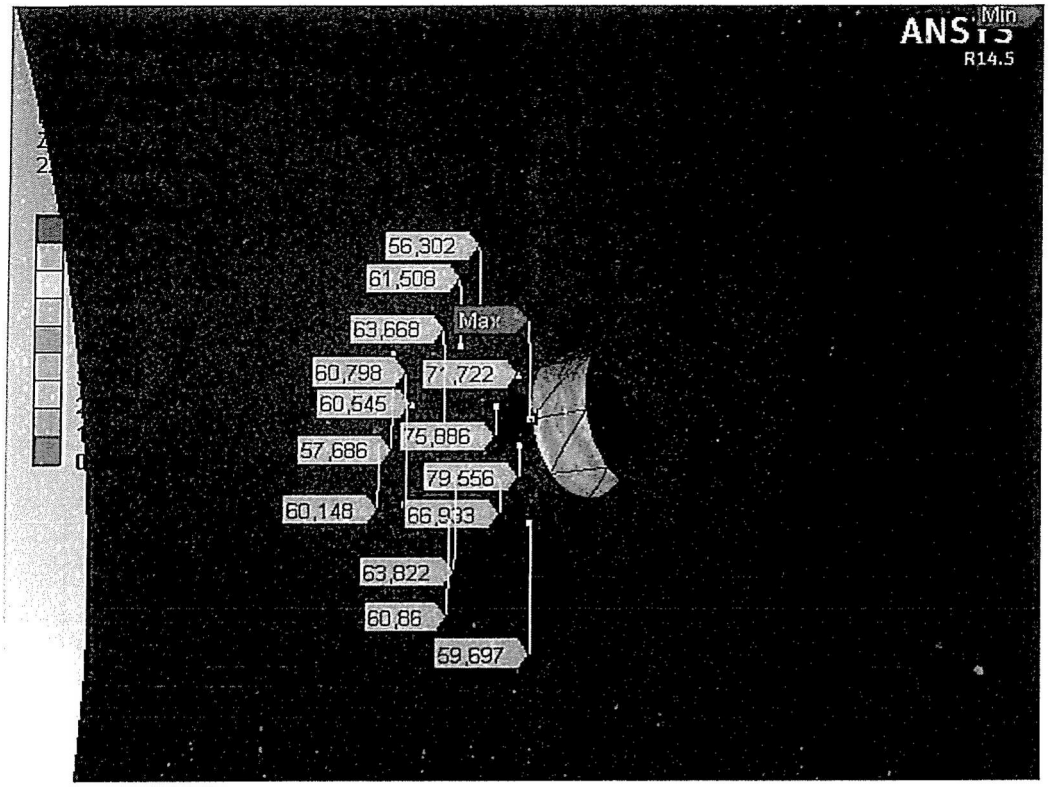

ANSYS
R14.5
Y
X
0,00
200,00 (mm)
100,00



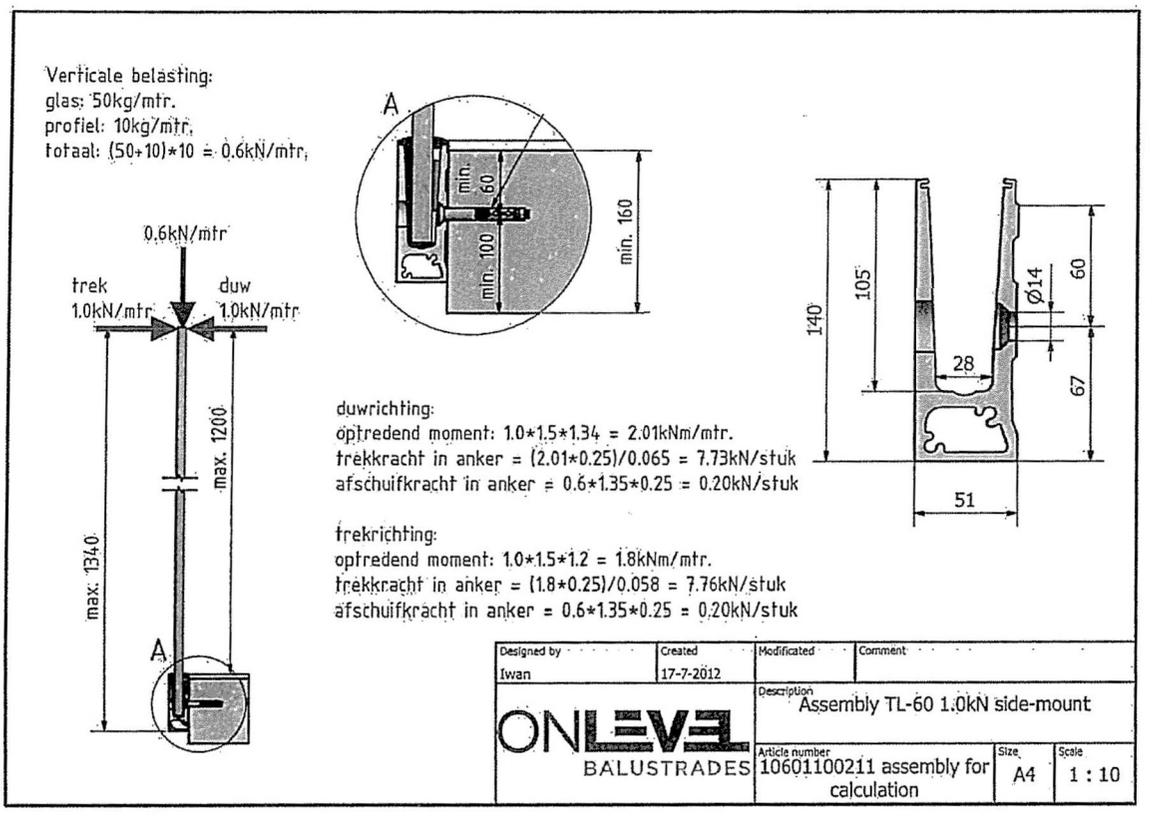
Bij 1 kN/m op 1.20 m hoogte → w = **1.6172** mm


D: 1,0 kN/m in 1,20 m
Abbildung
Typ: Vergleichsspannung (von Mises)
Einheit: MPa
Zeit: 1
22.01.2013 15:14
102,35 Max
90,98
79,613
68,247
56,88
45,51
34,14
22,78
11,414
0,047111 Min
Min
Max
ANSYS
R14.5
Y
Z
X
0,00
100,00 (mm)
50,00


D: 1,0 kN/m in 1,20 m
Abbildung 2
Typ: Vergleichsspannung (von Mises)
Einheit: MPa
Zeit: 1
22.01.2013 15:14
102,35 Max
90,98
79,613
68,247
56,88
45,514
34,147
22,78
11,414
0,047111 Min
Min
Max
ANSYS
R14.5
Y
Z
X
0,00
200,00 (mm)
100,00


Min
ANSYS
R14.5
56,302
61,508
63,668
Max
60,798
60,545
57,686
60,148
63,822
60,86
59,697
79,556

Bijlage 2 - berekening verankeringsmiddelen



Boorankers in beton
Voor de berekening van de boorankers zie bijlage 3.
Minimaal vereiste betonkwaliteit voor boorankers: C20/25

De benodigde boorankers:

- bij toepassing binnen:
  - anker h.o.h. 250 mm: **Fischer Veiligheidsanker FH II 12/15 SK**
- bij toepassing buiten
  - anker h.o.h. 250 mm: **Fischer Veiligheidsanker FH II 12/15 SK A4**

Voor de boorankers kunnen alternatieve ankers worden toegepast, mits voor deze ankers door berekening op basis van ETAG bijlage C is aangetoond, dat de ankers bij de optredende krachten en in de gegeven situatie voldoen.

Rekenwaarde drukspanning onder profielrand op vloer:
σ_{mEd} = 9740/(8*150) = 8,1 N/mm^2 → de druksterkte van een evt. toplaag moet in staat zijn deze drukspanning op te nemen.

Bijlage 3 - berekening boorankers

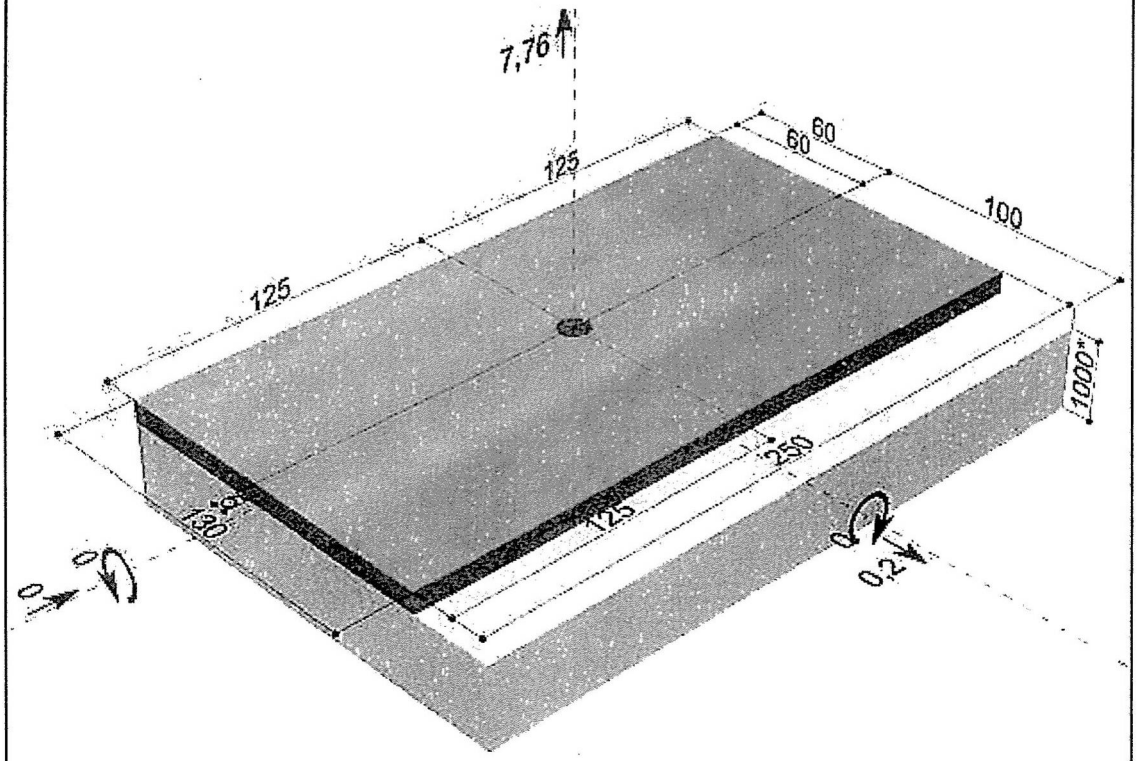
Bedrijf/Opsteller	OnLevel BV		fischer BEVESTIGINGSSYSTEMEN
Straat	Innovatielaan 25		
Postcode / Plaats	8466SN Nijehaske		COMPUFIX 8.4
Tel / Fax	+31-513-617073	+31-513-645187	8.4.4671,15999/09/1835
Project	OnLevel B.V.		Pagina 1 van afdruk nr. 105
Bouwdeel	art. 10 6011 002.11 - binnen gebruik		Datum: 9-1-2013
Opmerkingen			

fischer COMPUFIX: Berekend conform ETAG, bijlage C

Belastingtype:	Statische belasting
Anker:	**fischer Veiligheidsanker FH II 12 / 15 SK** (Art. Nr. 44917) uit elektrolytisch verzinkt staal
Ondergrond:	Gescheurd beton, normaal gewapend Betonsterkteklasse: C 20/25
Randwapening:	Zonder rand- / ophangwapening
Ankerbuiging:	Niet aanwezig
Ankerplaat::	Geen berekening beschikbaar

1 Maten/Lasten:

Rekenwaarden
(*) Tekening niet op schaal
[mm], [kN], [kNm]



Bedrijf/Opsteller	OnLevel BV	fischer BEVESTIGINGSSYSTEMEN
Project	OnLevel 6 V.	
Bouwdeel	art. 10 6011 002,11 - binnen gebruik	
Anker	fischer Veiligheidsanker FH II 12 / 15 SK	Pagina 2 van afdruk nr. 105

Let op:

- **Als voorwaarde wordt aangenomen dat de ankerplaat plat is als de ankers belast worden. Hiervoor moet de ankerplaat voldoende stijf zijn. De in COMPUFIX beschikbare ankerplaatberekening is gebasseerd op staalspanningen en geeft geen uitsluitsel over de stijfheid van de ankerplaat. De stijfheid kan niet met COMPUFIX worden aangetoond.**
- De ankerberekening is gebaseerd op omvangrijke voor het anker specifieke kengetallen. Bij een uitwisseling - ook met gelijkwaardige producten - moet in ieder geval een nieuwe berekening worden gemaakt.
- Bij het gebruik van slobbgaten wordt ervan uit gegaan, dat de ankers zich in het midden van de gaten bevinden.
- Controleer of de klemdikte van het anker voldoende groot is gekozen.
- Maximale doorvoergatdiameter in het constructiedeel: 14 mm
- Om het draagvermogen van het bouwdeel te garanderen moeten de controles uit hoofdstuk 7 van de ETAG, bijlage C worden aangehouden. Dit houdt in dat de krachtoverbrenging van het anker in het beton is gecontroleerd, echter dient de ondergrond de belasting ook op te kunnen nemen
- Alle overige voorwaarden van de goedkeuring dienen in acht te worden genomen.
- Er dient in het gebied ter hoogte van de verankeringsdiepte aan de rand van het bouwdeel een langswapening van minimaal 6 mm aanwezig te zijn
- Splijten is om de volgende redenen niet maatgevend:
  - Gescheurd beton is aangenomen.
  - De aanwezige wapening reduceerd scheurvorming tot wk=0,3 mm, volgens ETAG 001, bijlage C, hoofdstuk 7.3.

Trekbelasting, Staalbreuk:				
	Eenheid	S_d		
$N_{Rk,s}$	kN	29,30		
γ_{Ms}	-	1,50		
$N_{Rd,s}$	kN	19,53		
N_{Sd}	kN	7,76		
$\beta_{N,s}$	-	0,40		

Afschuifbelasting, Staalbreuk:				
	Eenheid	S_d		
$V_{Rk,s}$	kN	33,00		
γ_{Ms}	-	1,25		
$V_{Rd,s}$	kN	26,40		
V_{Sd}	kN	0,20		
$\beta_{V,s}$	-	0,01		

Trekbelasting, Betonkegelbreuk:				
	Eenheid	S_d		
$N^0_{Rk,c}$	kN	16,73		
$A_{c,N}$	cm²	270,00		
$A^0_{c,N}$	cm²	324,00		
$A_{c,N} / A^0_{c,N}$	-	0,83		
$\psi_{s,N}$	-	0,90		
$\psi_{ec1,N}$	-	1,00		
$\psi_{ec2,N}$	-	1,00		
$\psi_{re,N}$	-	1,00		
$N_{Rk,c}$	kN	12,55		
γ_{Mc}	-	1,50		
$N_{Rd,c}$	kN	8,37		
N_{Sd}	kN	7,76		
$\beta_{N,c}$	-	0,93		

Afschuifbelasting, Betonranduitbreken:				
	Eenheid	S_d		
$N^0_{Rk,c}$	kN	16,73		
$A_{c,N}$	cm²	270,00		
$A^0_{c,N}$	cm²	324,00		
$A_{c,N} / A^0_{c,N}$	-	0,83		
$\psi_{s,N}$	-	0,90		
$\psi_{ec1,N}$	-	1,00		
$\psi_{ec2,N}$	-	1,00		
$\psi_{re,N}$	-	1,00		
k	-	2,00		
$V^0_{Rk,c}$	kN	25,10		
γ_{Mc}	-	1,50		
$V_{Rd,c}$	kN	16,73		
V_{Sd}	kN	0,20		
$\beta_{V,c}$	-	0,01		

Trekbelasting, Uittrekken:				
	Eenheid	S_d		
$N_{Rk,p}$	kN	12,00		
γ_{Mp}	-	1,50		
$N_{Rd,p}$	kN	8,00		
N_{Sd}	kN	7,76		
$\beta_{N,p}$	-	0,97		

Bedrijf/Opsteller	OnLevel BV
Project	OnLevel B.V.
Bouwdeel	art. 10.6011.002.11 - binnen gebruik
Anker	fischer Veiligheidsanker FH II 12 / 15 SK

fischer BEVESTIGINGSSYSTEMEN

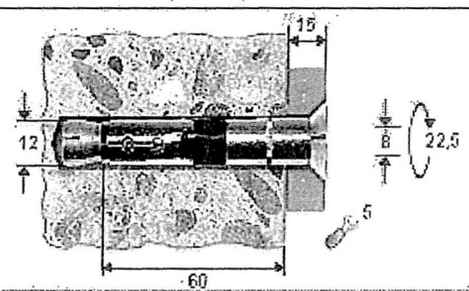
Afschuifbelasting, Betonrandbreuk:				
	Eenheid	S_n		
$V_{Rk,c}$	kN	13,47		
$A_{c,V}$	cm²	375,00		
$A^0_{c,V}$	cm²	450,00		
$A_{c,V}/A^0_{c,V}$	-	0,83		
$\psi_{s,V}$	-	0,95		
$\psi_{h,V}$	-	1,00		
$\psi_{\alpha,V}$	-	1,00		
$\psi_{ec,V}$	-	1,00		
$\psi_{re,V}$	-	1,00		
$V^0_{Rk,c}$	kN	10,66		
γ_{Mc}	-	1,50		
$V_{Rd,c}$	kN	7,11		
V_{Ed}	kN	0,20		
$\beta_{V,c}$	-	0,03		

Trekbelasting	Uitnuttingsgraad	**Afschuifbelasting**	Uitnuttingsgraad	**gecombineerde belasting**	Uitnuttingsgraad
Staalbreuk:	39,7 %	Staalbreuk:	0,8 %		83,2 %
Betonkegelbreuk:	92,8 %	Betonrandbreuk:	2,8 %		
Doortrekken / eruittrekken:	97,0 %	Betonachteruitbreken:	1,2 %		

Resultaat: **Rekentechnische toetsing anker is succesvol**

Bedrijf/Opsteller	OnLevel BV	fischer BEVESTIGINGSSYSTEMEN
Project	OnLevel B.V.	
Bouwdeel	art. 10.6011.002.11 - binnen gebruik	
Anker	fischer Veiligheidsanker FH II 12 / 15 SK	Pagina 4 van afdruk nr. 105

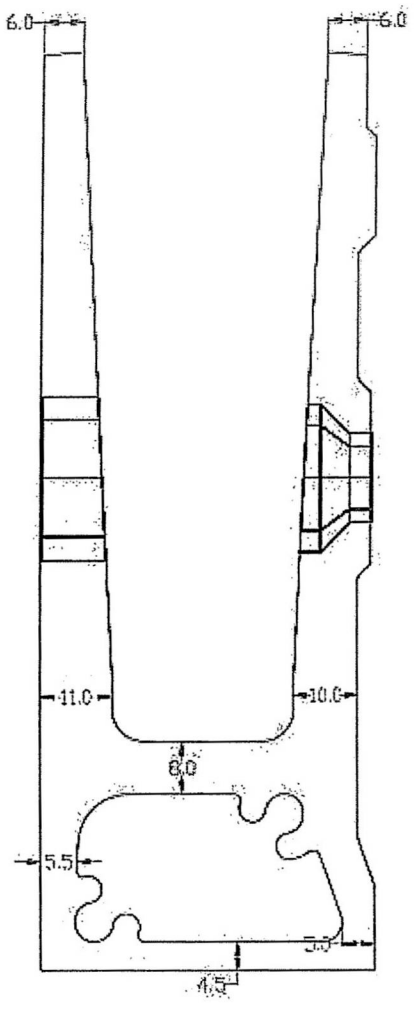
Montagegegevens



Maximale dikte van het te bevestigen materiaal t_{fix}	[mm]	15
Draaddiameter M	[mm]	8
Aandraaimoment M_D	[Nm]	22,5
Sleutelwijdte	[mm]	5
Doorvoergat in het te bevestigen bouwelement d_f	[mm]	14
Verankeringsdiepte h_{ef}	[mm]	60
Boordiameter d_0	[mm]	12
min. boorgatdiepte bij doorsteekmontage t_1	[mm]	95

Toepassing "buiten"
Uit berekening blijkt dat hetzelfde anker in A4 kwaliteit identieke resultaten oplevert.
Deze zijn derhalve niet nader in deze berekeningen opgenomen.

Bijlage 4 - relevante profieldiktes



SPARQ
BALUSTRADES

Berekening glasbalustrades - Algemeen

Uitgangspunten en basisgegevens statische berekeningen glasbalustrades

3432-12002-001 rev. L

high quality full-glass balustrades

Berekening glasbalustrades - Algemeen

3432-12002-001 rev. L

Uitgangspunten en basisgegevens statische berekeningen glasbalustrades

Opdrachtgever: SPARQ Balustrades
Innovatielaan 25
8447 SN Heerenveen
tel. 0513-617073

rev.	datum	paraaf	omschrijving
A	2013-02-26	WG	
B	2013-03-07	WG	aanvulling met berekening windbelasting
C	2013-04-03	WG	wijziging drielaags glas en aanvulling paspanelen
D	2013-05-01	WG	aanvulling met SentryGlas Plus en optimalisatie handregel
E	2014-07-25	WG	aanvulling met glasplaten met verschillende dikte, floatglas+SaflexDG en ontw. NEN 2608:2013
F	2014-10-14	WG	opt. equivalente glasdikte bij wind
G	2015-05-21	WG	conf. NEN 2608:2014
H	2015-06-08	WG	aanvullende combinaties Float+Saflex DG
J	2015-09-03	WG	aanvullende glasdiktes 19104 en 1010104
K	2015-09-18	WG	aanvullende glasdikte 19106 (19104+1010104 vervallen)
L	2018-02-05	WG	Saflex DG, floatglas en samenstellingen met ongelijke dikte verwijderd

ADVIESBUREAU BREKELMANS
ingenieurs voor bouwconstructies
stationsstraat 16
6221 BP maastricht
tel. +31 (0)43 3254637
fax. +31 (0)43 3254190
e-mail info@adviesbureau-brekelmans.nl

Besloten vennootschap; inschrijving K.v.K. nummer 14622259
BTW-nummer: NL.0059.43.917.B.01
Opdrachten worden aanvaard en uitgevoerd overeenkomstig de geldende DNR 2011 zoals gedeponeerd ter griffie van de Rechtbank te Amsterdam onder nummer 78/2011.
Deze zijn ter inzage en worden u op verzoek toegezonden.

Inhoud

1 Van toepassing zijnde normen 3
2 Omschrijving 3
3 Rekenwaarde buigtreksterkte therm. gehard veiligheidsglas 4
4 Equivalente glasdikte balustrades 5
5 Toelichting toetsing weerstand bij beschadigd element 17
5.1 Glasbalustrade zonder handregel 17
5.2 Glasbalustrade met handregel 17
6 Berekening max. mogelijke windbelasting 19
6.1 Bij toepassing thermisch gehard veiligheidsglas 21
7 Berekening min. vereiste breedte paspanelen 22
7.1 Zonder constructieve handregel 22
7.2 Met constructieve handregel 22
8 Toelichting en motivatie bepaling equivalente glasdikte 23
8.1 Vergelijkende berekeningen en conclusie 23
8.1.1 Systeem B1 24
8.1.2 Systeem B2 28
8.1.3 Systeem B3 32
8.1.4 Systeem B4 36
Bijlage 1 – bepaling effect handregel bij windbelasting 40
Bijlage 2 – bepaling correctiefactor assym. puntlast paspaneel 42
Bijlage 3 - technische gegevens SentryGlas ® Plus 43

1 Van toepassing zijnde normen

NEN 2608-:2014	vlakglas voor gebouwen: eisen en bepalingsmethoden
NEN-EN 1991-1-1(NB)	algemene belastingen - volumieke gewichten, eigengewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen

2 Omschrijving

Ten behoeve van de berekening van de verschillende glasbalustrades zijn in dit document een aantal basiswaarden berekend, waarnaar in alle volgende berekeningen van de glasruiten wordt verwezen:

- bepaling van de rekenwaarde van de buigtreksterkte
- bepaling van de equivalente glasdikte van gelaagd glas t.b.v. de berekening van de verschillende balustrades
- werkwijze toetsing van de weerstand bij een beschadigd constructief element vlg. 5.4 van NEN 2608
- berekening max. winddruk bij de verschillende glasdiktes

3 Rekenwaarde buigtreksterkte therm. gehard veiligheidsglas

REKENWAARDE BUIGTREKSTERKTE GLAS vlg. 8.3.1 van NEN 2608:2013
Belasting **loodrecht** op vlak "ontw. NEN2608-2013-glasberekening" ©WG versie 1.08
Materiaal 5. Floatglas – thermisch gehard veiligheidsglas volgens NEN-EN 12150-1 en
'heat soaked' thermisch gehard veiligheidsglas volgens NEN-EN 14179-1

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

	$f_{mt;u;d}$	N/mm²		rekenwaarde buigtreksterkte (niet-)voorgespannen glas
k_e =	1.0			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 $0{,}25 \le k_{mod} \le 1$ dificatiefactor 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	N/mm²		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	N/mm²		karakteristieke waarde buigtreksterkte van voorgespannen glas vlg. tabel 2
$f_{b;k} - k_{sp} \times f_{g;k}$	75.0	N/mm²		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	kmod	ka	aandeel midden	rand	$f_{mt;u;d}$ midden zone 1	$f_{mt;u;d}$ rand/gat zone 2+4	
sec			niet-voorg. voorgespannen	rgespannen	N/mm²	N/mm²	
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)
2592000	0.44	1.000	11.0	62.5 56.3	**73.5**	**67.2**	sneeuw

Elasticiteitsmodulus en poissongetal glas:

Eg =	70000	N/mm²
νg =	0.23	

4 Equivalente glasdikte balustrades

Voor de nadere toelichting en berekening van de equivalente glasdikte zie hoofdstuk 6.
In dit hoofdstuk zijn voor de relevante glassamenstellingen de equivalente glasdiktes berekend.

Resulterende equivalente glasdiktes berekend op basis van bijlage F van NEN 2608:2014, zie ook hoofdstuk 5:

glas	folie	BGT (doorbuiging)		UGT (spanningen)
		$t_{gg;ser}$		$t_{gg;u}$
		[mm]		[mm]
		H=1000	H=1200	
6.6.2	PVB	10,96 (11,28)	11,13 (11,37)	9,54 (10,19)
8.8.4	PVB	13,61 (14,40)	14,01 (14,66)	11,78 (12,46)
10.10.4	PVB	16,79	17,33	14,65
12.12.4	PVB	19,88	20,57	17,80
15.15.4	PVB	24,09	24,98	21,49
19.10.6 [x]	PVB	22.20	22.94	20.34
10.10.4.2 [x]	***SGP***	*23,04*	*23,09*	*22,25*
10.10.6.2 [x]	***SGP***	*25,02*	*25,07*	*24,19*
10.10.1	***SGP***			*19,01*

[x] dunne glasplaat aan vloerzijde !

SGP = SentryGlas® Plus (DuPont) 1,52 mm

Uitgangspunten voor deze equivalente glasdiktes vlg. bijlage C van NEN 2608:2014:

- Toepassing van standaard PVB-folie resp. SentryGlas® Plus
- $T_g = 17°$, temperatuur van het glas tijdens belasting vlg. C.2
- Belastingduur :
  - 5 min = 300 sec voor alle situaties m.u.v.
  - 1 min = 60 sec voor niet-gemeenschappelijke ruimten met een woonfunctie (klasse A). De equivalente dikte bij 1 min. is tussen haakjes weergegeven.

Hiernavolgend zijn de berekeningen voor een balustradehoogte van 1200 mm afgedrukt. De waarden voor een hoogte van 1000 mm zijn op identieke wijze bepaald en verschillen alleen in de BGT.

BEREKENING EQUIVALENTE DIKTE GELAAGD GLAS voor ingeklemde glasbalustrades op basis van Bijlage F van NEN2608:2011:
Glasopbouw van gelijke dikte met standaard PVB folie "NEN2608-2011-glasberekening" ©WG versie 1.03

glasplaat	nom. glasdikte	[mm]	tpl;i	aantal lagen folie	tvi
tpl;1	6		5,8	2	0,76
tpl;2	6		5,8	0	0
tpl;3	0		0		
		(dikte folie per laag =		0,38	mm)

t = 300 sec =belastingduur vlgs bijlage A behorende bij de kortst durende belasting in de belastingcombinatie
Berekening koppelingsfactor vlg. bijlage C:
standaard PVB-folie volgens tabel C.1 0

C1 =	20,7	
C2 =	91,1	
To =	20	gr C
Go =	471	N/mm2
Goo =	0,05	N/mm2

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

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

(Hink;rek en H1(inkl;rek) gelden voor een werkelijke insteekmaat van 105 mm; deze zijn gecalibreerd m.b.v. SJ Mepla)
Lastvlakafmeting:

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 = 4,41 {(vlg. form. C.4a): 4,41 (vlg. form. C.4b): 4,41 }

glas Eg = 70000 N/mm² νg = 0,23

Berekening koppelingsfactoren:

BGT:	β =	0,169	ωw =	0,844	(doorbuiging)
UGT:	β =	5,513	ωσ =	0,214	(spanning)

Berekening equivalente glasdikte vlg. F.1:
Equivalente dikte in BGT vlg. formule (F.3)
tggser = 11,13 mm **tggser = 11,13 mm** (doorbuiging)
Equivalente dikte in UGT vlg. formule (F.1) en (F.2)
Σtpl;i = 11,6 mm

tpl;i	tm;i	tgg;i;u				
5,8	2,90	9,54				
5,8	2,90	9,54				
0	0		→	**tgg;u = MIN(tgg;i;u) =**	**9,54 mm**	(spanning)

BEREKENING EQUIVALENTE DIKTE GELAAGD GLAS voor ingeklemde glasbalustrades op basis van Bijlage F van NEN2608:2011:
Glasopbouw van gelijke dikte met standaard PVB folie "NEN2608-2011-glasberekening" ©WG versie 1.03

glasplaat	nom. glasdikte [mm]	tpl;i	aantal lagen folie	tvi
tpl;1	6	5,8	2	0,76
tpl;2	6	5,8	0	0
tpl;3	0	0		
	(dikte folie per laag =		0,38 mm)	

t = 60 sec =belastingduur vlgs bijlage A behorende bij de kortst durende belasting in de belastingcombinatie

Berekening koppelingsfactor vlg. bijlage C:
standaard PVB-folie volgens tabel C.1 0

C1 =	20,7	
C2 =	91,1	
To =	20	gr C
Go =	471	N/mm2
Goo =	0,05	N/mm2

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	4,812143E-33
7	0,0301830	2,264800E+00	1,147917E+01	1,620942E-04
8	0,0076056	3,536400E+01	1,792430E+02	5,441984E-03
9	0,0009634	9,367500E+03	4,747932E+04	9,621833E-04
10	0,0004059	6,414100E+05	3,250997E+06	4,058925E-04
11	0,0006143	4,134700E+07	2,095679E+08	6,142998E-04
				7,586454E-03 → Gtl = 3,62

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

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

Lastvlakafmeting:

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 = 4,41 {(vlg. form. C.4a): 4,41 (vlg. form. C.4b): 4,41 }

glas Eg = 70000 N/mm^2 νg = 0,23

Berekening koppelingsfactoren:

BGT:	β =	0,077	ωw =	0,922 (doorbuiging)
UGT:	β =	2,516	ωσ =	0,374 (spanning)

Berekening equivalente glasdikte vlg. F.1:
Equivalente dikte in BGT vlg. formule (F.3)
tggser = 11,37 mm **tggser = 11,37 mm** (doorbuiging)
Equivalente dikte in UGT vlg. formule (F.1) en (F.2)
Σtpl;i = 11,6 mm

tpl;i	tm;i	tgg;i;u		
5,8	2,90	10,19		
5,8	2,90	10,19		
0	0		→ tgg;u = MIN(tgg;i;u) =	**10,19 mm** (spanning)

BEREKENING EQUIVALENTE DIKTE GELAAGD GLAS voor ingeklemde glasbalustrades op basis van Bijlage F van NEN2608:2011:
Glasopbouw van gelijke dikte met standaard PVB folie "NEN2608-2011-glasberekening" ©WG versie 1.03

glasplaat	nom. glasdikte	[mm]	$t_{pl;i}$	aantal lagen folie	t_{vi}
$t_{pl;1}$	8		7,7	4	1,52
$t_{pl;2}$	8		7,7	0	0
$t_{pl;3}$	0		0		

(dikte folie per laag = 0,38 mm)

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

Berekening koppelingsfactor vlg. bijlage C:
standaard PVB-folie volgens tabel C.1 0

C1 = 20,7
C2 = 91,1
To = 20 gr C
Go = 471 N/mm2
Goo = 0,05 N/mm2

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	$T_{ref;i}$	$T_{T;i}$	$(Gi/Go)*e^{(-t/T_{T;i})}$			
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

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 l_o aangehouden: $l_o = 2*H_{inkl;rek}$
BGT = voor de berekening van de doorbuiging wordt uitgegaan van: $l_o = 2*H_{balustrade}$

glasafmeting:
B = 1000 mm
Hbalustrade = 1200 mm BGT: $l_o = 2*H_{balustrade}$ = 2400 mm
$H_{inkl;rek}$ = 210 mm UGT: $l_o = 2*H_{insteek}$ = 420 mm
($H_{ink;rek}$ en $H1_{(inkl;rek)}$ gelden voor een werkelijke insteekmaat van 105 mm; deze zijn gecalibreerd m.b.v. SJ Mepla)

Lastvlakafmeting:
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= 11,70 {(vlg. form. C.4a): 11,70 (vlg. form. C.4b): 11,70 }

glas Eg = 70000 N/mm² νg = 0,23

Berekening koppelingsfactoren:
BGT: β = 0,448 ωw = 0,670 (doorbuiging)
UGT: β = 14,639 ωσ = 0,093 (spanning)

Berekening equivalente glasdikte vlg. F.1:
Equivalente dikte in BGT vlg. formule (F.3)
tggser = 14,01 mm **tggser = 14,01 mm** (doorbuiging)

Equivalente dikte in UGT vlg. formule (F.1) en (F.2)
Σtpl;i = 15,4 mm

$t_{pl;i}$	$t_{m;i}$	$t_{gg;i;u}$			
7,7	3,85	11,78			
7,7	3,85	11,78			
0	0		→	**$t_{gg;u}$ = MIN($t_{gg;i;u}$) = 11,78 mm**	(spanning)

BEREKENING EQUIVALENTE DIKTE GELAAGD GLAS voor ingeklemde glasbalustrades op basis van Bijlage F van NEN2608:2011:
Glasopbouw van gelijke dikte met standaard PVB folie "NEN2608-2011-glasberekening" ©WG versie 1.03

glasplaat	nom. glasdikte [mm]	$t_{pl;i}$	aantal lagen folie	t_{vi}
$t_{pl;1}$	8	7,7	4	1,52
$t_{pl;2}$	8	7,7	0	0
$t_{pl;3}$	0	0		

(dikte folie per laag = 0,38 mm)

t = 60 sec =belastingduur vlgs bijlage A behorende bij de kortst durende belasting in de belastingcombinatie

Berekening koppelingsfactor vlg. bijlage C:
standaard PVB-folie volgens tabel C.1 0

C1 =	20,7	
C2 =	91,1	
To =	20	gr C
Go =	471	N/mm2
Goo =	0,05	N/mm2

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	Trel;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	4,812143E-33
7	0,0301830	2,264800E+00	1,147917E+01	1,620942E-04
8	0,0076056	3,536400E+01	1,792430E+02	5,441984E-03
9	0,0009634	9,367500E+03	4,747932E+04	9,621833E-04
10	0,0004059	6,414100E+05	3,250997E+06	4,058925E-04
11	0,0006143	4,134700E+07	2,095679E+08	6,142998E-04
				7,586454E-03 → Gtl = 3,62

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: $l_o = 2*H_{inkl;rek}$
BGT = voor de berekening van de doorbuiging wordt uitgegaan van: $l_o = 2*H_{balustrade}$
glasafmeting:

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

($H_{ink;rek}$ en $H1_{(inkl;rek)}$ gelden voor een werkelijke insteekmaat van 105 mm; deze zijn gecalibreerd m.b.v. SJ Mepla)

Lastvlakafmeting:

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 = 11,70 {(vlg. form. C.4a): 11,70 (vlg. form. C.4b): 11,70 }

glas Eg = 70000 N/mm² νg = 0,23

Berekening koppelingsfactoren:

BGT:	β =	0,205	ωw =	0,817	(doorbuiging)
UGT:	β =	6,680	ωσ =	0,183	(spanning)

Berekening equivalente glasdikte vlg. F.1:
Equivalente dikte in BGT vlg. formule (F.3)
tggser = 14,66 mm tggser = **14,66 mm** (doorbuiging)
Equivalente dikte in UGT vlg. formule (F.1) en (F.2)
Σtpl;i = 15,4 mm

$t_{pl;i}$	$t_{m;i}$	$t_{gg;i;u}$
7,7	3,85	12,46
7,7	3,85	12,46
0	0	

→ **$t_{gg;u}$ = MIN($t_{gg;i;u}$) = 12,46 mm** (spanning)

BEREKENING EQUIVALENTE DIKTE GELAAGD GLAS voor ingeklemde glasbalustrades op basis van Bijlage F van NEN2608:2011:
Glasopbouw van gelijke dikte met standaard PVB folie "NEN2608-2011-glasberekening" ©WG versie 1.03

glasplaat	nom. glasdikte	[mm]	$t_{pl;i}$	aantal lagen folie	t_{vi}
$t_{pl;1}$	10		9,7	4	1,52
$t_{pl;2}$	10		9,7	0	0
$t_{pl;3}$	0		0		

(dikte folie per laag = 0,38 mm)

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

Berekening koppelingsfactor vlg. bijlage C:
standaard PVB-folie volgens tabel C.1 0

C1 =	20,7	
C2 =	91,1	
To =	20	gr C
Go =	471	N/mm2
Goo =	0,05	N/mm2

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	$T_{ref;i}$	TT_i	(Gi/Go)*e^(-t/TTi)			
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

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: $l_o = 2*H_{inkl;rek}$
BGT = voor de berekening van de doorbuiging wordt uitgegaan van: $l_o = 2*H_{balustrade}$

glasafmeting:

B =	1000 mm			
Hbalustrade =	1200 mm	BGT: lo ==2*Hbalustrade =	2400	mm
$H_{inkl;rek}$ =	210 mm	UGT: lo ==2*Hinsteek =	420	mm

($H_{ink;rek}$ en $H1_{(inkl;rek)}$ gelden voor een werkelijke insteekmaat van **105** mm; deze zijn gecalibreerd m.b.v. SJ Mepla)

Lastvlakafmeting:

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= 14,74 {(vlg. form. C.4a): 14,74 (vlg. form. C.4b): 14,74 }

glas Eg =	70000 N/mm²	νg =	0,23

Berekening koppelingsfactoren:

BGT:	β =	0,565	ωw =	0,618	(doorbuiging)
UGT:	β =	18,441	ωσ =	0,075	(spanning)

Berekening equivalente glasdikte vlg. F.1:
Equivalente dikte in BGT vlg. formule (F.3)
tggser = 17,33 mm **tggser = 17,33 mm** (doorbuiging)

Equivalente dikte in UGT vlg. formule (F.1) en (F.2)
$\Sigma t_{pl;i}$ = 19,4 mm

$t_{pl;i}$	$t_{m;i}$	$t_{gg;i;u}$			
9,7	4,85	14,65			
9,7	4,85	14,65			
0	0		→	**$t_{gg;u}$ = MIN($t_{gg;i;u}$) = 14,65 mm**	(spanning)

BEREKENING EQUIVALENTE DIKTE GELAAGD GLAS voor ingeklemde glasbalustrades op basis van Bijlage F van NEN2608:2011:
Glasopbouw met standaard PVB folie "ontw. NEN2608-2013-glasberekening" ©WG versie 1.08

glasplaat	nom. glasdikte [mm]	$t_{pl;i}$	aantal lagen folie	t_{vi}
$t_{pl;1}$	12	11.7	4	1.52
$t_{pl;2}$	12	11.7	0	0
$t_{pl;3}$	0	0		

(dikte folie per laag = 0.38 mm)

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

Berekening koppelingsfactor vlg. bijlage C:
standaard PVB-folie volgens tabel C.1

C1 =	20.7	
C2 =	91.1	
To =	20	gr C
Go =	471	N/mm²
Goo =	0.05	N/mm²
ν_{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*$H_{inkl;rek}$
BGT = voor de berekening van de doorbuiging wordt uitgegaan van: lo = 2*$H_{balustrade}$
glasafmeting:

B =	1000 mm		
Hbalustrade =	1200 mm	BGT: lo ==2*Hbalustrade =	2400 mm
$H_{inkl;rek}$ =	210 mm	UGT: lo ==2*Hinsteek =	420 mm

($H_{ink;rek}$ en $H1_{(inkl;rek)}$ gelden voor een werkelijke insteekmaat van 105 mm; deze zijn gecalibreerd m.b.v. SJ Mepla)

Lastvlakafmeting:

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	νg =	0.23

Berekening koppelingsfactoren:

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

tpl;i	tm;i	tgg;i;u
11.7	5.85	17.80
11.7	5.85	17.80
0	0	

→ **tgg;u = MIN(tgg;i;u) = 17.80 mm** (spanning)

BEREKENING EQUIVALENTE DIKTE GELAAGD GLAS voor ingeklemde glasbalustrades op basis van Bijlage F van NEN2608:2011:
Glasopbouw van gelijke dikte met standaard PVB folie "NEN2608-2011-glasberekening" ©WG versie 1.03

glasplaat	nom. glasdikte [mm]	$t_{pl;i}$	aantal lagen folie	t_{vi}
$t_{pl;1}$	15	14,5	4	1,52
$t_{pl;2}$	15	14,5	0	0
$t_{pl;3}$	0	0		

(dikte folie per laag = 0,38 mm)

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

Berekening koppelingsfactor vlg. bijlage C:
standaard PVB-folie volgens tabel C.1 0

C1 = 20,7
C2 = 91,1
To = 20 gr C
Go = 471 N/mm2
Goo = 0,05 N/mm2

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

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 l_o aangehouden: $l_o = 2*H_{inkl;rek}$
BGT = voor de berekening van de doorbuiging wordt uitgegaan van: $l_o = 2*H_{balustrade}$
glasafmeting:

B = 1000 mm
Hbalustrade = 1200 mm BGT: $l_o = 2*H_{balustrade}$ = 2400 mm
$H_{inkl;rek}$ = 210 mm UGT: $l_o = 2*H_{insteek}$ = 420 mm

($H_{ink;rek}$ en $H1_{(inkl;rek)}$ gelden voor een werkelijke insteekmaat van 105 mm; deze zijn gecalibreerd m.b.v. SJ Mepla)

Lastvlakafmeting:

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 = 22,04 {(vlg. form. C.4a): 22,04 (vlg. form. C.4b): 22,04 }

glas Eg = 70000 N/mm² νg = 0,23

Berekening koppelingsfactoren:
BGT: β = 0,844 ωw = 0,519 (doorbuiging)
UGT: β = 27,567 ωσ = 0,052 (spanning)

Berekening equivalente glasdikte vlg. F.1:
Equivalente dikte in BGT vlg. formule (F.3)
tggser = 24,98 mm **tggser = 24,98 mm** (doorbuiging)

Equivalente dikte in UGT vlg. formule (F.1) en (F.2)
Σtpl;i = 29 mm

$t_{pl;i}$	$t_{m;i}$	$t_{gg;i;u}$
14,5	7,25	21,49
14,5	7,25	21,49
0	0	

→ **$t_{gg;u}$ = MIN($t_{gg;i;u}$) = 21,49 mm** (spanning)

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 1.09

glasplaat	nom. glasdikte [mm]	tpl;i	aantal lagen folie	tvi
tpl;1	19	18	6	2.28
tpl;2	10	9.7	0	0
tpl;3	0	0		

(dikte folie per laag = 0.38 mm)

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

Berekening koppelingsfactor 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
ν_{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/mm^2] =	**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 = 1000 mm BGT: lo ==2*Hbalustrade = 2000 mm
Hinkl;rek = 210 mm UGT: lo ==2*Hinsteek = 800 mm
(Hink;rek en H1(inkl;rek) gelden voor een werkelijke insteekmaat van **105** mm; deze zijn gecalibreerd m.b.v. SJ Mepla)

Lastvlakafmeting:

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

BGT Lw = 0.919 LA = 2000 mm
UGT Lσ = 1.013 LA = 800 mm

X= 41.04 {(vlg. form. C.4a): 41.04 (vlg. form. C.4b): 22.12 }

glas Eg = 70000 N/mm^2 νg = 0.23

Berekening koppelingsfactoren:

BGT: β = 2.264 ωw = 0.289 (doorbuiging)
UGT: β = 14.148 ωσ = 0.067 (spanning)

Berekening equivalente glasdikte vlg. F.1:
Equivalente dikte in BGT vlg. formule (F.3)

tggser = 22.20 mm tggser = **22.20 mm** (doorbuiging)

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

Σtpl;i = 27.7 mm

tpl;i	tm;i	tgg;i;u			
18	4.85	20.34			
9.7	9.00	26.60			
0	0		→	tgg;u = MIN(tgg;i;u) =	**20.34 mm** (spanning)

BEREKENING EQUIVALENTE DIKTE GELAAGD GLAS voor ingeklemde glasbalustrades op basis van Bijlage F van NEN2608:2011:
Glasopbouw met ionoplastfolie (SentryGlas Plus) "NEN2608-2011-glasberekening" ©WG versie 1.05

glasplaat	nom. glasdikte [mm]	tpl;i	aantal lagen folie	tvi
tpl;1	10	9,7	1	1,52
tpl;2	10	9,7	1	1,52
tpl;3	4	3,8		

(dikte folie per laag = 1,52 mm)

t = 300 sec =belastingduur vlgs bijlage A behorende bij de kortst durende belasting in de belastingcombinatie
Berekening koppelingsfactor vlg. bijlage C:
ionoplastfolie (**SentryGlas Plus**) volgens tabel C.2

C1 = 135
C2 = 600
To = 25 gr C
Go = 375 N/mm2
Goo = 0,5 N/mm2

Tg = 17 gr C = temperatuur van het glas tijdens belasten

Berekening glijdingsmodulus tussenlaag Gtl van ionoplastfolie (**SentryGlas Plus**) vlg. C.2 met WLF-constanten vlg. table C.2:

i	Gi/Go	Trel;i	TT;i	(Gi/Go)*e^(-t/TT;i)
1	0,1271000	5,991000E-12	3,997824E-10	0,000000E+00
2	0,1081000	6,239800E-10	4,163849E-08	0,000000E+00
3	0,0889700	7,135500E-08	4,761554E-06	0,000000E+00
4	0,0943170	2,199800E-05	1,467937E-03	0,000000E+00
5	0,1150000	2,934600E-03	1,958273E-01	0,000000E+00
6	0,1344000	4,620000E-01	3,082949E+01	7,985538E-06
7	0,1321000	3,444000E+01	2,298198E+03	1,159341E-01
8	0,0953880	8,336000E+02	5,562654E+04	9,487495E-02
9	0,0570710	2,467800E+04	1,646775E+06	5,706060E-02
10	0,0276820	8,071300E+05	5,386018E+07	2,768185E-02
11	0,0120420	5,897100E+07	3,935164E+09	1,204200E-02
12	0,0077430	9,443300E+10	6,301561E+12	7,743000E-03
				3,153445E-01 → Gtl = 118,60

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

(Hink;rek en H1(inkl;rek) gelden voor een werkelijke insteekmaat van **105** mm; deze zijn gecalibreerd m.b.v. SJ Mepla)
Lastvlakafmeting:

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= 29,49 {(vlg. form. C.4a): 29,49 (vlg. form. C.4b): 20,52 }

glas Eg = 70000 N/mm² νg = 0,23

Berekening koppelingsfactoren:
BGT: β = 0,016 ωw = 0,983 (doorbuiging)
UGT: β = 0,514 ωσ = 0,745 (spanning)

Berekening equivalente glasdikte vlg. F.1:
Equivalente dikte in BGT vlg. formule (F.3)
tggser = 23,09 mm **tggser = 23,09 mm** (doorbuiging)
Equivalente dikte in UGT vlg. formule (F.1) en (F.2)
Σtpl;i = 23,2 mm

tpl;i	tm;i	tgg;i;u	
9,7	6,75	22,25	
9,7	2,95	26,34	
3,8	9,7	23,15	→ tgg;u = MIN(tgg;i;u) = **22,25 mm** (spanning)

BEREKENING EQUIVALENTE DIKTE GELAAGD GLAS voor ingeklemde glasbalustrades op basis van Bijlage F van NEN2608:2011:
Glasopbouw met ionoplastfolie (SentryGlas Plus) "NEN2608-2011-glasberekening" ©WG versie 1.05

glasplaat	nom. glasdikte	[mm]	tpl;i	aantal lagen folie	tvi
tpl;1	10		9,7	1	1,52
tpl;2	10		9,7	1	1,52
tpl;3	6		5,8		
	(dikte folie per laag =			1,52	mm)

t = 300 sec =belastingduur vlgs bijlage A behorende bij de kortst durende belasting in de belastingcombinatie
Berekening koppelingsfactor vlg. bijlage C:
ionoplastfolie (**SentryGlas Plus**) volgens tabel C.2

C1 =	135	
C2 =	600	
To =	25	gr C
Go =	375	N/mm2
Goo =	0,5	N/mm2

Tg = 17 gr C = temperatuur van het glas tijdens belasten

Berekening glijdingsmodulus tussenlaag Gtl van ionoplastfolie (**SentryGlas Plus**) vlg. C.2 met WLF-constanten vlg. table C.2:

i	Gi/Go	Trel;i	TT;i	(Gi/Go)*e^(-t/TT;i)
1	0,1271000	5,991000E-12	3,997824E-10	0,000000E+00
2	0,1081000	6,239800E-10	4,163849E-08	0,000000E+00
3	0,0889700	7,135500E-08	4,761554E-06	0,000000E+00
4	0,0943170	2,199800E-05	1,467937E-03	0,000000E+00
5	0,1150000	2,934600E-03	1,958273E-01	0,000000E+00
6	0,1344000	4,620000E-01	3,082949E+01	7,985538E-06
7	0,1321000	3,444000E+01	2,298198E+03	1,159341E-01
8	0,0953880	8,336000E+02	5,562654E+04	9,487495E-02
9	0,0570710	2,467800E+04	1,646775E+06	5,706060E-02
10	0,0276820	8,071300E+05	5,386018E+07	2,768185E-02
11	0,0120420	5,897100E+07	3,935164E+09	1,204200E-02
12	0,0077430	9,443300E+10	6,301561E+12	7,743000E-03
				3,153445E-01 → Gtl = 118,60

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

(Hink;rek en H1(inkl;rek) gelden voor een werkelijke insteekmaat van 105 mm; deze zijn gecalibreerd m.b.v. SJ Mepla)
Lastvlakafmeting:

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 = 29,49 {(vlg. form. C.4a): 29,49 (vlg. form. C.4b): 23,56 }

glas Eg = 70000 N/mm² νg = 0,23

Berekening koppelingsfactoren:

BGT:	β =	0,016	ωw =	0,983	(doorbuiging)
UGT:	β =	0,514	ωσ =	0,745	(spanning)

Berekening equivalente glasdikte vlg. F.1:
Equivalente dikte in BGT vlg. formule (F.3)
tggser = 25,07 mm **tggser = 25,07 mm** (doorbuiging)
Equivalente dikte in UGT vlg. formule (F.1) en (F.2)
Σtpl;i = 25,2 mm

tpl;i	tm;i	tgg;i;u		
9,7	7,75	24,19		
9,7	1,95	31,41		
5,8	9,7	24,78	→ tgg;u = MIN(tgg;i;u) =	**24,19 mm** (spanning)

BEREKENING EQUIVALENTE DIKTE GELAAGD GLAS voor ingeklemde glasbalustrades op basis van Bijlage F van NEN2608:2011:
Glasopbouw met ionoplastfolie (SentryGlas Plus) "NEN2608-2011-glasberekening" ©WG versie 1.05

glasplaat	nom. glasdikte [mm]	tpl;i	aantal lagen folie	tvi
tpl;1	10	9,7	1	1,52
tpl;2	10	9,7	0	0
tpl;3	0	0		

(dikte folie per laag = 1,52 mm)

t = 300 sec =belastingduur vlgs bijlage A behorende bij de kortst durende belasting in de belastingcombinatie
Berekening koppelingsfactor vlg. bijlage C:
ionoplastfolie (**SentryGlas Plus**) volgens tabel C.2

C1 =	135	
C2 =	600	
To =	25	gr C
Go =	375	N/mm2
Goo =	0,5	N/mm2

Tg = 17 gr C = temperatuur van het glas tijdens belasten

Berekening glijdingsmodulus tussenlaag Gtl van ionoplastfolie (**SentryGlas Plus**) vlg. C.2 met WLF-constanten vlg. table C.2:

i	Gi/Go	Tref;i	TT;i	(Gi/Go)*e^(-t/TT;i)
1	0,1271000	5,991000E-12	3,997824E-10	0,000000E+00
2	0,1081000	6,239800E-10	4,163849E-08	0,000000E+00
3	0,0889700	7,135500E-08	4,761554E-06	0,000000E+00
4	0,0943170	2,199800E-05	1,467937E-03	0,000000E+00
5	0,1150000	2,934600E-03	1,958273E-01	0,000000E+00
6	0,1344000	4,620000E-01	3,082949E+01	7,985538E-06
7	0,1321000	3,444000E+01	2,298198E+03	1,159341E-01
8	0,0953880	8,336000E+02	5,562654E+04	9,487495E-02
9	0,0570710	2,467800E+04	1,646775E+06	5,706060E-02
10	0,0276820	8,071300E+05	5,386018E+07	2,768185E-02
11	0,0120420	5,897100E+07	3,935164E+09	1,204200E-02
12	0,0077430	9,443300E+10	6,301561E+12	7,743000E-03
				3,153445E-01

→ Gtl = 118,60

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

(Hink;rek en H1(inkl;rek) gelden voor een werkelijke insteekmaat van **105** mm; deze zijn gecalibreerd m.b.v. SJ Mepla)
Lastvlakafmeting:

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 = 14,74 {(vlg. form. C.4a): 14,74 (vlg. form. C.4b): 14,74 }

glas	Eg =	70000 N/mm²	νg =	0,23

Berekening koppelingsfactoren:

BGT:	β =	0,008	ωw =	0,991	(doorbuiging)
UGT:	β =	0,257	ωσ =	0,854	(spanning)

Berekening equivalente glasdikte vlg. F.1:
Equivalente dikte in BGT vlg. formule (F.3)
tggser = 19,36 mm **tggser = 19,36 mm** (doorbuiging)
Equivalente dikte in UGT vlg. formule (F.1) en (F.2)
Σtpl;i = 19,4 mm

tpl;i	tm;i	tgg;i;u		
9,7	4,85	19,01		
9,7	4,85	19,01		
0	0		→	**tgg;u = MIN(tgg;i;u) = 19,01 mm** (spanning)

5 Toelichting toetsing weerstand bij beschadigd element

Volgens 5.4 van NEN 2608 dient bij de toetsing van ingeklemde glasbalustrades rekening te worden gehouden met de kans, dat bij één glaspaneel laterale breuk van een glasplaat optreedt.
Alleen in het geval dat in een schriftelijke instructie duidelijk is vastgelegd dat de gebouwbeheerder per omgaande maatregelen moet nemen om onveilige situaties te voorkomen (het afzetten van de omgeving en het zo spoedig mogelijk vervangen van het beschadigd glaspaneel) , is deze beschouwing niet noodzakelijk. Zie ook OPMERKING 3 in 5.4 van NEN 2608.
In deze buitengewone ontwerpsituatie dient de balustrade constructie in staat te zijn de fundamentele belastingen met een partiële factor 1 te weerstaan.

Bij de beschouwing wordt verschil gemaakt tussen balustrades met handregel en zonder handregel.

5.1 Glasbalustrade zonder handregel

De glasbalustrade dient zowel bij de normale toetsing in de uiterste grenstoestand als bij de buitengewone ontwerpsituatie met laterale breuk van de glasplaat aan aanvalszijde, in staat te zijn de belastingen (lijnlast of geconcentreerde belasting op de voorgeschreven hoogte) te weerstaan.
Bij de fundamentele belastingcombinaties in de uiterste grenstoestand wordt bij gevolgklasse CC2 gerekend met $\gamma_Q = 1{,}5$.
Bij de fundamenten belastingcombinaties in de buitengewone ontwerpsituatie bij laterale breuk van een glasplaat wordt gerekend met $\gamma_Q = 1{,}0$.

5.2 Glasbalustrade met handregel

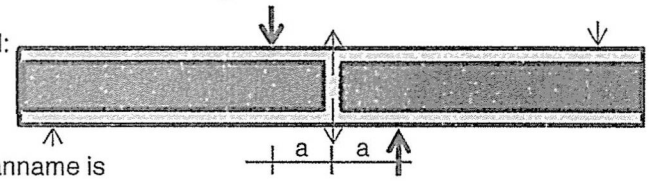
Toetsing BGT en UGT

$\gamma_Q = 1{,}5$
Bij toepassing van een handregel is de geconcentreerde belasting in de hoek niet maatgevend.
Door de handregel wordt de belasting in de bovenhoek overgedragen naar het volgende glaspaneel.
Hierbij is het effect van de handregel in het EEM model alleen als dwarskrachtdeuvel in de bovenste punt van de panelen gemodelleerd.
Uit een vergelijkende berekening blijkt dat de doorbuigingen en spanningen dan niet groter zijn dan bij de geconcentreerde belasting in het midden langs de bovenrand.
Derhalve worden hierbij alleen de belastinggevallen "lijnlast en geconcentreerde last in het midden van de plaat beschouwd".

Toetsing in de buitengewone ontwerpsituatie bij laterale breuk van een glasplaat in één glaspaneel
Uitgangspunt toetsing:

- In het geval van panelen met gelijke afmetingen moet de handregel voldoende momentcapaciteit hebben om de optredende dwarskracht in de bovenhoek te kunnen overdragen:

  De optredende dwarskracht is maximaal:
  $V_{Ed} = \gamma_Q \cdot q_{rep} \cdot B_{paneel} / 2 \geq \gamma_Q \cdot F_{rep}$
  waarin $\gamma_Q = 1{,}0$
  $M_{Rd} \geq V_{Ed} \cdot a$
  waarin a = 50 mm een veilige aanname is

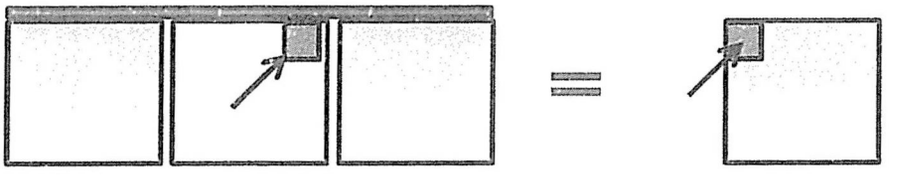


- In het geval van een paspaneel moet de handregel voldoende momentcapaciteit hebben om de optredende belastingen op de plaat met laterale breuk te spreiden naar de aangrenzende glaspanelen:
  $M_{Rd} \geq \gamma_Q \cdot q_{rep} \cdot (B_{paneel}+B_{paspaneel})^2 / 8 \geq \gamma_Q \cdot F_{rep} \cdot (B_{paneel}+B_{paspaneel}) / 4$
  waarin $\gamma_Q = 1{,}0$
- De handregel loopt door over de glaspanelen.
- In het geval van een eindplaat is de handregel aan de bouwkundige constructie bevestigd.
- In het geval van een hoek is de handregel in de hoek constructief gekoppeld.

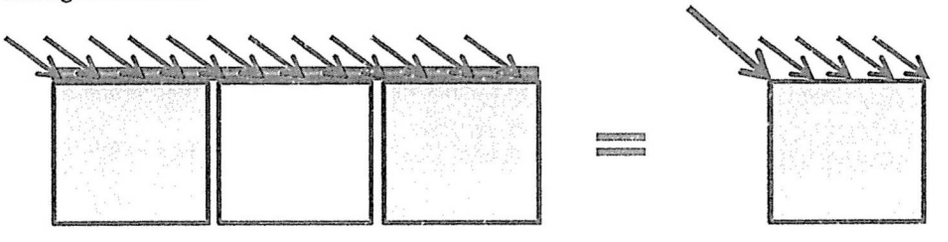
- Bij balustrades waarbij de handregel vrij eindigt, dient de glasbalustrade als zijnde zonder handregel te zijn beschouwd.

Berekeningswijze toetsing:

- $\gamma_Q = 1,0$
- Bij de berekening wordt ervan uitgegaan dat het beschadigde element langs de bovenrand wordt ondersteund door de handregel. Door de tweezijdige oplegging treden in dit beschadigde element beduidend lagere spanningen op. In de aangrenzende elementen treden hogere spanningen op.
  Bij de toetsing worden de onbeschadigde aangrenzende elementen berekend met hun eigen belasting en de belasting uit het beschadigde element.
- Geconcentreerde last:
  Uitgaande van de hierboven omschreven vereiste momentcapaciteit van de handregel, wordt de last verdeeld over de twee aangrenzende platen.
  Het grootste moment in de handregel treedt op bij een last in het midden.
  Bij de last in de hoek treden de grootste spanningen in het aangrenzende paneel. Deze spanningen zijn te vergelijken met de spanningen in een paneel met de geconcentreerde belasting in de hoek. Derhalve is hiervoor geen apart model gemaakt, maar is gebruik gemaakt van dit standaard belastinggeval.



- Lijnlast:
  De aangrenzende platen worden belast door de lijnlast en de reactiekracht t.g.v. de lijnlast uit het beschadigde element.



$F = 0.5 \cdot q \cdot$ paneelbreedte (resp. lengte bovenzijde paneel bij parallellogram)

6 Berekening max. mogelijke windbelasting

De berekening wordt uitgevoerd voor rechthoekige platen met een breedte van ca. 1,25 m.

De maximale extreme stuwdruk q_p vlg. NEN-EN 1991-1-4(NB) in een buitentoepassing wordt berekend op basis van de voorhanden glasdikte, uitgaande van:

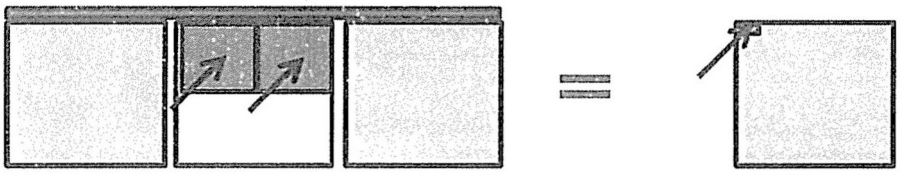
- belastingsduur t = 5 sec vlg. Tabel A.1 van NEN 2608
- $\gamma_Q = 1.5$ (CC2)
- volgens tabel NB 17-7.9 van NEN-EN 1991-1-4(NB) geldt voor borstweringen met omgezette randen:

$$q_{E;rep} = c_{p,net} \cdot q_p$$

waarin: $c_{p,net}$ = +/- 1,8 (panelen binnen 2h van rand maatgevend)
q_p = extreme stuwdruk tabel NB.5 van NEN-EN 1991-1-4(NB).
(hierbij dient wel rekening te zijn gehouden met de voorwaarden die bij de toepassing van deze tabel zijn gesteld)

Onderscheid wordt gemaakt tussen balustrades met en zonder constructieve handregel:

- Bij balustrades zonder constructieve handregel, dient deze eveneens te worden getoetst bij laterale breuk van een glasplaat (aan "aanvalszijde") en $\gamma_Q = 1.0$.
- Bij balustrades met constructieve handregel, dient de plaat naast de beschadigde plaat, bij $\gamma_Q = 1.0$, te worden getoetst op de vlaklast en de extra belasting in de bovenhoek uit de handregel.
  In bijlage 1 is berekend, dat hierdoor een lokale spanningsverhoging met een factor 1.86* t.o.v. de gelijkmatig belaste plaat optreedt.



Berekening maximale extreme stuwdruk:

$M_E = ½ \cdot c_{p,net} \cdot q_p \cdot h^2$

- Zonder constructieve handregel:
  UGT: $\gamma_Q = 1.5 \rightarrow q_p \leq \{(f_{m;t;u;d} \cdot t^2_{ggu} / 6) \cdot 2\} / (\gamma_Q \cdot c_{p,net} \cdot h^2)$
  Beschadigd: $\gamma_Q = 1.0 \rightarrow q_p \leq \{(f_{m;t;u;d} \cdot t^2_{rest} / 6) \cdot 2\} / (\gamma_Q \cdot c_{p,net} \cdot h^2)$
- Met constructieve handregel:
  UGT: $\gamma_Q = 1.5 \rightarrow q_p \leq \{(f_{m;t;u;d} \cdot t^2_{ggu} / 6) \cdot 2\} / (\gamma_Q \cdot c_{p,net} \cdot h^2)$
  Beschadigd: $\gamma_Q = 1.0 \rightarrow q_p \leq \{(f_{m;t;u;d} \cdot t^2_{ggu} / 6) \cdot 2\} / (\gamma_Q \cdot 1.86 \cdot c_{p,net} \cdot h^2)$
  In het geval dat q_p zonder handregel tot een hogere waarde leidt bij een beschadigd element, wordt deze gebruikt.

De rekenwaarde voor de equivalente glasdikte is bepaald bij t = 5 sec. De berekeningswijze is conform hoofdstuk 4. Bij t = 5 sec volgt vooral bij toepassing van PVB-folies een grotere koppeling en daaruitvolgend $t_{gg;u}$.
Als voorbeeld is alleen glas 10.10.4 berekend. De andere glassamenstellingen zijn op identieke wijze berekend.

BEREKENING EQUIVALENTE DIKTE GELAAGD GLAS voor ingeklemde glasbalustrades op basis van Bijlage F van NEN2608:2011:
Glasopbouw met standaard PVB folie "ontw. NEN2608-2013-glasberekening" ©WG versie 1.08

glasplaat	nom. glasdikte [mm]	$t_{pl;i}$	aantal lagen folie	t_{vi}
$t_{pl;1}$	10	9.7	4	1.52
$t_{pl;2}$	10	9.7	0	0
$t_{pl;3}$	0	0		

(dikte folie per laag = 0.38 mm)

t = 5 sec =belastingduur vlgs bijlage A behorende bij de kortst durende belasting in de belastingcombinatie
Berekening koppelingsfactor vlg. bijlage C:
standaard PVB-folie volgens tabel C.1

C1 =	20.7	
C2 =	91.1	
To =	20	gr C
Go =	471	N/mm²
Goo =	0.05	N/mm²
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	5.529603E-154
6	0.0895860	1.644100E-01	8.333147E-01	2.220317E-04
7	0.0301830	2.264800E+00	1.147917E+01	1.952523E-02
8	0.0076056	3.536400E+01	1.792430E+02	7.396373E-03
9	0.0009634	9.367500E+03	4.747932E+04	9.632986E-04
10	0.0004059	6.414100E+05	3.250997E+06	4.058994E-04
11	0.0006143	4.134700E+07	2.095679E+08	6.143000E-04
				2.912713E-02

→ Gtl = **13.77**
E_{PVB} [N/mm²] = **41.30**

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*$H_{inkl;rek}$
BGT = voor de berekening van de doorbuiging wordt uitgegaan van: lo = 2*$H_{balustrade}$
glasafmeting:

B =	1000 mm			
Hbalustrade =	1200 mm	BGT: lo ==2*Hbalustrade =	2400	mm
$H_{inkl;rek}$ =	210 mm	UGT: lo ==2*Hinsteek =	420	mm

($H_{ink;rek}$ en $H1_{(inkl;rek)}$ gelden voor een werkelijke insteekmaat van 105 mm; deze zijn gecalibreerd m.b.v. SJ Mepla)
Lastvlakafmeting:

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 = 14.74 {(vlg. form. C.4a): 14.74 (vlg. form. C.4b): 14.74 }

glas	Eg =	70000 N/mm²	νg =	0.23

Berekening koppelingsfactoren:

BGT:	β =	0.068	ωw =	0.931	(doorbuiging)
UGT:	β =	2.214	ωσ =	0.404	(spanning)

Berekening equivalente glasdikte vlg. F.1:
Equivalente dikte in BGT vlg. formule (F.3)
tggser = 19.06 mm tggser = **19.06 mm** (doorbuiging)
Equivalente dikte in UGT vlg. formule (F.1) en (F.2)
Σtpl;i = 19.4 mm

$t_{pl;i}$	$t_{m;i}$	$t_{gg;i;u}$
9.7	4.85	17.22
9.7	4.85	17.22
0	0	

→ **tgg;u = MIN(tgg;i;u) = 17.22 mm** (spanning)

6.1 Bij toepassing thermisch gehard veiligheidsglas

Berekening maximaal opneembare extreme stuwdruk q_p door het glaspaneel:

Rechthoekig glaspaneel H = **1000** mm

Vormfactor windbelasting vlg. tabel NB 17.7.9 van NEN-EN 1991-1-14(NB) voor borstwering met omgezette randen:	$c_{p,net}$ =	1.80
Belastingfactor in uiterste grenstoestand (CC2)	γ_Q =	1.50
Belastingfactor in bijzondere combinatie met laterale breuk van een glasplaat van een balustrade element	γ_Q =	1.00
Rekenwaarde buigtreksterkte bij windbelasting (rand als maatgevend beschouwd)	$f_{m;t;u;d}$ =	84.40 MPa

			max. q_p in kN/m²	
Glas	$t_{gg;u}$ [mm]	t_{rest} [mm]	zonder constructieve handregel	met constructieve handregel
6.6.2	11.06	5.80	0.53	1.03
8.8.4	13.91	7.70	0.93	1.63
10.10.4	17.22	9.70	1.47	2.49
12.12.4	20.46	11.70	2.14	3.52
15.15.4	24.91	14.50	3.29	5.21
19.10.6	20.34	18.00	4.31	4.31
SGP 10.10.4.2	22.51	19.01	5.28	5.28
SGP 10.10.6.2	24.19	19.01	5.65	5.65

Toelichting:
Bij toetsing zonder handregel wordt gerekend met de equivalente dikte van de overblijvende onbeschadigde glasplaten.
Bij toetsing met handregel wordt gerekend met de equivalente dikte van de onbeschadigde aangrenzende glasplaten.

Berekening maximaal opneembare extreme stuwdruk q_p door het glaspaneel:

Rechthoekig glaspaneel H = **1200** mm

Vormfactor windbelasting vlg. tabel NB 17.7.9 van NEN-EN 1991-1-14(NB) voor borstwering met omgezette randen:	$c_{p,net}$ =	1.80
Belastingfactor in uiterste grenstoestand (CC2)	γ_Q =	1.50
Belastingfactor in bijzondere combinatie met laterale breuk van een glasplaat van een balustrade element	γ_Q =	1.00
Rekenwaarde buigtreksterkte bij windbelasting (rand als maatgevend beschouwd)	$f_{m;t;u;d}$ =	84.40 MPa

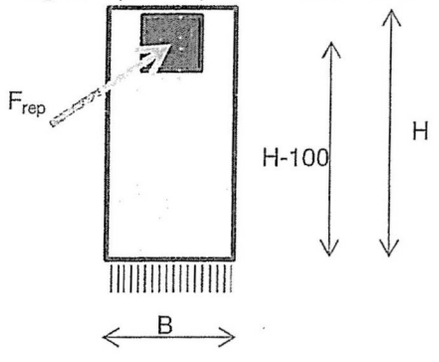
			max. q_p in kN/m²	
Glas	$t_{gg;u}$ [mm]	t_{rest} [mm]	zonder constructieve handregel	met constructieve handregel
6.6.2	11.06	5.80	0.37	0.71
8.8.4	13.91	7.70	0.64	1.13
10.10.4	17.22	9.70	1.02	1.73
12.12.4	20.46	11.70	1.49	2.44
15.15.4	24.91	14.50	2.28	3.62
19.10.6	20.34	18.00	2.99	2.99
SGP 10.10.4.2	22.51	19.01	3.67	3.67
SGP 10.10.6.2	24.19	19.01	3.92	3.92

Toelichting:
Bij toetsing zonder handregel wordt gerekend met de equivalente dikte van de overblijvende onbeschadigde glasplaten.
Bij toetsing met handregel wordt gerekend met de equivalente dikte van de onbeschadigde aangrenzende glasplaten.

7 Berekening min. vereiste breedte paspanelen

7.1 Zonder constructieve handregel

De minimaal vereiste breedte van de paspanelen wordt berekend op basis van de geconcentreerde belasting. Daar de positie van de geconcentreerde belasting van invloed is op de grootte van de optredende spanningen, is in bijlage 2 een correctiefactor bepaald, waarmee het mogelijk is de minimaal vereiste breedte eenvoudig te bepalen op basis van de belasting en de voorhanden glasdikte.



De correctiefactor voor de asymmetrische belasting is vlg. bijlage 2:

$C = 2.8819 \cdot 10^{-7} \cdot B^2 + 1.8755 \cdot 10^{-5} \cdot B + 0.9781$

waarin B in mm'

Uiterste grenstoestand:

$M_{Ed} = \gamma_Q \cdot F_{rep} \cdot (H-100)$ waarin $\gamma_Q = 1.5$ (CC2)

$\sigma_{Ed} = C \cdot M_{Ed} \cdot 6 / (t_{gg;u}^2 \cdot B) \leq f_{m;t;u;d}$

$\therefore\ B \geq \{C \cdot \gamma_Q \cdot F_{rep} \cdot (H-100) \cdot 6\} / \{ t_{gg;u}^2 \cdot f_{m;t;u;d} \}$

Bijzondere belastingcombinatie met beschadigd paneel:

$M_{Ed} = \gamma_Q \cdot F_{rep} \cdot (H-100)$ waarin $\gamma_Q = 1.0$

$\sigma_{Ed} = C \cdot M_{Ed} \cdot 6 / (t_{rest}^2 \cdot B) \leq f_{m;t;u;d}$

$\therefore\ B \geq \{C \cdot \gamma_Q \cdot F_{rep} \cdot (H-100) \cdot 6\} / \{ t_{rest}^2 \cdot f_{m;t;u;d} \}$

waarin t_{rest} = resterende (equivalente) dikte onbeschadigd glas

7.2 Met constructieve handregel

In het geval van een constructieve handregel wordt de geconcentreerde belasting via de handregel overgedragen naar de aangrenzende panelen. Deze zijn hier op getoetst, zie 5.2.
In het geval van een beschadigd paneel dient de handregel in staat te zijn, zowel de geconcentreerde belasting als de lijnvormige belasting over te dragen naar de aangrenzende panelen.
Als het paspaneel beschadigd is, zijn de aangrenzende panelen in staat de belasting via de handregel over te nemen, zie ook 5.2.
Als een aan het paspaneel grenzend paneel met normale breedte beschadigd is, zal het paspaneel in voorkomende gevallen onvoldoende sterk zijn om de extra belasting op te nemen.
In dat geval dient de handregel in staat te zijn, bij de gegeven lijn- of puntlast, een breedte gelijk aan de som van de breedte van het paspaneel en het beschadigde paneel te overspannen:

$B_{cr} := B_{paspaneel} + B_{paneel}$

De handregel heeft voldoende momentcapaciteit om de optredende belastingen op de plaat met laterale breuk te spreiden naar de aangrenzende glaspanelen:

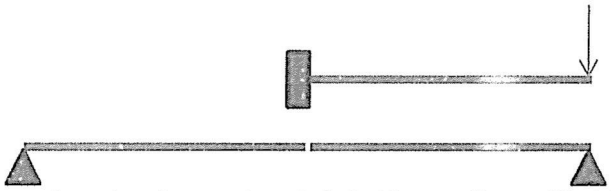
$M_{Rd} \geq \gamma_Q \cdot q_{rep} \cdot B_{cr}^2 / 8 \geq \gamma_Q \cdot F_{rep} \cdot B_{cr} / 4$

waarin $\gamma_Q = 1,0$

8 Toelichting en motivatie bepaling equivalente glasdikte

In NEN 2608:2011 is in bijlage F een methode gegeven voor de berekening van de equivalente glasdikte van gelaagd glas.
In deze berekening wordt de mate van koppeling van de samengestelde glasplaten bepaald op basis van bijlage C. De hierbij bepaalde koppelingsfactor is afhankelijk van de wijze waarop de ruiten zijn ondersteund. Daar de balustrade constructie met een inklemming langs de onderzijde hierin niet is omschreven, is hiervoor een afgeleide berekeningsmodel gemaakt in een Excelsheet.
In dit rekenmodel is de koppelingsfactor en de daaruitvolgende equivalente dikte bepaald voor de berekening van de doorbuiging en de spanningen:

- **BGT-doorbuiging**: voor de berekening van de doorbuiging wordt de koppelingsfactor gebaseerd op de lengte $l_o = 2 \cdot l_{uitkraging}$:



Het momenten- en dwarskrachtenverloop is in beide gevallen gelijk. Dientengevolge is de schuifspanning in de folie ook gelijk.

- **UGT-spanningen**: de grootste spanningen in de ruit treden op langs de inklemming (onderrand). Daar de lengte van het ingeklemd deel van de ruit veel kleiner is en hierbij verhoudingsgewijze bij veel grotere schuifspanningen optreden in de folielagen, is de koppelingsfactor in dit gedeelte kleiner. Hiermee dient bij de bepaling van de optredende spanningen rekening te worden gehouden. Uit een vergelijking met berekeningen met SJ Mepla, waarin de inklemming en glaspanelen zijn gemodelleerd zoals deze ook wordt uitgevoerd, blijkt dat eenzelfde benadering, maar dan uitgaande de ingeklemde lengte, tot te conservatieve waarden voor de equivalente dikte leidt.
  Derhalve is het berekeningsmodel gekalibreerd met een aantal verschillende berekeningen in SJ Mepla. Op basis hiervan resulteert in de berekening een vaste rekenmaat voor de inklemming, gebaseerd op een minimale inklemlengte van 100 mm.

Hiernavolgend zijn de verschillende balustrades berekend, waarbij de vergelijking is gemaakt met de bijgevoegde berekeningen met SJ Mepla.

8.1 Vergelijkende berekeningen en conclusie

De berekeningen zijn uitgevoerd met een rekenwaarde $H_{inkl;rek} = 210$ mm (bepaald op basis van iteratieve berekeningen). Hierna volgen alleen de toetsingen van de resulterende berekening.

De vergelijkende berekeningen zijn i.v.m. de beschikbare berekeningsresultaten in SJ Mepla uitgevoerd bij een belastingduur van 180 sec en een temperatuur van 22°.

Uit de vergelijkende berekeningsets B1 t/m B4 blijkt dat bovengenoemde rekenwaarde tot een exacte benadering van de equivalente dikte leidt, die bepaald is op basis van de berekeningen met SJ Mepla.

Resulterende uitgangspunten voor de berekening van de equivalente dikte:
- Doorbuiging: $l_o = 2 \cdot l_{uitkraging}$
- Sterkte (spanningen): $l_o = 2 \cdot H_{inkl;rek}$ waarbij $H_{inkl;rek} = 210$ mm
  bij een werkelijke inklemhoogte van 100 mm

8.1.1 Systeem B1

BEREKENING EQUIVALENTE DIKTE GELAAGD GLAS voor ingeklemde glasbalustrades op basis van Bijlage F van NEN2608:2011:
Glasopbouw van gelijke dikte met standaard PVB folie "NEN2608-2011-glasberekening" ©WG versie 1.03

glasplaat	nom. glasdikte [mm]	tpl;i	aantal lagen folie	twi
tpl;1	10	9,7	3	1,14
tpl;2	10	9,7	3	1,14
tpl;3	10	9,7		

(dikte folie per laag = 0,38 mm)

t = 180 sec =belastingduur vlgs bijlage A behorende bij de kortst durende belasting in de belastingcombinatie

Berekening koppelingsfactor vlg. bijlage C:
standaard PVB-folie volgens tabel C.1 0

C1 = 20,7
C2 = 91,1
To = 20 gr C
Go = 471 N/mm2
Goo = 0,05 N/mm2

Tg = 22 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	Trel;i	TT;i	(Gi/Go)*e^(-t/TT;i)
1	0,1606000	3,255700E-11	1,169395E-11	0,000000E+00
2	0,0787770	4,941000E-09	1,774728E-09	0,000000E+00
3	0,2912000	7,242700E-08	2,601461E-08	0,000000E+00
4	0,0711550	9,863500E-06	3,542810E-06	0,000000E+00
5	0,2688000	2,805900E-03	1,007834E-03	0,000000E+00
6	0,0895860	1,644100E-01	5,905343E-02	0,000000E+00
7	0,0301830	2,264800E+00	8,134797E-01	2,413812E-98
8	0,0076056	3,536400E+01	1,270218E+01	5,331320E-09
9	0,0009634	9,367500E+03	3,364655E+03	9,132150E-04
10	0,0004059	6,414100E+05	2,303841E+05	4,055830E-04
11	0,0006143	4,134700E+07	1,485118E+07	6,142926E-04
				1,933096E-03 → Gtl = 0,96

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

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

Lastvlakafmeting:

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 = 22,12 {(vlg. form. C.4a): 22,12 (vlg. form. C.4b): 22,12 }

glas Eg = 70000 N/mm² νg = 0,23

Berekening koppelingsfactoren:
BGT: β = 1,458 ωw = 0,385 (doorbuiging)
UGT: β = 47,614 ωσ = 0,031 (spanning)

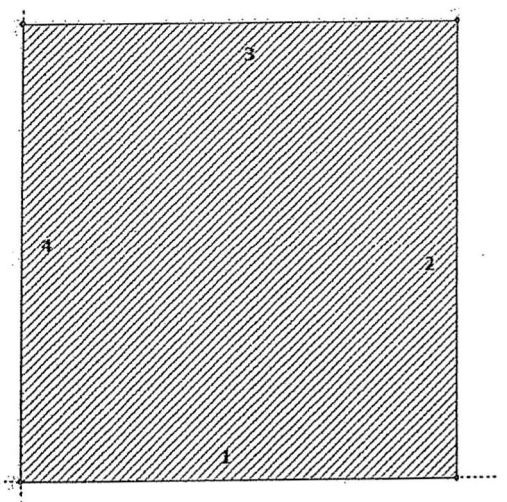
Berekening equivalente glasdikte vlg. F.1:
Equivalente dikte in BGT vlg. formule (F.3)
tggser = 22,35 mm tggser = **22,35 mm** (doorbuiging)
Equivalente dikte in UGT vlg. formule (F.1) en (F.2)
Σtpl;i = 29,1 mm

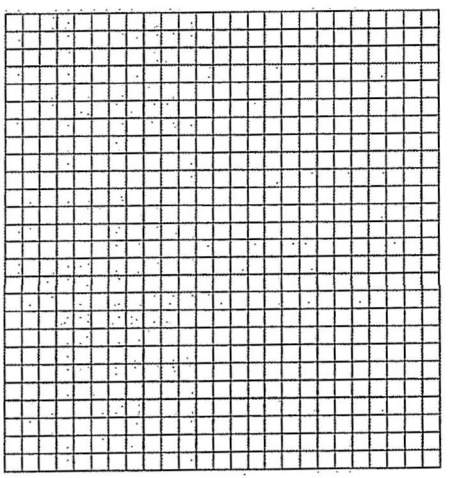
tpl;i	tm;i	tgg;i;u
9,7	9,70	18,19
9,7	0,00	18,74
9,7	9,7	18,19

→ **tgg;u = MIN(tgg;i;u) = 18,19 mm** (spanning)

Deze waarde komt overeen met de op basis van de SJ Mepla berekeningen bepaalde waarde 18,37 mm.

SJ MEPLA Berekeningsprotocol:





CORRECTE SCHEMATISERING INKLEMMING
(lijnondersteuning langs onderrand en op 100 mm)

Geometrie:

Rand	Randpunt		Middelpunt boog		Draairichting
	mm	mm	mm	mm	+/-
1	0.00	0.00			
2	1250.00	0.00			
3	1250.00	1300.00			
4	0.00	1300.00			

This protocol was created using SJ MEPLA. Copyright 2000-2013 by SJ Software GmbH Aachen, Germany.

Ondersteuning:

Randondersteuning:

Rand	Type ondersteuning
1	w : vast - u,v,φ,θ : vrij (scharnier)

Elastische lijnondersteuningen:

Nr	van		naar		E-Mod.	Breedte	Hoogte	Contact
	x	y	x	y	N/mm²	mm	mm	
1	0.00	100.00	1250.00	100.00	3.00	10.00	3.00	0

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	1250.0	0.0	0.0	0.000e+000	1.000e+000	0.000e+000	0.00e+000	0.00e+000

Lagen:

Laagopbouw:

Pakket	Laag	Beschrijving
1	5	Float Glas
1	4	PVB 22 C° Belastung bis 3 min
1	3	Float Glas
1	2	PVB 22 C° Belastung bis 3 min
1	1	Float Glas

This protocol was created using SJ MEPLA. Copyright 2000-2013 by SJ Software GmbH Aachen, Germany.

Karakteristieke waarden:

Pakket	Laag	E-mod. N/mm²	ν	Dikte mm	Dichtheid kg/m³	αt 1/K	ΔT K
1	5	70000.00	0.23	9.70	2550.00	1.0000e-005	0.00
1	4	3.00	0.50	1.15	1070.00	8.0000e-005	0.00
1	3	70000.00	0.23	9.70	2550.00	1.0000e-005	0.00
1	2	3.00	0.50	1.15	1070.00	8.0000e-005	0.00
1	1	70000.00	0.23	9.70	2550.00	1.0000e-005	0.00

Belastingen:

Lijnbelastingen:

Pakket	--- van -- x	y	-- naar -- x	y	qx N/mm	qy N/mm	qz N/mm
1	0.00	1300.00	1250.00	1300.00	0.00	0.00	4.50

Constante en lineair stijgende vlakbelastingen: zie belastingsgeval

Berekeningsmethode:
geometrisch lineair
statische berekening

Eigenschappen van de eindige elementen mesh::
Elementgrootte : 50.0 mm
Aantal elementen : 650
Aantal knooppunten : 2703 (per pakket)
Aantal van onbekend : 35088

This protocol was created using SJ MEPLA. Copyright 2000-2013 by SJ Software GmbH Aachen, Germany.

Belastingcombinatie: 1 ()

Coefficienten / veiligheidsfactoren:

Eigen gewicht	Wind	Sneeuw	Lijn	Punt	-- Klimaat --- Δp, ΔT	ΔH	Sheerbeurt
0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00

Belastingcombinatie:

	Wind N/mm²	Sneeuw N/mm²	Klimaat
buiten	0.00000	0.00000	geen klimaatbelasting
binnen	0.00000		

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

	N/mm²			
buiten	0.00000 N/mm²	=	0.00000 * 0.00	+0.00000 * 0.00
binnen	0.00000 N/mm²	=	0.00000 * 0.00	

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

Berekeningsresultaat:

Minimale en maximale vervorming w:

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

This protocol was created using SJ MEPLA. Copyright 2000-2013 by SJ Software GmbH Aachen, Germany.

		625.00	1300.00	157.97 (max)

Maximale hoofdtrekspanning:

Pakket	Laag	x [mm]	y [mm]	σ [N/mm²]
1	5	1244.36	105.64	84.82
1	3	1244.36	105.64	90.39
1	1	1244.36	105.64	96.00

Extreme spanningen en reactiekrachten in de elastische lijnondersteuning:

Nr.	σ [N/mm²]	Reactiekrachten (Fz) [N]
1	5.926 (max)	73125.00
	5.520 (min)	

Extreme waarden:

x [mm]	y [mm]	σ [N/mm²]
612.50	100.00	5.926 (max)
1237.50	100.00	5.520 (min)

Veren:

Pakket (x / y)	Laag	u [mm]	v [mm]	w [mm]	φ [rad]	θ [rad]	Fx [N]	Fy [N]	Fz [N]	M_φ [Nmm]	M_θ [Nmm]
(0.00 / 0.00)											
1	1	0.00	0.00	0.00	-0.0001	-0.0503	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.00
(1250.00 / 0.00)											
1	1	-0.02	0.00	0.00	0.0001	-0.0503	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00

This protocol was created using SJ MEPLA. Copyright 2000-2013 by SJ Software GmbH Aachen, Germany.

Resulterende belasting:

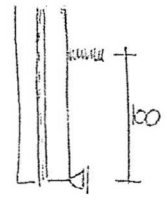
Maximale hoofdtrekspanning:

Pakket	Laag	σ [N/mm²]	Belastingcombinatie
1	5	84.82	1
1	3	90.39	1
1	1	96.00	1

Minimale en maximale vervorming w:

Pakket	Vervorming [mm]	Belastingcombinatie
1	157.97 (max)	1
1	0.00 (min)	1

CORRECTE SCHEMATISERING INKLEMMING
(lijnondersteuning langs onderrand en op 100 mm)



Md = 1200*4.5 = 5400 Nmm
96.00 * tfic^2 / 6 = 5400 ---> t_fic = 18.37 mm

geen samenwerking: 9.7 * 3^0.5 = 16.80 mm
volledige „ „: 9.7*3 = 29.1 mm

This protocol was created using SJ MEPLA. Copyright 2000-2013 by SJ Software GmbH Aachen, Germany.

8.1.2 Systeem B2

BEREKENING EQUIVALENTE DIKTE GELAAGD GLAS voor ingeklemde glasbalustrades op basis van Bijlage F van NEN2608:2011:
Glasopbouw van gelijke dikte met standaard PVB folie "NEN2608-2011-glasberekening" ©WG versie 1.03

glasplaat	nom. glasdikte [mm]	$t_{pl;i}$	aantal lagen folie	t_{vi}
$t_{pl;1}$	15	14,5	3	1,14
$t_{pl;2}$	15	14,5	0	0
$t_{pl;3}$	0	0		

(dikte folie per laag = 0,38 mm)

t = 180 sec =belastingduur vlgs bijlage A behorende bij de kortst durende belasting in de belastingcombinatie

Berekening koppelingsfactor vlg. bijlage C:
standaard PVB-folie volgens tabel C.1 0

C1 = 20,7
C2 = 91,1
To = 20 gr C
Go = 471 N/mm2
Goo = 0,05 N/mm2

Tg = 22 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	$T_{ref;i}$	$TT_{;i}$	(Gi/Go)*e^(-t/TT;i)
1	0,1606000	3,255700E-11	1,169395E-11	0,000000E+00
2	0,0787770	4,941000E-09	1,774728E-09	0,000000E+00
3	0,2912000	7,242700E-08	2,601461E-08	0,000000E+00
4	0,0711550	9,863500E-06	3,542810E-06	0,000000E+00
5	0,2688000	2,805900E-03	1,007834E-03	0,000000E+00
6	0,0895860	1,644100E-01	5,905343E-02	0,000000E+00
7	0,0301830	2,264800E+00	8,134797E-01	2,413812E-98
8	0,0076056	3,536400E+01	1,270218E+01	5,331320E-09
9	0,0009634	9,367500E+03	3,364655E+03	9,132150E-04
10	0,0004059	6,414100E+05	2,303841E+05	4,055830E-04
11	0,0006143	4,134700E+07	1,485118E+07	6,142926E-04
				1,933096E-03

→ Gtl = 0,96

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: $l_o = 2*H_{inkl;rek}$
BGT = voor de berekening van de doorbuiging wordt uitgegaan van: $l_o = 2*H_{balustrade}$

glasafmeting:
B = 1000 mm
Hbalustrade = 1200 mm BGT: lo ==2*Hbalustrade = 2400 mm
$H_{inkl;rek}$ = 210 mm UGT: lo ==2*Hinsteek = 420 mm
($H_{ink;rek}$ en $H1_{(inkl;rek)}$ gelden voor een werkelijke insteekmaat van 105 mm; deze zijn gecalibreerd m.b.v. SJ Mepla)

Lastvlakafmeting:
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 = 16,53 {(vlg. form. C.4a): 16,53 (vlg. form. C.4b): 16,53 }

glas Eg = 70000 N/mm² νg = 0,23

Berekening koppelingsfactoren:
BGT: β = 1,090 ωw = 0,456 (doorbuiging)
UGT: β = 35,588 ωσ = 0,040 (spanning)

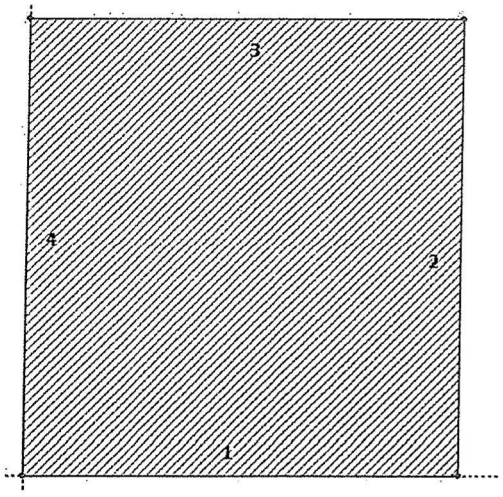
Berekening equivalente glasdikte vlg. F.1:
Equivalente dikte in BGT vlg. formule (F.3)
tggser = 24,35 mm tggser = **24,35 mm** (doorbuiging)
Equivalente dikte in UGT vlg. formule (F.1) en (F.2)
Σtpl;i = 29 mm

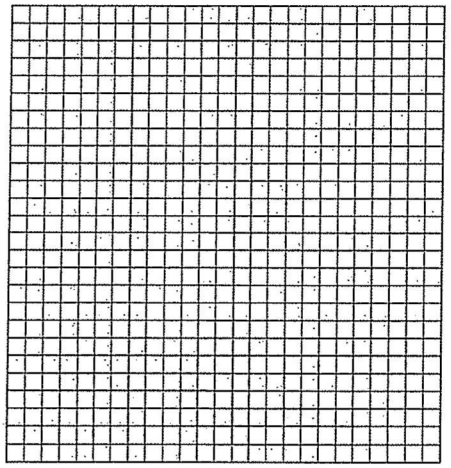
$t_{pl;i}$	$t_{m;i}$	$t_{gg;i;u}$
14,5	7,25	21,29
14,5	7,25	21,29
0	0	

→ **$t_{gg;u}$ = MIN($t_{gg;i;u}$) = 21,29 mm** (spanning)

Deze waarde komt overeen met de op basis van de SJ Mepla berekeningen bepaalde waarde 21,29 mm.

SJ MEPLA Berekeningsprotocol:





Geometrie:

Rand		Randpunt		Middelpunt boog		Draairichting
	mm	m.m	mm	mm		+/-
1	0.00	0.00				

CORRECTE SCHEMATISERING INKLEMMING
(lijnondersteuning langs onderrand en op 100 mm)

This protocol was created using SJ MEPLA. Copyright 2000-2013 by SJ Software GmbH Aachen, Germany.

2	1250.00	0.00
3	1250.00	1300.00
4	0.00	1300.00

Ondersteuning:

Randondersteuning:

Rand	Type ondersteuning
1	w : vast - u,v,φ,θ : vrij (scharnier)

Elastische lijnondersteuningen:

Nr	van		naar		E-Mod.	Breedte	Hoogte	Contact
	x	y	x	y	N/mm²	mm	m.m	
1	0.00	100.00	1250.00	100.00	3.00	10.00	3.00	0

Veerondersteuning:

Pakket	Laag	x	y	z	C_x	C_y	C_z	C_φ	C_θ
		mm	mm	mm	N/mm	N/mm	N/m.m	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	1250.0	0.0	0.0	0.000e+000	1.000e+000	0.000e+000	0.00e+000	0.00e+000

Lagen:

Laagopbouw:

Pakket	Laag	Beschrijving
1	3	Float Glas
1	2	PVB 22 C° Belastung bis 3 min
1	1	Float Glas

Karakteristieke waarden:

This protocol was created using SJ MEPLA. Copyright 2000-2013 by SJ Software GmbH Aachen, Germany.

Pakket	Laag	E-mod. N/mm²	ν	Dikte mm	Dichtheid kg/m³	αt 1/K	ΔT K
1	3	70000.00	0.23	14.50	2550.00	1.0000e-005	0.00
1	2	3.00	0.50	1.15	1070.00	8.0000e-005	0.00
1	1	70000.00	0.23	14.50	2550.00	1.0000e-005	0.00

Belastingen:

Lijnbelastingen:

Pakket	-- van -- x	y	-- naar -- x	y	qx N/mm	qy N/mm	qz N/mm
1	0.00	1300.00	1250.00	1300.00	0.00	0.00	4.50

Constante en lineair stijgende vlakbelastingen: zie belastingsgeval

Berekeningsmethode:
geometrisch lineair
statische berekening

Eigenschappen van de eindige elementen mesh::
Elementgrootte : 50.0 mm
Aantal elementen : 650
Aantal knooppunten : 2703 (per pakket)
Aantal van onbekend : 24276

Belastingcombinatie: 1 ()

This protocol was created using SJ MEPLA. Copyright 2000-2013 by SJ Software GmbH Aachen, Germany.

Coefficienten / veiligheidsfactoren:

Eigen gewicht	Wind	Sneeuw	-- Klimaat --- Lijn	Punt	Δp,ΔT	ΔH	Sheerbeurt
0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00

Belastingcombinatie:

	Wind N/mm²	Sneeuw N/mm²	Klimaat
buiten	0.00000	0.00000	geen klimaatbelasting
binnen	0.00000		

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

	N/mm²	
buiten	0.00000	N/mm² = 0.00000 * 0.00 +0.00000 * 0.00
binnen	0.00000	N/mm² = 0.00000 * 0.00

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

Berekeningsresultaat:

Minimale en maximale vervorming w:

Pakket	- Positie - x mm	y mm	Vervorming w mm	
1	0.00	0.00	0.00	(min)
	625.00	1300.00	126.36	(max)

Maximale hoofdtrekspanning:

Pakket	Laag	x	y	σ

This protocol was created using SJ MEPLA. Copyright 2000-2013 by SJ Software GmbH Aachen, Germany.

		mm	mm	N/mm²
1	3	5.64	105.64	65.08
1	1	1244.36	105.64	71.47

Extreme spanningen en reactiekrachten in de elastische lijnondersteuning:

Nr.	σ N/mm²	Reactiekrachten (Fz) N
1	5.921 (max)	73125.00
	5.607 (min)	

Extreme waarden:

x mm	y mm	σ N/mm²
612.50	100.00	5.921 (max)
1237.50	100.00	5.607 (min)

Veren:

Pakket (x / y)	Laag	u mm	v mm	w mm	φ rad	θ rad	Fx N	Fy N	Fz N	M_φ Nmm	M_θ Nmm
(0.00 / 0.00)											
1	1	0.00	-0.00	0.00	-0.0002	-0.0536	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
(1250.00 / 0.00)											
1	1	-0.01	0.00	0.00	0.0002	-0.0536	-0.00	0.00	0.00	0.00	-0.00

Resulterende belasting:

Maximale hoofdtrekspanning:

Pakket	Laag	σ N/mm²	Belastingcombinatie

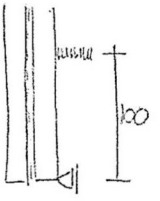
This protocol was created using SJ MEPLA. Copyright 2000-2013 by SJ Software GmbH Aachen, Germany.

1	3	65.08	1
1	1	71.47	1

Minimale en maximale vervorming w:

Pakket	Vervorming mm	Belastingcombinatie
1	126.36 (max)	1
1	0.00 (min)	1

CORRECTE SCHEMATISERING INKLEMMING
(lijnondersteuning langs onderrand en op 100 mm)



Md = 1200*4.5 = 5400 Nmm
71.47 * tfic^2 / 6 = 5400 ---> t_fic = 21.29 mm

geen samenwerking: 14.5 * 2^0.5 = 20.51 mm
volledige „ „: 14.5*2 = 29.0 mm

This protocol was created using SJ MEPLA. Copyright 2000-2013 by SJ Software GmbH Aachen, Germany.

8.1.3 Systeem B3

BEREKENING EQUIVALENTE DIKTE GELAAGD GLAS voor ingeklemde glasbalustrades op basis van Bijlage F van NEN2608:2011:
Glasopbouw van gelijke dikte met standaard PVB folie "NEN2608-2011-glasberekening" ©WG versie 1.03

glasplaat	nom. glasdikte	[mm]	tpl;i	aantal lagen folie	tvi
tpl;1	10		9,7	2	0,76
tpl;2	10		9,7	0	0
tpl;3	0		0		

(dikte folie per laag = 0,38 mm)

t = 180 sec =belastingduur vlgs bijlage A behorende bij de kortst durende belasting in de belastingcombinatie

Berekening koppelingsfactor vlg. bijlage C:
standaard PVB-folie volgens tabel C.1 0

C1 =	20,7	
C2 =	91,1	
To =	20	gr C
Go =	471	N/mm2
Goo =	0,05	N/mm2

Tg = 22 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	TTj	(Gi/Go)*e^(-t/TTi)			
1	0,1606000	3,255700E-11	1,169395E-11	0,000000E+00			
2	0,0787770	4,941000E-09	1,774728E-09	0,000000E+00			
3	0,2912000	7,242700E-08	2,601461E-08	0,000000E+00			
4	0,0711550	9,863500E-06	3,542810E-06	0,000000E+00			
5	0,2688000	2,805900E-03	1,007834E-03	0,000000E+00			
6	0,0895860	1,644100E-01	5,905343E-02	0,000000E+00			
7	0,0301830	2,264800E+00	8,134797E-01	2,413812E-98			
8	0,0076056	3,536400E+01	1,270218E+01	5,331320E-09			
9	0,0009634	9,367500E+03	3,364655E+03	9,132150E-04			
10	0,0004059	6,414100E+05	2,303841E+05	4,055830E-04			
11	0,0006143	4,134700E+07	1,485118E+07	6,142926E-04			
				1,933096E-03	→	Gtl =	0,96

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

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

Lastvlakafmeting:

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 = 7,37 {(vlg. form. C.4a): 7,37 (vlg. form. C.4b): 7,37 }

glas Eg = 70000 N/mm² νg = 0,23

Berekening koppelingsfactoren:

BGT:	β =	0,486	ωw =	0,652 (doorbuiging)
UGT:	β =	15,871	ωσ =	0,086 (spanning)

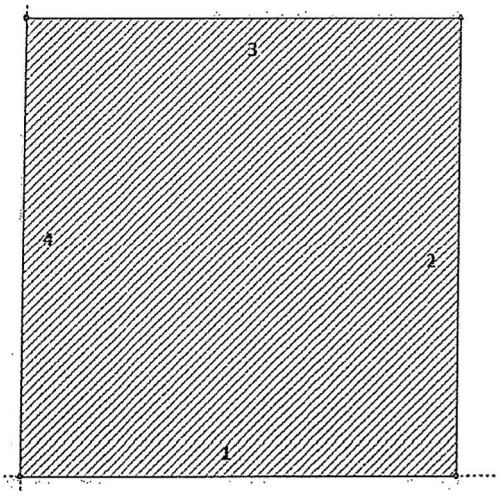
Berekening equivalente glasdikte vlg. F.1:
Equivalente dikte in BGT vlg. formule (F.3)
tggser = 17,54 mm tggser = **17,54 mm** (doorbuiging)
Equivalente dikte in UGT vlg. formule (F.1) en (F.2)
Σtpl;i = 19,4 mm

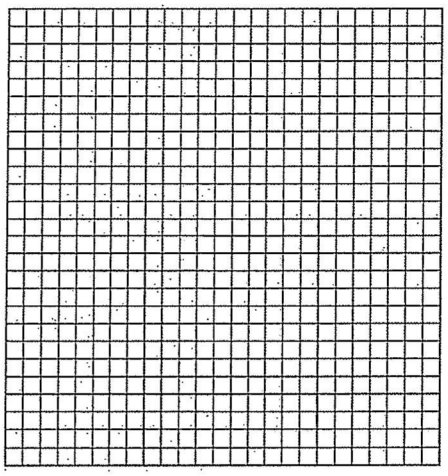
tpl;i	tm;i	tgg;i;u			
9,7	4,85	14,77			
9,7	4,85	14,77			
0	0		→	tgg;u = MIN(tgg;i;u) =	**14,77 mm** (spanning)

Deze waarde komt overeen met de op basis van de SJ Mepla berekeningen bepaalde waarde 14,79 mm.

Project: OneLevel - System B3 11.02.2013
Page: 1

SJ MEPLA Berekeningsprotocol:





Geometrie:

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

CORRECTE SCHEMATISERING INKLEMMING
(lijnondersteuning langs onderrand en op 100 mm)

This protocol was created using SJ MEPLA. Copyright 2000-2013 by SJ Software GmbH Aachen, Germany.

2	1250.00	0.00
3	1250.00	1300.00
4	0.00	1300.00

Ondersteuning:

Randondersteuning:

Rand	Type ondersteuning
1	V : vast - u,v,φ,θ : vrij (scharnier)

Elastische lijnondersteuningen:

Nr	van		naar		E-Mod.	Breedte	Hoogte	Contact
	x	y	x	y	N/mm²	mm	mm	
1	0.00	100.00	1250.00	100.00	3.00	10.00	3.00	0

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	1250.0	0.0	0.0	0.000e+000	1.000e+000	0.000e+000	0.00e+000	0.00e+000

Lagen:

Laagopbouw:

Pakket	Laag	Beschrijving
1	3	Float Glas
1	2	PVB 22 C° Belastung bis 3 min
1	1	Float Glas

Karakteristieke waarden:

This protocol was created using SJ MEPLA. Copyright 2000-2013 by SJ Software GmbH Aachen, Germany.

Pakket	Laag	E-mod. N/mm²	ν	Dikte mm	Dichtheid kg/m³	αt 1/K	ΔT K
1	3	70000.00	0.23	9.70	2550.00	1.0000e-005	0.00
1	2	3.00	0.50	0.76	1070.00	8.0000e-005	0.00
1	1	70000.00	0.23	9.70	2550.00	1.0000e-005	0.00

Belastingen:

Lijnbelastingen:

Pakket	--- van --- x	y	-- naar -- x	y	qx N/mm	qy N/mm	qz N/mm
1	0.00	1300.00	1250.00	1300.00	0.00	0.00	1.50

Constante en lineair stijgende vlakbelastingen: zie belastingsgeval

Berekeningsmethode:

geometrisch lineair
statische berekening

Eigenschappen van de eindige elementen mesh::

Elementgrootte : 50.0 mm
Aantal elementen : 650
Aantal knooppunten : 2703 (per pakket)
Aantal van onbekend : 24276

Belastingcombinatie: 1 ()

This protocol was created using SJ MEPLA. Copyright 2000-2013 by SJ Software GmbH Aachen, Germany.

Coefficienten / veiligheidsfactoren:

			-- Klimaat ---				
Eigen gewicht	Wind	Sneeuw	Lijn	Punt	Δp,ΔT	ΔH	Sheerbeurt
0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00

Belastingcombinatie:

	Wind N/mm²	Sneeuw N/mm²	Klimaat
buiten	0.00000	0.00000	geen klimaatbelasting
binnen	0.00000		

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

	N/mm²			
buiten	0.00000 N/mm²	=	0.00000 * 0.00	+0.00000 * 0.00
binnen	0.00000 N/mm²	=	0.00000 * 0.00	

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

Berekeningsresultaat:

Minimale en maximale vervorming w:

Pakket	- Positie - x mm	y mm	Vervorming w mm	
1	0.00	0.00	0.00	(min)
	625.00	1300.00	70.18	(max)

Maximale hoofdtrekspanning:

Pakket	Laag	x	y	σ

This protocol was created using SJ MEPLA. Copyright 2000-2013 by SJ Software GmbH Aachen, Germany.

		mm	mm	N/mm²
1	3	625.00	105.64	41.95
1	1	625.00	105.64	49.40

Extreme spanningen en reactiekrachten in de elastische lijnondersteuning:

Nr.	σ N/mm²	Reactiekrachten (Fz) N
1	1.997 (max)	24375.00
	1.762 (min)	

Extreme waarden:

x mm	y mm	σ N/mm²
637.50	100.00	1.997 (max)
12.50	100.00	1.762 (min)

Veren:

Pakket	Laag	u mm	v mm	w mm	φ rad	θ rad	Fx N	Fy N	Fz N	M_φ Nmm	M_θ Nmm
(0.00 / 0.00)											
1	1	0.00	-0.00	0.00	-0.0001	-0.0151	0.00	-0.00	0.00	-0.00	-0.00
(1250.00 / 0.00)											
1	1	-0.01	-0.00	0.00	0.0001	-0.0151	-0.00	-0.00	0.00	0.00	-0.00

Resulterende belasting:

Maximale hoofdtrekspanning:

Pakket	Laag	σ N/mm²	Belastingcombinatie

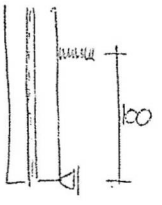
This protocol was created using SJ MEPLA. Copyright 2000-2013 by SJ Software GmbH Aachen, Germany.

1	3	41.95	1
1	1	49.40	1

Minimale en maximale vervorming w:

Pakket	Vervorming mm	Belastingcombinatie
1	70.18 (max)	1
1	0.00 (min)	1

CORRECTE SCHEMATISERING INKLEMMING
(lijnondersteuning langs onderrand en op 100 mm)



Md = 1200*1.5 = 1800 Nmm
49.40 * tfic^2 / 6 = 1800 ---> t_fic = 14.79 mm

geen samenwerking: 9.7 * 2^0.5 = 13.72 mm
volledige „ „: 9.7*2 = 19.4 mm

This protocol was created using SJ MEPLA. Copyright 2000-2013 by SJ Software GmbH Aachen, Germany.

8.1.4 Systeem B4

BEREKENING EQUIVALENTE DIKTE GELAAGD GLAS voor ingeklemde glasbalustrades op basis van Bijlage F van NEN2608:2011:
Glasopbouw van gelijke dikte met standaard PVB folie "NEN2608-2011-glasberekening" ©WG versie 1.03

glasplaat	nom. glasdikte	[mm]	tpl;i	aantal lagen folie	tvi
tpl;1	12		11,7	3	1,14
tpl;2	12		11,7	0	0
tpl;3	0		0		
		(dikte folie per laag =		0,38	mm)

t = 180 sec =belastingduur vlgs bijlage A behorende bij de kortst durende belasting in de belastingcombinatie
Berekening koppelingsfactor vlg. bijlage C:
standaard PVB-folie volgens tabel C.1 0

C1 =	20,7	
C2 =	91,1	
To =	20	gr C
Go =	471	N/mm2
Goo =	0,05	N/mm2

Tg = 22 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	1,169395E-11	0,000000E+00			
2	0,0787770	4,941000E-09	1,774728E-09	0,000000E+00			
3	0,2912000	7,242700E-08	2,601461E-08	0,000000E+00			
4	0,0711550	9,863500E-06	3,542810E-06	0,000000E+00			
5	0,2688000	2,805900E-03	1,007834E-03	0,000000E+00			
6	0,0895860	1,644100E-01	5,905343E-02	0,000000E+00			
7	0,0301830	2,264800E+00	8,134797E-01	2,413812E-98			
8	0,0076056	3,536400E+01	1,270218E+01	5,331320E-09			
9	0,0009634	9,367500E+03	3,364655E+03	9,132150E-04			
10	0,0004059	6,414100E+05	2,303841E+05	4,055830E-04			
11	0,0006143	4,134700E+07	1,485118E+07	6,142926E-04			
				1,933096E-03	→	Gtl =	0,96

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

(Hink;rek en H1(inkl;rek) gelden voor een werkelijke insteekmaat van **105** mm; deze zijn gecalibreerd m.b.v. SJ Mepla)
Lastvlakafmeting:

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 =	13,34	{(vlg. form. C.4a):	13,34	(vlg. form. C.4b):	13,34 }
glas	Eg =	70000 N/mm²	νg =	0,23		

Berekening koppelingsfactoren:

BGT:	β =	0,879	ωw =	0,509	(doorbuiging)
UGT:	β =	28,715	ωσ =	0,050	(spanning)

Berekening equivalente glasdikte vlg. F.1:
Equivalente dikte in BGT vlg. formule (F.3)
tggser = 20,08 mm **tggser = 20,08 mm** (doorbuiging)
Equivalente dikte in UGT vlg. formule (F.1) en (F.2)
Σtpl;i = 23,4 mm

tpl;i	tm;i	tgg;i;u			
11,7	5,85	17,31			
11,7	5,85	17,31			
0	0		→	**tgg;u = MIN(tgg;i;u) =**	**17,31 mm** (spanning)

Deze waarde komt overeen met de op basis van de SJ Mepla berekeningen bepaalde waarde 17,30 mm.

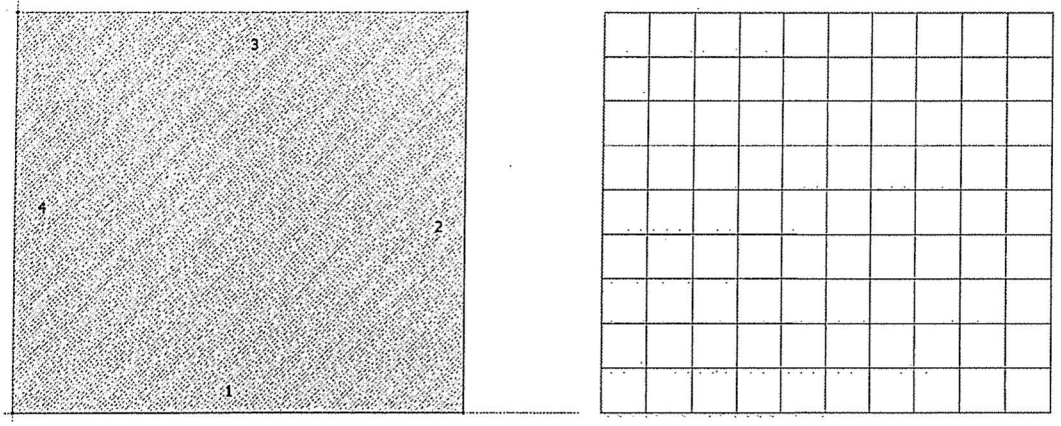
project Onlevel – system B4

21-2-2013
Pagina: 1

SJ MEPLA Berekeningsprotocol:

Ondersteuning: serie van lijnondersteuningen over 100 mm waarmee de inklemming wordt gemodelleerd.

lijnlast van 0.8 kN/m met gamma=1,5 (1,2 Kn/m) op 1m'



Dit protocol wordt gemaakt door SJ MEPLA. Copyright 2000-2008 by SJ Software GmbH Aken, Duitsland.

project Onlevel – system B4

21-2-2013
Pagina: 2

Geometrie:

Rand	randpunt		middelpunt boog		draairichting
–	mm	mm	mm	mm	–
1	0.00	0.00			
2	1250.00	0.00			
3	1250.00	1100.00			
4	0.00	1100.00			

Ondersteuning:

Elastische lijnondersteuningen:

Nr	van		naar		E-Mod.	Breedte	hoogte	contact
–	x	y	x	y	N/mm²	mm	mm	–
1	1225.00	10.00	1225.00	90.00	500.00	15.00	5.00	0
2	1093.75	10.00	1093.75	90.00	500.00	15.00	5.00	0
3	937.50	10.00	937.50	90.00	500.00	15.00	5.00	0
4	781.25	10.00	781.25	90.00	500.00	15.00	5.00	0
5	625.00	10.00	625.00	90.00	500.00	15.00	5.00	0
6	468.75	10.00	468.75	90.00	500.00	15.00	5.00	0
7	312.50	10.00	312.50	90.00	500.00	15.00	5.00	0
8	156.25	10.00	156.25	90.00	500.00	15.00	5.00	0
9	25.00	10.00	25.00	90.00	500.00	15.00	5.00	0
10	0.00	90.00	1250.00	90.00	50.00	15.00	5.00	0
11	0.00	10.00	1250.00	10.00	500.00	15.00	5.00	0

Veerondersteuning:

positie		stijfheid

Dit protocol wordt gemaakt door SJ MEPLA. Copyright 2000-2008 by SJ Software GmbH Aken, Duitsland.

Pakket	laag	x	y	z	Cx	Cy	Cz	C_phi	C_theta
		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	1250.0	0.0	0.0	0.000e+000	1.000e+000	0.000e+000	0.00e+000	0.00e+000

Lagen:

Laagopbouw:

Pakket	laag	beschrijving
1	3	Vlakglas
1	2	PVB 22 C° belasting tot 3 min
1	1	Vlakglas

Karakteristieke waarden:

Pakket	laag	E-mod.	poiss	dikte	dichtheid	alpha t	dT
		N/mm²	-	mm	kg/m³	1/K	K
1	3	70000.00	0.23	11.70	2550.00	1.0000e-005	0.00
1	2	3.00	0.50	1.14	1070.00	8.0000e-005	0.00
1	1	70000.00	0.23	11.70	2550.00	1.0000e-005	0.00

Belastingen:

Lijnbelastingen:

Pakket	--- van --		-- naar --		qx	qy	qz
	x	y	x	y	N/mm	N/mm	N/mm
1	0.00	1100.00	1250.00	1100.00	0.00	0.00	1.20

Dit protocol wordt gemaakt door SJ MEPLA. Copyright 2000-2008 by SJ Software GmbH Aken, Duitsland.

Vlakbelastingen:
(gelijkmatig verdeeld):

Pakket	druk
	N/mm²
1	0.00000e+000

Berekeningsmethode:

geometrisch lineair
statische berekening

Eigenschappen van de eindige elementen mesh::

Elementgrootte : 120.0 mm
Aantal elementen : 90
Aantal knooppunten : 399 (per pakket)
Aantal van onbekend : 3591

Berekeningsresultaat:

Minimale en maximale vervorming:

Pakket	- positie - x	y	vervorming w	
	mm	mm	mm	
1	1250.00	61.11	-0.01	(min)
	625.00	1100.00	15.91	(max)

Dit protocol wordt gemaakt door SJ MEPLA. Copyright 2000-2008 by SJ Software GmbH Aken, Duitsland.

project Onlevel – system B4 21-2-2013
Pagina: 5

Maximale hoofdtrekspanning:

Pakket	laag	x	y	spanning
		mm	mm	N/mm²
1	3	610.91	108.45	21,63
1	1	610.91	108.45	24.05

→ Md = 1000*1.5*0.8 = 1200 Nmm
24.05 * tfic^2 / 6 = 1200 → tfic = 17.3 mm

Extreme spanningen en reactiekrachten in de elastische lijnondersteuning:

Nr.	spanning	reactiekrachten
-	N/mm²	(Fz) N
1	3.663 (max)	0.21
	-1.328 (min)	
2	5.815 (max)	1039.11
	-1.144 (min)	
3	5.940 (max)	1017.83
	-1.201 (min)	
4	5.985 (max)	1028.44
	-1.211 (min)	
5	5.854 (max)	945.46
	-1.204 (min)	
6	5.985 (max)	1028.44
	-1.211 (min)	
7	5.940 (max)	1017.83
	-1.201 (min)	
8	5.815 (max)	1039.11
	-1.144 (min)	
9	3.663 (max)	0.21
	-1.328 (min)	
10	0.635 (max)	11086.69

Reëel!!
Komt overeen met de berekening van Ondra en met de afgeleide benadering van de fictieve dikte op basis van NEN 2608.
Onder langs de inklemming dus maar heel beperkte samenwerking tussen de glasplaten

geen samenwerking: 11.7 * 2^0.5 = 16.5 mm
volledige „ „: 11.7*2 = 23.4 mm

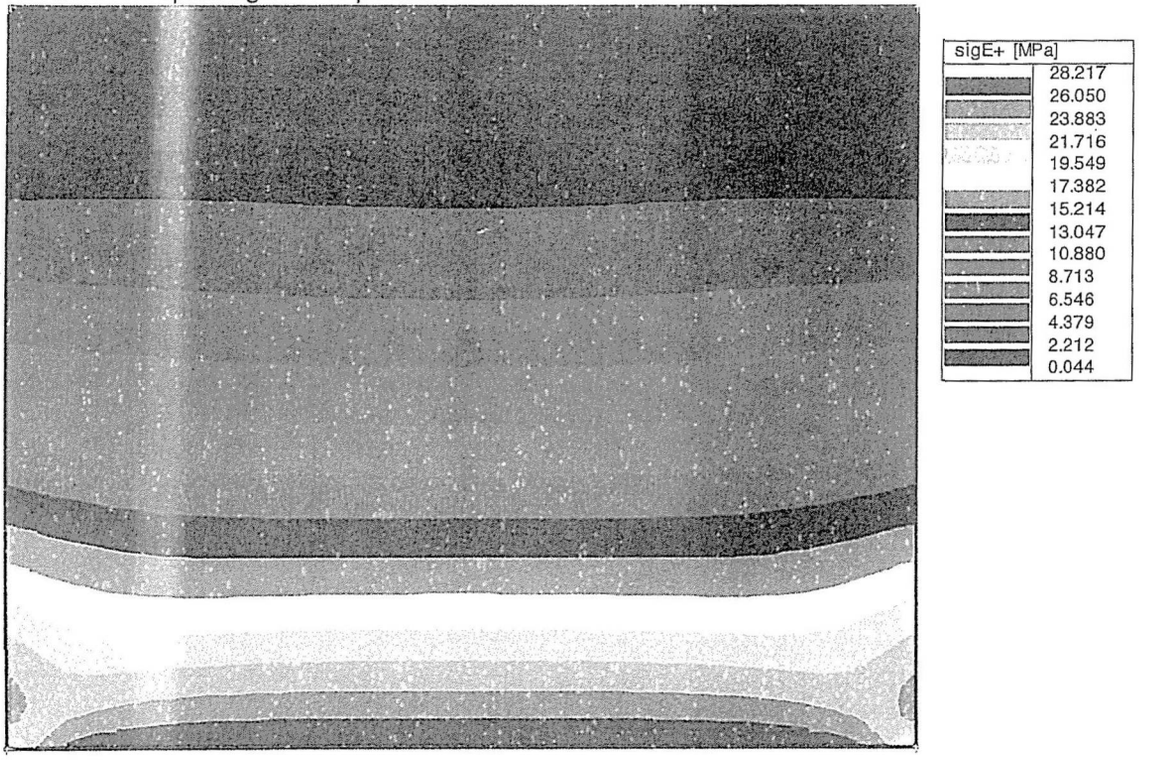
Dit protocol wordt gemaakt door SJ MEPLA. Copyright 2000-2008 by SJ Software GmbH Aken, Duitsland.

Bijlage 1 – bepaling effect handregel bij windbelasting

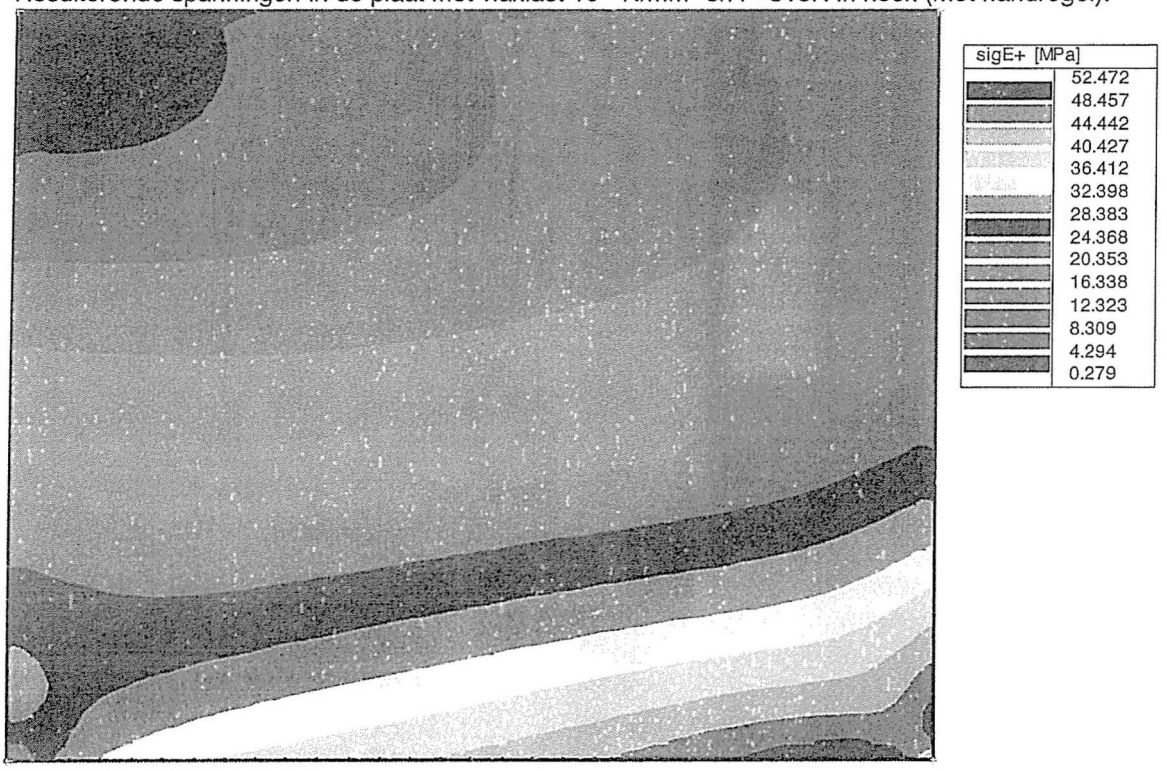
Bij toepassing van een handregel wordt een beschadigde plaat d.m.v. de handregel gesteund door de aangrenzende platen.
In deze platen treden door de hieruit resulterende extra krachten, grotere spanningen op.
Met behulp van een EEM-berekening is de verhouding tussen de spanningen in een plaat met en deze extra kracht berekend.

De berekening is uitgevoerd voor een 10 mm dikke plaat van1250*1000 mm (B*H), aan de onderzijde ingeklemd, bij een eenheidslast van 1 kN/m^2 (1 · 10^{-3} N/mm^2).
De extra kracht bij de belasting uit de beschadigde plaat bij toepassing van een constructieve handregel is: F = 1 · 10^{-3} · 1250 · 1000 / 4 = 313 N

Resulterende spanningen in de plaat met alleen de vlaklast 10^{-3} N/mm^2:



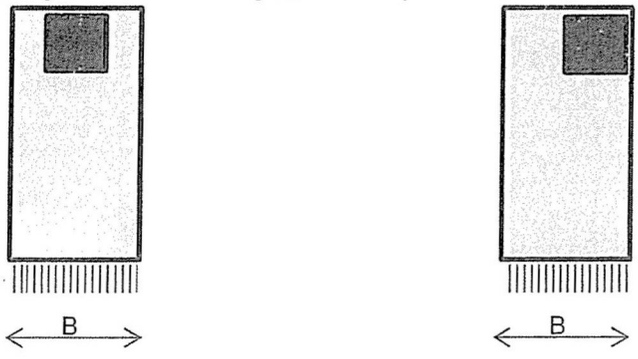
Resulterende spanningen in de plaat met vlaklast 10^{-3} N/mm^2 en F=313N in hoek (met handregel):



Bij de berekening van de aangrenzende plaat in de bijzondere grenstoestand met beschadigde plaat, zijn de spanningen 52.5 / 28.2 = 1.86 * groter dan in het geval van alleen de vlaklast.

Bijlage 2 – bepaling correctiefactor assym. puntlast paspaneel

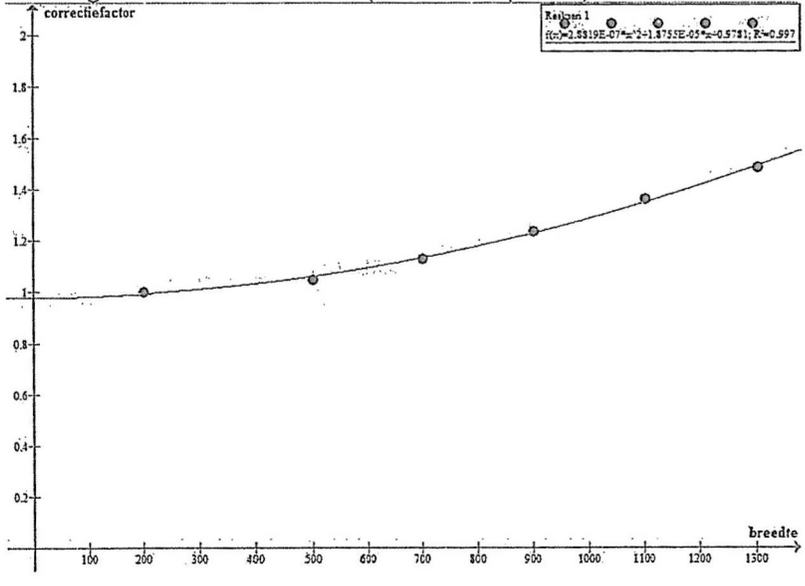
Bij de puntlast in de hoek van het paneel treden grotere spanningen in de inklemming op dan bij de puntlast in het midden. Teneinde de berekening van de paspanelen vereenvoudigd te kunnen uitvoeren, is een correctiefactor afgeleid op basis van vergelijkende berekeningen met SCIA Engineer bij verschillende breedtes en een symmetrische en asymmetrische puntlast in hoek:



Berekende spanningen voor verschillende breedtes en bijbehorende correctiefactor

B	spanning symm.	spanning asymm.	verhouding
200	330,5	330,5	1,000
500	132,2	138,4	1,047
700	93,3	105,2	1,128
900	72,0	89,0	1,236
1100	59,1	80,4	1,360
1300	50,7	75,4	1,487

Afleiding formule correctiefactor (lineaire interpolatie)



∴ f(x)=2.8819E-07*x^2+1.8755E-05*x+0.9781; R^2=0.997

∴ **correctiefactor C = $2.8819 \cdot 10^{-7} \cdot B^2 + 1.8755 \cdot 10^{-5} \cdot B + 0.9781$**
(B in mm)

Bijlage 3 - technische gegevens SentryGlas ® Plus

SentryGlas Plus is een ionoplastfolie met veel betere eigenschappen dan standaard PVB folie, waardoor de koppeling tussen de glasplaten veel hoger is, vooral ook bij hogere temperaturen.

De factoren voor de bepaling van de glijdingsmodulus van de SentryGlas Plus tussenlaag zijn vastgelegd in bijlage C van NEN 2608 (tabel C.2).

Relevante gegevens DuPont:

Polymer Interlayer Behavior

All interlayers are viscoelastic

- Stiffness (modulus) and Poisson ratio vary as a function of temperature and load duration (creep)
- Evaluate properties over a range of test temperature and time using dynamic mechanical analysis and creep tests (ASTM D 4065)
- "Small" strain values (< 20 % engineering strain)

Young's modulus, *E*, shear modulus, *G*, & Poisson ratio, *ν*

- Extract *E*, *G* and *ν* for specified temperature and load duration
- Choose appropriate elastic property values for design case and assign to an effective elastic interlayer
- Important to asses the likelihood of achieving full design load at the design temperature and load duration

April 14th 2008

DUPONT

Young's Modulus: SentryGlas® Plus

		Load Duration						
Young's Modulus *E* (MPa)		1 s	3 s	1 min	1 hr	1 day	1 mo	10 yrs
Temperature	10 °C	692.	681.	651.	597.	553.	499.	448.
	20 °C	628.	612.	567.	493.	428.	330.	256.
	24 °C	581.	561.	505.	416.	327.	217.	129.
	30 °C	442.	413.	324.	178.	148.	34.7	15.9
	40 °C	228.	187.	91.6	27.8	13.6	9.86	8.84
	50 °C	108.	78.8	33.8	12.6	8.45	6.54	6.00
	60 °C	35.3	24.5	10.9	5.10	3.87	3.24	2.91
	70 °C	11.3	8.78	5.64	2.52	1.77	1.44	1.35
	80 °C	4.65	3.96	2.49	0.96	0.75	0.63	0.54

April 14th 2008

DUPONT

DuPont Glass Laminating Solutions 4

Shear Modulus: SentryGlas® Plus

		Load Duration						
	Shear Modulus *G* (MPa)	1 s	3 s	1 min	1 hr	1 day	1 mo	10 yrs
Temperature	10 °C	240.	236.	225.	206.	190.	171.	153.
	20 °C	217.	211.	195.	169.	146.	112.	86.6
	24 °C	200.	193.	173.	142.	111.	73.2	43.3
	30 °C	151.	141.	110.	59.9	49.7	11.6	5.31
	40 °C	77.0	63.0	30.7	9.28	4.54	3.29	2.95
	50 °C	36.2	26.4	11.3	4.20	2.82	2.18	2.00
	60 °C	11.8	8.18	3.64	1.70	1.29	1.08	0.97
	70 °C	3.77	2.93	1.88	0.84	0.59	0.48	0.45
	80 °C	1.55	1.32	0.83	0.32	0.25	0.21	0.18

April 14th 2008

DuPont Glass Laminating Solutions 5

Poisson Ratio: SentryGlas® Plus

		Load Duration						
	Poisson Ratio, ν	1 s	3 s	1 min	1 hr	1 day	1 mo	10 yrs
Temperature	10 °C	0.442	0.443	0.446	0.450	0.454	0.458	0.463
	20 °C	0.448	0.449	0.453	0.459	0.464	0.473	0.479
	24 °C	0.452	0.453	0.458	0.465	0.473	0.482	0.489
	30 °C	0.463	0.466	0.473	0.485	0.488	0.497	0.499
	40 °C	0.481	0.484	0.492	0.498	0.499	0.499	0.499
	50 °C	0.491	0.493	0.497	0.499	0.499	0.500	0.500
	60 °C	0.497	0.498	0.499	0.500	0.500	0.500	0.500
	70 °C	0.499	0.499	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500
	80 °C	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500

April 14th 2008

SPARQ
BALUSTRADES

Handregels - sterkte & stijfheid

Berekening MRd en Iy van de handregels

3432-12001-Handregels rev. C

high quality full-glass balustrades

Handregels - sterkte & stijfheid

3432-12001-Handregels rev. C

Berekening M_{Rd} en I_y van de handregels

Opdrachtgever: SPARQ Balustrades
Innovatielaan 25
8447 SN Heerenveen
tel. 0513-617073

Bron: ONLEVEL

rev.	datum	paraaf	omschrijving
A	2013-06-17	WG	
B	2015-01-09	WG	aanvulling met nieuwe profielen
C	2017-02-01	WG	nieuw U-profiel toegevoegd

Inhoud

1 Van toepassing zijnde normen 3
2 Omschrijving 3
3 Uitgangspunten berekening 3
3.1 Materialen 3
4 Berekening RVS profielen 4
4.1 RVS U26*20*2 4
4.2 RVS U30*25*2 4
4.3 RVS U40*30*2 5
4.4 RVS U40*40*1.5 6
4.5 RVS U60*40*1.5 6
4.6 RVS ∅ 42.4*1.5 7
4.7 RVS ∅ 48.3*1.5 7
4.8 RVS ∅ 60.3*1.5 8
5 Berekening houten profielen 9
5.1 Hout ∅42 9
5.2 Hout 40*40 9
5.3 Hout 60*40 10
6 Berekening aluminium profielen 11
6.1 ALU ∅42.4*1.5 11
6.2 ALU ∅48.3*1.5 11
6.3 ALU U 25*15*1.5 12
6.4 ALU U 26*23*2 12
6.5 ALU U 30*28*2 13
6.6 ALU U 42*34*2 13

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 1991-1-4:2011	algemene belastingen: windbelastingen
NEN-EN 1993-1-1:2011	ontwerp en berekening van staalconstructies: algemeen
NEN-EN 1993-1-8:2011	ontwerp en berekening van staalconstructies: verbindingen
NEN-EN 1995-1-1:2011	ontwerp en berekening van houtconstructies: algemeen
NEN-EN 1999-1-1:2011	ontwerp en berekening van aluminiumconstructies

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

2 Omschrijving

In de Trans Level glasbalustrade-systemen kunnen handregels constructief worden toegepast.

In de hierna volgende berekeningen is voor de gangbare profielen de rekenwaarde van het uiterst opneembare moment M_{Rd} bepaald.

3 Uitgangspunten berekening

3.1 Materialen

Geëxtrudeerde aluminium profielen: **EN AW 6063-T6**

$f_o = 160\ N/mm^2$

$f_u = 195\ N/mm^2$

Herleiding van 6.2.5 van NEN-EN 1999-1-1(NB):

$M_{u,Rd} = W_{net} \cdot f_u / \gamma_{M2}$

$M_{c,Rd} = \alpha \cdot W_{el} \cdot f_o / \gamma_{M1}$

waarin: $\gamma_{M2} = 1.25$ $\gamma_{M1} = 1.10$

$\alpha = 1.5 = W_{pl} / W_{el}$ voor doorsnedeklasse 1 en 2 (massief, niet gelast)

$f_{Rd} \leq f_u / \gamma_{M2} = 195 / 1.25 = 156\ N/mm^2$

$f_{Rd} \leq \alpha \cdot f_o / \gamma_{M1} = 1{,}5 \cdot 160 / 1.10 = 218\ N/mm^2 \rightarrow f_{Rd} = 156\ N/mm^2$

RVS profielen:

AISI 304

$f_y = 190\ N/mm^2$

$f_u = 500\ N/mm^2$

AISI 316

$f_y = 200\ N/mm^2$

$f_u = 500\ N/mm^2$

$\gamma_M = 1.0 \rightarrow f_{Rd} = 190/1.0 = 190\ N/mm^2$

Houten profielen:

min. sterkteklasse **C20** vlg. NEN-EN 338

$f_{m;o;k} = 20\ N/mm^2$

Bepaling vlg. 6.1 van NEN-EN 1995-1-1

$f_{Rd} = f_{m;o;d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{m;o;k} / \gamma_M$

$\gamma_M = 1.3$

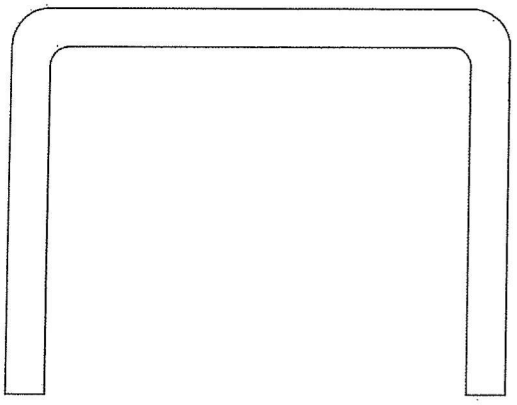
$k_{mod} = 0.8$ korte belastingduur (wind)
(1.1 zeer korte belastingduur)

$k_h =$ kleinste $\{ (150/h)^{0.2} ; 1.3 \}$

$f_{Rd} = f_{m;o;d} = 0.8 \cdot k_h \cdot 20/1.3 = 12.31 \cdot k_h$

4 Berekening RVS profielen

4.1 RVS U26*20*2



```
---------------   REGIONS   ---------------

Area:                        122.7124
Perimeter:                   125.4248
Bounding box:          X: -13.0000  --  13.0000
                       Y: -13.1206  --  6.8794
Centroid:              X: 0.0000
                       Y: 0.0000
Moments of inertia:    X: 4919.3859
                       Y: 13100.4096
Product of inertia:   XY: 0.0000
Radii of gyration:     X: 6.3316
                       Y: 10.3323
Principal moments and X-Y directions about centroid:
                       I: 4919.3859 along [1.0000 0.0000]
                       J: 13100.4096 along [0.0000 1.0000]
```

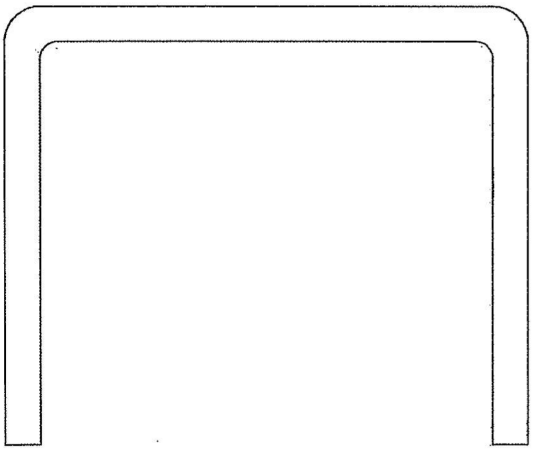
(eigenschappen berekend met Autocad – Inquiry)

$I_y = 13100\ mm^4$ $W_{y;el} = 13100/13.00 = 1007\ mm^3$

$f_{Rd} = 190/1.0 = 190\ N/mm^2$

$\rightarrow$ $M_{Rd} = W_{y;el} \cdot f_{Rd} = 1007 \cdot 190 =$ **191461 Nmm**

4.2 RVS U30*25*2



```
---------------   REGIONS   ---------------

Area:                        150.7124
Perimeter:                   153.4248
Bounding box:          X: -15.0000  --  15.0000
                       Y: -16.3598  --  8.6402
Centroid:              X: 0.0000
                       Y: 0.0000
Moments of inertia:    X: 9653.0421
                       Y: 22268.8875
Product of inertia:   XY: 0.0000
Radii of gyration:     X: 8.0031
                       Y: 12.1556
Principal moments and X-Y directions about centroid:
                       I: 9653.0421 along [1.0000 0.0000]
                       J: 22268.8875 along [0.0000 1.0000]
```

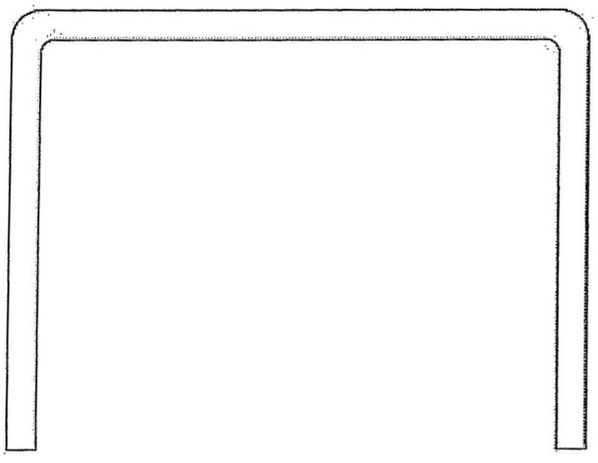
(eigenschappen berekend met Autocad – Inquiry)

$I_y = 22269\ mm^4$ $W_{y;el} = 22269/15.00 = 1485\ mm^3$

$f_{Rd} = 190/1.0 = 190\ N/mm^2$

$\rightarrow$ $M_{Rd} = W_{y;el} \cdot f_{Rd} = 1485 \cdot 190 =$ **282074 Nmm**

4.3 RVS U40*30*2



```
---------------  REGIONS  ---------------
Area:                       190.7124
Perimeter:                  193.4248
Bounding box:           X: -20.0000  --  20.0000
                        Y: -20.1632  --  9.8168
Centroid:               X: 0.0000
                        Y: 0.0000
Moments of inertia:     X: 17718.6453
                        Y: 50615.0157
Product of inertia:     XY: 0.0000
Radii of gyration:      X: 9.6369
                        Y: 16.2911
Principal moments and X-Y directions about centroid:
                        I: 17718.6453 along [1.0000 0.0000]
                        J: 50615.0157 along [0.0000 1.0000]
```

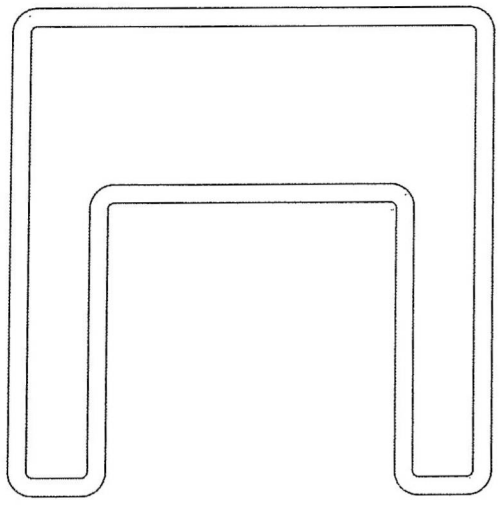
(eigenschappen berekend met Autocad – Inquiry)

$I_y = 22269\ mm^4$ $\quad W_{y;el} = 50615/20.00 = 2531\ mm^3$

$f_{Rd} = 190/1.0 = 190\ N/mm^2$

$\rightarrow$ $\mathbf{M_{Rd}} = W_{y;el} \cdot f_{Rd} = 2531 \cdot 190 =$ **480842 Nmm**

4.4 RVS U40*40*1.5



```
---------------  REGIONS  ---------------
Area:                       296.5519
Perimeter:                  395.4159
Bounding box:           X: -20.0000  --  20.0000
                        Y: -21.4140  --  18.5860
Centroid:               X: 0.0000
                        Y: 0.0000
Moments of inertia:     X: 48626.8020
                        Y: 67106.6197
Product of inertia:    XY: 0.0002
Radii of gyration:      X: 12.8050
                        Y: 15.0427
Principal moments and X-Y directions about centroid:
                        I: 48626.8020 along [1.0000 0.0000]
                        J: 67106.6197 along [0.0000 1.0000]
```

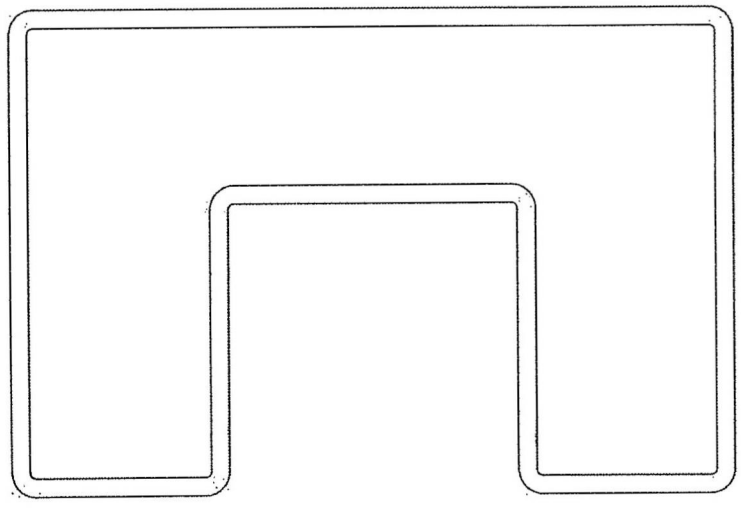
(eigenschappen berekend met Autocad – Inquiry)

$I_y = 67106\ mm^4$ $\quad W_{y;el} = 67106/20.00 = 3355\ mm^3$

$f_{Rd} = 190/1.0 = 190\ N/mm^2$

$\rightarrow$ $\mathbf{M_{Rd}} = W_{y;el} \cdot f_{Rd} = 3355 \cdot 190 =$ **637507 Nmm**

4.5 RVS U60*40*1.5



```
---------------  REGIONS  ---------------
Area:                       356.5519
Perimeter:                  475.4159
Bounding box:           X: -30.0000  --  30.0000
                        Y: -21.1761  --  18.8239
Centroid:               X: 0.0000
                        Y: 0.0000
Moments of inertia:     X: 70971.5795
                        Y: 157355.8700
Product of inertia:    XY: 0.0000
Radii of gyration:      X: 14.1083
                        Y: 21.0075
Principal moments and X-Y directions about centroid:
                        I: 70971.5795 along [1.0000 0.0000]
                        J: 157355.8700 along [0.0000 1.0000]
```

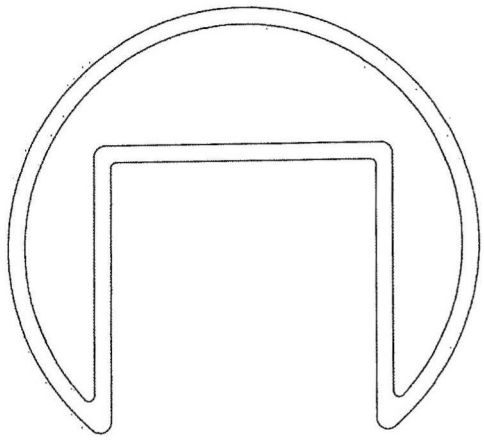
(eigenschappen berekend met Autocad – Inquiry)

$I_y = 67106\ mm^4$ $\quad W_{y;el} = 157355/30.00 = 5245\ mm^3$

$f_{Rd} = 190/1.0 = 190\ N/mm^2$

$\rightarrow$ $\mathbf{M_{Rd}} = W_{y;el} \cdot f_{Rd} = 5245 \cdot 190 =$ **996550 Nmm**

4.6 RVS ∅ 42.4*1.5



```
---------- REGIONS ----------
Area:                          260.8307
Perimeter:                     342.1415
Bounding box:                  X: -21.2000 -- 21.2000
                               Y: -19.6765 -- 17.9844
Centroid:                      X: 0.0000
                               Y: 0.0000
Moments of inertia:            X: 29588.0974
                               Y: 51631.2487
Product of inertia:            XY: 0.0000
Radii of gyration:             X: 10.6667
                               Y: 14.0694
Principal moments and X-Y directions about centroid:
                               I: 29588.0974 along [1.0000 0.0000]
                               J: 51631.2487 along [0.0000 1.0000]
```

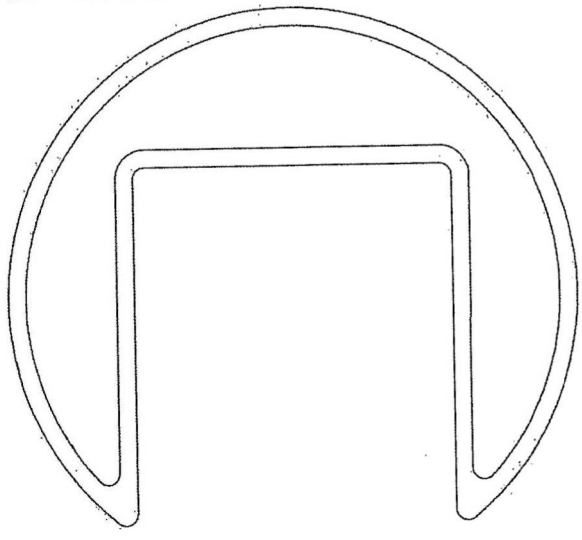
(eigenschappen berekend met Autocad – Inquiry)

$I_y = 67106\ mm^4$ $\quad W_{y;el} = 51631/21.20 = 2435\ mm^3$

$f_{Rd} = 190/1.0 = 190\ N/mm^2$

$\rightarrow$ $\mathbf{M_{Rd}} = W_{y;el} \cdot f_{Rd} = 2435 \cdot 190 =$ **462730 Nmm**

4.7 RVS ∅ 48.3*1.5



```
---------- REGIONS ----------
Area:                          306.4861
Perimeter:                     393.0608
Bounding box:                  X: -24.1500 -- 24.1500
                               Y: -22.8210 -- 20.3754
Centroid:                      X: 0.0000
                               Y: 0.0000
Moments of inertia:            X: 47775.7376
                               Y: 78219.6557
Product of inertia:            XY: 0.0000
Radii of gyration:             X: 12.4653
                               Y: 15.9754
Principal moments and X-Y directions about centroid:
                               I: 47775.7376 along [1.0000 0.0000]
                               J: 78219.6557 along [0.0000 1.0000]
```

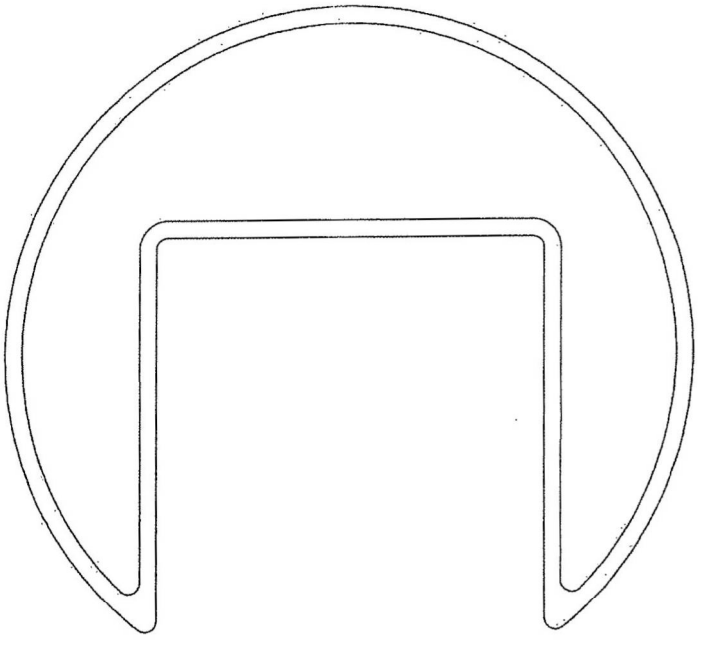
(eigenschappen berekend met Autocad – Inquiry)

$I_y = 67106\ mm^4$ $\quad W_{y;el} = 78219/24.15 = 3239\ mm^3$

$f_{Rd} = 190/1.0 = 190\ N/mm^2$

$\rightarrow$ $\mathbf{M_{Rd}} = W_{y;el} \cdot f_{Rd} = 3239 \cdot 190 =$ **615388 Nmm**

4.8 RVS ∅ 60.3*1.5



```
---------- REGIONS ----------
Area:                  374.1327
Perimeter:             489.9896
Bounding box:          X: -30.1500 -- 30.1500
                       Y: -27.8398 -- 26.2398
Centroid:              X: 0.0000
                       Y: 0.0000
Moments of inertia:    X: 81199.9741
                       Y: 150956.6495
Product of inertia:    XY: 0.0000
Radii of gyration:     X: 15.5129
                       Y: 20.0869
Principal moments and X-Y directions about centroid:
                       I: 81199.9741 along [1.0000 0.0000]
                       J: 150956.6495 along [0.0000 1.0000]
```

(eigenschappen berekend met Autocad – Inquiry)

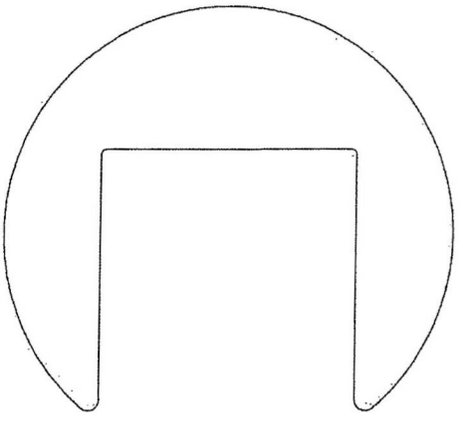
$I_y = 67106\ mm^4$ $\quad W_{y;el} = 150956/30.15 = 5006\ mm^3$

$f_{Rd} = 190/1.0 = 190\ N/mm^2$

$\rightarrow$ $M_{Rd} = W_{y;el} \cdot f_{Rd} = 5006 \cdot 190 =$ **951298 Nmm**

5 Berekening houten profielen

5.1 Hout ∅42

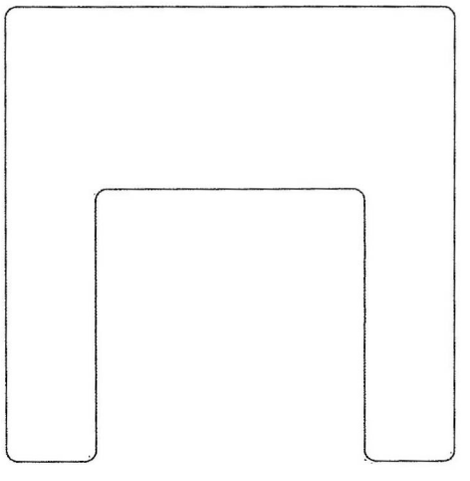


```
---------- REGIONS ----------
Area:                  721.3662
Perimeter:             176.3559
Bounding box:       X: -21.0000 -- 21.0000
                    Y: -21.7655 -- 15.4302
Centroid:           X: 0.0000
                    Y: 0.0000
Moments of inertia: X: 63449.1021
                    Y: 121815.1560
Product of inertia: XY: 0.0000
Radii of gyration:  X: 9.3785
                    Y: 12.9949
Principal moments and X-Y directions about centroid:
                    I: 63449.1021 along [1.0000 0.0000]
                    J: 121815.1560 along [0.0000 1.0000]
```

(eigenschappen berekend met Autocad – Inquiry)
min. sterkteklasse C20
$I_y = 121815\ mm^4$

$W_{y;el} = 121815/21.00 = 5800\ mm^3$
$k_h = \text{kleinste}\ \{ (150/42)^{0.2} ; 1.3 \} = 1.29$
$f_{Rd} = f_{m;o;d} = 0.8 \cdot k_h \cdot 20/1.3 = 12.31 \cdot k_h = 12.31 \cdot 1.29 = 15.88\ N/mm^2$
$\rightarrow \mathbf{M_{Rd}} = W_{y;el} \cdot f_{Rd} = 5800 \cdot 15.88 = \mathbf{92104\ Nmm}$

5.2 Hout 40*40

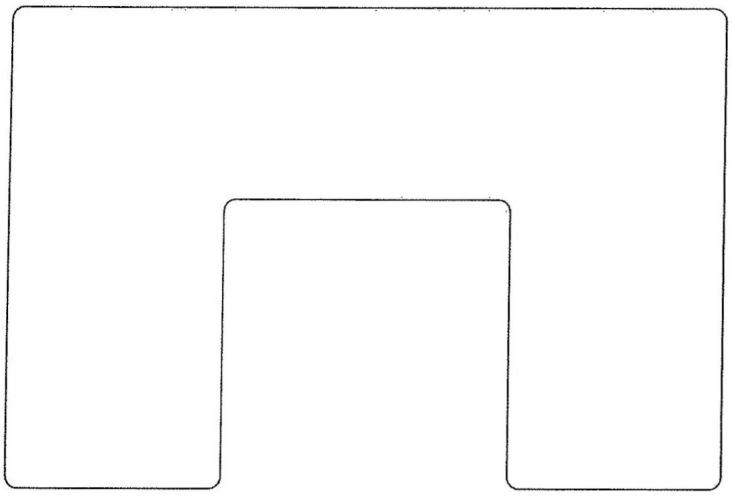


```
---------- REGIONS ----------
Area:                  1023.1416
Perimeter:             204.5664
Bounding box:       X: -20.0000 -- 20.0000
                    Y: -24.5137 -- 15.4863
Centroid:           X: 0.0000
                    Y: 0.0000
Moments of inertia: X: 127479.2648
                    Y: 185344.9652
Product of inertia: XY: 0.0000
Radii of gyration:  X: 11.1623
                    Y: 13.4593
Principal moments and X-Y directions about centroid:
                    I: 127479.2648 along [1.0000 0.0000]
                    J: 185344.9652 along [0.0000 1.0000]]
```

(eigenschappen berekend met Autocad – Inquiry)
min. sterkteklasse C20
$I_y = 185344\ mm^4$

$W_{y;el} = 185344/20.00 = 9267\ mm^3$
$k_h = \text{kleinste}\ \{ (150/40)^{0.2} ; 1.3 \} = 1.30$
$f_{Rd} = f_{m;o;d} = 0.8 \cdot k_h \cdot 20/1.3 = 12.31 \cdot k_h = 12.31 \cdot 1.30 = 16.00\ N/mm^2$
$\rightarrow \mathbf{M_{Rd}} = W_{y;el} \cdot f_{Rd} = 9267 \cdot 16.00 = \mathbf{148275\ Nmm}$

5.3 Hout 60*40



```
---------------  REGIONS  ---------------
Area:                       1823.1416
Perimeter:                   244.5664
Bounding box:           X: -30.0000  --  30.0000
                        Y: -22.5331  --  17.4669
Centroid:               X: 0.0000
                        Y: 0.0000
Moments of inertia:     X: 243292.5851
                        Y: 691586.2630
Product of inertia:    XY: 0.0000
Radii of gyration:      X: 11.5519
                        Y: 19.4766
Principal moments and X-Y directions about centroid:
                        I: 243292.5851 along [1.0000 0.0000]
                        J: 691586.2630 along [0.0000 1.0000]
```

(eigenschappen berekend met Autocad – Inquiry)
min. sterkteklasse C20
$I_y = 6911566\ mm^4$

$W_{y;el} = 691586/30.00 = 23052\ mm^3$

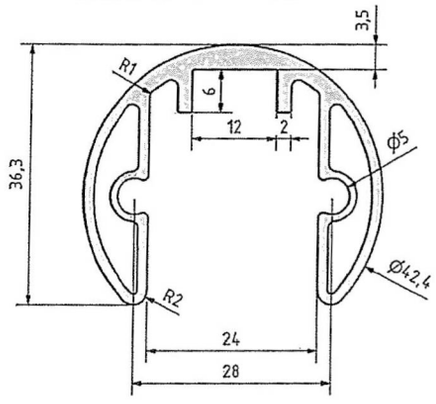
$k_h = \text{kleinste}\ \{ (150/60)^{0.2} ; 1.3 \} = 1.30$

$f_{Rd} = f_{m;o;d} = 0.8 \cdot k_h \cdot 20/1.3 = 12.31 \cdot k_h = 12.31 \cdot 1.30 = 16.00\ N/mm^2$

$\rightarrow$ $\mathbf{M_{Rd}} = W_{y;el} \cdot f_{Rd} = 23052 \cdot 16.00 =$ **368845 Nmm**

6 Berekening aluminium profielen

6.1 ALU Ø42.4*1.5

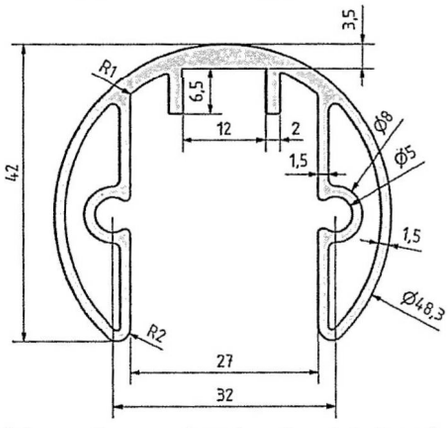



```
Profiel 11210642111:

Area:                          303.9222
Perimeter:                     343.4353
Bounding box:          X: -21.2000  --  21.2000
                       Y: -21.2534  --  15.0859
Centroid:              X: 0.0000
                       Y: 0.0000
Moments of inertia:    X: 36126.2253
                       Y: 57809.0024
Product of inertia:   XY: 0.0000
Radii of gyration:     X: 10.9026
                       Y: 13.7917
Principal moments and X-Y directions about centroid:
                       I: 36126.2253 along [1.0000 0.0000]
                       J: 57809.0024 along [0.0000 1.0000]
```

(eigenschappen berekend met Autocad – Inquiry)
$I_y = 57809\ mm^4$ $W_{y;el} = 57809/21.2 = 2726\ mm^3$
EN AW 6063-T6 $f_{Rd} = 156\ N/mm^2$
$\rightarrow$ $\mathbf{M_{Rd}} = W_{y;el} \cdot f_{Rd} = 2726 \cdot 156 =$ **425387 Nmm**

6.2 ALU Ø48.3*1.5

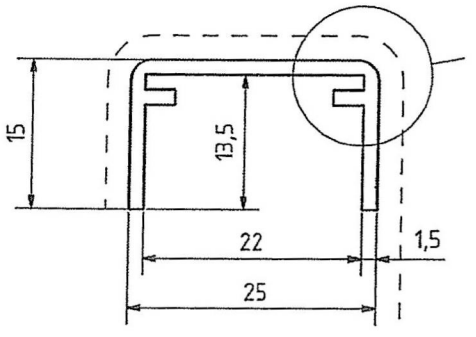



```
Profiel 11210648111

Area:                          365.6441
Perimeter:                     407.4601
Bounding box:          X: -24.1500  --  24.1500
                       Y: -24.2483  --  17.7249
Centroid:              X: 0.0000
                       Y: 0.0000
Moments of inertia:    X: 57494.5958
                       Y: 90500.1811
Product of inertia:   XY: 0.0000
Radii of gyration:     X: 12.5396
                       Y: 15.7324
Principal moments and X-Y directions about centroid:
                       I: 57494.5958 along [1.0000 0.0000]
                       J: 90500.1811 along [0.0000 1.0000]
```

(eigenschappen berekend met Autocad – Inquiry)
$I_y = 90500\ mm^4$ $W_{y;el} = 90500/24.15 = 3747\ mm^3$
EN AW 6063-T6 $f_{Rd} = 156\ N/mm^2$
$\rightarrow$ $\mathbf{M_{Rd}} = W_{y;el} \cdot f_{Rd} = 3747 \cdot 156 =$ **584596 Nmm**

6.3 ALU U 25*15*1.5

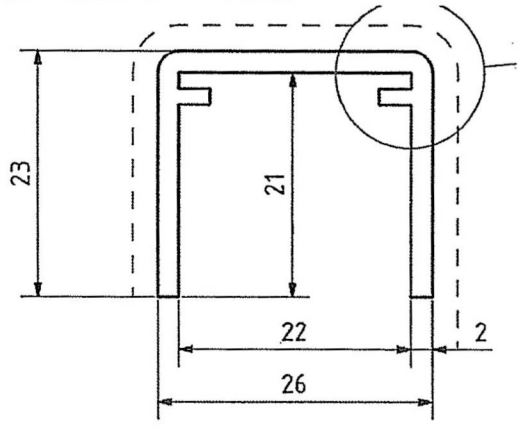



```
Profiel: 11211425111

Area:                    85.2789
Perimeter:               116.6823
Bounding box:          X: -12.5000  --  12.5000
                       Y: -10.3668  --  4.6332
Centroid:              X: 0.0000
                       Y: 0.0000
Moments of inertia:    X: 1694.8872
                       Y: 8121.3972
Product of inertia:   XY: 0.0000
Radii of gyration:     X: 4.4581
                       Y: 9.7588
Principal moments and X-Y directions about centroid:
                       I: 1694.8872 along [1.0000 0.0000]
                       J: 8121.3972 along [0.0000 1.0000]
```

(eigenschappen berekend met Autocad – Inquiry)
$I_y = 8121\ mm^4$ $W_{y;el} = 8121/12.5 = 650\ mm^3$
EN AW 6063-T6 $f_{Rd} = 156\ N/mm^2$
$\rightarrow$ $M_{Rd} = W_{y;el} \cdot f_{Rd} = 650 \cdot 156 =$ **101400 Nmm**

6.4 ALU U 26*23*2

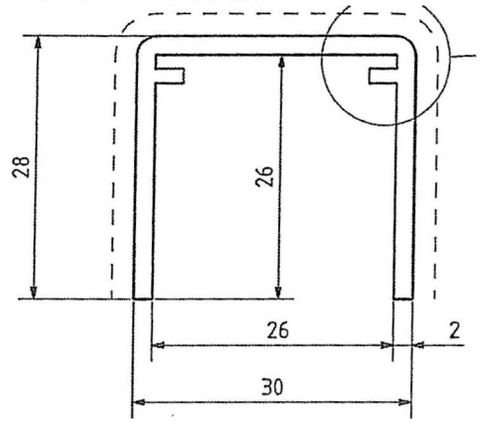



```
Profiel: 11211426211

Area:                    143.2789
Perimeter:               149.6823
Bounding box:          X: -13.0000  --  13.0000
                       Y: -15.0484  --  7.9516
Centroid:              X: 0.0000
                       Y: 0.0000
Moments of inertia:    X: 7381.2870
                       Y: 15601.3035
Product of inertia:   XY: 0.0000
Radii of gyration:     X: 7.1775
                       Y: 10.4349
Principal moments and X-Y directions about centroid:
                       I: 7381.2870 along [1.0000 0.0000]
                       J: 15601.3035 along [0.0000 1.0000]
```

(eigenschappen berekend met Autocad – Inquiry)
$I_y = 15601\ mm^4$ $W_{y;el} = 15601/13.0 = 1200\ mm^3$
EN AW 6063-T6 $f_{Rd} = 156\ N/mm^2$
$\rightarrow$ $M_{Rd} = W_{y;el} \cdot f_{Rd} = 1200 \cdot 156 =$ **187212 Nmm**

6.5 ALU U 30*28*2




```
Profiel: 11211430211

Area:                          171.2789
Perimeter:                     177.6823
Bounding box:            X: -15.0000  --  15.0000
                         Y: -18.3243  --   9.6757
Centroid:                X: 0.0000
                         Y: 0.0000
Moments of inertia:      X: 13460.4817
                         Y: 25751.4238
Product of inertia:     XY: 0.0000
Radii of gyration:       X: 8.8650
                         Y: 12.2616
Principal moments and X-Y directions about centroid:
                         I: 13460.4817 along [1.0000 0.0000]
                         J: 25751.4238 along [0.0000 1.0000]
```

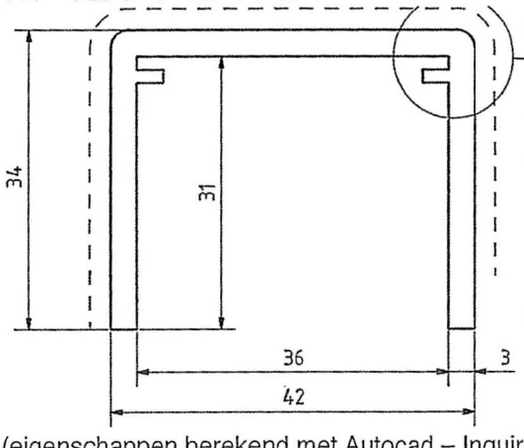
(eigenschappen berekend met Autocad – Inquiry)

$I_y = 25751\ mm^4$ $W_{y;el} = 25751/15.0 = 1717\ mm^3$

EN AW 6063-T6 $f_{Rd} = 156\ N/mm^2$

$\rightarrow$ $M_{Rd} = W_{y;el} \cdot f_{Rd} = 1717 \cdot 156 =$ **267810 Nmm**

6.6 ALU U 42*34*2




```
Profiel: 11211442311

Area:                          319.2789
Perimeter:                     223.6823
Bounding box:            X: -21.0000  --  21.0000
                         Y: -22.4859  --  11.5141
Centroid:                X: 0.0000
                         Y: 0.0000
Moments of inertia:      X: 36843.1660
                         Y: 91118.4546
Product of inertia:     XY: 0.0000
Radii of gyration:       X: 10.7422
                         Y: 16.8934
Principal moments and X-Y directions about centroid:
                         I: 36843.1660 along [1.0000 0.0000]
                         J: 91118.4546 along [0.0000 1.0000]
```

(eigenschappen berekend met Autocad – Inquiry)

$I_y = 91118\ mm^4$ $W_{y;el} = 91118/21.0 = 4339\ mm^3$

EN AW 6063-T6 $f_{Rd} = 156\ N/mm^2$

$\rightarrow$ $M_{Rd} = W_{y;el} \cdot f_{Rd} = 4339 \cdot 156 =$ **676876 Nmm**

SPARQ
BALUSTRADES

TL3011 - 1.0 kN/m Side Mount

statische berekening aluminium profiel met verankering

3432-12001-TL3011 rev. D

high quality full-glass balustrades

TL3011 - 1.0 kN/m Side Mount

3432-12001-TL3011 rev. D

statische berekening aluminium profiel met verankering

Opdrachtgever: SPARQ Balustrades
Innovatielaan 25
8447 SN Heerenveen
tel. 0513-617073

Bron: ONLEVEL

rev.	datum	paraaf	omschrijving
A	2013-01-25	WG	
B	2013-03-07	WG	verduideling windbelasting
C	2015-04-03	WG	correctie prentje §2
D	2016-12-08	WG	lijmanker gewijzigd in Hilti



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

Besloten vennootschap; inschrijving K.v.K. nummer 14622259
BTW-nummer: NL.0059.43.917.B.01
Opdrachten worden aanvaard en uitgevoerd overeenkomstig de geldende DNR 2011 zoals gedeponeerd ter griffie van de Rechtbank te Amsterdam onder nummer 78/2011.
Deze zijn ter inzage en worden u op verzoek toegezonden.

Inhoud

1 Van toepassing zijnde normen 3
2 Omschrijving 3
3 Uitgangspunten berekening 4
3.1 Belastingen 4
3.2 Materialen 4
4 Berekening 5
5 Conclusie en ontwerp-instructies 5
Bijlage 1 - berekening aluminium profiel 6
Bijlage 2 - berekening verankeringsmiddelen 12
Bijlage 3 - berekening boorankers 13
Bijlage 4 - relevante profieldiktes 23

1 Van toepassing zijnde normen

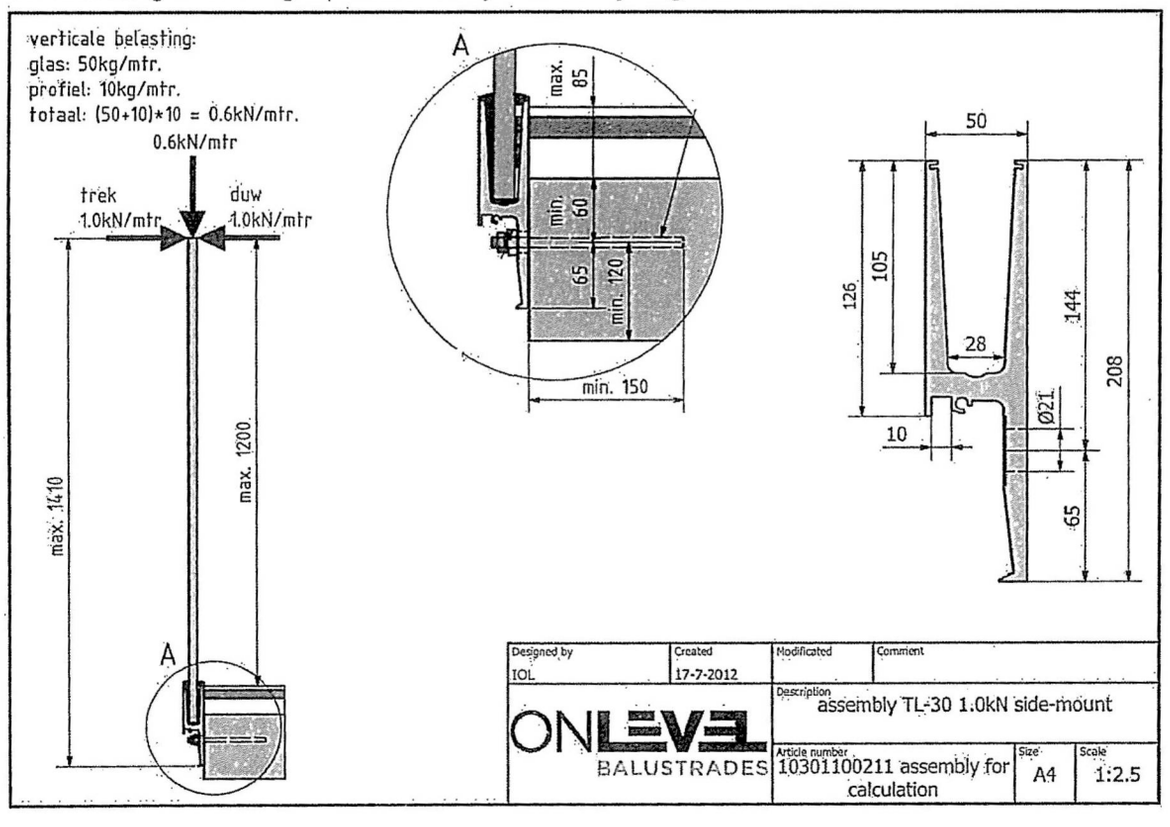
De berekening is gebaseerd op de Eurocodes, in het bijzonder:

NEN-EN 1990:2011	grondslagen voor het constructief ontwerp
NEN-EN 1991-1-1:2011	algemene belastingen: eigen gewicht en opgelegde belastingen
NEN-EN 1991-1-4:2011	algemene belastingen: windbelastingen
NEN-EN 1993-1-1:2011	ontwerp en berekening van staalconstructies: algemeen
NEN-EN 1993-1-8:2011	ontwerp en berekening van staalconstructies: verbindingen
NEN-EN 1999-1-1:2011	ontwerp en berekening van aluminiumconstructies

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

2 Omschrijving

In dit rapport is de verankering met het aluminium vloerrandprofiel "TL3011 - 1.0 kN/m Side Mount" voor het Trans Level glasbalustrade-systeem nader berekend.
De berekeningen van de glaspanelen zelf zijn afzonderlijk uitgevoerd.



Voor de benodigde boorankers zie bijlage 2.

Voor de relevante profieldiktes zie bijlage 4.

3 Uitgangspunten berekening

3.1 Belastingen

Gevolgklasse CC2 (vlg. H.2 van NEN 2608)
Gehanteerde belastingfactoren op basis van gevolgklasse CC2:
Formule (6.10b) maatgevend: $\gamma_G = 1.2$ $\gamma_Q = 1.5$

Horizontale belastingen op afscheidingen bij een hoogteverschil vlg. bijlage NB.A van NEN 1991-1-1(NB):
In afwijking van tabel NB.6 is de verankering berekend op onderstaande afzonderlijke belastingen:

lijnlast **$q_{rep} = 1.0$ kN/m**
geconcentreerde belasting **$F_{rep} = 1.0$ kN**

(hiermee worden alle toepassingen m.u.v. 3 kN/m gedekt en wordt aangesloten op de voorwaarden in enkele andere EU landen).
De verankering is berekend bij de voorgeschreven hoogte van **1.20 m**.

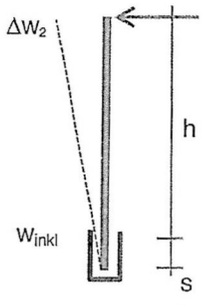
3.2 Materialen

Geëxtrudeerde aluminium profielen:	EN AW 6063-T6	
	$f_o = 160$ N/mm^2	
	$f_u = 195$ N/mm^2	
Stalen onderdelen:	S235	
Bouten/moeren:	8.8	(indien RVS: A4-80)
	$f_{yb} = 600$ N/mm^2	
	$f_{ub} = 800$ N/mm^2	

Minimaal vereiste betonkwaliteit voor boorankers: C20/25

4 Berekening

Voor de berekening van het aluminium profiel zelf zie bijlage 1.
De beschouwde profiellengte is



De insteekmaat is: s = 90 mm

De relatieve doorbuiging van het profiel is: w_{inkl} = **2.51 mm**
bij q_{rep} = 1.0 kN en h = 1.20 m

Voor de berekening van de verankeringen van het profiel aan de bouwkundige constructie, zie bijlage 2.

5 Conclusie en ontwerp-instructies

Het berekende profiel met zijn verankeringen voldoet bij de gegeven belastingen.

Horizontale doorbuiging:
De doorbuiging van de glasbalustrade is de som van de doorbuiging van de glasplaat zelf en de doorbuiging ten gevolge van het swing-effect door vervorming van het vloerrandprofiel.
Voor de berekening van de doorbuiging van de glasbalustrade dient, bij afzonderlijke berekening van het glaspaneel, de doorbuiging van het glaspaneel te worden gesuperponeerd met:

$$\Delta w_2 = w_{inkl} \cdot q_{rep} \cdot \frac{(h+s)^2}{(1290)\cdot s} = 2.51 \cdot q_{rep} \cdot \frac{(h+90)^2}{1290 \cdot 90}$$

→ h = 1.00 m: $\Delta w_2 = 25.7 \cdot q_{rep}$ [mm]
→ h = 1.20 m: $\Delta w_2 = 36.0 \cdot q_{rep}$ [mm]
waarin q_{rep} (F_{rep}) de belasting vlg. tabel NB.6 in de beschouwde toepassing

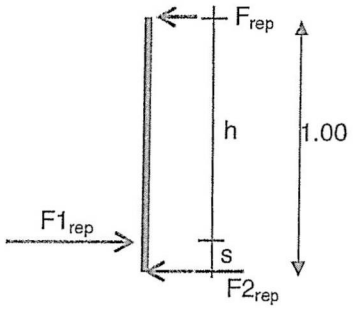
Windbelasting:
De maximale extreme stuwdruk q_p vlg. NEN-EN 1991-1-4(NB) in een buitentoepassing is, gerelateerd aan de lijnlast q_{rep}:

uitgaande van: γ_Q = 1.5
Volgens tabel NB 17-7.9 van NEN-EN 1991-1-4(NB) voor borstweringen met omgezette randen:
$c_{p,net}$ = +/- 1,8 (panelen binnen 2h van rand maatgevend)

$q_{rep} \cdot (h_{ontw} + s) = c_{p,net} \cdot q_p \cdot h \cdot (0.5h+s)$
$q_p \leq \{q_{rep} \cdot (h_{ontw} + s)\} / \{ c_{p,net} \cdot h \cdot (0.5h+s)\}$
→ extreme stuwdruk bij h = 1.00 m:
$q_p \leq \{1.00 \cdot (1.20+0.09) / \{1.8 \cdot 1.00 \cdot (0.5 \cdot 1.00 + 0.09)\}$ = **1.22 kN/m²**
→ extreme stuwdruk bij h = 1.20 m: $q_p \leq (q_{rep} \cdot 2.4 / (c_{p,net} \cdot h^2)^{0,5}$
$q_p \leq \{1.00 \cdot (1.20+0.09) / \{1.8 \cdot 1.20 \cdot (0.5 \cdot 1.20 + 0.09)\}$ = **0.87 kN/m²**

De maximale hoogte waarop het borstweringsprofiel kan worden toegepast, kan per windgebied worden bepaald m.b.v. tabel NB.5 van NEN-EN 1991-1-4(NB).
Hierbij dient wel rekening te zijn gehouden met de voorwaarden die bij de toepassing van deze tabel zijn gesteld.

Bijlage 1 - berekening aluminium profiel



F_{rep}	=	1.00	kN/m
h	=	1200	mm
s	=	90	mm

Het profiel is berekend bij een lengte van l_s = 1110 mm:

$F1_{rep}$ = $F_{rep} \cdot (h+s) / s$ = $1.00 \cdot (1200+90)/90$ = 14.33kN/m * l_s = 15.91 kN

$F2_{rep}$ = $F1_{rep} - F_{rep}$ = 14.33 - 1.00 = 13.33 kN/m * l_s = 14.80 kN

Het profiel wordt elastisch berekend met de representatieve waarde van de optredende krachten, waarbij de spanningen in de BGT begrensd worden op:

Herleiding van 6.2.5 van NEN-EN 1999-1-1(NB):

$M_{u,Rd} = W_{net} \cdot f_u / \gamma_{M2}$

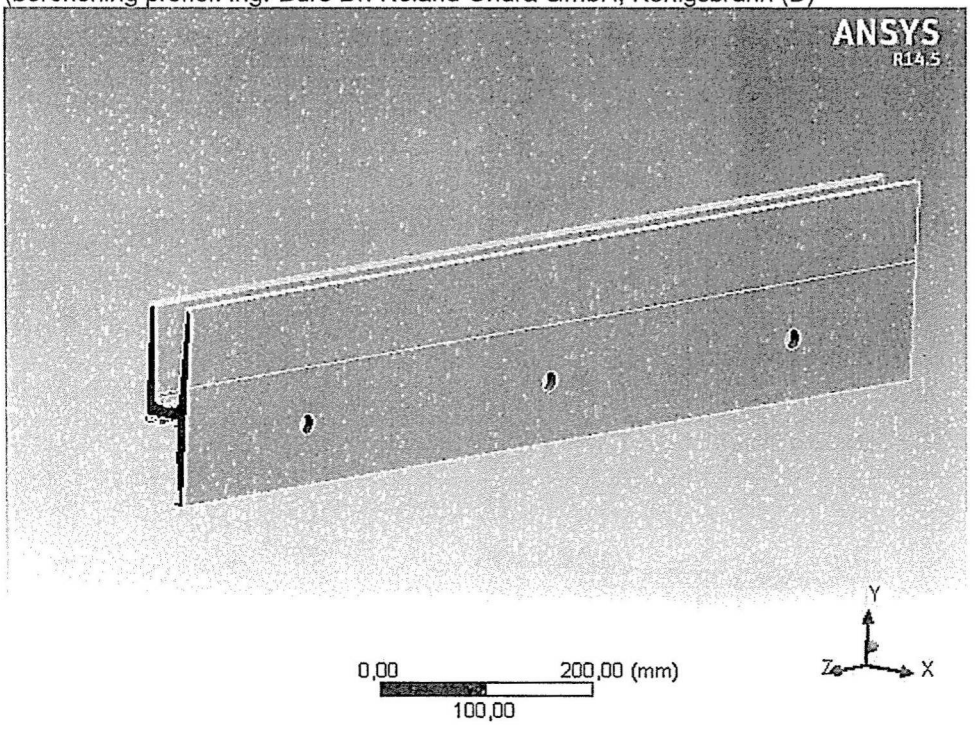
$M_{c,Rd} = \alpha \cdot W_{el} \cdot f_o / \gamma_{M1}$

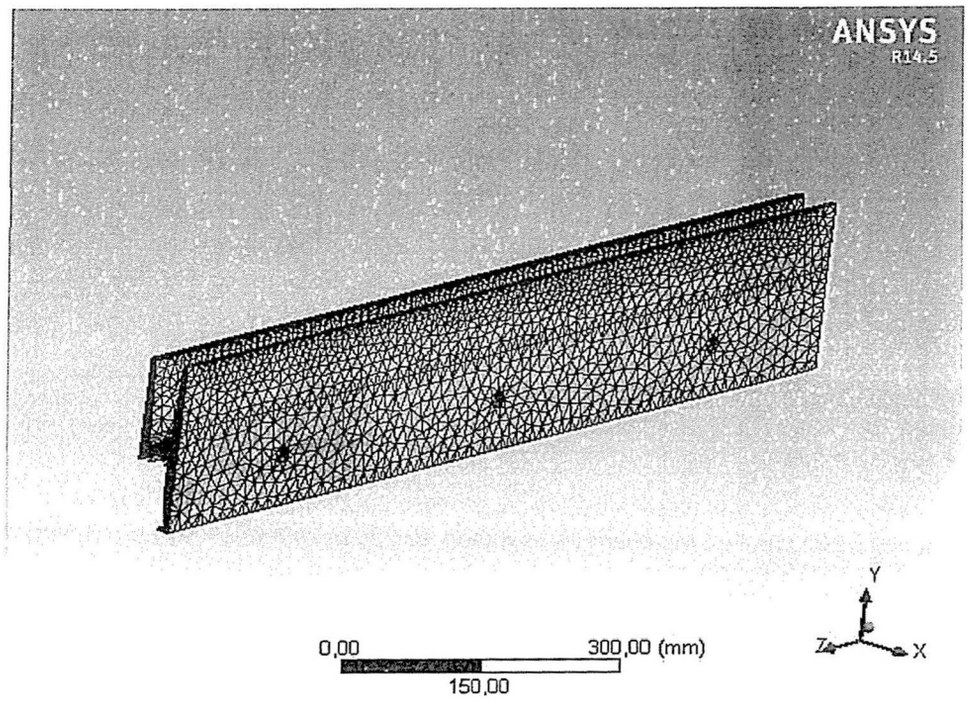
waarin: γ_{M2} = 1.25 γ_{M1} = 1.10

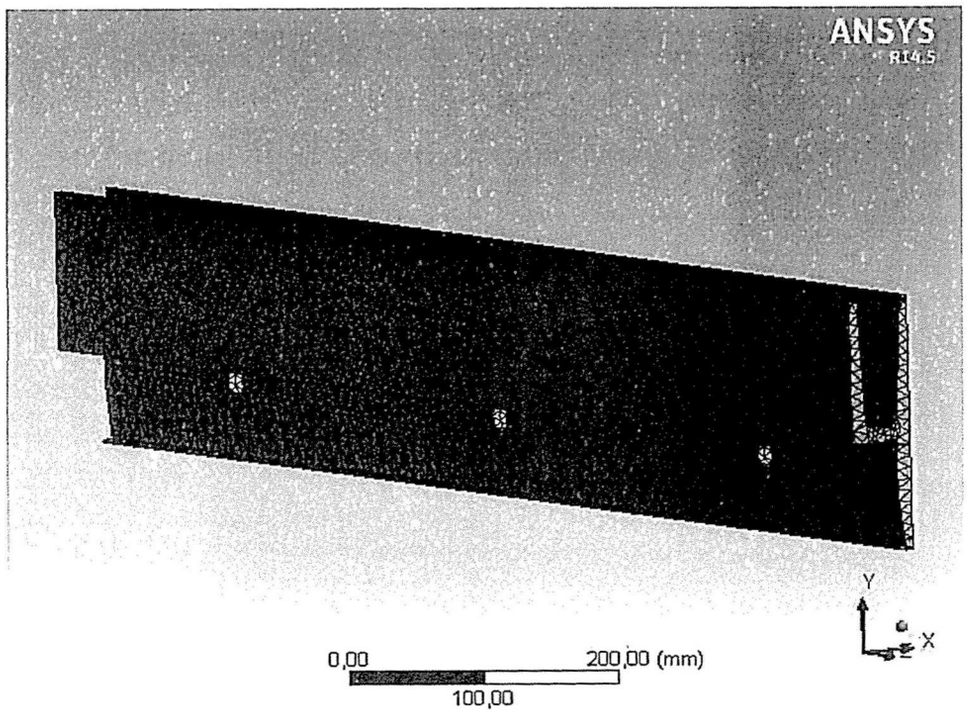
$\alpha = 1.5 = W_{pl} / W_{el}$ voor doorsnedeklasse 1 en 2 (massief, niet gelast) $\sigma_{rep} \leq (f_u / \gamma_{M2})/\gamma_Q$ = (195 / 1.25) / 1.50 = 104.0 N/mm^2

$\sigma_{rep} \leq (\alpha \cdot f_o / \gamma_{M1})/\gamma_Q$ = (1,5 · 160 / 1.10) / 1.50 = 145.4 N/mm^2 → $\sigma_{rep} \leq$ 104.0 N/mm^2

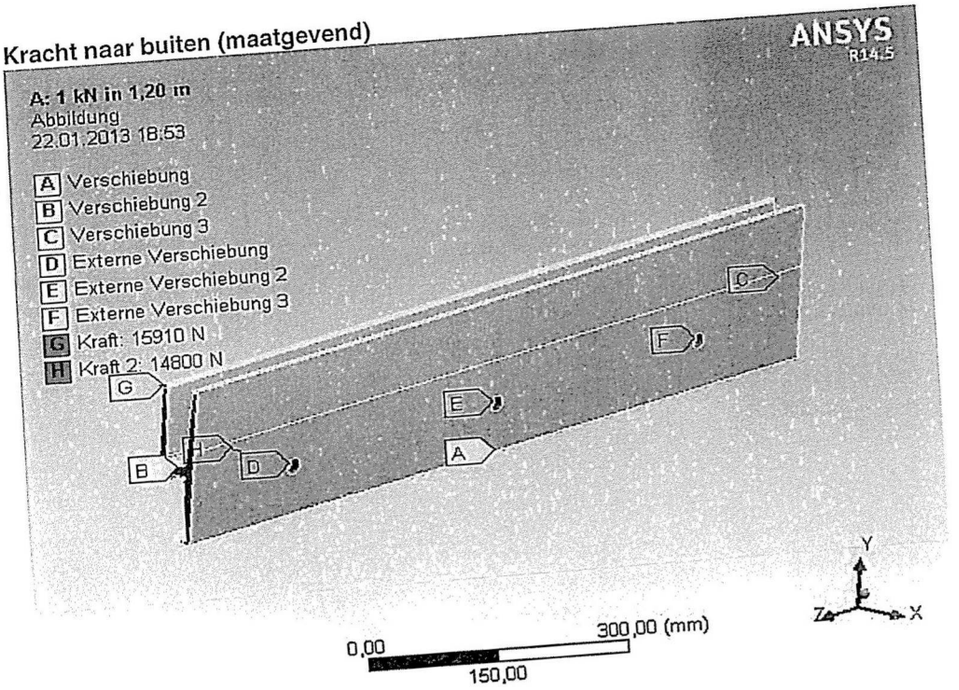
(berekening profiel: Ing.-Büro Dr. Roland Ondra GmbH, Königsbrunn (D)

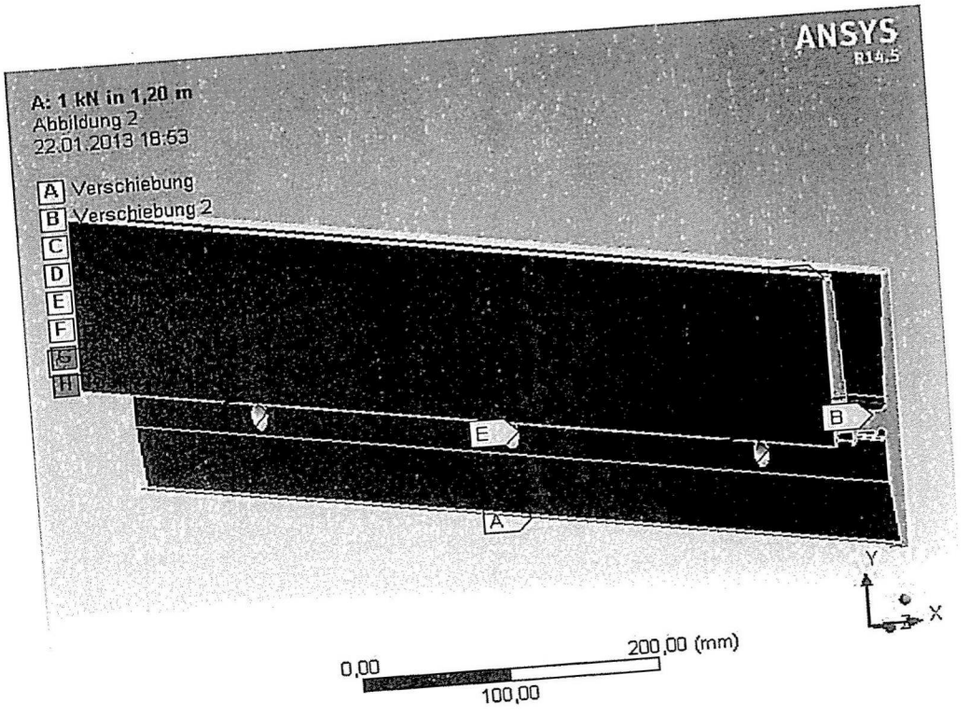


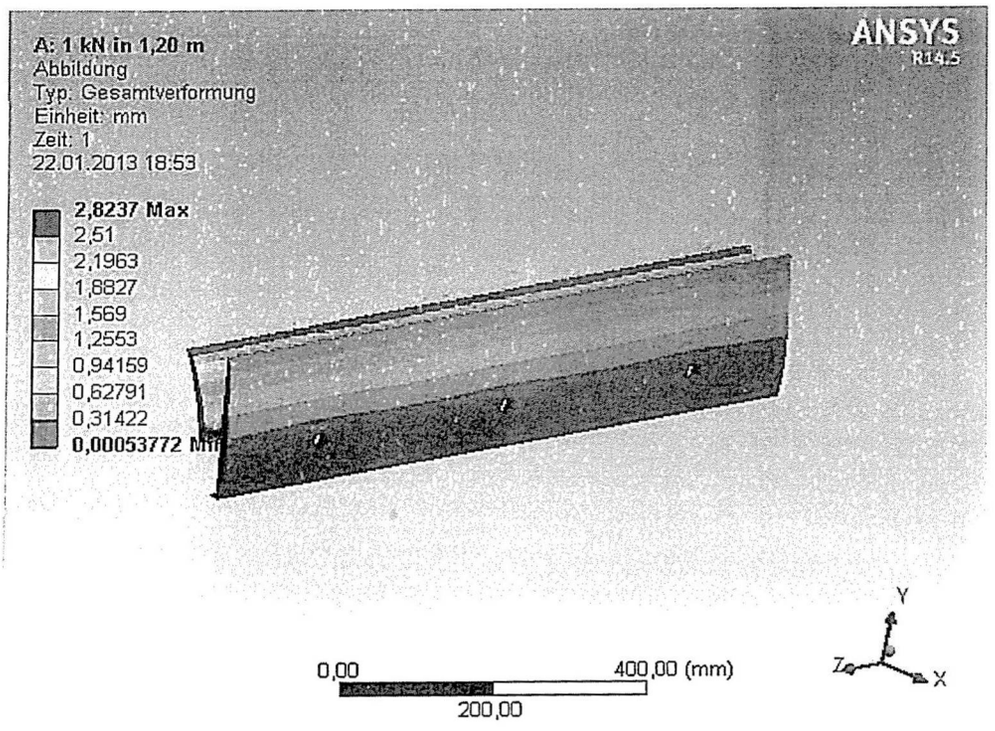

ANSYS
R14.5
Y
Z
X
0,00
300,00 (mm)
150,00


ANSYS
R14.5
Y
X
0,00
200,00 (mm)
100,00

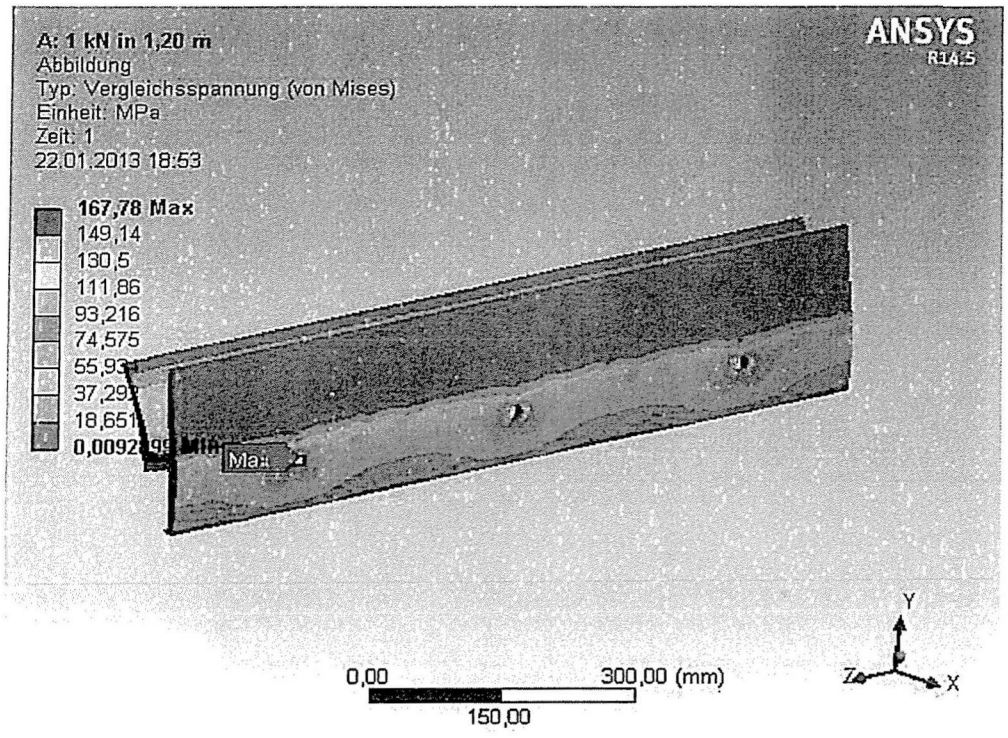
Kracht naar buiten (maatgevend)

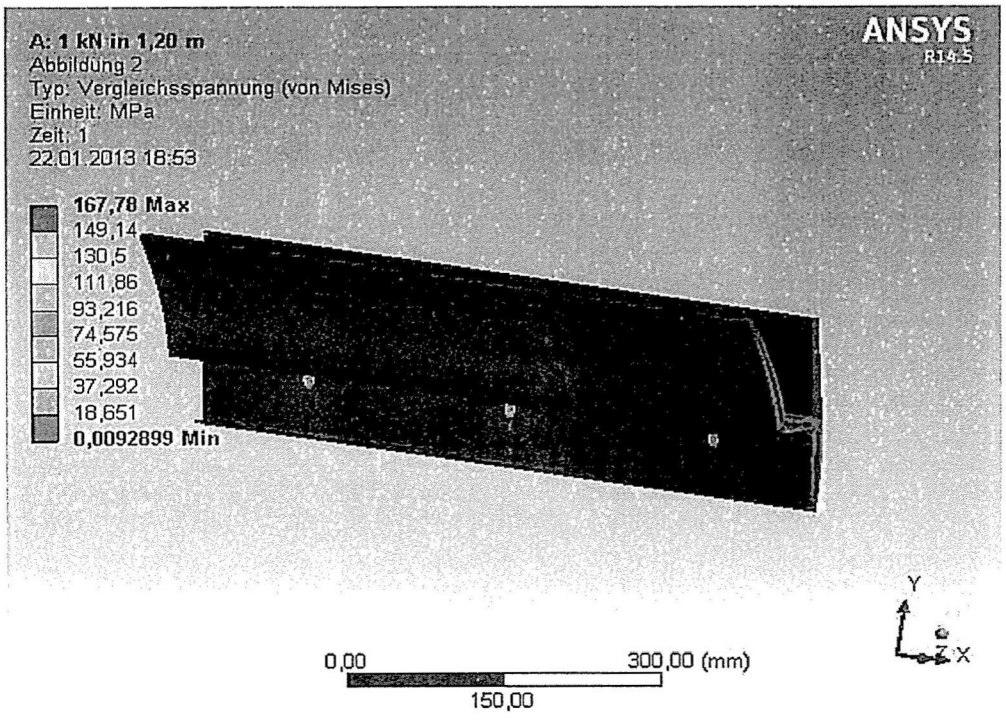


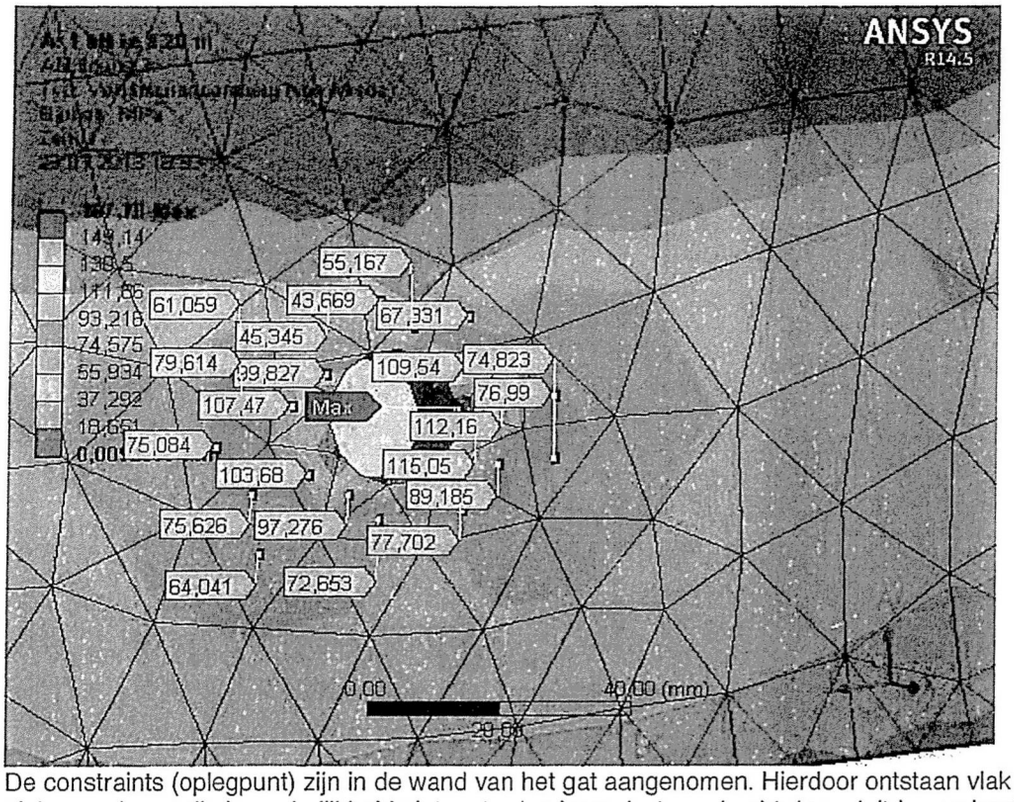




Bij 1 kN/m op (1.20) m hoogte → w = **2.51** mm (in aangrijpingspunt belasting)

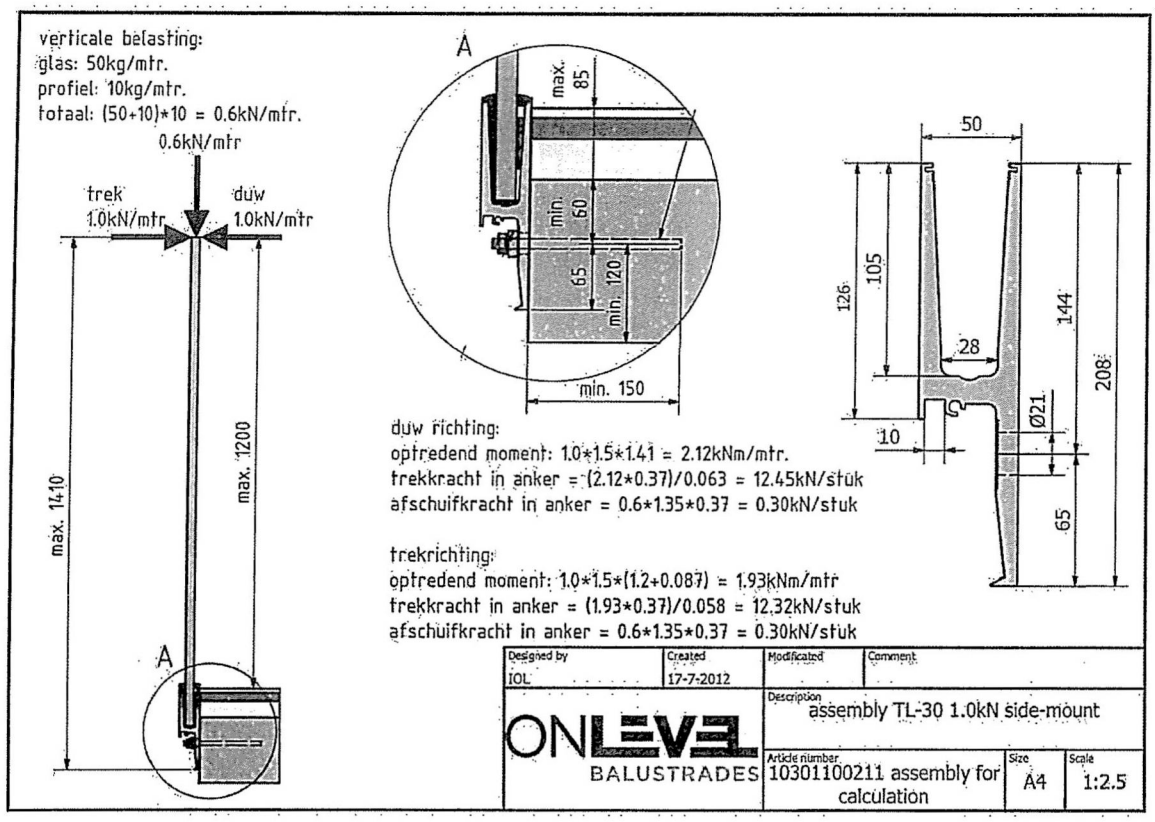

A: 1 kN in 1,20 m
Abbildung
Typ: Vergleichsspannung (von Mises)
Einheit: MPa
Zeit: 1
22.01.2013 18:53
167,78 Max
149,14
130,5
111,86
93,216
74,575
55,93
37,29
18,651
0,0092899 Min
Ma
ANSYS
R14.5
0,00
300,00 (mm)
150,00
Y
Z
X


A: 1 kN in 1,20 m
Abbildung 2
Typ: Vergleichsspannung (von Mises)
Einheit: MPa
Zeit: 1
22.01.2013 18:53
167,78 Max
149,14
130,5
111,86
93,216
74,575
55,934
37,292
18,651
0,0092899 Min
ANSYS
R14.5
0,00
300,00 (mm)
150,00
Y
Z
X



De constraints (oplegpunt) zijn in de wand van het gat aangenomen. Hierdoor ontstaan vlak naast het gat piekspanningen die in werkelijkheid niet optreden i.v.m. lastoverdracht door sluitring en bout.

Bijlage 2 - berekening verankeringsmiddelen



Boorankers in beton
Voor de berekening van de boorankers zie bijlage 3.
Minimaal vereiste betonkwaliteit voor boorankers: C20/25

De benodigde boorankers:

- bij toepassing binnen:
  - anker h.o.h. 370 mm: **Hilti HIT-HY 200-A + HIT-V-F (5.8) M10 ($h_{ef} \geq 168$ mm)**
  - alternatief anker h.o.h. 280 mm: **Fischer Ankerbout FAZ II 12/20**
- bij toepassing buiten
  - anker h.o.h. 370 mm: **Hilti HIT-HY 200-A + HIT-V-R M10 ($h_{ef} \geq 168$ mm)**
  - alternatief anker h.o.h. 280 mm: **Fischer Ankerbout FAZ II 12/20 A4**

Voor de boorankers kunnen alternatieve ankers worden toegepast, mits voor deze ankers door berekening op basis van ETAG bijlage C is aangetoond, dat de ankers bij de optredende krachten en in de gegeven situatie voldoen.

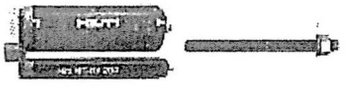
Bijlage 3 - berekening boorankers

www.hilti.nl — **Profis Anchor 2.7.1**

Firma:		Bladzijde:	1
Constructeur:		Project:	
Adres:		Sub-Project I Pos. Nr.:	
Tel. I Fax:	I	Datum:	04-01-2017
E-mail:			

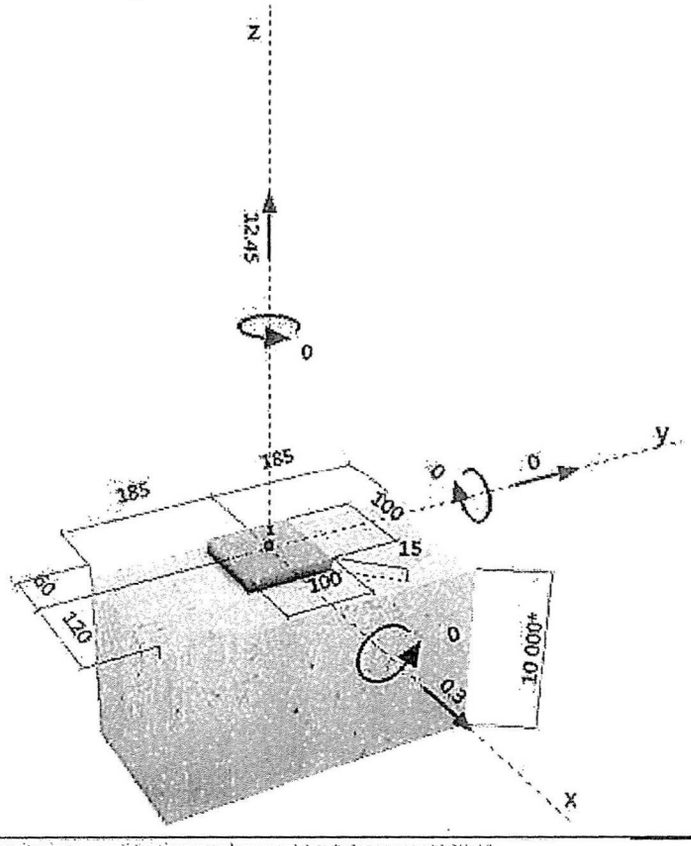
Opmerkingen van de constructeur:

1 Invoergegevens



Ankertype en -afmeting:	HIT-HY 200-A + HIT-V-F (5.8) M10
Effectieve verankeringsdiepte:	$h_{ef,act}$ = 168 mm ($h_{ef,lim}$ = 200 mm)
Materiaal:	5.8
Goedkeuring nr.:	ETA 11/0493
Uitgegeven I Geldig:	15-04-2015 I 15-04-2020
Aantoning:	rekenmethode ETAG methode voor lijmankers; EOTA TR 029
Afstandsmontage:	e_b = 0 mm (geen afstandsmontage); t = 15 mm
Ankerplaat:	l_x x l_y x t = 100 mm x 100 mm x 15 mm; (Aanbevolen ankerplaatdikte: niet berekend
Staalprofiel:	geen profiel
Ondergrond:	gescheurd beton, C20/25, f_{cc} = 25.00 N/mm²; h = 10000 mm, Temp. kort/lang: 40/24 °C
Plaatsing:	**hamergeboord gat, plaatsingsconditie: droog**
Wapening:	Geen wapening of wapening met staafafstand >= 150 mm (elke Ø) of >= 100 (Ø <= 10mm) geen rechte randwapening

Geometrie [mm] & Belastingen [kN, kNm]



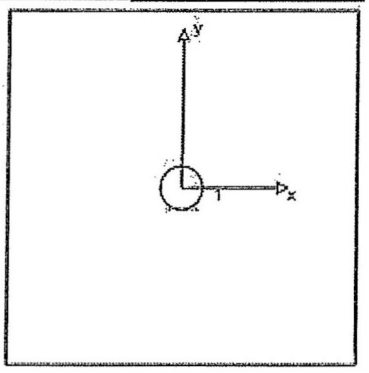
HILTI

www.hilti.nl **Profis Anchor 2.7.1**

Firma:		Bladzijde:	2
Constructeur:		Project:	
Adres:		Sub-Project I Pos. Nr.:	
Tel. I Fax:		Datum:	04-01-2017
E-mail:			

2 Belastingsituatie/Resulterende ankerlasten

Belastingsituatie: Rekenwaarden belasting



Ankerreacties [kN]
Trekkracht: (+ Trek, - Druk)

Anker	Trekkracht	Afschuifkracht	Afschuifkracht x	Afschuifkracht y
1	12.450	0.300	0.300	0.000

max. staal van het beton: - [‰]
max. betondrukspanning: - [N/mm²]
resulterende trekkracht in (x/y)=(0/0): 12.450 [kN]
resulterende drukkracht in (x/y)=(0/0): 0.000 [kN]

3 Treklast (EOTA TR 029, paragraaf 5.2.2)

	Belasting [kN]	Capaciteit [kN]	Benutting β_N [%]	Status
Staalbreuk*	12.450	19.333	65	OK
Gecombineerd bezwijken door uittrekken en betonkegelbreuk**	12.450	12.513	100	OK
Betonkegelbreuk**	12.450	12.750	98	OK
Splijten**	12.450	32.150	39	OK

* ongunstigste anker **ankergroep (ankers onder trekbelasting)

3.1 Staalbreuk

$N_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$N_{Rd,s}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
29.000	1.500	19.333	12.450

3.2 Gecombineerd bezwijken door uittrekken en betonkegelbreuk

$A_{c,N}$ [mm²]	$A^0_{c,N}$ [mm²]	$\tau_{Rk,ucr,25}$ [N/mm²]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	c_{min} [mm]
55771	96000	18.00	310	155	60

ψ_c	$\tau_{Rk,cr}$ [N/mm²]	k	$\psi^c_{ucr,N}$	$\psi_{g,Np}$	
1.000	7.50	2.300	1.000	1.000	

$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	$\psi_{re,Np}$
0	1.000	0	1.000	0.816	1.000

$N^0_{Rk,c}$ [kN]	$N_{Rk,c}$ [kN]	$\gamma_{M,p}$	$N_{Rd,c}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
39.584	18.769	1.500	12.513	12.450

3.3 Betonkegelbreuk

$A_{c,N}$ [mm²]	$A^0_{c,N}$ [mm²]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]
66600	136900	252	504

h_{ef} [mm]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]
123	185	370

$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$
0	1.000	0	1.000	0.797	1.000

k_1	$N^0_{Rk,c}$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$N_{Rd,c}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
7.200	49.309	1.500	12.750	12.450

Invoergegevens en resultaten moeten worden gecontroleerd op overeenstemming met de realiteit en op waarschijnlijkheid
PROFIS Anchor (c) 2003-2008 Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti is een geregistreerd handelsmerk van Hilti AG, Schaan

www.hilti.nl **Profis Anchor 2.7.1**

Firma:		Bladzijde:	3
Constructeur:		Project:	
Adres:		Sub-Project I Pos. Nr.:	
Tel. I Fax:		Datum:	04-01-2017
E-mail:			

3.4 Splijten

$A_{c,V}$ [mm²]	$A^0_{c,N}$ [mm²]	$c_{cr,sp}$ [mm]	$s_{cr,sp}$ [mm]	$\psi_{h,sp}$		
60480	112896	168	336	1.423		
$e_{c,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	k_{cp}
0	1.000	0	1.000	0.807	1.000	7.200
$N^0_{Rk,c}$ [kN]	$\gamma_{M,sp}$	$N_{Rd,sp}$ [kN]	N_{sd} [kN]			
78.391	1.500	32.150	12.450			

Invoergegevens en resultaten moeten worden gecontroleerd op overeenstemming met de realiteit en op aannemelijkheid!
PROFIS Anchor (c) 2003-2009 Hilti AG, FL-9494 Schaan Hilti is een geregistreerd handelsmerk van Hilti AG, Schaan

www.hilti.nl **Profis Anchor 2.7.1**

Firma:		Bladzijde:	4
Constructeur:		Project:	
Adres:		Sub-Project I Pos. Nr.:	
Tel. I Fax:	I	Datum:	04-01-2017
E-mail:			

4 Afschuifbelasting (EOTA TR 029, paragraaf 5.2.3)

	Belasting [kN]	Capaciteit [kN]	Benutting β_V [%]	Status
Staalbreuk (zonder hefboomsarm)*	0.300	12.000	3	OK
Staalbreuk (met hefboomsarm)*	N.V.T.	N.V.T.	N.V.T.	N.V.T.
Betonuitbreken**	0.300	25.026	2	OK
Betonrandbreuk in richting x+**	0.300	12.548	3	OK

* ongunstigste anker **ankergroep (geactiveerde ankers)

4.1 Staalbreuk (zonder hefboomsarm)

$V_{rk,s}$ [kN]	γ_{Ms}	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{sd} [kN]
15.000	1.250	12.000	0.300

4.2 Betonuitbreken (door bezwijken lijmverbinding)

$A_{c,N}$ [mm²]	$A^0_{c,N}$ [mm²]	$\tau_{Rk,cr,25}$ [N/mm²]	$c_{cr,Np}$ [mm]	$s_{cr,Np}$ [mm]	c_{min} [mm]
55771	96000	18.00	155	310	60
ψ_c	$\tau_{Rk,cr}$ [N/mm²]	k	k-factor	$\psi^0_{s,Np}$	$\psi_{g,Np}$
1.000	7.50	2.300	2.000	1.000	1.000
$\psi_{s,Np}$	$e_{c1,V}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,V}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{re,Np}$
0.816	0	1.000	0	1.000	1.000
$N^0_{Rk,c}$ [kN]	$N_{Rk,p}$ [kN]	$\gamma_{Mc,p}$	$V_{Rd,cp}$ [kN]	V_{sd} [kN]	
39.584	18.769	1.500	25.026	0.300	

4.3 Betonrandbreuk in richting x+

h_{ef} [mm]	d_{nom} [mm]	k_1	α	β
120	10.0	1.700	0.100	0.061
c_1 [mm]	$A_{c,V}$ [mm²]	$A^0_{c,V}$ [mm²]		
120	64800	64800		
$\psi_{s,V}$	$\psi_{h,V}$	$\psi_{ec,V}$	$e_{c,V}$ [mm]	$\psi_{ec,V}$	$\psi_{re,V}$
1.000	1.000	1.000	0	1.000	1.000
$V^0_{Rk,c}$ [kN]	γ_{Mc}	$V_{Rd,c}$ [kN]	V_{sd} [kN]		
18.823	1.500	12.548	0.300		

5 Combinatie van trek en afschuiving (EOTA TR 029, paragraaf 5.2.4)

β_N	β_V	α	Benutting $\beta_{N,V}$ [%]	Status
0.995	0.025	1.000	85	OK

$(\beta_N + \beta_V)^{\alpha} / 1.2 \leq 1$

Invoergegevens en resultaten moeten worden gecontroleerd op overeenstemming met de realiteit en op waarschijnlijkheid!
PROFIS Anchor (c) 2003-2009 Hilti AG, FL-9494 Schaan Hilti is een geregistreerd handelsmerk van Hilti AG, Schaan

HILTI

www.hilti.nl **Profis Anchor 2.7.1**

Firma:		Bladzijde:	5
Constructeur:		Project:	
Adres:		Sub-Project I Pos. Nr.:	
Tel. I Fax:		Datum:	04-01-2017
E-mail:			

6 Verplaatsingen (hoogst belaste anker)

Kortdurende belastingen

N_{sk} = 9.222 [kN] δ_N = 0.122 [mm]

V_{sk} = 0.222 [kN] δ_V = 0.013 [mm]

δ_{NV} = 0.123 [mm]

Langeduur-belastingen

N_{sk} = 9.222 [kN] δ_N = 0.280 [mm]

V_{sk} = 0.222 [kN] δ_V = 0.018 [mm]

δ_{NV} = 0.280 [mm]

NB: Verplaatsingen t.g.v. trekbelasting zijn gebaseerd op de helft van het vereiste aandraaimoment voor ongescheurd beton! Verplaatsingen t.g.v. afschuiving zijn bepaald zonder inachtneming van wrijving tussen beton en ankerplaat! De speling als gevolg van toleranties in boorgatdiameter en gatdiameter in ankerplaat wordt niet beschouwd in deze berekening!

Hoeveel verplaatsing toelaatbaar is, hangt af van de verbinding en dient door de constructeur te worden bepaald!

7 Waarschuwingen

- De ankerplaat wordt verondersteld voldoende stijf te zijn zodat geen vervorming optreedt onder invloed van de optredende belastingen!
- De overdracht van de belastingen in de ondergrond moet worden gecontroleerd volgens EOTA TR 029 paragraaf 7!
- De berekening is enkel geldig indien het boutgat in de ankerplaat niet groter is dan de waarde die is opgegeven in Tabel 4.1 van EOTA TR 029! Voor grotere boutgatdiameters zie Hoofdstuk 1.1 van EOTA TR029!
- De lijst van benodigdheden is slechts ter informatie voor de gebruiker. In elk geval, dienen de gebruiksinstructies behorende bij het produkt opgevolgd te worden om een juiste installatie te bewerkstelligen.
- Boorgatreiniging moet volgens de gebruiksaanwijzigingen worden uitgevoerd (2x blazen met olievrije perslucht (min. 6 bar), 2x borstelen, 2x blazen met olievrije perslucht (min. 6 bar)).
- Karakteristieke hechtspanningen zijn afhankelijk van korte en lange termijn temperaturen.
- Neem contact op met Hilti om leverbaarheid van HIT-V ankerstang te controleren.
- Er is geen randwapening vereist om splijten te voorkomen

Verbinding is VEILIG!

Invoergegevens en resultaten moeten worden gecontroleerd op overeenstemming met de realiteit en op waarschijnlijkheid!
PROFIS Anchor (c) 2003-2009 Hilti AG, FL-9494 Schaan Hilti is een geregistreerd handelsmerk van Hilti AG, Schaan

www.hilti.nl **Profis Anchor 2.7.1**

Firma:		Bladzijde:	6
Constructeur:		Project:	
Adres:		Sub-Project I Pos. Nr.:	
Tel. I Fax:	I	Datum:	04-01-2017
E-mail:			

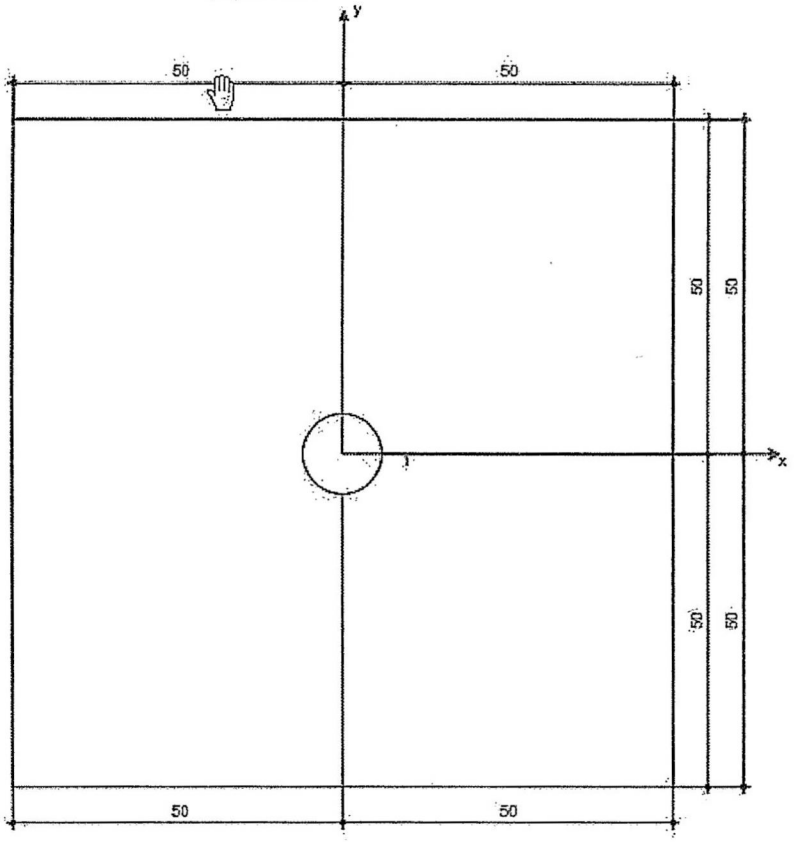
8 Plaatsingsgegevens

Ankerplaat, staal: -
Staalprofiel: geen profiel
Gatdiameter in ankerplaat: d_f = 12 mm
Ankerplaatdikte (invoer): 15 mm
Aanbevolen ankerplaatdikte: niet berekend
Boormethode: Hamergeboord
Boorgatreiniging: Premium boorgatreiniging is vereist

Ankertype en -afmeting: HIT-HY 200-A + HIT-V-F (5.8) M10
Aandraaimoment: 0.020 kNm
Boorgatdiameter: 12 mm
Boorgatdiepte in ondergrond: 168 mm
Minimale dikte van de ondergrond: 198 mm

8.1 Vereiste toebehoren

Boren	Boorgatreiniging	Plaatsing
• Hamerboormachine • Juiste boordiameter	• Perslucht met benodigde toebehoren om van onder in het gat te blazen. • Juiste borstel voor diameter	• Dispenser inclusief cassette en mixtuit • Momentsleutel



Ankercoördinaten [mm]

Anker	x	y	c_{x1}	c_{x2}	c_{y1}	c_{y2}
1	0	0	60	120	185	185

Invoergegevens en resultaten moeten worden gecontroleerd op overeenstemming met de realiteit en op aannemelijkheid.
PROFIS Anchor (c) 2003-2009 Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti is een geregistreerd handelsmerk van Hilti AG, Schaan

Toepassing "buiten"

Uit berekening blijkt dat hetzelfde anker in A4 kwaliteit identieke resultaten oplevert.
Deze zijn derhalve niet nader in deze berekeningen opgenomen.

Alternatief anker h.o.h. 280 mm:

$F_{Td} = 0.28/0.37 \cdot 12.45 = 9.42$ kN $\qquad$ $F_{Vd} = 0.28/0.37 \cdot 0.3 = 0.22$ kN

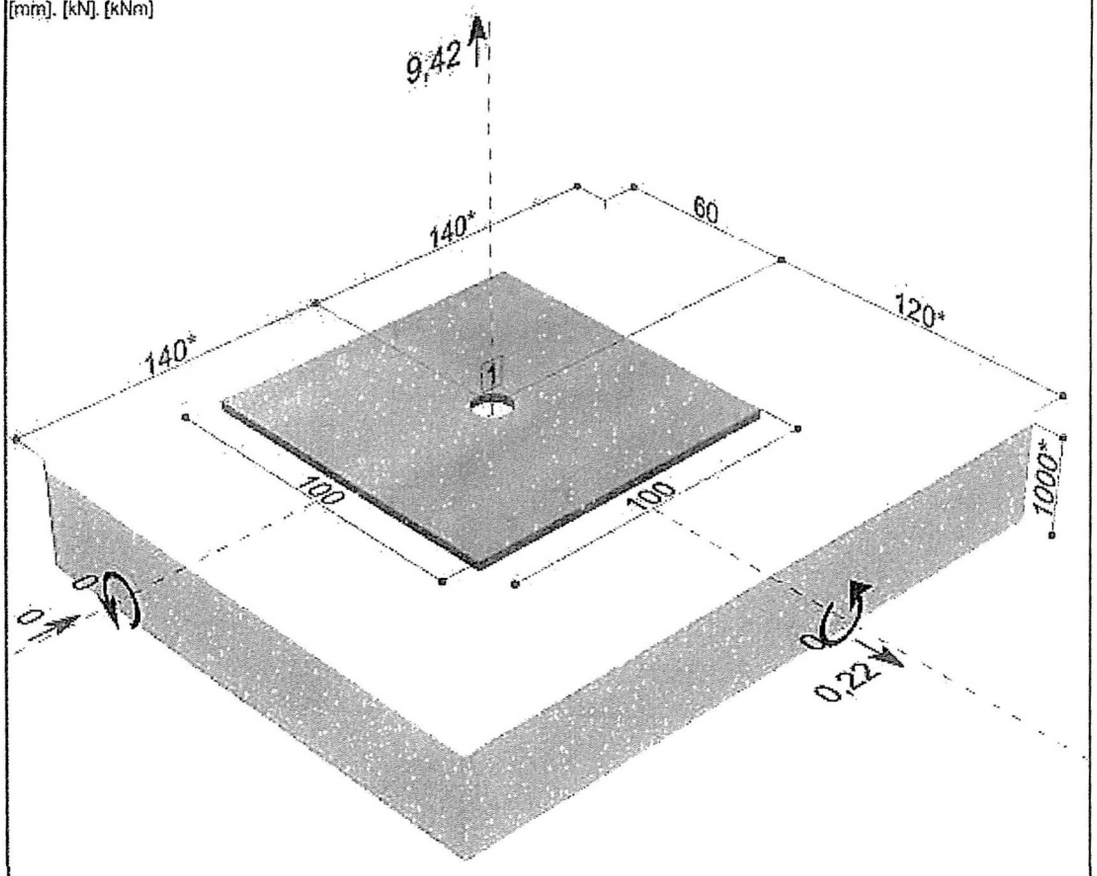
Bedrijf/Opsteller		fischer BEVESTIGINGSSYSTEMEN
Straat		
Postcode / Plaats		COMPUFIX 8.4
Tel. / Fax		8.4.4671.15899/19/1552
Project		Pagina 1 van afdruk nr. 25
Bouwdeel		Datum: 25-1-2013
Opmerkingen		

fischer COMPUFIX: Berekend conform ETAG, bijlage C

Belastingtype:	Statische belasting
Anker:	**fischer Ankerbout FAZ II 12 / 20** (Art. Nr. 95420) uit elektrolytisch verzinkt staal
Ondergrond:	Gescheurd beton, normaal gewapend Betonsterkteklasse: C 20/25
Randwapening:	Zonder rand- / ophangwapening
Ankerbuiging:	Niet aanwezig
Ankerplaat::	Geen berekening beschikbaar

1 Maten/Lasten:

Rekenwaarden
(*) Tekening niet op schaal
[mm], [kN], [kNm]



Bedrijf/Opsteller		fischer BEVESTIGINGSSYSTEMEN
Project		
Bouwdeel		
Anker	fischer Ankerbout FAZ II 12 / 20	Pagina 2 van afdruk nr. 24

Let op:
- **Als voorwaarde wordt aangenomen dat de ankerplaat plat is als de ankers belast worden. Hiervoor moet de ankerplaat voldoende stijf zijn. De in COMPUFIX beschikbare ankerplaatberekening is gebasseerd op staalspanningen en geeft geen uitsluitsel over de stijfheid van de ankerplaat. De stijfheid kan niet met COMPUFIX worden aangetoond.**
- De ankerberekening is gebaseerd op omvangrijke voor het anker specifieke kengetallen. Bij een uitwisseling - ook met gelijkwaardige producten - moet in ieder geval een nieuwe berekening worden gemaakt.
- Bij het gebruik van stobbgaten wordt ervan uit gegaan, dat de ankers zich in het midden van de gaten bevinden
- Controleer of de klemdikte van het anker voldoende groot is gekozen.
- Maximale doorvoergatdiameter in het constructiedeel: 14 mm
- Om het draagvermogen van het bouwdeel te garanderen moeten de controles uit hoofdstuk 7 van de ETAG, bijlage C worden aangehouden. Dit houdt in dat de krachtoverbrenging van het anker in het beton is gecontroleerd, echter dient de ondergrond de belasting ook op te kunnen nemen.
- Alle overige voorwaarden van de goedkeuring dienen in acht te worden genomen.
- Er dient in het gebied ter hoogte van de verankeringsdiepte aan de rand van het bouwdeel een langswapening van minimaal 6 mm aanwezig te zijn.
- Spijten is om de volgende redenen niet maatgevend:
  - Gescheurd beton is aangenomen.
  - De aanwezige wapening reduceerd scheurvorming tot wk=0,3 mm, volgens ETAG 001, bijlage C, hoofdstuk 7.3.

Anker nummer	Eenheid	S_d					
							
		N	V				
1	kN	9,42	0,22				

Trekbelasting, Staalbreuk:					Afschuifbelasting, Staalbreuk:				
	Eenheid	S_d				Eenheid	S_d		
$N^0_{Rk,s}$	kN	41,50			$V^0_{Rk,s}$	kN	29,50		
γ_{Ms}	-	1,50			γ_{Ms}	-	1,25		
$N_{Rd,s}$	kN	27,67			$V_{Rd,s}$	kN	23,60		
N^0_{Sd}	kN	9,42			V^0_{Sd}	kN	0,22		
$\beta_{N,s}$	-	0,34			$\beta_{V,s}$	-	0,01		

Trekbelasting, Betonkegelbreuk:					Afschuifbelasting, Betonachteruitbreken:				
	Eenheid	S_d				Eenheid	S_d		
$N^0_{Rk,c}$	kN	21,08			$N^0_{Rk,c}$	kN	21,08		
$A_{c,N}$	cm²	346,50			$A_{c,N}$	cm²	346,50		
$A^0_{c,N}$	cm²	441,00			$A^0_{c,N}$	cm²	441,00		
$A_{c,N} / A^0_{c,N}$	-	0,79			$A_{c,N} / A^0_{c,N}$	-	0,79		
$\psi_{s,N}$	-	0,87			$\psi_{s,N}$	-	0,87		
$\psi_{re,N}$	-	1,00			$\psi_{re,N}$	-	1,00		
$\psi_{ec2,N}$	-	1,00			$\psi_{ec2,N}$	-	1,00		
$\psi_{ec,N}$	-	1,00			$\psi_{ec,N}$	-	1,00		
$N_{Rd,c}$	kN	14,44			k	-	2,40		
γ_{Mc}	-	1,50			$V^0_{Rk,cp}$	kN	34,65		
$N_{Rd,c}$	kN	9,62			γ_{Mcp}	-	1,50		
N^0_{Sd}	kN	9,42			$V_{Rd,cp}$	kN	23,10		
$\beta_{N,c}$	-	0,98			V^0_{Sd}	kN	0,22		
					$\beta_{V,cp}$	-	0,01		

Bedrijf/Opsteller		fischer BEVESTIGINGSSYSTEMEN
Project		
Bouwdeel		
Anker	fischer Ankerhout FAZ II 12 / 20	Pagina 3 van afdruk nr. 24

Trekbelasting, Uitrekken:				
	Eenheid	S_d		
$N_{Rk,p}$	kN	16,00		
γ_{Ms}	-	1,50		
$N_{Rd,p}$	kN	10,67		
N^{b}_{Sd}	kN	9,42		
$\beta_{N,p}$	-	0,88		

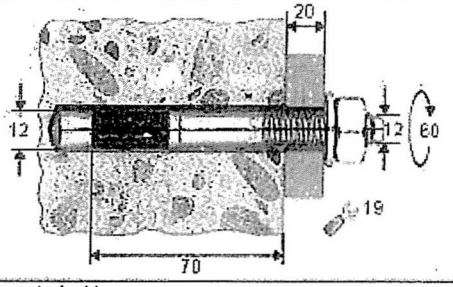
Afschuifbelasting, Betonrandbreuk:				
	Eenheid	S_d		
$V^{0}_{Rk,c}$	kN	17,66		
$A_{c,V}$	cm²	504,00		
$A^{0}_{c,V}$	cm²	648,00		
$A_{c,V}/A^{0}_{c,V}$	-	0,78		
$\psi_{s,V}$	-	0,93		
$\psi_{h,V}$	-	1,00		
$\psi_{\alpha,V}$	-	1,00		
$\psi_{ec,V}$	-	1,00		
$\psi_{re,V}$	-	1,00		
$V_{Rk,c}$	kN	12,82		
γ_{Mc}	-	1,50		
$V_{Rd,c}$	kN	8,55		
V^{b}_{Sd}	kN	0,22		
$\beta_{V,c}$	-	0,03		

Trekbelasting	Uitnuttingsgraad	**Afschuifbelasting**	Uitnuttingsgraad	**gecombineerde belasting**	Uitnuttingsgraad
Staalbreuk:	34,0 %	Staalbreuk:	0,9 %		83,7 %
Betonkegelbreuk:	97,9 %	Betonrandbreuk:	2,6 %		
Doortrekken / eruittrekken:	88,3 %	Betonachteruitbreken:	1,0 %		

Resultaat: **Rekentechnische toetsing anker is succesvol**

Bedrijf/Opsteller		fischer BEVESTIGINGSSYSTEMEN
Project		
Bouwdeel		
Anker	fischer Ankerbout FAZ II 12 / 20	Pagina 4 van afdruk nr. 24

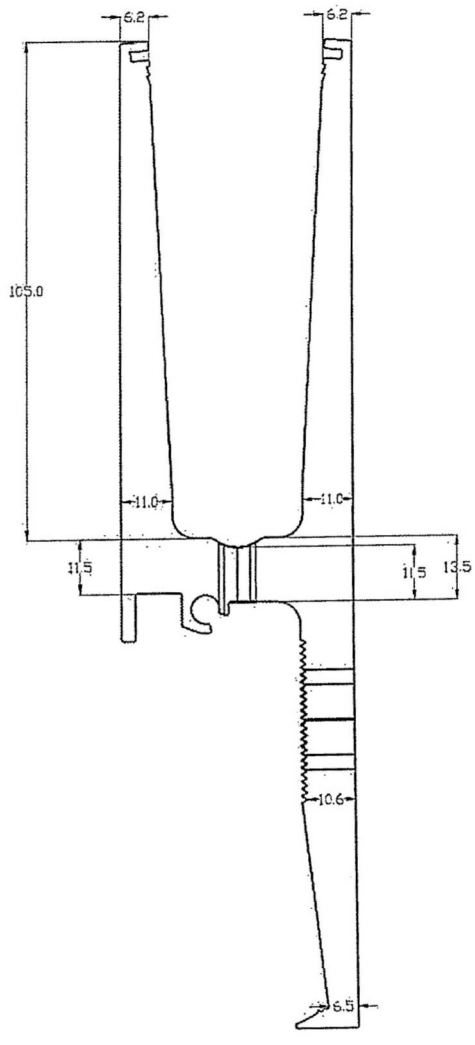
Montagegegevens



Maximale dikte van het te bevestigen materiaal t_{fix}	[mm]	20
Draaddiameter M	[mm]	12
Aandraalmoment M_{in}	[Nm]	60
Sleutelwijdte	[mm]	19
Doorvoergat in het te bevestigen bouwelement d_f	[mm]	14
Verankeringsdiepte h_{ef}	[mm]	70
Boordiameter d_o	[mm]	12
min. boorgatdiepte bij doorsteekmontage t_1	[mm]	115

Toepassing "buiten"
Uit berekening blijkt dat hetzelfde anker in A4 kwaliteit identieke resultaten oplevert.
Deze zijn derhalve niet nader in deze berekeningen opgenomen.

Bijlage 4 - relevante profieldiktes



SPARQ
BALUSTRADES

TL3031 - 3.0 kN/m Side Mount

statische berekening aluminium profiel met verankering

3432-12001-TL3031 rev. D

high quality full-glass balustrades

TL3031 - 3.0 kN/m Side Mount

3432-12001-TL3031 rev. D

statische berekening aluminium profiel met verankering

Opdrachtgever: SPARQ Balustrades
Innovatielaan 25
8447 SN Heerenveen
tel. 0513-617073

Bron: ONLEVEL

rev.	datum	paraaf	omschrijving
A	2013-01-25	WG	
B	2013-03-07	WG	verduideling windbelasting
C	2015-04-03	WG	correctie prentje §2
D	2016-12-08	WG	lijmanker gewijzigd in Hilti

ing.

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

Besloten vennootschap; inschrijving K.v.K. nummer 14622259
BTW-nummer: NL.0059.43.917.B.01
Opdrachten worden aanvaard en uitgevoerd overeenkomstig de geldende DNR 2011 zoals gedeponeerd ter griffie van de Rechtbank te Amsterdam onder nummer 78/2011.
Deze zijn ter inzage en worden u op verzoek toegezonden.

Inhoud

1 Van toepassing zijnde normen 3
2 Omschrijving 3
3 Uitgangspunten berekening 4
3.1 Belastingen 4
3.2 Materialen 4
4 Berekening 5
5 Conclusie en ontwerp-instructies 5
Bijlage 1 - berekening aluminium profiel 6
Bijlage 2 - berekening verankeringsmiddelen 12
Bijlage 3 - berekening boorankers 13
Bijlage 4 - relevante profieldiktes 20

1 Van toepassing zijnde normen

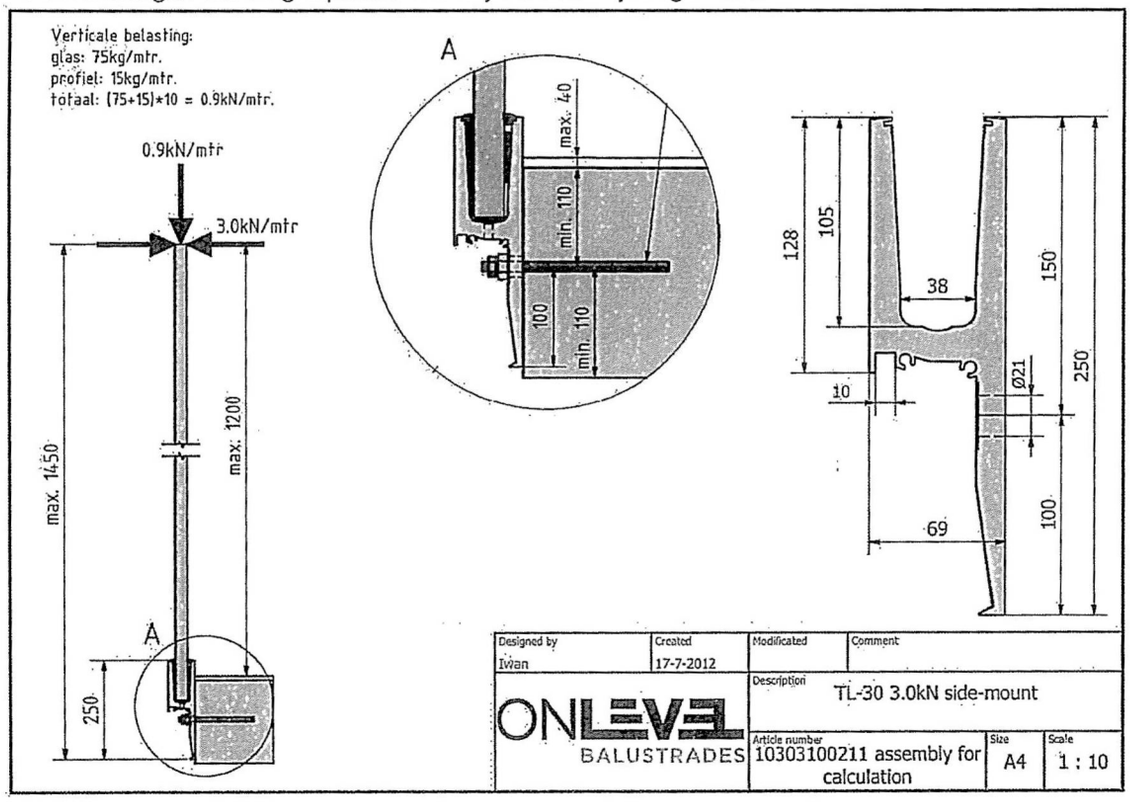
De berekening is gebaseerd op de Eurocodes, in het bijzonder:

NEN-EN 1990:2011	grondslagen voor het constructief ontwerp
NEN-EN 1991-1-1:2011	algemene belastingen: eigen gewicht en opgelegde belastingen
NEN-EN 1991-1-4:2011	algemene belastingen: windbelastingen
NEN-EN 1993-1-1:2011	ontwerp en berekening van staalconstructies: algemeen
NEN-EN 1993-1-8:2011	ontwerp en berekening van staalconstructies: verbindingen
NEN-EN 1999-1-1:2011	ontwerp en berekening van aluminiumconstructies

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

2 Omschrijving

In dit rapport is de verankering met het aluminium vloerrandprofiel "TL3031 - 3.0 kN/m Side Mount" voor het Trans Level glasbalustrade-systeem nader berekend.
De berekeningen van de glaspanelen zelf zijn afzonderlijk uitgevoerd.



Voor de benodigde boorankers zie bijlage 2.

Voor de relevante profieldiktes zie bijlage 4.

3 Uitgangspunten berekening

3.1 Belastingen

Gevolgklasse CC2 (vlg. H.2 van NEN 2608)
Gehanteerde belastingfactoren op basis van gevolgklasse CC2:
Formule (6.10b) maatgevend: $\gamma_G = 1.2$ $\gamma_Q = 1.5$

Horizontale belastingen op afscheidingen bij een hoogteverschil vlg. bijlage NB.A van NEN 1991-1-1(NB):
In afwijking van tabel NB.6 is de verankering berekend op onderstaande afzonderlijke belastingen:

lijnlast **$q_{rep} = 3.0$ kN/m**
geconcentreerde belasting **$F_{rep} = 1.0$ kN**

(hiermee worden alle toepassingen gedekt en wordt aangesloten op de voorwaarden in enkele andere EU landen).
De verankering is berekend bij de maximale voorgeschreven hoogte van **1.20 m**.

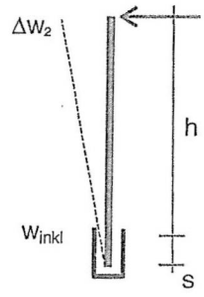
3.2 Materialen

Geëxtrudeerde aluminium profielen:	EN AW 6063-T6	
	f_o = 150 N/mm^2	
	f_u = 185 N/mm^2	
	(aangepast vlg. opgave producent i.v.m. totale profieldikte)	
Stalen onderdelen:	S235	
Bouten/moeren:	8.8	(indien RVS: A4-80)
	f_{yb} = 600 N/mm^2	
	f_{ub} = 800 N/mm^2	

Minimaal vereiste betonkwaliteit voor boorankers: C25/30

4 Berekening

Voor de berekening van het aluminium profiel zelf zie bijlage 1.



De insteekmaat is: s = 90 mm

De relatieve doorbuiging van het profiel is: w_{inkl} = **1.33 mm**
bij q_{rep} = **1.0** kN en h = 1,20 m

Voor de berekening van de verankeringen van het profiel aan de bouwkundige constructie, zie bijlage 2.

5 Conclusie en ontwerp-instructies

Het berekende profiel met zijn verankeringen voldoet bij de gegeven belastingen.

Horizontale doorbuiging:
De doorbuiging van de glasbalustrade is de som van de doorbuiging van de glasplaat zelf en de doorbuiging ten gevolge van het swing-effect door vervorming van het vloerrandprofiel.
Voor de berekening van de doorbuiging van de glasbalustrade dient, bij afzonderlijke berekening van het glaspaneel, de doorbuiging van het glaspaneel te worden gesuperponeerd met:

$$\Delta w_2 = w_{inkl} \cdot q_{rep} \cdot \frac{(h+s)^2}{1290 \cdot s} = 1.33 \cdot q_{rep} \cdot \frac{(h+90)^2}{1290 \cdot 90}$$

→ h = 1.00 m: $\Delta w_2 = 13.6 \cdot q_{rep}$ [mm]
→ h = 1.20 m: $\Delta w_2 = 19.1 \cdot q_{rep}$ [mm]
waarin q_{rep} (F_{rep}) de belasting vlg. tabel NB.6 in de beschouwde toepassing

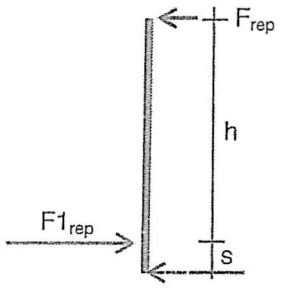
Windbelasting:
De maximale extreme stuwdruk q_p vlg. NEN-EN 1991-1-4(NB) in een buitentoepassing is, gerelateerd aan de lijnlast q_{rep}:

uitgaande van: $\gamma_Q = 1.5$
Volgens tabel NB 17-7.9 van NEN-EN 1991-1-4(NB) voor borstweringen met omgezette randen:
$c_{p,net}$ = +/- 1,8 (panelen binnen 2h van rand maatgevend)

$q_{rep} \cdot (h_{ontw} + s) = c_{p,net} \cdot q_p \cdot h \cdot (0.5h+s)$
$q_p \leq \{q_{rep} \cdot (h_{ontw} + s)\} / \{ c_{p,net} \cdot h \cdot (0.5h+s)\}$
→ extreme stuwdruk bij h = 1.00 m:
$q_p \leq \{3.00 \cdot (1.20+0.09) / \{1.8 \cdot 1.00 \cdot (0.5 \cdot 1.00 + 0.09)\} =$ **3.65 kN/m²**
→ extreme stuwdruk bij h = 1.20 m: $q_p \leq (q_{rep} \cdot 2.4 / (c_{p,net} \cdot h^2)^{0,5}$
$q_p \leq \{3.00 \cdot (1.20+0.09) / \{1.8 \cdot 1.20 \cdot (0.5 \cdot 1.20 + 0.09)\} =$ **2.61 kN/m²**

De maximale hoogte waarop het borstweringsprofiel kan worden toegepast, kan per windgebied worden bepaald m.b.v. tabel NB.5 van NEN-EN 1991-1-4(NB).
Hierbij dient wel rekening te zijn gehouden met de voorwaarden die bij de toepassing van deze tabel zijn gesteld.

Bijlage 1 - berekening aluminium profiel



F_{rep} = 3.00 kN/m
resp. -1.00 kN/m (niet maatgevend)

h = 1200 mm
s = 90 mm

Het profiel is berekend bij een lengte van l_s = 750 mm:

$F1_{rep}$ = $F_{rep} \cdot (h+s) / s$ = 3.00 · (1200+90)/90 = 43.00 kN/m * l_s = 32.25 kN
$F2_{rep}$ = $F1_{rep} - F_{rep}$ = 43.00 - 3.00 = 40.00 kN/m * l_s = 30.00 kN

Het profiel wordt elastisch berekend met de representatieve waarde van de optredende krachten, waarbij de spanningen in de BGT begrensd worden op:

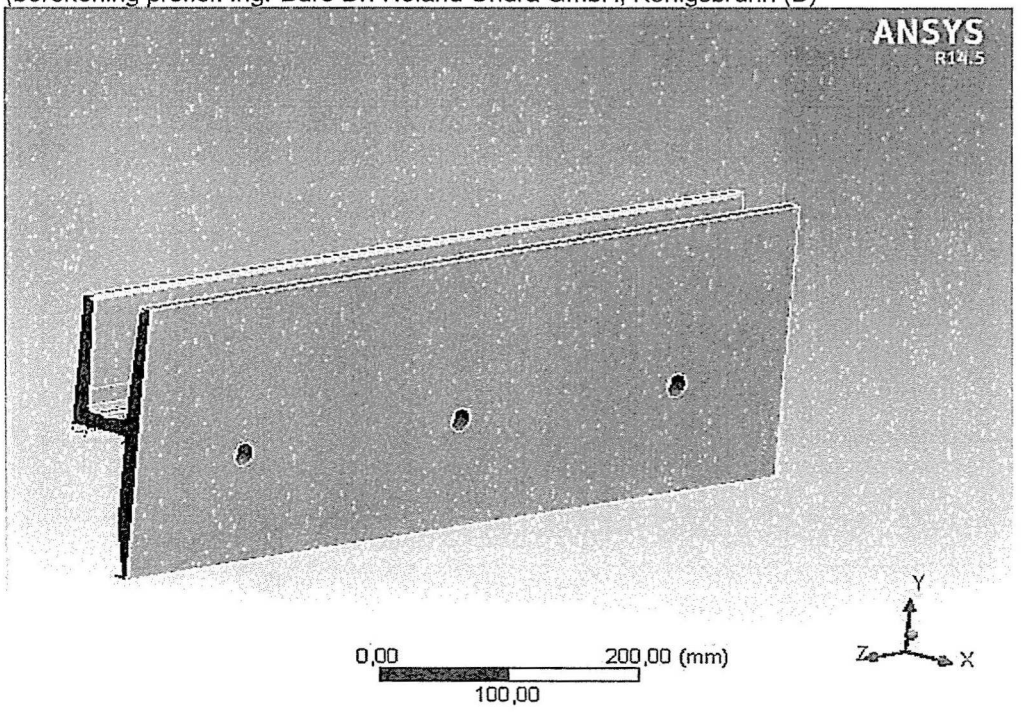
Herleiding van 6.2.5 van NEN-EN 1999-1-1(NB):

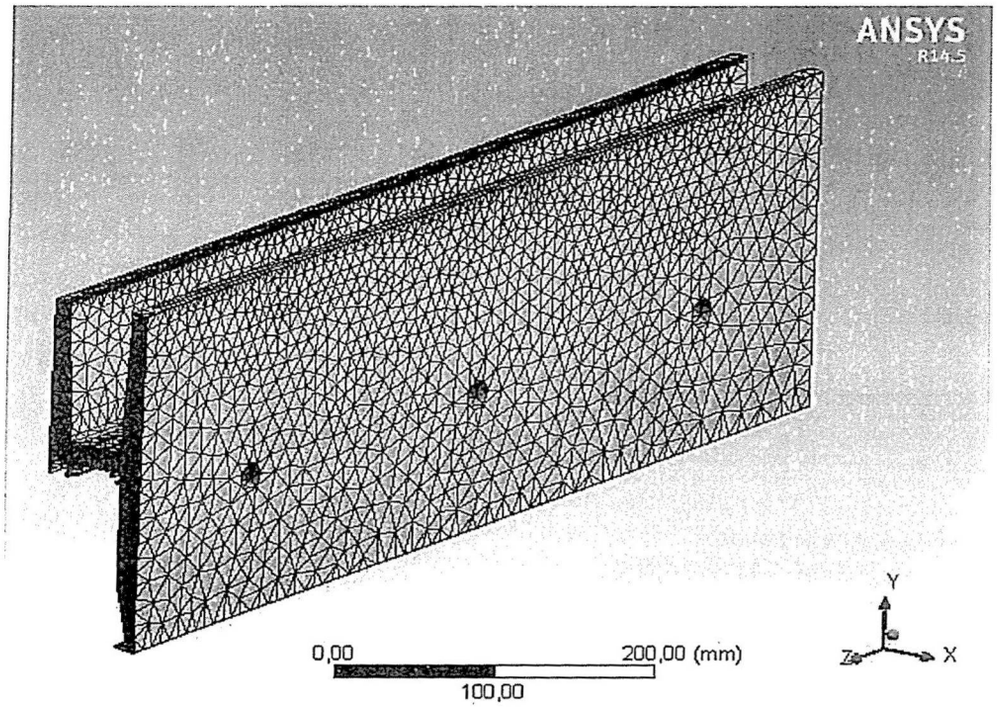
$M_{u,Rd} = W_{net} \cdot f_u / \gamma_{M2}$
$M_{c,Rd} = \alpha \cdot W_{el} \cdot f_o / \gamma_{M1}$

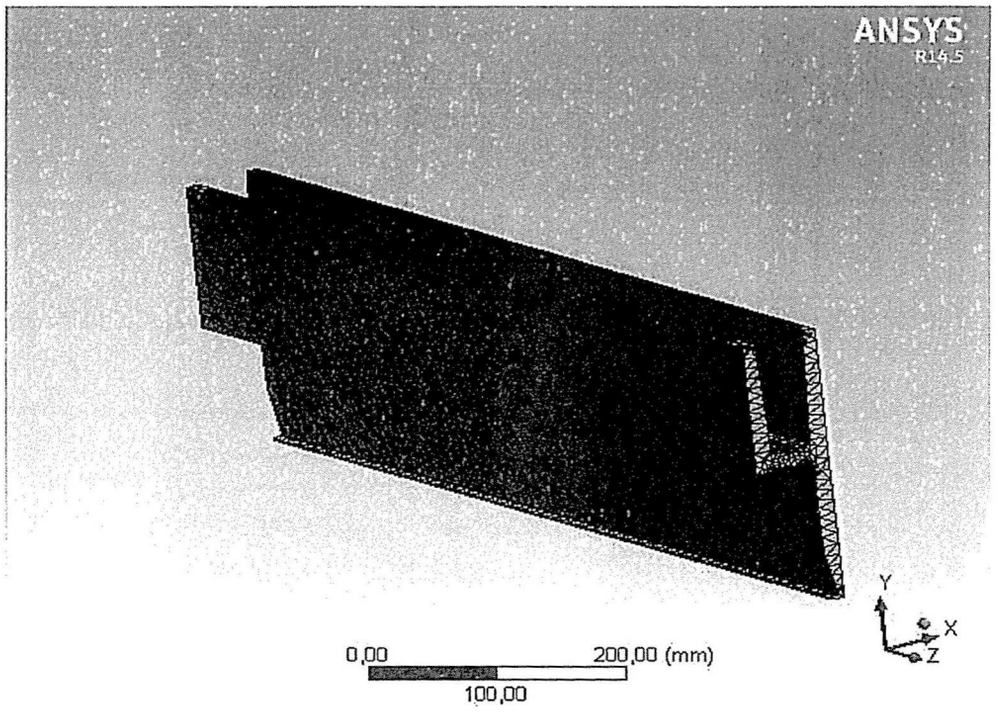
waarin: γ_{M2} = 1.25 γ_{M1} = 1.10
$\alpha = 1.5 = W_{pl} / W_{el}$ voor doorsnedeklasse 1 en 2 (massief, niet gelast) $\sigma_{rep} \leq$ $(f_u / \gamma_{M2})/\gamma_Q$ = (185 / 1.25) / 1.50 = 98.7 N/mm^2

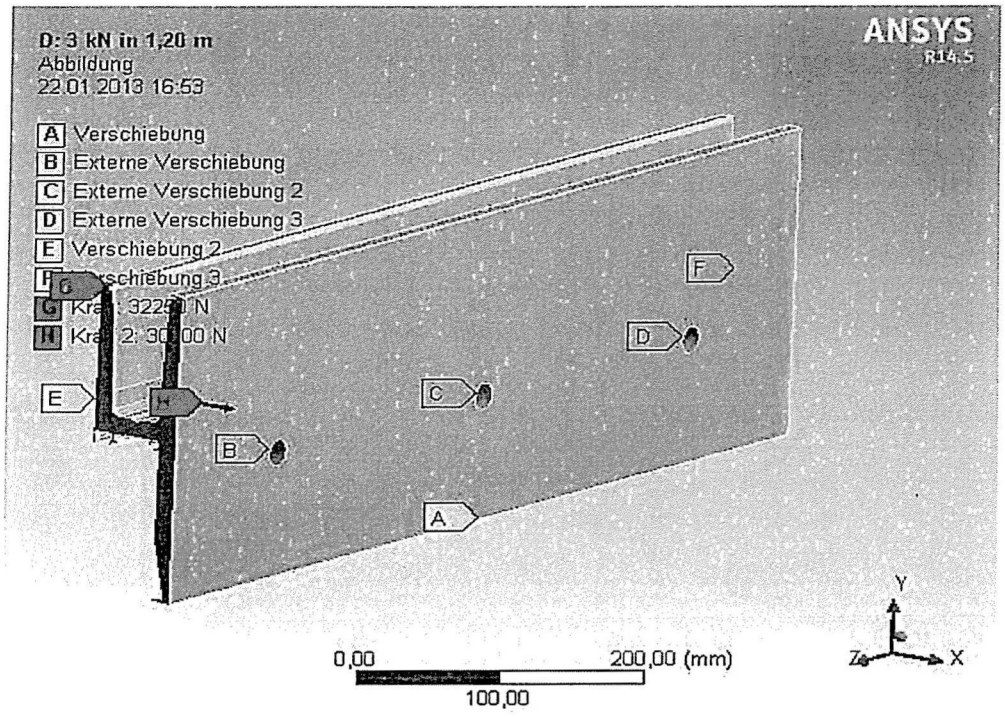
$\sigma_{rep} \leq (\alpha \cdot f_o / \gamma_{M1})/\gamma_Q$ = (1,5 · 150 / 1.10) / 1.50 = 136.4 N/mm^2 → $\sigma_{rep} \leq$ 98.7 N/mm^2

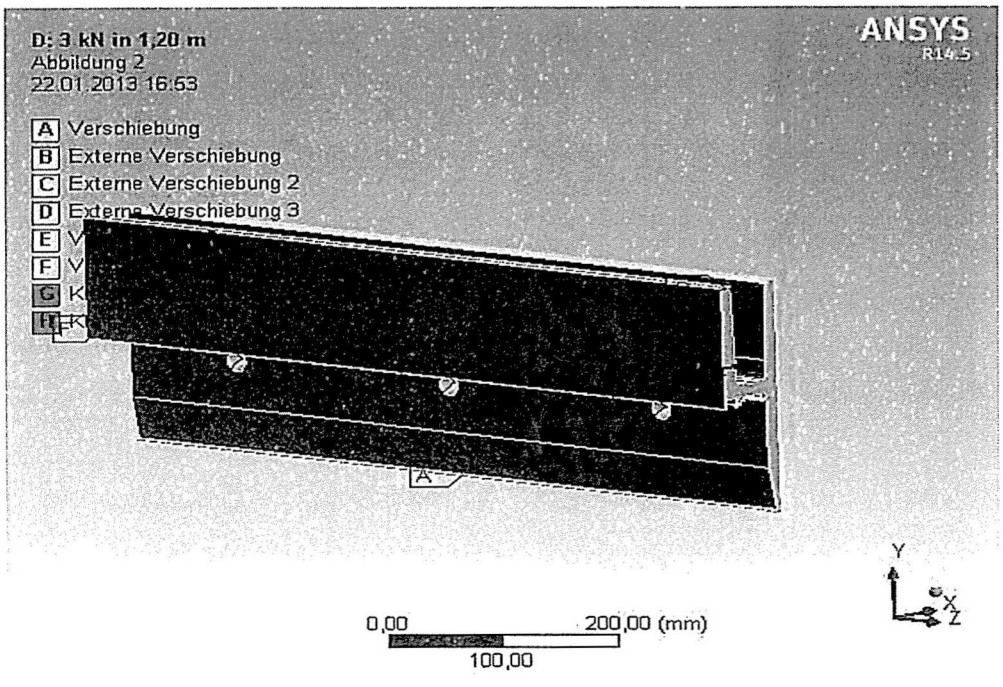
(berekening profiel: Ing.-Büro Dr. Roland Ondra GmbH, Königsbrunn (D)

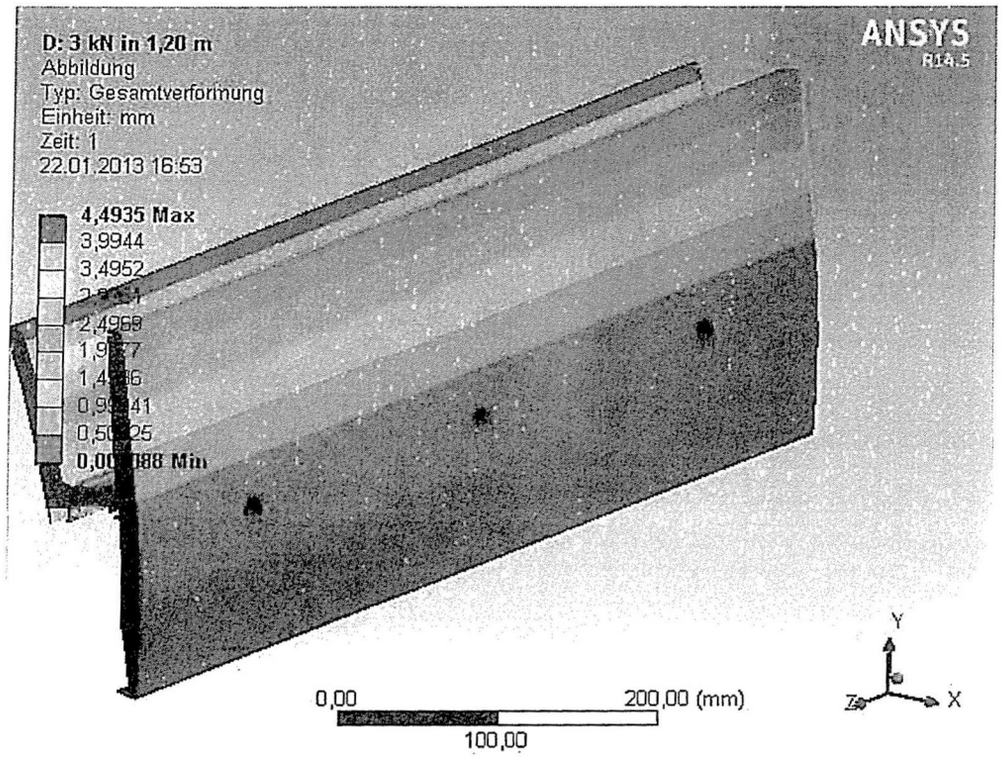



ANSYS
R14.5
0,00
200,00 (mm)
100,00
Y
Z
X

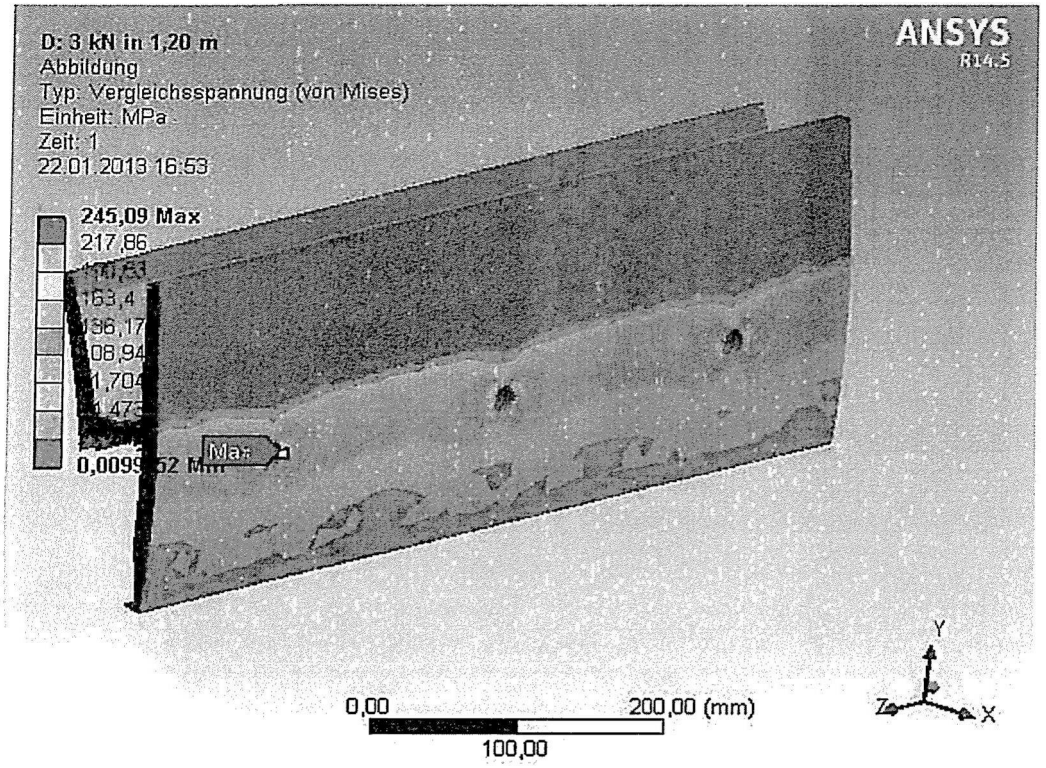

ANSYS
R14.5
0,00
200,00 (mm)
100,00
Y
X
Z

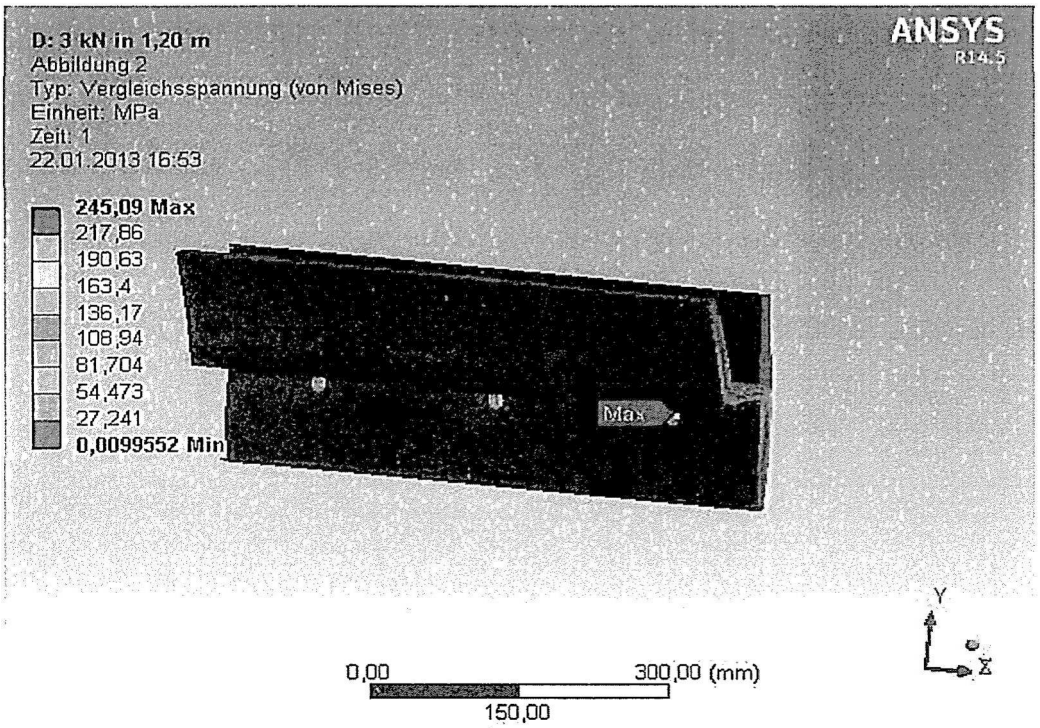

D: 3 kN in 1,20 m
Abbildung
22.01.2013 16:53
ANSYS
R14.5
A Verschiebung
B Externe Verschiebung
C Externe Verschiebung 2
D Externe Verschiebung 3
E Verschiebung 2
F Verschiebung 3
G Kraft: 3225.0 N
H Kraft 2: 3000.00 N
0,00
200,00 (mm)
100,00
Y
Z
X

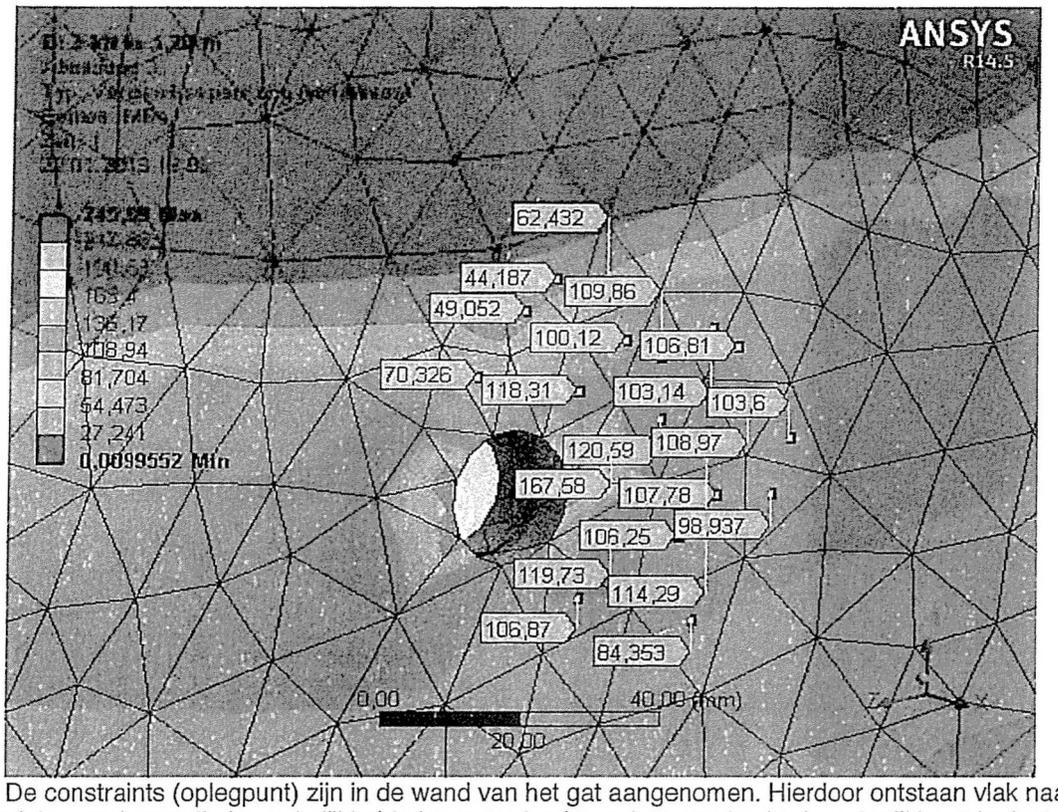

D: 3 kN in 1,20 m
Abbildung 2
22.01.2013 16:53
ANSYS
R14.5
A Verschiebung
B Externe Verschiebung
C Externe Verschiebung 2
D Externe Verschiebung 3
0,00
200,00 (mm)
100,00
Y
X
Z



Bij 1 kN/m → w = 3.9944/3 = 1.33 mm

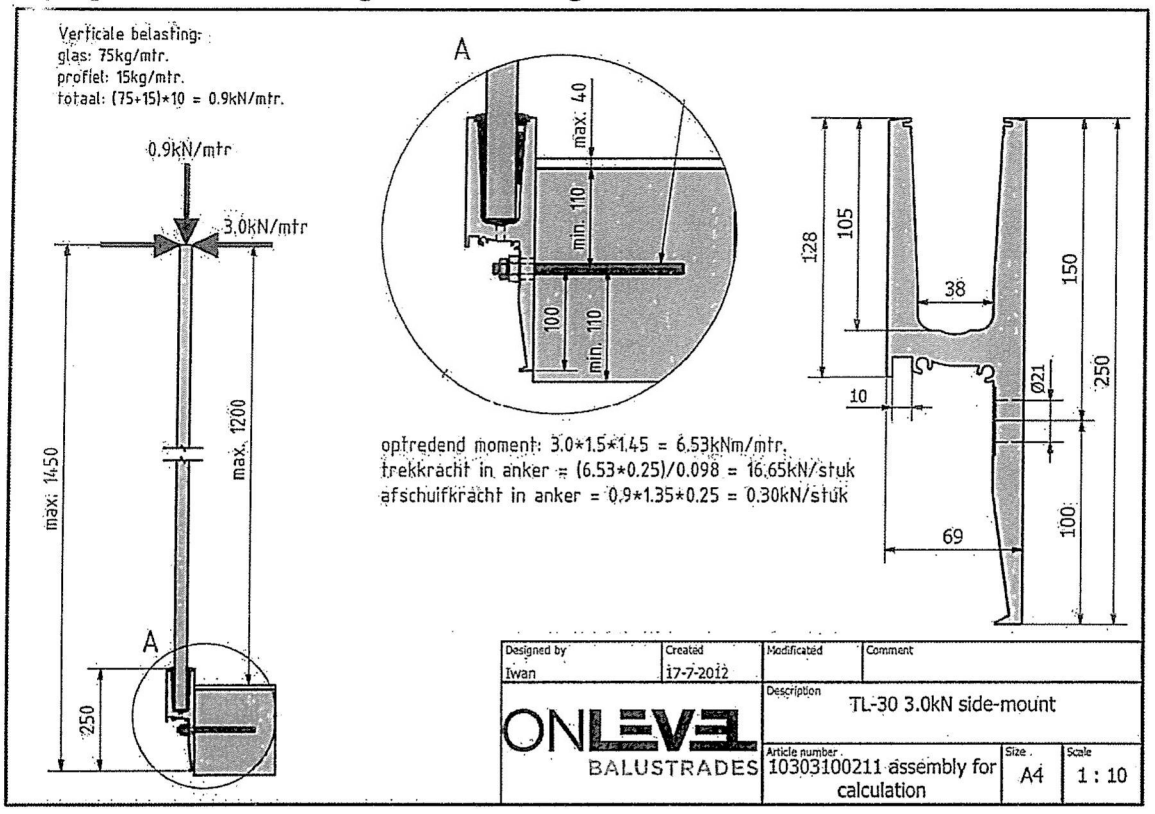

D: 3 kN in 1,20 m
Abbildung
Typ: Vergleichsspannung (von Mises)
Einheit: MPa
Zeit: 1
22.01.2013 16:53
245,09 Max
217,86
163,4
108,94
Max
0,00
200,00 (mm)
100,00
ANSYS
R14.5
Y
Z
X


D: 3 kN in 1,20 m
Abbildung 2
Typ: Vergleichsspannung (von Mises)
Einheit: MPa
Zeit: 1
22.01.2013 16:53
245,09 Max
217,86
190,63
163,4
136,17
108,94
81,704
54,473
27,241
0,0099552 Min
Max
0,00
300,00 (mm)
150,00
ANSYS
R14.5
Y
Z



De constraints (oplegpunt) zijn in de wand van het gat aangenomen. Hierdoor ontstaan vlak naast het gat piekspanningen die in werkelijkheid niet optreden i.v.m. lastoverdracht door de dikke volgplaat en bout.

Bijlage 2 - berekening verankeringsmiddelen



Boorankers in beton
Voor de berekening van de boorankers zie bijlage 3.
Minimaal vereiste betonkwaliteit voor boorankers: C25/30

De benodigde boorankers:
- bij toepassing binnen: **Hilti HIT-HY 200-A + HIT-V-F (5.8) M10 (h_{ef} = 152mm) h.o.h. 250 mm**
- bij toepassing buiten: **Hilti HIT-HY 200-A + HIT-V-R M10 (h_{ef} = 152mm) h.o.h. 250 mm**

Voor de boorankers kunnen alternatieve ankers worden toegepast, mits voor deze ankers door berekening op basis van ETAG bijlage C is aangetoond, dat de ankers bij de optredende krachten en in de gegeven situatie voldoen.

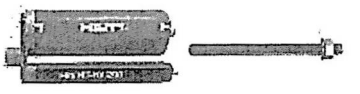
Bijlage 3 - berekening boorankers

www.hilti.nl — **Profis Anchor 2.7.1**

Firma:		Bladzijde:	1
Constructeur:		Project:	
Adres:		Sub-Project I Pos. Nr.:	
Tel. I Fax:	I	Datum:	04-01-2017
E-mail:			

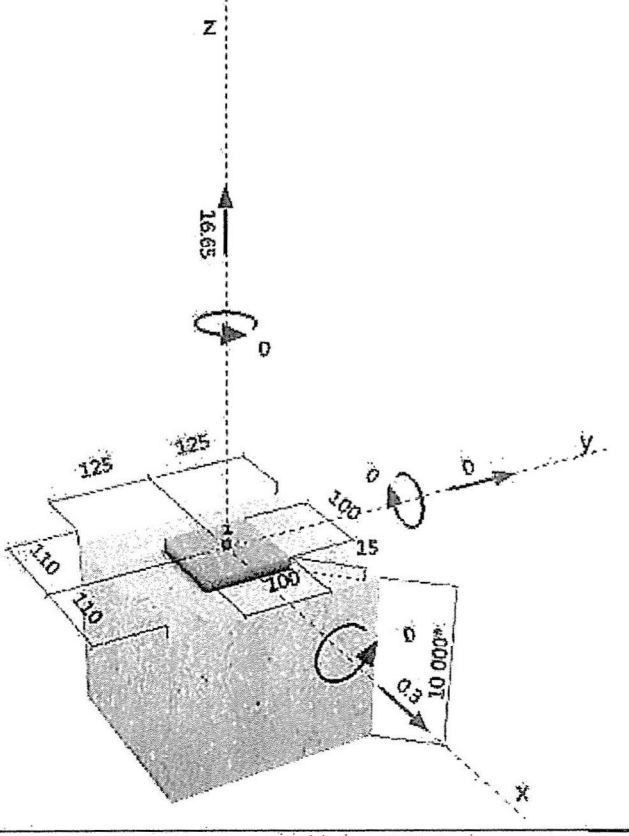
Opmerkingen van de constructeur:

1 Invoergegevens



Ankertype en -afmeting:	HIT-HY 200-A + HIT-V-F (5.8) M10
Effectieve verankeringsdiepte:	$h_{ef,act}$ = 152 mm (h_{nom} = 200 mm)
Materiaal:	5.8
Goedkeuring nr.:	ETA 11/0493
Uitgegeven I Geldig:	15-04-2015 I 15-04-2020
Aantoning:	rekenmethode ETAG methode voor lijmankers; EOTA TR 029
Afstandsmontage:	e_b = 0 mm (geen afstandsmontage); t = 15 mm
Ankerplaat:	l_x x l_y x t = 100 mm x 100 mm x 15 mm; (Aanbevolen ankerplaatdikte: niet berekend
Staalprofiel:	geen profiel
Ondergrond:	gescheurd beton, C25/30, f_{cc} = 30.00 N/mm²; h = 10000 mm, Temp. korting: 40/24 °C
Plaatsing:	**hamergeboord gat, plaatsingsconditie: droog**
Wapening:	Geen wapening of wapening met staafafstand >= 150 mm (elke Ø) of >= 100 (Ø <= 10mm) geen rechte randwapening

Geometrie [mm] & Belastingen [kN, kNm]

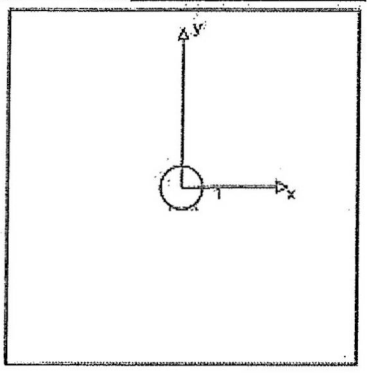


Invoergegevens en resultaten moeten worden gecontroleerd op overeenstemming met de realiteit en op waarschijnlijkheid
PROFIS Anchor (c) 2003-2009 Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti is een geregistreerd handelsmerk van Hilti AG, Schaan

www.hilti.nl **Profis Anchor 2.7.1**

Firma:		Bladzijde:	2
Constructeur:		Project:	
Adres:		Sub-Project I Pos. Nr.:	
Tel. I Fax:		Datum:	04-01-2017
E-mail:			

2 Belastingsituatie/Resulterende ankerlasten



Belastingsituatie: Rekenwaarden belasting

Ankerreacties [kN]
Trekkracht: (+ Trek, - Druk)

Anker	Trekkracht	Afschuifkracht	Afschuifkracht x	Afschuifkracht y
1	16.650	0.300	0.300	0.000

max. staal van het beton: - [%]
max. betondrukspanning: - [N/mm²]
resulterende trekkracht in (x/y)=(0/0): 16.650 [kN]
resulterende drukkracht in (x/y)=(0/0): 0.000 [kN]

3 Treklast (EOTA TR 029, paragraaf 5.2.2)

	Belasting [kN]	Capaciteit [kN]	Benutting β_N [%]	Status
Staalbreuk*	16.650	19.333	87	OK
Gecombineerd bezwijken door uittrekken en betonkegelbreuk**	16.650	16.674	100	OK
Betonkegelbreuk**	16.650	16.966	99	OK
Splijten**	16.650	43.879	38	OK

* ongunstigste anker **ankergroep (ankers onder trekbelasting)

3.1 Staalbreuk

$N_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$N_{Rd,s}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
29.000	1.500	19.333	16.650

3.2 Gecombineerd bezwijken door uittrekken en betonkegelbreuk

$A_{c,N}$ [mm²]	$A^0_{c,N}$ [mm²]	$\tau_{Rk,ucr,25}$ [N/mm²]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	c_{min} [mm]
55000	62500	18.00	310	155	110

h_{ef} [mm]	$c_{cr,Nb}$ [mm]	$s_{cr,Np}$ [mm]
123	125	250

$\psi_{c,N}$	$\tau_{Rk,c}$ [N/mm²]	k	$\psi^0_{c,Ncr}$	$\psi_{c,Ncr}$
1.020	7.65	2.300	1.000	1.000

$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	$\psi_{re,Np}$
0	1.000	0	1.000	0.964	1.000

$N^0_{Rk,c}$ [kN]	$N_{Rk,p}$ [kN]	$\gamma_{M,p}$	$N_{Rd,c}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
29.483	25.011	1.500	16.674	16.650

3.3 Betonkegelbreuk

$A_{c,N}$ [mm²]	$A^0_{c,N}$ [mm²]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]
55000	62500	228	456

h_{ef} [mm]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]
83	125	250

$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$
0	1.000	0	1.000	0.964	1.000

k_{cr}	$N^0_{Rk,c}$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$N_{Rd,c}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
7.200	30.000	1.500	16.966	16.650

Invoergegevens en resultaten moeten worden gecontroleerd op overeenstemming met de feitelijke en op waarschijnlijkheid
PROFIS Anchor (c) 2003-2009 Hilti AG, FL-9494 Schaan Hilti is een geregistreerd handelsmerk van Hilti AG, Schaan

HILTI

www.hilti.nl — **Profis Anchor 2.7.1**

Firma:		Bladzijde:	3
Constructeur:		Project:	
Adres:		Sub-Project I Pos. Nr.:	
Tel. I Fax:	I	Datum:	04-01-2017
E-mail:			

3.4 Splijten

$A_{c,N}$ [mm²]	$A^0_{c,N}$ [mm²]	$c_{cr,sp}$ [mm]	$s_{cr,sp}$ [mm]	$\psi_{h,sp}$
55000	62500	152	304	1.408

h_{ef} [mm]	$c_{a1,sp}$ [mm]	$c^*_{a1,sp}$ [mm]
125	135	250

$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,sp}$	$\psi_{cp,N}$	k_1
0	1.000	0	1.000	0.964	1.000	7.200

$N^0_{Rk,c}$ [kN]	γ_{inst}	$N_{Rk,sp}$ [kN]	N_{cb} [kN]
55.114	1.500	43.879	16.650

www.hilti.nl **Profis Anchor 2.7.1**

Firma:		Bladzijde:	4
Constructeur:		Project:	
Adres:		Sub-Project I Pos. Nr.:	
Tel. I Fax:		Datum:	04-01-2017
E-mail:			

4 Afschuifbelasting (EOTA TR 029, paragraaf 5.2.3)

	Belasting [kN]	Capaciteit [kN]	Benutting β_V [%]	Status
Staalbreuk (zonder hefboomsarm)*	0.300	12.000	3	OK
Staalbreuk (met hefboomsarm)*	N.V.T.	N.V.T.	N.V.T.	N.V.T.
Betonachteruitbreken**	0.300	33.348	1	OK
Betonrandbreuk in richting x+**	0.300	8.606	4	OK

* ongunstigste anker **ankergroep (geactiveerde ankers)

4.1 Staalbreuk (zonder hefboomsarm)

$V_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{sd} [kN]
15.000	1.250	12.000	0.300

4.2 Betonachteruitbreken (door bezwijken lijmverbinding)

$A_{c,V}$ [mm²]	$A^{o}_{c,N}$ [mm²]	$\tau_{Rk,ucr,25}$ [N/mm²]	$c_{cr,Np}$ [mm]	$s_{cr,Np}$ [mm]	c_{min} [mm]
55000	62500	18.00	155	310	110

$c_{cr,Np}$ [mm]	$s_{cr,Np}$ [mm]
125	250

$\psi_{c,V}$	$\tau_{Rk,cr}$ [N/mm²]	k	k-factor	$\psi^{o}_{c,Np}$	$\psi_{c,Np}$
1.020	7.65	2.300	2.000	1.000	1.000

$\psi_{s,Np}$	$e_{c1,V}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,V}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{re,Np}$
0.964	0	1.000	0	1.000	1.000

$N^{o}_{Rk,c}$ [kN]	$N_{Rk,p}$ [kN]	$\gamma_{M,p}$	$V_{Rd,cp}$ [kN]	V_{sd} [kN]
29.483	25.011	1.500	33.348	0.300

4.3 Betonrandbreuk in richting x+

h_{cr} [mm]	d_{nom} [mm]	k_1	α	β
120	10.0	1.700	0.104	0.062

c_1 [mm]	$A_{c,V}$ [mm²]	$A^{o}_{c,V}$ [mm²]
110	41250	54450

$\psi_{s,V}$	$\psi_{h,V}$	$\psi_{\alpha,V}$	$e_{c,V}$ [mm]	$\psi_{ec,V}$	$\psi_{re,V}$
0.927	1.000	1.000	0	1.000	1.000

$V^{o}_{Rk,c}$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$V_{Rd,c}$ [kN]	V_{cd} [kN]
18.376	1.500	8.606	0.300

5 Combinatie van trek en afschuiving (EOTA TR 029, paragraaf 5.2.4)

β_N	β_V	α	Benutting $\beta_{N,V}$ [%]	Status
0.999	0.035	1.000	87	OK

$(\beta_N + \beta_V)^{\alpha} / 1.2 \leq 1$

Invoergegevens en resultaten moeten worden gecontroleerd op overeenstemming met de richtlijnen en op waarschijnlijkheid!
PROFIS Anchor (c) 2003-2009 Hilti AG, FL-9494 Schaan Hilti is een geregistreerd handelsmerk van Hilti AG, Schaan

www.hilti.nl **Profis Anchor 2.7.1**

Firma:		Bladzijde:	5
Constructeur:		Project:	
Adres:		Sub-Project I Pos. Nr.:	
Tel. I Fax:		Datum:	04-01-2017
E-mail:			

6 Verplaatsingen (hoogst belaste anker)

Kortdurende belastingen

N_{sk} = 12.333 [kN] δ_N = 0.181 [mm]

V_{sk} = 0.222 [kN] δ_V = 0.013 [mm]

δ_{NV} = 0.181 [mm]

Langeduur-belastingen

N_{sk} = 12.333 [kN] δ_N = 0.413 [mm]

V_{sk} = 0.222 [kN] δ_V = 0.018 [mm]

δ_{NV} = 0.414 [mm]

NB: Verplaatsingen t.g.v. trekbelasting zijn gebaseerd op de helft van het vereiste aandraaimoment voor ongescheurd beton! Verplaatsingen t.g.v. afschuiving zijn bepaald zonder inachtneming van wrijving tussen beton en ankerplaat! De speling als gevolg van toleranties in boorgatdiameter en gatdiameter in ankerplaat wordt niet beschouwd in deze berekening!

Hoeveel verplaatsing toelaatbaar is, hangt af van de verbinding en dient door de constructeur te worden bepaald!

7 Waarschuwingen

- De ankerplaat wordt verondersteld voldoende stijf te zijn zodat geen vervorming optreedt onder invloed van de optredende belastingen!
- De overdracht van de belastingen in de ondergrond moet worden gecontroleerd volgens EOTA TR 029 paragraaf 7!
- De berekening is enkel geldig indien het boutgat in de ankerplaat niet groter is dan de waarde die is opgegeven in Tabel 4.1 van EOTA TR 029! Voor grotere boutgatdiameters zie Hoofdstuk 1.1 van EOTA TR029!
- De lijst van benodigdheden is slechts ter informatie voor de gebruiker. In elk geval, dienen de gebruiksinstructies behorende bij het produkt opgevolgd te worden om een juiste installatie te bewerkstelligen.
- Boorgatreiniging moet volgens de gebruiksaanwijzigingen worden uitgevoerd (2x blazen met olievrije perslucht (min. 6 bar), 2x borstelen, 2x blazen met olievrije perslucht (min. 6 bar)).
- Karakteristieke hechtspanningen zijn afhankelijk van korte en lange termijn temperaturen.
- Neem contact op met Hilti om leverbaarheid van HIT-V ankerstang te controleren.
- Er is geen randwapening vereist om splijten te voorkomen

Verbinding is VEILIG!

Invoergegevens en resultaten moeten worden gecontroleerd op overeenstemming met de realiteit en op waarschijnlijkheid!
PROFIS Anchor (c) 2003-2009 Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti is een geregistreerd handelsmerk van Hilti AG, Schaan

HILTI

www.hilti.nl

Profis Anchor 2.7.1

Firma:		Bladzijde:	6
Constructeur:		Project:	
Adres:		Sub-Project I Pos. Nr.:	
Tel. I Fax:	I	Datum:	04-01-2017
E-mail:			

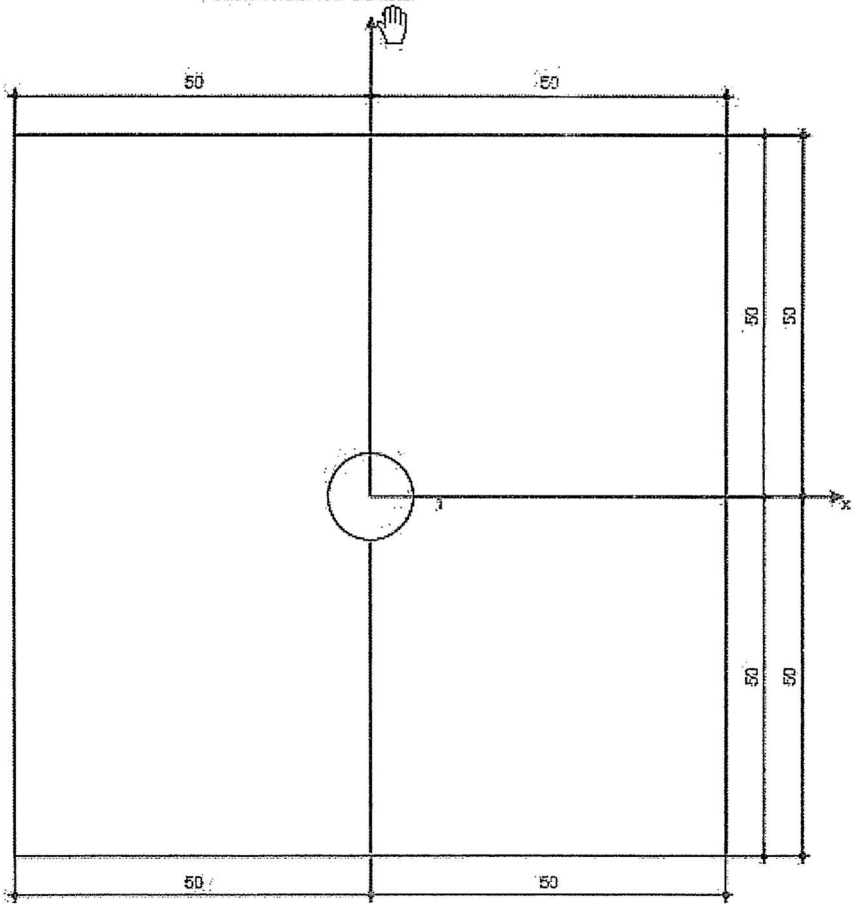
8 Plaatsingsgegevens

Ankerplaat, staal: -
Staalprofiel: geen profiel
Gatdiameter in ankerplaat: d_f = 12 mm
Ankerplaatdikte (invoer): 15 mm
Aanbevolen ankerplaatdikte: niet berekend
Boormethode: Hamergeboord
Boorgatreiniging: Premium boorgatreiniging is vereist

Ankertype en -afmeting: HIT-HY 200-A + HIT-V-F (5.8) M10
Aandraaimoment: 0.020 kNm
Boorgatdiameter: 12 mm
Boorgatdiepte in ondergrond: 152 mm
Minimale dikte van de ondergrond: 182 mm

8.1 Vereiste toebehoren

Boren	Boorgatreiniging	Plaatsing
• Hamerboormachine • Juiste boordiameter	• Perslucht met benodigde toebehoren om van onder in het gat te blazen. • Juiste borstel voor diameter	• Dispenser inclusief cassette en mixtuit • Momentsleutel



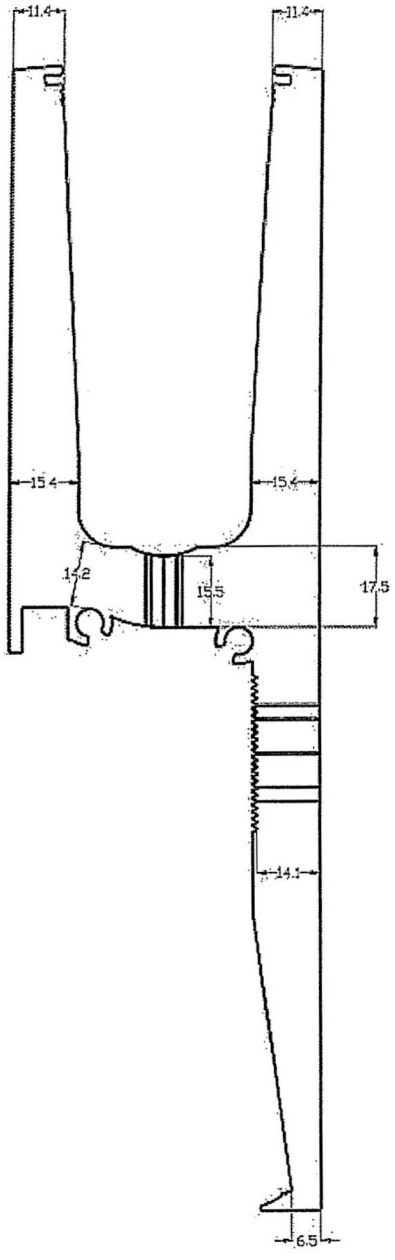
Ankercoördinaten [mm]

Anker	x	y	$c_{x,1}$	$c_{x,2}$	$c_{y,1}$	$c_{y,2}$
1	0	0	110	110	125	125

Invoergegevens en resultaten moeten worden gecontroleerd op overeenstemming met de realiteit en op waarschijnlijkheid!
PROFIS Anchor (c) 2003-2009 Hilti AG, FL-9494 Schaan. Hilti is een geregistreerd handelsmerk van Hilti AG, Schaan

Toepassing "buiten"
Uit berekening blijkt dat hetzelfde anker in A4 kwaliteit identieke resultaten oplevert.
Deze zijn derhalve niet nader in deze berekeningen opgenomen.

Bijlage 4 - relevante profieldiktes



SPARQ
BALUSTRADES

TL5010 - 1.0 kN/m Top Mount

statische berekening aluminium profiel met verankering

3432-12001-TL5010 rev. E

high quality full-glass balustrades

TL5010 - 1.0 kN/m Top Mount

3432-12001-TL5010 rev. E

statische berekening aluminium profiel met verankering

Opdrachtgever: SPARQ Balustrades
Innovatielaan 25
8447 SN Heerenveen
tel. 0513-617073

Bron: ONLEVEL

rev.	datum	paraaf	omschrijving
A	2013-01-31	WG	
B	2013-03-07	WG	verduideling windbelasting
C	2013-06-25	WG	correctie afstand bevestigingen
D	2015-04-03	WG	correctie prentje § 2
E	2017-04-10	WG	stalen steun geoptimaliseerd

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

Besloten vennootschap; inschrijving K.v.K. nummer 14622259
BTW-nummer: NL.0059.43.917.B.01
Opdrachten worden aanvaard en uitgevoerd overeenkomstig de geldende DNR 2011 zoals gedeponeerd ter griffie van de Rechtbank te Amsterdam onder nummer 78/2011.
Deze zijn ter inzage en worden u op verzoek toegezonden.

Inhoud

1 Van toepassing zijnde normen 3
2 Omschrijving 3
3 Uitgangspunten berekening 4
3.1 Belastingen 4
3.2 Materialen 4
4 Berekening 5
5 Conclusie en ontwerp-instructies 5
Bijlage 1 - berekening aluminium profiel 7
Bijlage 2 - berekening verankeringsmiddelen 17
Bijlage 3 - berekening boorankers 23
Bijlage 4 - relevante profieldiktes 38

1 Van toepassing zijnde normen

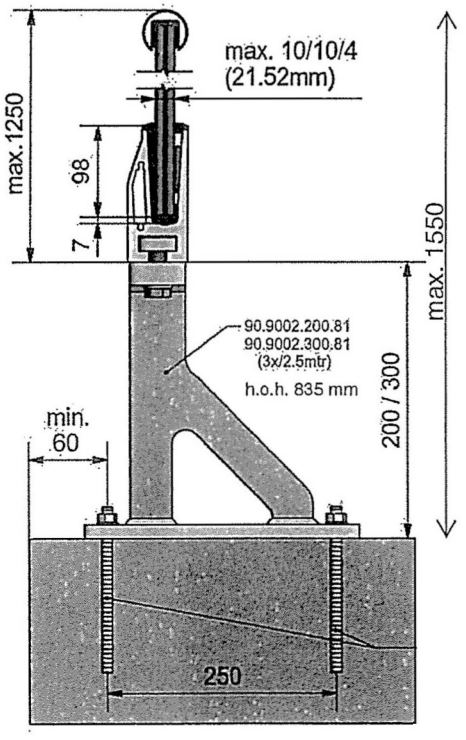
De berekening is gebaseerd op de Eurocodes, in het bijzonder:

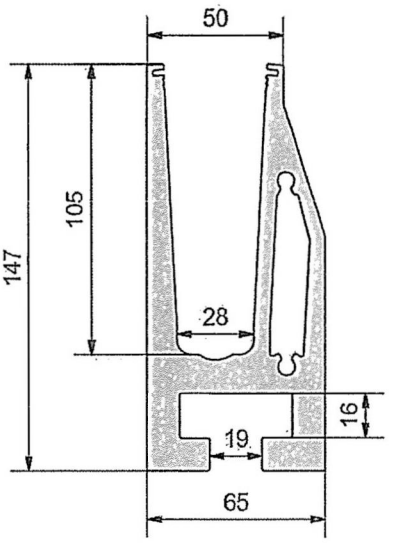
NEN-EN 1990:2011	grondslagen voor het constructief ontwerp
NEN-EN 1991-1-1:2011	algemene belastingen: eigen gewicht en opgelegde belastingen
NEN-EN 1991-1-4:2011	algemene belastingen: windbelastingen
NEN-EN 1993-1-1:2011	ontwerp en berekening van staalconstructies: algemeen
NEN-EN 1993-1-8:2011	ontwerp en berekening van staalconstructies: verbindingen
NEN-EN 1999-1-1:2011	ontwerp en berekening van aluminiumconstructies

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

2 Omschrijving

In dit rapport is de verankering met het aluminium vloerrandprofiel "**TL5010 - 1.0 kN/m Top Mount**" voor het Trans Level glasbalustrade-systeem nader berekend.
De berekeningen van de glaspanelen zelf zijn afzonderlijk uitgevoerd.





Voor de benodigde boorankers zie bijlage 2.

Voor de relevante profieldiktes zie bijlage 4.

3 Uitgangspunten berekening

3.1 Belastingen

Gevolgklasse CC2 (vlg. H.2 van NEN 2608)
Gehanteerde belastingfactoren op basis van gevolgklasse CC2:
Formule (6.10b) maatgevend: $\gamma_G = 1.2$ $\gamma_Q = 1.5$

Horizontale belastingen op afscheidingen bij een hoogteverschil vlg. bijlage NB.A van NEN 1991-1-1(NB):
In afwijking van tabel NB.6 is de verankering berekend op onderstaande afzonderlijke belastingen:

lijnlast **$q_{rep} = 1.0$ kN/m**
geconcentreerde belasting **$F_{rep} = 1.0$ kN**

(hiermee worden alle toepassingen m.u.v. 3 kN/m gedekt en wordt aangesloten op de voorwaarden in enkele andere EU landen).
De verankering is berekend bij de voorgeschreven hoogte van **1.20 m**.

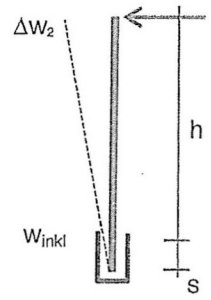
3.2 Materialen

Geëxtrudeerde aluminium profielen:	EN AW 6063-T6	
	f_o = 160 N/mm^2	
	f_u = 195 N/mm^2	
Stalen onderdelen:	S235	
Bouten/moeren:	4.6	(indien RVS: A4-50)
	f_{yb} = 240 N/mm^2	
	f_{ub} = 400 N/mm^2	

Minimaal vereiste betonkwaliteit voor boorankers: C20/25 (bij alternatief anker 2: C25/30)

4 Berekening

Voor de berekening van het aluminium profiel zelf zie bijlage 1.
De beschouwde profiellengte is



De insteekmaat is: s = 90 mm

De relatieve doorbuiging van het profiel is: w_{inkl} = **0.669 mm ("duw")**
w_{inkl} = 1.651 mm ("trek")
bij q_{rep} = 1.0 kN en h = 1.20 m

Voor de berekening van de verankeringen van het profiel aan de bouwkundige constructie, zie bijlage 2.

5 Conclusie en ontwerp-instructies

Het berekende profiel met zijn verankeringen voldoet bij de gegeven belastingen.

Horizontale doorbuiging:
De doorbuiging van de glasbalustrade is de som van de doorbuiging van de glasplaat zelf en de doorbuiging ten gevolge van het swing-effect door vervorming van het vloerrandprofiel en het ondersteunende stalen anker (zie bijlage 2).
Voor de berekening van de doorbuiging van de glasbalustrade dient, bij afzonderlijke berekening van het glaspaneel, de doorbuiging van het glaspaneel te worden gesuperponeerd met:

$$\Delta w_2 = qrep \cdot [w_{inkl} \cdot \frac{(h+s)^2}{(1290) \cdot s} + \frac{(h+s)}{65/2} \cdot 0.16]$$

$$= q_{rep} \cdot \left[0.669 \cdot \frac{(h+90)^2}{1290 \cdot 90} + (h+90) \cdot 0.005 \right]$$

→ h = 1.00 m: $\Delta w_2 = \mathbf{12.3} \cdot q_{rep}$ [mm]
→ h = 1.20 m: $\Delta w_2 = \mathbf{16.4} \cdot q_{rep}$ [mm]
waarin q_{rep} (F_{rep}) de belasting vlg. tabel NB.6 in de beschouwde toepassing

Windbelasting:
De maximale extreme stuwdruk q_p vlg. NEN-EN 1991-1-4(NB) in een buitentoepassing is, gerelateerd aan de lijnlast q_{rep}:

uitgaande van: $\gamma_Q = 1.5$

Volgens tabel NB 17-7.9 van NEN-EN 1991-1-4(NB) voor borstweringen met omgezette randen:

$c_{p,net}$ = +/- 1,8 (panelen binnen 2h van rand maatgevend)

$q_{rep} \cdot (h_{ontw} + s) = c_{p,net} \cdot q_p \cdot h \cdot (0.5h+s)$

$\mathbf{q_p} \leq \{q_{rep} \cdot (h_{ontw} + s)\} / \{ c_{p,net} \cdot h \cdot (0.5h+s)\}$

→ extreme stuwdruk bij h = 1.00 m:

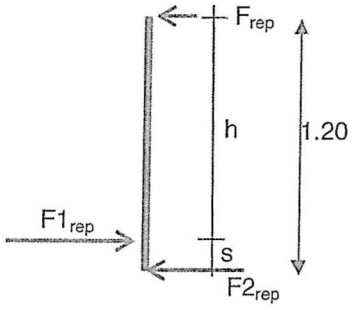
$\mathbf{q_p} \leq \{1.00 \cdot (1.20+0.09) / \{1.8 \cdot 1.00 \cdot (0.5 \cdot 1.00 + 0.09)\} =$ **1.22 kN/m²**

→ extreme stuwdruk bij h = 1.20 m: $\mathbf{q_p} \leq (q_{rep} \cdot 2.4 / (c_{p,net} \cdot h^2)^{0,5}$

$\mathbf{q_p} \leq \{1.00 \cdot (1.20+0.09) / \{1.8 \cdot 1.20 \cdot (0.5 \cdot 1.20 + 0.09)\} =$ **0.87 kN/m²**

De maximale hoogte waarop het borstweringsprofiel kan worden toegepast, kan per windgebied worden bepaald m.b.v. tabel NB.5 van NEN-EN 1991-1-4(NB).
Hierbij dient wel rekening te zijn gehouden met de voorwaarden die bij de toepassing van deze tabel zijn gesteld.

Bijlage 1 - berekening aluminium profiel



F_{rep}	=	1.00	kN/m
h	=	1200	mm
s	=	90	mm

Het profiel is berekend bij een lengte van l_s = 2505 mm:

$F1_{rep}$ = $F_{rep} \cdot (h+s) / s$ = 1.00 · (1200+90)/90 = 14.33 kN/m * 1.5 = 21.5 kN/m = $F1_{Ed}$

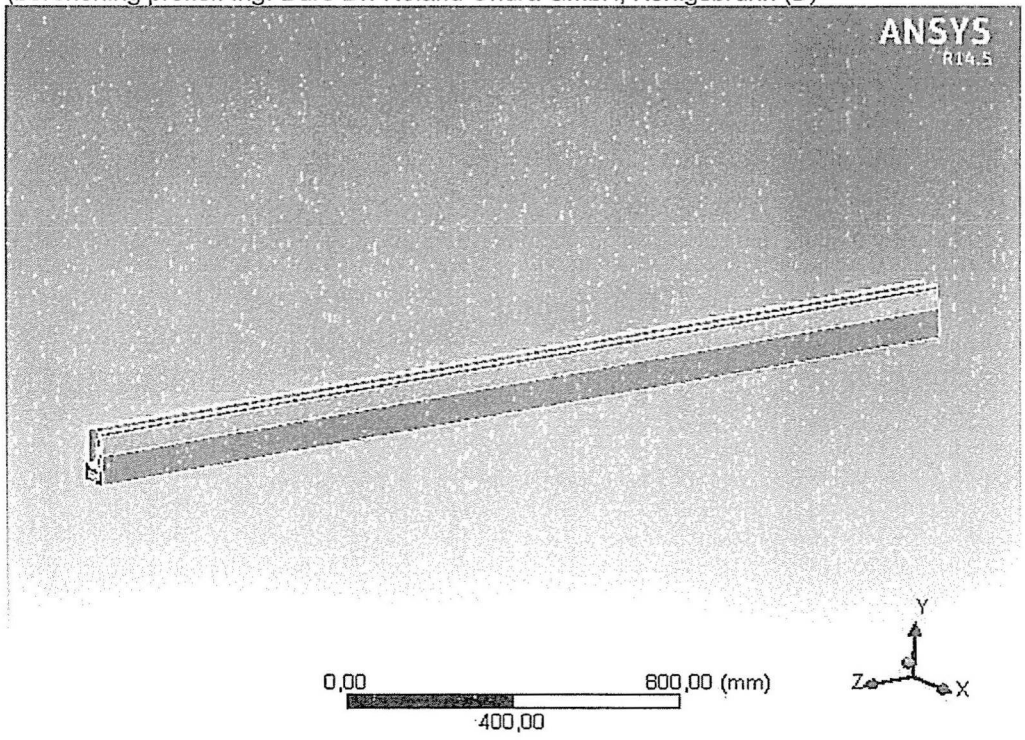
$F2_{rep}$ = $F1_{rep} - F_{rep}$ = 14.33 - 1.00 = 13.33 kN/m * 1.5 = 20.0 kN = $F2_{Ed}$

Het profiel wordt plastisch berekend met de rekenwaarde van de optredende krachten, waarbij de spanningen in de UGT vlg. bijlage F (F.2 (4) en (5)) van NEN_EN 1999-1-1 begrensd worden op:

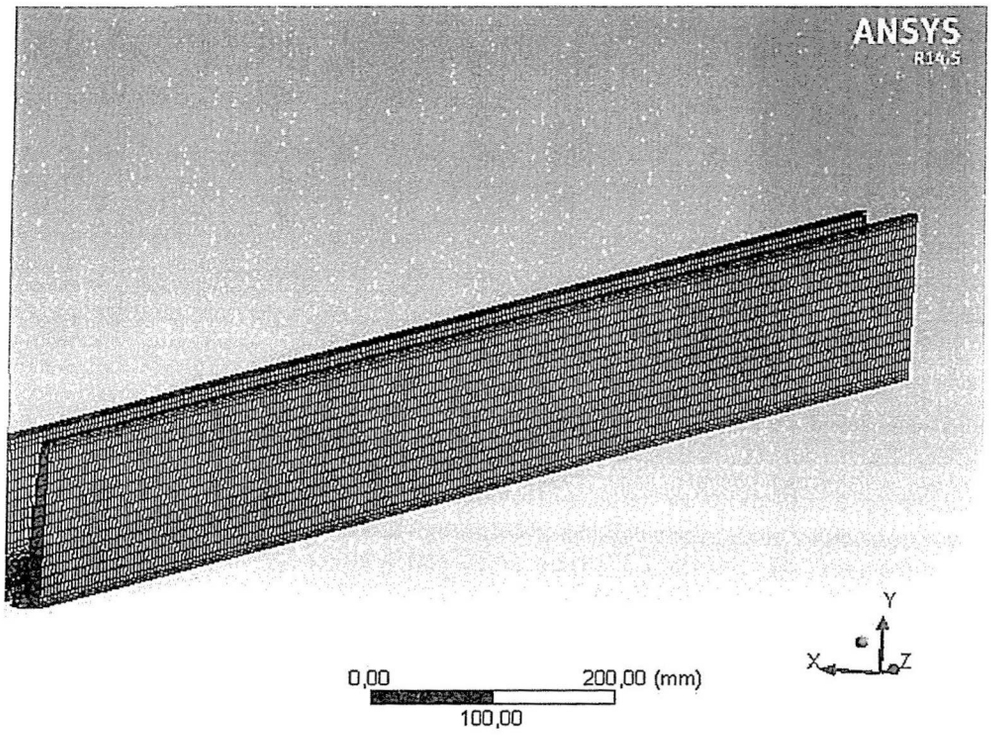
f_o = 150 N/mm^2 f_u = 185 N/mm^2

Het profiel wordt op 3 plaatsen (hoh 835 mm) van constraints (bevestigingen op stalen steunen) voorzien.

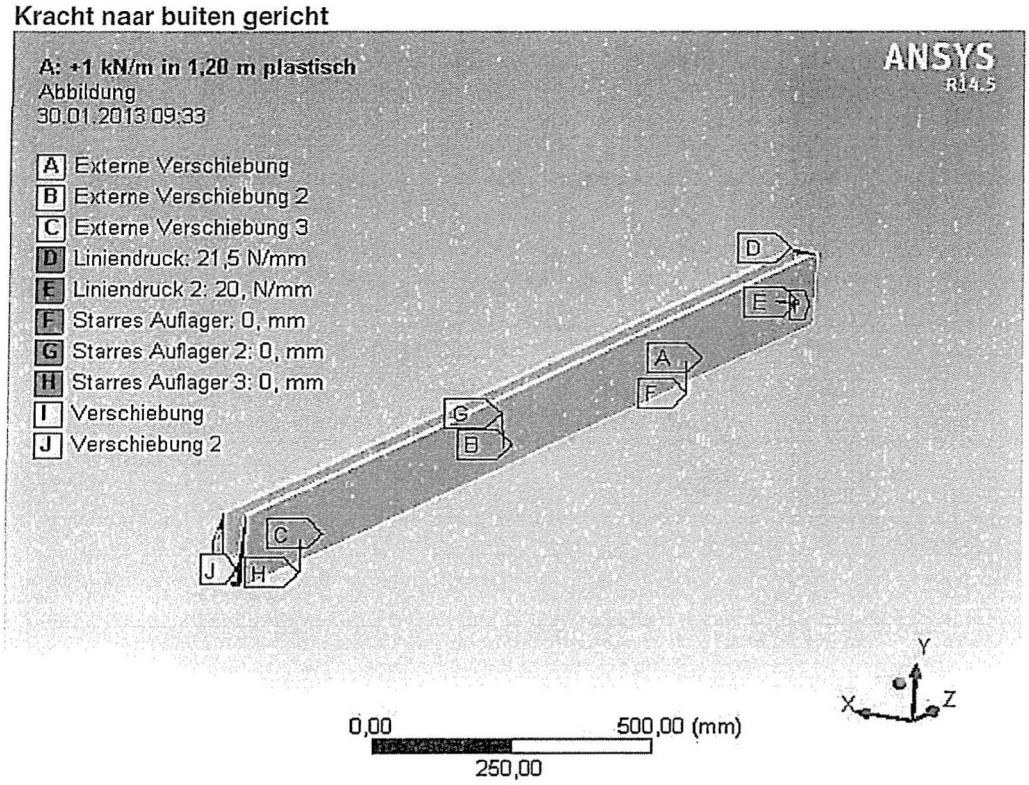
(berekening profiel: Ing.-Büro Dr. Roland Ondra GmbH, Königsbrunn (D)

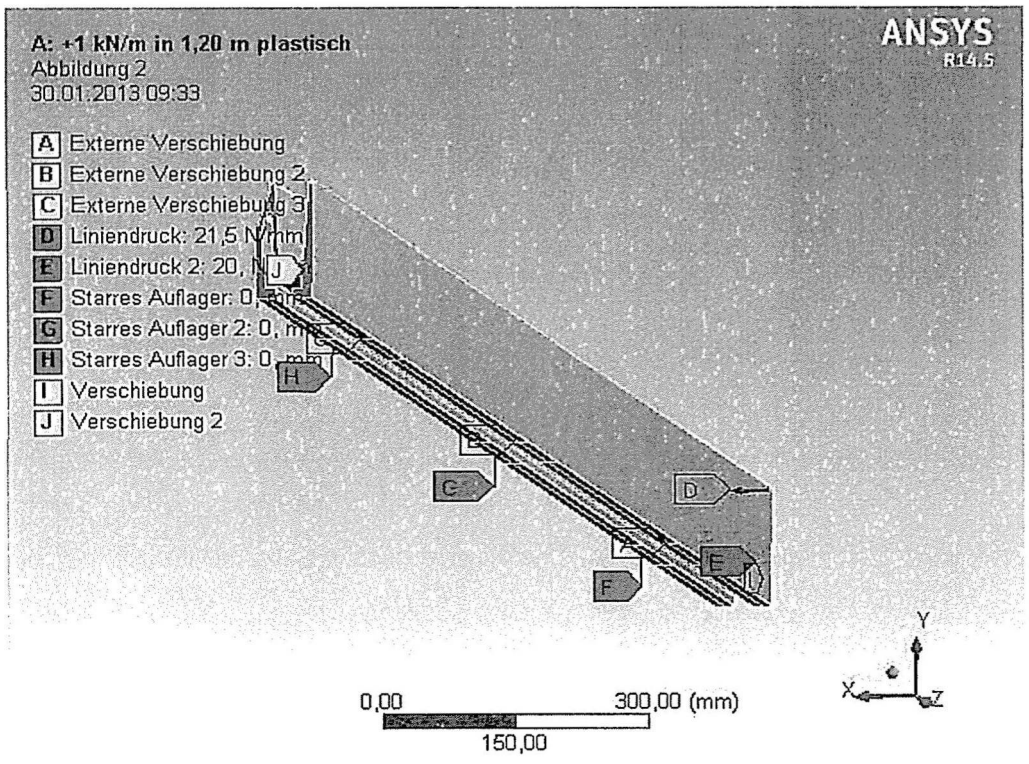


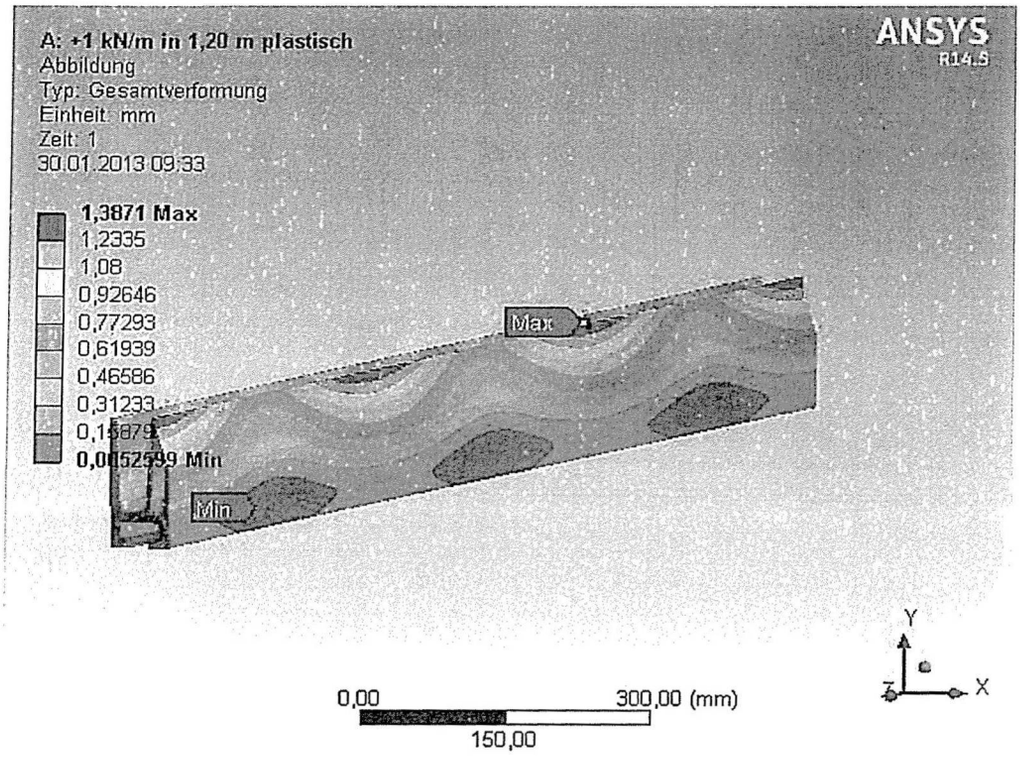
"Es wird ein ls = 2.505 m langes Element für die Berechnung ausgewertet, da die Festhaltepunkte im Wandbefestigungsprofil es = 835 mm auseinander liegen."

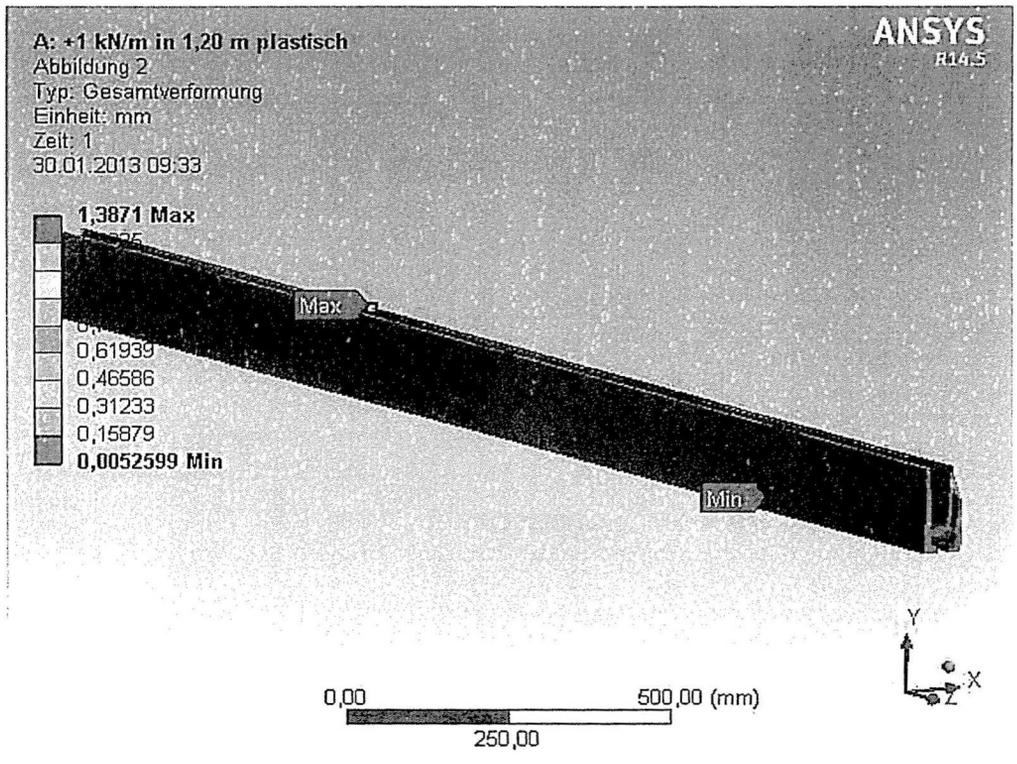

ANSYS
R14.5
Y
X
Z
0,00
200,00 (mm)
100,00

Kracht naar buiten gericht

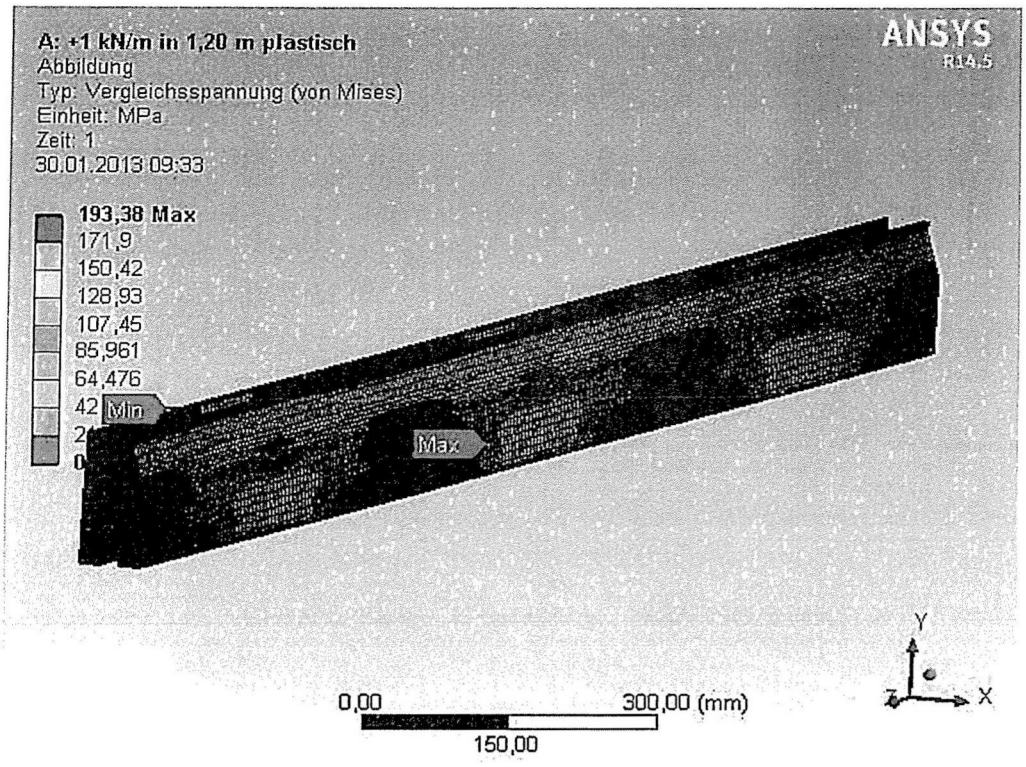


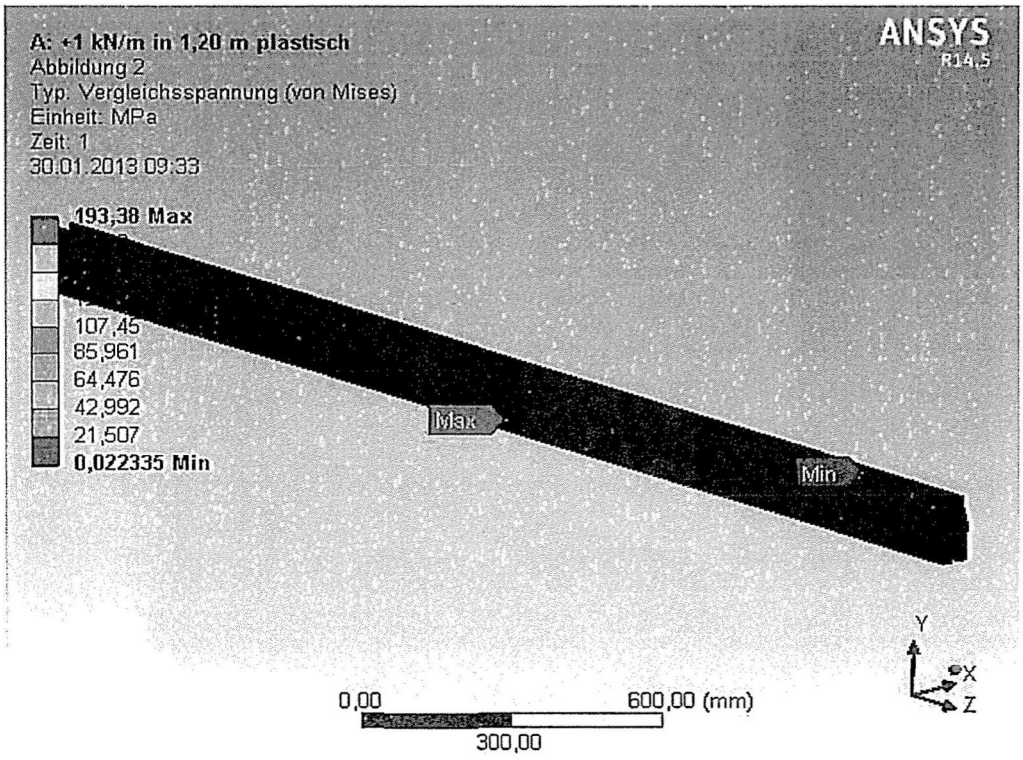


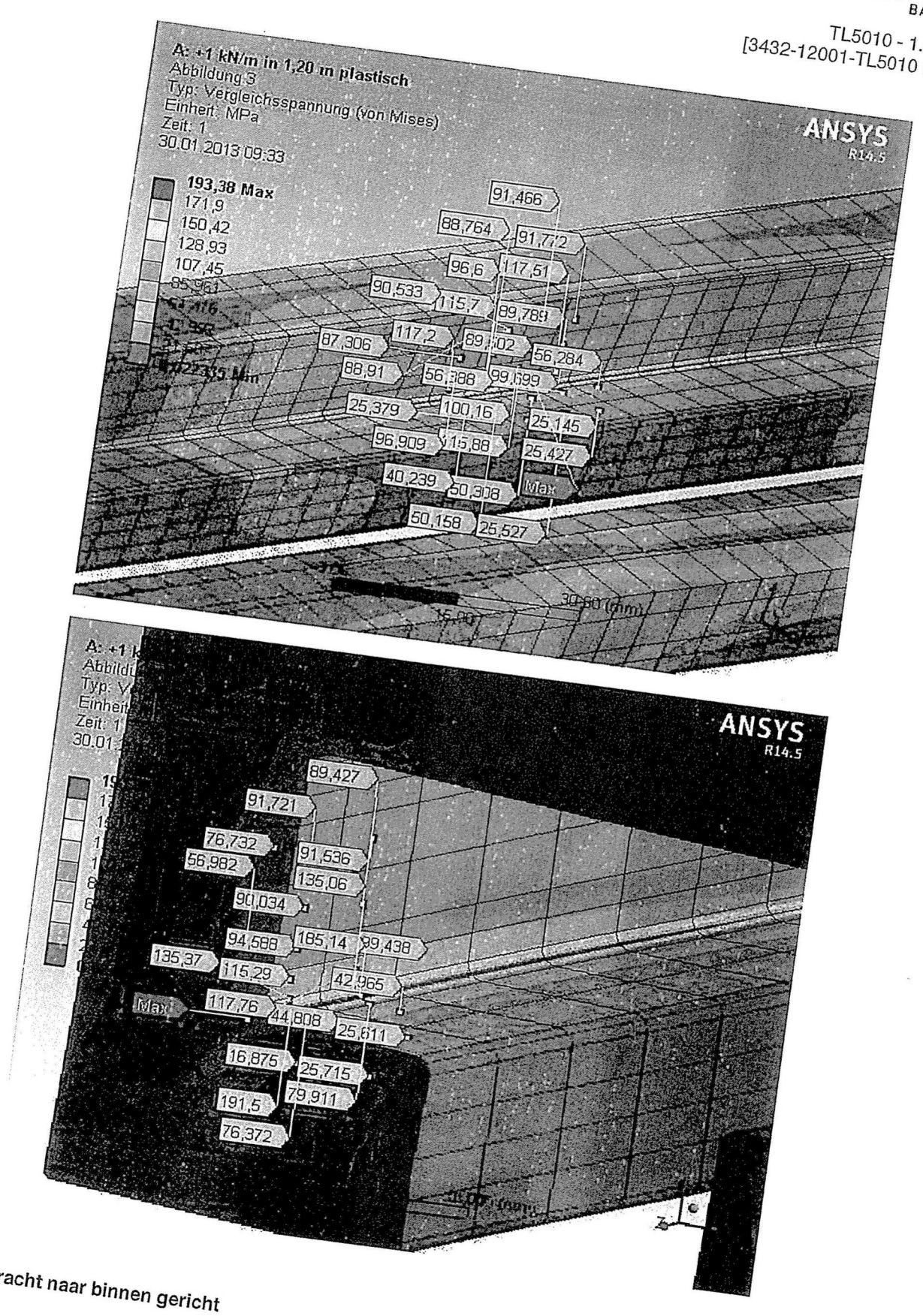




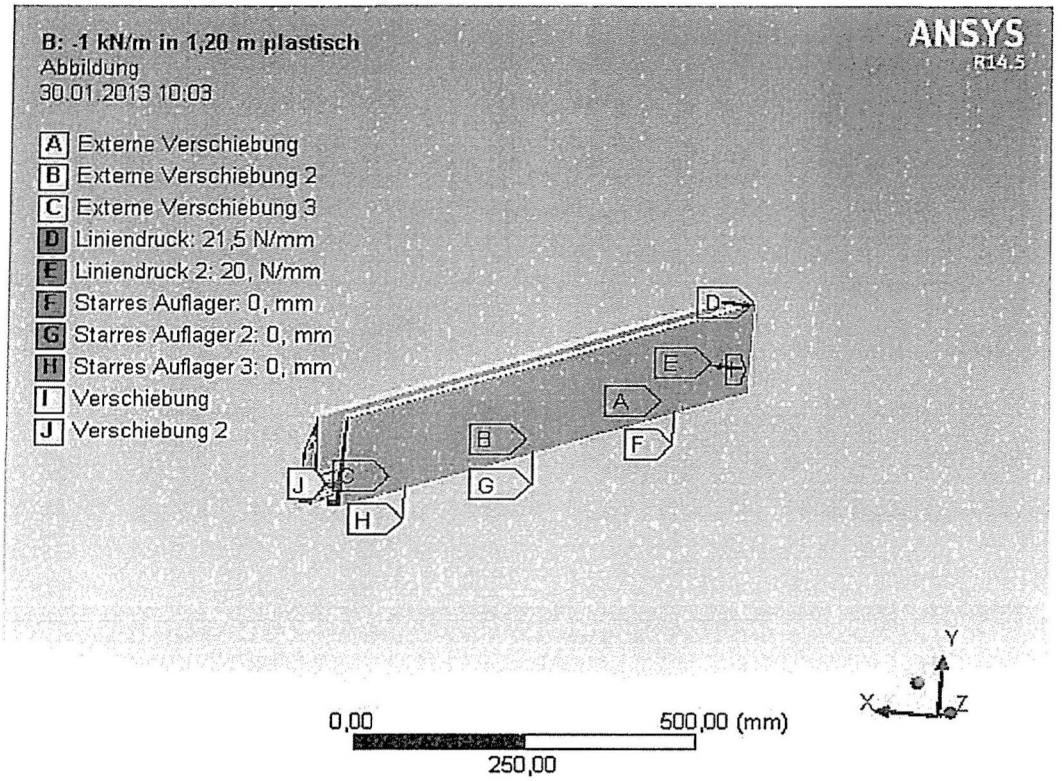
Bij 1 kN/m in BGT gemiddeld → w = 0.50 · (1.2335+0.7729)/1.50 = 0.669 mm t.p.v. drukpunt paneel

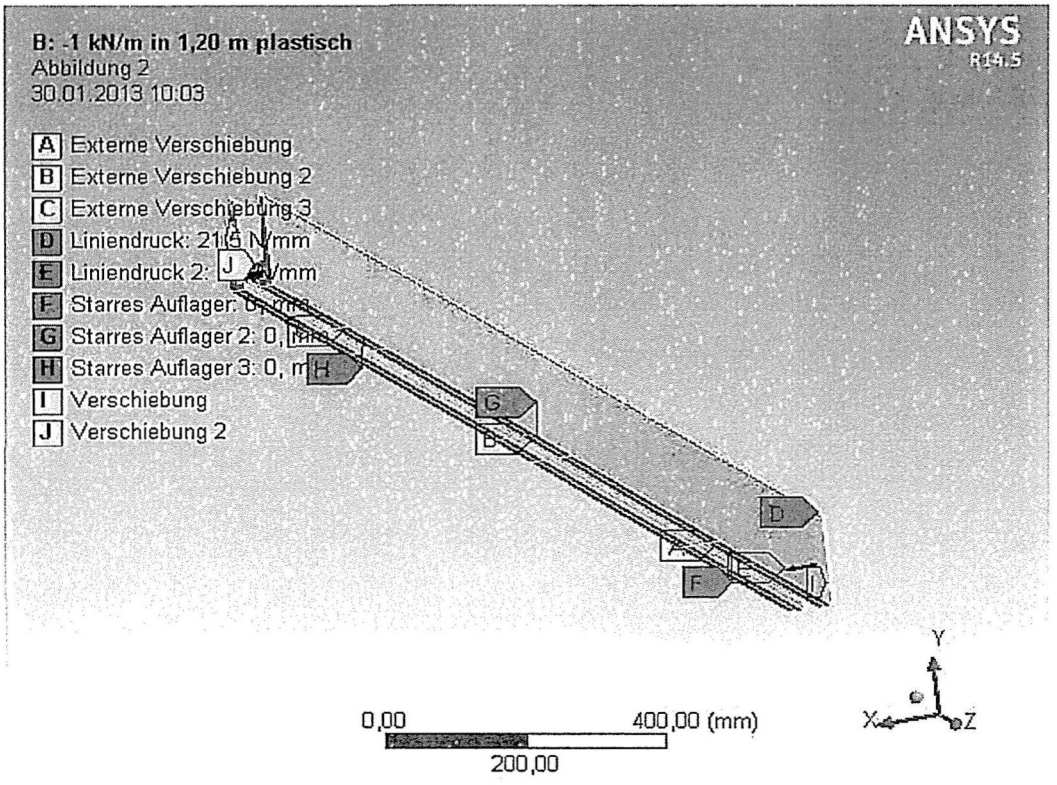

A: +1 kN/m in 1,20 m plastisch
Abbildung
Typ: Vergleichsspannung (von Mises)
Einheit: MPa
Zeit: 1
30.01.2013 09:33
193,38 Max
171,9
150,42
128,93
107,45
85,961
64,476
42
Min
Max
ANSYS
R14.5
Y
Z
X
0,00
300,00 (mm)
150,00

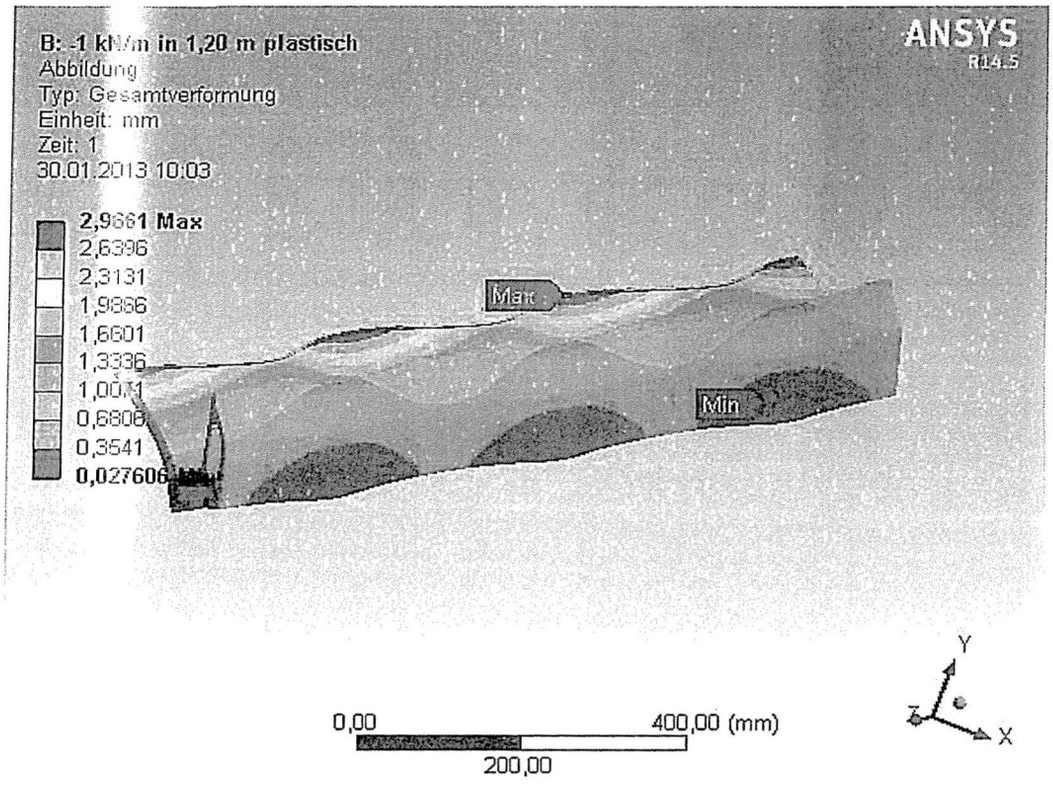

A: +1 kN/m in 1,20 m plastisch
Abbildung 2
Typ: Vergleichsspannung (von Mises)
Einheit: MPa
Zeit: 1
30.01.2013 09:33
193,38 Max
107,45
85,961
64,476
42,992
21,507
0,022335 Min
Max
Min
ANSYS
R14.5
Y
X
Z
0,00
600,00 (mm)
300,00



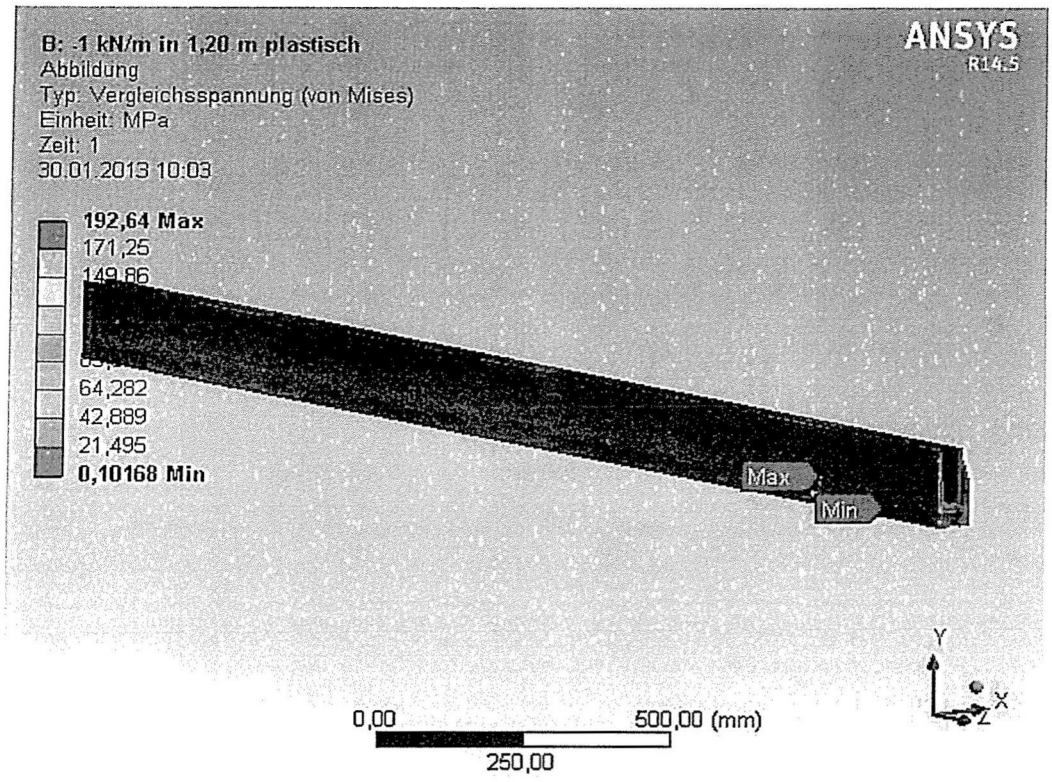
Kracht naar binnen gericht

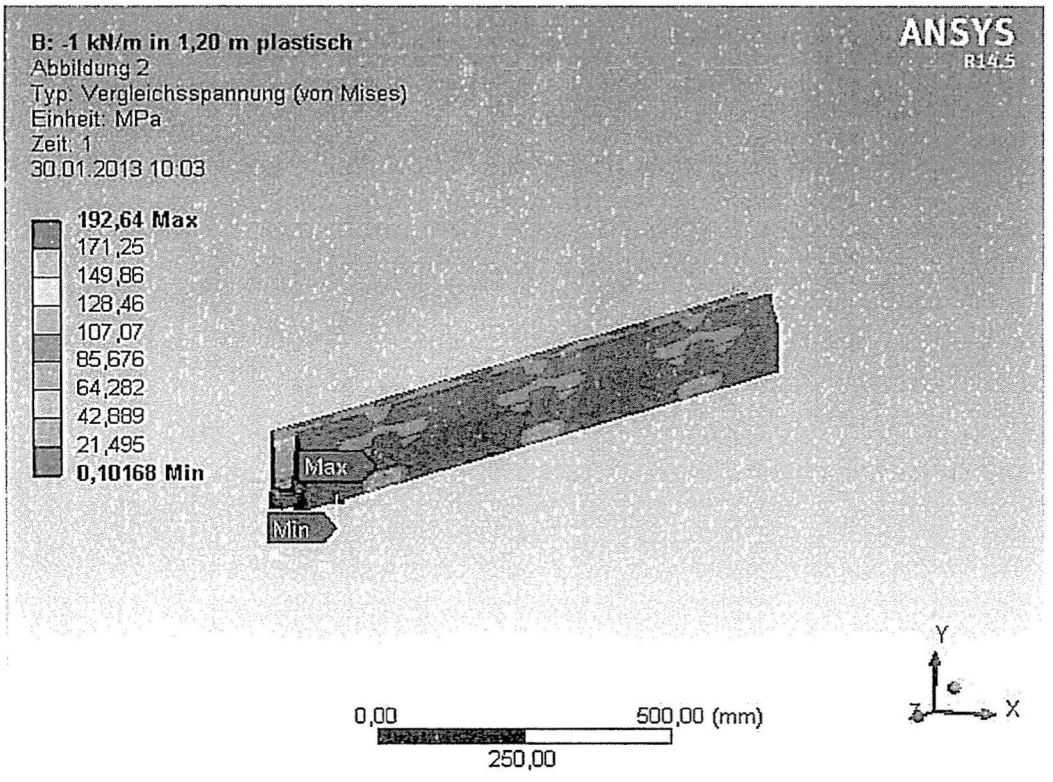

B: -1 kN/m in 1,20 m plastisch
Abbildung
30.01.2013 10:03
A Externe Verschiebung
B Externe Verschiebung 2
C Externe Verschiebung 3
D Liniendruck: 21,5 N/mm
E Liniendruck 2: 20, N/mm
F Starres Auflager: 0, mm
G Starres Auflager 2: 0, mm
H Starres Auflager 3: 0, mm
I Verschiebung
J Verschiebung 2
ANSYS
R14.5
0,00
500,00 (mm)
250,00
Y
X
Z

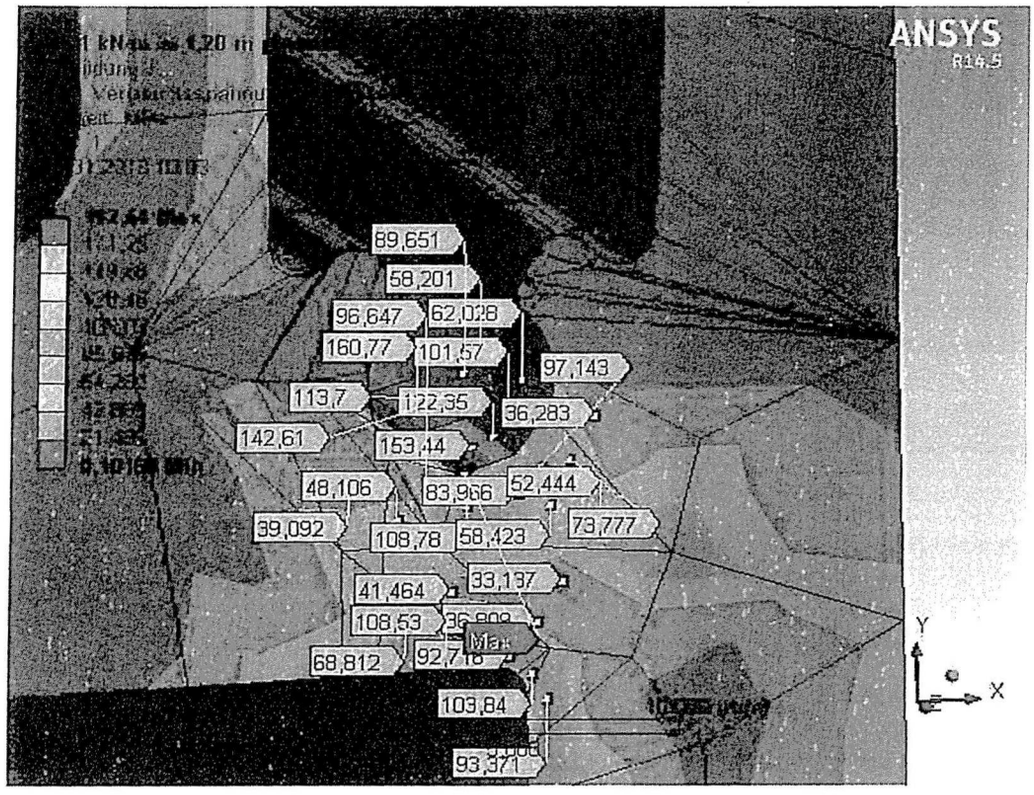

B: -1 kN/m in 1,20 m plastisch
Abbildung 2
30.01.2013 10:03
A Externe Verschiebung
B Externe Verschiebung 2
C Externe Verschiebung 3
D Liniendruck: 21,5 N/mm
E Liniendruck 2: 20, N/mm
F Starres Auflager: 0, mm
G Starres Auflager 2: 0, mm
H Starres Auflager 3: 0, mm
I Verschiebung
J Verschiebung 2
ANSYS
R14.5
0,00
400,00 (mm)
200,00
Y
X
Z



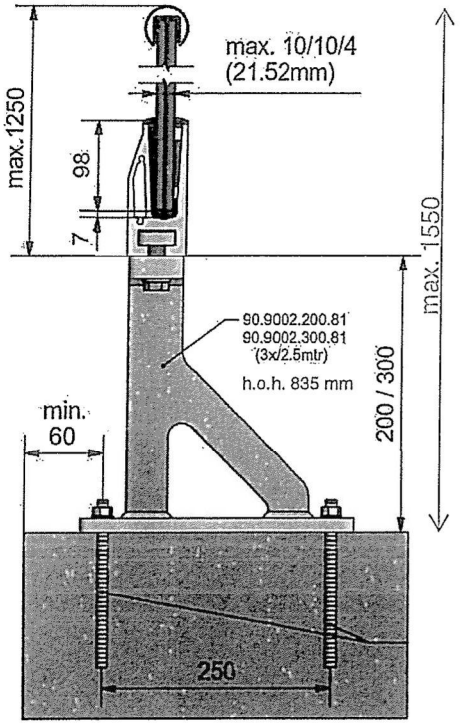
Bij 1 kN/m in BGT gemiddeld → w = 0.50 · (2.9661+1.9866)/1.50 =1.651 mm t.p.v. drukpunt paneel (daar deze vervorming afgeleid is van een plastische berekening, mag worden aangenomen dat de vervormingen in de BGT kleiner zijn dan de hierboven berekende waarde).

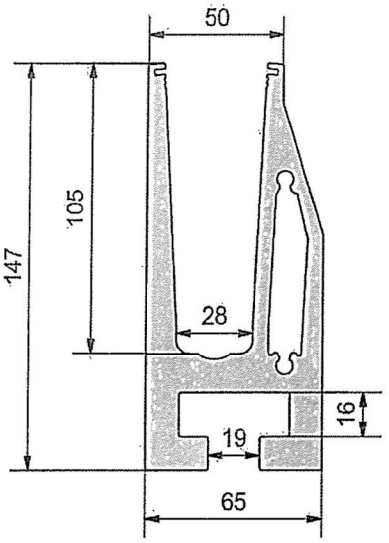

B: -1 kN/m in 1,20 m plastisch
Abbildung
Typ: Vergleichsspannung (von Mises)
Einheit: MPa
Zeit: 1
30.01.2013 10:03
192,64 Max
171,25
149,86
64,282
42,889
21,495
0,10168 Min
Max
Min
ANSYS
R14.5
Y
X
Z
0,00
500,00 (mm)
250,00


B: -1 kN/m in 1,20 m plastisch
Abbildung 2
Typ: Vergleichsspannung (von Mises)
Einheit: MPa
Zeit: 1
30.01.2013 10:03
192,64 Max
171,25
149,86
128,46
107,07
85,676
64,282
42,889
21,495
0,10168 Min
Max
Min
ANSYS
R14.5
Y
Z
X
0,00
500,00 (mm)
250,00


ANSYS
R14.5
89,651
58,201
96,647
62,028
160,77
101,57
97,143
113,7
122,35
36,283
142,61
153,44
48,106
83,966
52,444
39,092
108,78
58,423
73,777
41,464
33,137
108,53
68,812
103,84
93,371
Y
X

Bijlage 2 - berekening verankeringsmiddelen





Verticale belasting uit glas, profiel en staander: 0.7 kN/m
Rekenwaarden optredende krachten in de ankers
(bij verwaarlozing gunstige effect gewicht constructie):

$M_d = 1.5*1.0*1.55 = 2.33$ kNm → trekkracht in ankers: $F_{td} = 0.835*2.33/0.25 = 7.78$ kN
afschuifkracht: $F_{vd} = 0.835*1.5*1.0 = 1.25$ kN

Boorankers in beton
Voor de berekening van de boorankers zie bijlage 3.
Minimaal vereiste betonkwaliteit voor boorankers: C20/25

De benodigde boorankers per steun h.o.h. 835 mm (!): (allen met verankeringsdiepte **h_{ef} = 120 mm**)

- bij toepassing binnen: **2 * Fischer lijmanker FIS A M12 met injectiemortel FIS V 360S**
  alternatief: **2 * Hilti HIT-HY 200-A+HIT-V M12**
- bij toepassing buiten: **2 * Fischer lijmanker FIS A M12-A4 met injectiemortel FIS V 360S**
  alternatief: **2 * Hilti HIT-HY 200-A+HIT-V M12-A4**

Voor plaatsings-e en uitvoeringsvoorwaarden zie bijlage 3.

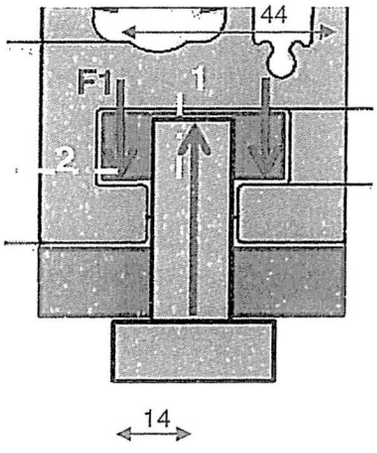
Voor de boorankers kunnen alternatieve ankers worden toegepast, mits voor deze ankers door berekening op basis van ETAG bijlage C is aangetoond, dat de ankers bij de optredende krachten en in de gegeven situatie voldoen.

Boutverbinding profiel-steun d.m.v. 2 * M16 (4.6) resp. (A4-50)

Optredend in aansluiting profiel-steun: $M_{Ed} = 1.5 \cdot 1.25 \cdot 0.835 \cdot 1.00 = 1.57$ kNm
$V_{Ed} = 1.5 \cdot 0.835 \cdot 1.00 = 1.25$ kN

Per bout: $F_{tEd} = 1.57 / (2 \cdot 0.030) = 26.2$ kN
$F_{vEd} = 1.25/2 = 0.62$ kN (verwaarloosbaar)

Bout M16: $F_{tRd} = 0.9 \cdot 400 \cdot 157 \cdot 10^{-3} / 1.25 = 45.2$ kN > 26.2 ✓

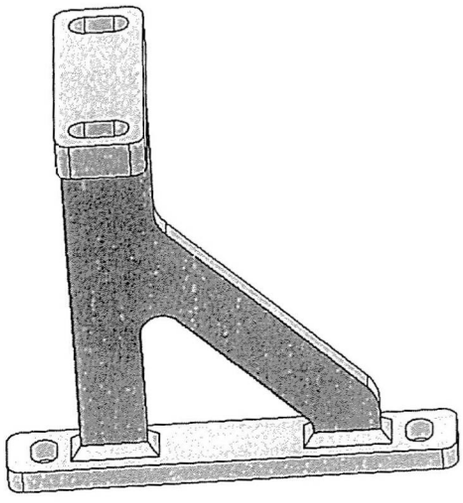


Buiging plaat 40*15*170:

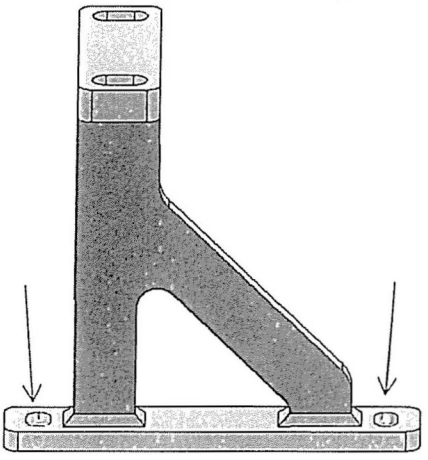
$F1_{Ed} = 0.5 \cdot 1.57 / 0.044 = 17.84$ kN
in 1. $M_{Ed} = 17.84 \cdot 0.014 = 0.25$ kNm
$b_{eff} \geq 0.25 \cdot 10^6 \cdot 6 / (15^2 \cdot 235) = 28.4$ mm per bout
$b = 140/2\text{-}16 = 54$ mm > 28.4 ✓

Aluminium profiel in snede 2:
Zie EEM-berekening profiel.

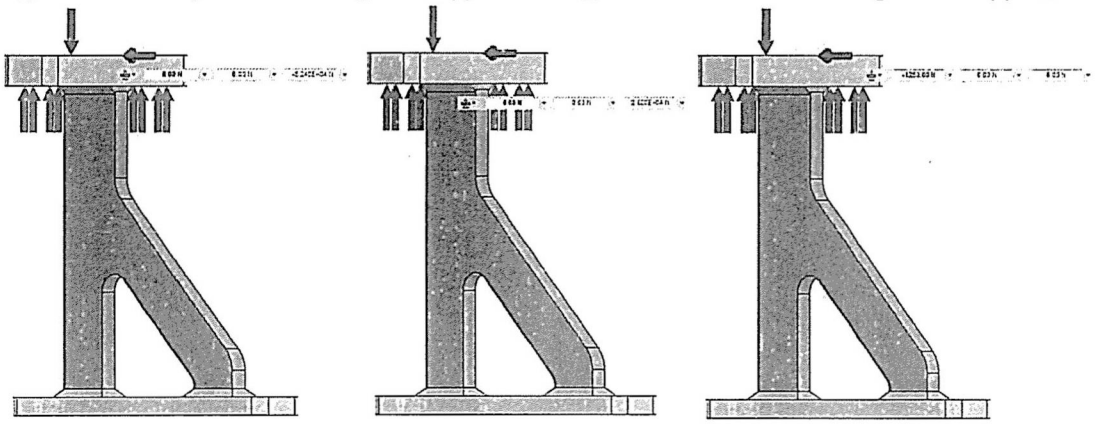
De stalen steun is met een EEM-model in Fusion360 lineair-elastisch berekend:



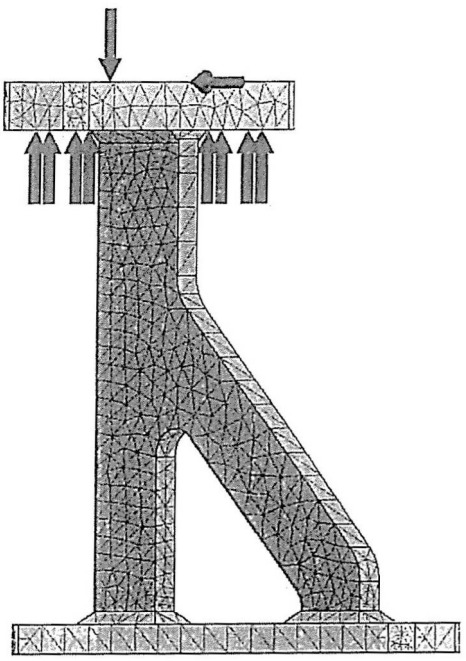
Constraints
T.p.v. de boutgaten in de voetplaat is het profiel gefixeerd



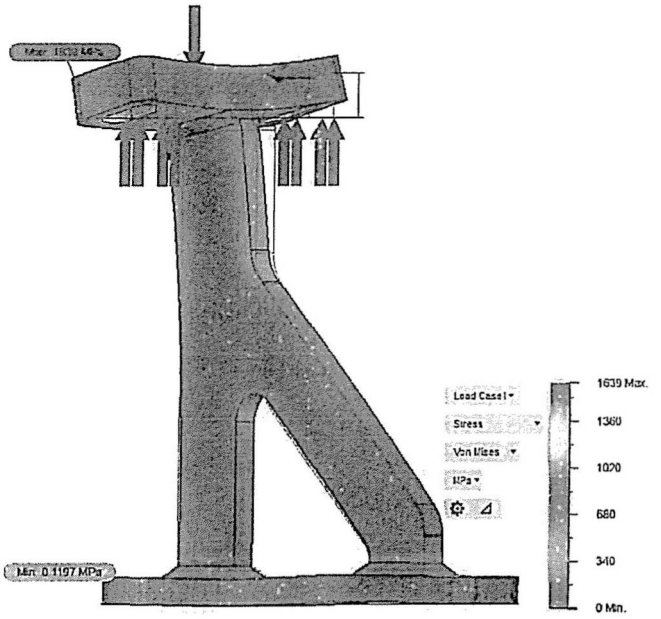
Ingevoerde krachten (rekenwaarden)
F_{Hd} = 1.25 kN
F_{Vd} = + 26.2 kN t.p.v. ieder boutgat in kopplaat en F_{Vd} = -26.2*2 = -52.4 kN langs rand kopplaat



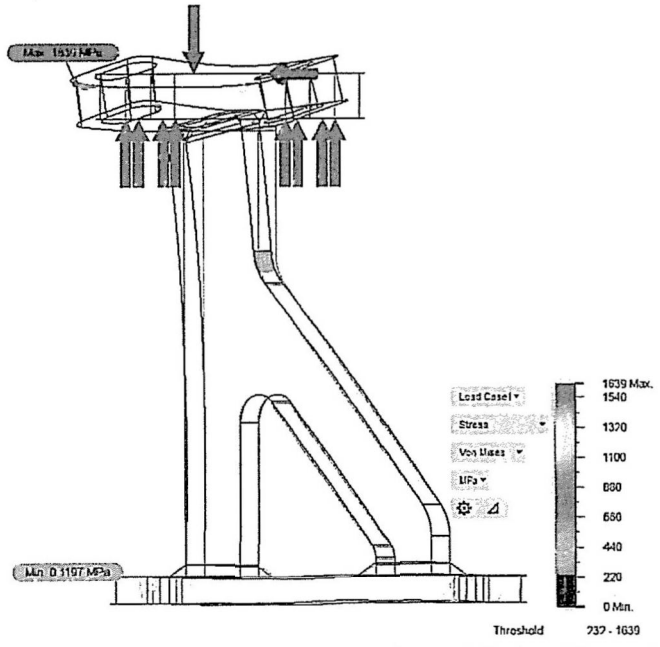
Mesh



Resulterende Von Mises spanningen bij rekenwaarden belastingen:

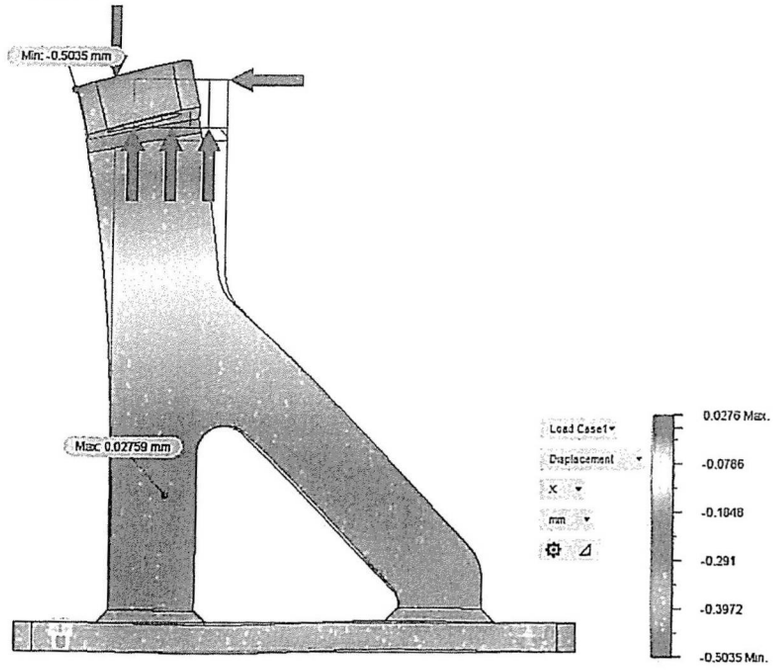


Drempel σ_d = 235 MPa

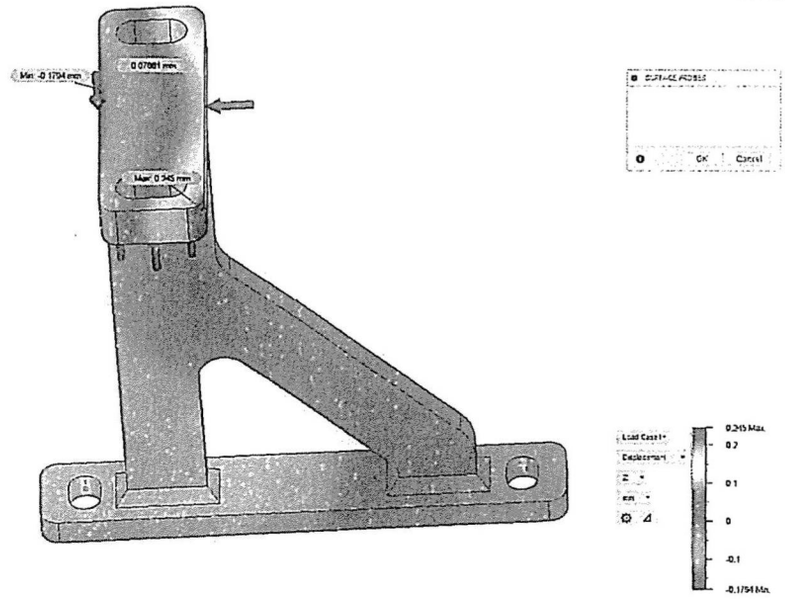


De extreme piek is het gevolg van de modellering (dimensieloze lijnvormige belasting).
De stalen steun voldoet in S235.

Resulterende vervorming (bij γ=1.50)
Horizontaal:



in GGT: w_{hor} = 0.50/1.5 = 0.34 mm
Verticaal:



in GGT: w_{vert} = -0.17/1.5 = -0.11 mm I +0.07/1.5 = +0.05 mm → Δw = 0.11+0.05 = 0.16 mm
Totale effect op vervorming bovenzijde balustrade (incl. swing-effect):

Δw_2 = 0.50 + 1250*0.16/(65/2) = **6.6 mm**

Bijlage 3 - berekening boorankers

C-FIX 1.53.3.0
Versie
2017.3.30.8.45
Datum
10-04-2017

fischer
innovative solutions

fischer Benelux B.V

Amsterdamsestraatweg 45 B/C
1411 AX Naarden
Telefoon: +31 35 6 95 66 66
Fax: +31 35 6 95 66 99
techniek@fischer.nl
www.fischer.nl

Ontwerp specificaties

Anker

Systeem	fischer injectie systeem
Injectie mortel	FIS V 360 S
In te klemmen deel	Ankerstang FIS A M 12 x 160, Elektrolytisch verzinkt staal. Sterkte klasse 5.8
Verankeringsdiepte	120 mm
Berekeningsgegevens	Ankerdimensionering in Beton volgens European Technical Assessment ETA-02/0024, Optie 1, Afgegeven op 13-02-2017 - 06-03-2020



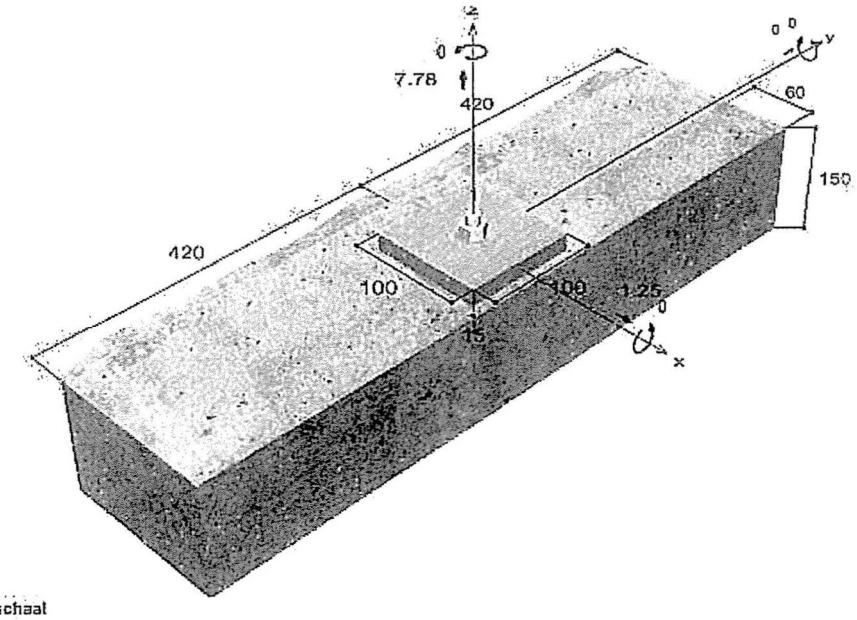
CE

Geometrie / Belastingen

mm, kN, kNm

Rekenwaarden (inclusief veiligheidsfactoren aan de belastingzijde)

Statische belasting



Niet op schaal

C-FIX 1.53.3.0
Versie
2017.3.30.8.45
Datum
10-04-2017

fischer
innovative solutions

Gegevens

Ontwerpmethode	ETAG 001; TR 029, Annex C, Method A
Ondergrond	Normale dichtheid beton, C20/25, EN 206
Betonsituatie	Gescheurd, Droog boorgat
Temperatuur bereik	24 °C Lange duur temperatuur, 40 °C Korte duur temperatuur
Wapening	Geen of normale wapening, Zonder randwapening, Zonder splijtwapening
Boormethode	Hamerboren
Installatie	Doorsteek montage
Ruimte in doorvoergat	Doorvoergat gevuld
Belasting type	Statisch
Afstand montage	Geen Buiging
Ankerplaat afmetingen	100 mm x 100 mm x 15 mm
Profiel type	None

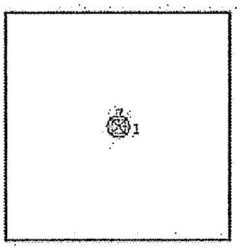
Rekenwaarde van de belastingen *)

#	N_{Sd} kN	$V_{Sd,x}$ kN	$V_{Sd,y}$ kN	$M_{Sd,x}$ kNm	$M_{Sd,y}$ kNm	$M_{T,Sd}$ kNm	Belasting type
1	7.78	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	Statisch

*) Inclusief benodigde veiligheidsfactoren voor de belasting

Resulterende ankerkracht

Anker nr.	Trekkracht kN	Dwarskracht kN	Dwarskracht x kN	Dwarskracht y kN
1	7.78	1.25	1.25	0.00



Max. betondrukspanning : 0.00 ‰
Max. betondrukspanning : 0.0 N/mm²
Resultante trekkracht : 7.78 kN, X/Y positie (0 / 0)
Resultante drukkracht : 0.00 kN, X/Y positie (0 / 0)

Opneembare rekenwaarde trekkracht

Berekening	Belasting kN	Capaciteit kN	Uitnutting β_N %
Staalbreuk *	7.78	28.67	27.1
Gecombineerd uittrekken en betonkegelbreuk	7.78	10.53	73.9
Betonkegel breuk	7.78	16.83	46.2
Bezwijken door splijten	7.78	14.76	52.7

* Maatgevende anker

C-FIX 1.53.3.0
Versie
2017.3.30.8.45
Datum
10-04-2017

fischer
innovative solutions

Staalbreuk

$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad (N_{Rd,s})$$



$N_{Rk,s}$ kN	γ_{Ms}	$N_{Rd,s}$ kN	N_{Sd} kN	$\beta_{N,s}$ %
43.00	1.50	28.67	7.78	27.1

Anker nr.	$\beta_{N,s}$ %	Groep N°	Maatgevende Beta
1	27.1	1	$\beta_{N,s;1}$

Gecombineerd uittrekken en betonkegelbreuk

$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{Mp}} \quad (N_{Rd,p})$$



$$N_{Rk,p} = N^0_{Rk,p} \cdot \frac{A_{p,N}}{A^0_{p,N}} \cdot \Psi_{s,Np} \cdot \Psi_{g,Np} \cdot \Psi_{ec,Np} \cdot \Psi_{re,Np}$$ Vergelijking (5.2)

$$N_{Rk,p} = 27.14kN \cdot \frac{59801mm^2}{84681mm^2} \cdot 0.824 \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 1.000 = 15.79kN$$

$$N^0_{Rk,p} = \pi \cdot d \cdot h_{ef} \cdot \tau_{Rk} = \pi \cdot 12mm \cdot 120mm \cdot 6.0N/mm^2 = 27.14kN$$ Vergelijking (5.2a)

$$s_{cr,Np} = min\left(20 \cdot d \cdot \left(\frac{\tau_{Rk,ucr}}{7.5}\right)^{0.5}; 3 \cdot h_{ef}\right)$$ Vergelijking (5.2c)

$$s_{cr,Np} = min\left(20 \cdot 12mm \cdot \left(\frac{11.0N/mm^2}{7.5}\right)^{0.5}; 3 \cdot 120mm\right) = 291mm$$

$$c_{cr,Np} = \frac{s_{cr,Np}}{2} = \frac{291mm}{2} = 146mm$$ Vergelijking (5.2d)

$$\Psi_{s,Np} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{c}{c_{cr,Np}} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{60mm}{146mm} = 0.824 \leq 1$$ Vergelijking (5.2e)

$$\Psi_{g,Np} = max\left(1; \Psi^0_{g,Np} - \sqrt{\frac{s}{s_{cr,Np}}} \cdot \left(\Psi^0_{g,Np} - 1\right)\right) = 1.000 - \sqrt{\frac{0mm}{291mm}} \cdot \left(1.000 - 1\right) = 1.000 \geq 1$$ Vergelijking (5.2f)

$$\Psi^0_{g,Np} = max\left(1; \sqrt{n} - \left(\sqrt{n} - 1\right) \cdot \left(\frac{d \cdot \tau_{Rk}}{k \cdot \sqrt{h_{ef}} \cdot f_{ck,cube}}\right)^{1.5}\right)$$ Vergelijking (5.2g)

$$\Psi^0_{g,Np} = max\left(1; \sqrt{1} - \left(\sqrt{1} - 1\right) \cdot \left(\frac{12mm \cdot 6.0N/mm^2}{2.3 \cdot \sqrt{120mm \cdot 25.0N/mm^2}}\right)^{1.5}\right) = 1.000 \geq 1$$

$$\Psi_{ec,Np} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot e_{cr}}{s_{cr,Np}}} = \Psi_{ec,Npx} \cdot \Psi_{ec,Npy} = 1.000 \cdot 1.000 = 1.000 \leq 1$$ Vergelijking (5.2h)

$$\Psi_{ec,Npx} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{291mm}} = 1.000 \leq 1 \qquad \Psi_{ec,Npy} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{291mm}} = 1.000 \leq 1$$

$$\Psi_{re,Np} = 1.000$$ Vergelijking (5.2i)

C-FIX 1.53.3.0
Versie
2017.3.30.8.45
Datum
10-04-2017

fischer
innovative solutions

$N_{Rk,p}$ kN	γ_{Mp}	$N_{Rd,p}$ kN	N_{Sd} kN	$\beta_{N,p}$ %
15.79	1.50	10.53	7.78	73.9

Anker nr.	$\beta_{N,p}$ %	Groep N°	Maatgevende Beta
1	73.9	1	$\beta_{N,p;1}$

Betonkegel breuk



$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} \quad (N_{Rd,c})$$

$$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec,N}$$ Vergelijking (5.3)

$$N_{Rk,c} = 47.32kN \cdot \frac{86400mm^2}{129600mm^2} \cdot 0.800 \cdot 1.000 \cdot 1.000 = 25.24kN$$

$$N^0_{Rk,c} = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot h_{ef}^{1.5} = 7.2 \cdot \sqrt{25.0N/mm^2} \cdot \left(120mm\right)^{1.5} = 47.32kN$$ Vergelijking (5.3a)

$$\Psi_{s,N} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{60mm}{180mm} = 0.800 \leq 1$$ Vergelijking (5.3c)

$$\Psi_{re,N} = 1.000$$ Vergelijking (5.3d)

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot e_{N}}{s_{cr,N}}} \Rightarrow \Psi_{ec,Nx} \cdot \Psi_{ec,Ny} = 1.000 \cdot 1.000 = 1.000 \leq 1$$ Vergelijking (5.3e)

$$\Psi_{ec,Nx} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{360mm}} = 1.000 \leq 1 \qquad \Psi_{ec,Ny} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{360mm}} = 1.000 \leq 1$$

$N_{Rk,c}$ kN	γ_{Mc}	$N_{Rd,c}$ kN	N_{Sd} kN	$\beta_{N,c}$ %
25.24	1.50	16.83	7.78	46.2

Anker nr.	$\beta_{N,c}$ %	Groep N°	Maatgevende Beta
1	46.2	1	$\beta_{N,c;1}$

Bezwijken door splijten bij belasting



$$N_{Sd} \leq \frac{N_{Rk,sp}}{\gamma_{Msp}} \quad (N_{Rd,sp})$$

$$N_{Rk,sp} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{s1,N} \cdot \Psi_{ec,N} \cdot \Psi_{h,sp}$$ Vergelijking (5.4)

$$N_{Rk,sp} = 47.32kN \cdot \frac{179643mm^2}{294198mm^2} \cdot 0.766 \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 1.000 = 22.15kN$$

C-FIX 1.53.3.0
Versie
2017.3.30.8.45
Datum
10-04-2017

fischer innovative solutions

$$N^0_{Rk,s} = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot h_{ef}^{1,5} = 7.2 \cdot \sqrt{25.0 N/mm^2} \cdot \left(120mm\right)^{1,5} = 47.32kN$$ Vergelijking (5.3a)

$$\Psi_{s,N} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{c}{c_{cr,sp}} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{60mm}{271mm} = 0.766 \leq 1$$ Vergelijking (5.3b)

$$\Psi_{re,N} = 1.000$$ Vergelijking (5.3d)

$$\Psi_{ec,N} = \frac{1}{1 + \frac{e_N}{s_{cr,sp}}} = \Psi_{ec,Nx} \cdot \Psi_{ec,Ny} = 1.000 \cdot 1.000 = 1.000 \leq 1$$ Vergelijking (5.3c)

$$\Psi_{ec,Nx} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0.0mm}{512mm}} = 1.000 \leq 1 \qquad \Psi_{ec,Ny} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0.0mm}{512mm}} = 1.000 \leq 1$$

$$\Psi_{h,sp} = \left(\frac{h}{h_{min}}\right)^{2/3} = \left(\frac{150mm}{150mm}\right)^{2/3} = 1.000 \geq 1$$ Vergelijking (5.4a)

$N_{Rk,sp}$ kN	γ_{Msp}	$N_{Rd,sp}$ kN	N_{Sd} kN	$\beta_{N,sp}$ %
22.15	1.50	14.76	7.78	52.7

Anker nr.	$\beta_{N,sp}$ %	Groep N°	Maatgevende Beta
1	52.7	1	$\beta_{N,sp;1}$

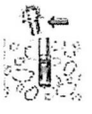
Opneembare dwarskracht

Berekening	Belasting kN	Capaciteit kN	Uitnutting β_V %
Staalbreuk zonder hefboomsarm *	1.25	16.80	7.4
Beton achteruitbreken	1.25	21.05	5.9
Betonrand breuk	1.25	5.30	23.6

* Maatgevende anker

Staalbreuk zonder hefboomsarm

$$V_{Sd} \leq \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \qquad (V_{Rd,s})$$



$V_{Rk,s}$ kN	γ_{Ms}	$V_{Rd,s}$ kN	V_{Sd} kN	β_{Vs} %
21.00	1.25	16.80	1.25	7.4

Anker nr.	β_{Vs} %	Groep N°	Maatgevende Beta
1	7.4	1	$\beta_{Vs;1}$

C-FIX 1.53.3.0
Versie
2017.3.30.8.45
Datum
10-04-2017

fischer
innovative solutions

Beton achteruitbreken

$$V_{Sd} \leq \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{M,p}} \quad (V_{Rd,cp})$$

$$V_{Rk,cp} = k \cdot N_{Rk,p} = 2 \cdot 15.79kN = 31.58kN$$ Vergelijking (5.7)

$$N_{Rk,p} = N^0_{Rk,p} \cdot \frac{A_{p,N}}{A^0_{p,N}} \cdot \Psi_{s,Np} \cdot \Psi_{g,Np} \cdot \Psi_{ec,Np} \cdot \Psi_{re,Np}$$ Vergelijking (5.2)

$$N_{Rk,p} = 27.14kN \cdot \frac{59801mm^2}{84681mm^2} \cdot 0.824 \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 1.000 = 15.79kN$$

$$N^0_{Rk,p} = \pi \cdot d \cdot h_{ef} \cdot \tau_{Rk} = \pi \cdot 12mm \cdot 120mm \cdot 6.0N/mm^2 = 27.14kN$$ Vergelijking (5.2a)

$$\Psi_{s,Np} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{c}{c_{cr,Np}} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{60mm}{146mm} = 0.824 \leq 1$$ Vergelijking (5.2e)

$$\Psi_{g,Np} = max\left(1;\ \Psi^0_{g,Np} - \sqrt{\frac{s}{s_{cr,Np}}} \cdot \left(\Psi^0_{g,Np} - 1\right)\right)$$ Vergelijking (5.2f)

$$\Psi_{g,Np} = max\left(1;\ 1.000 - \sqrt{\frac{0mm}{291mm}} \cdot \left(1.000 - 1\right)\right) = 1.000 \geq 1$$

$$\Psi^0_{g,Np} = max\left(1;\ \sqrt{n} - \left(\sqrt{n} - 1\right) \cdot \left(\frac{d \cdot \tau_{Rk}}{k \cdot \sqrt{h_{ef} \cdot f_{ck,cube}}}\right)^{1.5}\right)$$ Vergelijking (5.2g)

$$\Psi^0_{g,Np} = max\left(1;\ \sqrt{1} - \left(\sqrt{1} - 1\right) \cdot \left(\frac{12mm \cdot 6.0N/mm^2}{2.3 \cdot \sqrt{120mm \cdot 25.0N/mm^2}}\right)^{1.5}\right) = 1.000 \geq 1$$

$$\Psi_{ec,Np} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot e_N}{s_{cr,Np}}} = \Psi_{ec,Nx} \cdot \Psi_{ec,Ny} = 1.000 \cdot 1.000 = 1.000 \leq 1$$ Vergelijking (5.2h)

$$\Psi_{re,Np} = 1.000$$ Vergelijking (5.2i)

$V_{Rk,cp}$ kN	$\gamma_{M,cp}$	$V_{Rd,cp}$ kN	V_{Sd} kN	$\beta_{V,cp}$ %
31.58	1.50	21.05	1.25	5.9

Anker nr.	$\beta_{V,cp}$ %	Groep N°	Maatgevende Beta
1	5.9	1	$\beta_{V,cp;1}$

Betonrand breuk

$$V_{Sd} \leq \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{M,c}} \quad (V_{Rd,c})$$

$$V_{Rk,c} = V^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,V}}{A^0_{c,V}} \cdot \Psi_{s,V} \cdot \Psi_{h,V} \cdot \Psi_{\alpha,V} \cdot \Psi_{ec,V} \cdot \Psi_{rec,V}$$ Vergelijking (5.9)

C-FIX 1.53.3.0
Versie
2017.3.30.8.45
Datum
10-04-2017

fischer innovative solutions

$$V_{Rk,c} = 7.94kN \cdot \frac{16200mm^2}{16200mm^2} \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 1.000 = 7.94kN$$

$$V^0_{Rk,c} = k_1 \cdot d^{\alpha} \cdot h_{ef}^{\beta} \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot c_1^{1.5}$$ Vergelijking (5.8a)

$$V^0_{Rk,c} = 1.7 \cdot \left(12mm\right)^{0.044} \cdot \left(120mm\right)^{0.812} \cdot \sqrt{25.0N/mm^2} \cdot \left(60mm\right)^{1.5} = 7.94kN$$

$$\alpha = 0.1 \cdot \sqrt{\frac{h_{ef}}{c_1}} = 0.1 \cdot \sqrt{\frac{120mm}{60mm}} = 0.141 \qquad \beta = 0.1 \cdot \left(\frac{d}{c_1}\right)^{0.2} = 0.1 \cdot \left(\frac{12mm}{60mm}\right)^{0.2} = 0.072$$ Vergelijking (5.8b-c)

$$\Psi_{s,V} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{c_2}{1.5c_1} = 0.7 + 0.3 \cdot \frac{90mm}{1.5 \cdot 60mm} = 1.000 \leq 1$$ Vergelijking (5.8d)

$$\Psi_{h,V} = max\left(1; \sqrt{\frac{1.5c_1}{h}}\right) = max\left(1; \sqrt{\frac{1.5 \cdot 60mm}{150mm}}\right) = 1.000 \geq 1$$ Vergelijking (5.8e)

$$\Psi_{\alpha,V} = \sqrt{\frac{1}{\left(cos\ \alpha_V\right)^2 + \left(\frac{sin\ \alpha_V}{2.5}\right)^2}} = \sqrt{\frac{1}{\left(cos\ 0.0\right)^2 + \left(\frac{sin\ 0.0}{2.5}\right)^2}} = 1.000 \geq 1$$ Vergelijking (5.8g)

$$\Psi_{ec,V} = \frac{1}{1 + \frac{2\ e_v}{3\ c_1}} = \frac{1}{1 + \frac{2 \cdot 0mm}{3 \cdot 60mm}} = 1.000 \leq 1$$ Vergelijking (5.8h)

$$\Psi_{re,V} = 1.000$$

$V_{Rk,c}$ kN	γ_{Mc}	$V_{Rd,c}$ kN	V_{Sd} kN	$\beta_{V,c}$ %
7.94	1.50	5.30	1.25	23.6

Anker nr.	$\beta_{V,c}$ %	Groep N°	Maatgevende Beta
1	23.6	1	$\beta_{V,c;1}$

Uitnutting van trek- en dwarskrachten

Trekkrachten	Uitnutting βN %
Staalbreuk *	27.1
Gecombineerd uittrekken en betonkegelbreuk	73.9
Betonkegel breuk	46.2
Bezwijken door splijten	52.7

* Maatgevende anker

Dwarskrachten	Uitnutting βV %
Staalbreuk zonder hefboomsarm *	7.4
Beton achteruitbreken	5.9
Betonrand breuk	23.6

Gecombineerde trek- en drukkracht

$$\beta_N = \beta_{N;1} = 0.74 \leq 1$$
$$\beta_V = \beta_{V;1} = 0.24 \leq 1$$
$$\beta_N^{1.5} + \beta_V^{1.5} = \beta_{N;1}^{1.5} + \beta_{V;1}^{1.5} = 0.75 \leq 1$$

Berekening succesvol

Vergelijking (5.5a)
Vergelijking (5.5b)
Vergelijking (5.5c)

C-FIX 1.53.3.0
Versie
2017.3.30.8.45
Datum
10-04-2017

fischer
innovative solutions

Informatie betreffende de ankerplaat

Ankerplaat details

Ankerplaat dikte zonder berekening gekozen	t = 15 mm
Profiel type	None

Technische opmerkingen

Als de randafstand van een anker kleiner is dan de karakteristieke randafstand ccr,N (rekenmethode A), is langswapening van tenminste 6 mm benodigd ter plaatse van de verankeringsdiepte.
Het overbrengen van de belasting op het beton wordt gecontroleerd voor de uiterste grenstoestand. Hierdoor zullen de controles voor het betonnen bouwdeel uitgevoerd moeten worden. Om dit te versifiëren moeten de gegevens uit de huidige rekenmethode worden gehanteerd.

C-FIX 1.53.3.0
Versie
2017.3.30.8.45
Datum
10-04-2017

fischer
innovative solutions

Montage gegevens

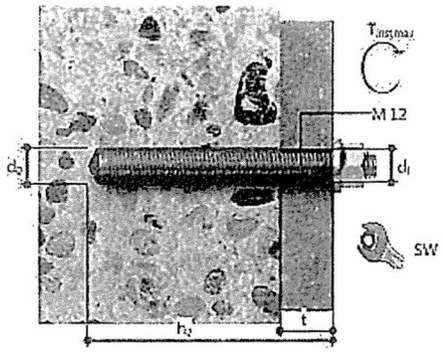
Anker

Systeem	**fischer Injectie systeem**	
Injectie mortel	FIS V 360 S (overige koker afmetingen beschikbaar)	Artikel 94404
In te klemmen deel	Ankerstang FIS A M 12 x 160, Elektrolytisch verzinkt staal. Sterkte klasse 5.8	Artikel 90284
Accessoires	FIS Mixer Rood	Artikel 96448
	Injectiepistool FIS DM S	Artikel 511118
	Blaasbalg ABG	Artikel 89300
	BS 14	Artikel 78180
	Hamer boor SDS Plus IV 14/150/210	Artikel 504153
Alternatieve kokers	FIS V 950 S De getoonde kokers zijn een alternatief op de gekozen koker met dezelfde goedkeuring.	Artikel 17101



Installatie details

Draad diameter	M 12
Boor diameter	d_0 = 14 mm
Boorgat diepte	h_2 = 135 mm
Verankeringsdiepte	h_{ef} = 120 mm
Boormethode	Hamerboren
Boorgat reiniging	Handmatig vier keer uitblazen, vier keer borstelen, vier keer uitblazen.
Installatie	Doorsteek montage
Ruimte in doorvoergat	Doorvoergat gevuld
Maximaal aandraaimoment	$T_{inst,max}$ = 40.0 Nm
Sleutelwijdte	19 mm
Ankerplaat dikte	t = 15 mm
t fix	t_{fix} = 15 mm
Tfix,max	
Mortelvolume per boorgat	12 ml/6 Schaal eenheden



Alternatief:

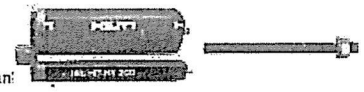
HILTI

ww.hilti.nl **Profis Anchor 2.7.2**

ma:		Bladzijde:	1
instructeur:		Project:	
res:		Sub-Project I Pos. Nr.:	
l, I Fax:	I	Datum:	10-04-2017
mail:			

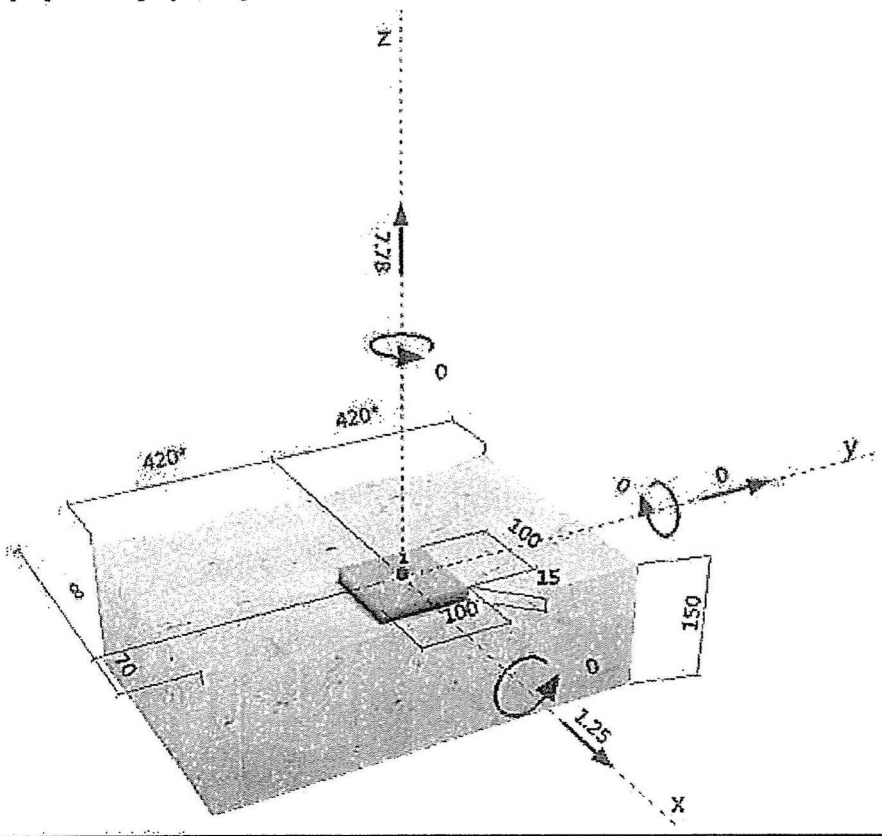
)pmerkingen van de constructeur:

Invoergegevens



nkertype en -afmeting:	HIT-HY 200-A + HIT-V (5.8) M12
eismische/Uitvul set of elke andere oplossing om de ruimte tussen het voetplaat en an:	
ffectieve verankeringsdiepte:	$h_{ef,act}$ = 120 mm ($h_{ef,lim}$ = - mm)
taalgraad:	5.8
oedkeuring nr.:	ETA 11/0493
l gegeven I Geldig:	03-02-2017 I -
antoning:	SOFA rekenmethode + fib (07/2011) - na ETAG BOND testen
Istandsmontage:	e_b = 0 mm (geen afstandsmontage); t = 15 mm
nkerplaat:	l_x x l_y x t = 100 mm x 100 mm x 15 mm; (Aanbevolen ankerplaatdikte: niet berekend
taalprofiel:	geen profiel
ndergrond:	gescheurd beton, C20/25, $f_{c,cyl}$ = 20.00 N/mm²; h = 150 mm, Temp. kort/lang: 40/24 °C
laatsing:	**hamergeboord gat, plaatsingsconditie: droog**
apening:	Geen wapening of wapening met staafafstand >= 150 mm (elke Ø) of >= 100 (Ø <= 10mm) met rechte randwapening d>= 12

eometrie [mm] & Belastingen [kN, kNm]



ergegevens en resultaten moeten worden gecontroleerd op overeenstemming met de regels en op waarschijnlijkheid
PFIS Anchor (c) 2003-2009 Hilti AG, FL-9494 Schaan Hilti is een geregistreerd handelsmerk van Hilti AG, Schaan

HILTI

ww.hilti.nl

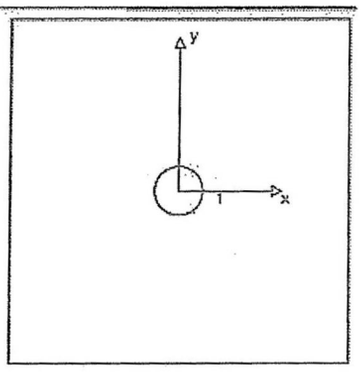
Profis Anchor 2.7.2

ma:
nstructeur:
res:
l.] Fax:
nail:

Bladzijde: 2
Project:
Sub-Project I Pos. N::
Datum: 10-04-2017

Belastingsituatie/Resulterende ankerlasten

elastingsituatie: Rekenwaarden belasting



nkerreacties [kN]
rekkracht: (+ Trek, - Druk)

Anker	Trekkracht	Afschuifkracht	Afschuifkracht x	Afschuifkracht y
1	7.780	1.250	1.250	0.000

ax. staal van het beton: - [‰]
ax. betondrukspanning: - [N/mm²]
sulterende trekkracht in (x/y)=(0/0): 7.780 [kN]
sulterende drukkracht in (x/y)=(0/0): 0.000 [kN]

Treklast SOFA (fib (07/2011), sectie 16.2.1)

	Belasting [kN]	Capaciteit [kN]	Benutting β_N [%]	Status
Staalbreuk*	7.780	28.000	28	OK
Gecombineerd bezwijken door uittrekken en betonkegelbreuk**	7.780	14.539	54	OK
Betonkegelbreuk**	7.780	17.115	46	OK
Splijten**	7.780	14.758	53	OK

ongunstigste anker **ankergroep (ankers onder trekbelasting)

1 Staalbreuk

$N_{Rk,s}$ [kN]	γ_{Ms}	$N_{Rd,s}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
42.000	1.500	28.000	7.780

2 Gecombineerd bezwijken door uittrekken en betonkegelbreuk

A_{cN} [mm²]	A^0_{cN} [mm²]	$\Psi_{A,N}$	$\tau_{Rk,cr,25}$ [N/mm²]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	c_{min} [mm]
90000	129600	0.694	18.00	360	180	70

Ψ_c	$\tau_{Rk,cr}$ [N/mm²]	max $\tau_{Rk,cr}$ [N/mm²]	$\Psi^0_{g,Ne}$	$\Psi^0_{g,Ns}$
1.000	8.50	10.01	1.000	1.000

$e_{c1,N}$ [mm]	$\Psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\Psi_{ec2,Np}$	$\Psi_{s,Np}$	$\Psi_{re,Np}$
0	1.000	0	1.000	0.817	1.000

$N^0_{Rk,p}$ [kN]	$N_{Rk,p}$ [kN]	γ_{Mp}	$N_{Rd,p}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
38.453	21.808	1.500	14.539	7.780

3 Betonkegelbreuk

A_{cN} [mm²]	A^0_{cN} [mm²]	$\Psi_{A,N}$	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]
90000	129600	0.694	180	360

$e_{c1,N}$ [mm]	$\Psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\Psi_{ec2,N}$	$\Psi_{s,N}$	$\Psi_{re,N}$
0	1.000	0	1.000	0.817	1.000

k_1	$N^0_{Rk,c}$ [kN]	γ_{Mc}	$N_{Rd,c}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
7.700	45.267	1.500	17.115	7.780

4 Splijten

A_{cN} [mm²]	A^0_{cN} [mm²]	$\Psi_{A,N}$	$c_{cr,Sp}$ [mm]	$s_{cr,Sp}$ [mm]	$\Psi_{h,Sp}$
185067	294195	0.629	271	542	1.000

$e_{c1,N}$ [mm]	$\Psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\Psi_{ec2,N}$	$\Psi_{s,N}$	$\Psi_{re,N}$	k_1
0	1.000	0	1.000	0.777	1.000	7.700

$N^0_{Rk,c}$ [kN]	$\gamma_{M,sp}$	$N_{Rd,sp}$ [kN]	N_{Sd} [kN]
45.267	1.500	14.758	7.780

Ingegevens en resultaten moeten worden gecontroleerd op overeenstemming met de realiteit en op waarschijnlijkheid
DFIS Anchor (c) 2003-2005 Hilti AG, FL-9494 Schaan Hilti is een geregistreerd handelsmerk van Hilti AG, Schaan

HILTI

Profis Anchor 2.7.2

ww.hilti.nl			
ma:		Bladzijde:	3
instructeur:		Project:	
res:		Sub-Project I Pos. Nr.:	
I Fax:	I	Datum:	10-04-2017
mail:			

Afschuifbelasting SOFA (fib (07/2011), sectie 16.2.2)

	Belasting [kN]	Capaciteit [kN]	Benutting β_V [%]	Status
taalbreuk (zonder hefboomsarm)*	1.250	16.800	8	OK
taalbreuk (met hefboomsarm)*	N.V.T.	N.V.T.	N.V.T.	N.V.T.
betonschieruitbreken**	1.250	29.077	5	OK
betonrandbreuk in richting x+**	1.250	5.754	22	OK

ongunstigste anker **ankergroep (geactiveerde ankers)

1 Staalbreuk (zonder hefboomsarm)

$V_{Rk,s}$ [kN]	γ_{Ms}	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{Sd} [kN]
21.000	1.250	16.800	1.250

2 Betonschieruitbreken (door bezwijken lijmverbinding)

$A_{c,N}$ [mm²]	$A^0_{c,N}$ [mm²]	$\psi_{A,Nb}$	$\tau_{Rk,cr,25}$ [N/mm²]	$c_{cr,Nb}$ [mm]	$s_{cr,Nb}$ [mm]	c_{min} [mm]
90000	129600	0.694	18.00	180	360	70

ψ_c	$\tau_{Rk,cr}$ [N/mm²]	max $\tau_{Rk,cr}$ [N/mm²]	k_s	$\psi^0_{g,Nb}$	$\psi_{g,Nb}$
1.000	8.50	10.01	2.000	1.000	1.000

$\psi_{s,Nb}$	$e_{c,V}$ [mm]	$\psi_{ec1,Nb}$	$e_{c2,V}$ [mm]	$\psi_{ec2,Nb}$	$\psi_{re,Nb}$
0.817	0	1.000	0	1.000	1.000

$N^0_{Rk,b}$ [kN]	$N_{Rk,b}$ [kN]	$\gamma_{Mc,b}$	$V_{Rd,cb}$ [kN]	V_{Sd} [kN]
38.453	21.808	1.500	29.077	1.250

3 Betonrandbreuk in richting x+

l_f [mm]	d_{nom} [mm]	k_V	α	β
120	12.0	1.700	0.131	0.070

c_1 [mm]	$A_{c,V}$ [mm²]	$A^0_{c,V}$ [mm²]	$\psi_{A,V}$
70	22050	22050	1.000

$\psi_{s,V}$	$\psi_{h,V}$	$\psi_{g,V}$	$e_{c,V}$ [mm]	$\psi_{ec,V}$	$\psi_{re,V}$	$\psi_{ec,V}$
1.000	1.000	1.000	0	1.000	1.000	1.500

$V^0_{Rk,c}$ [kN]	γ_{Mc}	$V_{Rd,c}$ [kN]	V_{Sd} [kN]
8.630	1.500	5.754	1.250

Combinatie van trek en afschuiving SOFA (fib (07/2011), sectie 10.3)

	β_N	β_V	α	Benutting $\beta_{N,V}$ [%]	Status
taal	0.278	0.074	2.000	9	OK
eton	0.535	0.217	1.500	50	OK

$\beta_N + \beta_V <= 1$

Verplaatsingen (hoogst belaste anker)

ortdurende belastingen

β_N = 5.763 [kN] δ_N = 0.089 [mm]

β_V = 1.852 [kN] δ_V = 0.093 [mm]

δ_{NV} = 0.129 [mm]

angeduur-belastingen

β_N = 5.763 [kN] δ_N = 0.204 [mm]

β_V = 1.852 [kN] δ_V = 0.148 [mm]

δ_{NV} = 0.252 [mm]

B: Verplaatsingen t.g.v. trekbelasting zijn gebaseerd op de helft van het vereiste aandraaimoment voor ongescheurd beton! Verplaatsingen g.v. afschuiving zijn bepaald zonder inachtneming van wrijving tussen beton en ankerplaat! De speling als gevolg van toleranties in oorgatdiameter en galdiameter in ankerplaat wordt niet beschouwd in deze berekening!

eveel verplaatsing toelaatbaar is, hangt af van de verbinding en dient door de constructeur te worden bepaald!

gegevens en resultaten moeten worden gecontroleerd op overeenstemming met de realiteit en op waarschijnlijkheid
DFIS Anchor (c) 2003-2005 Hilti AG, FL-9494 Schaan Hilti is een geregistreerd handelsmerk van Hilti AG, Schaan

ww.hilti.nl

Profis Anchor 2.7.2

ma:		Bladzijde:	4
instructeur:		Project:	
res:		Sub-Project / Pos. Nr.:	
): / Fax:	[	Datum:	10-04-2017
mail:			

Waarschuwingen

De rekenmethoden in PROFIS Anchor gaan uit van starre ankerplaten volgens de geldende normen (ETAG 001/Annex C, EOTA TR029, etc.). Met deze functie van PROFIS anker kunt u de minimale ankerplaatdikte berekenen middels de Eindige Elementen Methode (FEM) voor het gekozen anker om de spanning in de ankerplaat te minimaliseren, gebaseerd op een starre ankerplaat en lastverdeling. De toetsing of de ankerplaat star genoeg is wordt niet uitgevoerd door PROFIS anker. Aannames en resultaten moeten altijd worden gecontroleerd op juistheid.

De lijst van benodigdheden is slechts ter informatie voor de gebruiker. In elk geval, dienen de gebruiksinstructies behorende bij het produkt opgevolgd te worden om een juiste installatie te bewerkstelligen.

Boorgatreiniging moet volgens de gebruiksaanwijzigingen worden uitgevoerd (2x blazen met olievrije perslucht (min. 6 bar), 2x borstelen, 2x blazen met olievrije perslucht (min. 6 bar)).

Karakteristieke hechtspanningen zijn afhankelijk van korte en lange termijn temperaturen.

Neem contact op met Hilti om leverbaarheid van HIT-V ankerstang te controleren.

De rekenmethode fib (07/2011) neemt aan dat geen ruimte aanwezig is tussen anker en boutgalwand. Dit kan worden voorkomen door deze ruimte te vullen met een mortel van voldoende druksterkte (b.v. m.b.v. de Hilti Dynamic Set) of door andere geschikte middelen.

De gebruiker is verantwoordelijke voor overeenstemming met geldende normen (zoals EC3)

Het controleren van de overdracht van de lasten naar de ondergrond is benodigd in overeenstemming met fib (07/2011)!

Verbinding is VEILIG!

ww.hilti.nl

Profis Anchor 2.7.2

ma:		Bladzijde:	5
instructeur:		Project:	
res:		Sub-Project I Pos. Nr.:	
l. / Fax:	/	Datum:	10-04-2017
mail:			

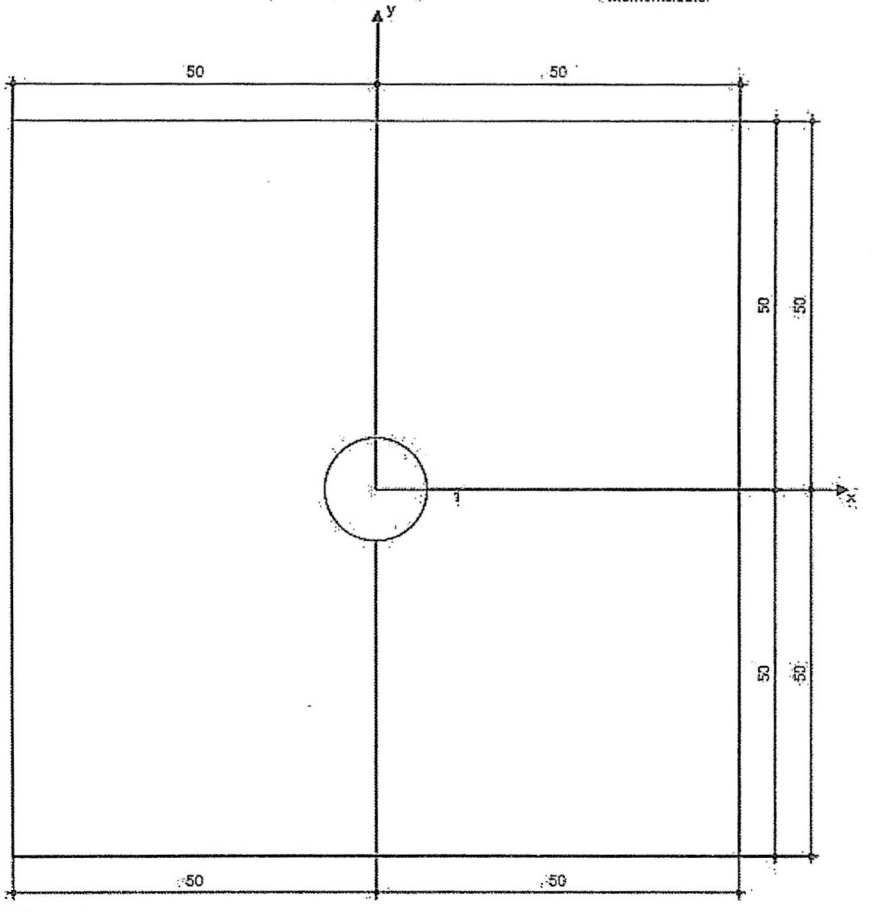
Plaatsingsgegevens

nkerplaat, staal: -
aalprofiel: geen profiel
atdiameter in ankerplaat: d_f = 14 mm
nkerplaatdikte (invoer): 15 mm
anbevolen ankerplaatdikte: niet berekend
oormethode: Hamergeboord
oorgatreiniging: Premium boorgatreiniging is vereist

Ankertype en -afmeting: HIT-HY 200-A + HIT-V (5.8) M12
Aandraaimoment: 0.040 kNm
Boorgatdiameter: 14 mm
Boorgatdiepte in ondergrond: 120 mm
Minimale dikte van de ondergrond: 150 mm

1 Vereiste toebehoren

oren	Boorgatreiniging	Plaatsing
Hamerboormachine Juiste boordiameter	• Perslucht met benodigde toebehoren om van onder in het gat te blazen. • Juiste borstel voor diameter	• Dispenser inclusief cassette en mixtuit • Hilti seismische vulset • Momentsleutel



nkercoördinaten [mm]

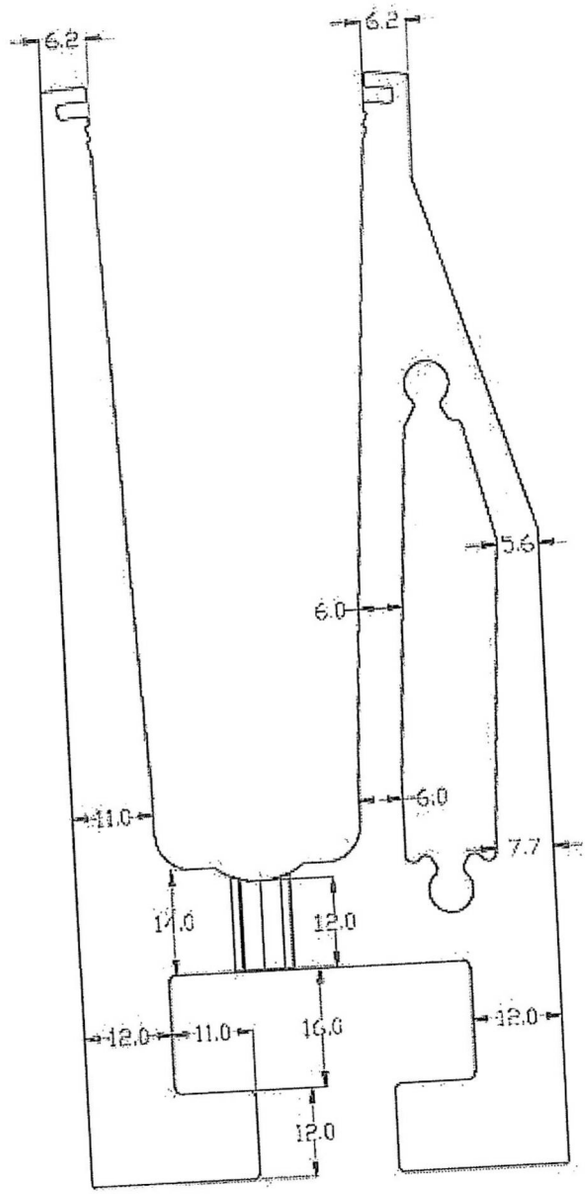
Anker	x	y	c_{-x}	c_{+x}	c_{-y}	c_{+y}
1	0	0	-	70	420	420

gegevens en resultaten moeten worden gecontroleerd op overeenstemming met de realiteit en op waarschijnlijkheid
OFIS Anchor (c) 2003-2009 Hilti AG FL-9494 Schaan Hilti is een geregistreerd handelsmerk van Hilti AG, Schaan

Toepassing "buiten"

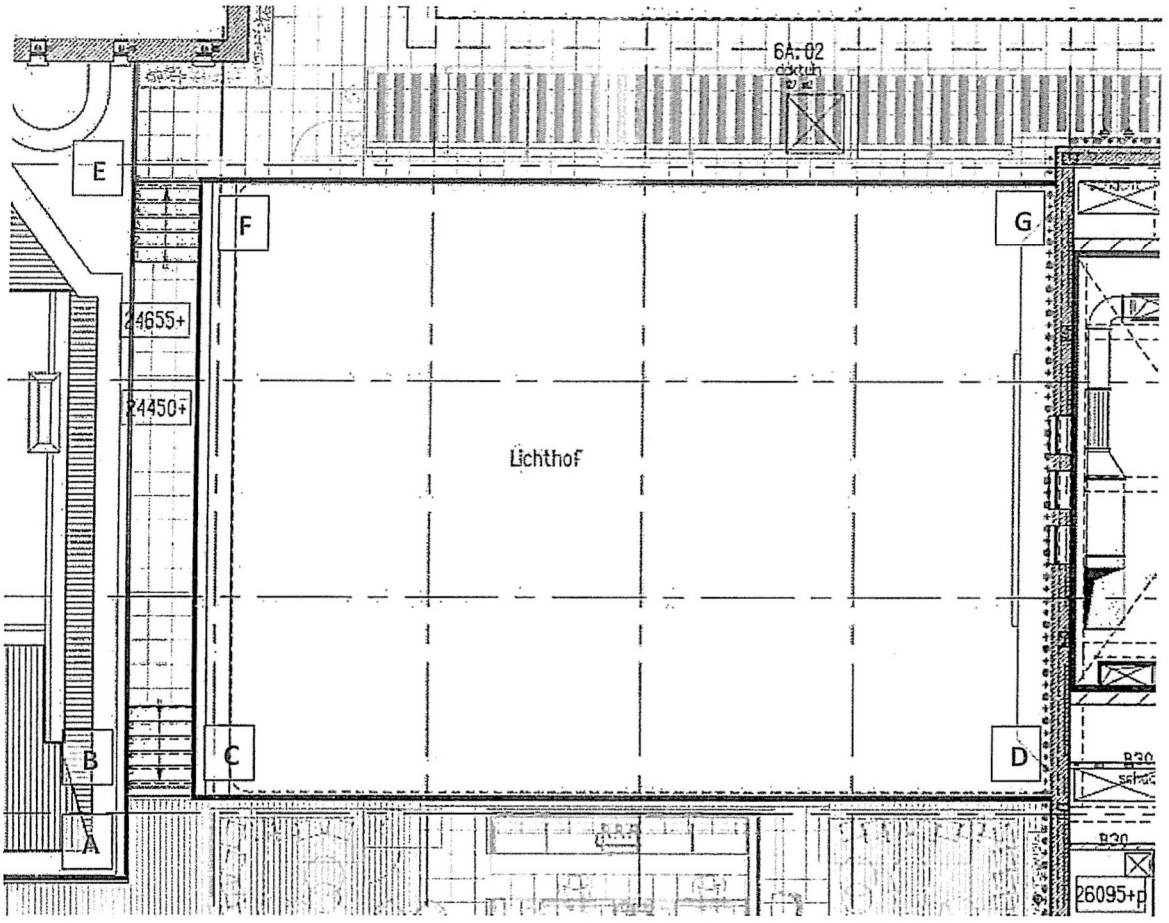
Uit berekening blijkt dat hetzelfde anker in A4 kwaliteit identieke resultaten oplevert.
Deze zijn derhalve niet nader in deze berekeningen opgenomen.

Bijlage 4 - relevante profieldiktes



BUNGEHUIS – VERBINDINGEN GLAZEN BALUSTRADES DAKTERRAS
Opname : 11 juli 2018

Plattegrond met posities

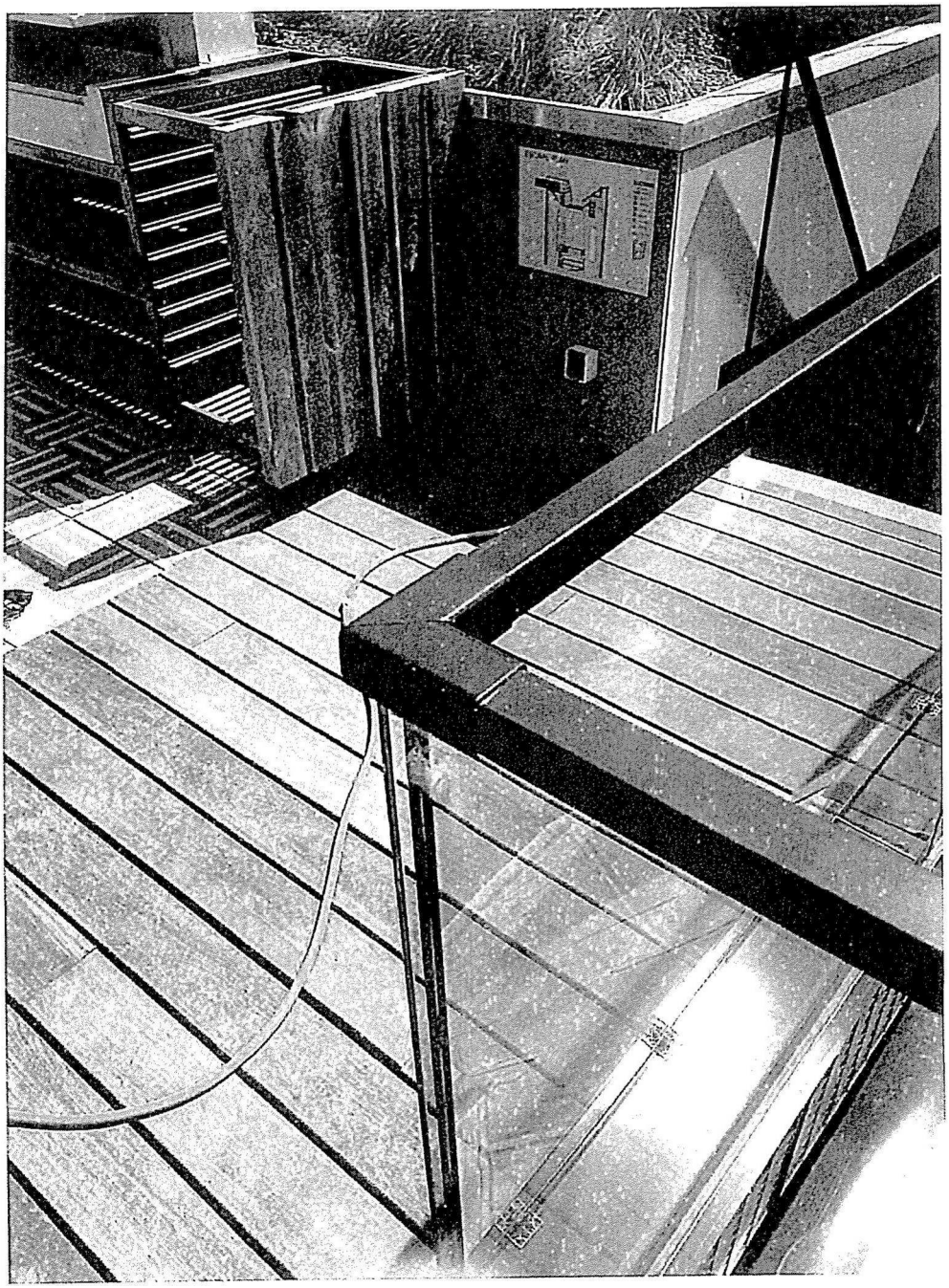


Behoort bij besluit

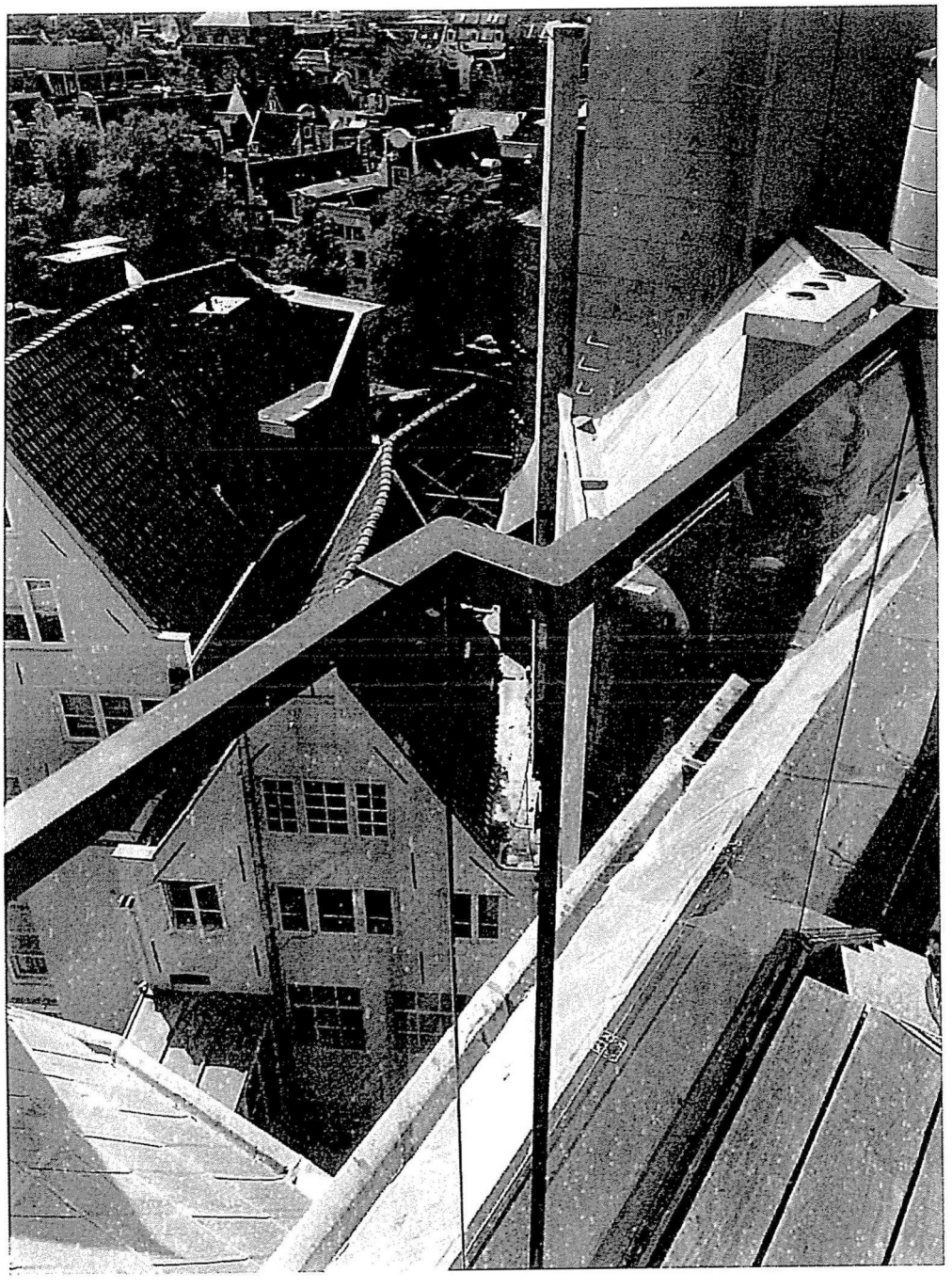
BWT 2569391
Gemerkt dgk02-2

Gemeente Amsterdam
Centrum

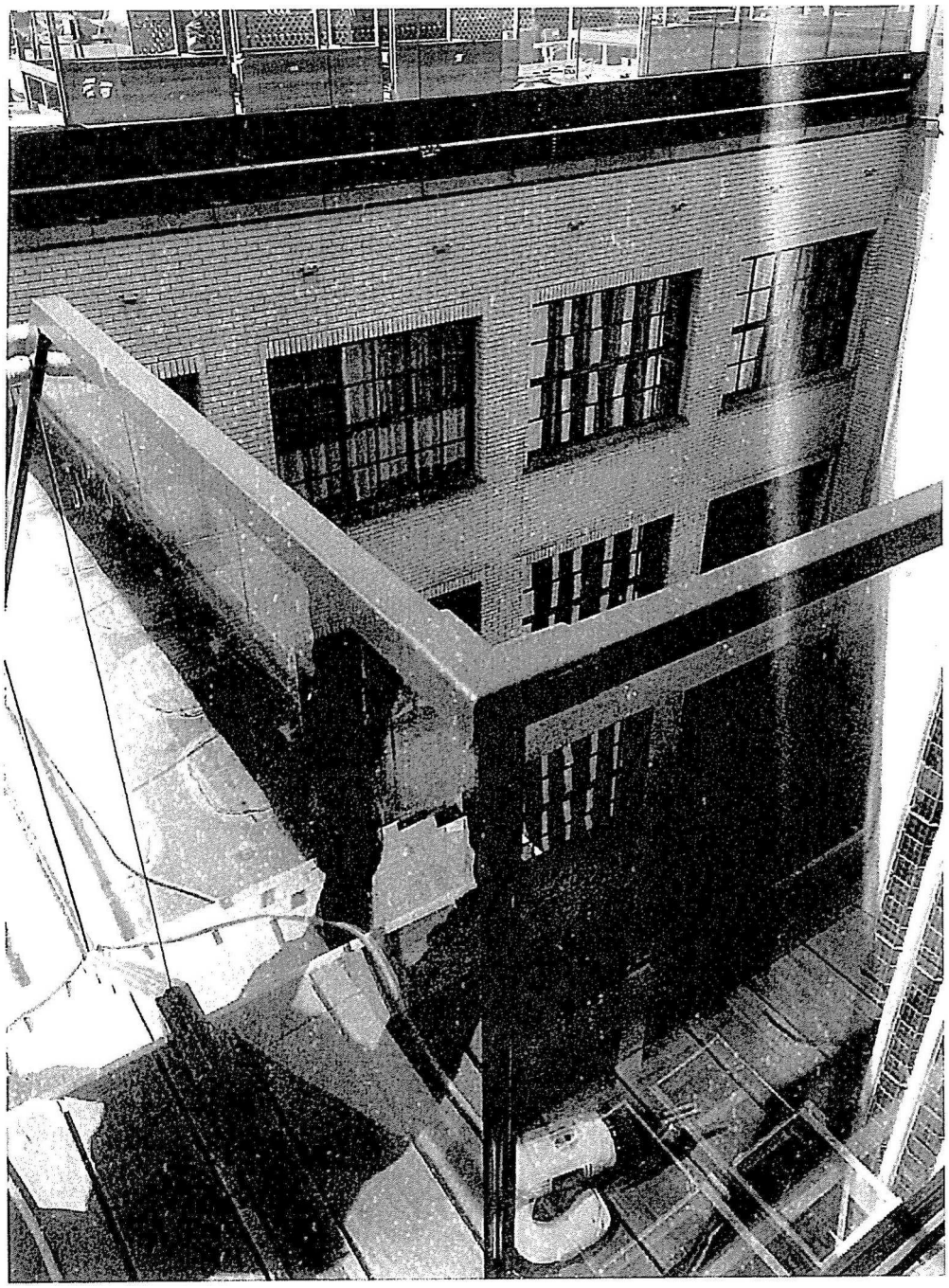
Positie A



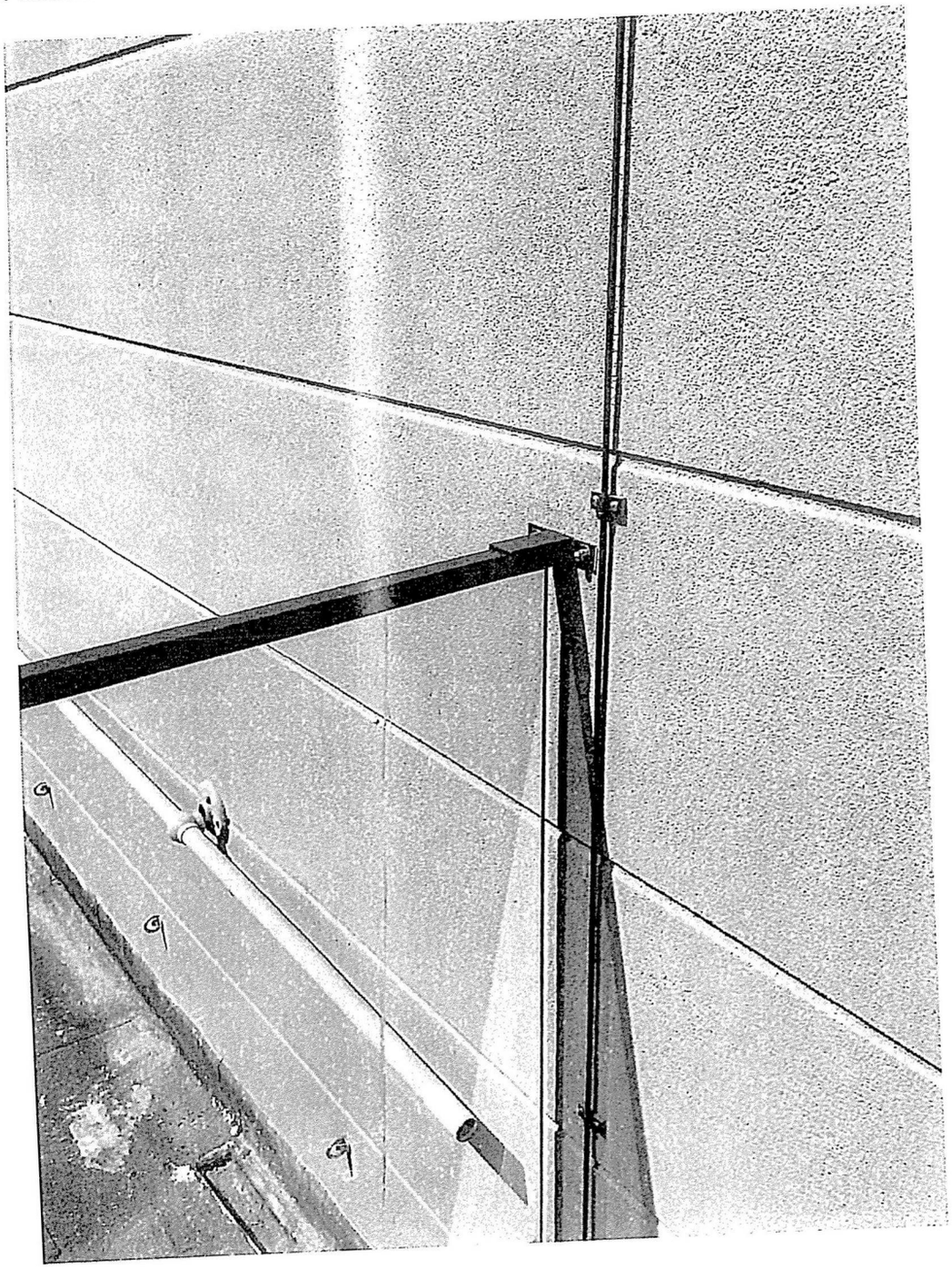
Positie B



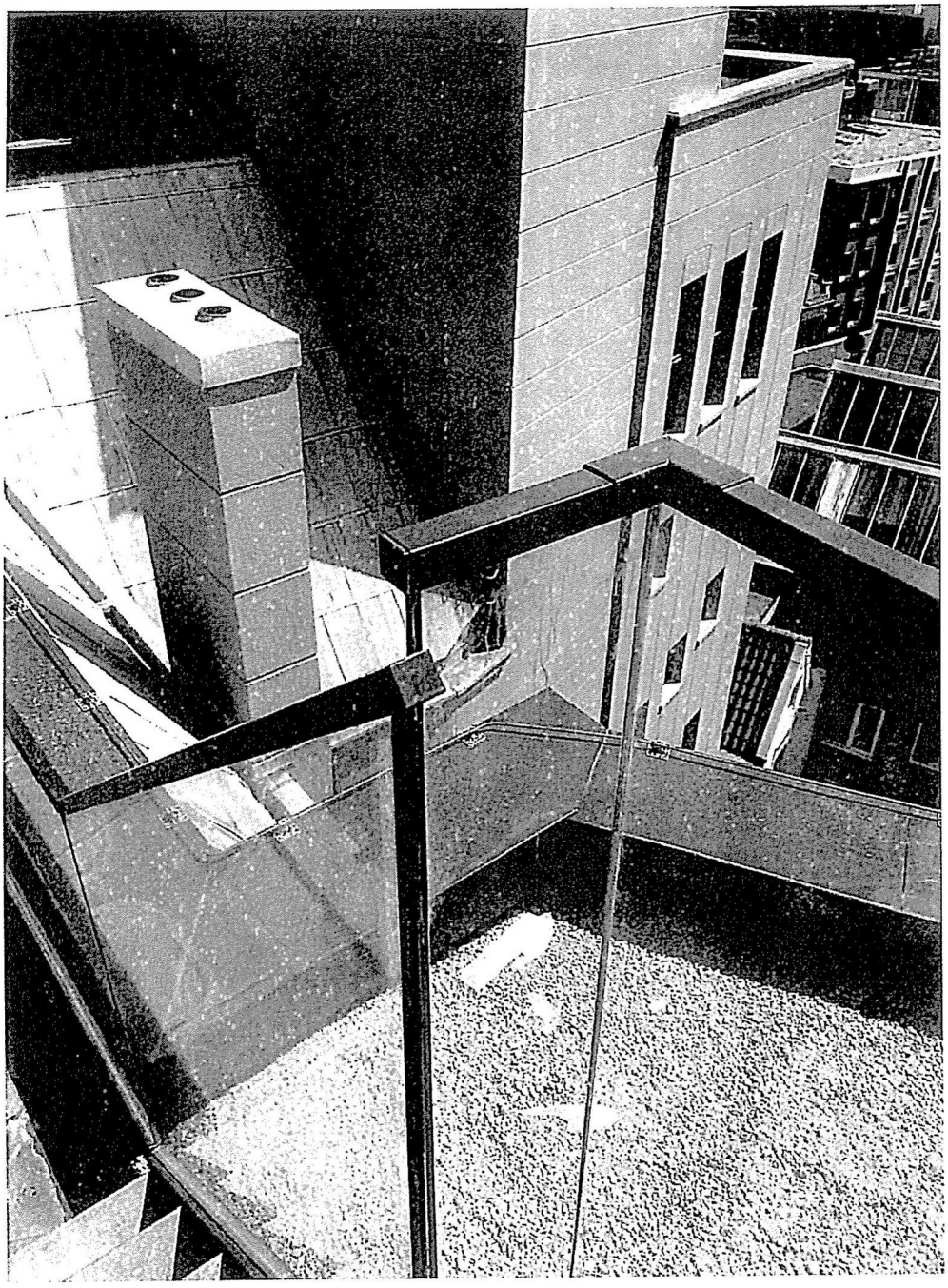
Positie C



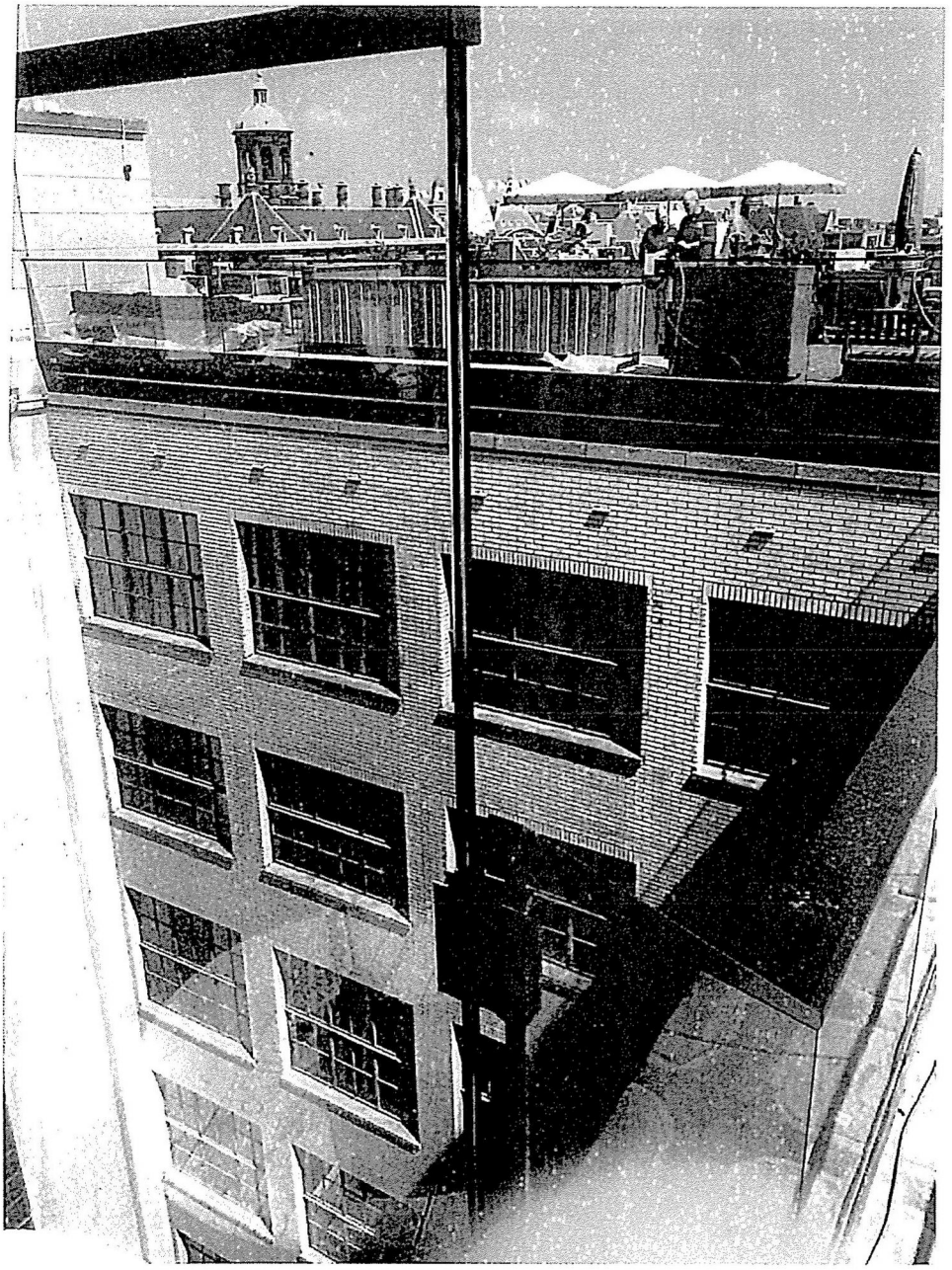
Positie D



Positie E



Positie F



Positie G

