



Titel document: BASISONTWERP VAL
Onderdeel: Industriebrug Haarlem
Documentnummer: VG-02
Projectnummer: 60170162
Fase: Vergunningsontwerp berekeningen

Revisie	Datum	Status	Wijziging
0	21-06-2017	Def.	



INHOUD

INLEIDING	3
1. VALONTWERP	4
2. BELASTINGEN	5
3. TOETSING STERKTE EN STIJFHEID	9
BIJLAGE 1 DIENSTVOERTUIG	10
BIJLAGE 2 STERKTEBEREKENING 1	11
BIJLAGE 3 STERKTEBEREKENING 2	12
BIJLAGE 4 VERVORMINGEN VAL	14



INLEIDING

Om een voldoende sterk en stijf val te ontwerpen voor de nieuw te bouwen fiets-/voetgangersbrug "Industriebrug" te Haarlem is eerst een basisontwerp van het val gemaakt, welke op sterkte is getoetst. In deze rapportage is dit ontwerp toegelicht en zijn de uitgangspunten en resultaten van de hieraan uitgevoerde sterkte- en stijfheidsberekeningen opgenomen.

Voor het berekenen van spanningen en vervormingen is gebruik gemaakt van het EEM-programma Ansys. Voor de op het val uitgeoefende verkeersbelastingen is uitgegaan van NEN-EN 1991-2, waarbij als dienstvoertuig het voorgeschreven voertuig, type Ravo, is toegepast.



1. VALONTWERP

Bij het ontwerp is uitgegaan van de afmetingen volgens tekening:
Beweegbare fietsbrug, IPV Delft, Nummer HAA.08-200.01

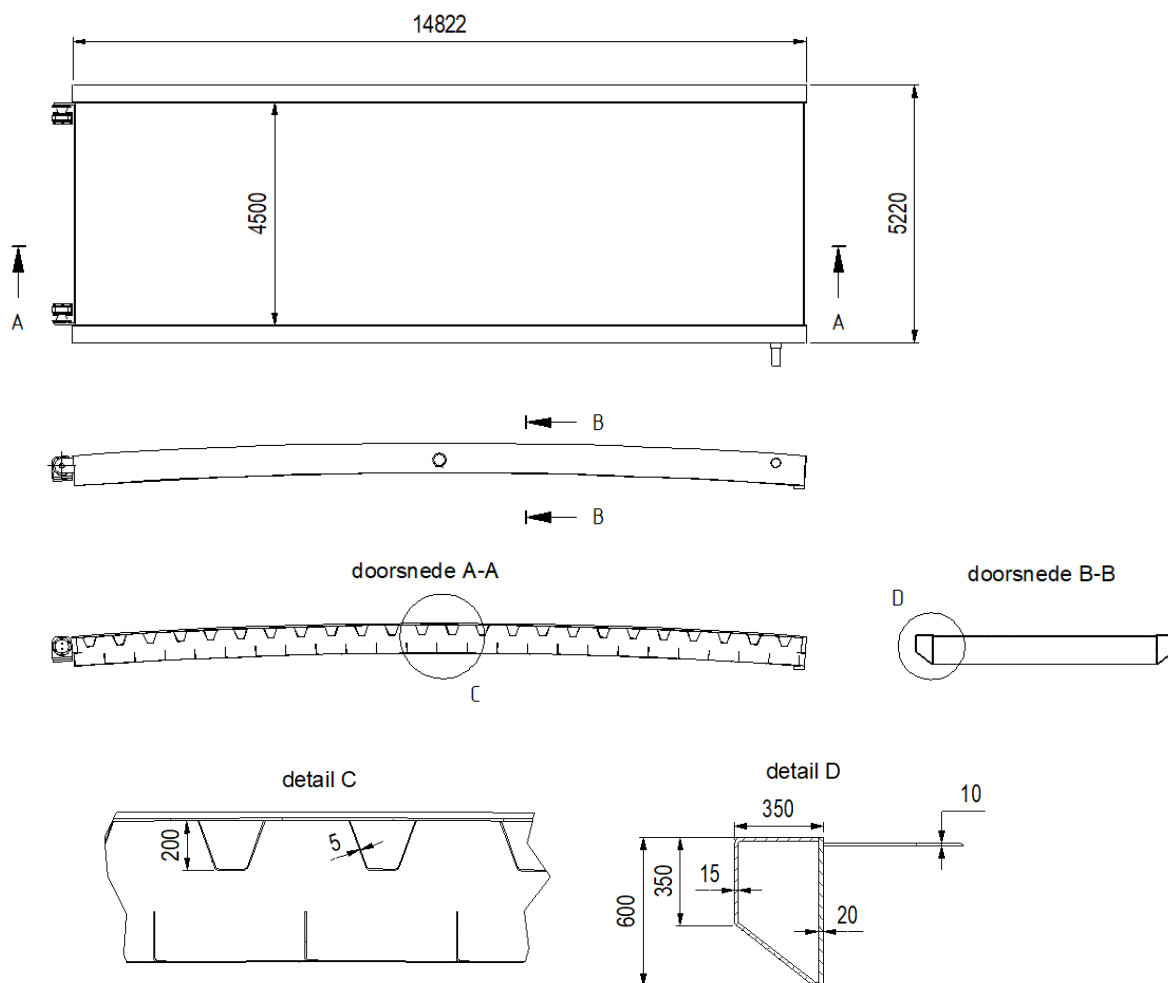
Lengte val $L_v := 14600 \text{ mm}$

Breedte val tussen leuning $B_v := 4500 \text{ mm}$

Het doorgerekende val bestaat uit volgende hoofdcomponenten, zoals ook onderstaand is getekend:

- 2 hoofdliggers, samengesteld uit plaatdelen met diktes 15mm en 20 mm: zie onderstaand detail D;
- een dekplaat met dikte 10 mm;
- dwarstroggen, 200 mm hoog en 5 mm dik: zie onderstaand detail C;
- ter afdichting van de onderzijde: gezette strippen tussen de hoofdliggers met daartegen een afdekplaat.

Ten behoeve van het afsteunen van het val zijn aan draaipuntzijde 2 draaipunten aangebracht; aan de voorhar zijn 2 steunpunten aangebracht.



Voor alle plaatdelen: materiaal S355.



2. BELASTINGEN

De op het val uit te oefenen belastingen zijn:

RUSTENDE BELASTING

Massa van het val

$$m_{\text{val}} := 20000 \text{ kg}$$

Gewicht van het val

$$G_{\text{val}} := 200 \text{ kN}$$

VERKEERSBELASTING

De toe te passen belastingen volgen uit Artikel 5.3 in NEN-EN 1991-2 en bijbehorende nationale bijlage:

Verticale belastingen

Vier modellen:

- A. een gelijkmatig verdeelde belasting q_{fk}
- B. een geconcentreerde belasting Q_{fvd}
- C. belastingen die dienstvoertuigen representeren
- D. een onbedoeld voertuig.

In Eis E0294 wordt gesteld dat het gebruik van de brug door onbedoelde voertuigen dient te worden voorkomen door toepassen van fietspalen. Deze belasting hoeft daarom niet in rekening te worden gebracht.

De karakteristieke waarden voor de te hanteren belastingen zijn:

A. Gelijkmatig verdeelde belasting

$$q_{fk} := \left(2.0 + \frac{120}{\frac{L_v}{m} + 30} \right) \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 4.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

B. Geconcentreerde belasting op een oppervlak van 0,10 x 0,10 m $Q_{fvd} := 7 \text{ kN}$

C. Dienstvoertuig: - twee assen met wielbasis van 3 m
 - twee wielen per as; spoorbreedte 1,75 m
 - contactvlak wiel 0,25 m x 0,25 m

aslast

$$F_{as} := 25 \text{ kN}$$

Volgens Eis E0078 dient een wegbeheerdervoertuig type Ravo de verbinding te kunnen passeren.

In Bijlage 1 zijn van dit voertuig de door producent/leverancier opgegeven waarden voor afmetingen en maximale massa's gegeven:

- twee assen met wielbasis van 1916 mm
- neem twee wielen per as; spoorbreedte 1470 mm (voor vooras type RAVO 560)
- neem contactvlak wiel vóór- en achterkant 0,25 m x 0,25 m

Uitgaand van maximale belading en het gewicht gelijkelijk verdeeld over de beide assen:

aslast

$$F_{as;Ravo} := \frac{114 \text{ kN}}{2} = 57 \text{ kN}$$

Het Ravo-voertuig is hierbij het maatgevend dienstvoertuig.

In geval van belasting van het val door een dienstvoertuig dient de gelijkmatig verdeelde belasting ook te worden toegepast, maar dan niet op de plaats van het voertuig inclusief 5 meter voor en achter het voertuig. (Tabel NB.10-5.1).



Horizontale belastingen

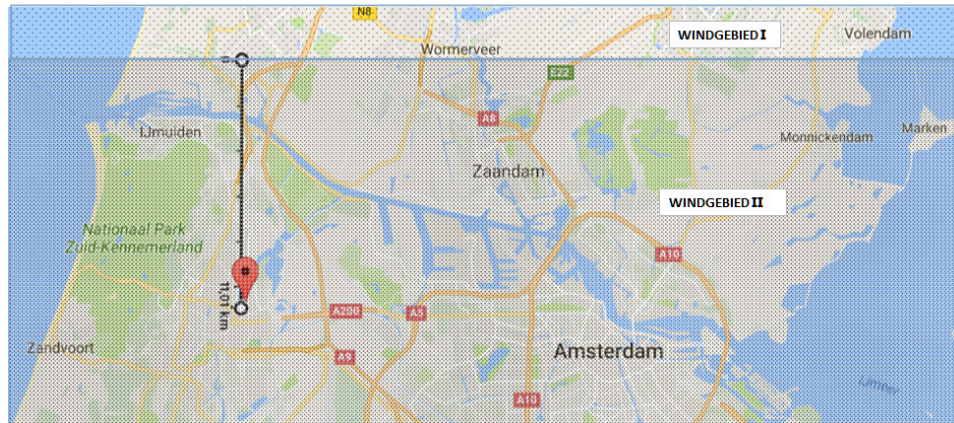
Hiervoor dient een kracht Q_{fk} te worden toegepast, welke gelijk is aan de grootste waarde van:

- 10% van de totale belasting in overeenstemming met de gelijkmatig verdeelde belasting;
- 30% van het totale gewicht van het dienstvoertuig, indien van toepassing.

WINDBELASTING

Voor de grootte van de windbelasting wordt uitgegaan van NEN-EN 1991-1-4, inclusief nationale bijlage.

WINDGEBIED:



De brug in Haarlem ligt in windgebied II en op een grotere afstand dan 5 km van de grens met windgebied I (zie kaartje boven) en op ca. 8 km van de kust. Daarom voor de windbelasting rekenen met de waarden, behorend bij windgebied II.

EIS E0124: De waterstand in de Industriehaven bedraagt -0,64 meter N.A.P. (gemiddelde boezemstand) voor de gehele winter en -0,61 meter N.A.P. (gemiddelde boezemstand) voor de gehele zomer (zie ook: Nota van Inlichtingen 1).

Uit alignement-tekening: het hoogste punt van het valoppervlak + 2,385 meter N.A.P.

BRUG GESLOTEN BUITEN BEWEGINGSCYCLUS

De grootste afstand van brugdek tot waterpeil (brug gesloten)

$$h_w := |-0.61 \text{ m}| + 2.385 \text{ m} = 2.995 \text{ m}$$

Neem voor terreincategorie:

Onbebouwd terrein

Dan uit Tabel NB.5:

Extreme stuwdruk

$$q_p := 0.60 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Neem voor de bouwwerkfactor:

$$c_s \cdot c_d := 1.0$$

Neem voor de krachtcoëfficiënt $c_{f,z}$ de in Artikel 8.3.3 gestelde - alternatieve - waarde:

$$c_{f,z} := 0.9$$

Voor het valoppervlak geldt:

- totale breedte val
- lengte val
- oppervlak door wind getroffen

$$B_{v,\text{wind}} := 5.21 \text{ m}$$

$$L_v = 14.6 \text{ m}$$

$$A_{\text{ref}} := B_{v,\text{wind}} \cdot L_v = 76.1 \text{ m}^2$$

De karakteristieke waarde voor de windkracht op het valoppervlak in verticale richting is dan:

$$F_w := c_s \cdot c_d \cdot c_{f,z} \cdot q_p \cdot A_{\text{ref}} = 41.1 \text{ kN}$$

TEMPERATUURBELASTING

Er treedt geen significante temperatuurbelasting op.



BELASTINGSFACTOREN

Conform Eis E0008 dient de brug ingedeeld te worden in Gevolgklasse 2 (CC2).

Dan zijn volgens Tabel NB.13-A2.4(B) in NEN-EN 1990/NB de volgende belastingsfactoren van toepassing:

Eigengewicht:

- 6.10a

$$\gamma_G := 1.30$$

- 6.10b

$$\gamma_G := 1.20$$

Verkeer:

$$\gamma_V := 1.35$$

Overig veranderlijk:

$$\gamma_{Ov} := 1.5$$

BELASTINGSCOMBINATIES

De volgende 3 belastingscombinaties volgens Tabel NB.17-A2.2 in NEN-EN 1990/NB zijn beschouwd (volgens 6.10.b):

Tabel NB.17 – A2.2 — ψ -waarden voor voetgangers- en fietsbruggen

Belasting	Belastingscombinaties									
	gr1	gr2	Q _{f_{wk}}	Onbedoeld voer- tuig ^b	W ^c		T ^d		S	A1 ^{a,c}
Gelijkmatig verdeelde belasting	1	0,8	0	0	0,4	0,32	0,4	0,32	0	0,4
Horizontale belasting	1	1,0	0	0	0,4	0,4	0,4	0,4	0	0,4
Dienstvoertuig Q _{serv}	0	1,0	0	0	0	0,4	0	0,4	0,8	0
Geconcentreerde belasting Q _{f_{wk}}	0	0	1	0	0	0	0	0		0
Onbedoeld voertuig	0	0	0	1	0		0		0	0
Wind F _{wk}	0,3	0,3	0	0	1,0	1,0	0,3	0,3	0,3	0
Temperatuur	0,3	0,3	0	0	0,3	0,3	1,0	1,0	0,3	0
Sneeuw	0	0	0	0	0	0	0	0	1,0	0
Impact op of onder de brug	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Aardbevings- belasting	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Belastingscombinatie: gr1

Rekenwaarden:

- Eigengewicht

$$G_{val;d} := \gamma_G \cdot G_{val} = 240 \text{ kN}$$

- Gelijkmatig verdeelde belasting

$$q_{fk;d;gr1} := \gamma_V \cdot q_{fk} = 6.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

- Horizontale belasting

$$F_{Hor;gr1} := 0.10 \cdot q_{fk;d;gr1} \cdot B_V \cdot L_V = 41.6 \text{ kN}$$

- Wind

$$F_{wk;gr1} := 0.3 \cdot \gamma_{Ov} \cdot F_w = 18.5 \text{ kN}$$

Belastingscombinatie: gr2

Rekenwaarden:

- Eigengewicht

$$G_{val;d} := \gamma_G \cdot G_{val} = 240 \text{ kN}$$

- Gelijkmatig verdeelde belasting

$$q_{fk;d;gr2} := 0.8 \cdot \gamma_V \cdot q_{fk} = 5.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

- Dienstvoertuig • per as

$$F_{as;d} := \gamma_V \cdot F_{as;Ravo} = 77 \text{ kN}$$

• per wiel

$$F_{wiel;d} := \frac{1}{2} \cdot F_{as;d} = 38.5 \text{ kN}$$

- Horizontale belasting

$$F_{Hor;gr2} := 0.30 \cdot 2 \cdot F_{as;d} = 46.2 \text{ kN}$$

- Wind

$$F_{wk;gr2} := 0.3 \cdot \gamma_{Ov} \cdot F_w = 18.5 \text{ kN}$$

Belastingscombinatie: $Q_{f_{wk}}$

Rekenwaarden:

- Eigengewicht

$$G_{val;d} := \gamma_G \cdot G_{val} = 240 \text{ kN}$$

- Geconcentreerde belasting

$$Q_{f_{wk}} := \gamma_V \cdot Q_{f_{vd}} = 9.5 \text{ kN}$$

3. TOETSING STERKTE EN STIJFHEID

De in het val optredende spanningen en vervormingen bij de verschillende belastingscombinaties zijn met ANSYS berekend.

BEREKENING 1

Het val is belast met het eigengewicht en de verkeersbelasting volgens combinatie gr1. In Bijlage 2 zijn in Figuur 1 het 3D-model, in Figuur 2 de belastingen en in Figuur 3 de berekende spanningen afgebeeld. Het val is ondersteund ter plaatse van de beide hoofddraaipunten en de beide vooropleggingen. Bij de voorhar is aan één kant een verticale, omhoog gerichte, hangstangkracht uitgeoefend ter grootte van 70 kN.

BEREKENING 2

Het val is belast met het eigengewicht en de verkeersbelasting volgens combinatie gr2. Daarbij zijn 2 deelberekeningen gemaakt, waarbij de positie van het dienstvoertuig is gevarieerd:

- dienstvoertuig in lengterichting op het midden van het val, in dwarsrichting tegen de rand van het val;
- dienstvoertuig bij de achterhar, in dwarsrichting tegen de rand van het val gepositioneerd.

In Bijlage 3 zijn in Figuur 1 de belastingen en in Figuur 2 de berekende spanningen afgebeeld voor de eerste wagenpositie; in Figuur 3 en Figuur 4 zijn de belastingen en de berekende spanningen voor de tweede wagenpositie afgebeeld. Het val is ook hier ondersteund ter plaatse van de beide hoofddraaipunten en de beide vooropleggingen. Bij de voorhar is ook de hangstangkracht uitgeoefend.

De UDL-belasting is steeds op het valoppervlak uitgeoefend, gerekend vanaf een afstand van 5 meter van het voertuig verwijderd.

Gelet op de relatief hoge wielbelastingen bij combinatie gr2 en de veel lagere waarde voor de geconcentreerde belasting voor combinatie gr3 is de belastingscombinatie met eigengewicht en gr3 niet doorerekend.

BEREKENING 3

Eis E0064: Maximaal toelaatbare doorbuiging als gevolg van mobiele belasting: $f_{\max} := \frac{1}{500} \cdot L_v = 29 \text{ mm}$

In deze berekening is de doorbuiging van het val berekend, welke ontstaat bij belasting van het val met combinatie gr1.

In Bijlage 4 zijn in Figuur 1 de gehanteerde belastingen en in Figuur 2 de dientengevolge ontstane doorbuiging van het val gegeven.

De hoogste spanning bedraagt $\sigma_{\max} := 296 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ (strip met dikte 5 mm)

Vloeigrens S355 $f_{y,d} := 355 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$

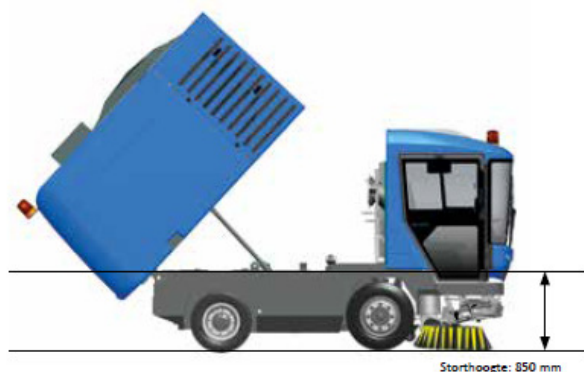
$$UC := \frac{\sigma_{\max}}{f_{y,d}} = 0.83$$

Voor de doorbuiging geldt: maximum $u_{\max} := 16.5 \text{ mm}$

$$UC := \frac{u_{\max}}{f_{\max}} = 0.57$$


BIJLAGE 1
DIENSTVOERTUIG

RAVO 5 iSeries AFMETINGEN, GEWICHTEN, CAPACITEITEN

STH (Standard Tipping High Volume)


Volume (m³)	4,3
Storchoogte (mm)	850
Totaal leeggewicht (kg)	6050
Laadvermogen (kg)	5350

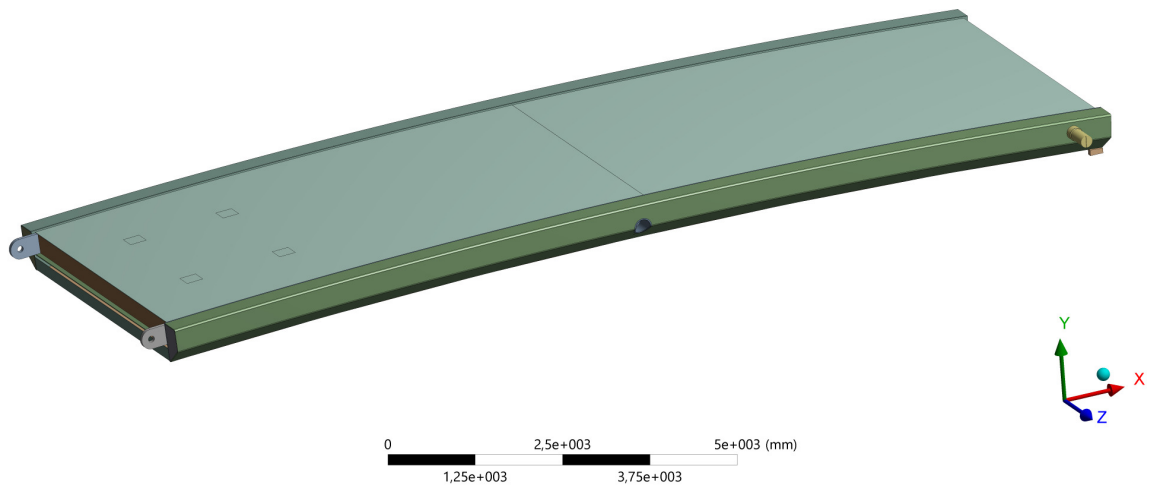
CD (Container Dump)


Volume (m³)	3,3
Storchoogte (mm)	1550
Totaal leeggewicht (kg)	6260
Laadvermogen (kg)	5140

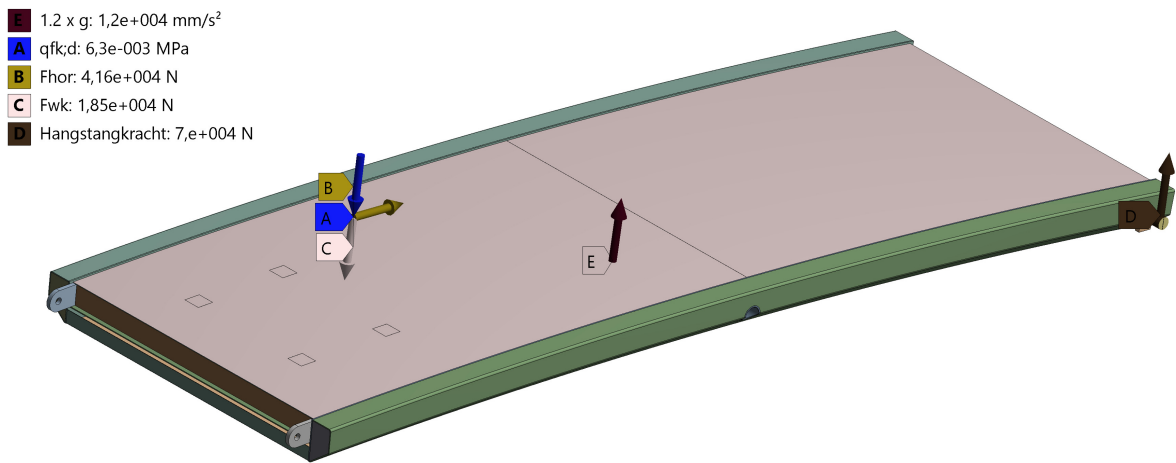
Afmetingen, Gewichten, Capaciteiten	
Lengte (mm)	4625
Breedte, excl. spiegels (mm)	1910
Breedte met gootborstels in rijstand (mm)	2280
Hoogte (uitvoering met enkele brede achterbanden) (mm)	2685 (STH container) / 2495 (CD container)
Hoogte (uitvoering dubbellucht) (mm)	2685 (STH container)* / 2495 (CD container)*
Wielbasis (mm)	1916
Veegbreedte (mm)	2000-2200

BIJLAGE 2 STERKTEBEREKENING 1

Geometry

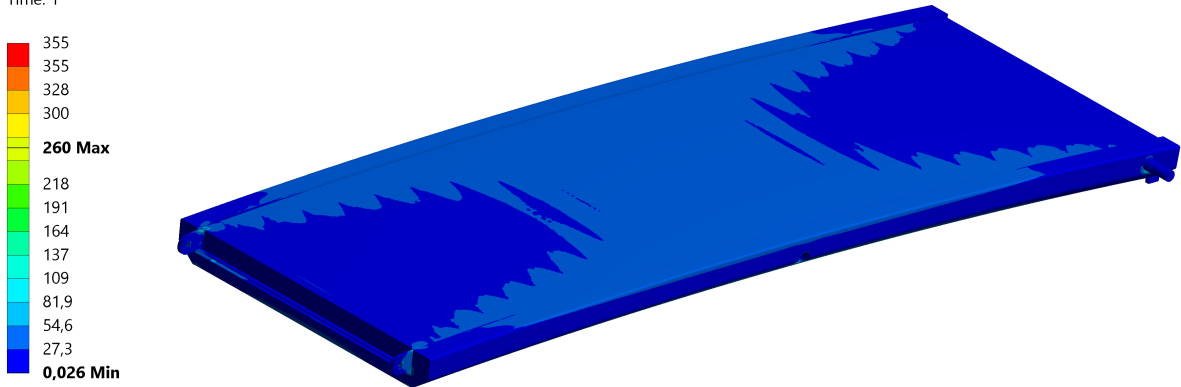


Figuur 1: 3D-model



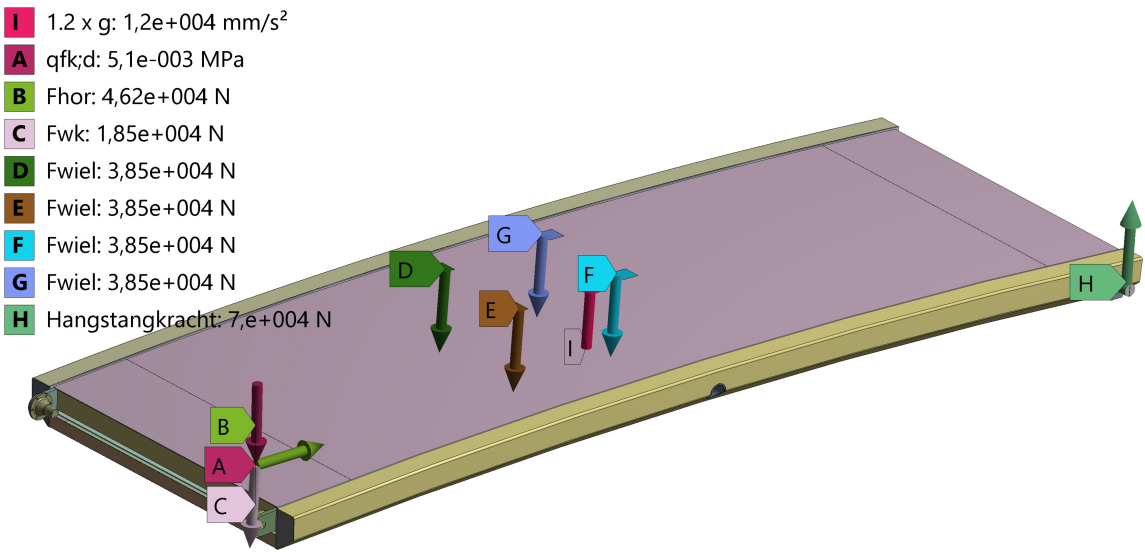
Figuur 2: Belastingen

B: Belastingscombinatie: gr1
Totale (von-Mises) spanningen
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1



Figuur 3: Totale (von-Mises) spanningen

BIJLAGE 3 STERKTEBEREKENING 2



Figuur 1: Dienstvoertuig midden val; Belastingen

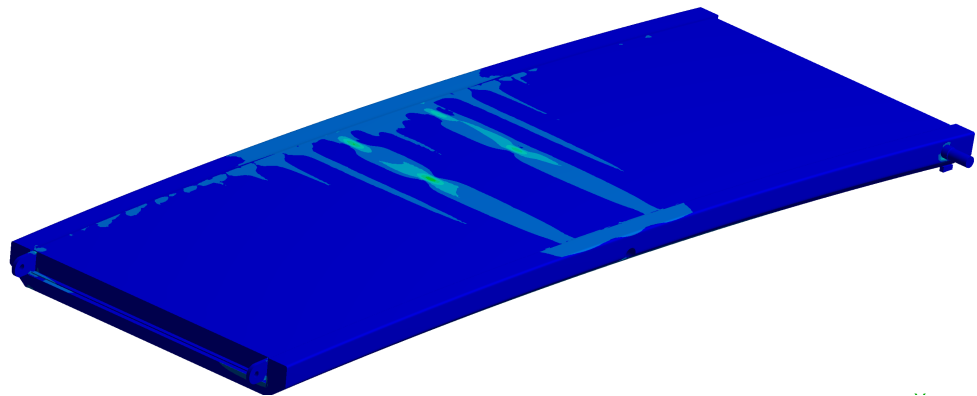
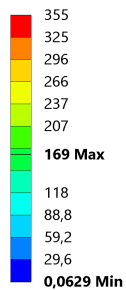
F: Belastingscombinatie: gr2 wagen midden

Equivalent Stress

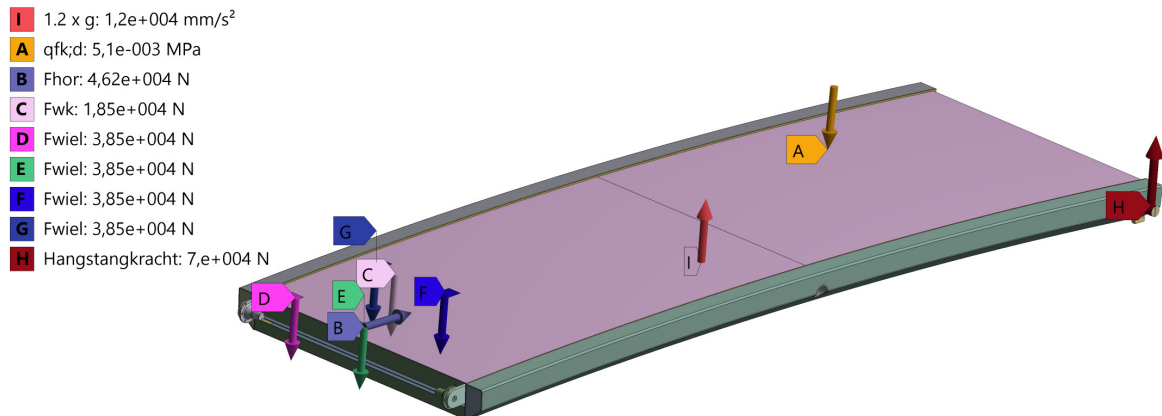
Type: Equivalent (von-Mises) Stress

Unit: MPa

Time: 1



Figuur 2: Dienstvoertuig midden val; Spanningen



Figuur 3: Dienstvoertuig uiteinde val; Belastingen

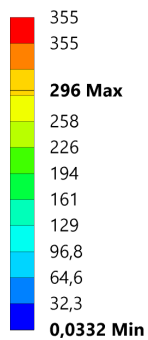
G: Belastingscombinatie: gr2 wagen uiteinde

Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress

Unit: MPa

Time: 1

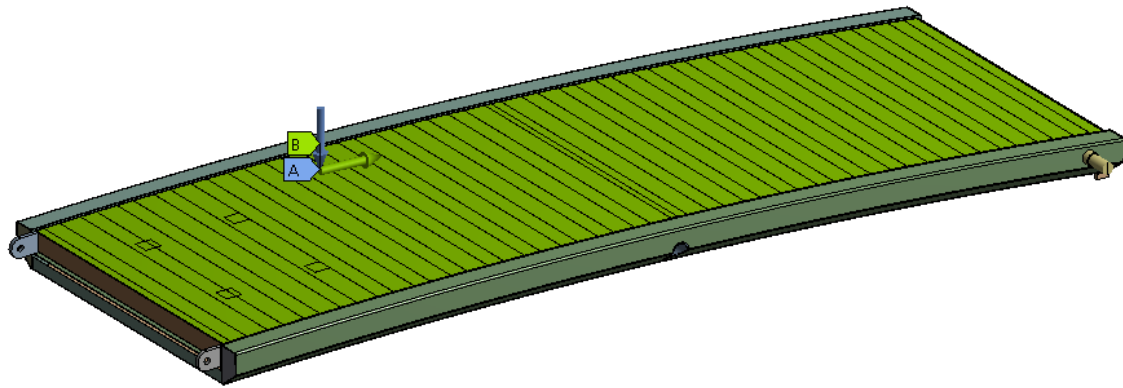


Figuur 4: Dienstvoertuig uiteinde val; Spanningen

BIJLAGE 4

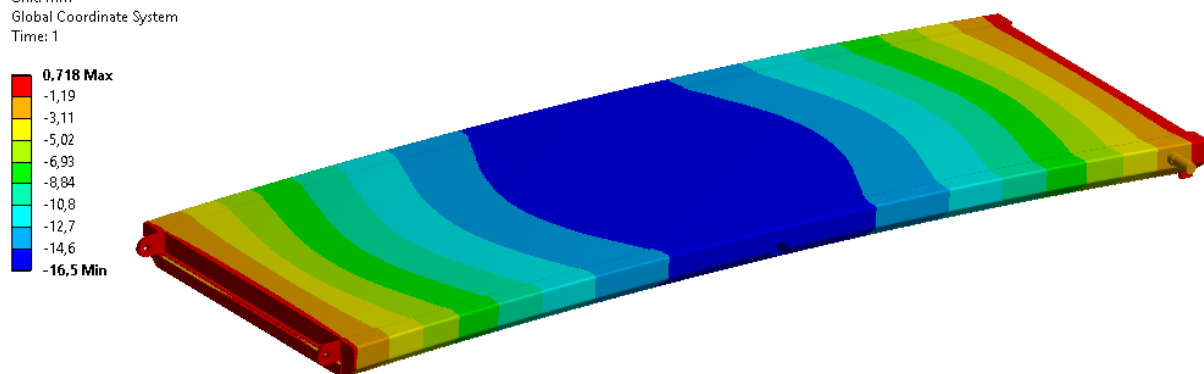
VERVORMINGEN VAL

A qfk;d: 6,3e-003 MPa
B Fhor: 4,16e+004 N



Figuur 1: Belastingen val

C: Doorbuiging val door verkeer
 Doorbuiging
 Type: Directional Deformation(Y Axis)
 Unit: mm
 Global Coordinate System
 Time: 1



Figuur 2: Doorbuiging val