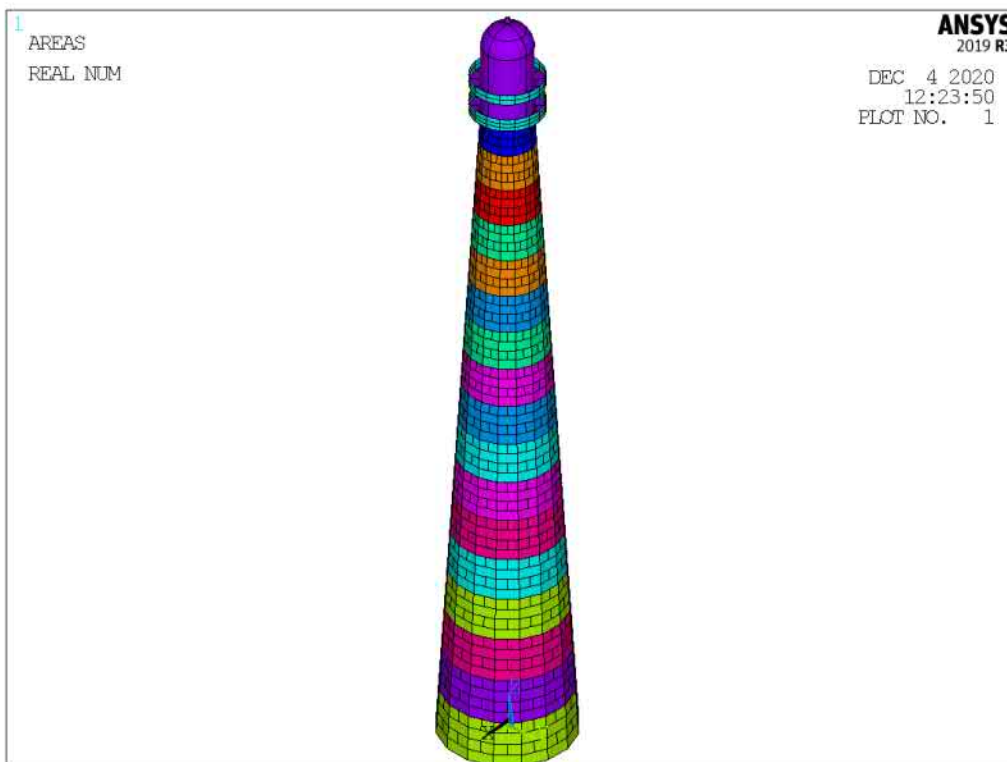


RWS
Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap
Kijkduin, Den Helder



Rekenkundige onderbouwing ten aanzien van de sterkte en stabiliteit, ten behoeve van bepalen huidige veiligheid en aanpak groot onderhoud/levensduurverlenging.

Documentnr.	2020012-01	Revisie	03
Datum	05-02-2021		
		Datum	Paraaf
Auteur		05-02-2021	
Gecontroleerd		05-02-2021	

 Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 03
	Structural check	Datum : 05-02-2021 Pagina : 2


Document History

Revisie	Auteur	Functie	Omschrijving	Datum
0		Structural Engineer	Voor commentaar	14-01-2021
1		Structural Engineer	Maximale veilige windsnelheid bepaald en toegevoegd, detailmodellen met horizontale spleet tussen wandpanelen toegevoegd.	29-01-2021
2		Structural Engineer	Opmerking gedeeltelijk verwerkt. Leeswijzer toegevoegd, gedeelte uit nog niet gepubliceerde NEN 8703 overgenomen, windroos KNMI, Den Helder/ De Kooy toegevoegd voor indicatie windsnelheid, richting en aandeel in de tijd.	30-01-2021
3		Structural Engineer	Opmerkingen gedeeltelijk verwerkt. Modelreeks toegevoegd met resultaten van verschillende globale modellen met losliggende vloeren.	05-02-2021

 Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 03
	Structural check	Datum : 05-02-2021 Pagina : 3

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	Leeswijzer	5
2	Conclusies en aanbevelingen	7
3	Modelbeschrijving ANSYS FE model "Lange Jaap", vuurtoren Huisduinen/ den Helder	8
3.1	Referenties:.....	9
3.2	Normen:.....	9
3.3	Wanddiktes	10
3.4	Globaal ANSYS FE model	11
3.4.1	eigenschappen gietijzer in ANSYS model:	13
4	Eigenfrequenties	14
5	Aangebrachte belastingen	16
6	Oplegreacties en interface krachten	23
7	Spanningen (SZ)	24
8	Vervormingen	31
9	Knoopspanningen buitenwand vuurtoren op $y=0$	33
10	Bepalen maximale veilige windsnelheid (storm)	39
10.1	Windroos De Kooy 1991-2020 (30 jr).....	43
10.2	Grafieken met verticaal spanningen (SZ) op $y=0$ t.g.v. eigen gewicht + wind	46
10.3	Bepalen kritische trekspanning in buitenwand Lange Jaap bij alle bouten aanwezig (uitgangssituatie)	50
11	Globaal model met losliggende vloeren	51
11.1	Conclusie	51
11.2	Globaal model met vloeren op trek/druk aangesloten	53
11.3	Globaal model met vloeren op druk alleen aangesloten	56
11.4	Globaal model met 1.25mm vooropening tussen wand en vloeren	62
11.5	Globaal model met 2.50mm vooropening tussen wand en vloeren	68
11.6	Globaal model met 25.0mm vooropening tussen wand en vloeren	74
12	Globaal model zonder tussenvloeren die verbinding vormen tussen kuip en buitenwand.	80
12.1	Grafieken met verticaal spanningen (SZ) op $y=0$	85
13	Detailmodel verbinding tussen wandpanelen	91
13.1	Vergelijk eigenschappen gietijzer in verschillende normen/publicaties	98
14	ANSYS detailmodel verbinding tussen panelen	100
15	Detailmodellen met spleet tussen contactvlakken	108
15.1	Globale uitleg vorm horizontale gemodelleerde spleet tussen contactvlakken in horizontale deling van wandpanelen	108
15.2	Conclusie	109
15.3	referentie detailmodel 1 zonder spleet	110
15.4	ANSYS detailmodel 2 verbinding tussen panelen met spleet (ellipsoïde vorm) $a=0.5*L=50$ [mm], $b=0.5*B=100$ [mm], $c=0.5*H=1.0$ [mm]	118
15.5	ANSYS detailmodel 3 verbinding tussen panelen met spleet (ellipsoïde vorm) $a=0.5*L=75$ [mm], $b=0.5*B=150$ [mm], $c=0.5*H=1.5$ [mm]	126
15.6	ANSYS detailmodel 4 verbinding tussen panelen met spleet (ellipsoïde vorm) $a=0.5*L=100$ [mm], $b=0.5*B=200$ [mm], $c=0.5*H=2.0$ [mm]	134
15.7	ANSYS detailmodel 5 verbinding tussen panelen met spleet (ellipsoïde vorm) $a=0.5*L=50$ [mm], $b=0.5*B=600$ [mm], $c=0.5*H=3.0$ [mm]	142

 Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 03
	Structural check	Datum : 05-02-2021 Pagina : 4

1 Inleiding

Rijkswaterstaat heeft via [REDACTED] gevraagd om rekenkundige ondersteuning bij het onderzoek ten aanzien van levensduurverlenging en veiligheid van de vuurtoren Lange Jaap, Kijkduin, den Helder. De berekeningen worden uitgevoerd met een globaal ANSYS FE model van de vuurtoren en een lokaal detailmodel van de verbindingen tussen de wandpanelen. Om deze computer modellen te kunnen realiseren is relevante info aangeleverd door Rijkswaterstaat. Verder zijn er een aantal richting gevende overleggen geweest en een tweetal werkbezoeken.

Het eerste werkbezoek aan de vuurtoren in Scheveningen (minder hoog, bouwwijze gelijkvormig, recent opnieuw geconserveerd (2019)) op 03-12-2020. Verder is op 07-12-2020 de vuurtoren Lange Jaap bezocht. Van het bezoek is een korte samenvatting gemaakt in het document: *Visuele beoordeling scheurvorming Lange Jaap 2020-12-07.docx*. Naar aanleiding van het overleg op 14-01-2021 is dit document verder uitgebreid t.a.v. de veiligheid bij belasting van de vuurtoren door wind(storm).

Dit is een levend document en wordt derhalve regelmatig voorzien van updates gebaseerd op de laatste inzichten en aanvullingen.

 Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 03
	Structural check	Datum : 05-02-2021 Pagina : 5

1.1 Leeswijzer

H	Titel	Beschrijving
1	Inleiding	Inleiding van het rapport.
2	Conclusies en aanbevelingen	Dit hoofdstuk beschrijft de conclusies die getrokken kunnen worden naar aanleiding van deze berekening en het bezoek aan de Lange Jaap
3	Modelbeschrijving ANSYS FE model "Lange Jaap", vuurtoren Huisduinen/den Helder.	Dit hoofdstuk bevat een beschrijving van het globale intacte ANSYS model: <ul style="list-style-type: none"> • toegepaste plaatdiktes • mesh grootte • type elementen • materiaal eigenschappen Verder worden de gebruikte referenties en toegepaste normen genoemd.
4	Eigenfrequenties	Aan de hand van de in hoofdstuk 2 beschreven model eigenschappen, worden hier de eerste 3 eigenfrequenties weergegeven en de massa en het zwaartepunt van het globale ANSYS model.
5	Aangebrachte belastingen	Dit hoofdstuk bevat een beschrijving van de op het model aangebrachte belastingen: <ul style="list-style-type: none"> • Eigen gewicht • Wind • Temperatuur • En de combinaties van deze belasting gevallen
6	Oplegreacties en interface krachten	Dit hoofdstuk geeft een korte weergave van de interface krachten vanuit het globale model, dat onder andere als input dient voor het lokale model voor de verschillende belasting gevallen
7	Spanningen (SZ)	Dit hoofdstuk geeft de spanningen in z-richting weer voor de verschillende belasting gevallen
8	Vervormingen	Dit hoofdstuk geeft de vervormingen in x-richting weer voor de verschillende belasting gevallen
9	Knoopspanningen buitenwand vuurtoren op y=0	Hier worden aan de hand van verschillende grafieken de spanningen in z-richting getoond over de hoogte en in de omtrek voor de verschillende belasting gevallen
10	Bepalen maximale veilige windsnelheid (storm)	Dit hoofdstuk beschrijft de maximale windsnelheid waarbij er nog geen trek in de buitenwand optreedt.
11	Globaal model met losliggende vloeren	Hier wordt de invloed van de scheuren in de vloeren op de verticaal spanning in de wanden bekeken.
12	Globaal model zonder tussenvloeren die verbinding vormen tussen kuip en buitenwand	Dit hoofdstuk beschrijft de resultaten voor de verschillende belasting gevallen, voor een model zonder tussenvloeren. Spanningen, vervormingen etc. worden hier getoond.

 Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 03
	Structural check	Datum : 05-02-2021 Pagina : 6

13	Detailmodel verbinding tussen wandpanelen	Er wordt kort een beschrijving gegeven van het detail wandpaneel
14	ANSYS detailmodel verbinding tussen panelen	Dit hoofdstuk geeft een beschrijving van de: <ul style="list-style-type: none"> • toegepaste plaatdiktes • mesh grootte • type elementen • materiaal eigenschappen • spanningsplots voor het intacte detail model.
15	Detailmodellen met spleet tussen contactvlakken	Dit hoofdstuk geeft een beschrijving van de: <ul style="list-style-type: none"> • toegepaste plaatdiktes • mesh grootte • type elementen • materiaal eigenschappen • spanningsplots voor het detail model inclusief spleet.

 Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 03
	Structural check	Datum : 05-02-2021 Pagina : 7

2 Conclusies en aanbevelingen

De modelstudies t.a.v. het gedrag van de Lange Jaap met name onder windbelasting hebben het inzicht in de globale werking, samenhang en gevoeligheden vergroot. In hoofdstuk 10 wordt berekend wat de maximale veilige windsnelheid is (20 m/s) gebaseerd op de aanname dat al de bouten in de verticale delingen tussen de wandpanelen geen trek meer kunnen opnemen en bezweken zijn. Vooralsnog hebben wij geen/onvoldoende meteorologische gegevens die nodig zijn voor een goede statistische onderbouwing voor de kans op overschrijding van de veilige limiet, onze verwachting is meerdere keren per jaar gebaseerd op de info in dit hoofdstuk.

Wij gaan ervanuit dat binnen RWS alle hiervoor benodigde meteorologische kennis en data voorhanden is en anders bij b.v. het KNMI verkregen kan worden.

In hoofdstuk 11 wordt onderbouwd dat het verlies van vormvastheid ten gevolge van scheuren in de vloeren leidt tot een andere krachtsverdeling in de buitenwand van de toren, dit heeft een negatief effect op de verbindingen tussen de panelen. In hoofdstuk 12 wordt aangetoond dat er geen directe zorgen zijn ten aanzien van de stabiliteit indien de vloeren verwijderd worden. Wel heeft dit een negatief effect op de spanningen in stormcondities, de trekspanningen zijn op sommige locaties hoger dan de bouten kunnen opnemen. Hieruit volgt het advies om één en ander in gedeeltes te verwijderen in de periode van het jaar met de grootste kans op rustig weer (juni,juli), na verwijderen dient de globale samenhang opnieuw gecreëerd te worden met b.v. nieuwe vloeren of/en balkenrooster.

In hoofdstuk 15 wordt geconcludeerd dat niet alle scheurpatronen aan de hand van het detailmodel kunnen worden verklaard en dat het onzeker is of de scheuren vanuit de flens naar de wand zullen stoppen of in de tijd door zullen groeien in de wand. Wij beschouwen zwelroest als het dominante aandrijvende mechanisme voor bezwijken van bouten en flenzen en daarmee verantwoordelijk voor het merendeel van de gevonden schades in de wand. Het advies is om de scheuren zorgvuldig in kaart te brengen (eventueel af te tekenen) en te monitoren zodat eventuele scheurgroei inzichtelijk is. De degradatie van de ijzercement voegen moet zo spoedig mogelijk gestopt worden door voorkomen van indringing van vocht en zouten van met name de buitenkant met een afdoende sealer. Per direct dient een monitoring te worden gestart, waarbij gebroken bouten moeten worden vervangen (alsmede ook niet zichtbaar gebroken bouten in zwaar aangetaste zones (preventief)) Het is niet bekend of bouten die nu niet zijn bezweken (visueel) al wel zwaar belast zijn door hoge inwendige spanningen (zwellroest) en dientengevolge kritisch worden bij uitwendige belasting. Wij gaan er derhalve vanuit dat een groot gedeelte van de bouten al tegen de kritische belasting aanzitten of gebroken zijn.

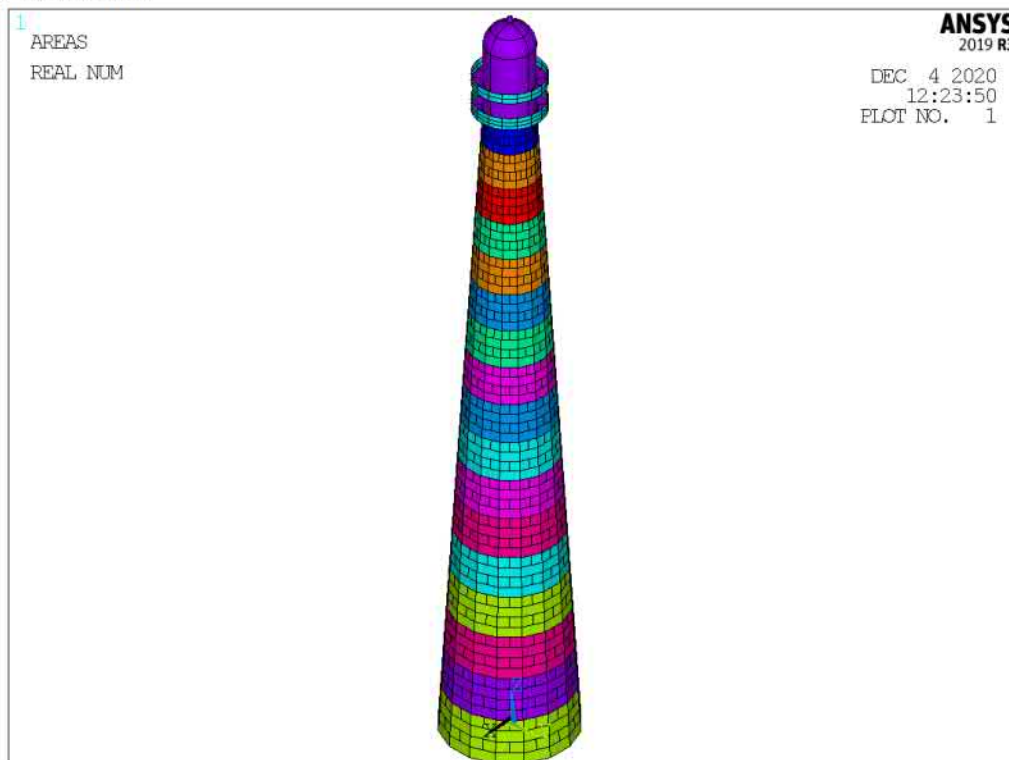
Noot: Zelfs met het per direct doorvoeren van monitoring en vervangen van gescheurde bouten, is het niet zeker dat de toren behouden kan worden, gelet op de aard en de omvang van de schades en de beginnende scheurvorming in de buitenwand. Bouten zijn vervangbaar maar van scheurvorming in de wanden is nog niet bekend of deze beheerst kunnen worden.

 Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 03
	Structural check	Datum : 05-02-2021 Pagina : 8

3 Modelbeschrijving ANSYS FE model “Lange Jaap”, vuurtoren Huisduinen/ den Helder.

Er is een uitzetkening gemaakt in Draftsight. Hierin zijn de maten gebruikt uit de beschikbare tekeningen en met name uit de bestek (tekst) gehaald, ondersteunt met enkele foto's. Dit mede vanwege het feit dat de scan van de originele bestekstekening van zeer matige kwaliteit was, later is een beter versie ontvangen. De uitzetkening is ingeladen in ANSYS en vertaald naar een 3d model, bestaand uit platen en lijnen. Deuropeningen, raamopeningen, trappen en trapgaten zijn niet meegenomen in het FE model.

Plaatmodel:



 Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 03
	Structural check	Datum : 05-02-2021 Pagina : 9

3.1 Referenties:

20200122170208.pdf (*De bouwwijze van de gietijzeren vuurtoren "Kijkduin" bij Den Helder + Bestek en voorwaarden*)

Rapport Lange Jaap onderzoek scheurvorming RWS 20200127 VERSIE 4.0.pdf

30_20100909 IECRT bijlage 8.1 PN10005NED_L_01_06.pdf

30_20100909 IECRT bijlage 8.2 PN10005NED_L_07_12.pdf

30_20100909 IECRT bijlage 8.3 PN10005NED_L_13_18.pdf

30_20100909 IECRT bijlage 8.4 PN10005NED_D01.pdf

niet_19791119 revisie lichthuis.pdf

04_1998-05-13 ONDERZOEK TNO scheuren inspectiebezoek kustlichttoren Huisduinen.pdf

19820311 revisie tekeningen.tif

Doorsneden.pdf (*scan van doorsneden horend bij Bestek en voorwaarden*)

h63 blad 2.pdf (*scan van aanzichten en vloerplan ijzeren kustlichttoren bij Kijkduin, horend bij Bestek en voorwaarden*)

3.2 Normen:

NEN-EN 1562 (eigenschappen smeedbaar gietijzer)

NEN-EN 1991-1-4 (windbelasting)

NEN-EN 13001-2 (windbelasting (kranen))

BS 190 (boutkopafmetingen)

BS 84 (schroefdraadafmetingen)

 Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 03
	Structural check	Datum : 05-02-2021 Pagina : 10

3.3 Wanddiktes

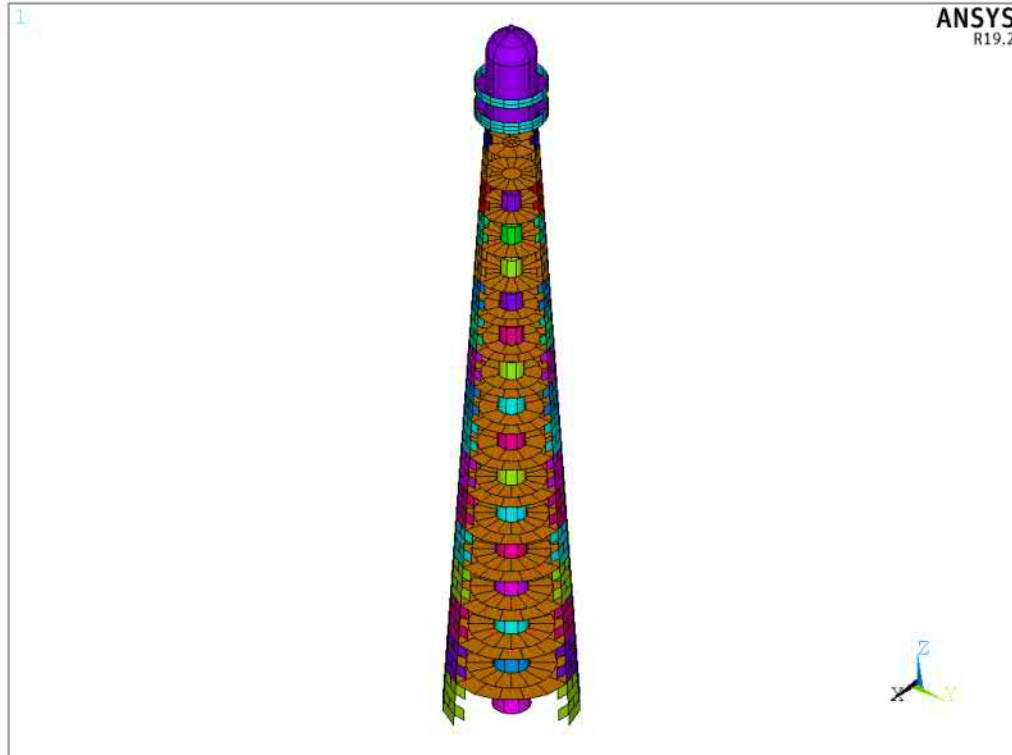
Toegekende diktes van de panelen vormend de torenwand en de kuipwand:

laag	toren			kuip		
	wanddikte		ANSYS	wanddikte		ANSYS
	m	mm	real	m	mm	real
17	0.0230	23.00	230			
16	0.0238	23.80	238			
15	0.0245	24.50	245	0.0200	20.00	200
14	0.0253	25.30	253	0.0204	20.40	204
13	0.0260	26.00	260	0.0207	20.70	207
12	0.0268	26.80	268	0.0211	21.10	211
11	0.0275	27.50	275	0.0214	21.40	214
10	0.0283	28.30	283	0.0218	21.80	218
9	0.0290	29.00	290	0.0221	22.10	221
8	0.0298	29.80	298	0.0225	22.50	225
7	0.0305	30.50	305	0.0229	22.90	229
6	0.0313	31.30	313	0.0232	23.20	232
5	0.0320	32.00	320	0.0236	23.60	236
4	0.0328	32.80	328	0.0239	23.90	239
3	0.0335	33.50	335	0.0243	24.30	243
2	0.0343	34.30	343	0.0246	24.60	246
1	0.0350	35.00	350	0.0250	25.00	250

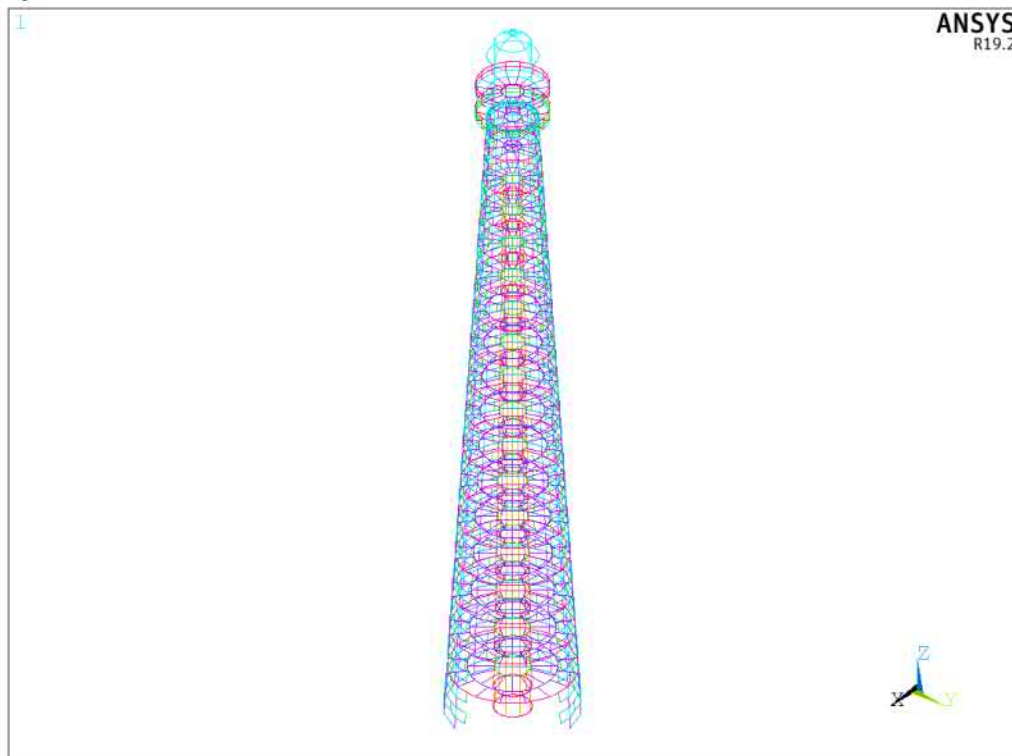
In het bestek staan de wanddiktes gegeven voor de bovenste en onderste laag, de andere diktes zijn geïnterpoleerd.

3.4 Globaal ANSYS FE model

Vloeren en kuip



Lijnen

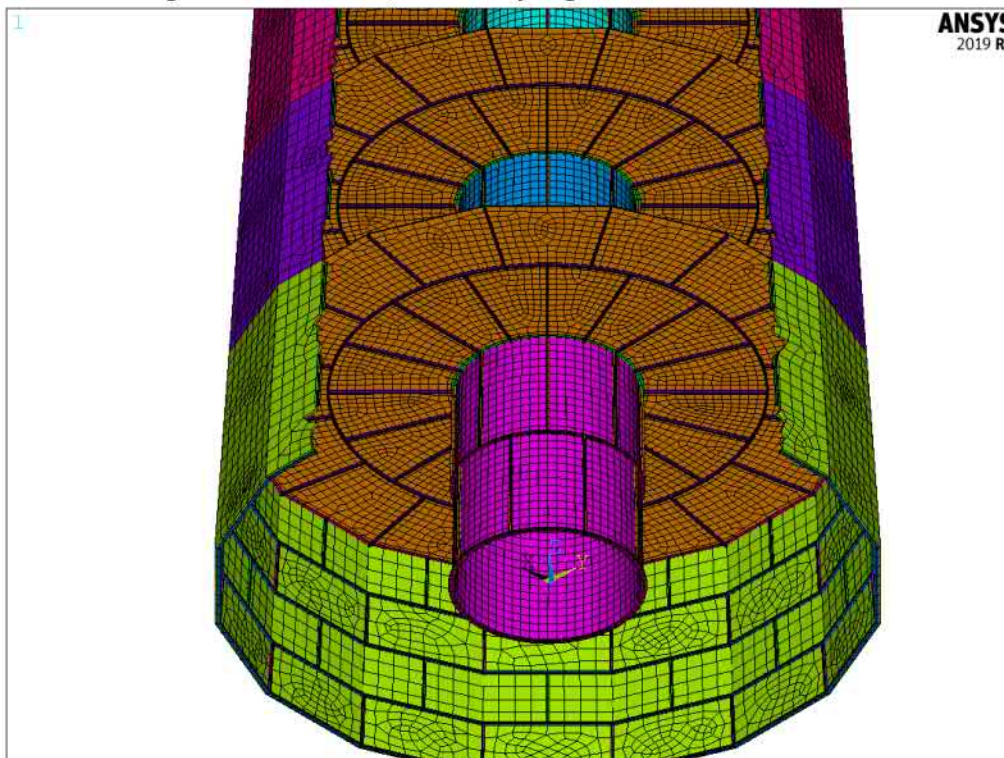


Noot: aan de gekleurde lijnen zijn balkeigenschappen toegekend, representerend de verstijvers op die positie of het profiel (railing)

MESH (fijnheid etc)

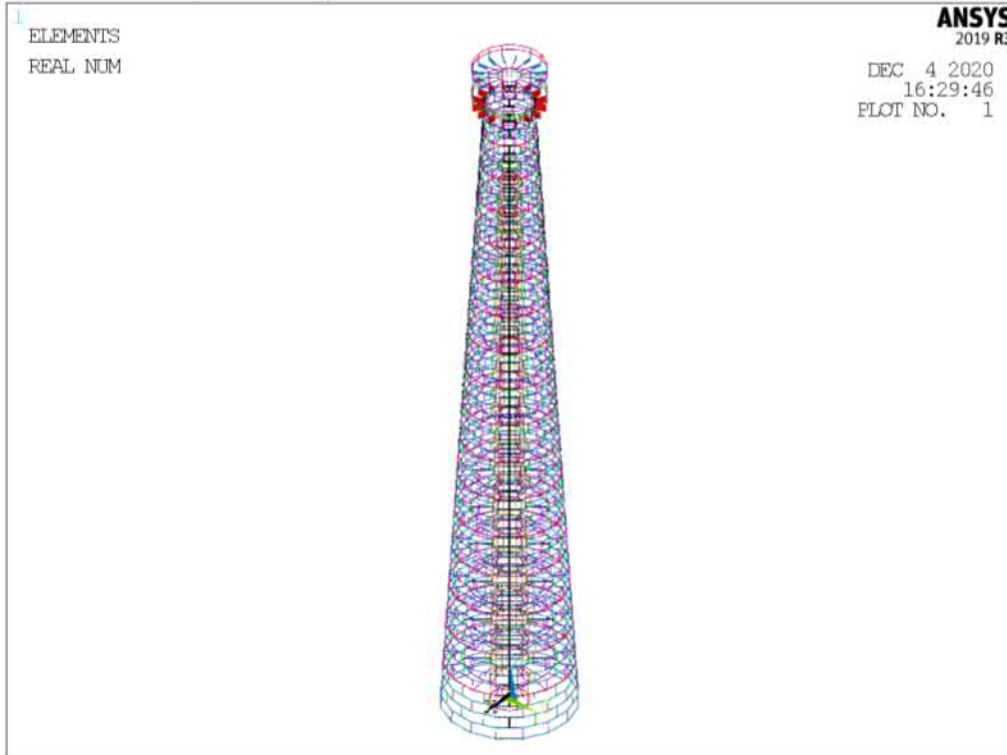


Detail van de gehanteerde mesh/meshverfijning



Noot: voor de plaalementen is SHELL181 gebruikt, verstijvers en balken zijn BEAM188 elementen.

Balkelementen (BEAM 188)



3.4.1 eigenschappen gietijzer in ANSYS model:

Elasticiteitsmodulus = 107500 [N/mm²]

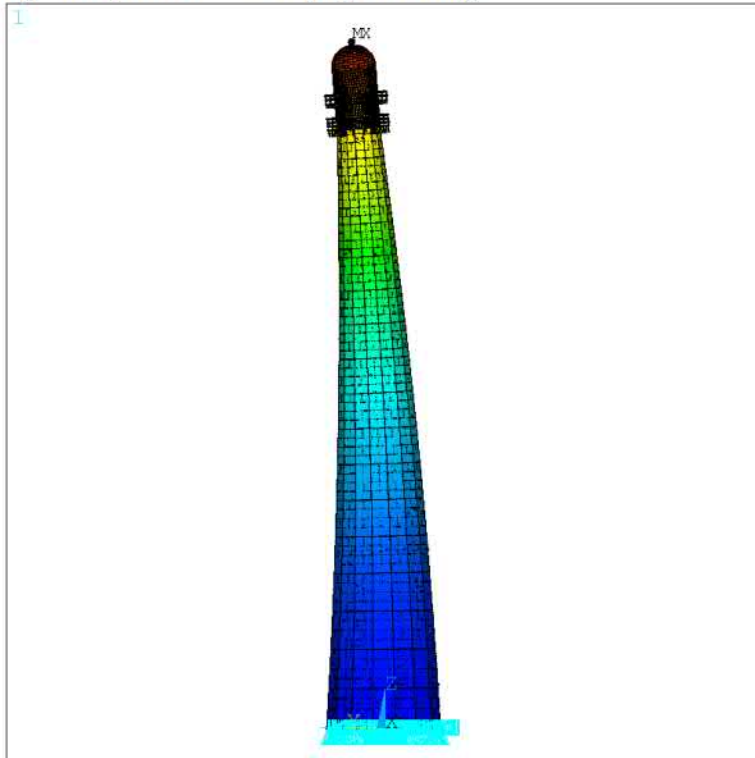
Dwarscontractiecoëfficiënt = 0.26 [-]

Uitzettingscoëfficiënt = 0.9 E-05 [mm/mm]

Massa = 0.8541888E-05 [kg/mm³] (0.72E-05 * factor (om op gewichten uit IECRT rapport 10404 onderzoek gietijzer kustlichttoren Lange Jaap te Den Helder te komen))

4 Eigenfrequenties

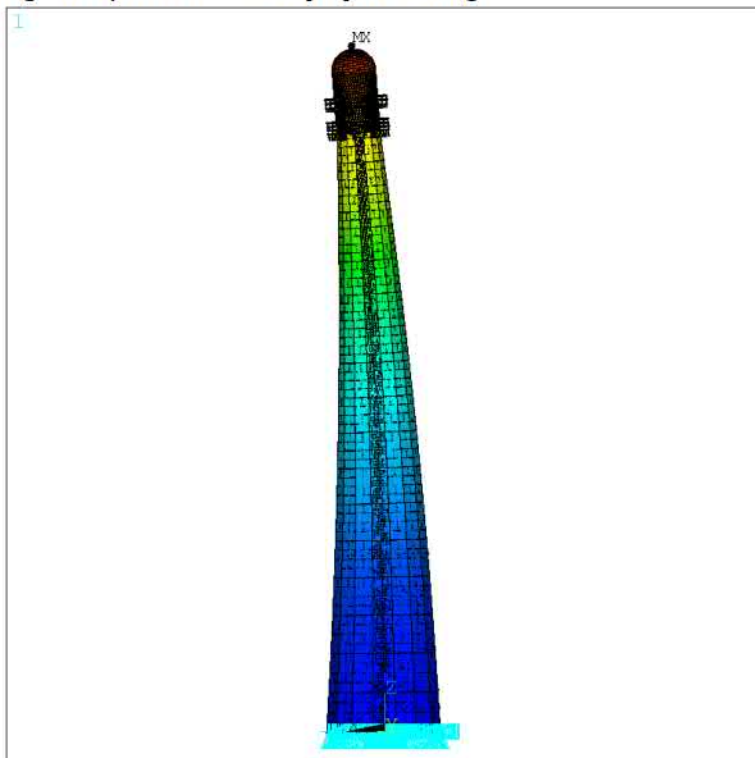
Eigenfrequentie 1^e 1.946 [Hz] Y-Richting



```
ANSYS 2019 R3
Build 19.5
DEC 4 2020
16:10:06
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =1
FREQ=1.946
USUM (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =.004
SMN =0
SMX =.004
```

0
0
0
.001
.001
.001
.001
.001
.001
.002
.002
.002
.002
.002
.003
.003
.003
.003
.003
.003
.003
.004
.004
.004
.004

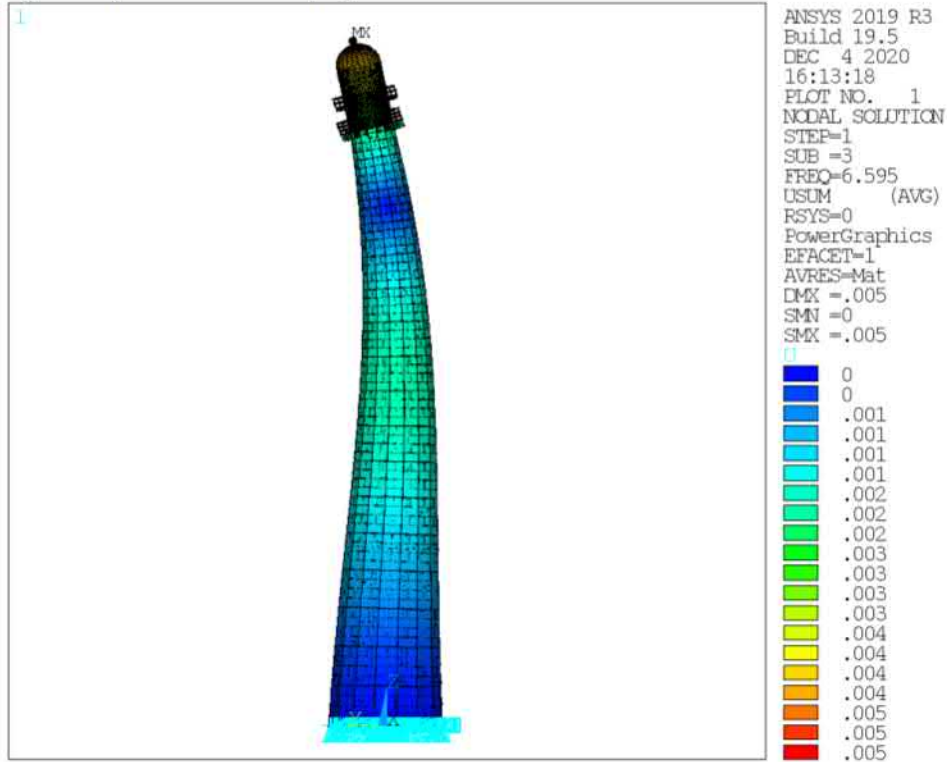
Eigenfrequentie 2^e 1.946 [Hz] X-Richting



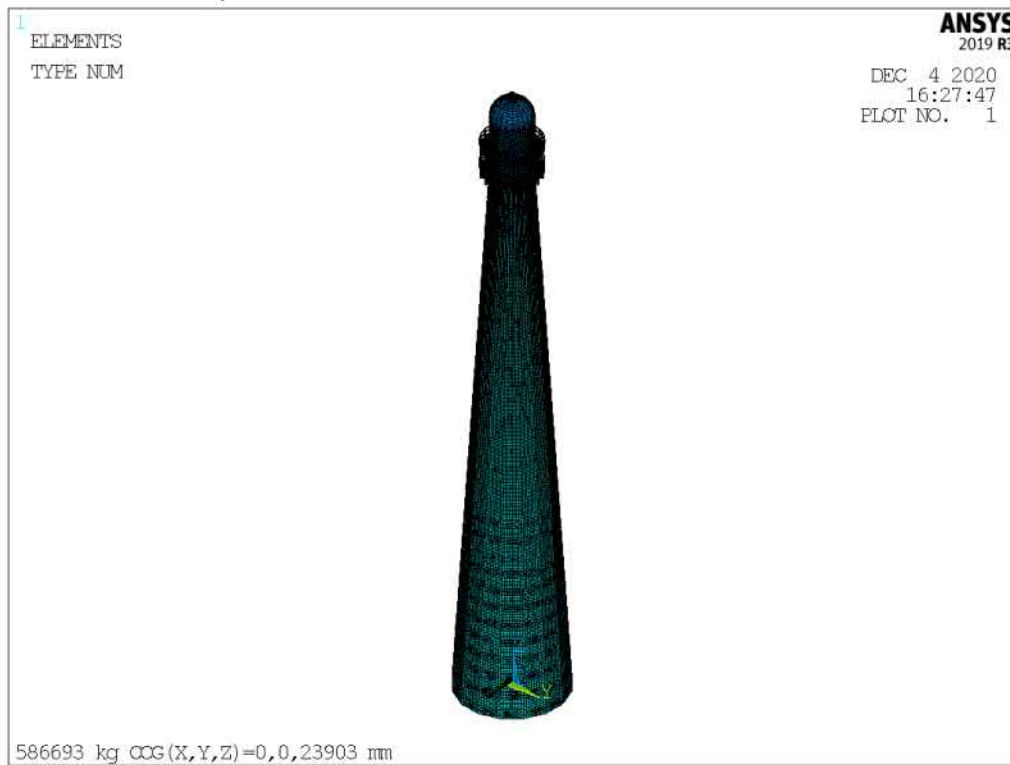
```
ANSYS 2019 R3
Build 19.5
DEC 4 2020
16:11:59
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =2
FREQ=1.946
USUM (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =.004
SMN =0
SMX =.004
```

0
0
0
.001
.001
.001
.001
.001
.001
.002
.002
.002
.002
.002
.003
.003
.003
.003
.003
.003
.003
.004
.004
.004
.004

Eigenfrequentie 3^e 6.595 [Hz]

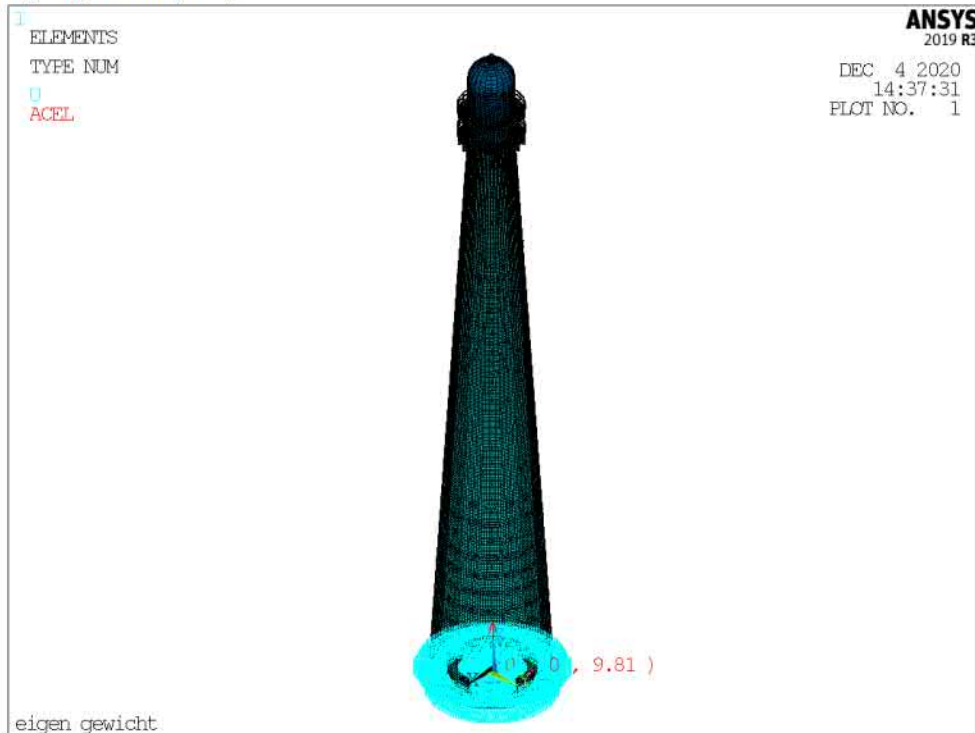


Massa en zwaartepunt:

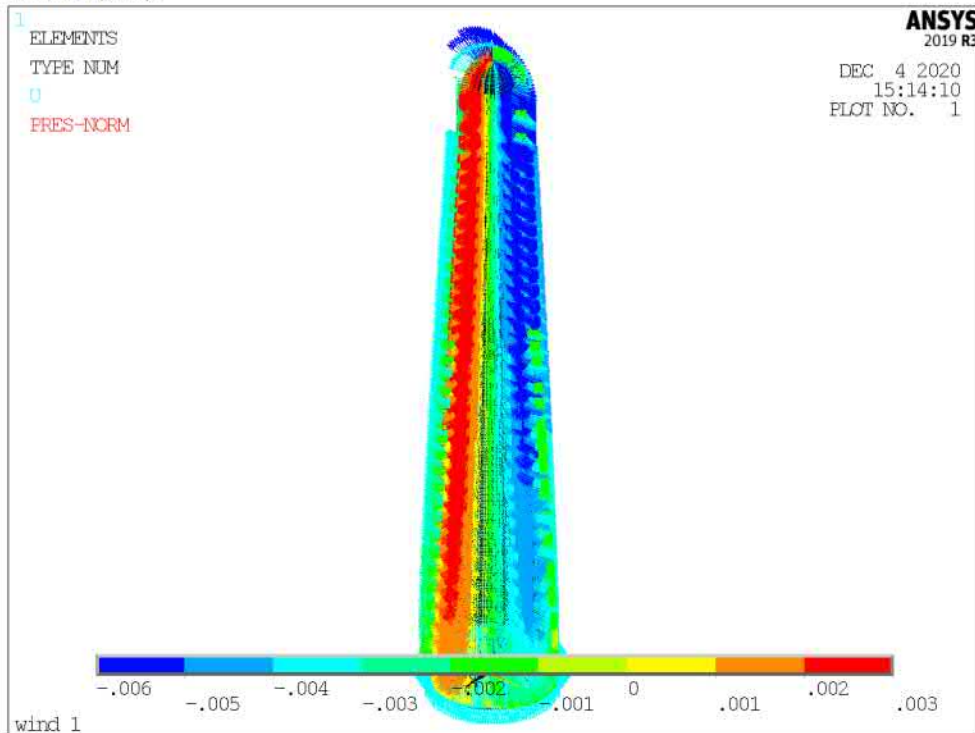


5 Aangebrachte belastingen

Eigen gewicht (SLS):



Wind 1 (SLS):



Noot: Windprofiel conform NEN-EN 1991-1-4, zie volgende pagina

Wind conform NEN-EN 1991-1-4 + A1 + C2:2011/NB:2019

Artikel 4.2 Basiswaarden

$$V_b = C_{prob} \times C_{dir} \times C_{season} \times V_{b,0} \quad \text{Formule (4.1)+(4.2) / opmerking 4}$$

$C_{dir} = 1$ art 4.2 opmerking 2

$V_b = 29.5$ m/s

$C_{season} = 1$ art 4.2 opmerking 3

Gebied I $V_{b,0} = 29.5$ m/s

R= 50 jaar. (Referentie periode)

$p = 1/R$ Zie ook beantwoording vraag 303 in Bouwen met Staal 228 (2012) en aanvulling in Bouwen met Staal 230 (december 2012).

$p = 0.02$

$C_{prob} = 1.000$ (4.2) n.b.

Wind reductie 1.000

K= 0.200 vormfactor Tabel NB 2

n= 0.500 exponent Tabel NB 2

Artikel 4.3 Gemiddelde wind

$$V_m(z) = C_{r(z)} \times C_o(z) \times V_b \quad (4.3) \text{ n.b.}$$

h= 70 m =z bouwwerkhoogte

$C_r(z) = 1.544$ (4.4)

ruwheidsfactor

$$C_r(z) = k_r \times \ln(z/z_0)$$

$C_o(z) = 1$ orografiefactor

Terreincategorie 0 (0=kust, II=onbebouwd of III=bebouwd)

$k_r = 0.1617$ (4.5) n.b.

$Z_0 = 0.005$ Tabel 4.1 en NB 3

$V_m(z) = 45.5$ m/s

$Z_{min} = 1$ Tabel 4.1 en NB 3

4.4 Windturbulentie

$$\sigma_v = k_r \times v_b \times k_i$$

$\sigma_v = 4.77$

$I(z) = 0.10$

$k_r = 0.1617$

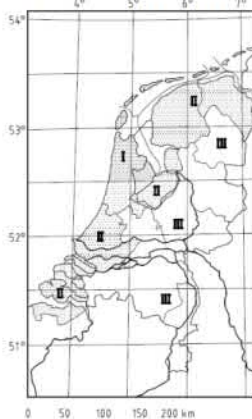
$k_i = 1.0$

4.5 Extreme stuwdruk

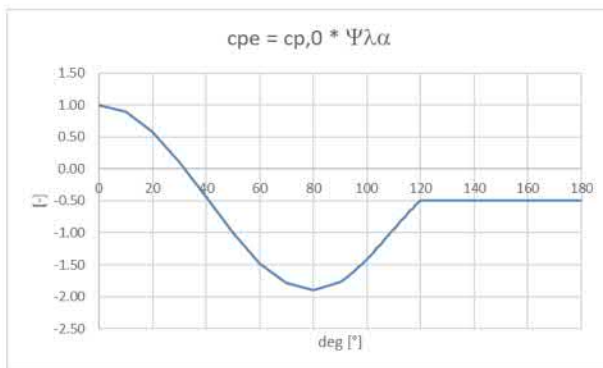
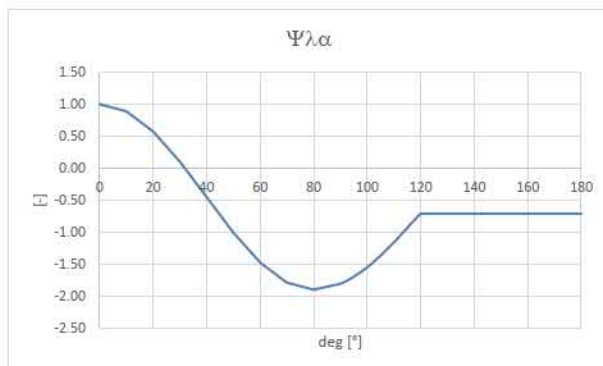
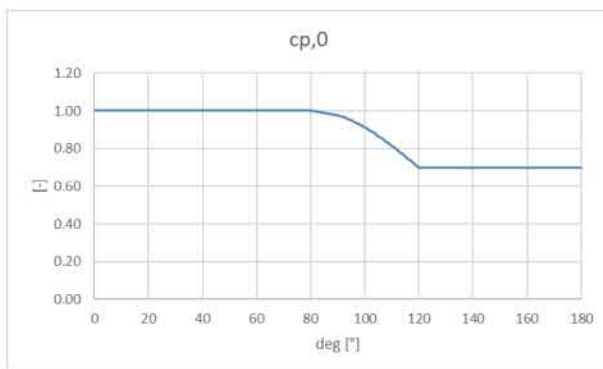
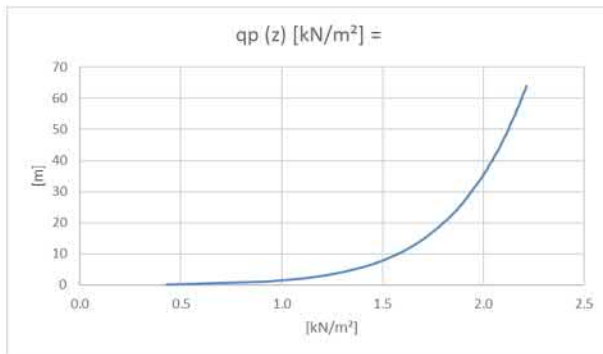
$\rho = 1.25$ kg/m^3 (4.8)

$q_p(z) = 2247.0$ N/m²

$q_p(z) = 2.247$ kN/m²



Figuur NB.1 — Indeling van Nederland in windgebieden



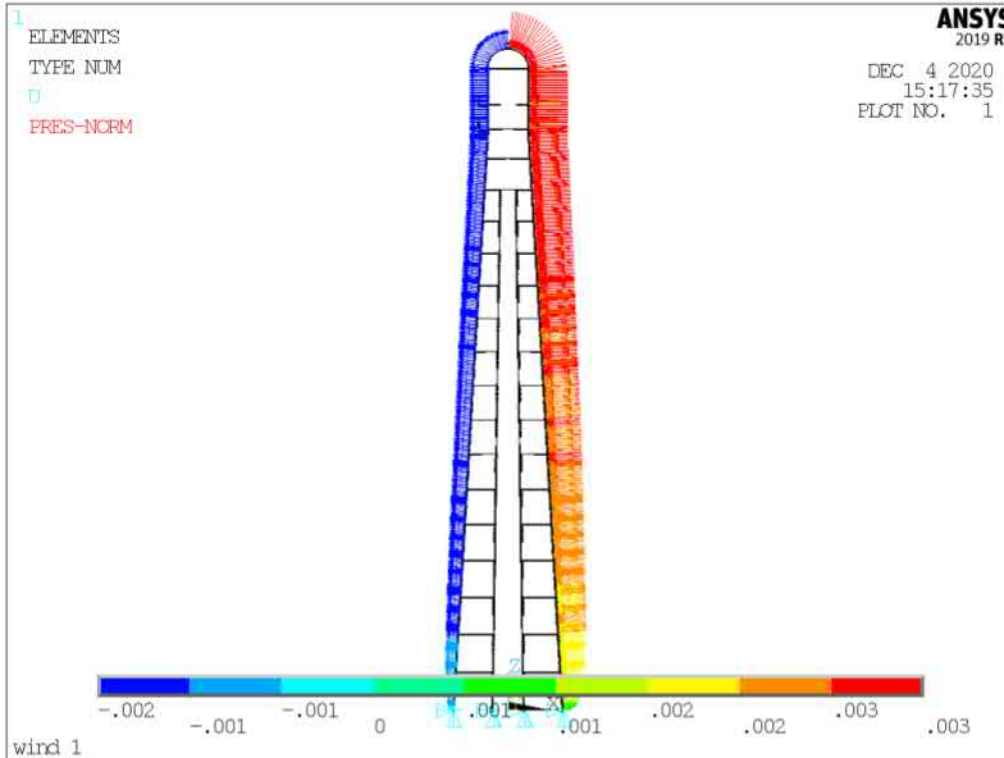
Windbelasting

$d_{start} = 10.5$ [m] $V_{b,0} = 29.5$ m/s
 $d_{eind} = 3.9$ [m]
 $h = 55.5$ [m]
 kinematische viscositeit (lucht) $\nu = 0.00015$ [m²/s] $C_o(z) = 1$ orografiefactor
 $k_r = 0.1617$ (4.5) n.b.
 $k_f = 1.0$
 $Z_o = 0.005$ Tabel 4.1 en NB 3
 $Z_{min} = 1$ Tabel 4.1 en NB 3
 $\sigma_v = 4.770629$ $\sigma_v = k_r \times V_b \times k_f$
 $\rho = 1.25$ kg/m³ (4.8)

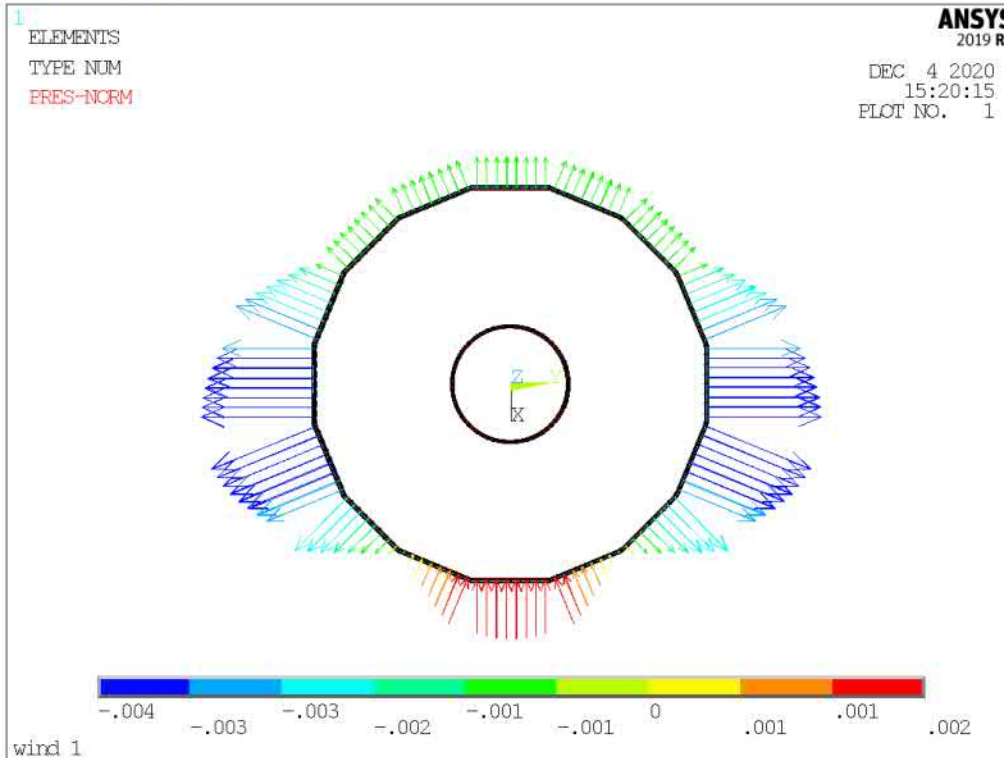
$C_r(z) = k_r \times \ln(z/z_o)$
 ruwheidsfactor

z [m]	$C_r(z) = [-]$	$V_m(z) = [m/s]$	$I(z) = [m]$	$q_p(z) = N/m^2$	$q_p(z) = kN/m^2$	b [m]	$v(Z_e) [m/s]$	Re [-]	$\alpha_{min} [^\circ]$	$C_{p0,min} [-]$	$\alpha_A [^\circ]$	$C_{p0,h} [-]$	Fy $\Sigma = -531$ [kN]	$\Sigma = -15097$ [kNm]
													Fy $\Sigma = -530543$ [N]	$\Sigma = -1.5E+07$ [Nm]
64	1.529	45.12	0.11	2214	2.2	3.900	59.52	1.55E+06	81.5	-1.99	124.5	-0.61	-5262	-334157
63	1.527	45.04	0.11	2208	2.2	3.900	59.44	1.55E+06	81.5	-1.99	124.5	-0.61	-5245	-327814
62	1.524	44.97	0.11	2202	2.2	3.900	59.36	1.54E+06	81.5	-1.99	124.6	-0.61	-5228	-321491
61	1.522	44.89	0.11	2196	2.2	3.900	59.28	1.54E+06	81.5	-1.99	124.6	-0.61	-5210	-315189
60	1.519	44.81	0.11	2190	2.2	3.900	59.20	1.54E+06	81.5	-1.99	124.6	-0.61	-5192	-308906
59	1.516	44.73	0.11	2184	2.2	3.900	59.11	1.54E+06	81.5	-1.99	124.6	-0.61	-5173	-302644
58	1.513	44.65	0.11	2178	2.2	3.900	59.03	1.53E+06	81.6	-1.99	124.7	-0.61	-5155	-296403
57	1.511	44.56	0.11	2171	2.2	3.900	58.94	1.53E+06	81.6	-1.99	124.7	-0.61	-5136	-290184
56	1.508	44.48	0.11	2165	2.2	3.900	58.85	1.53E+06	81.6	-1.99	124.7	-0.61	-5117	-283986
55	1.505	44.39	0.11	2158	2.2	3.959	58.76	1.55E+06	81.5	-1.99	124.5	-0.61	-5215	-284215
54	1.502	44.31	0.11	2152	2.2	4.078	58.67	1.60E+06	81.3	-1.98	124.0	-0.62	-5432	-290632
53	1.499	44.22	0.11	2145	2.1	4.197	58.58	1.64E+06	81.2	-1.97	123.6	-0.63	-5652	-296740
52	1.496	44.13	0.11	2138	2.1	4.316	58.49	1.68E+06	81.1	-1.96	123.2	-0.64	-5874	-302526
51	1.493	44.03	0.11	2131	2.1	4.435	58.39	1.73E+06	80.9	-1.95	122.7	-0.65	-6099	-307976
50	1.489	43.94	0.11	2124	2.1	4.554	58.29	1.77E+06	80.8	-1.95	122.3	-0.65	-6325	-313076
49	1.486	43.84	0.11	2116	2.1	4.673	58.19	1.81E+06	80.6	-1.94	121.9	-0.66	-6553	-317813
48	1.483	43.74	0.11	2109	2.1	4.792	58.09	1.86E+06	80.5	-1.93	121.4	-0.67	-6783	-322175
47	1.479	43.64	0.11	2101	2.1	4.911	57.98	1.90E+06	80.3	-1.92	121.0	-0.68	-7014	-326149
46	1.476	43.54	0.11	2094	2.1	5.030	57.88	1.94E+06	80.2	-1.91	120.6	-0.69	-7247	-329722
45	1.472	43.44	0.11	2086	2.1	5.149	57.77	1.98E+06	80.1	-1.90	120.2	-0.70	-7481	-332884
44	1.469	43.33	0.11	2078	2.1	5.268	57.66	2.02E+06	80.0	-1.90	120.0	-0.70	-7662	-333276
43	1.465	43.22	0.11	2070	2.1	5.386	57.54	2.07E+06	80.0	-1.90	120.0	-0.70	-7804	-331668
42	1.461	43.11	0.11	2061	2.1	5.505	57.43	2.11E+06	80.0	-1.90	120.0	-0.70	-7944	-329690
41	1.457	42.99	0.11	2053	2.1	5.624	57.31	2.15E+06	80.0	-1.90	120.0	-0.70	-8083	-327346
40	1.453	42.87	0.11	2044	2.0	5.743	57.18	2.19E+06	80.0	-1.90	120.0	-0.70	-8219	-324639
39	1.449	42.75	0.11	2035	2.0	5.862	57.06	2.23E+06	80.0	-1.90	120.0	-0.70	-8352	-321571
38	1.445	42.63	0.11	2026	2.0	5.981	56.93	2.27E+06	80.0	-1.90	120.0	-0.70	-8484	-318146
37	1.441	42.50	0.11	2016	2.0	6.100	56.80	2.31E+06	80.0	-1.90	120.0	-0.70	-8613	-314368
36	1.436	42.37	0.11	2006	2.0	6.219	56.66	2.35E+06	80.0	-1.90	119.9	-0.70	-8739	-310239
35	1.432	42.24	0.11	1997	2.0	6.338	56.52	2.39E+06	80.0	-1.90	119.9	-0.70	-8863	-305765
34	1.427	42.10	0.11	1986	2.0	6.457	56.38	2.43E+06	80.0	-1.90	119.9	-0.70	-8984	-300949
33	1.422	41.96	0.11	1976	2.0	6.576	56.23	2.46E+06	80.0	-1.90	119.9	-0.70	-9101	-295794
32	1.417	41.81	0.11	1965	2.0	6.695	56.07	2.50E+06	80.0	-1.90	119.9	-0.70	-9216	-290305
31	1.412	41.66	0.11	1954	2.0	6.814	55.92	2.54E+06	80.0	-1.90	119.9	-0.70	-9327	-284487
30	1.407	41.50	0.11	1943	1.9	6.932	55.75	2.58E+06	80.0	-1.90	119.9	-0.70	-9435	-278345
29	1.401	41.34	0.12	1931	1.9	7.051	55.58	2.61E+06	80.0	-1.90	119.9	-0.70	-9540	-271882
28	1.396	41.17	0.12	1919	1.9	7.170	55.41	2.65E+06	80.0	-1.90	119.9	-0.70	-9640	-265105
27	1.390	41.00	0.12	1906	1.9	7.289	55.23	2.68E+06	80.0	-1.90	119.9	-0.70	-9737	-258019
26	1.384	40.82	0.12	1893	1.9	7.408	55.04	2.72E+06	80.0	-1.90	119.9	-0.70	-9829	-250630
25	1.377	40.63	0.12	1880	1.9	7.527	54.84	2.75E+06	80.0	-1.90	119.9	-0.70	-9916	-242943
24	1.371	40.44	0.12	1866	1.9	7.646	54.64	2.79E+06	80.0	-1.90	119.9	-0.70	-9999	-234966
23	1.364	40.23	0.12	1852	1.9	7.765	54.43	2.82E+06	80.0	-1.90	119.9	-0.70	-10076	-226704
22	1.357	40.02	0.12	1836	1.8	7.884	54.21	2.85E+06	80.0	-1.90	119.9	-0.70	-10147	-218167
21	1.349	39.80	0.12	1821	1.8	8.003	53.97	2.88E+06	80.0	-1.90	119.9	-0.70	-10213	-209361
20	1.341	39.57	0.12	1804	1.8	8.122	53.73	2.91E+06	80.0	-1.90	119.9	-0.70	-10272	-200295
19	1.333	39.32	0.12	1787	1.8	8.241	53.47	2.94E+06	80.0	-1.90	119.9	-0.70	-10323	-190979
18	1.324	39.07	0.12	1769	1.8	8.359	53.20	2.97E+06	80.0	-1.90	119.9	-0.70	-10367	-181422
17	1.315	38.79	0.12	1750	1.8	8.478	52.92	2.99E+06	79.9	-1.90	119.8	-0.70	-10402	-171636
16	1.305	38.50	0.12	1730	1.7	8.597	52.61	3.02E+06	79.9	-1.90	119.8	-0.70	-10428	-161632
15	1.295	38.20	0.12	1709	1.7	8.716	52.29	3.04E+06	79.9	-1.90	119.8	-0.70	-10443	-151424
14	1.284	37.87	0.13	1686	1.7	8.835	51.95	3.06E+06	79.9	-1.90	119.8	-0.70	-10446	-141026
13	1.272	37.51	0.13	1662	1.7	8.954	51.57	3.08E+06	79.9	-1.90	119.8	-0.70	-10436	-130454
12	1.259	37.13	0.13	1637	1.6	9.073	51.17	3.10E+06	79.9	-1.90	119.8	-0.70	-10411	-119729
11	1.245	36.72	0.13	1609	1.6	9.192	50.74	3.11E+06	79.9	-1.90	119.8	-0.70	-10369	-108870
10	1.229	36.26	0.13	1579	1.6	9.311	50.26	3.12E+06	79.9	-1.90	119.8	-0.70	-10306	-97902
9	1.212	35.76	0.13	1545	1.5	9.430	49.73	3.13E+06	79.9	-1.90	119.8	-0.70	-10218	-86855
8	1.193	35.20	0.14	1509	1.5	9.549	49.13	3.13E+06	79.9	-1.90	119.8	-0.70	-10102	-75764
7	1.172	34.56	0.14	1468	1.5	9.668	48.46	3.12E+06	79.9	-1.90	119.8	-0.70	-9949	-64670
6	1.147	33.82	0.14	1421	1.4	9.786	47.68	3.11E+06	79.9	-1.90	119.8	-0.70	-9750	-53627
5	1.117	32.95	0.14	1367	1.4	9.905	46.76	3.09E+06	79.9	-1.90	119.8	-0.70	-9490	-42707
4	1.081	31.89	0.15	1301	1.3	10.024	45.63	3.05E+06	79.9	-1.90	119.8	-0.70	-9144	-32006
3	1.034	30.52	0.16	1219	1.2	10.143	44.16	2.99E+06	79.9	-1.90	119.8	-0.70	-8668	-21669
2	0.969	28.58	0.17	1107	1.1	10.262	42.09	2.88E+06	80.0	-1.90	119.9	-0.70	-7964	-11946
1	0.857	25.28	0.19	927	0.9	10.381	38.51	2.67E+06	80.0	-1.90	119.9	-0.70	-6742	-3708
0.1	0.484	14.29	0.33	426	0.4	10.488	26.11	1.83E+06	80.6	-1.93	121.7	-0.67		

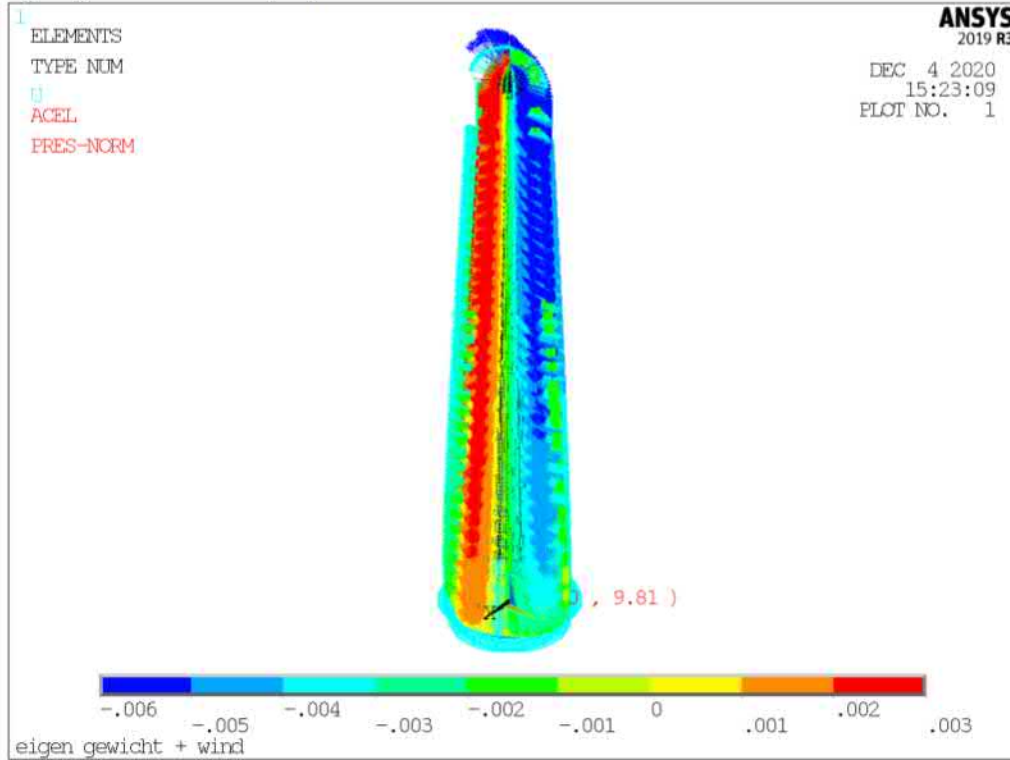
Wind 1 (SLS)



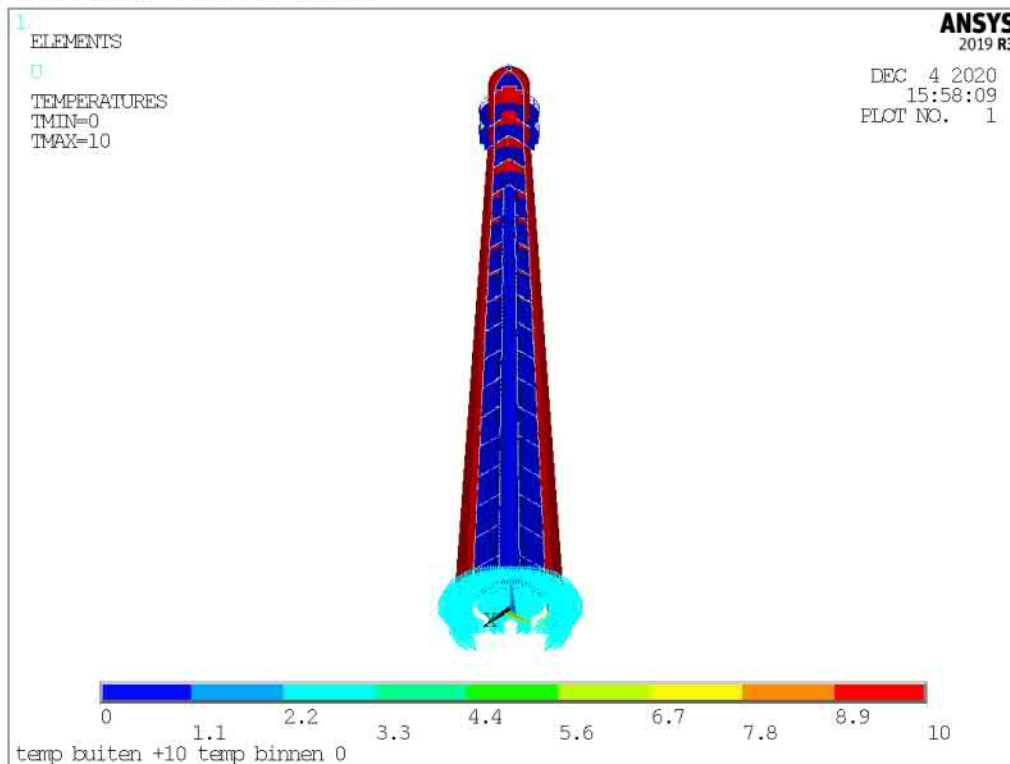
Windprofiel op z+5600



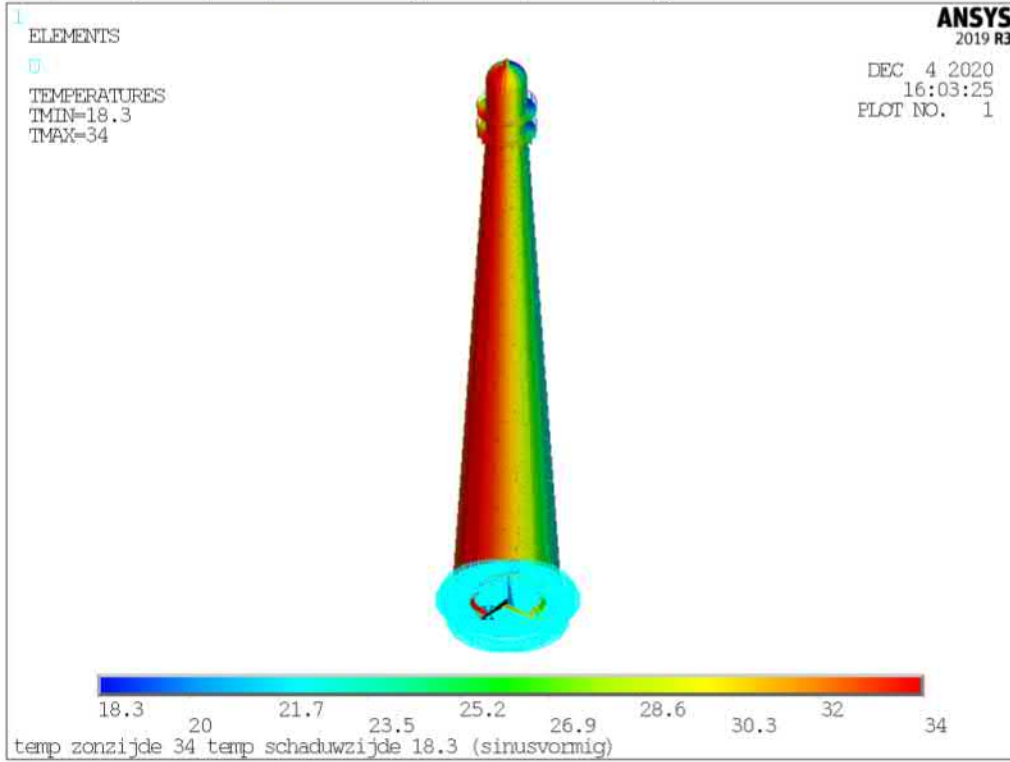
Eigen gewicht + wind (SLS)



temp buiten +10 temp binnen 0



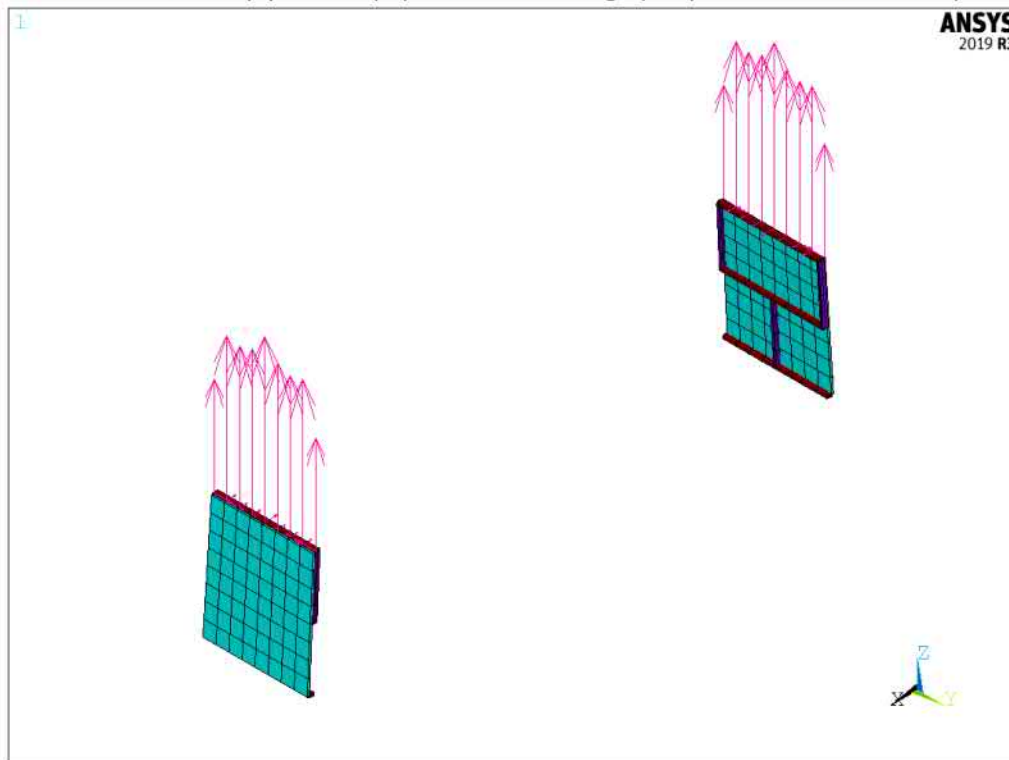
temp zonzijde 34, temp schaduwzijde 18.3 (sinusvormig)



6 Oplegreacties en interface krachten

Load case / belastinggeval	set	RFX	RFY	RFZ	RMX	RMY	RMZ
	[nr]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
eigen gewicht	1	0	0	5755	0	0	0
wind 1	2	573	0	-194	-5	17750	0
eigen gewicht + wind	3	573	0	5561	-5	17750	0
temp buiten +10 temp binnen 0	4	0	0	0	0	0	0
temp zonzijde 34 temp schaduwzijde 18.3 (sinusvormig)	5	0	0	0	0	0	0

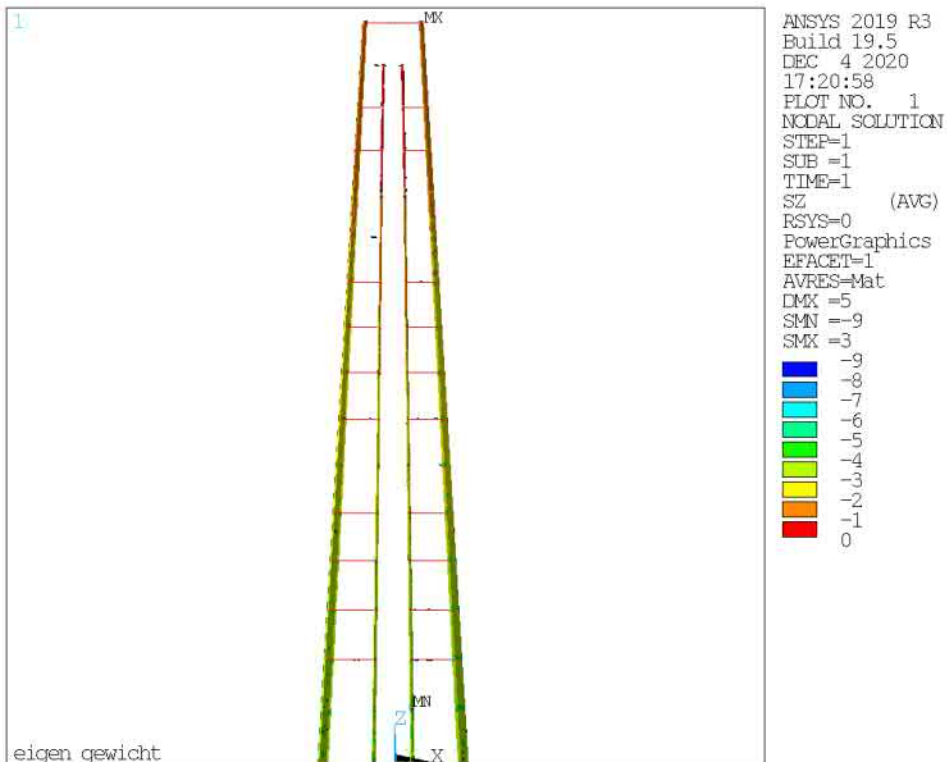
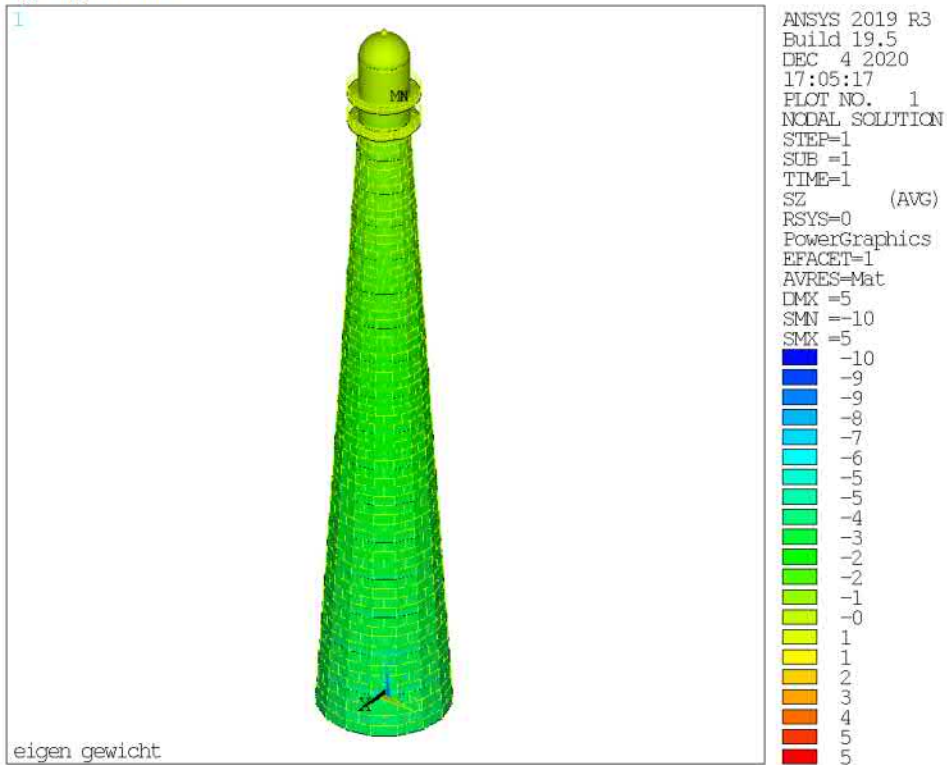
Interface krachten op panelen (input voor belasting op separate detailmodellen):



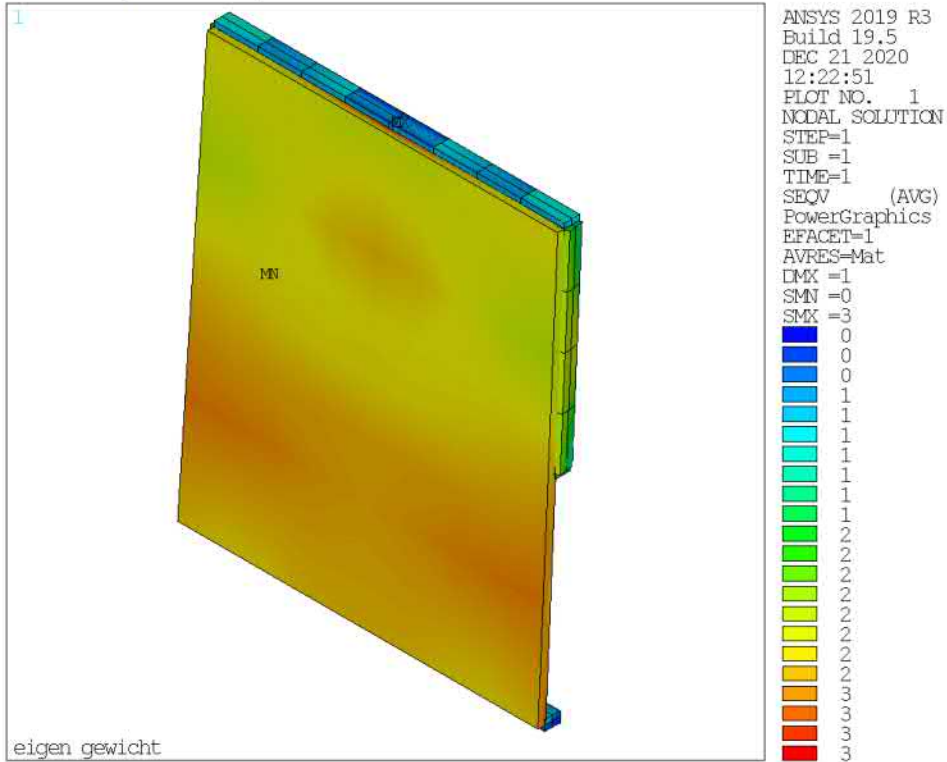
Load case / belastinggeval	set	panelen voorzijde (x+)			panelen achterzijde (x+)		
		RFX	RFY	RFZ	RFX	RFY	RFZ
	[nr]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
eigen gewicht	1	6	0	-106	-6	0	-106
wind 1	2	-8	0	177	-8	0	-167
eigen gewicht + wind	3	-3	0	71	-14	0	-272
temp buiten +10 temp binnen 0	4	1	0	-9	-1	0	-9
temp zonzijde 34 temp schaduwzijde 18.3 (sinusvormig)	5	-1	0	17	-1	0	-17

7 Spanningen (SZ)

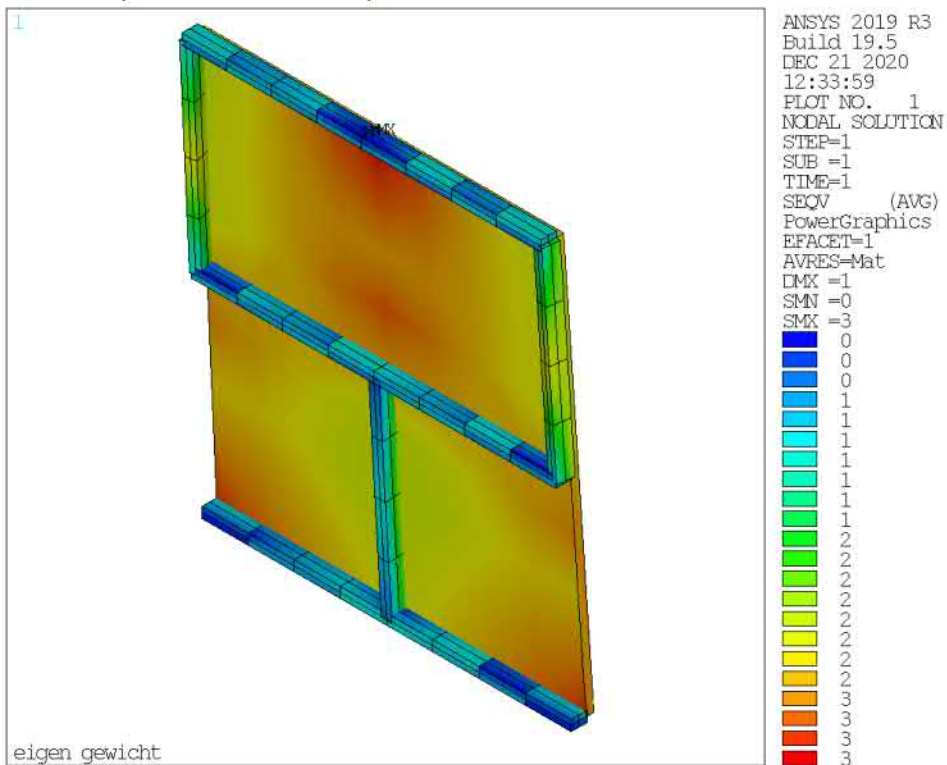
eigen gewicht:



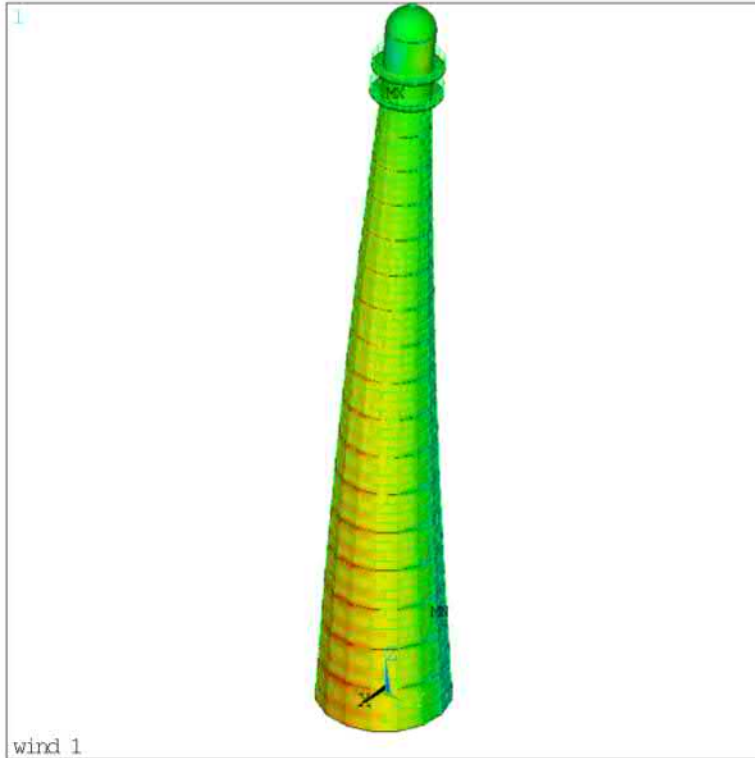
Panelen op locatie separaat detailmodel



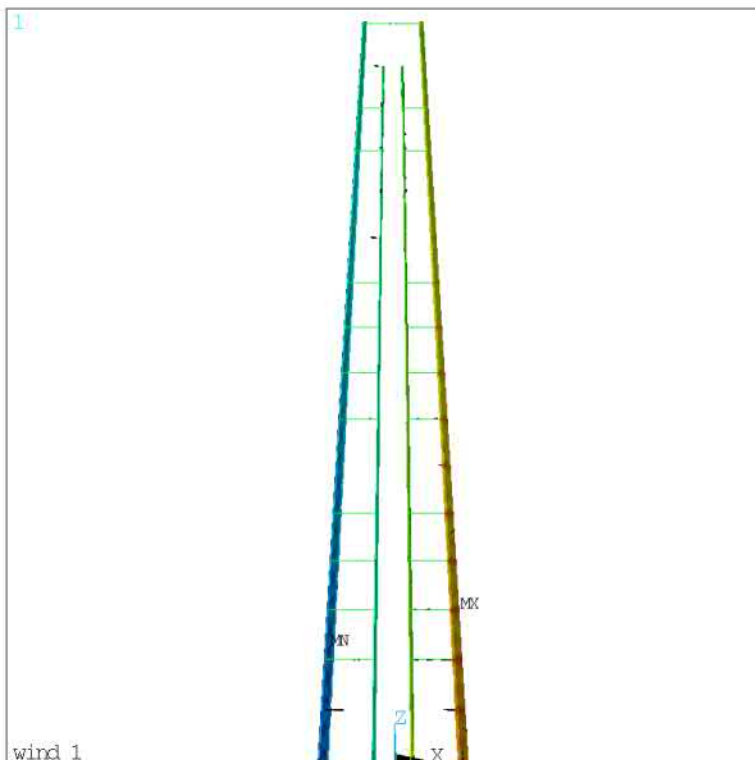
Panelen op 180° van locatie separaat detailmodel



Wind 1

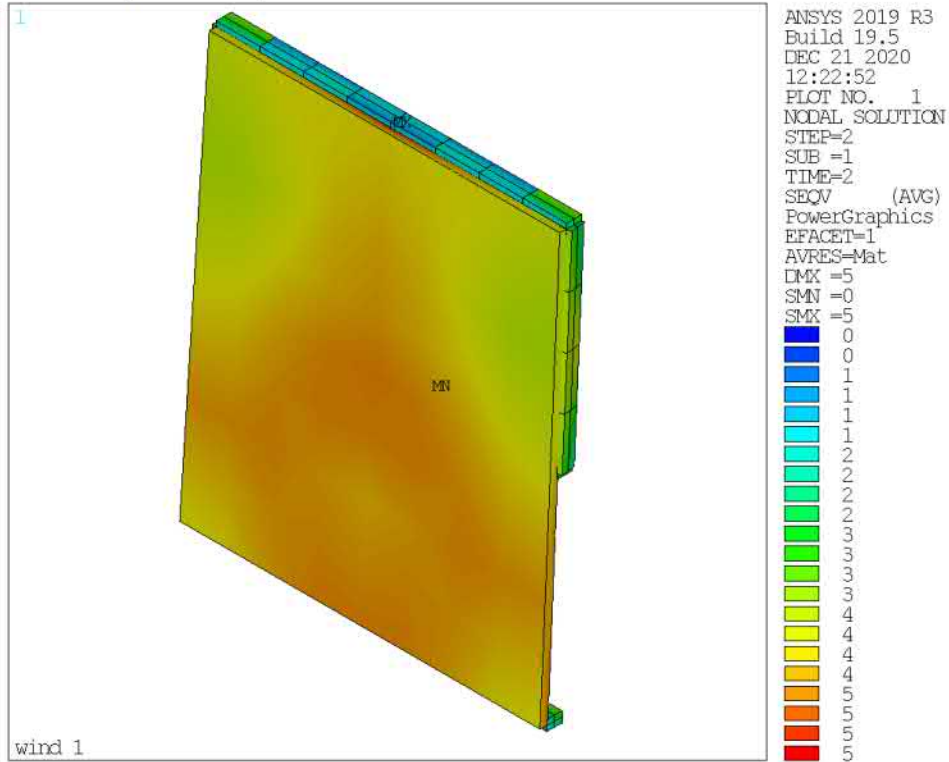


ANSYS 2019 R3
Build 19.5
DEC 4 2020
17:05:46
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=2
SUB =1
TIME=2
SZ (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =20
SMN =-6
SMX =8
-6
-6
-5
-4
-4
-3
-2
-1
-1
-0
1
1
2
3
3
4
5
5
6
7
8

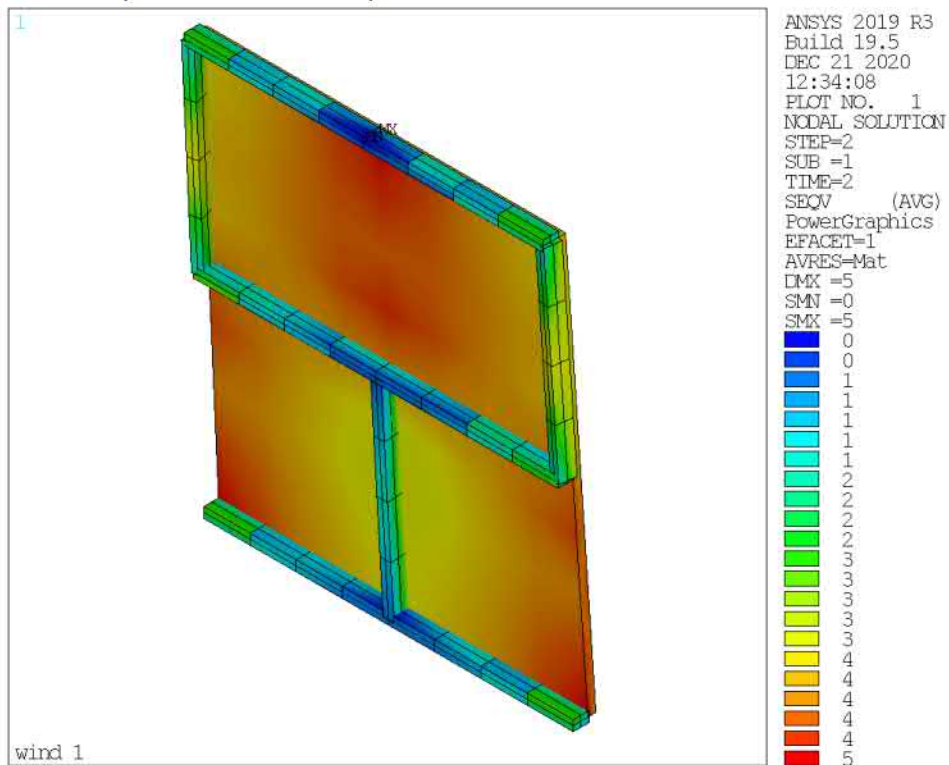


ANSYS 2019 R3
Build 19.5
DEC 4 2020
17:21:18
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=2
SUB =1
TIME=2
SZ (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =15
SMN =-7
SMX =8
-7
-6
-5
-4
-4
-3
-2
-2
-1
-1
-0
1
1
2
3
3
4
5
5
6
7
8

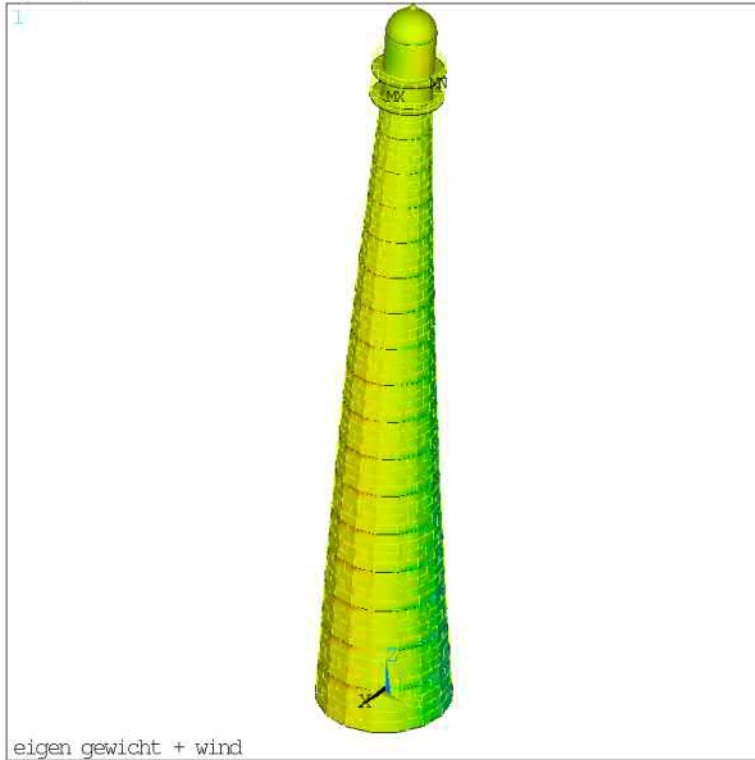
Panelen op locatie separaat detailmodel



Panelen op 180° van locatie separaat detailmodel

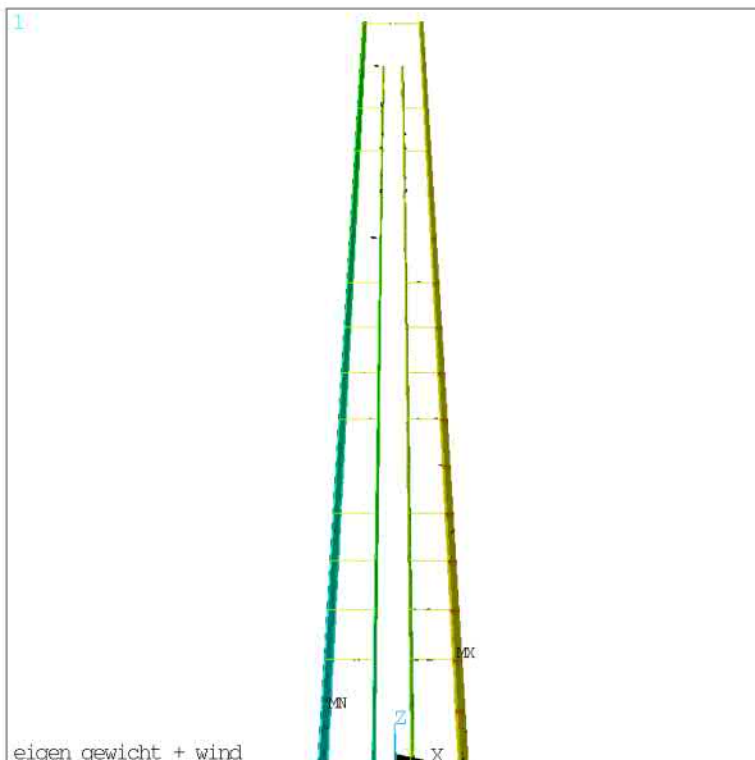


Eigen gewicht + wind



eigen gewicht + wind

ANSYS 2019 R3
Build 19.5
DEC 4 2020
17:06:54
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=3
SUB =1
TIME=3
SZ (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =20
SMN =-13
SMX =7
-13
-12
-11
-10
-9
-8
-7
-6
-5
-4
-3
-2
-1
0
1
2
3
3
5
5
7



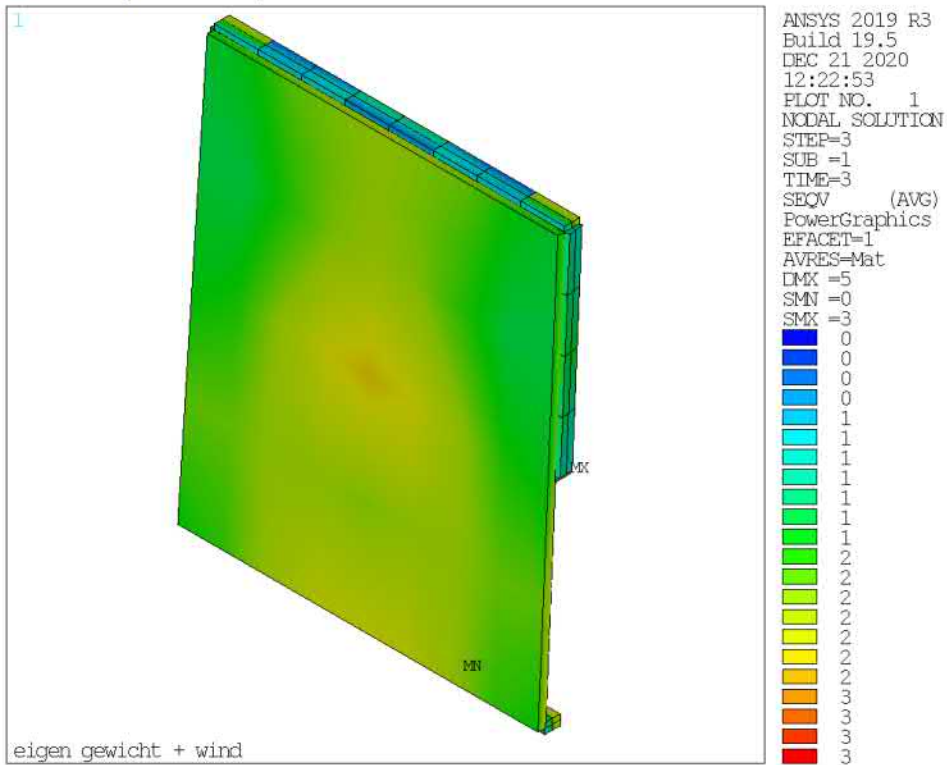
eigen gewicht + wind

ANSYS 2019 R3
Build 19.5
DEC 4 2020
17:21:53
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=3
SUB =1
TIME=3
SZ (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =15
SMN =-14
SMX =7
-14
-13
-12
-10
-10
-9
-7
-7
-6
-4
-4
-3
-1
-1
0
2
2
3
5
5
7

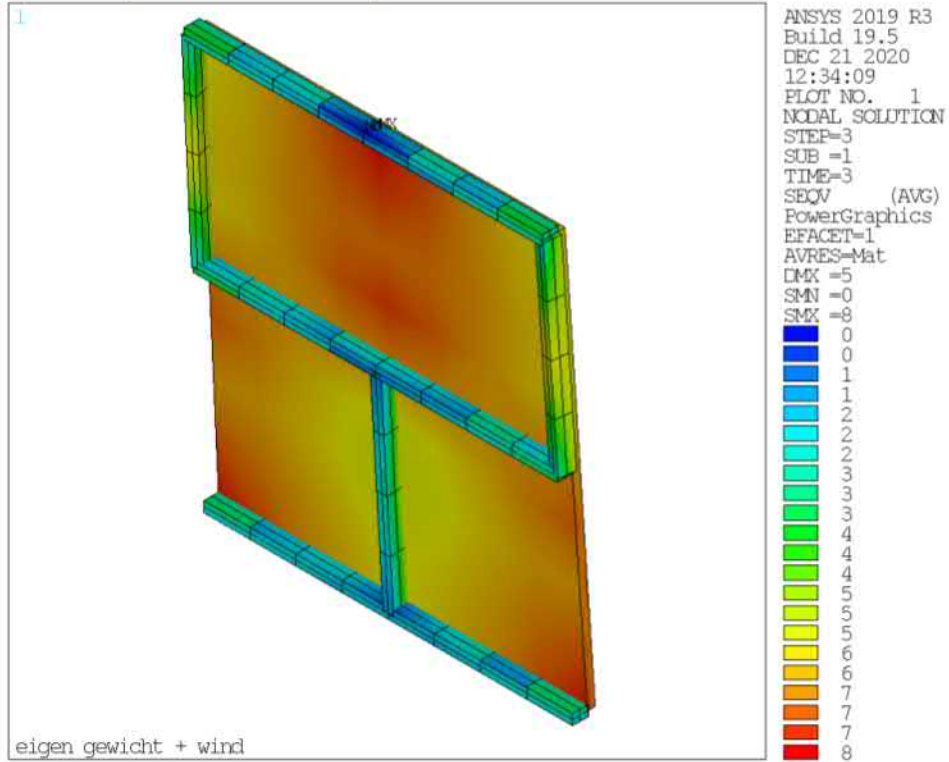
Onder eigen gewicht komt de buitenzijde op trek



Panelen op locatie separaat detailmodel

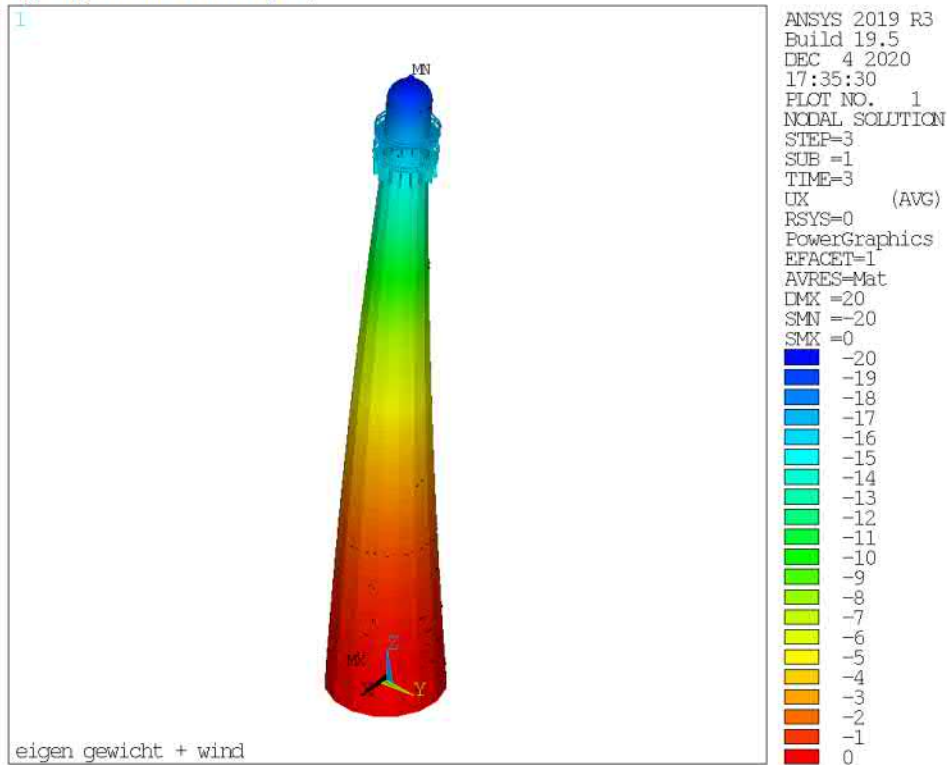


Panelen op 180° van locatie separaat detailmodel

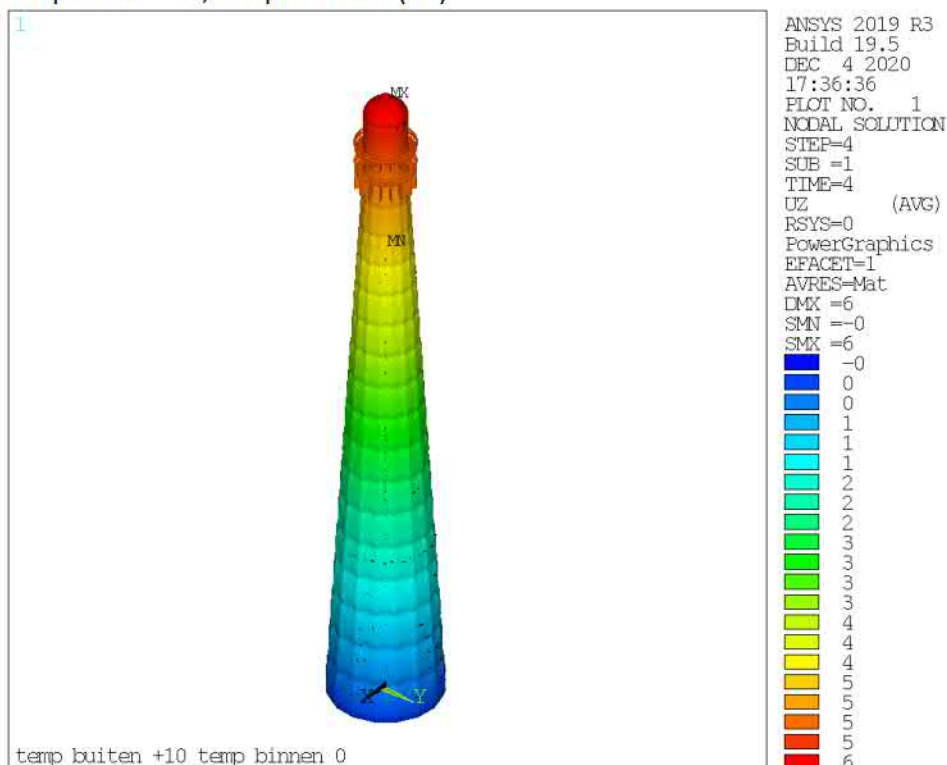


8 Vervormingen

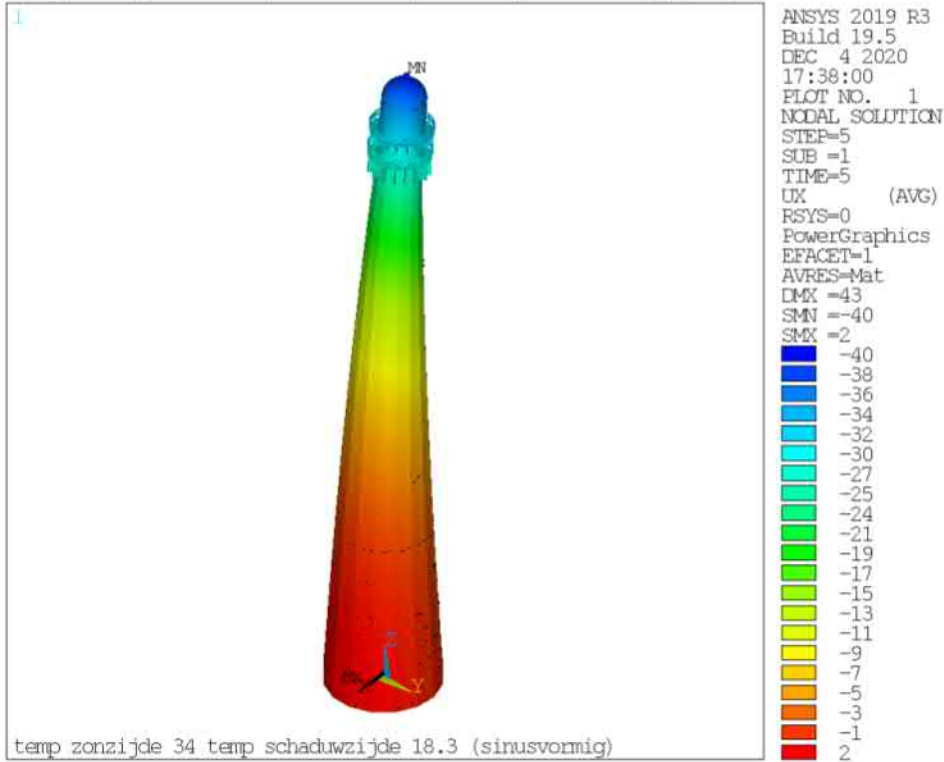
eigen gewicht + wind (UX)



temp buiten +10, temp binnen 0 (UZ)

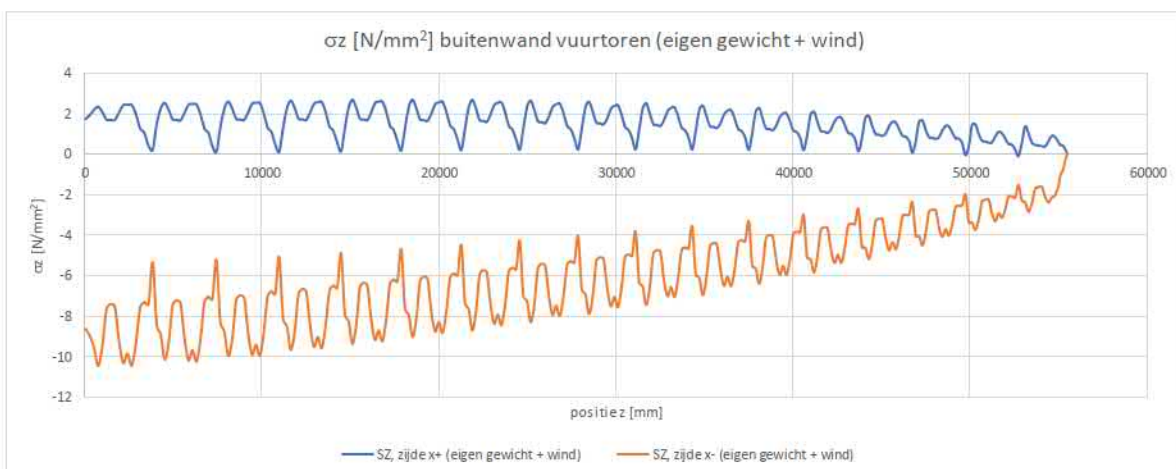
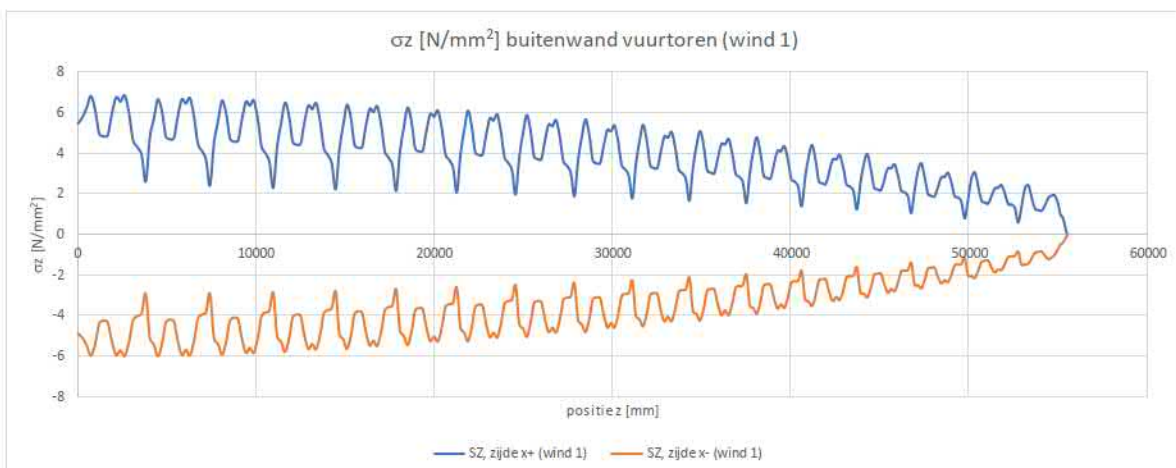
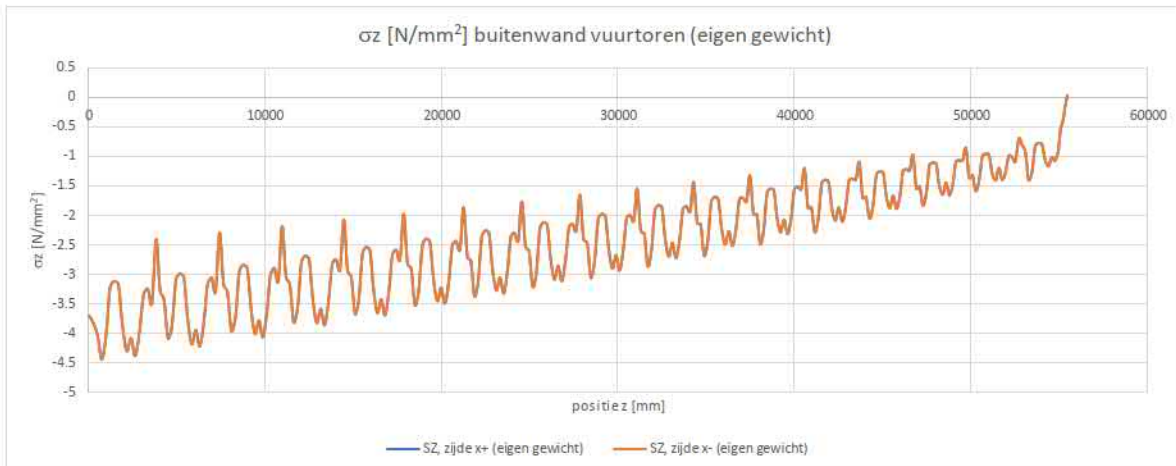


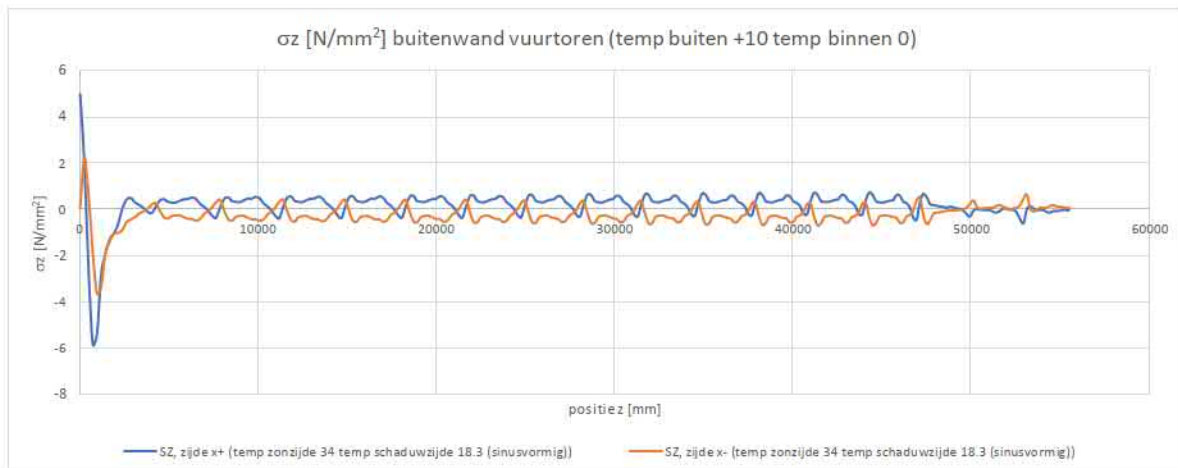
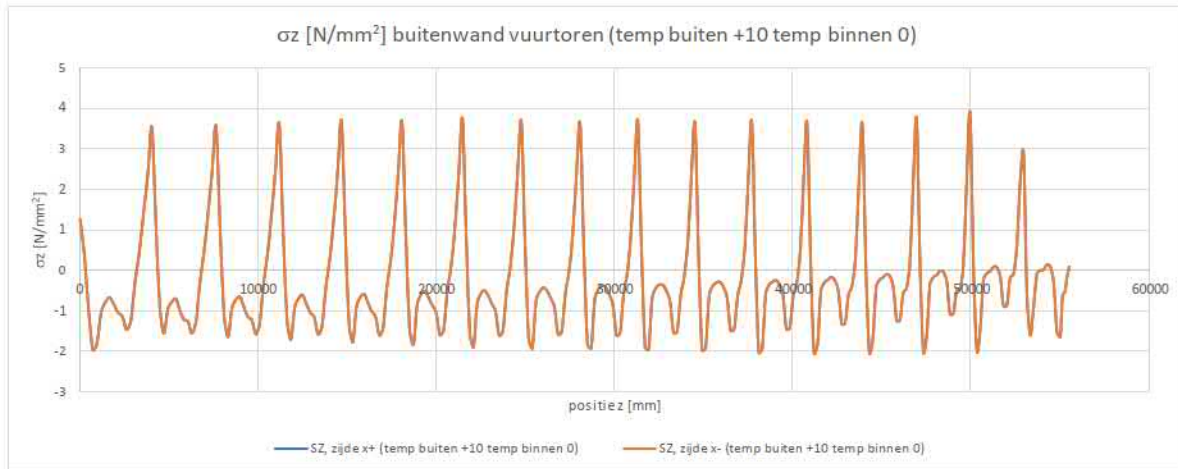
Temp zonzijde 34 temp schaduwzijde 18.3 (sinusvormig) (UX)

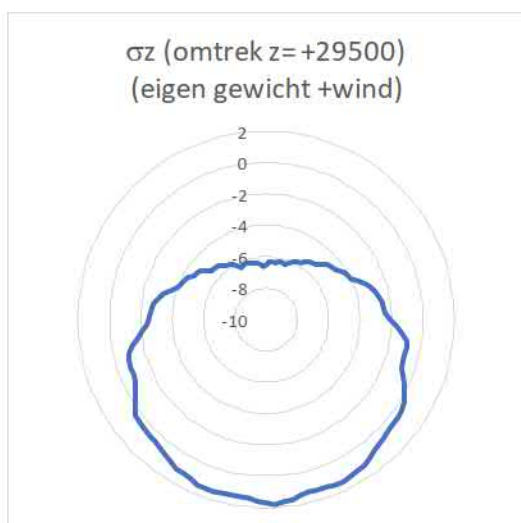
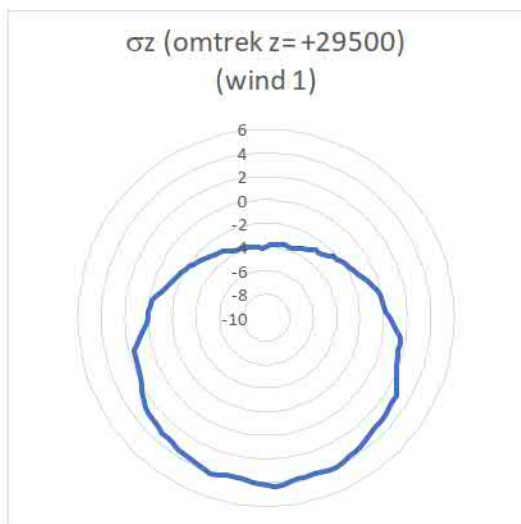
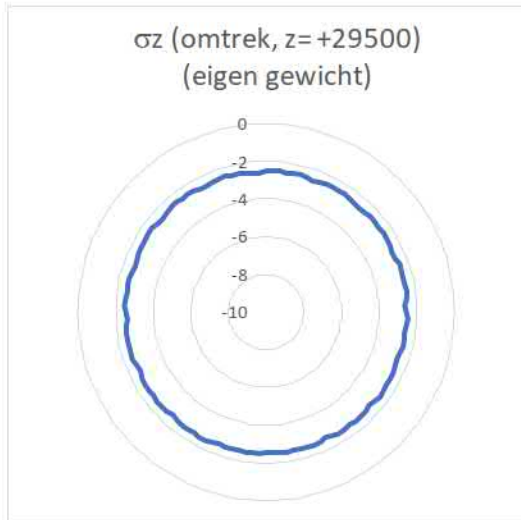


9 Knoopspanningen buitenwand vuurtoren op $y=0$

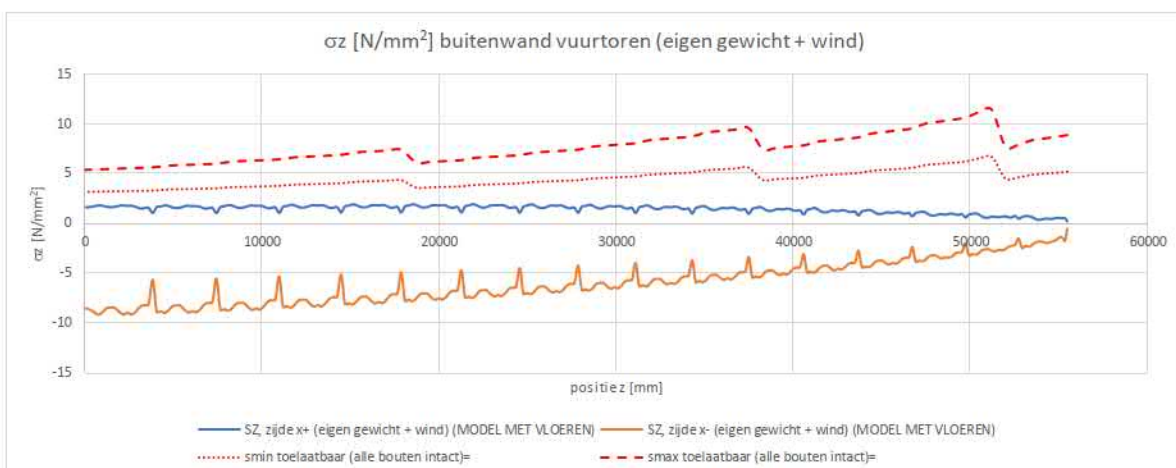
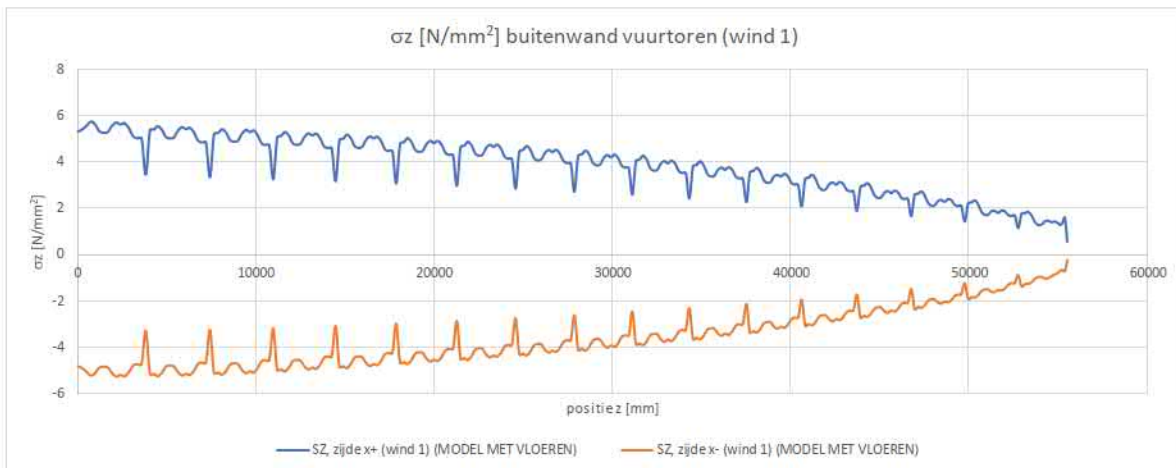
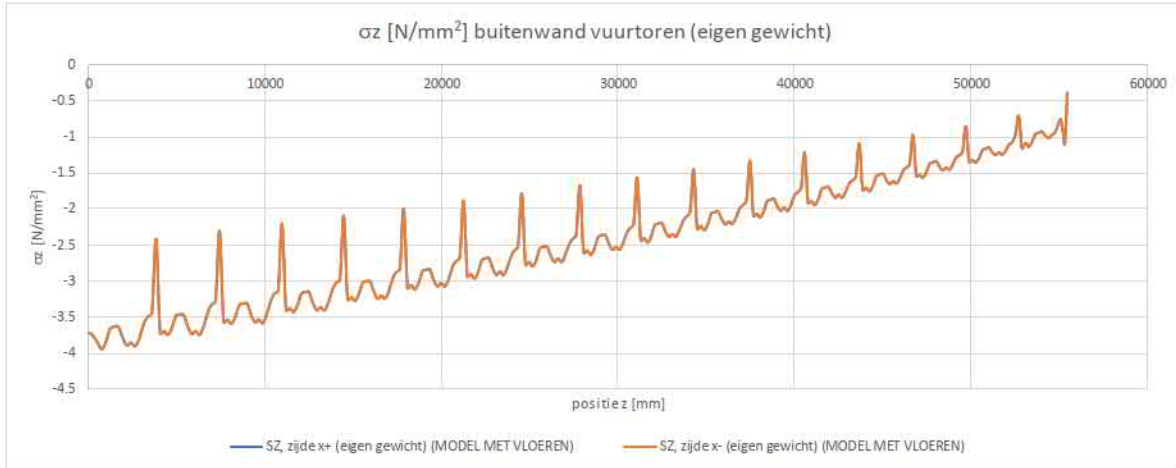
gemiddelde top/bottom spanningen plaat

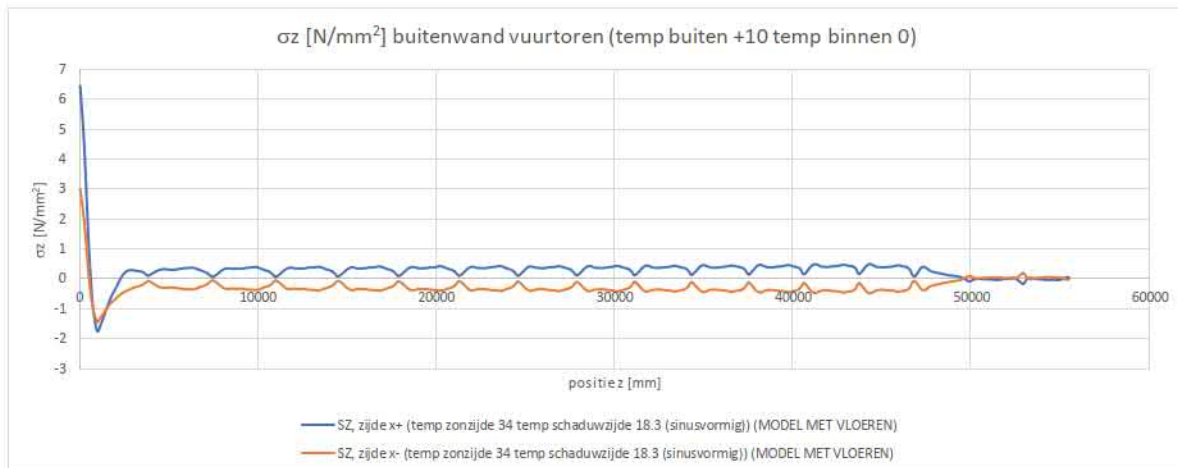
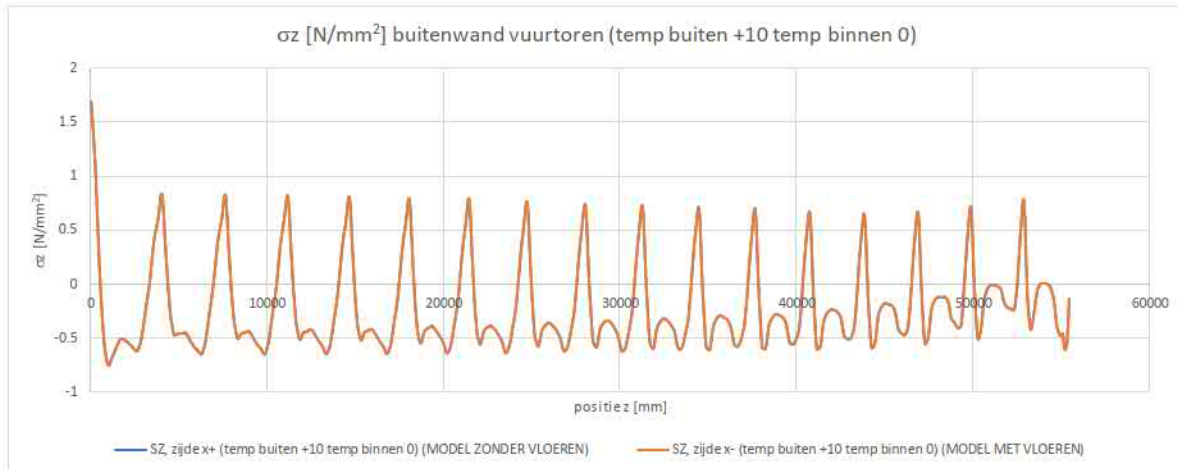


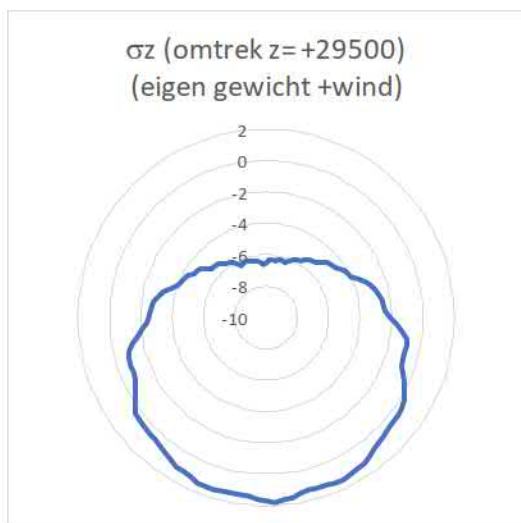
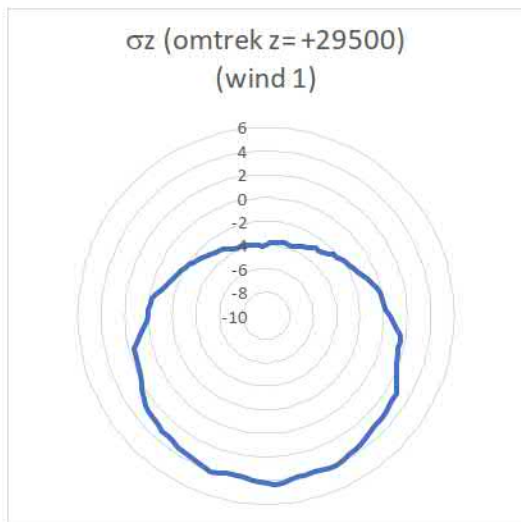
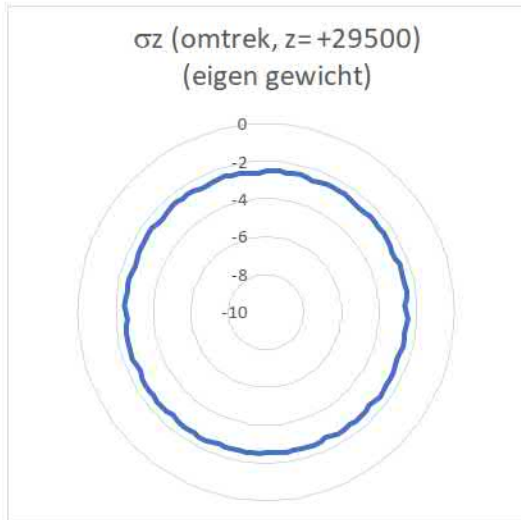




Gemiddelde verticaal spanningen in het midden van de plaat







	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 03
	Structural check	Datum : 05-02-2021 Pagina : 39
Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com		

10 Bepalen maximale veilige windsnelheid (storm)

Naar aanleiding van de vragen uit het online overleg van 14-01-2021 zijn een aantal berekeningen uitgevoerd om te bepalen wat de maximale windsnelheid is, waarbij er (theoretisch) geen trek optreedt in de buitenrand van de vuurtoren. In deze berekening zitten een aantal gevoeligheden/onzekerheden.

Onbekend is de invloed van het dijkprofiel op de stuwdruk op de vuurtoren.

Onbekend is de invloed van versturende elementen gehangen aan de bovenzijde van de toren (antennes, WKW unit, radar)

Onbekend is de te rekenen dynamische vergrotingsfactor (kan eventueel alsnog bepaald worden)

De uitgevoerde berekeningen zijn SLS en dus zonder factoren.

Onbekend is hoe goed de gekozen cd factoren (ontleend aan de NEN-EN 1991-1-4) overeen komen met de werkelijkheid.

In de norm (NEN-EN 1991-1-4) wordt er uitgegaan van een 10 minuten gemiddelde voor de basiswindsnelheid 10 m boven vlak terrein, ook voor de "kranennorm" NEN-EN 13001-2 is dit het geval. In deze norm vinden we ook een vertaalslag naar het 3s vlaag gemiddelde.

NEN-EN 13001-2:2011

EN 13001-2:2011 (E)

v_{ref} is the reference storm wind velocity, in metres per second, in dependence on the different geographical regions in Europe. It is defined as the mean storm wind velocity with a recurrence interval of once in 50 years, measured at 10 m above flat open country, averaged over a period of 10 min.

$v_m(z)/v_{ref} = (z/10)^{0,14}$ is a simplified roughness coefficient;

$\phi_g = 1,1$ is the gust response factor;

$V_g = v_{ref} \times 2 \times \sqrt{6 \times K}$ is a 3 s gust amplitude beyond the 10 min mean storm wind;

$K = 0,0055$ is the drag-coefficient of the terrain.

 Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 03
	Structural check	Datum : 05-02-2021 Pagina : 40

Stel we vergelijken beide normen (NEN-EN 1991-1-4 & NEN-EN 13001-2) op 70m hoogte:

Volgens NEN-EN 1991-1-4:

Artikel 4.2 Basiswaarden

$$V_b = C_{prob} \times C_{dir} \times C_{season} \times V_{b,0} \quad \text{Formule (4.1)+(4.2) / opmerking 4}$$

$$C_{dir} = 1 \quad \text{art 4.2} \quad \text{opmerking 2}$$

$$C_{season} = 1 \quad \text{art 4.2} \quad \text{opmerking 3}$$

$V_b =$	29.5 m/s
---------	----------

Gebied I $V_{b,0} = 29.5 \text{ m/s}$

R= 50 jaar. (Referentie periode)

$p \approx 1/R$ Zie ook beantwoording vraag 303 in Bouwen met Staal 228 (2012) en aanvulling in Bouwen met Staal 230 (december 2012).

$p = 0.02$

$$C_{prob} = 1.000 \quad (4.2) \text{ n.b.}$$

$$K = 0.200 \quad \text{vormfactor Tabel NB 2}$$

$$n = 0.500 \quad \text{exponent Tabel NB 2}$$

Wind reductie	1.000
---------------	-------

Artikel 4.3 Gemiddelde wind

$$V_m(z) = C_{r(z)} \times C_o(z) \times V_b \quad (4.3) \text{ n.b.}$$

$h = 70 \text{ m} = z$ bouwwerkhoogte

$C_r(z) = 1.544 \quad (4.4)$ ruwheidsfactor $C_r(z) = k_r \times \ln(z/z_0)$

$C_o(z) = 1$ orografiefactor

Terreincategorie 0 (0=kust, II=onbebouwd of III=bebouwd)

$k_r = 0.1617 \quad (4.5) \text{ n.b.}$

$Z_0 = 0.005$ Tabel 4.1 en NB 3

$Z_{min} = 1$ Tabel 4.1 en NB 3

$V_m(z) =$	45.5 m/s
------------	----------

4.4 Windturbulentie

$$\sigma_v = k_r \times v_b \times k_i$$


$\sigma_v = 4.77$ $I_v(z) = 0.10$

$k_r = 0.1617$

$k_i = 1.0$

4.5 Extreme stuwdruk

$\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3 \quad (4.8)$



$q_p(z) =$	2247.0 N/m ²
$q_p(z) =$	2.247 kN/m ²

	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 03
	Structural check	Datum : 05-02-2021 Pagina : 41
Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com		

Volgens NEN-EN 13001-2:

Article 4.2.4.2 Loads due to out-of-service winds

$F = q(z) \cdot c_s \cdot A_{\text{ref}}$
 $z = 70 \text{ m}$
 Interval 50 years. (min 5 upto 50 years, interval 5 years)
 $\text{freq} = 1.000$



Region **D** A, B, C, D or E
 $V_{\text{ref}} = 32.0 \text{ m/s}$ 10m height
 $\phi_8 = 1.1$
 $K = 0.006$ drag coefficient of the terra
 $V_g = 11.6 \text{ m/s}$
 $v(z) = 54.8 \text{ m/s}$
 $q(z) = 1878.3 \text{ N/m}^2 = 1.88 \text{ kN/m}^2$

$q_h =$	1.88 kN/m ²
$q_{(z)} =$	2.76 kN/m ²

Dan komen we met de EN 13001-2 iets zwaarder uit qua winddruk.

 Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 03
	Structural check	Datum : 05-02-2021 Pagina : 42

Wat zegt het KNMI?

Kracht*	Benaming	Windgemiddelde snelheid over 10 minuten (km/u)	Windgemiddelde snelheid over 10 minuten (m/sec)	Uitwerking boven land en bij mens
0	stil	0-1	0-0,2	rook stijgt recht of bijna recht omhoog
1	zwak	1-5	0,3-1,5	windrichting goed af te leiden uit rookpluimen
2	zwak	6-11	1,6-3,3	wind merkbaar in gezicht
3	matig	12-19	3,4-5,4	stof waait op
4	matig	20-28	5,5-7,9	haar in de war, kleding flappert
5	vrij krachtig	29-38	8,0-10,7	opwaaiend stof hinderlijk voor de ogen, gekulfdde golven op meren en kanalen en vulcontainers waaien om
6	krachtig	39-49	10,8-13,8	paraplu's met moeite vast te houden
7	hard	50-61	13,9-17,1	lastig tegen de wind in te lopen of fietsen
8	stormachtig	62-74	17,2-20,7	voortbewegen zeer moeilijk
9	storm	75-88	20,8-24,4	schoorsteenkappen en dakpannen waaien weg, kinderen waaien om
10	zware storm	89-102	24,5-28,4	grote schade aan gebouwen, volwassenen waaien om
11	zeer zware storm	103-117	28,5-32,6	enorme schade aan bossen
12	orkaan	>117	>32,6	verwoestingen

Conclusie: $V_{b,0} = 20 \text{ m/s}$ = de max wind die er vanuit het ANSYS globaal FE model redelijk uit ziet. Geen/heel weinig trek (op de volgende pagina's zijn de grafieken voor de verschillende windsnelheden weergegeven)

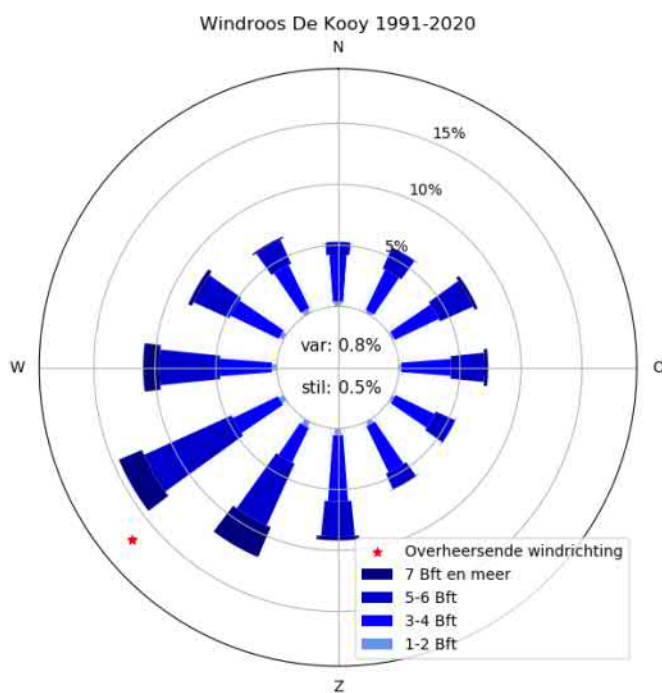
Conclusie: Grofweg kun je zeggen dat windkracht 7-8 nog niet echt een probleem is maar daar boven is het listiger (n.a.v. de geïnterpreteerde ANSYS resultaten).

Hieruit leid ik af dat windkracht 9 al een probleem is met de huidige randvoorwaarden, en je daarbij dus meeneemt dat je niet 3 a 4 bouten op rij kan missen. Op basis van de gegevens van o.a. het KNMI komt storm (\geq windkracht 9) meerdere keren per jaar voor aan de kust.

$V_b = C_{\text{prob}} \times C_{\text{dir}} \times C_{\text{season}} \times V_{b,0} = 29.5 \text{ m/s}$ -> uitgangspunt globale berekening vuurtoren Lange Jaap, den Helder. -> Referentieperiode = 50 jaar. (NEN-EN 1991-1-4)

10.1 Windroos De Kooy 1991-2020 (30 jr)

KNMI Weerstation den Helder ligt 4.93 km van de vuurtoren Lange Jaap.



 Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 03
	Structural check	Datum : 05-02-2021 Pagina : 44

Windroos , station , 235_H_pct , param , FF_DD , van , 1991 , t/m , 2020 ,

richting	>Bft6	>Bft4	>Bft2	>Bft0
N	0.02	1.06	4.92	5.27
NNO	0.04	1.90	5.56	5.78
ONO	0.28	3.26	7.24	7.42
O	0.28	3.03	7.10	7.30
OZO	0.03	1.76	5.33	5.55
ZZO	0.03	1.42	5.61	5.97
Z	0.31	3.19	8.62	9.18
ZZW	2.66	8.22	11.37	11.87
WZW	2.05	9.90	14.03	14.48
W	1.33	6.26	10.52	10.96
WNW	0.33	3.53	7.93	8.31
NNW	0.13	2.31	6.24	6.63

Totaal: 7.5 45.83 94.46 98.72
 Windstil: 0.47 Variabel: 0.82

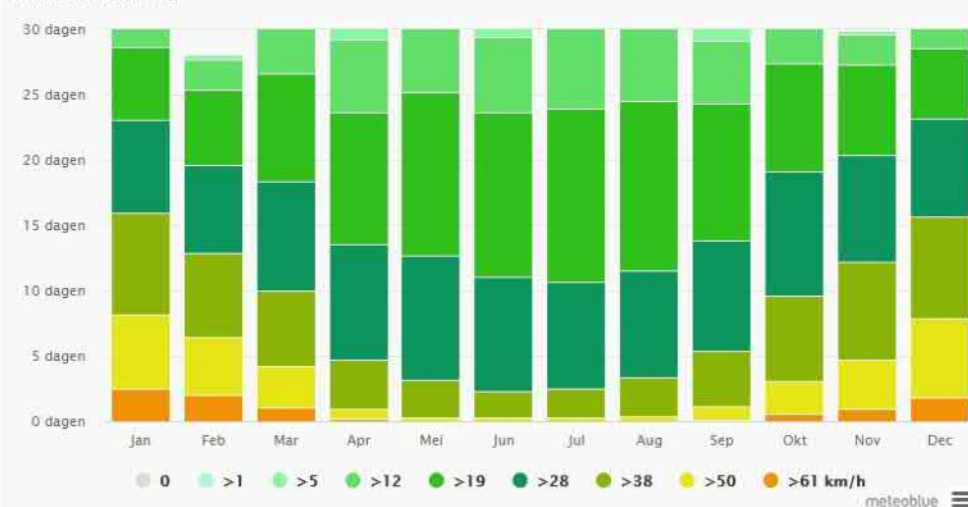
Overheersende windrichting: 220-240 graden t.o.v. N

100.01

>Bft6 >Bft4-6< >Bft2-4< >Bft0-2
 8.43 38.33 48.63 3.79

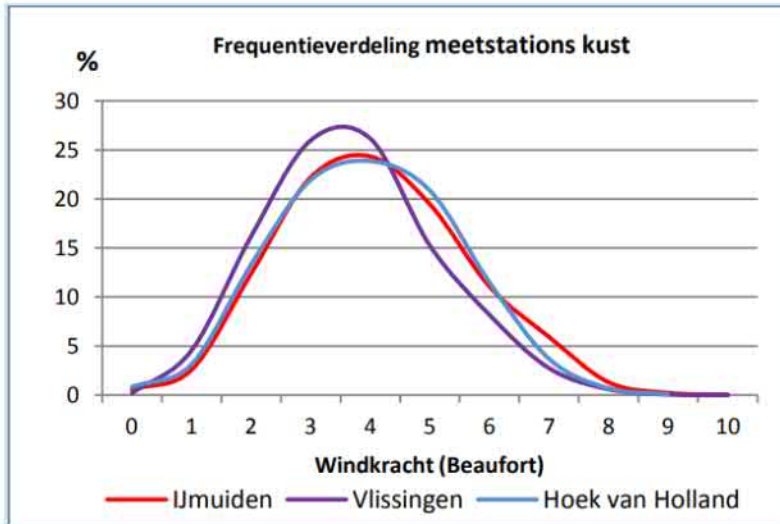
Dit geeft niet een directe/volledige relatie tot b.v. aantal wisselingen en de kans per jaar op bepaald type weersomstandigheden. In de lijst met zware stormen (uurgemiddelde van de windsnelheid 10 Beaufort (24.5 m/s) van het KNMI komt Den Helder/De Kooy sinds 1914 7x voor.

Windsnelheid

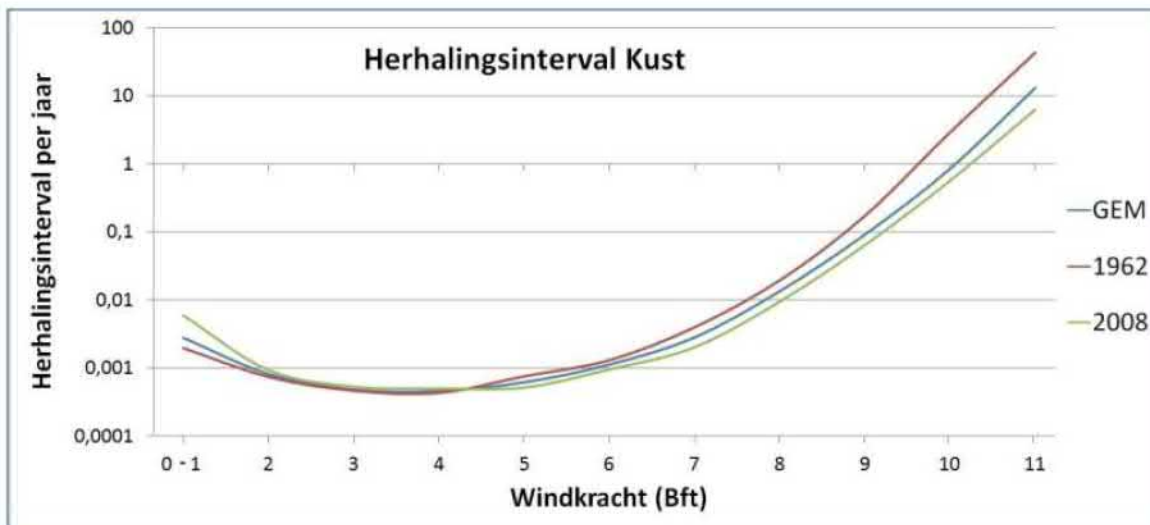


Het diagram voor Den Helder toont de dagen per maand, waarop de wind een bepaalde snelheid bereikt. Een

Uit het volgende document werden onderstaande tabellen ontleend (Een analyse van het windklimaat in Nederland, Bachelorthesis Aardwetenschappen)



De Frequentieverdeling in de buurt van de Lange Jaap zal nog iets ongunstiger zijn dan van IJmuiden is onze verwachting.



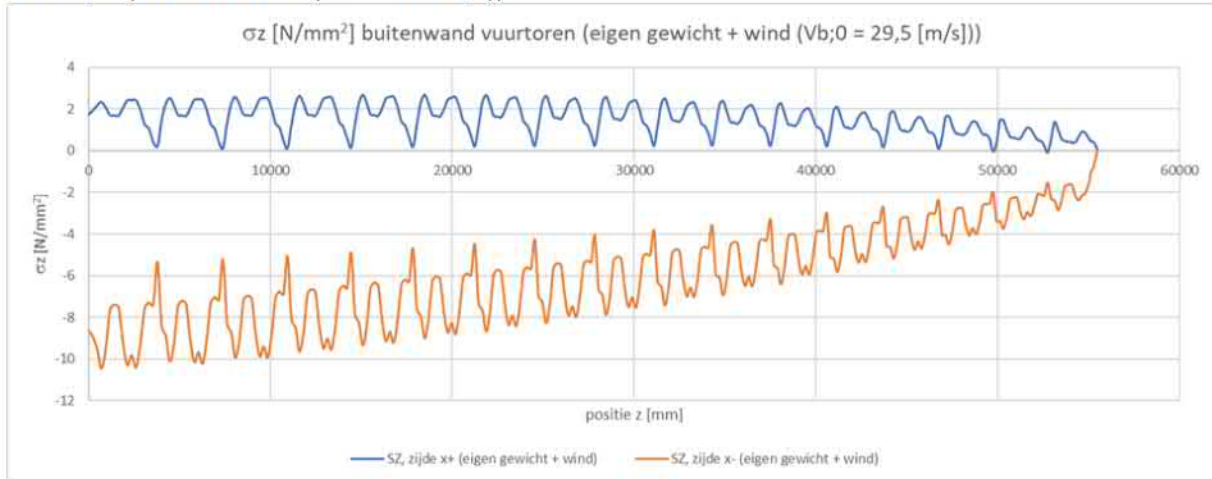
Figuur 3.6: Herhalingsinterval per jaar. De y-as is weergegeven per jaar op een logaritmische schaal. 0,001 betekent 1x per 0,001 jaar, oftewel 10.000x per jaar.

Soortgelijke grafieken zouden via het KNMI verkregen kunnen worden om een beter inzicht in de situatie ter plaatse van de Lange Jaap te krijgen.

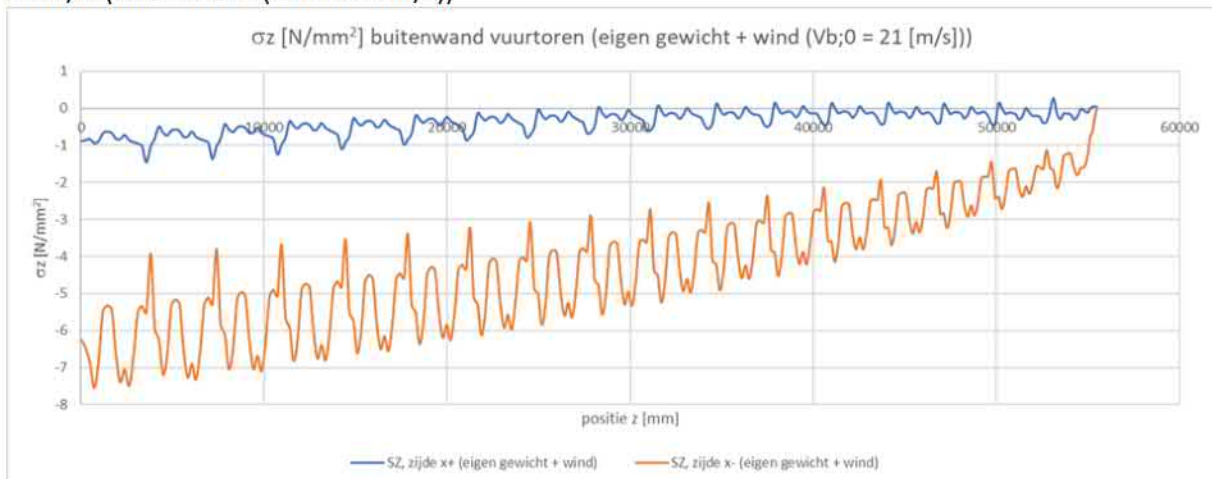
10.2 Grafieken met verticaal spanningen (σ_z) op $y=0$ t.g.v. eigen gewicht + wind

(gemiddelde top/bottom spanningen plaat)

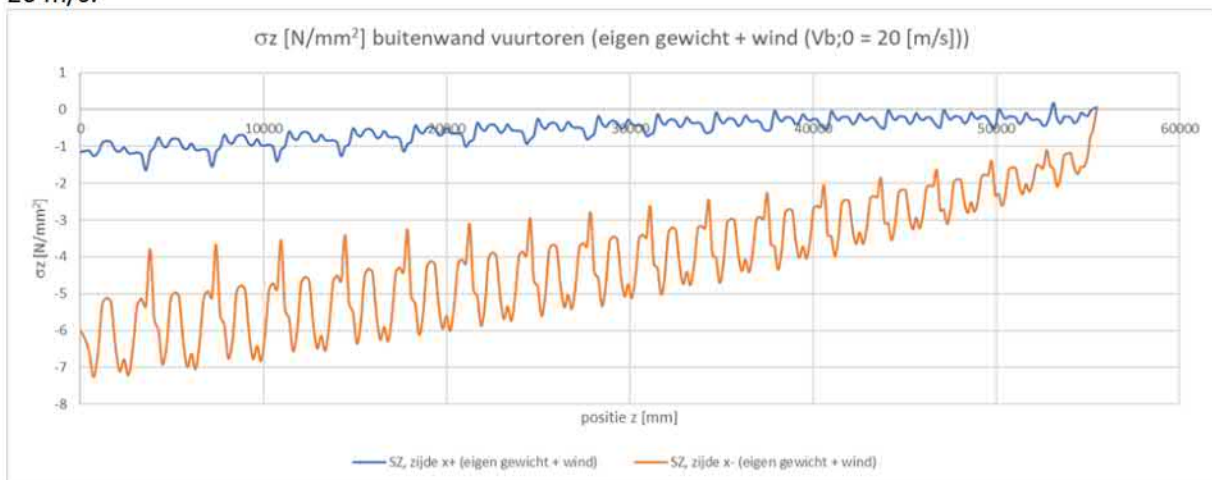
29.5 m/s: (windkracht 11 (28.5-32.6 m/s))



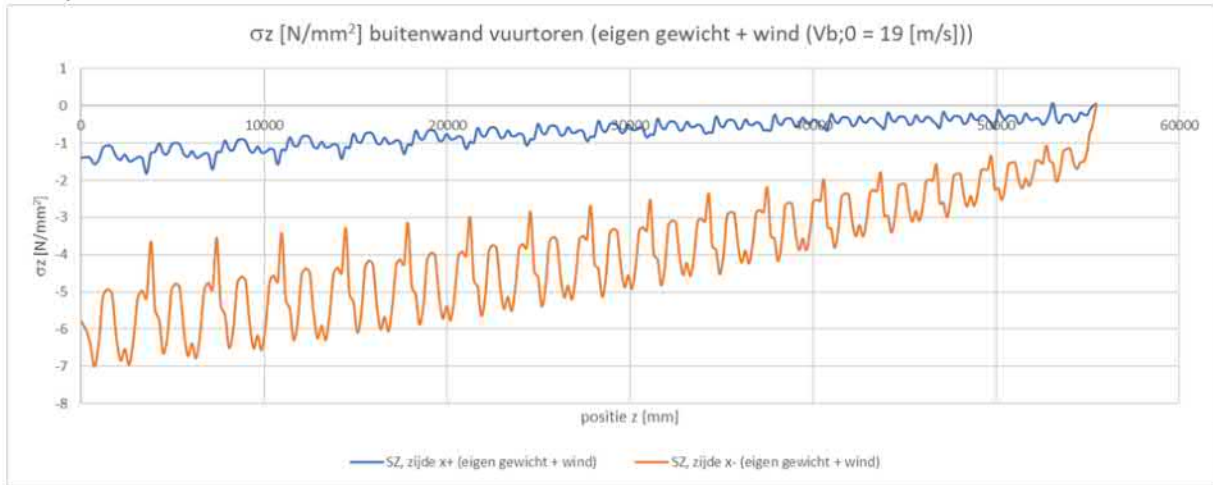
21 m/s: (windkracht 9 (20.8-24.4 m/s))



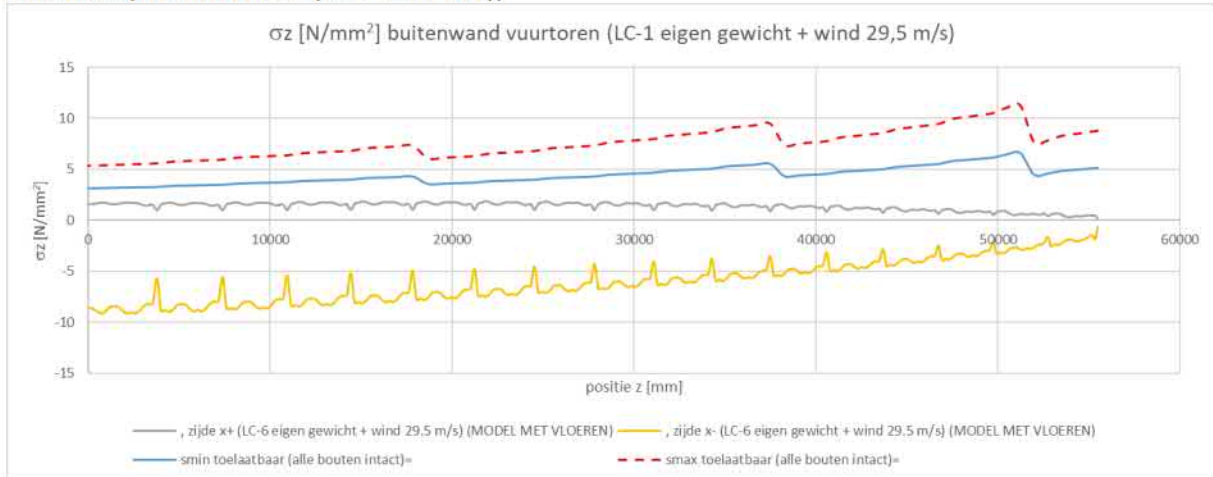
20 m/s:



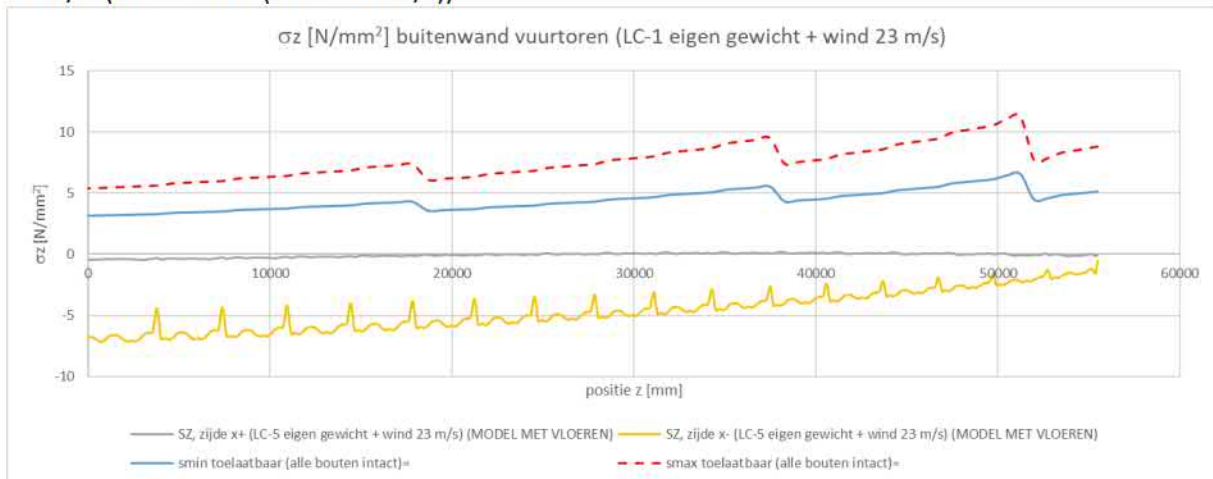
19 m/s:



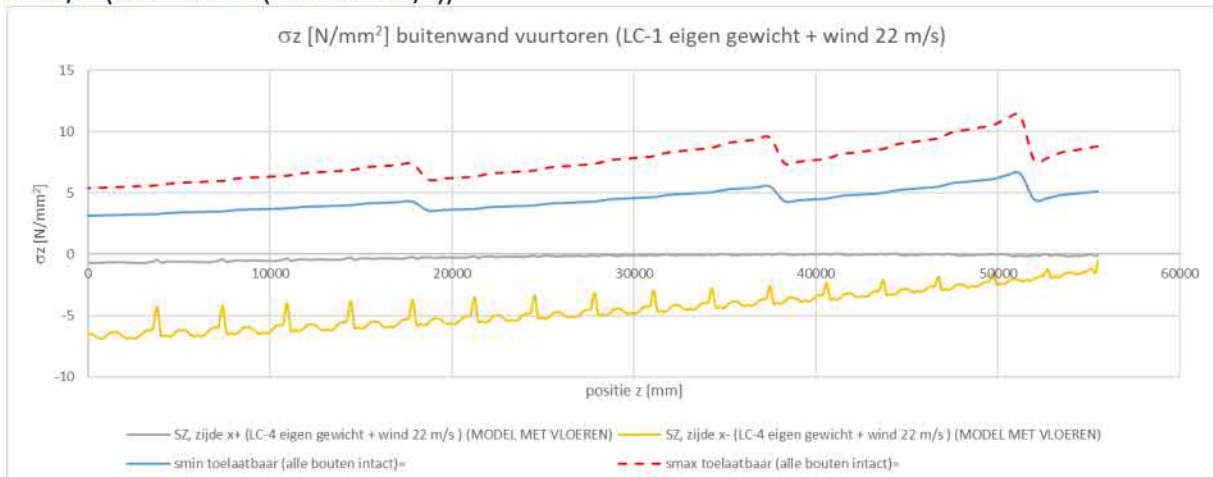
(gemiddelde spanningen hart plaat)
29.5 m/s: (windkracht 11 (28.5-32.6 m/s))



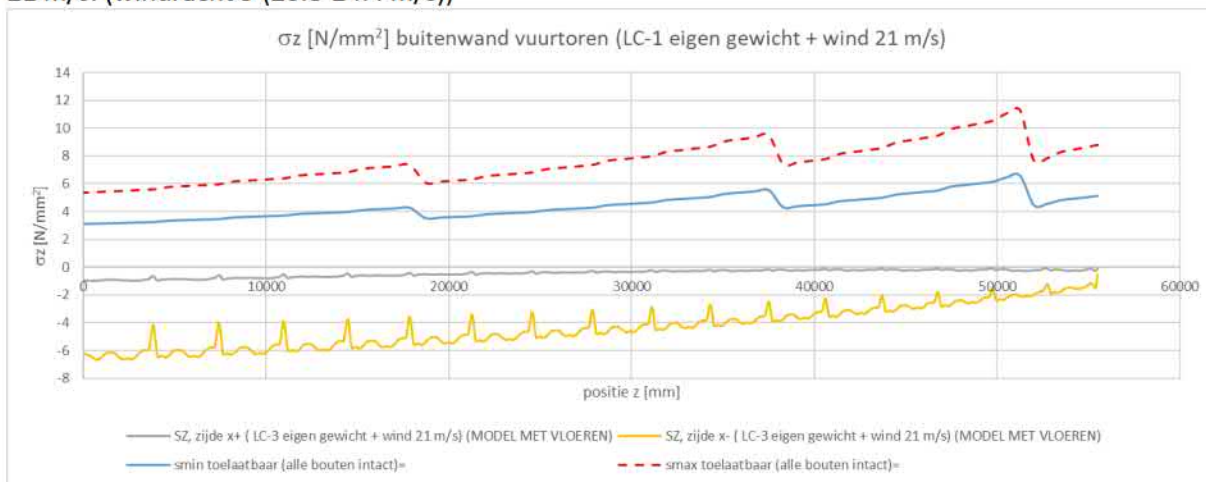
23 m/s: (windkracht 9 (20.8-24.4 m/s))



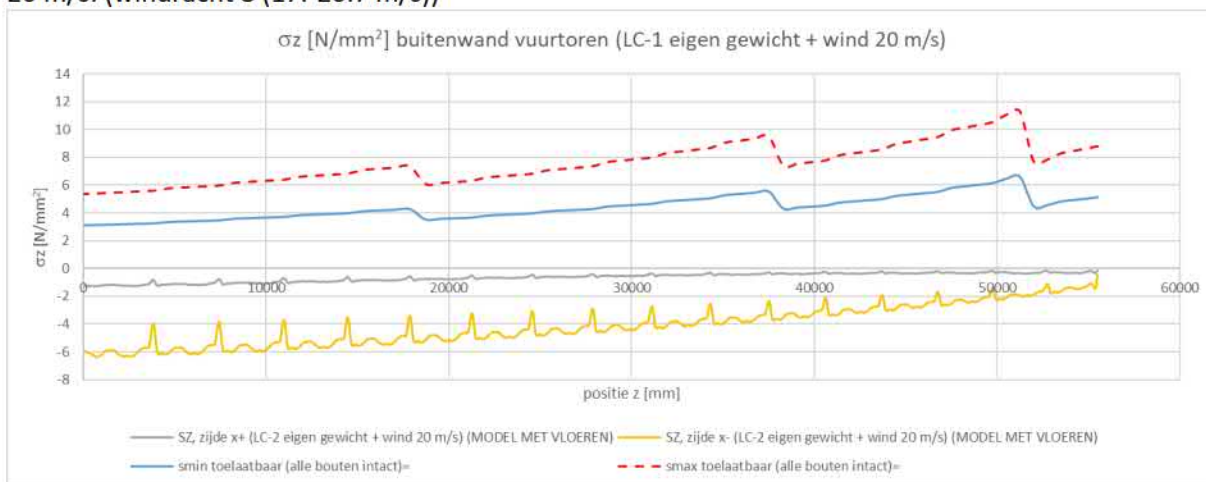
22 m/s: (windkracht 9 (20.8-24.4 m/s))



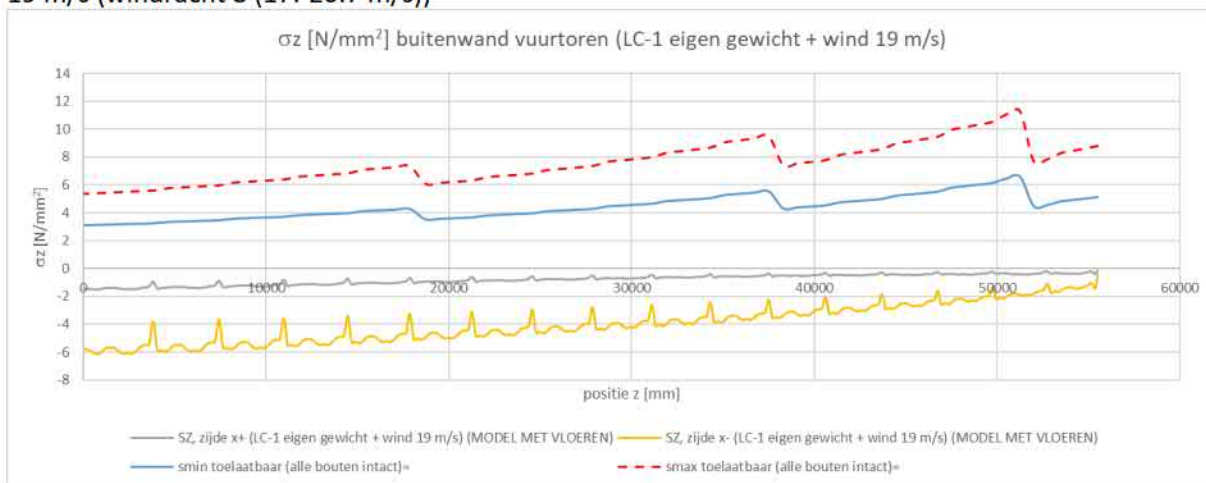
21 m/s: (windricht 9 (20.8-24.4 m/s))



20 m/s: (windricht 8 (17.-20.7 m/s))



19 m/s (windricht 8 (17.-20.7 m/s))



10.3 Bepalen kritische trekspanning in buitenwand Lange Jaap bij alle bouten aanwezig (uitgangssituatie)

AFMETINGEN voor controleren boutverbinding op basis van berekende trekspanning in de wand

$d_{start} = 10.5$ [m] $H = 2.44$ [mm]
 $d_{eind} = 3.9$ [m] $D_{maj} = 19.05$ [mm]
 $h = 55.5$ [m] $d_2 = D_p = 17.42$ [mm]
 kinematische viscositeit (lucht) $\nu = 0.00015$ [m²/s] $d_3 = D_{min} = 15.8$ [mm]
 $d_0 = 16.61$ [mm]
 spanningsdoorsnede $A_t = \pi/4 d_0^2$; $d_0 = (d_2 + d_3)/2$
 $A_t = 216.69$ [mm²]
 $\sigma_{min} = 105$ [N/mm²]
 $\sigma_{max} = 180$ [N/mm²]

Buitenwand					Buitenzijde			Binnenzijde			wand	Ix	aantal bouten	Totaal Σ 8544		Oppervlakte verhouding bout/wand	Bij alle bouten aanwezig			
paneel	bouw/ve rdieping	wanddikte	locatie		ingeschreven	omschreven	omtrek	ingeschreven	omschreven	omtrek				aantal bouten	aantal bouten		bouten	Ab/Aw	Wand	
laag	laag	t	z	z	b	b'	l	b2	b2'	l'				Aw	sne		Ab		σ _{min}	σ _{max}
[nr]	[nr]	[mm]	[m]	[mm]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m ²]	[m ⁴]	[st]	[st]	[m ²]	[%]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		
		20.0	64.000	64000	3.900		12.25	3.860		12.13										
		20.0	63.000	63000	3.900		12.25	3.860		12.13										
		20.0	62.000	62000	3.900		12.25	3.860		12.13										
		20.0	61.000	61000	3.900		12.25	3.860		12.13										
		20.0	60.000	60000	3.900		12.25	3.860		12.13										
		20.0	59.000	59000	3.900		12.25	3.860		12.13										
		20.0	58.000	58000	3.900		12.25	3.860		12.13										
		20.0	57.000	57000	3.900		12.25	3.860		12.13										
		20.0	56.000	56000	3.900		12.25	3.860		12.13										
69	17	23.0	55.500	55500	3.900	3.976	12.41	3.854	3.930	12.27	0.28	0.54	4	64	0.014	4.89	5.1	8.8		
68	17	23.0	55.000	55000	3.959	4.037	12.60	3.913	3.990	12.45	0.29	0.57	4	64	0.014	4.81	5.1	8.7		
67	17	23.0	54.250	54250	4.049	4.128	12.89	4.003	4.081	12.74	0.29	0.60	4	64	0.014	4.71	4.9	8.5		
66	17	23.0	53.500	53500	4.138	4.219	13.17	4.092	4.172	13.02	0.30	0.65	4	64	0.014	4.60	4.8	8.3		
65	16	23.8	52.750	52750	4.227	4.310	13.45	4.179	4.261	13.30	0.32	0.71	4	64	0.014	4.36	4.6	7.8		
64	16	23.8	52.000	52000	4.316	4.401	13.74	4.269	4.352	13.59	0.33	0.76	4	64	0.014	4.27	4.5	7.7		
63	16	23.8	51.250	51250	4.405	4.492	14.02	4.358	4.443	13.87	0.33	0.81	6	96	0.021	6.27	6.6	11.3		
62	16	23.8	50.500	50500	4.495	4.583	14.30	4.447	4.534	14.15	0.34	0.86	6	96	0.021	6.14	6.4	11.1		
61	15	24.5	49.750	49750	4.584	4.674	14.59	4.535	4.624	14.43	0.36	0.94	6	96	0.021	5.85	6.1	10.5		
60	15	24.5	49.000	49000	4.673	4.765	14.87	4.624	4.715	14.72	0.36	0.99	6	96	0.021	5.74	6.0	10.3		
59	15	24.5	48.250	48250	4.762	4.855	15.16	4.713	4.805	15.00	0.37	1.05	6	96	0.021	5.63	5.9	10.1		
58	15	24.5	47.500	47500	4.851	4.946	15.44	4.802	4.896	15.28	0.38	1.11	6	96	0.021	5.53	5.8	9.9		
57	14	25.3	46.750	46750	4.941	5.037	15.72	4.890	4.986	15.56	0.40	1.21	6	96	0.021	5.26	5.5	9.5		
56	14	25.3	46.000	46000	5.030	5.128	16.01	4.979	5.077	15.85	0.40	1.28	6	96	0.021	5.16	5.4	9.3		
55	14	25.3	45.250	45250	5.119	5.219	16.29	5.068	5.168	16.13	0.41	1.35	6	96	0.021	5.07	5.3	9.1		
54	14	25.3	44.475	44475	5.211	5.313	16.58	5.160	5.262	16.42	0.42	1.42	6	96	0.021	4.98	5.2	9.0		
53	13	26.0	43.700	43700	5.303	5.407	16.88	5.251	5.354	16.71	0.44	1.54	6	96	0.021	4.76	5.0	8.6		
52	13	26.0	42.925	42925	5.395	5.501	17.17	5.343	5.448	17.01	0.44	1.62	6	96	0.021	4.68	4.9	8.4		
51	13	26.0	42.150	42150	5.488	5.595	17.46	5.436	5.542	17.30	0.45	1.71	6	96	0.021	4.60	4.8	8.3		
50	13	26.0	41.375	41375	5.580	5.689	17.76	5.528	5.636	17.59	0.46	1.80	6	96	0.021	4.53	4.8	8.1		
49	12	26.8	40.600	40600	5.672	5.783	18.05	5.618	5.728	17.88	0.48	1.94	6	96	0.021	4.32	4.5	7.8		
48	12	26.8	39.825	39825	5.764	5.877	18.34	5.710	5.822	18.17	0.49	2.04	6	96	0.021	4.25	4.5	7.7		
47	12	26.8	39.050	39050	5.856	5.971	18.64	5.803	5.916	18.47	0.50	2.14	6	96	0.021	4.18	4.4	7.5		
46	12	26.8	38.275	38275	5.948	6.065	18.93	5.895	6.010	18.76	0.51	2.24	6	96	0.021	4.12	4.3	7.4		
45	11	27.5	37.500	37500	6.041	6.159	19.22	5.986	6.103	19.05	0.53	2.41	8	128	0.028	5.27	5.5	9.5		
44	11	27.5	36.700	36700	6.136	6.256	19.53	6.081	6.200	19.35	0.53	2.53	8	128	0.028	5.19	5.4	9.3		
43	11	27.5	35.900	35900	6.231	6.353	19.83	6.176	6.297	19.66	0.54	2.65	8	128	0.028	5.11	5.4	9.2		
42	11	27.5	35.100	35100	6.326	6.450	20.13	6.271	6.394	19.96	0.55	2.77	8	128	0.028	5.03	5.3	9.1		
41	10	28.3	34.300	34300	6.421	6.547	20.44	6.364	6.489	20.26	0.58	2.98	8	128	0.028	4.82	5.1	8.7		
40	10	28.3	33.500	33500	6.516	6.644	20.74	6.460	6.586	20.56	0.58	3.12	8	128	0.028	4.75	5.0	8.5		
39	10	28.3	32.700	32700	6.611	6.741	21.04	6.555	6.683	20.86	0.59	3.25	8	128	0.028	4.68	4.9	8.4		
38	10	28.3	31.900	31900	6.706	6.838	21.34	6.650	6.780	21.16	0.60	3.40	8	128	0.028	4.61	4.8	8.3		
37	9	29.0	31.100	31100	6.802	6.935	21.65	6.744	6.876	21.46	0.63	3.63	8	128	0.028	4.44	4.7	8.0		
36	9	29.0	30.300	30300	6.897	7.032	21.95	6.839	6.973	21.77	0.63	3.79	8	128	0.028	4.38	4.6	7.9		
35	9	29.0	29.500	29500	6.992	7.129	22.25	6.934	7.070	22.07	0.64	3.95	8	128	0.028	4.32	4.5	7.8		
34	9	29.0	28.750	28750	7.090	7.229	22.56	7.032	7.170	22.38	0.65	4.12	8	128	0.028	4.26	4.5	7.7		
33	8	29.8	27.850	27850	7.188	7.329	22.88	7.129	7.268	22.69	0.68	4.41	8	128	0.028	4.09	4.3	7.4		
32	8	29.8	27.025	27025	7.286	7.429	23.19	7.227	7.368	23.00	0.69	4.59	8	128	0.028	4.03	4.2	7.3		
31	8	29.8	26.200	26200	7.384	7.529	23.50	7.325	7.468	23.31	0.70	4.78	8	128	0.028	3.98	4.2	7.2		
30	8	29.8	25.375	25375	7.482	7.629	23.81	7.423	7.568	23.62	0.71	4.97	8	128	0.028	3.92	4.1	7.1		
29	7	30.5	24.550	24550	7.581	7.729	24.13	7.520	7.667	23.93	0.73	5.29	8	128	0.028	3.78	4.0	6.8		
28	7	30.5	23.725	23725	7.679	7.829	24.44	7.618	7.767	24.24	0.74	5.44	8	128	0.028	3.74	3.9	6.7		
27	7	30.5	22.900	22900	7.777	7.929	24.75	7.716	7.867	24.56	0.75	5.71	8	128	0.028	3.69	3.9	6.6		
26	7	30.5	22.075	22075	7.875	8.029	25.06	7.814	7.967	24.87	0.76	5.93	8	128	0.028	3.64	3.8	6.6		
25	6	31.3	21.250	21250	7.973	8.129	25.37	7.910	8.065	25.18	0.79	6.32	8	128	0.028	3.51	3.7	6.3		
24	6	31.3	20.400	20400	8.074	8.232	25.70	8.011	8.168	25.50	0.80	6.56	8	128	0.028	3.46	3.6	6.2		
23	6	31.3	19.550	19550	8.175	8.335	26.02	8.113	8.271	25.82	0.81	6.81	8	128	0.028	3.42	3.6	6.2		
22	6	31.3	18.700	18700	8.276	8.438	26.34	8.214	8.375	26.14	0.82	7.07	8	128	0.028	3.38	3.5	6.1		
21	5	32.0	17.850	17850	8.377	8.541	26.66	8.313	8.476	26.46	0.85	7.50	10	160	0.035	4.08	4.3	7.3		
20	5	32.0	17.000	17000	8.478	8.644	26.98	8.414	8.579	26.78	0.86	7.77	10	160	0.035	4.03	4.2	7.3		
19	5	32.0	16.150	16150	8.579	8.748	27.30	8.515	8.682	27.10	0.87	8.05	10	160	0.035	3.98	4.2	7.2		
18	5	32.0	15.300	15300	8.681	8.851	27.63	8.617	8.785	27.42	0.88	8.34	10	160	0.035	3.94	4.1	7.1		
17	4	32.8	14.450	14450	8.782	8.954	27.95	8.716	8.887	27.74	0.91	8.85	10	160	0.035	3.80	4.0	6.8		
16	4	32.8	13.575	13575	8.886	9.060	28.28	8.820	8.993	28.07	0.92	9.17	10	160	0.035	3.75	3.9	6.8		
15	4	32.8	12.700	12700	8.990	9.166	28.61	8.924	9.099	28.40	0.94	9.50	10	160	0.035	3.71	3.9	6.7		
14	4	32.8	11.825	11825	9.094	9.272	28.94	9.028	9.205	28.73	0.95	9.84	10	160	0.035	3.67	3.8	6.6		
13	3	33.5	10.950	10950	9.198	9.378	29.27	9.131	9.310	29.06	0.98	10.39	10	160	0.035	3.55	3.7	6.4		
12	3	33.5	10.075	10075	9.302	9.484	29.60	9.235	9.416											

 Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 03
	Structural check	Datum : 05-02-2021 Pagina : 51

11 Globaal model met losliggende vloeren

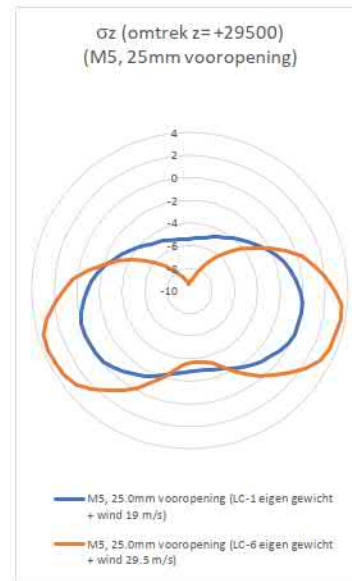
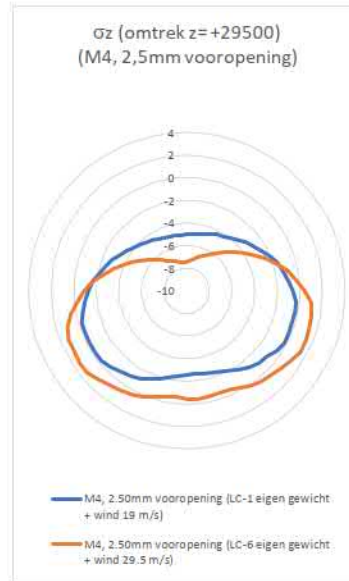
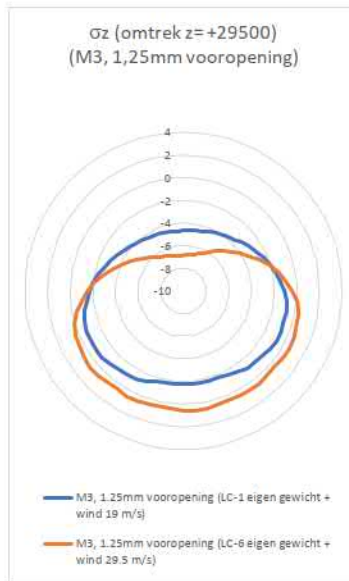
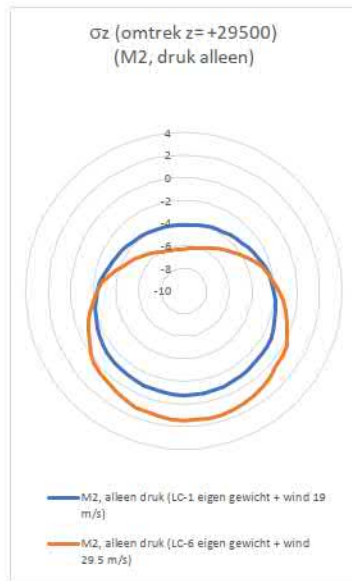
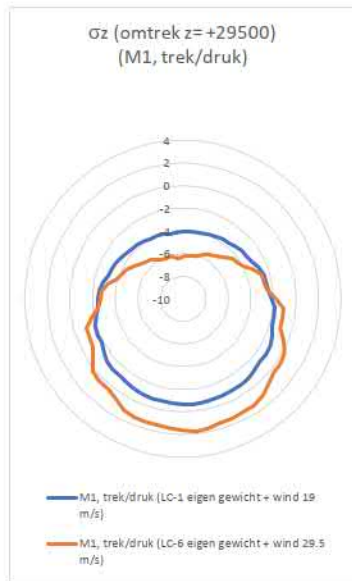
In deze serie zijn 5 verschillende modellen vergeleken:

1. Globaal model met vloeren op trek/druk aangesloten
2. Globaal model met vloeren op druk alleen aangesloten
3. Globaal model met 1.25mm vooropening tussen wanden en vloeren
4. Globaal model met 2.50mm vooropening tussen wanden en vloeren
5. Globaal model met 25.0mm vooropening tussen wanden en vloeren

Deze modellen zijn belast met 6 verschillende windsnelheden.

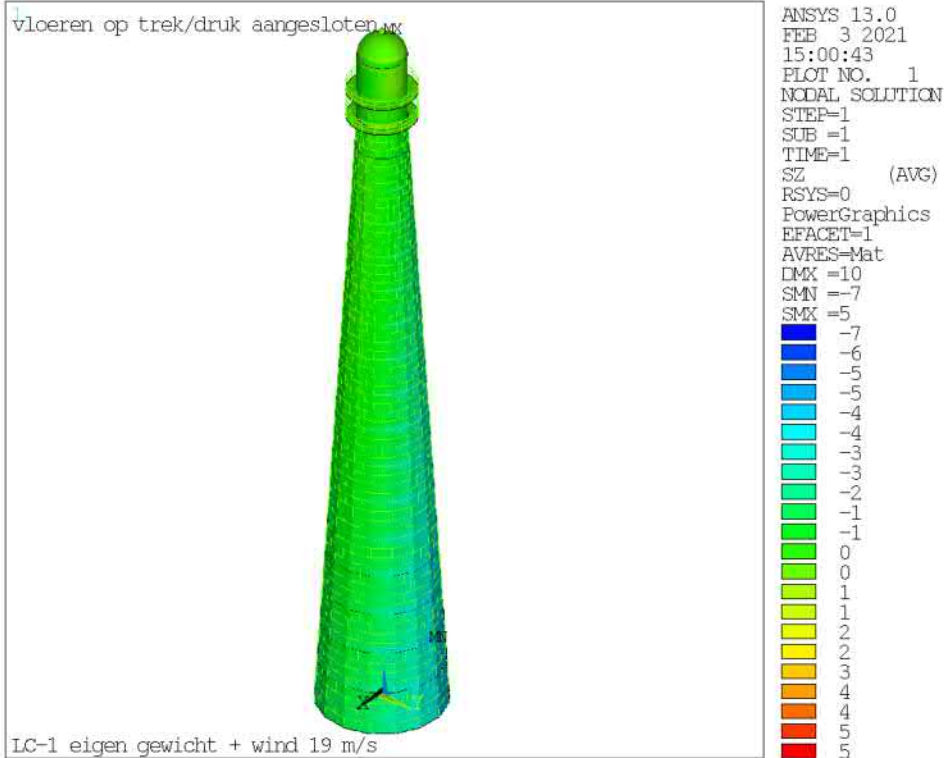
11.1 Conclusie

De spanningsverdeling over de omtrek verandert ten gevolge van het niet of minder verhinderen van vervormen van de doorsnede. Zie hiervoor de plots en grafieken verderop in dit hoofdstuk. De vooropening is per zijde, dus tussen vloer en buitenwand en tussen vloer en kuip/binnenwand, e.a. is dus op de radius beschouwd, de totale maximale verplaatsing is dus x2. Met 25mm vooropening tussen de wanden en vloeren, gaat de wand niet aanliggen via de vloer tegen de wand aan de andere zijde. De wand wordt hierbij dus niet verhinderd om te ovaliseren. Het verlies aan vormvastheid is ten aanzien van windbelasting een negatief effect op de verticaalspanning (maximaal +/- een verdubbeling van de trekspanning (Model1 vs Model5) als we kijken naar de spanningen op de deling op Z=29500mm).

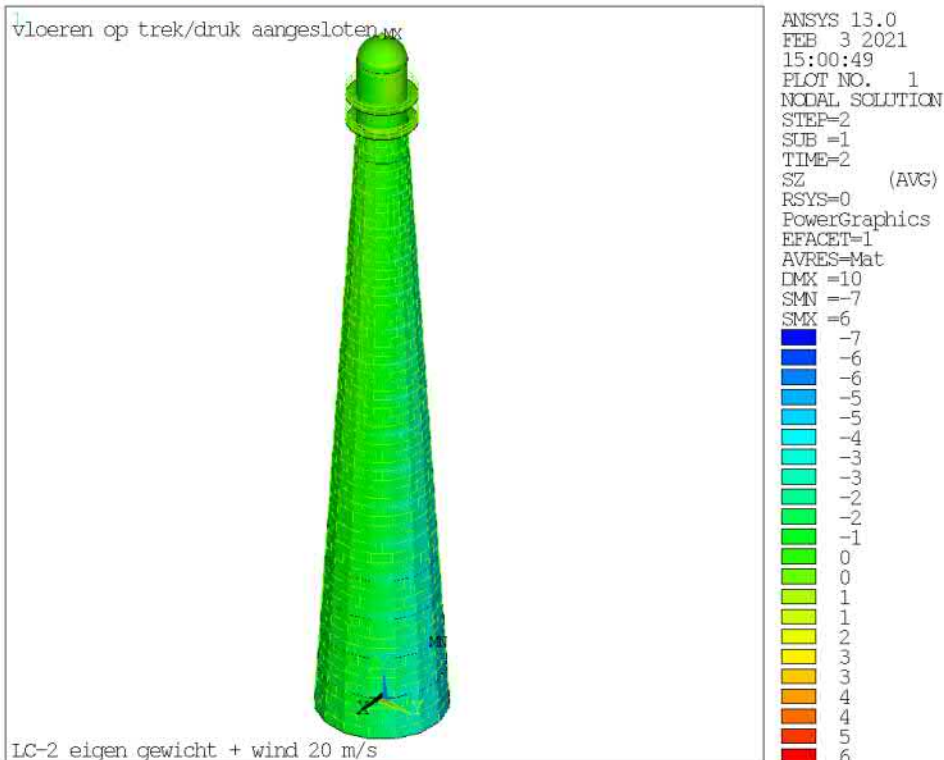


11.2 Globaal model met vloeren op trek/druk aangesloten

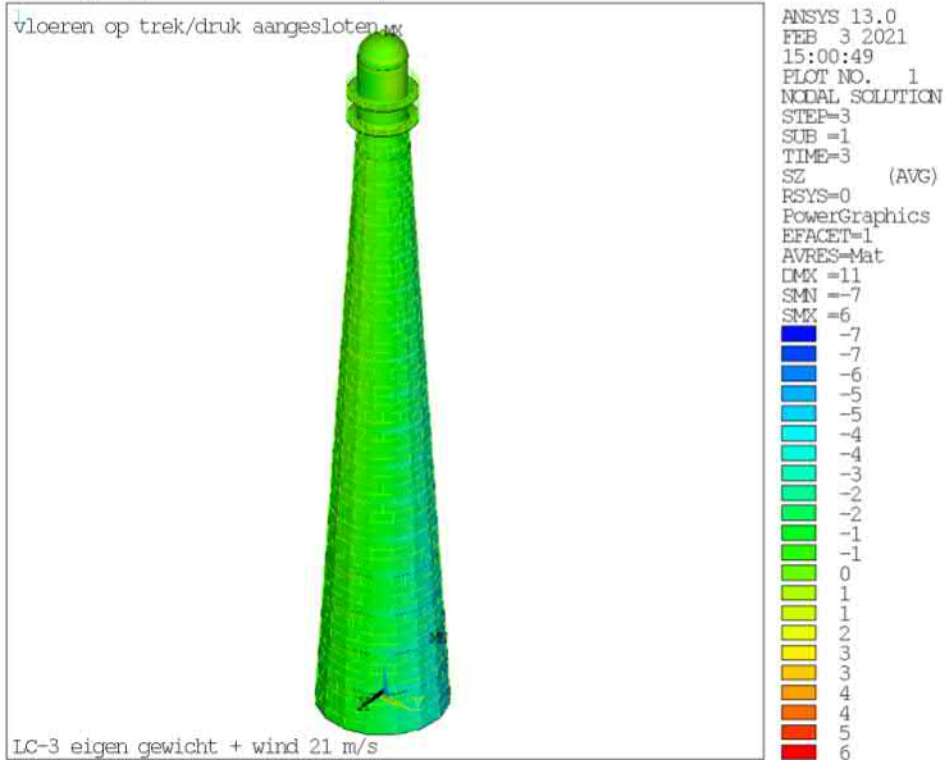
LC-1 eigen gewicht + wind 19 m/s



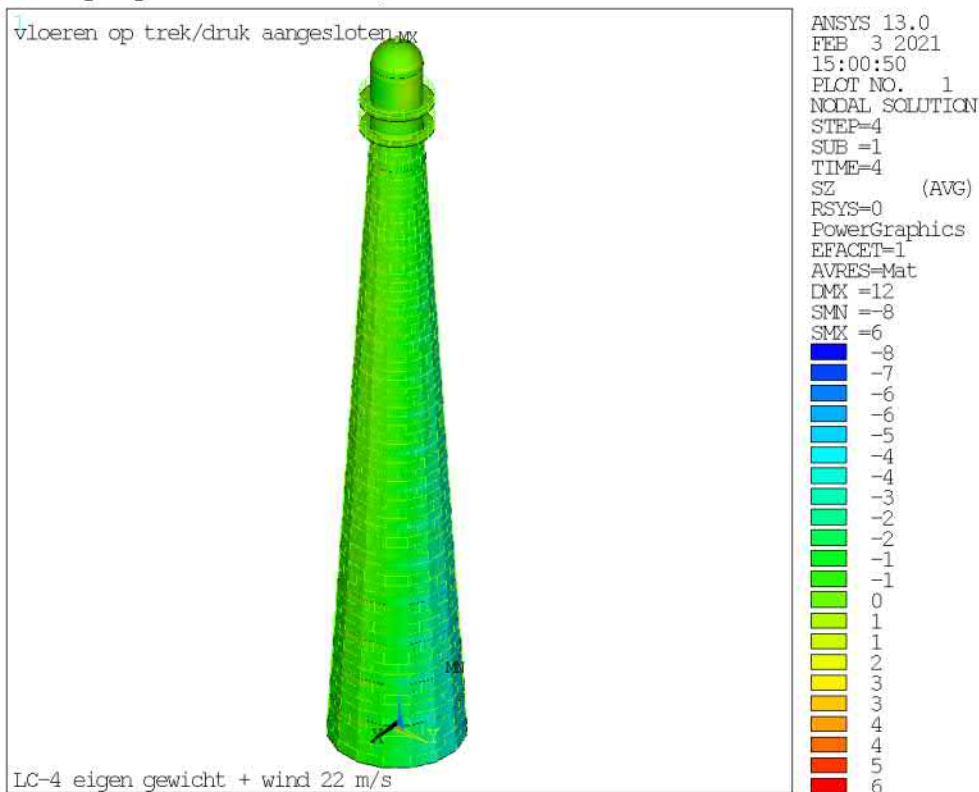
LC-2 eigen gewicht + wind 20 m/s



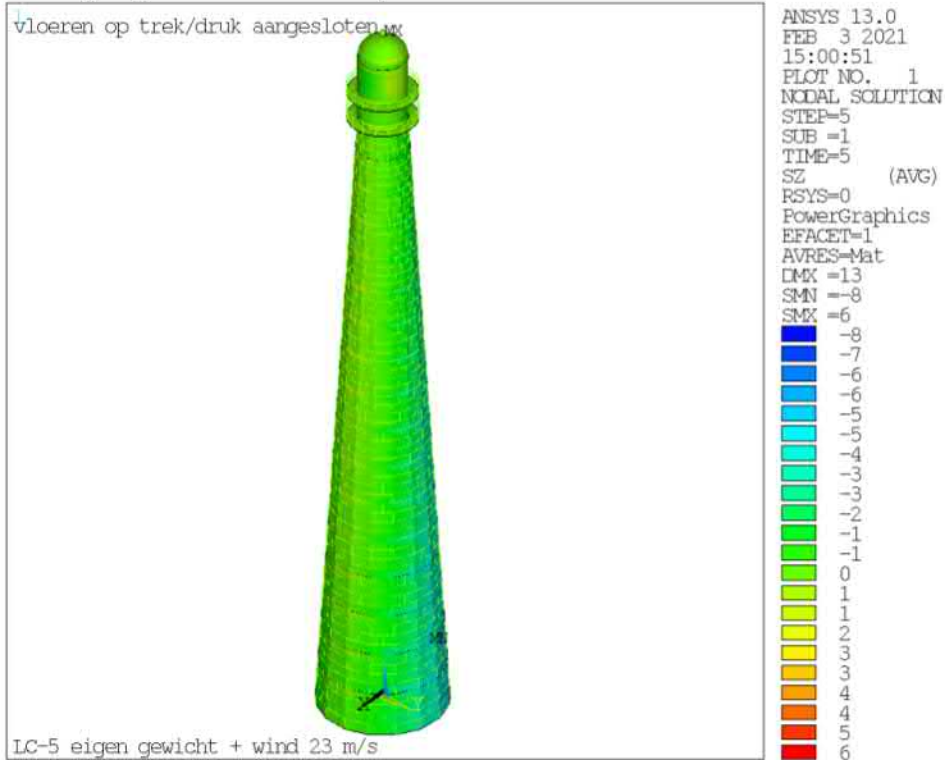
LC-3 eigen gewicht + wind 21 m/s



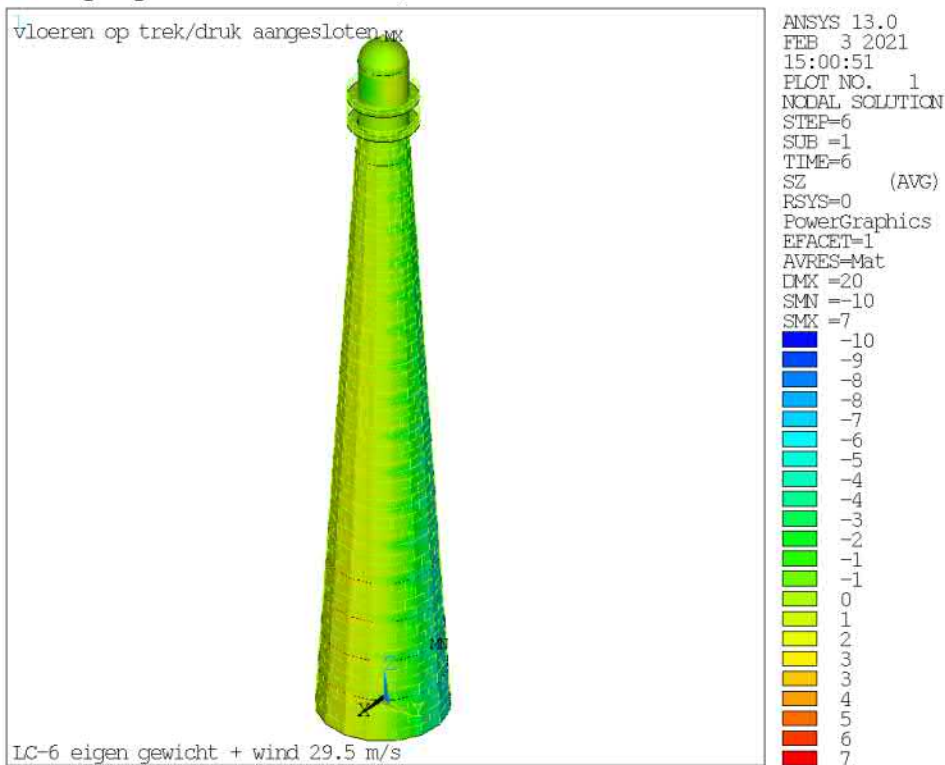
LC-4 eigen gewicht + wind 22 m/s



LC-5 eigen gewicht + wind 23 m/s

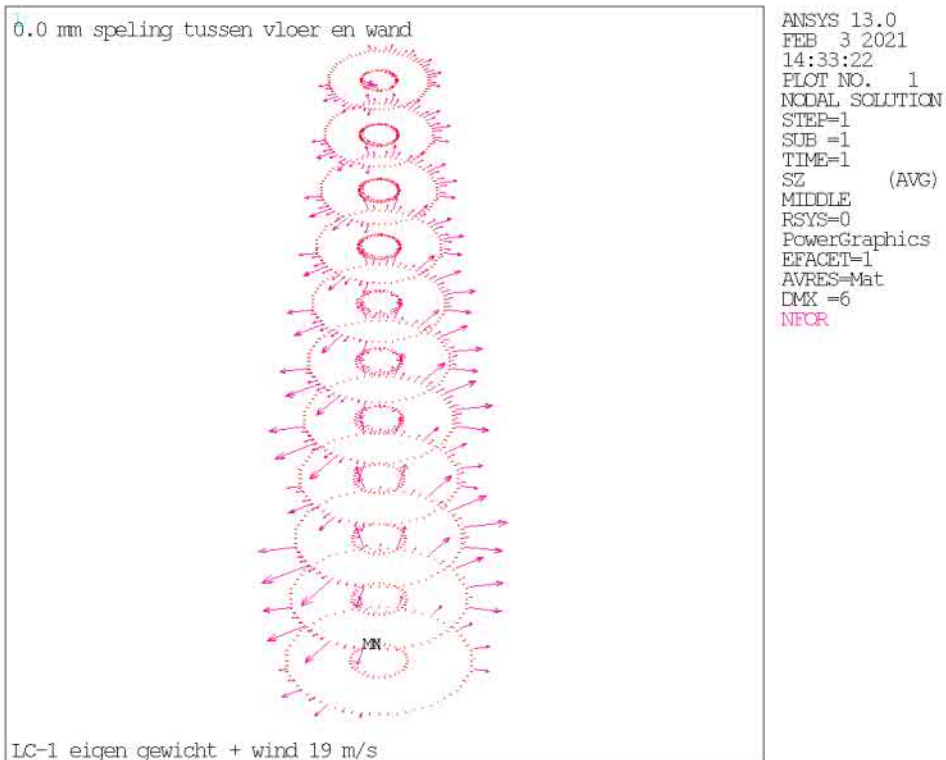
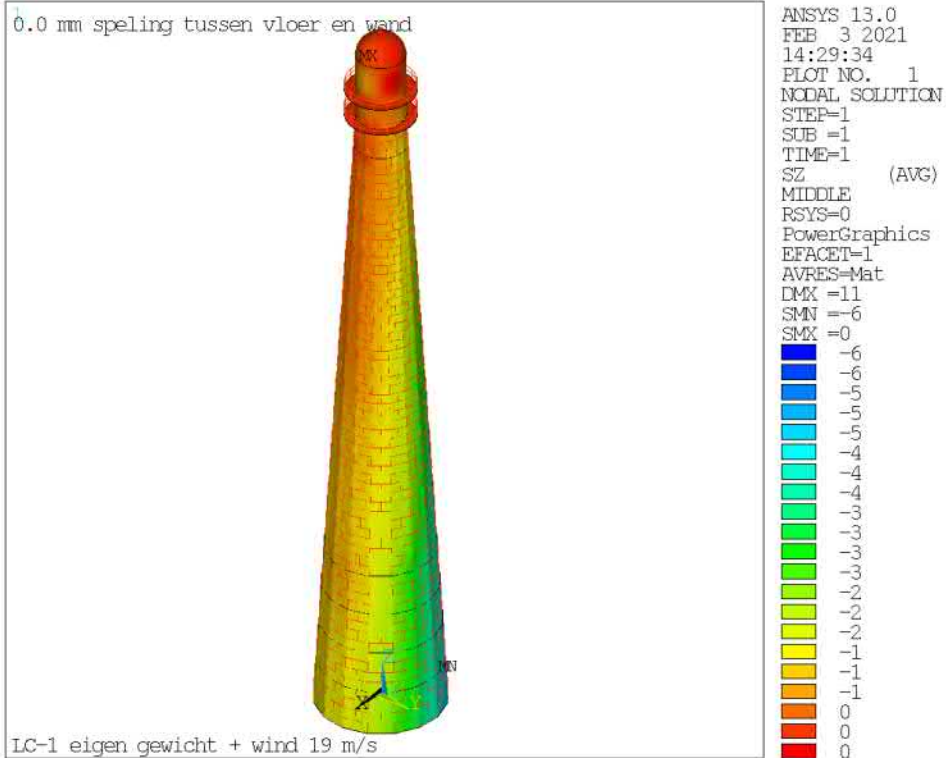


LC-6 eigen gewicht + wind 29.5 m/s



11.3 Globaal model met vloeren op druk alleen aangesloten

LC-1 eigen gewicht + wind 19 m/s



LC-2 eigen gewicht + wind 20 m/s

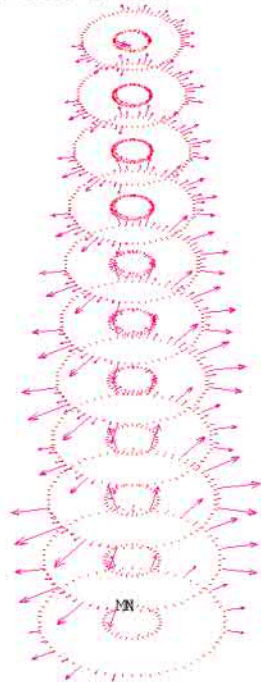
0.0 mm speling tussen vloer en wand



LC-2 eigen gewicht + wind 20 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
14:29:41
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=2
SUB =1
TIME=2
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =11
SMN =-6
SMX =0
-6
-6
-6
-5
-5
-5
-4
-4
-4
-3
-3
-3
-2
-2
-2
-1
-1
-1
0
0
0

0.0 mm speling tussen vloer en wand



LC-2 eigen gewicht + wind 20 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
14:33:23
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=2
SUB =1
TIME=2
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =6
NFOR

LC-3 eigen gewicht + wind 21 m/s

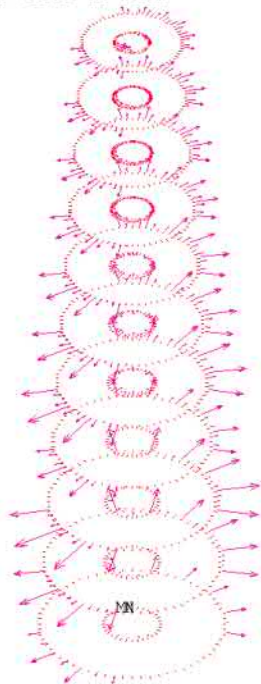
0.0 mm speling tussen vloer en wand



LC-3 eigen gewicht + wind 21 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
14:29:42
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=3
SUB =1
TIME=3
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =11
SMN =-6
SMX =0
-6
-6
-6
-5
-5
-5
-4
-4
-4
-3
-3
-3
-2
-2
-2
-1
-1
-1
0
0
0

0.0 mm speling tussen vloer en wand



LC-3 eigen gewicht + wind 21 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
14:33:24
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=3
SUB =1
TIME=3
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =7
NFOR

LC-4 eigen gewicht + wind 22 m/s

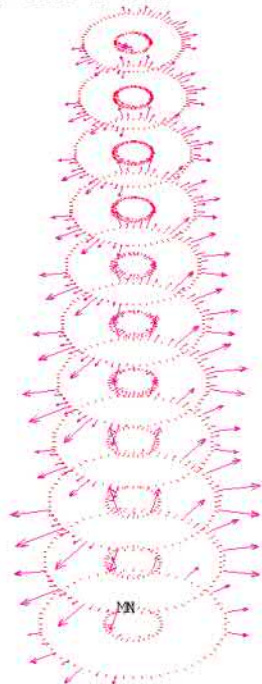
0.0 mm speling tussen vloer en wand



LC-4 eigen gewicht + wind 22 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
14:29:43
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=4
SUB =1
TIME=4
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =12
SMN =-7
SMK =1
-7
-6
-6
-6
-5
-5
-5
-4
-4
-3
-3
-3
-2
-2
-2
-1
-1
-1
0
0
1

0.0 mm speling tussen vloer en wand



LC-4 eigen gewicht + wind 22 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
14:33:24
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=4
SUB =1
TIME=4
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =8
NFOR

LC-5 eigen gewicht + wind 23 m/s

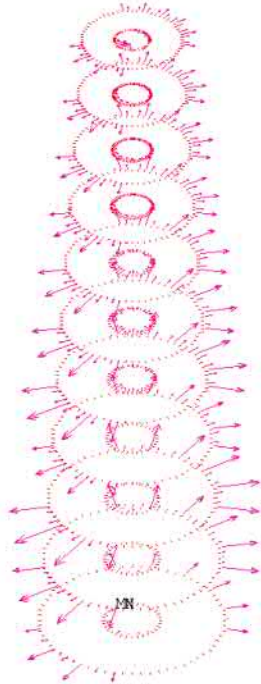
0.0 mm speling tussen vloer en wand



LC-5 eigen gewicht + wind 23 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
14:29:43
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=5
SUB =1
TIME=5
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =13
SMN =-7
SMX =1
-7
-7
-6
-6
-5
-5
-5
-4
-4
-4
-3
-3
-2
-2
-1
-1
-1
0
0
1

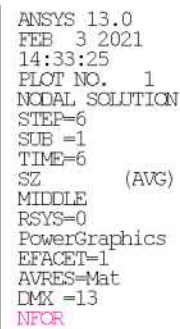
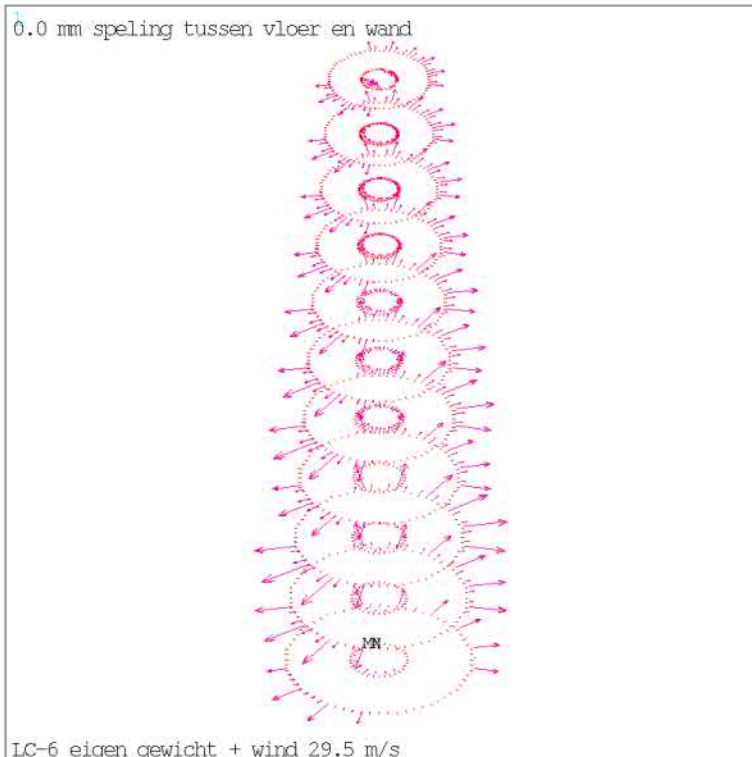
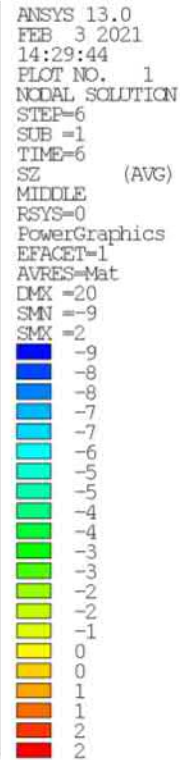
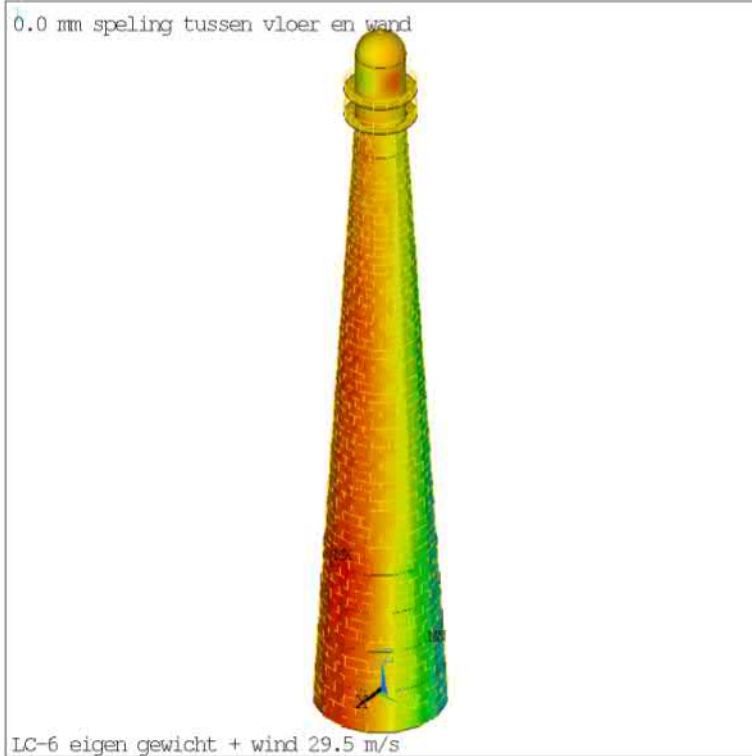
0.0 mm speling tussen vloer en wand



LC-5 eigen gewicht + wind 23 m/s

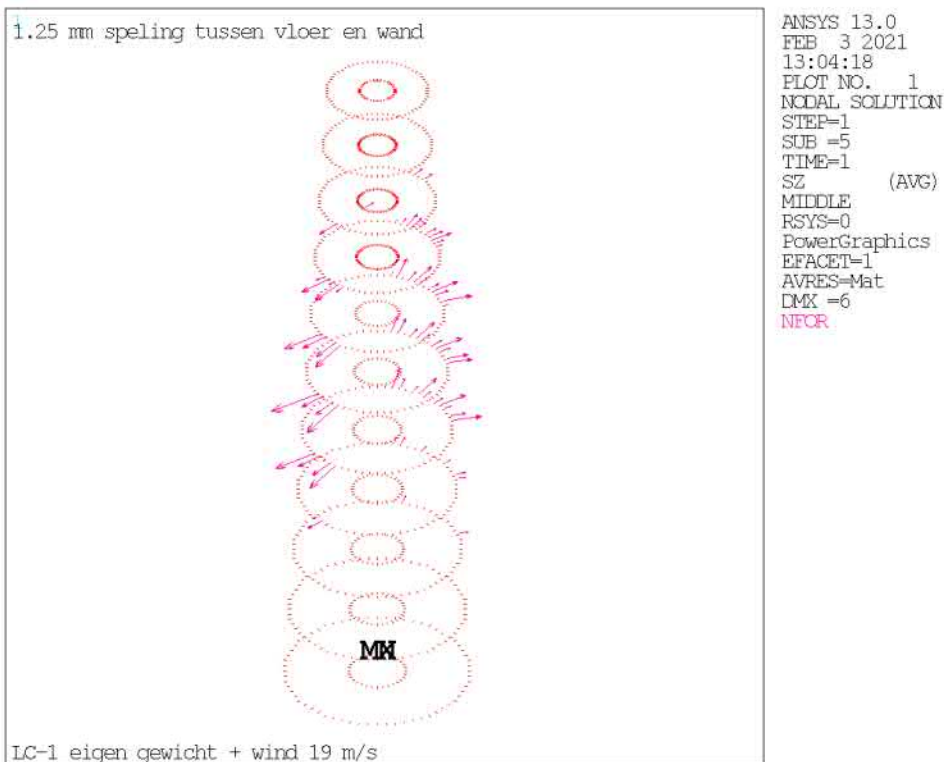
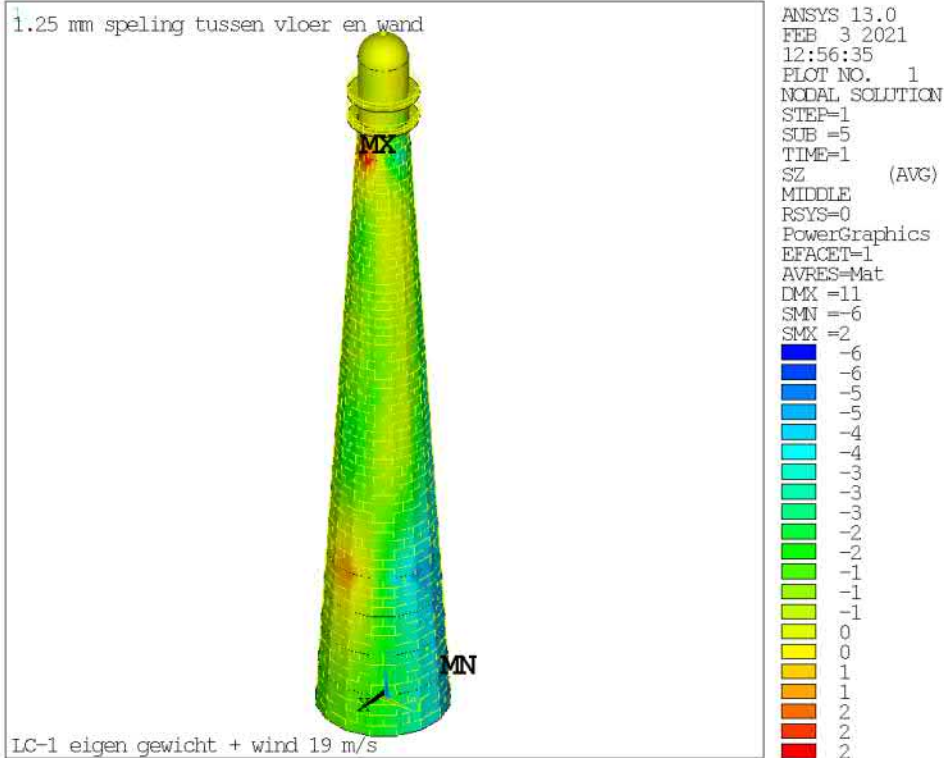
ANSYS 13.0
FEB 3 2021
14:33:24
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=5
SUB =1
TIME=5
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =8
NFOR

LC-6 eigen gewicht + wind 29.5 m/s



11.4 Globaal model met 1.25mm vooropening tussen wand en vloeren

LC-1 eigen gewicht + wind 19 m/s



LC-2 eigen gewicht + wind 20 m/s

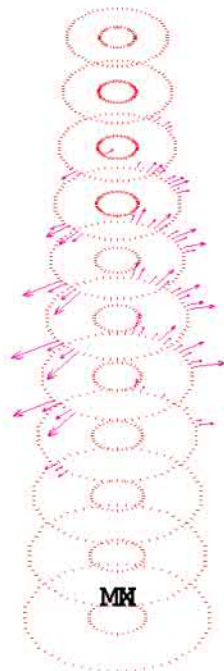
1.25 mm speling tussen vloer en wand



LC-2 eigen gewicht + wind 20 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
12:56:39
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=2
SUB =1
TIME=2
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =11
SMN =-6
SMX =3
-6
-6
-5
-5
-4
-4
-4
-3
-3
-2
-2
-1
-1
-1
0
0
1
1
2
2
3

1.25 mm speling tussen vloer en wand



LC-2 eigen gewicht + wind 20 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
13:04:20
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=2
SUB =1
TIME=2
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =7
NFOR

LC-3 eigen gewicht + wind 21 m/s

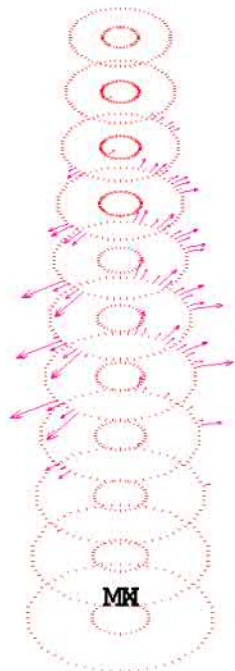
1.25 mm speling tussen vloer en wand



LC-3 eigen gewicht + wind 21 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
12:56:39
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=3
SUB =1
TIME=3
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =11
SMN =-6
SMX =3
-6
-6
-5
-5
-4
-4
-3
-3
-2
-2
-1
-1
0
0
1
1
2
2
3

1.25 mm speling tussen vloer en wand



LC-3 eigen gewicht + wind 21 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
13:04:21
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=3
SUB =1
TIME=3
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =8
NFOR

LC-4 eigen gewicht + wind 22 m/s

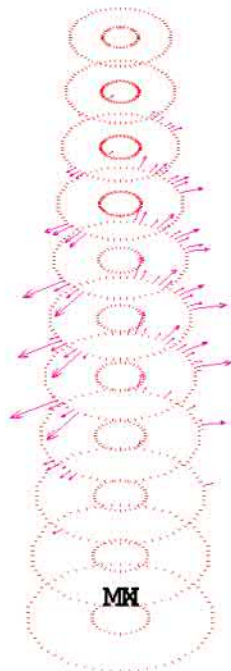
1.25 mm speling tussen vloer en wand



LC-4 eigen gewicht + wind 22 m/s

```
ANSYS 13.0
FEB 3 2021
12:56:40
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=4
SUB =1
TIME=4
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =12
SMN =-7
SMX =3
-7
-6
-5
-5
-4
-4
-3
-3
-2
-2
-1
-1
0
0
1
1
1
2
2
3
```

1.25 mm speling tussen vloer en wand



LC-4 eigen gewicht + wind 22 m/s

```
ANSYS 13.0
FEB 3 2021
13:04:21
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=4
SUB =1
TIME=4
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =8
NFOR
```

LC-5 eigen gewicht + wind 23 m/s

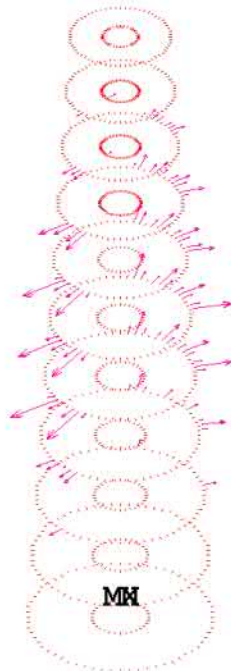
1.25 mm speling tussen vloer en wand



LC-5 eigen gewicht + wind 23 m/s

```
ANSYS 13.0
FEB 3 2021
12:56:41
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=5
SUB =1
TIME=5
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =13
SMN =-7
SMX =3
-7
-6
-5
-5
-4
-4
-3
-3
-2
-2
-1
-1
0
0
1
1
2
2
3
3
```

1.25 mm speling tussen vloer en wand



LC-5 eigen gewicht + wind 23 m/s

```
ANSYS 13.0
FEB 3 2021
13:04:21
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=5
SUB =1
TIME=5
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =9
NFOR
```

LC-6 eigen gewicht + wind 29.5 m/s

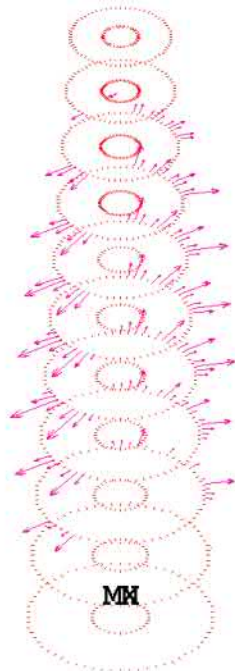
1.25 mm speling tussen vloer en wand



LC-6 eigen gewicht + wind 29.5 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
12:56:41
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=6
SUB =1
TIME=6
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =20
SMN =-9
SMX =5
-9
-8
-7
-7
-6
-5
-5
-4
-3
-2
-2
-1
0
0
1
2
3
3
4
4
5
5

1.25 mm speling tussen vloer en wand

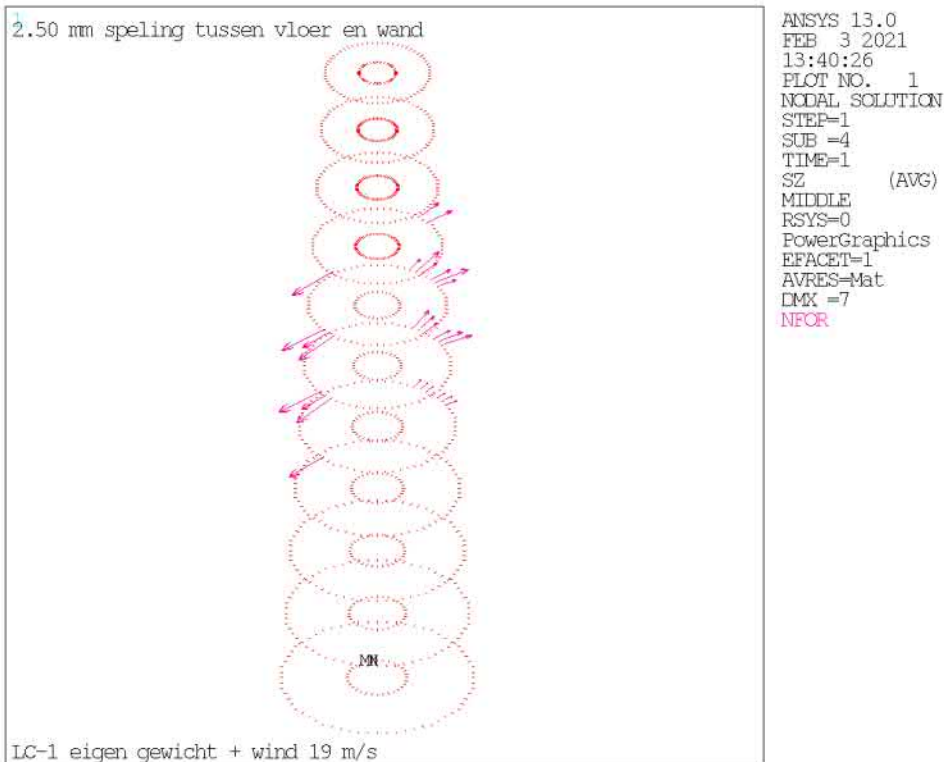
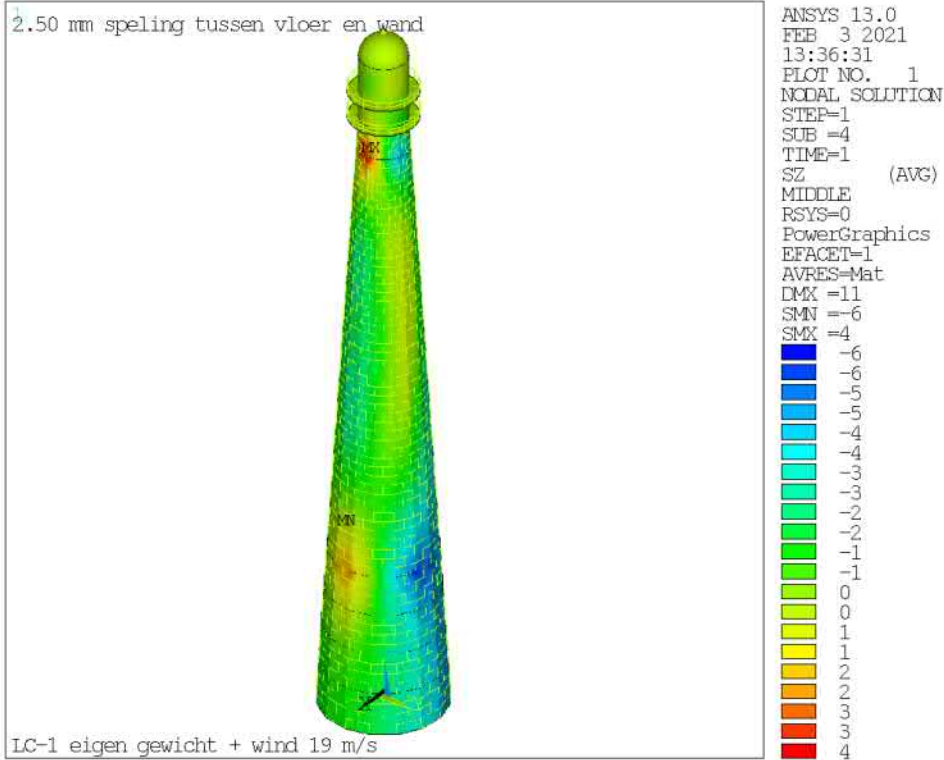


LC-6 eigen gewicht + wind 29.5 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
13:04:22
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=6
SUB =1
TIME=6
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =14
NFOR

11.5 Globaal model met 2.50mm vooropening tussen wand en vloeren

LC-1 eigen gewicht + wind 19 m/s



LC-2 eigen gewicht + wind 20 m/s

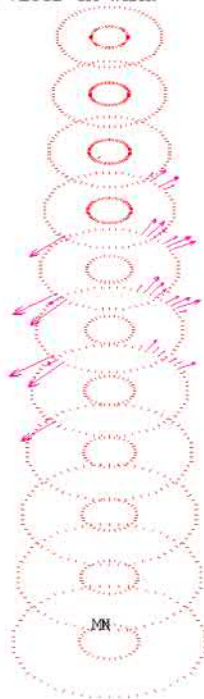
2.50 mm speling tussen vloer en wand



LC-2 eigen gewicht + wind 20 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
13:36:34
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=2
SUB =1
TIME=2
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =11
SMN =-6
SMX =4
-6
-6
-5
-5
-4
-4
-3
-3
-2
-2
-1
-1
0
0
1
1
2
2
3
3
4
4

2.50 mm speling tussen vloer en wand



LC-2 eigen gewicht + wind 20 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
13:40:27
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=2
SUB =1
TIME=2
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =8
NFOR

LC-3 eigen gewicht + wind 21 m/s

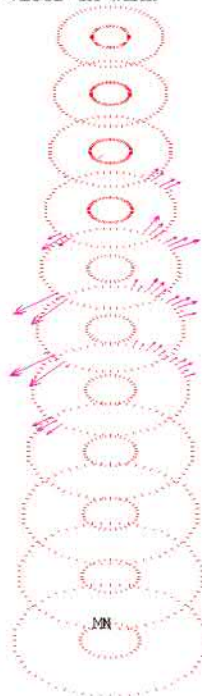
2.50 mm speling tussen vloer en wand



LC-3 eigen gewicht + wind 21 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
13:36:35
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=3
SUB =1
TIME=3
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =11
SMN =-6
SMX =4
-6
-6
-5
-5
-4
-4
-3
-3
-2
-2
-1
-1
0
0
1
1
2
2
3
4
4

2.50 mm speling tussen vloer en wand



LC-3 eigen gewicht + wind 21 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
13:40:28
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=3
SUB =1
TIME=3
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =8
NFOR

LC-4 eigen gewicht + wind 22 m/s

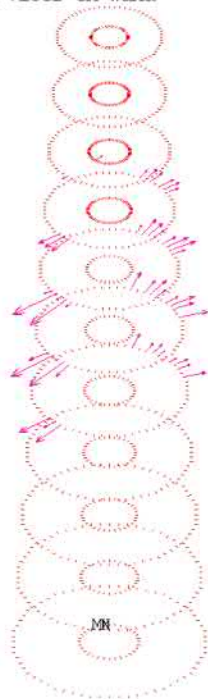
2.50 mm speling tussen vloer en wand



LC-4 eigen gewicht + wind 22 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
13:36:36
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=4
SUB =1
TIME=4
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =12
SMN =-7
SMX =4
-7
-6
-5
-4
-4
-3
-3
-2
-2
-1
-1
0
1
1
2
2
3
3
4
4

2.50 mm speling tussen vloer en wand



LC-4 eigen gewicht + wind 22 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
13:40:28
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=4
SUB =1
TIME=4
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =9
NFOR

LC-5 eigen gewicht + wind 23 m/s

2.50 mm speling tussen vloer en wand



LC-5 eigen gewicht + wind 23 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
13:36:37
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=5
SUB =1
TIME=5
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =13
SMN =-7
SMX =5
-7
-6
-5
-4
-3
-2
-1
0
1
2
3
4
5

2.50 mm speling tussen vloer en wand



LC-5 eigen gewicht + wind 23 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
13:40:29
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=5
SUB =1
TIME=5
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =10
NFOR

LC-6 eigen gewicht + wind 29.5 m/s

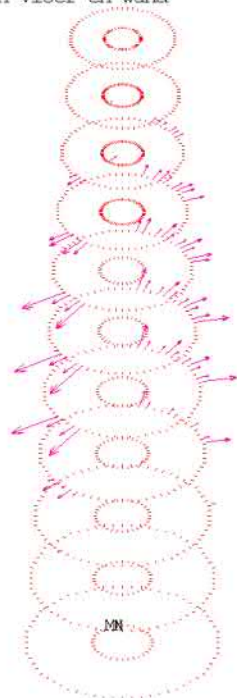
2.50 mm speling tussen vloer en wand



LC-6 eigen gewicht + wind 29.5 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
13:36:37
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=6
SUB =3
TIME=6
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =21
SMN =-9
SMX =7
-9
-8
-7
-6
-6
-5
-4
-3
-3
-2
-1
0
1
1
2
3
4
5
6
6
7

2.50 mm speling tussen vloer en wand

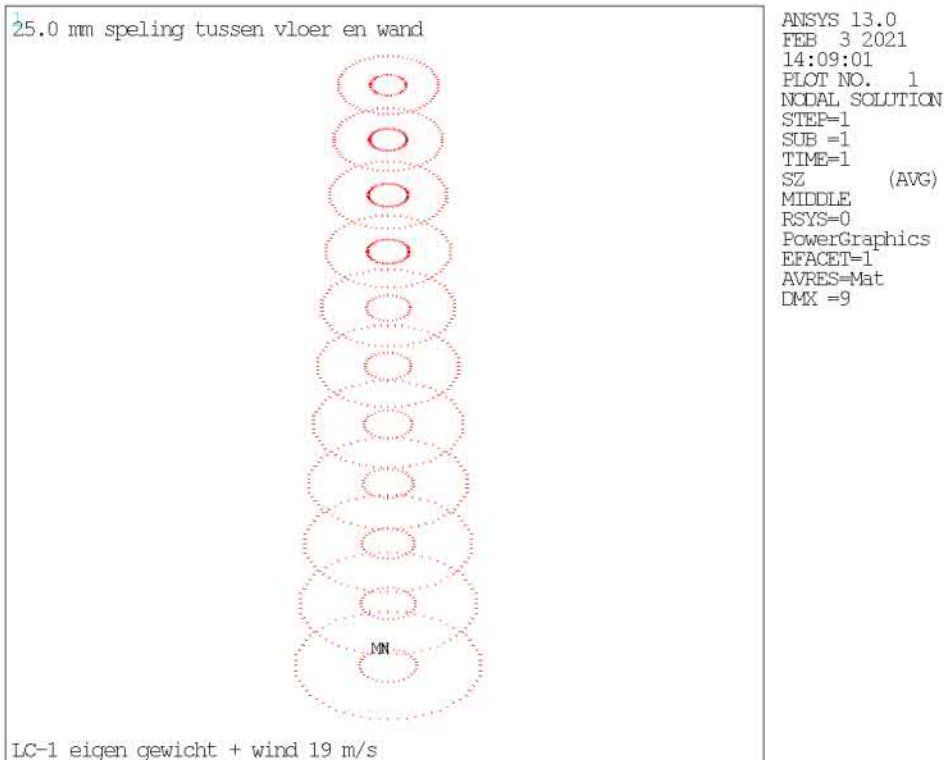
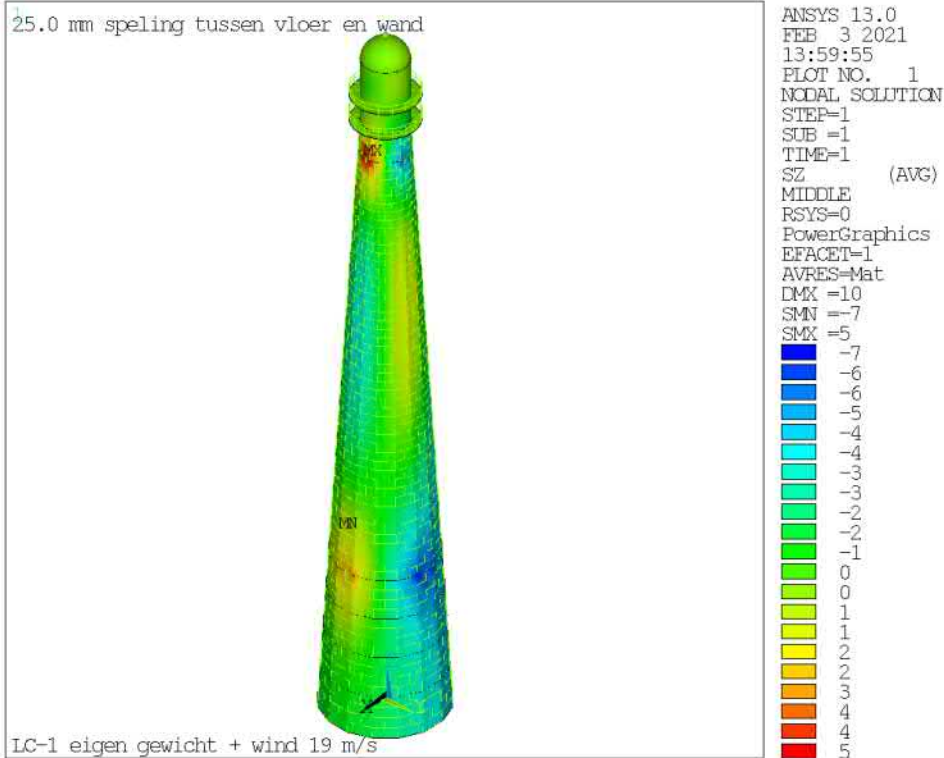


LC-6 eigen gewicht + wind 29.5 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
13:40:29
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=6
SUB =3
TIME=6
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =15
NFOR

11.6 Globaal model met 25.0mm vooropening tussen wand en vloeren

LC-1 eigen gewicht + wind 19 m/s



LC-2 eigen gewicht + wind 20 m/s

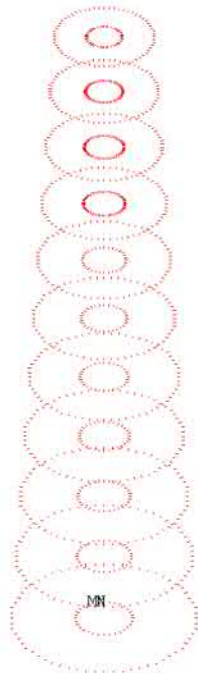
25.0 mm speling tussen vloer en wand



LC-2 eigen gewicht + wind 20 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
13:59:58
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=2
SUB =1
TIME=2
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =11
SMN =-7
SMX =5
-7
-7
-6
-5
-5
-4
-3
-3
-2
-1
-1
0
0
1
2
2
3
4
4
5
5

25.0 mm speling tussen vloer en wand



LC-2 eigen gewicht + wind 20 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
14:09:02
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=2
SUB =1
TIME=2
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =9

LC-3 eigen gewicht + wind 21 m/s

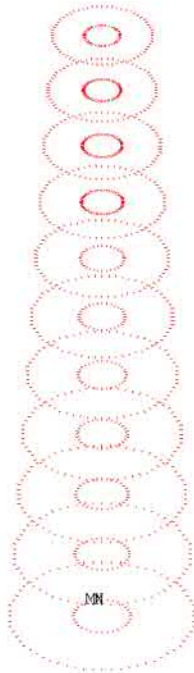
25.0 mm speling tussen vloer en wand



LC-3 eigen gewicht + wind 21 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
13:59:59
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=3
SUB =1
TIME=3
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =11
SMN =-8
SMX =6
-8
-7
-6
-5
-5
-4
-3
-3
-2
-1
-1
0
1
1
2
3
3
4
5
5
6

25.0 mm speling tussen vloer en wand



LC-3 eigen gewicht + wind 21 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
14:09:02
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=3
SUB =1
TIME=3
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =10

LC-4 eigen gewicht + wind 22 m/s

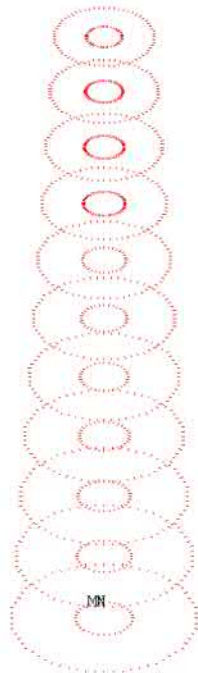
25.0 mm speling tussen vloer en wand



LC-4 eigen gewicht + wind 22 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
14:00:00
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=4
SUB =1
TIME=4
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =12
SMN =-8
SMX =7
-8
-7
-7
-6
-5
-4
-4
-3
-2
-1
-1
0
1
2
2
3
4
5
5
6
7

25.0 mm speling tussen vloer en wand



LC-4 eigen gewicht + wind 22 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
14:09:03
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=4
SUB =1
TIME=4
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =11

LC-5 eigen gewicht + wind 23 m/s

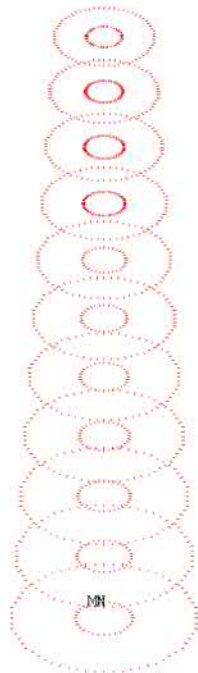
25.0 mm speling tussen vloer en wand



LC-5 eigen gewicht + wind 23 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
14:00:00
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=5
SUB =1
TIME=5
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =13
SMN =-8
SMX =8
-8
-8
-7
-6
-5
-4
-4
-3
-2
-1
0
0
1
2
3
4
4
5
6
7
8

25.0 mm speling tussen vloer en wand



LC-5 eigen gewicht + wind 23 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
14:09:03
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=5
SUB =1
TIME=5
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =12

LC-6 eigen gewicht + wind 29.5 m/s

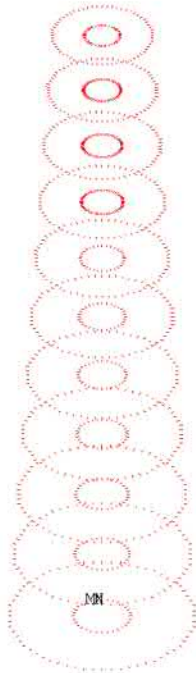
25.0 mm speling tussen vloer en wand



LC-6 eigen gewicht + wind 29.5 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
14:00:01
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=6
SUB =1
TIME=6
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =21
SMN =-13
SMX =13
-13
-12
-10
-9
-8
-7
-5
-4
-3
-1
0
1
3
4
5
7
8
9
10
12
13

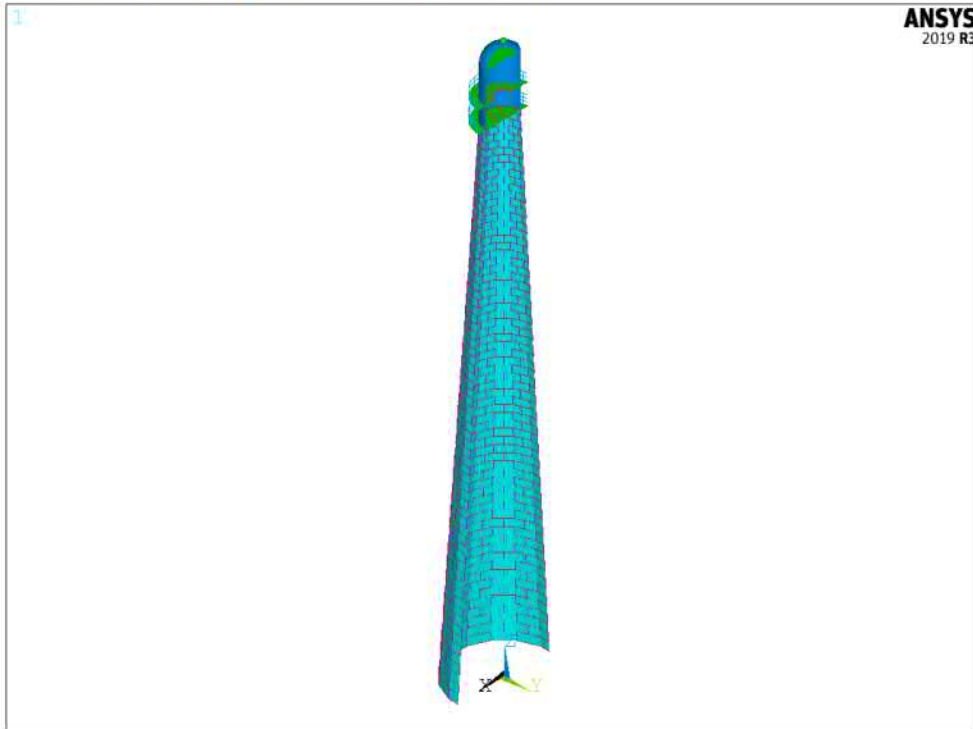
25.0 mm speling tussen vloer en wand



LC-6 eigen gewicht + wind 29.5 m/s

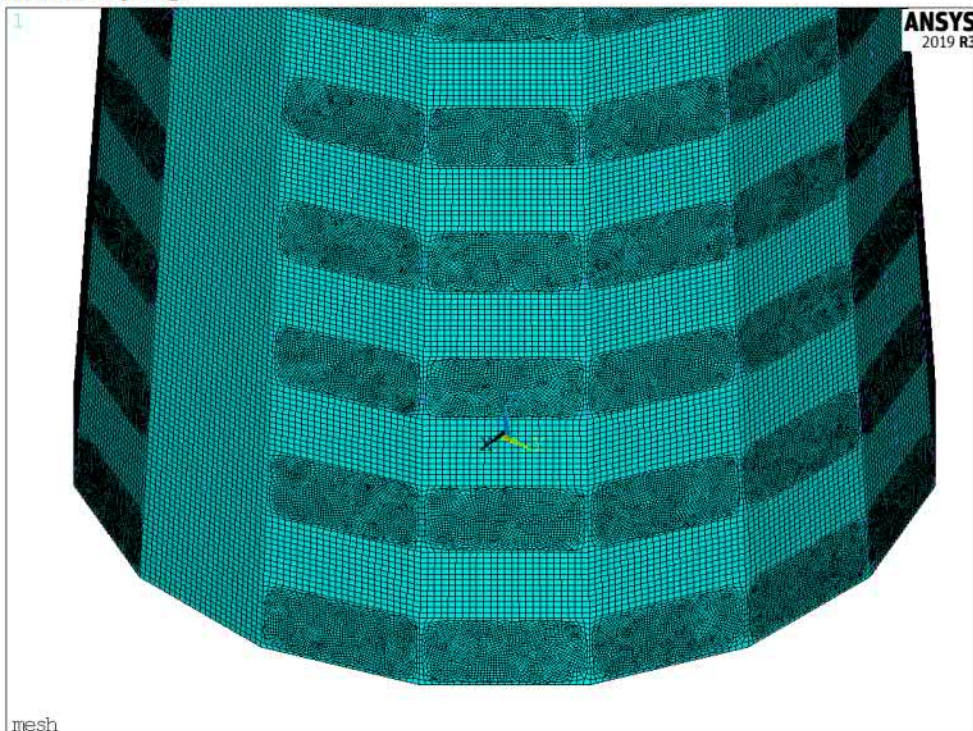
ANSYS 13.0
FEB 3 2021
14:09:03
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=6
SUB =1
TIME=6
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =20

12 Globaal model zonder tussenvloeren die verbinding vormen tussen kuip en buitenwand.



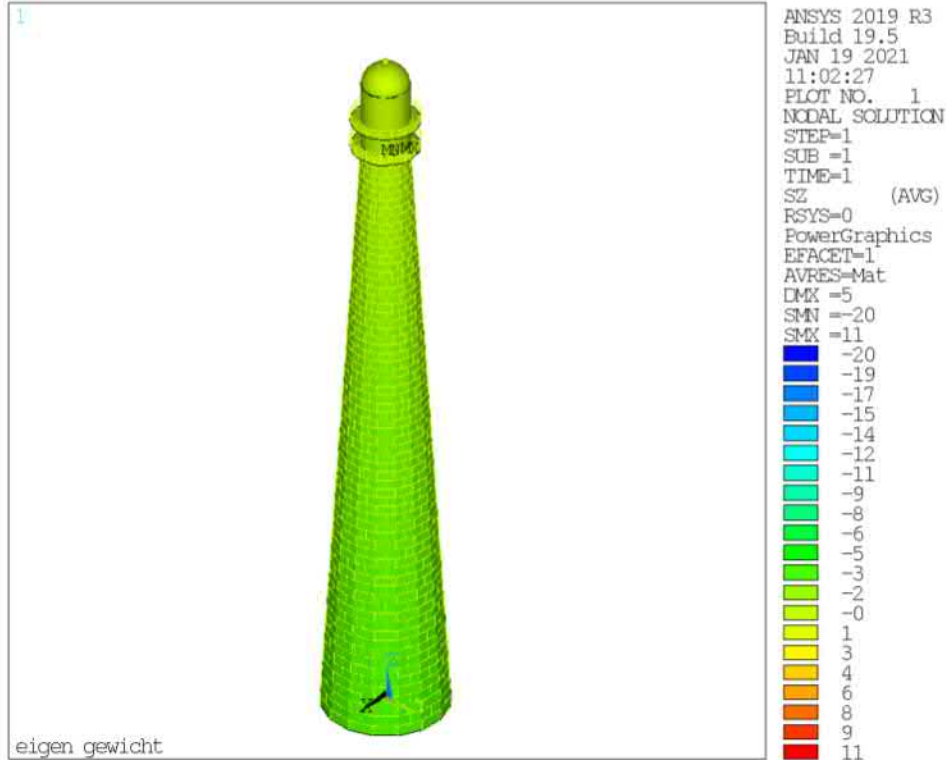
Model exclusief vloeren en vloerbelasting (1 zijde geselecteerd)

Meshverfijning:

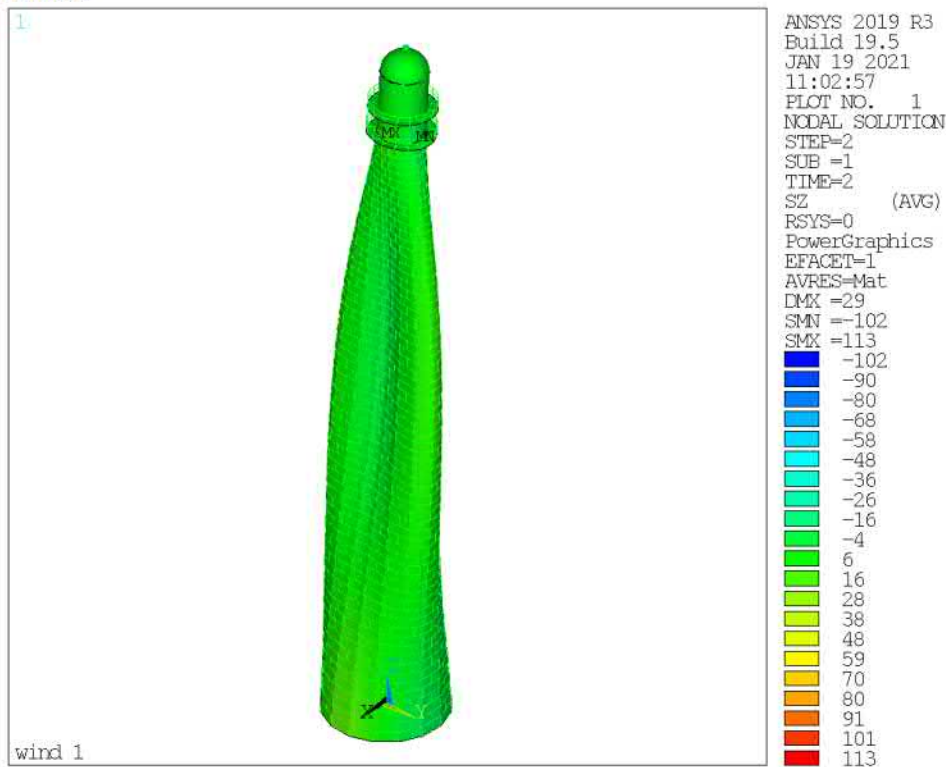


SZ [N/mm²] (top spanningen)

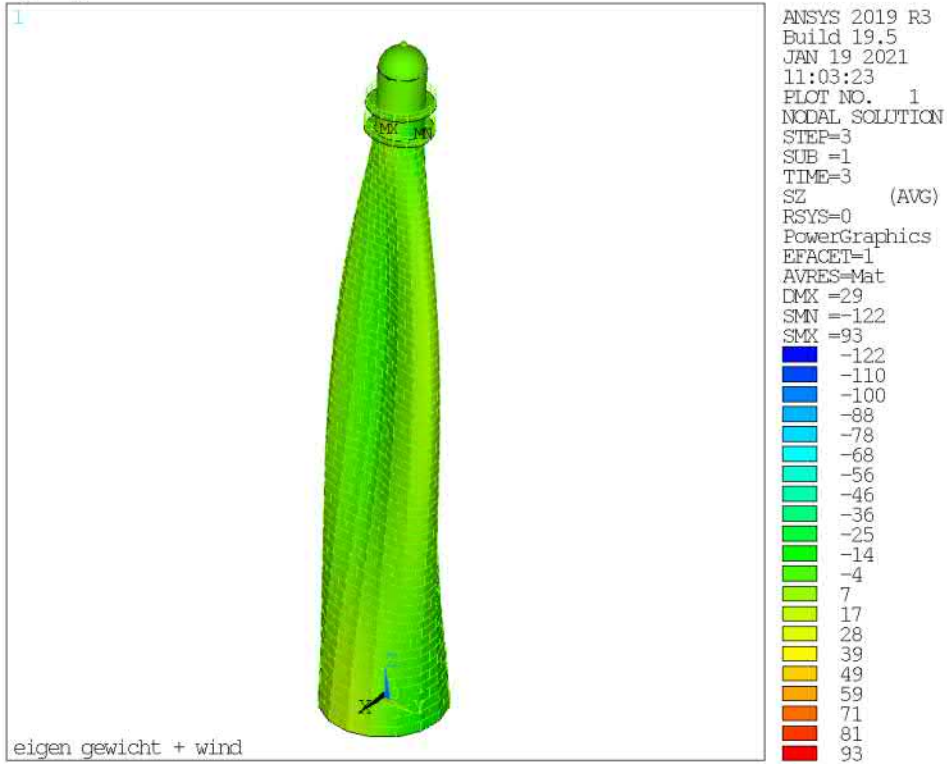
Eigen gewicht + wind



Wind 1

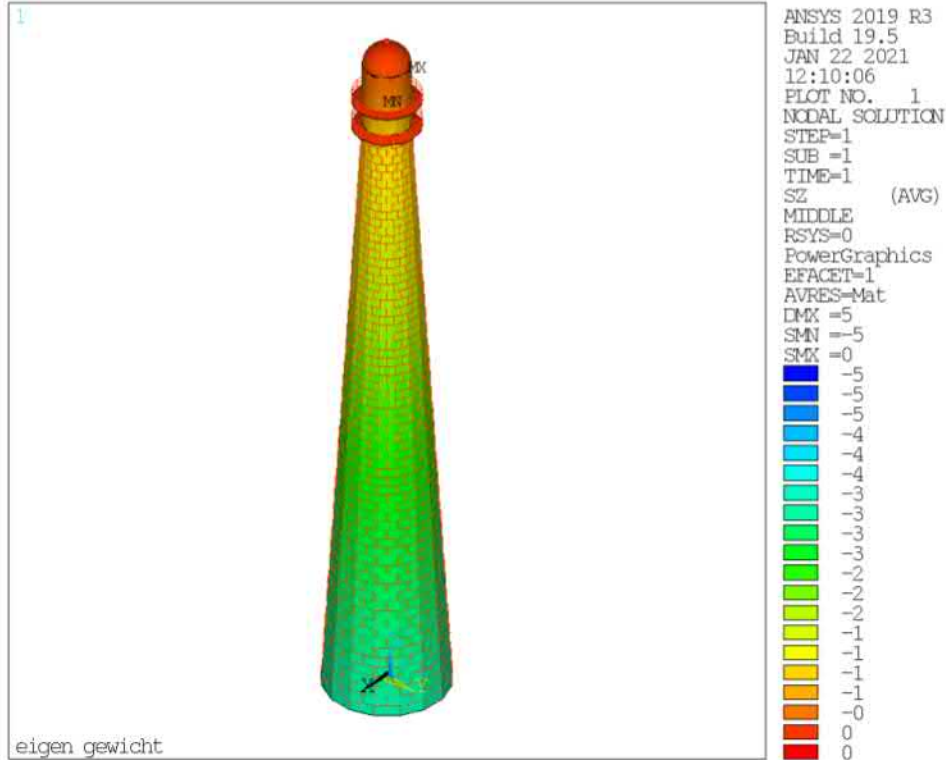


Eigen gewicht + wind

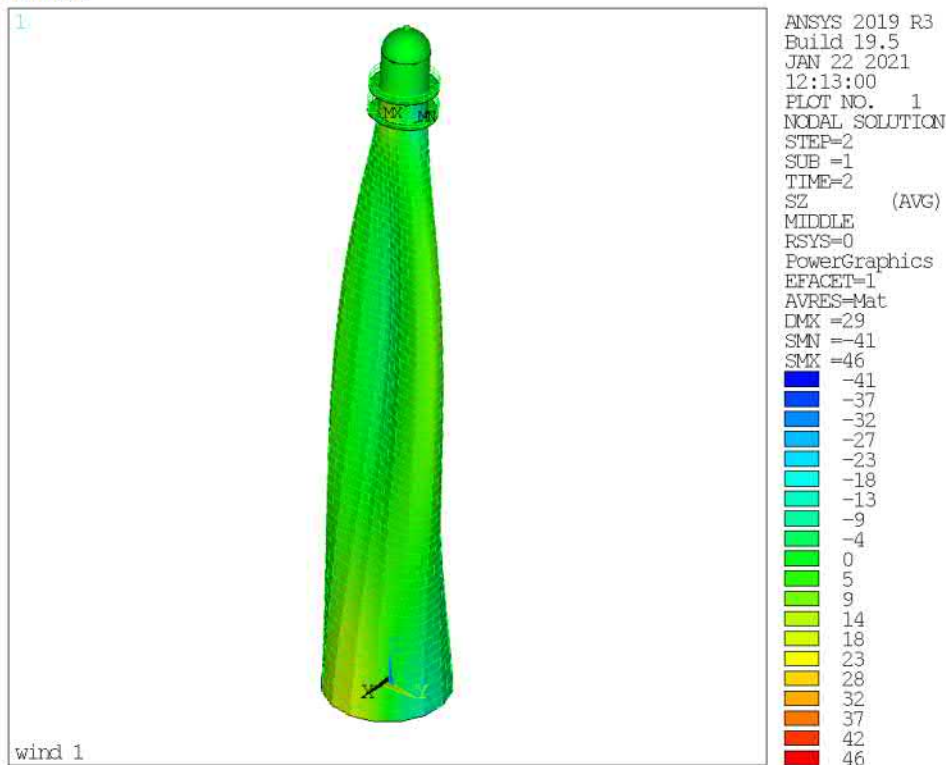


SZ [N/mm²] (mid spanning (hart plaat))

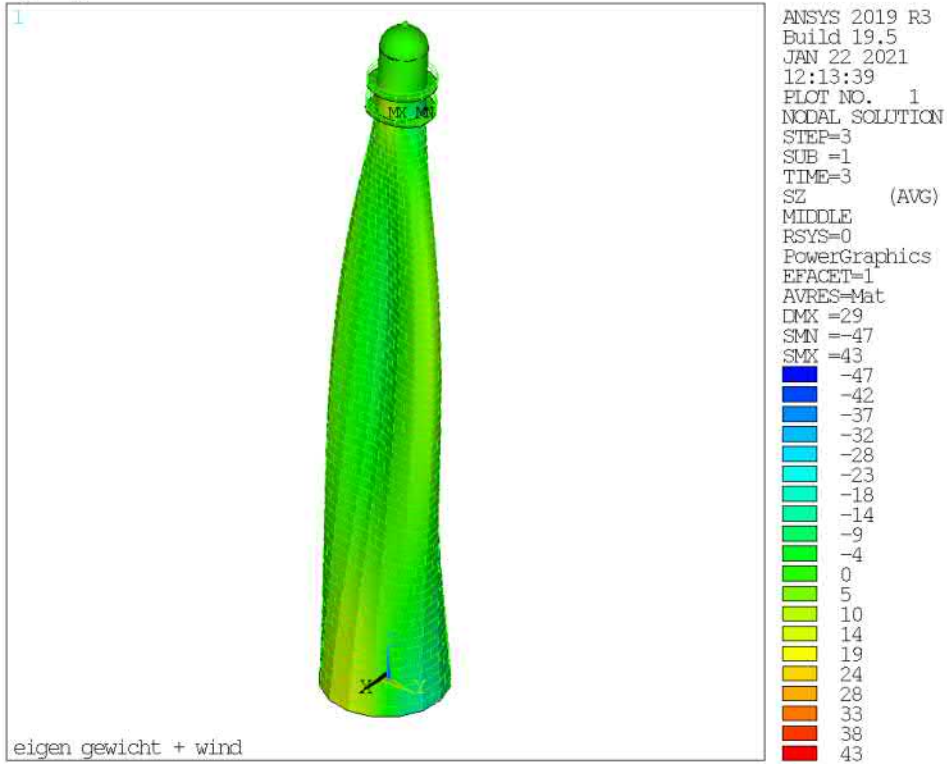
Eigen gewicht + wind



Wind 1

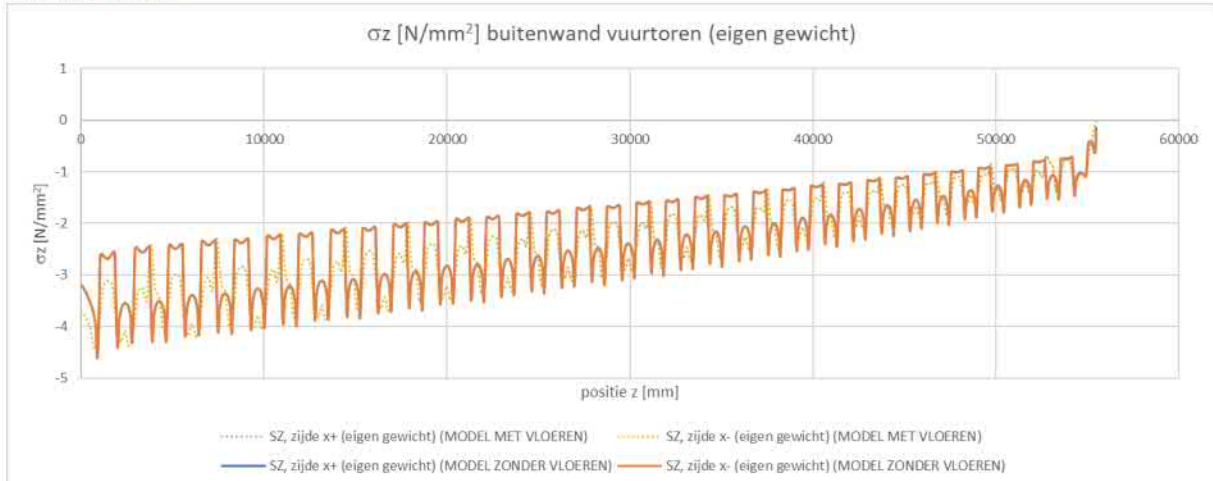


Eigen gewicht + wind

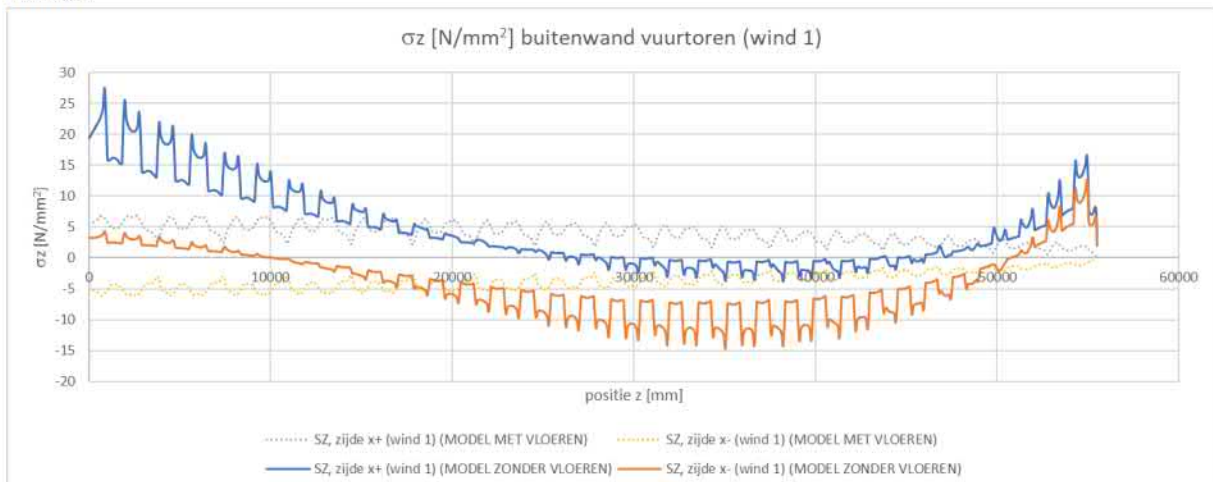


12.1 Grafieken met verticaal spanningen (SZ) op y=0 (gemiddelde top/bottom spanningen plaat)

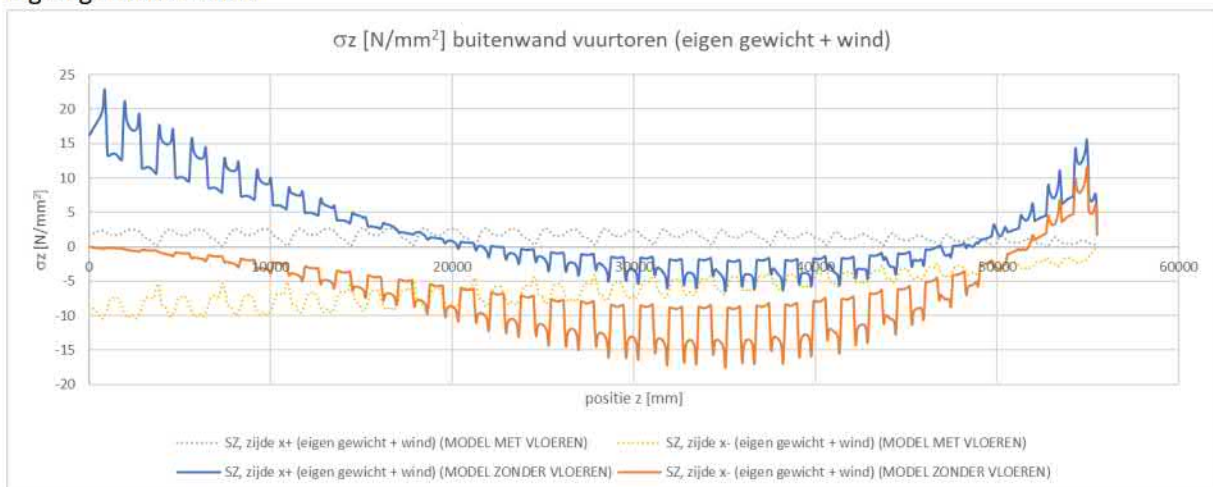
Eigen gewicht

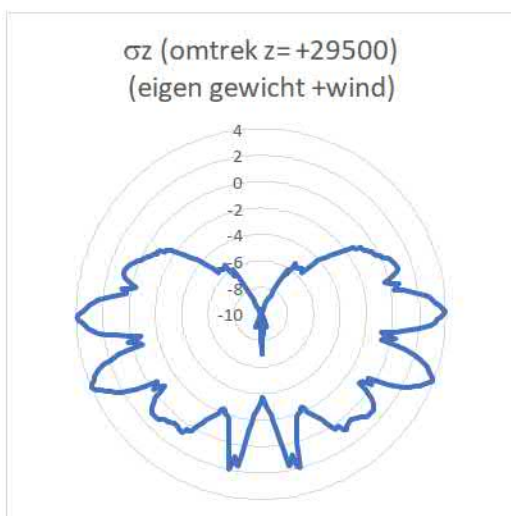
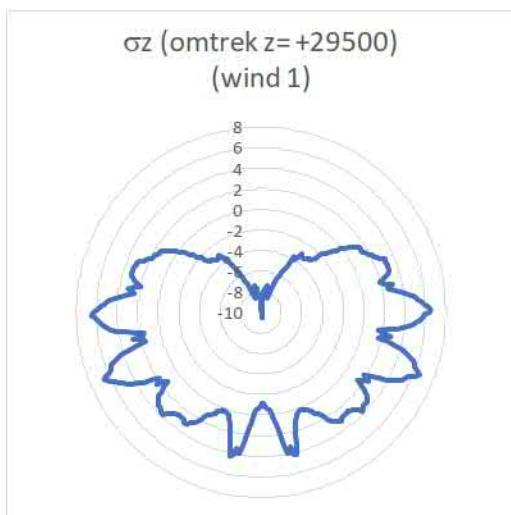
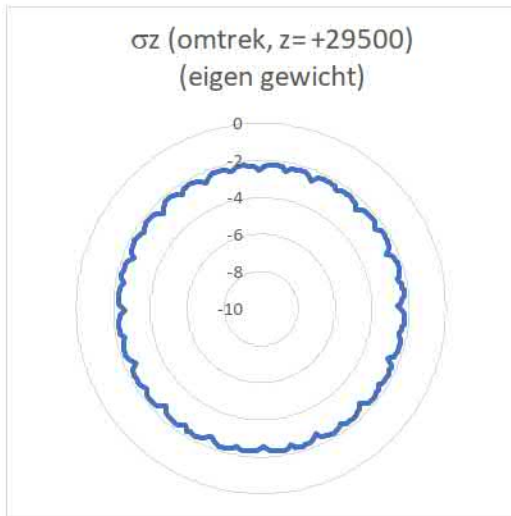


Wind 1



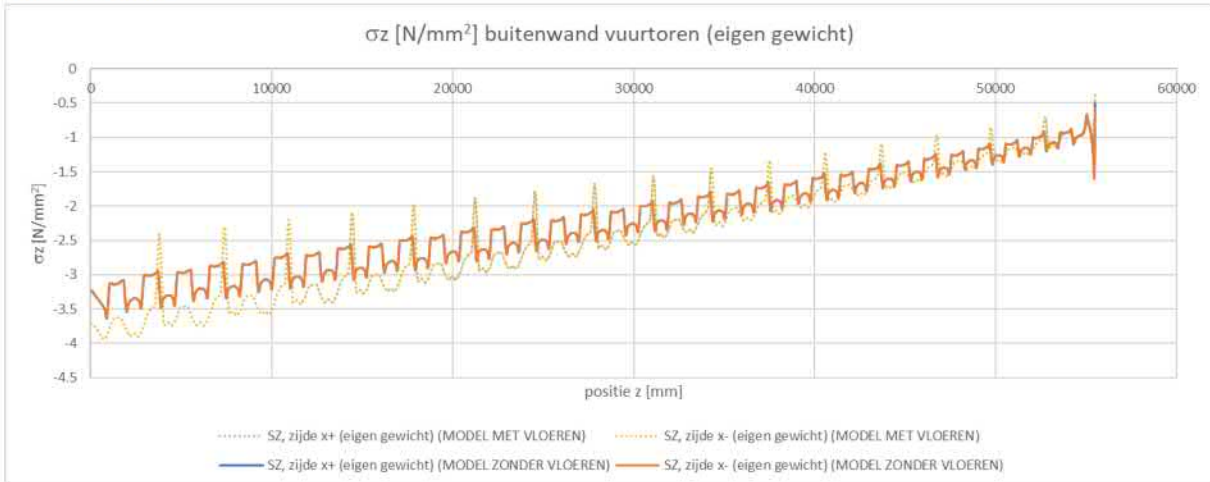
Eigen gewicht + wind



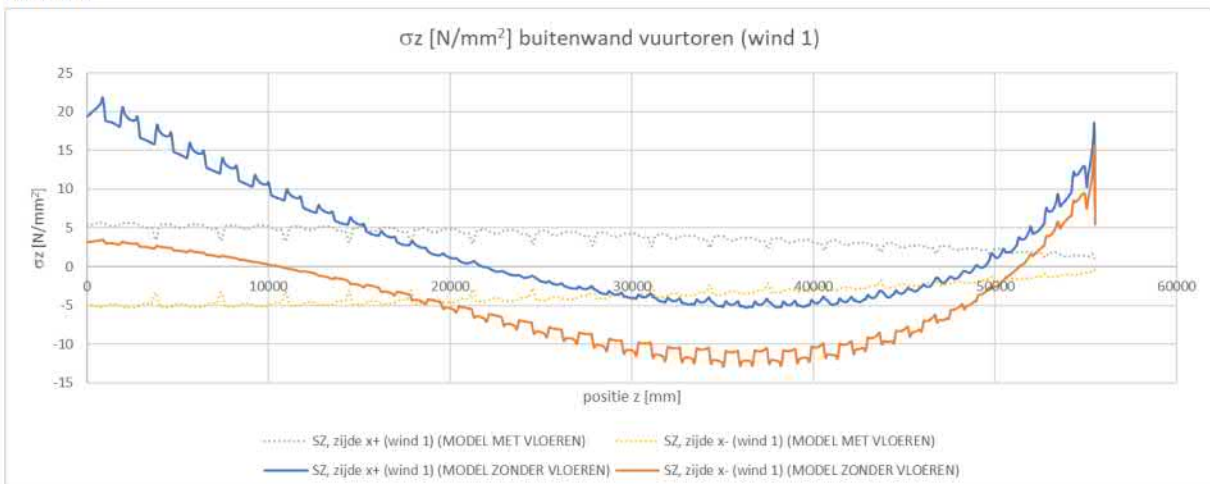


(gemiddelde spanningen hart plaat)

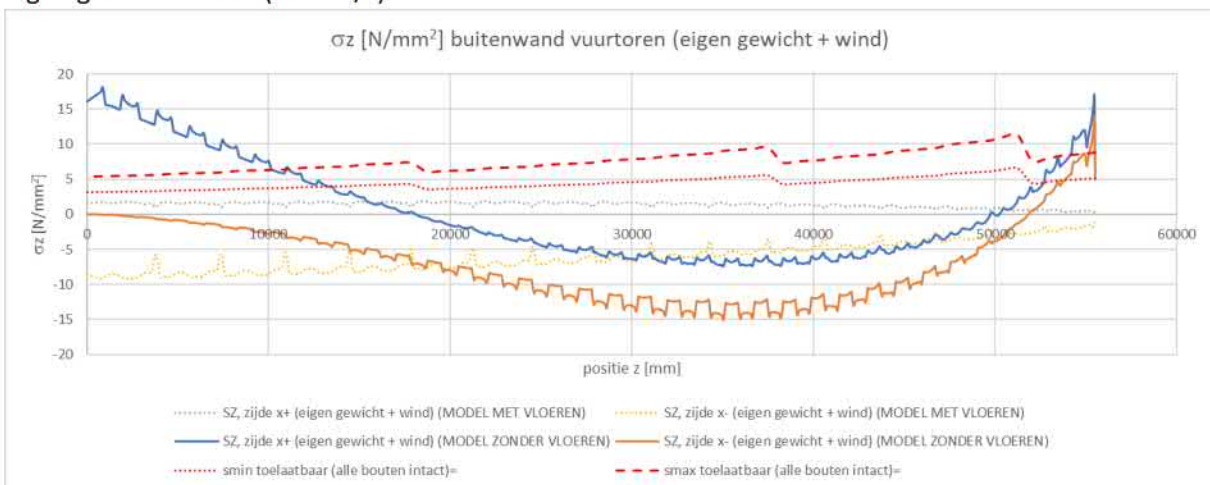
Eigen gewicht

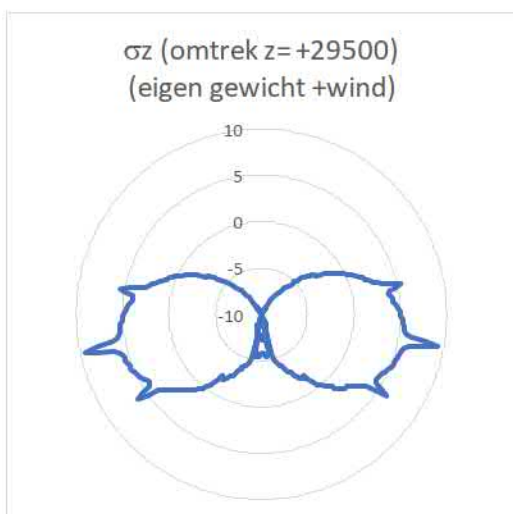
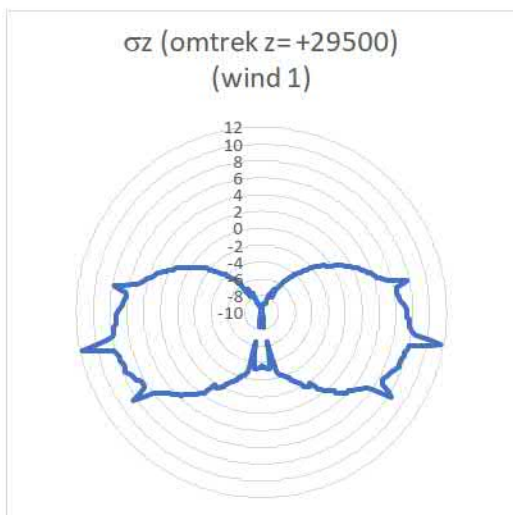
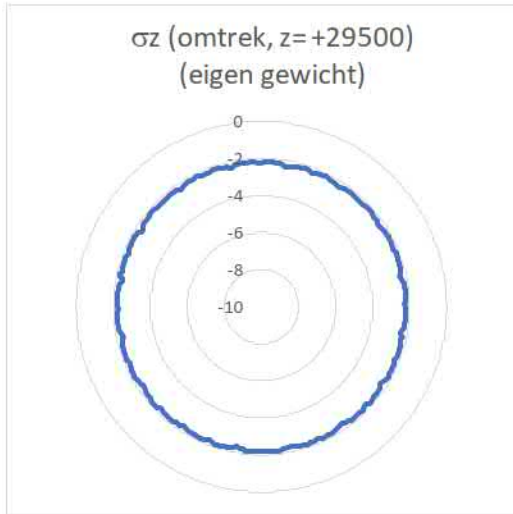


Wind 1



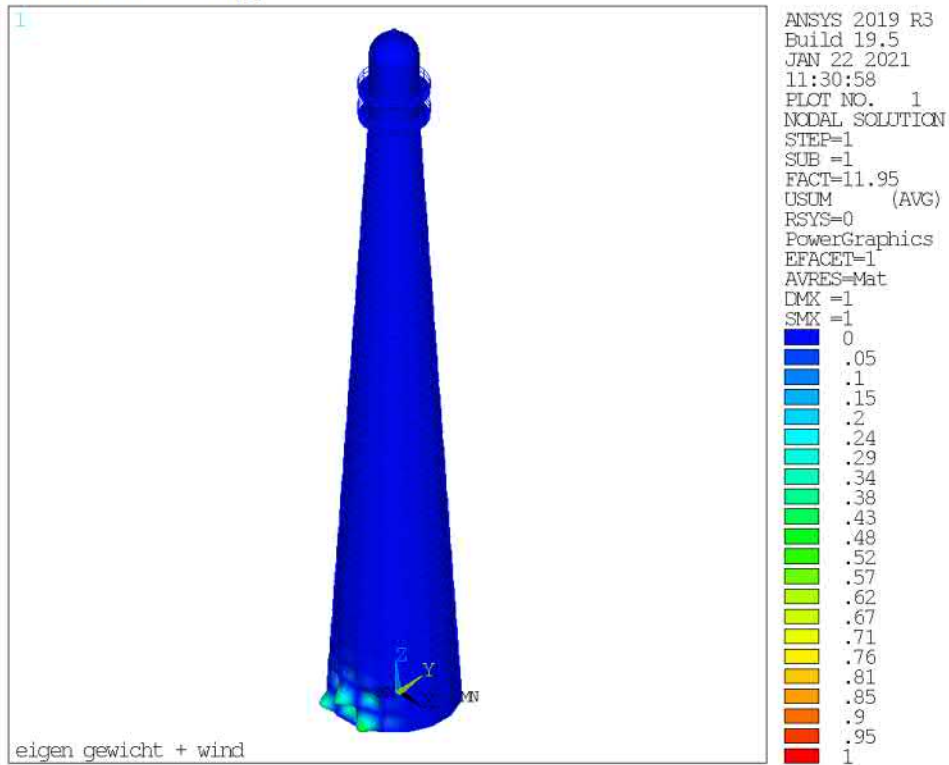
Eigen gewicht + wind (29.5 m/s)



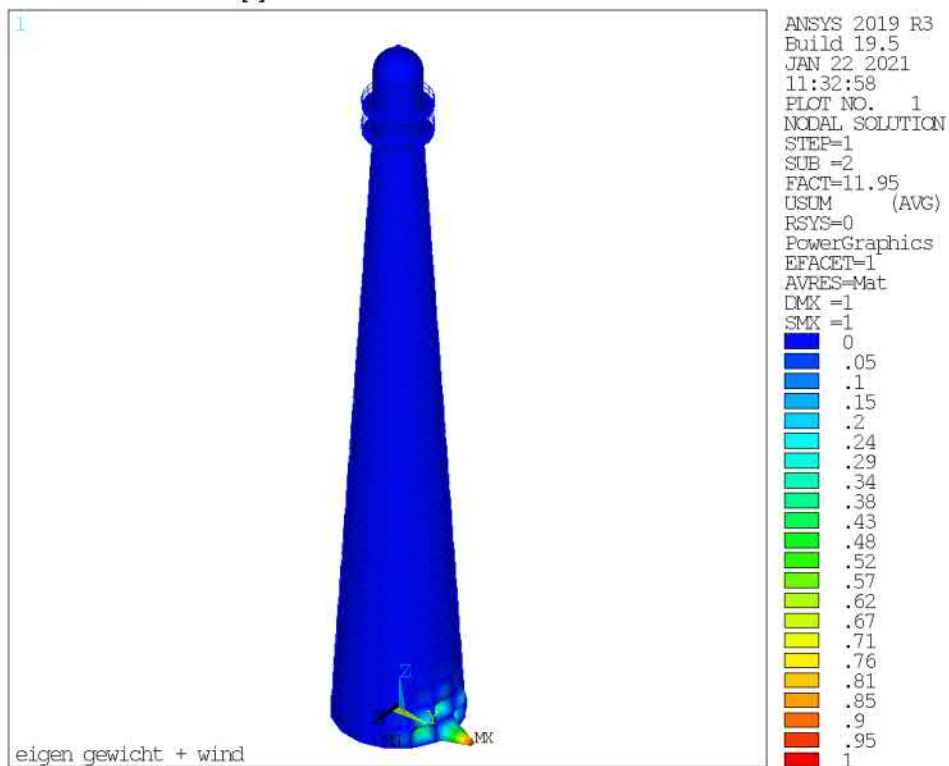


Buckling (n waarde bepaling, voor dit model zijn de knoop coördinaten geüpdate met de verplaatsingen t.g.v. eigen gewicht + wind)

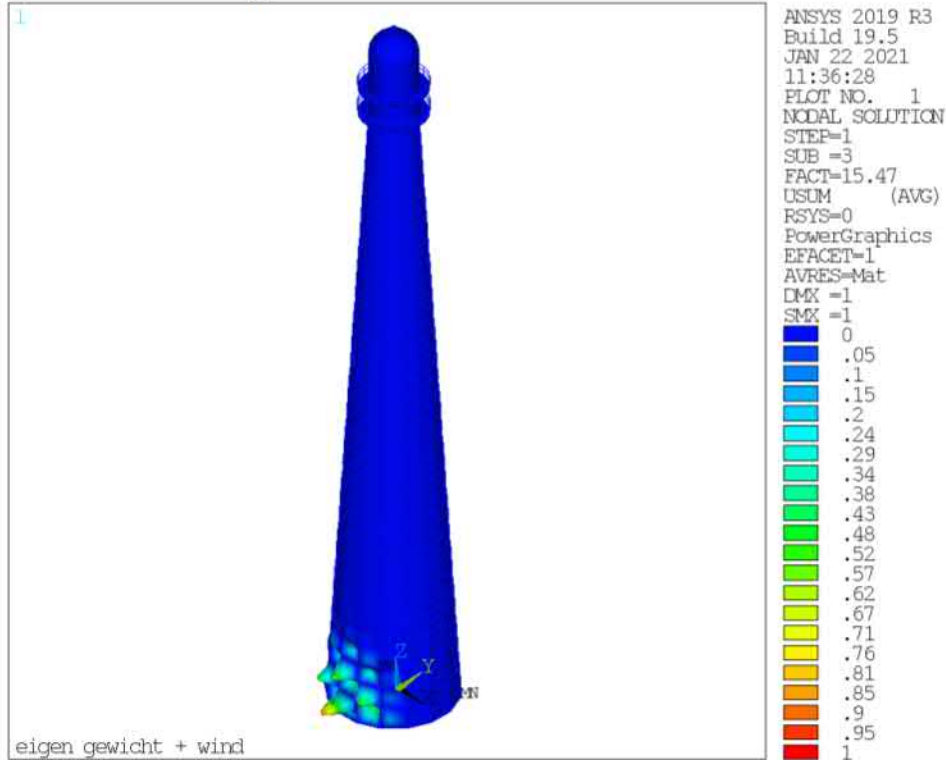
1^e modus n = 11.95 [-]



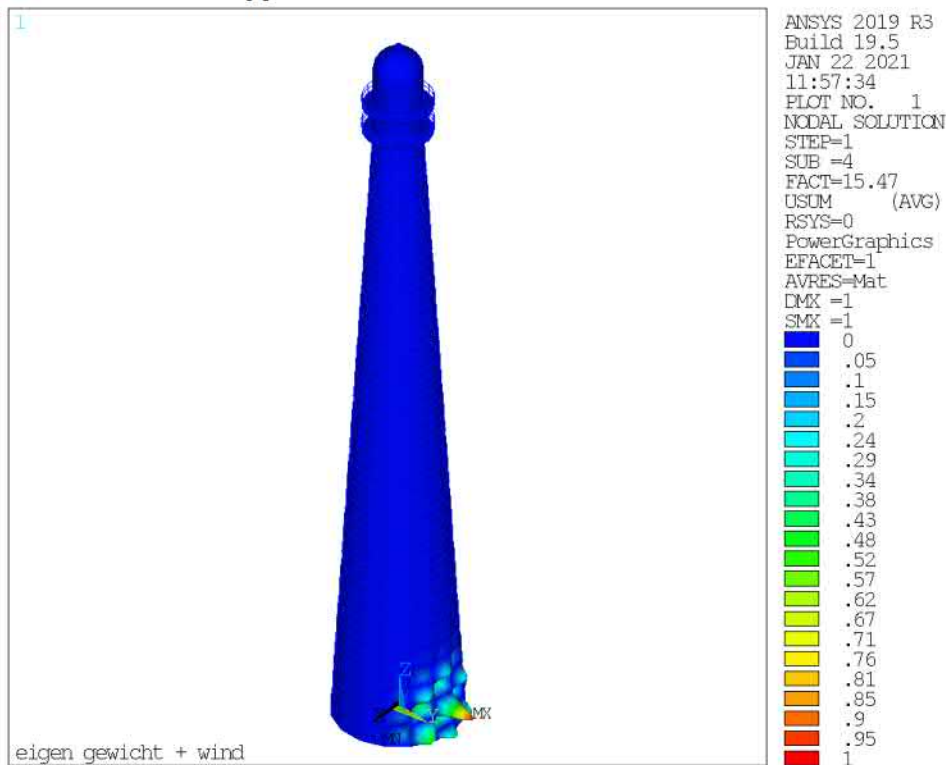
2^e modus n = 11.95 [-]



3^e modus n = 15.47 [-]



4^e modus n = 15.47 [-]

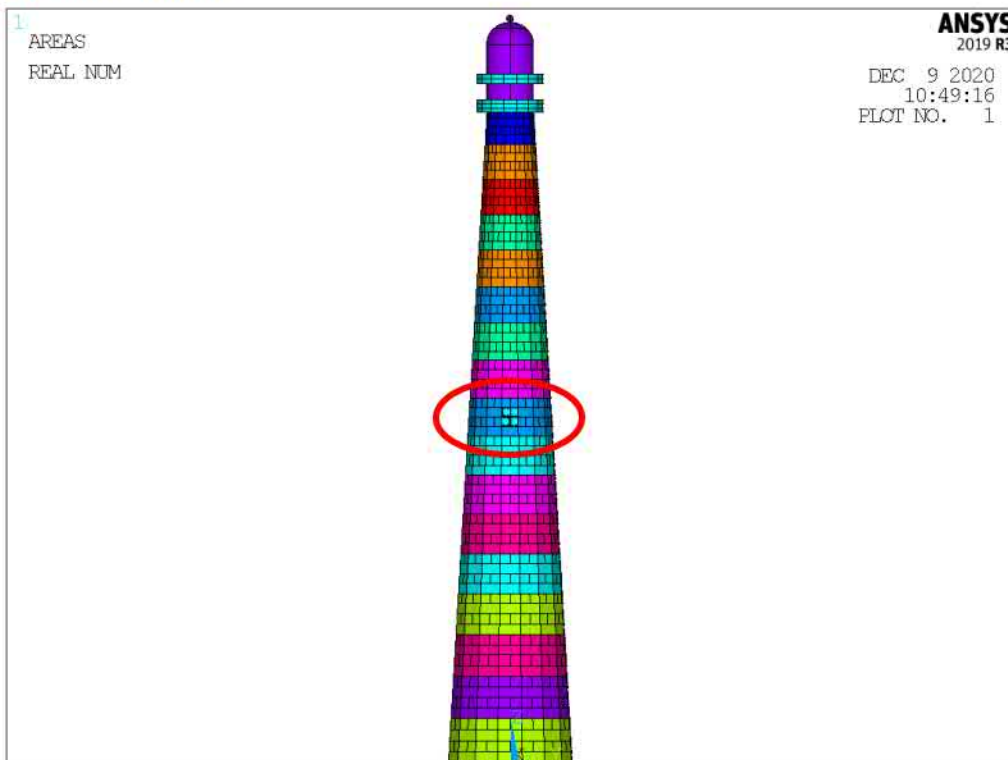


	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01
		Rev.nr. : 03
Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com	Structural check	Datum : 05-02-2021
		Pagina : 91

13 Detailmodel verbinding tussen wandpanelen

De locatie voor het detailmodel is gekozen in overleg met [redacted] en [redacted] op 28-09-2020, de afmetingen zijn gebaseerd op de beschikbare info uit het bestek, foto's van andere verdiepingen en metingen zoals gerapporteerd door [redacted]. Detailmodel (middelste panelen tussen vloer 8 en 9, (laag 9)) Op maandag 07-12-2020 is tijdens een bezoek aan de Lange Jaap gecontroleerd of het model voldoende overeenkomt met de werkelijkheid. Hierbij is o.a. de afmeting van de bouten gecontroleerd. Na dit bezoek is het model gewijzigd om beter overeen te komen met de werkelijke afmetingen.

Locatie Detailmodel:





Vergelijk afmetingen:



22.5 mm (inclusief verflagen)



29 cm h.o.h. verstijvers, flens circa 57 mm





Het model is na bezoek aan de Lange Jaap aangepast zodat de maten zo goed mogelijk overeenkomen met de afmetingen gemeten op locatie.

	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01
		Rev.nr. : 03
Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com	Structural check	Datum : 05-02-2021
		Pagina : 95

Aan de hand van het opmeten van de bouten blijken naar alle waarschijnlijkheid BSW(British Standard Whitworth (norm BS 84)) $\frac{3}{4}$ " met 10 gangen per inch gebruikt zijn voor het onderling verbinden van de panelen.



Duidelijk zichtbaar zijn de insluitingen in met name de bout, waarbij ook duidelijk de richting in de kristalstructuur zichtbaar is ten gevolge van het smeedproces.

Afmetingen moeren (boutkoppen hebben gelijke afmeting blijkens metingen in de Lange Jaap)



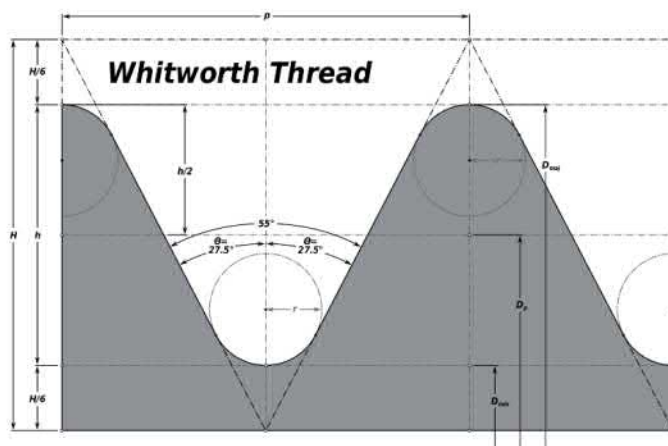
SW = 33 mm



H_{moer} = +/- 18 mm

De afmetingen qua sleutelwijdte komen overeen met BS 190 (British Standard)

Getekend en afgedrukt tandprofiel BSW 3/4" vergeleken met afgebroken bout.



$$H = 2.44 \text{ mm}$$

$$D_{\text{maj}} = 19.05 \text{ mm}$$

$$d_2 = D_p = 17.42 \text{ mm}$$

$$d_3 = D_{\text{min}} = 15.8 \text{ mm}$$

$$d_0 = 16.61 \text{ mm}$$

$$\text{spanningsdoorsnede } A_t = \pi/4 d_0^2 ; d_0 = (d_2 + d_3)/2$$

$$A_t = 216.69 \text{ mm}^2$$

13.1 Vergelijk eigenschappen gietijzer in verschillende normen/publicaties

Mechanische eigenschappen van soorten smeedbaar gietijzer volgens NEN-EN 1562

Tabel 1: Mechanische eigenschappen van frisijzer

Materiaalaanduiding		Nominale middellijn van de proefstaaf d mm	Treksterkte R_m N/mm ² min.	Rek $A_{3,4}$ % min.	0,2%-rek-grens $R_{p0,2}$ N/mm ² min.	Hardheid volgens Brinell (slechts ter informatie) HB max.
Symbool	Nummer					
EN-GJMW-350-4	EN-JM1010	6	270	10	- ¹⁾	230
		9	310	5	-	
		12	350	4	-	
		15	360	3	-	
EN-GJMW-350-12 ²⁾	EN-JM1020 ²⁾	6	280	16	- ¹⁾	200
		9	320	15	170	
		12	360	12	190	
		15	370	7	200	
EN-GJMW-400-5	EN-JM1030	6	300	12	- ¹⁾	220
		9	360	8	200	
		12	400	5	220	
		15	420	4	230	
EN-GJMW-450-7	EN-JM1040	6	330	12	- ¹⁾	220
		9	400	10	230	
		12	450	7	260	
		15	480	4	280	
EN-GJMW-550-4	EN-JM1050	6	-	-	- ¹⁾	250
		9	490	5	310	
		12	550	4	340	
		15	570	3	350	

1) Door de problemen bij het bepalen van de rek-grens op kleine proefstaven, moeten de waarden en de meetmethode tussen de fabrikant en de koper tijdens de bestelling worden overeengekomen.

2) Het meest geschikte materiaal voor lassen.

OPMERKINGEN

1) 1 N/mm² is gelijk aan 1 MPa.

2) De materiaalaanduiding is volgens EN 1560.

3) De in vet afgedrukte getallen geven de minimumtreksterkte en de minimumrek $A_{3,4}$ aan waaraan het symbool van de soort is gerelateerd en de gewenste nominale middellijn van de proefstaaf en de overeenkomende minimale 0,2%-rek-grens.

Panelen: (BOUWEN MET STAAL 128, januari/februari 1996)

treksterkte	105-180	N/mm ²
druksterkte	340-760	N/mm ²
E-modulus	85-130.10 ³	N/mm ²
koolstofgehalte	3,0-3,5	%
lengte grafietlamellen	80-500	mm

'Beitrag zum rechnerischen Nachweis der Tragfähigkeit alter Biegeträger aus Gusseisen', *Der Stahlbau* 62 (1993) 28, p. 221-230.

 Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 03
	Structural check	Datum : 05-02-2021 Pagina : 99

(mail 17-02-2020 en mail 29-01-2021):

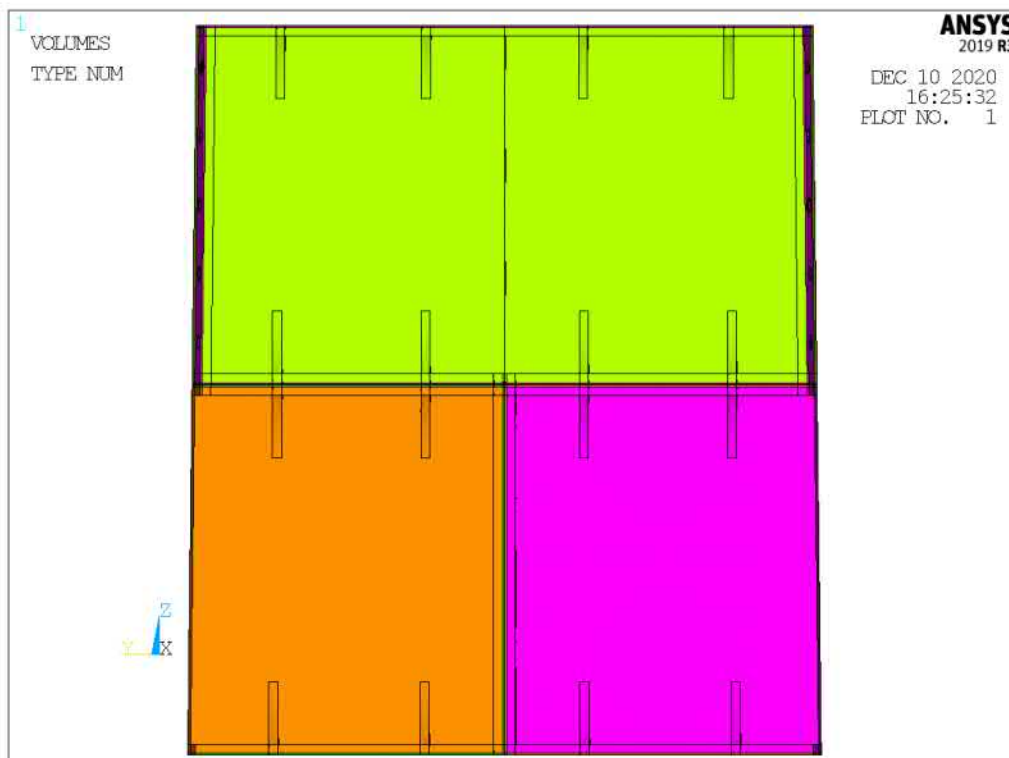
Voor onderdelen van constructies die zijn vervaardigd uit grijsgietijzer mogen de mechanische eigenschappen genoemd in tabel 3 zijn aangehouden. (Ontw. NEN 8703:2020)

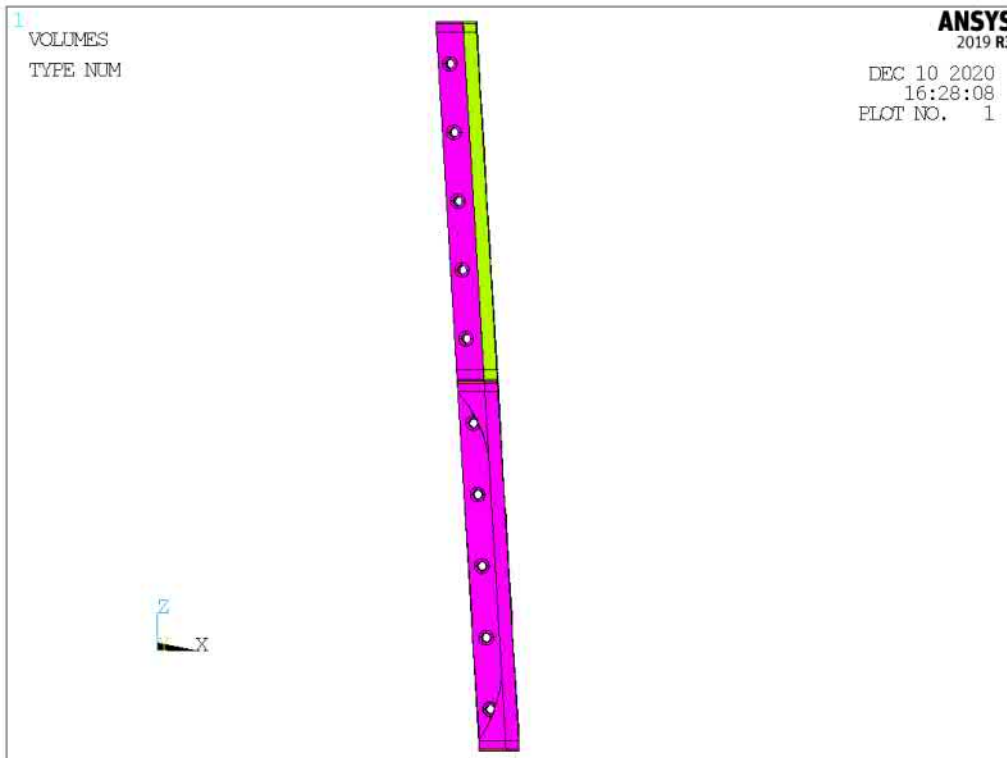
<i>treksterkte</i>	$f_{t,k}$	105	N/mm ²
<i>druksterkte</i>	$f_{c,k}$	340	N/mm ²
<i>rekenwaarde van de treksterkte</i>	$f_{t,y,d}$	65	N/mm ²
<i>rekenwaarde van de druksterkte</i>	$f_{c,y,d}$	150	N/mm ²
<i>elasticiteitsmodules</i>	E	$107,5 \cdot 10^3$	N/mm ²

Minimale sterkte bout -> $105 \cdot 216.7 = 22753.5$ N

Ter vergelijk, trekweerstand volgens NEN-EN 1993-1-8 => $0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_s / 1.25$

14 ANSYS detailmodel verbinding tussen panelen



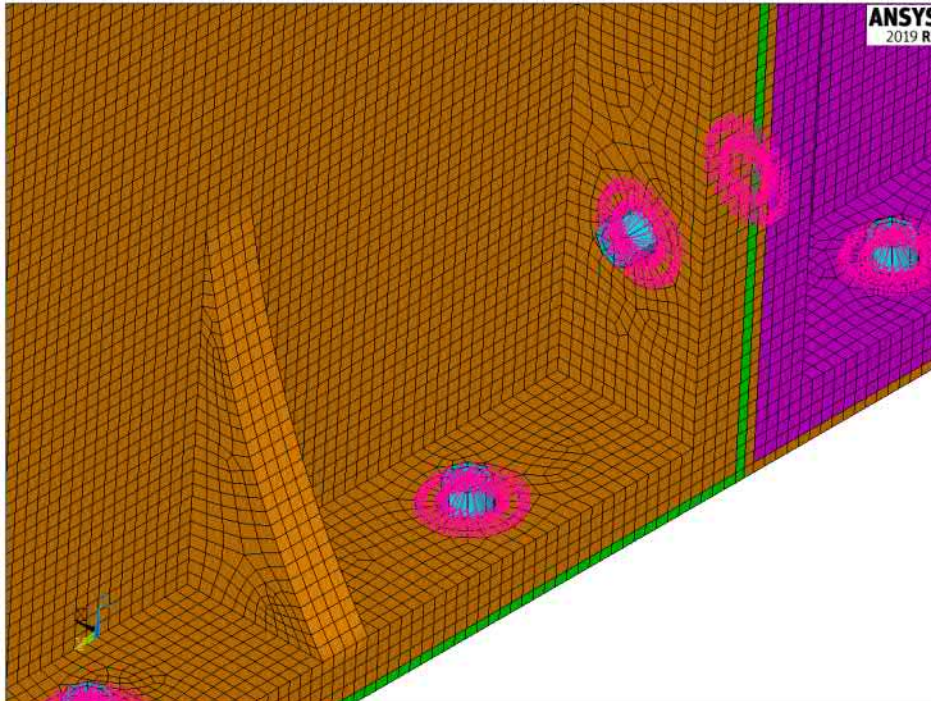


MESH



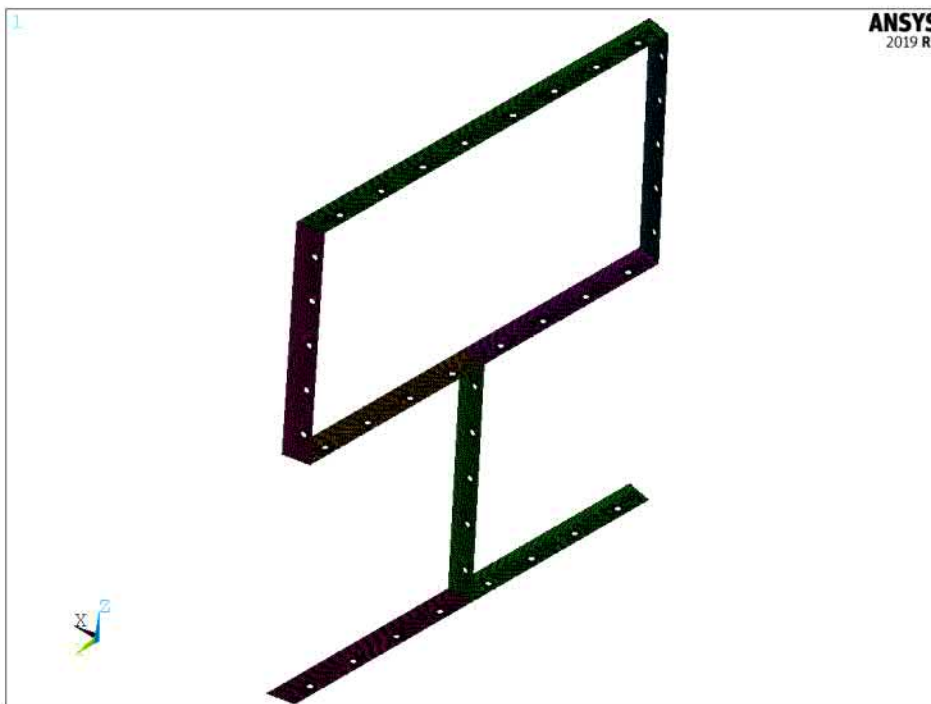
de gebruikte volume elementen zijn SOLID185 (8 knoops)

MESH

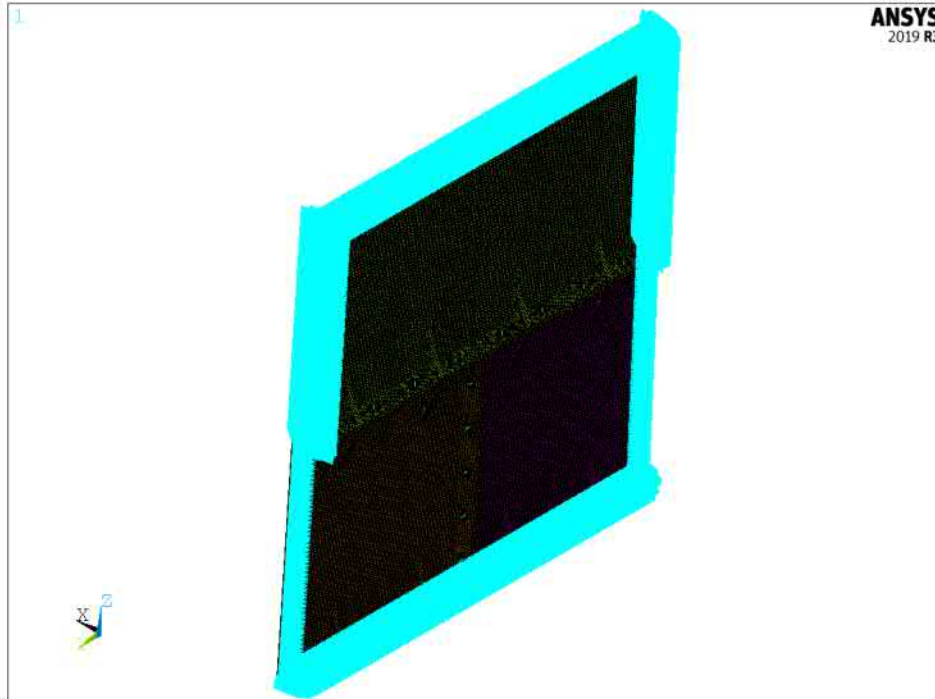


De bout is gemodelleerd met een vervangend balkelement (BEAM188) en heeft als doorsnede de eerder bepaalde spanningsdoorsnede gekregen, verder steekt de bout de halve moerhoogte uit om een zo goed mogelijke benadering van de stijfheid van de verbinding te krijgen. Het balkelement is gekoppeld met een CE (constraint equation) met de oppervlakte onder de boutkop/moer (ingeschreven cirkel van de zeshoek gebaseerd op de sleutelwijdte).

Contact elementen



Randvoorwaarden



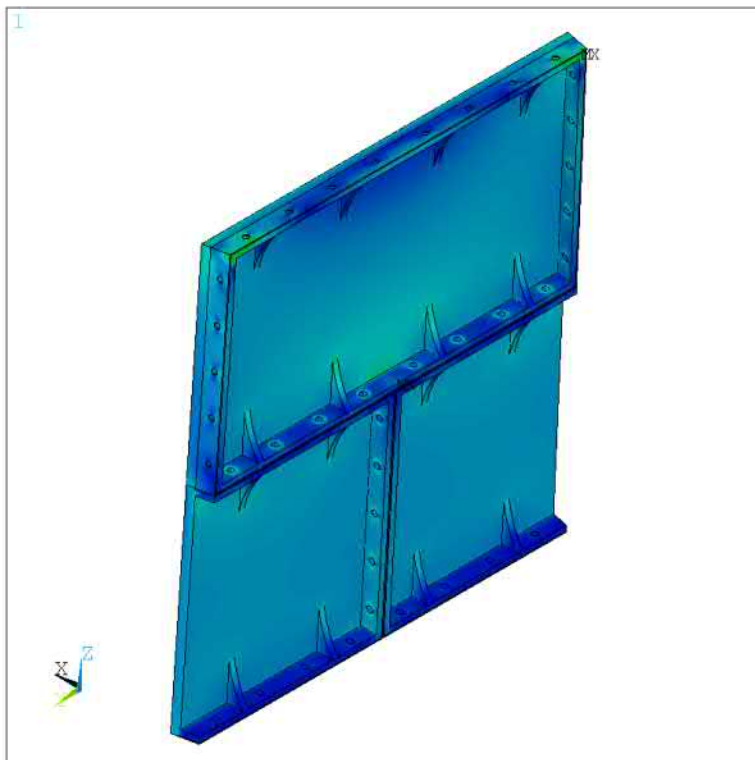
Onder de onderkant van panelen 1 en 2 en aan de bovenzijde van paneel 3, zijn de contactelementen vastgehouden ($u_x, u_y, u_z, r_{otx}, r_{oty}$) en de knopen van de bouten op het deelvlak (u_z, r_{otx}, r_{oty}). Alle hiervoor genoemde knopen zijn gedraaid in het assenstelsel van de panelen, de z-as wijst hierbij parallel aan het buitenvlak. De zijkanten van panelen 1 en 2 zijn alleen gehouden (u_z) in het vlak (symmetrie randvoorwaarden), deze knopen zijn hiervoor geroteerd in een assenstelsel waarbij de z-as uit het symmetrie vlak wijst (x, y vormen het symmetrie vlak). De contactelementen tegen de zijkanten van paneel 3 zijn gedraaid in het assenstelsel van het symmetrievlak en vastgehouden ($u_x, u_y, u_z, r_{otx}, r_{oty}$) en de knopen van de bouten op het deelvlak (u_z, r_{otx}, r_{oty}).



Controle werking model:
set 1 (druk)

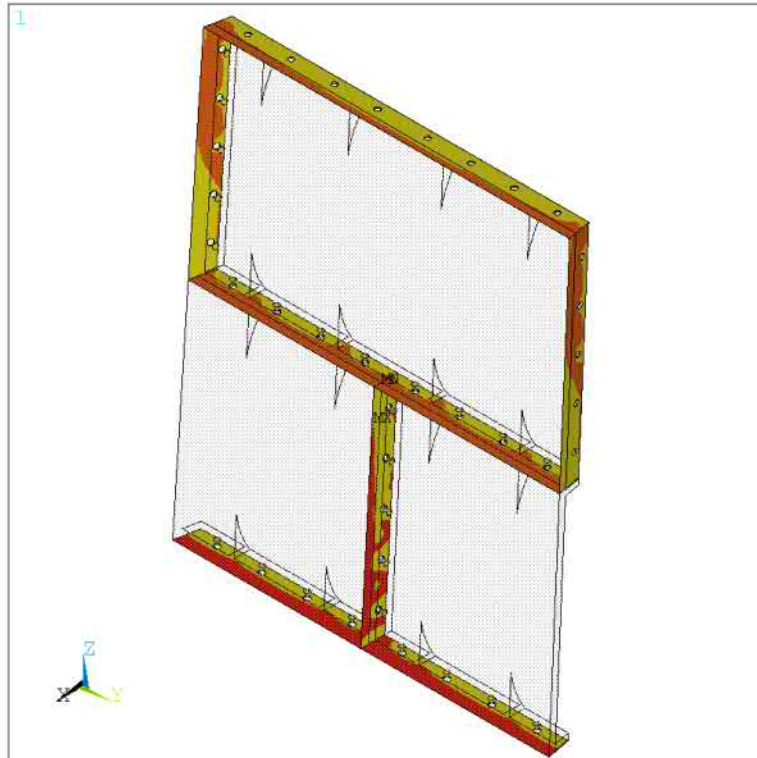


ANSYS 2019 R3
Build 19.5
DEC 16 2020
20:01:19
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =1
TIME=1
SEQV (AVG)
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =0
SMN =0
SMX =35
0
2
4
5
7
8
10
12
13
15
17
18
20
21
23
25
26
28
30
31
33
35



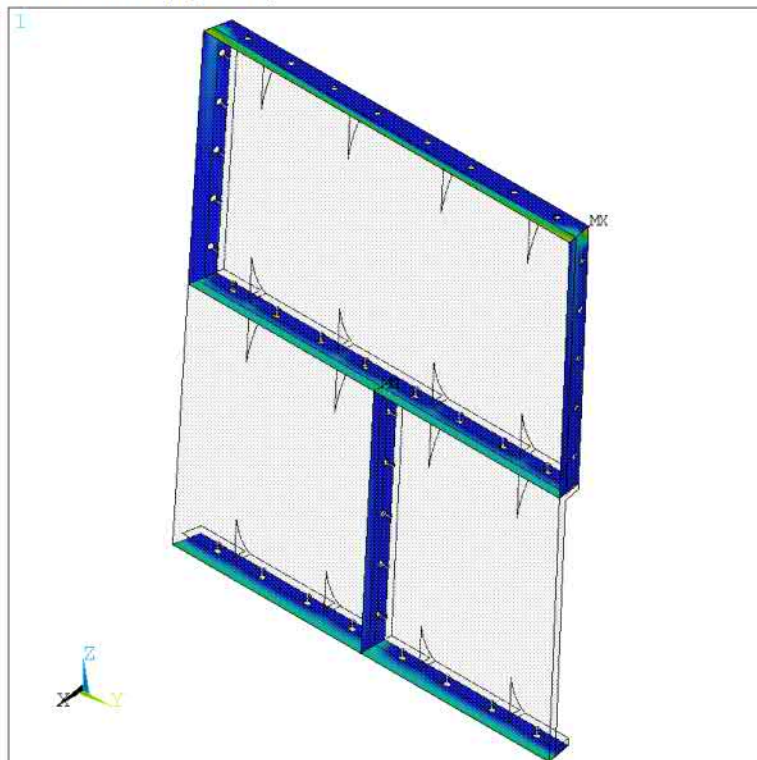
ANSYS 2019 R3
Build 19.5
DEC 16 2020
20:24:57
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =1
TIME=1
SEQV (AVG)
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =0
SMN =0
SMX =35
0
2
4
5
7
8
10
12
13
15
17
18
20
21
23
25
26
28
30
31
33
35

Contact status



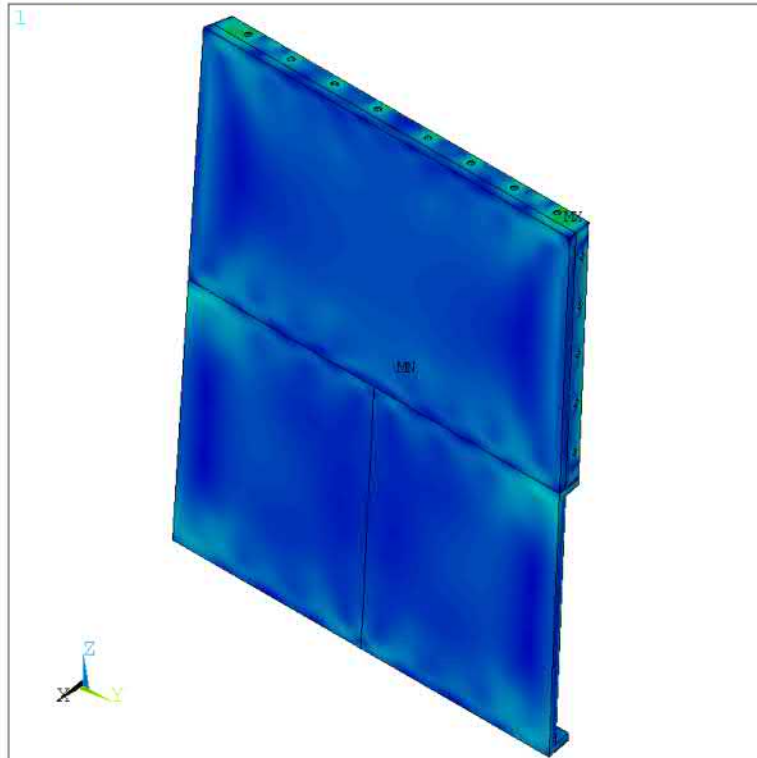
ANSYS 2019 R3
Build 19.5
DEC 16 2020
20:03:06
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =1
TIME=1
CONSTAT (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =0
SMN =1
SMX =3
NearContact
Sliding
Sticking

Contact druk [N/mm2]

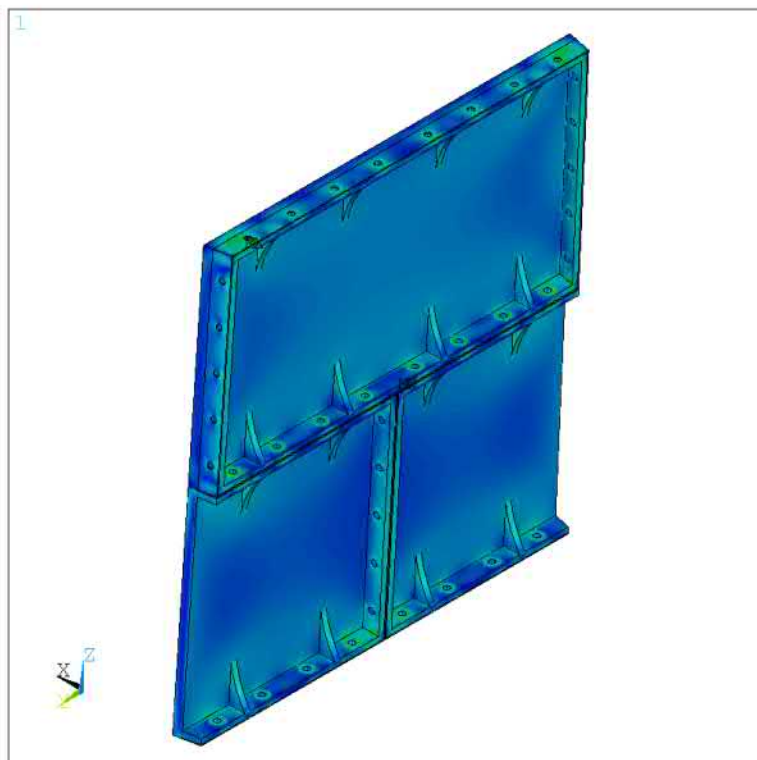


ANSYS 2019 R3
Build 19.5
DEC 16 2020
20:03:20
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =1
TIME=1
CONTPRES (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =0
SMX =17
0
1
2
3
3
4
5
6
6
7
8
9
10
10
11
12
13
14
14
15
16
17

set (2) trek

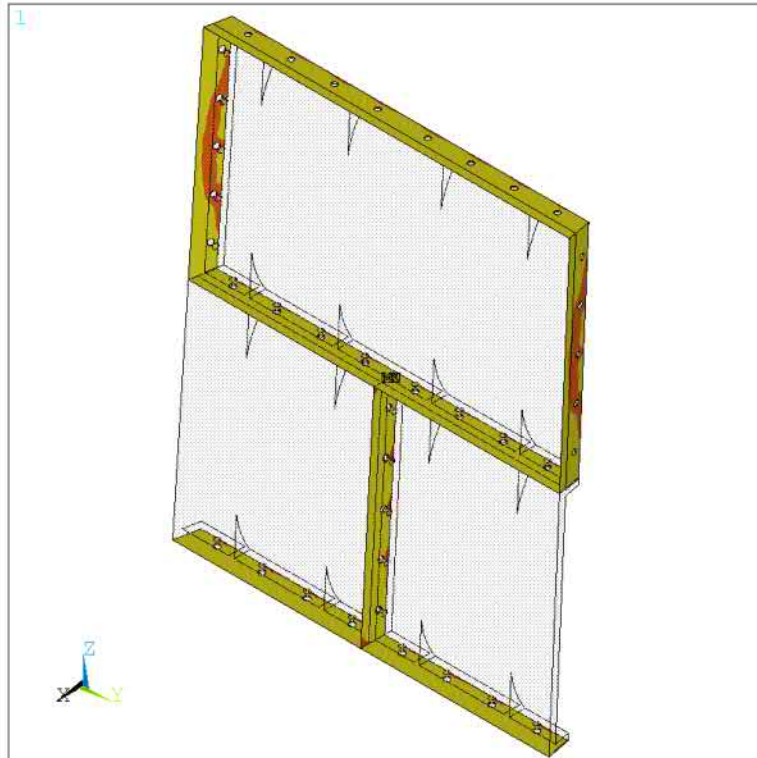


ANSYS 2019 R3
Build 19.5
DEC 16 2020
20:15:42
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=2
SUB =1
TIME=2
SEQV (AVG)
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =0
SMN =0
SMX =15
0
1
2
2
3
4
4
5
6
6
7
8
8
9
10
11
11
12
13
13
14
15



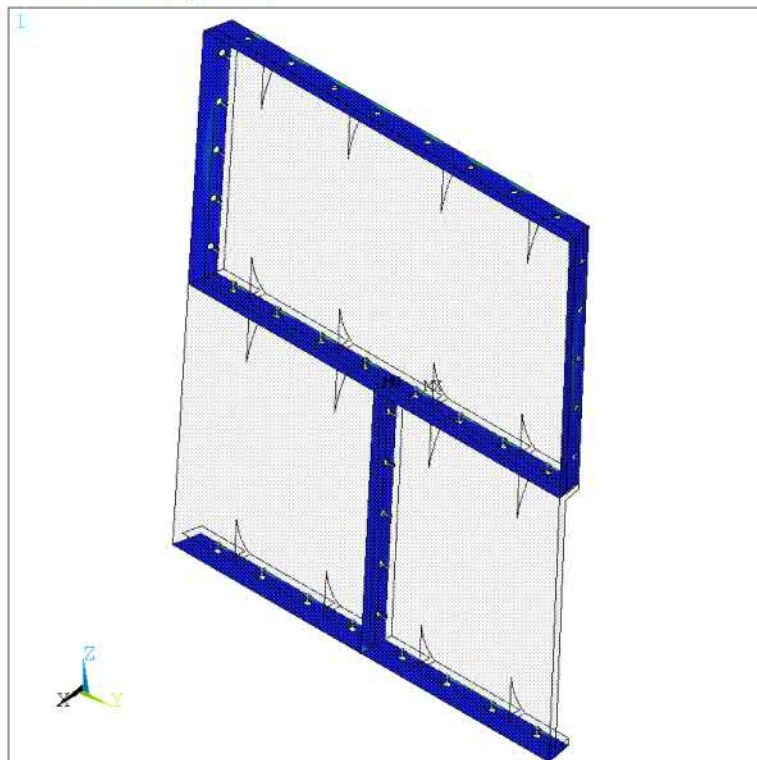
ANSYS 2019 R3
Build 19.5
DEC 16 2020
10:28:22
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=2
SUB =1
TIME=2
SEQV (AVG)
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =0
SMN =0
SMX =15
0
1
2
2
3
4
4
5
6
6
7
8
8
9
9
10
11
11
12
13
13
14
15

Contact status



ANSYS 2019 R3
Build 19.5
DEC 16 2020
20:20:46
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=2
SUB =1
TIME=2
CONSTAT (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =0
SMN =1
SMX =3
NearContact
Sliding
Sticking

Contact druk [N/mm2]



ANSYS 2019 R3
Build 19.5
DEC 16 2020
20:22:05
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=2
SUB =1
TIME=2
CONTPRES (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =0
SMX =7
0
0
1
1
1
2
2
2
3
3
4
4
4
5
5
6
6
7
7

	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 03
	Structural check	Datum : 05-02-2021 Pagina : 108
Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com		

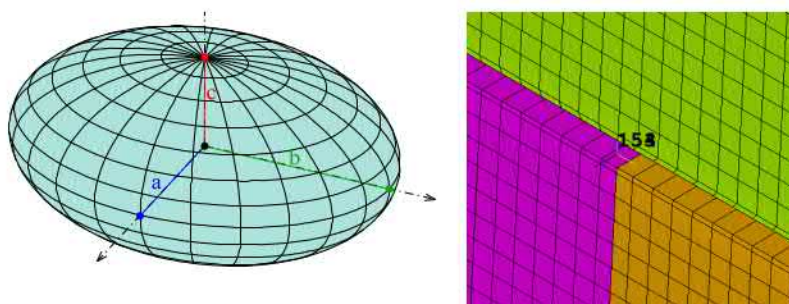
15 Detailmodellen met spleet tussen contactvlakken

15.1 Globale uitleg vorm horizontale gemodelleerde spleet tussen contactvlakken in horizontale deling van wandpanelen.

Door [REDACTED] (RWS) & [REDACTED] (gemeente werken Rotterdam) is geconstateerd dat niet alle wandpanelen aan de buitenzijde contact maken, dit is vastgesteld tijdens een inspectie van de buitenzijde van de Lange Jaap (202-07-09) met behulp van een hoogwerker.



In een filmpje (IMG_2302.MP4) gemaakt tijdens de inspectie worden waardes genoemd tussen de 1 en 2 mm voor de afstand tussen de panelen.



In het ANSYS detailmodel is een spleet gemodelleerd met een ellipsoïde vorm:

Het aangebrachte defect in het model zorgt ervoor dat er een andere draagweg ontstaat voor de verticaalkracht (druk). De oorsprong van de Ellipsoïde ligt op: x,y,z -> 3495.9,0,29500, dit is het raakpunt aan de buitenzijde van de wand tussen de wandpanelen e.a. is ook grafisch weergegeven hierboven, de volgende afmetingen qua spleet zijn beschouwd op druk:

referentie detailmodel 1 zonder spleet

detailmodel 2, $a=0.5*L=50$ [mm], $b=0.5*B=100$ [mm], $c=0.5*H=1.0$ [mm]

detailmodel 3, $a=0.5*L=75$ [mm], $b=0.5*B=150$ [mm], $c=0.5*H=1.5$ [mm]

detailmodel 4, $a=0.5*L=100$ [mm], $b=0.5*B=200$ [mm], $c=0.5*H=2.0$ [mm]

detailmodel 5, $a=0.5*L=50$ [mm], $b=0.5*B=600$ [mm], $c=0.5*H=3.0$ [mm]

Noot: de bouten in de horizontale boutverbinding op de positie van de gemodelleerde spleet zijn niet meegenomen en dragen derhalve geen krachten over.

 Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 03
	Structural check	Datum : 05-02-2021 Pagina : 109

15.2 Conclusie

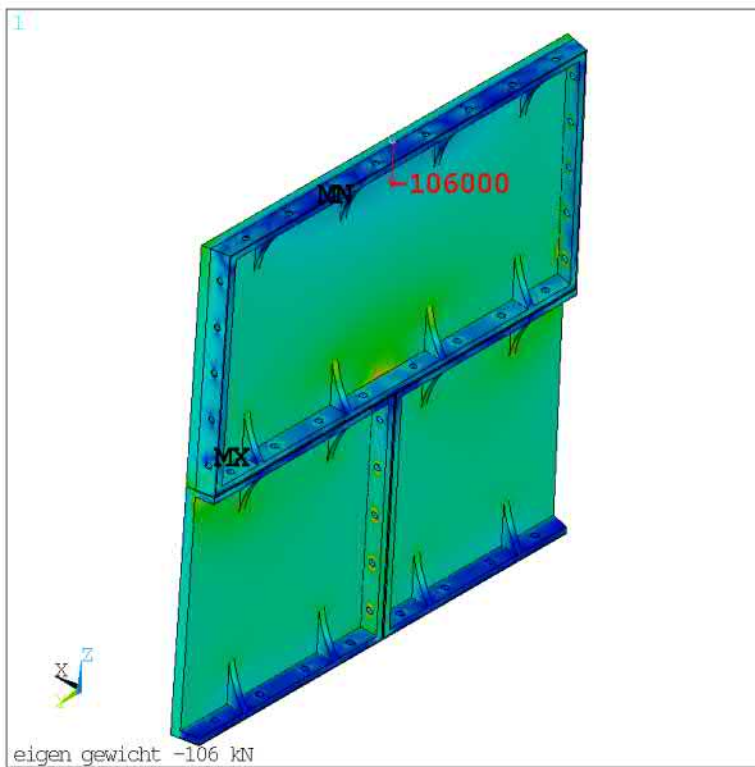
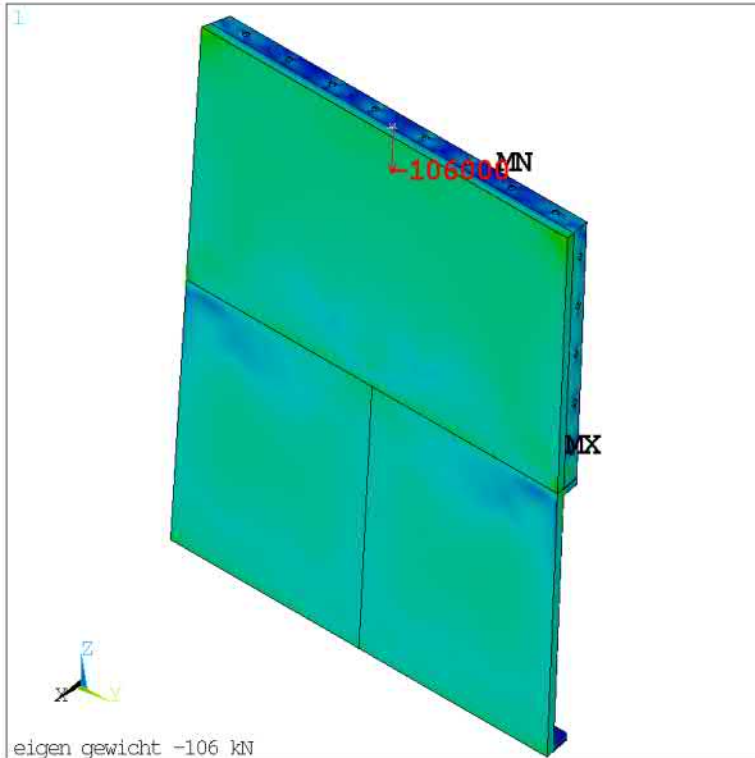
In de wandpanelen zijn verschillende bezwijk&scheurpatronen waargenomen, deze kunnen niet allemaal volledig verklaart worden met deze reeks modelstudies. Het betreft hier ook geen breukmechanica analyse of een uitputtend onderzoek. Het model beschrijft een vormfout (spleet) en niet een scheur, al vertonen ze wel overeenkomsten. De spanningsplaatjes laten goed zien dat een verstoring in het draagbeeld een negatief effect heeft op de optredende spanning in de flenzen, schotten en de wand. Wij vermoeden dat de drukverdeling ten gevolge van zwelroest niet 100% gelijkmatig over de omtrek is waardoor er lokale verschillen ontstaan, verder is er natuurlijk spreiding op de capaciteit van de bouten, de kwaliteit van het gietijzer van de wandpanelen, de vorm en plaatsingsnauwkeurigheid van de panelen op/aan elkaar. Hierdoor is het verklaarbaar dat er meer dan 1 schade beeld gevonden is. Zwelroest is naar onze mening het dominante aandrijvende mechanisme voor bezwijken van bouten en flenzen en daarmee verantwoordelijk voor het merendeel van de gevonden schades in de wand. Mogelijk is dit ook een oorzaak van het schadebeeld van de vloeren en de niveau verschillen tussen buitenwand en kern. Als we vanaf bijvoorbeeld laag 7 (paneelrij 26) tot laag 17 (paneelrij 69) op iedere deling 0.5mm verplaatsing door zwelroest hebben, is de buitenwand bovenaan 4 cm omhoog gekomen ten opzichte van de kuip/binnenwand.

Vraag  :

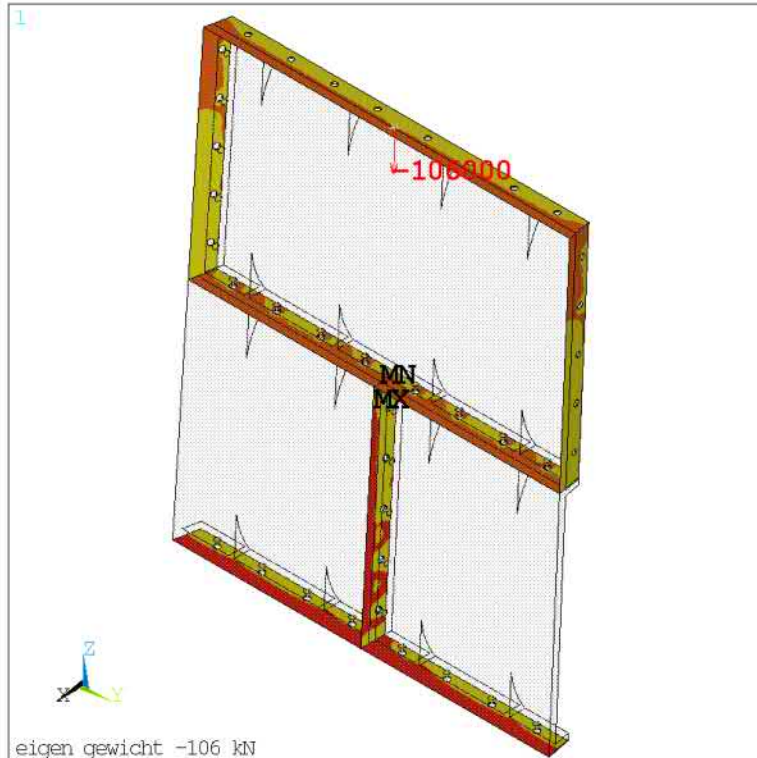


Antwoord: Het is niet met zekerheid te zeggen of er een scheurstop ten gevolge van spanningsrelaxatie zal ontstaan op basis van de uitgevoerde analyse, met andere woorden of de scheur niet verder zal groeien. Er zijn op meerdere plekken relatief lange verticale scheuren te zien in de buitenwand die mogelijk een soortgelijke oorsprong hebben. Het advies is om tenminste de situatie goed in kaart te brengen en te monitoren. Sommige scheuren in de wand kunnen worden voorzien van Patches die eventuele bijkomende krachten kunnen opnemen.

15.3 referentie detailmodel 1 zonder spleet
eigen gewicht -106 kN (zie uitvoer globaal model)



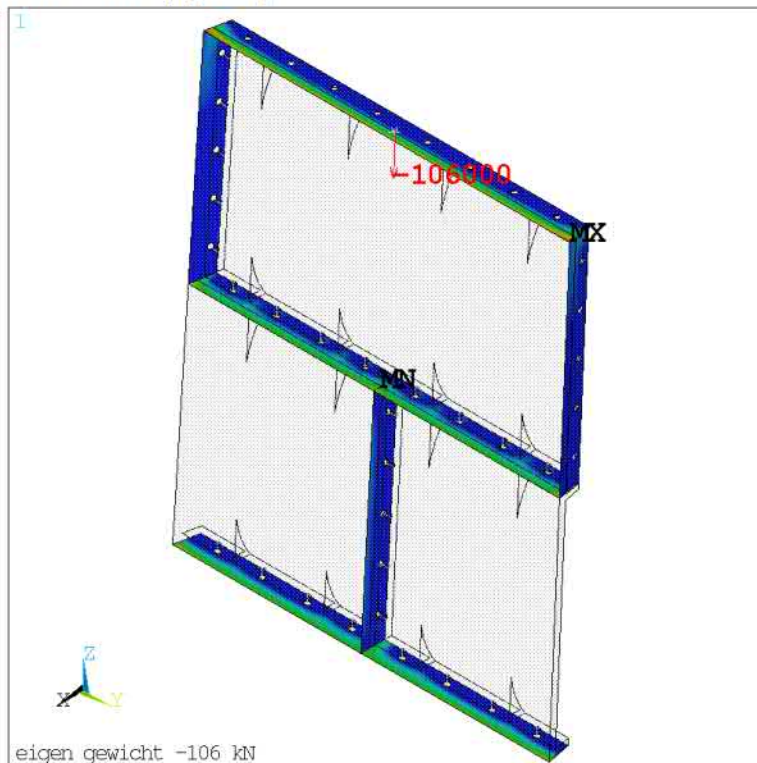
Contact status



ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 28 2021
16:23:44
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=3
SUB =1
TIME=3
CONSTAT (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =.1
SMN =1
SMX =3

F
NearContact
Sliding
Sticking

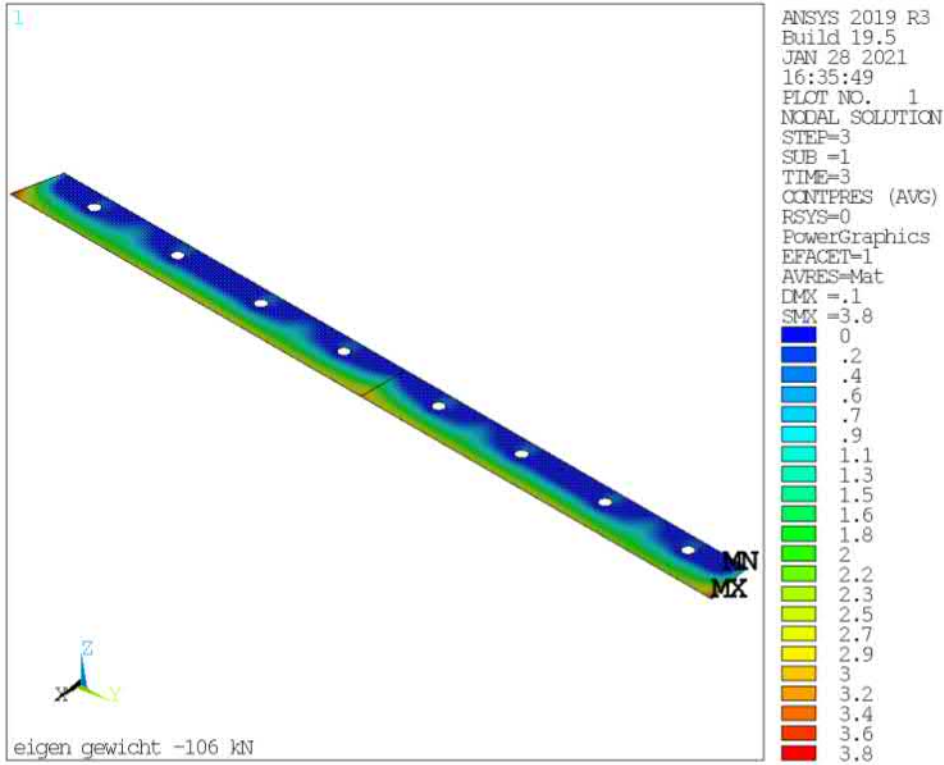
Contact druk [N/mm²]



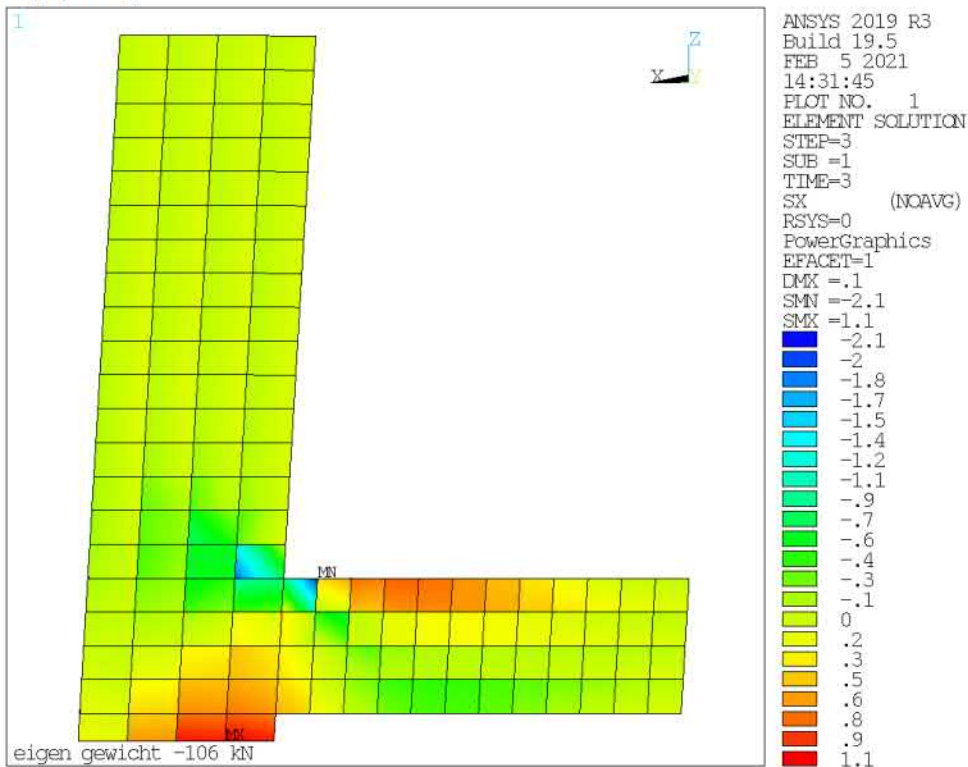
ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 28 2021
16:23:54
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=3
SUB =1
TIME=3
CONTPRES (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =.1
SMX =4.8

F
0
.3
.5
.7
1
1.2
1.5
1.7
1.9
2.2
2.4
2.6
2.9
3.1
3.3
3.6
3.8
4
4.3
4.5
4.8

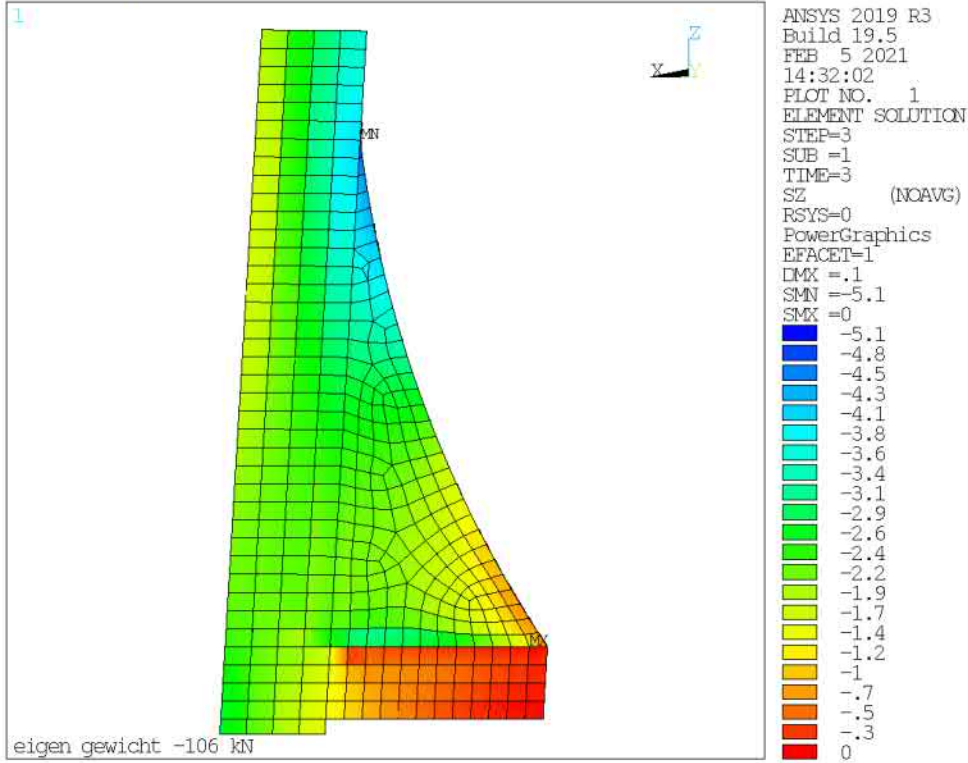
Contact druk [N/mm²]



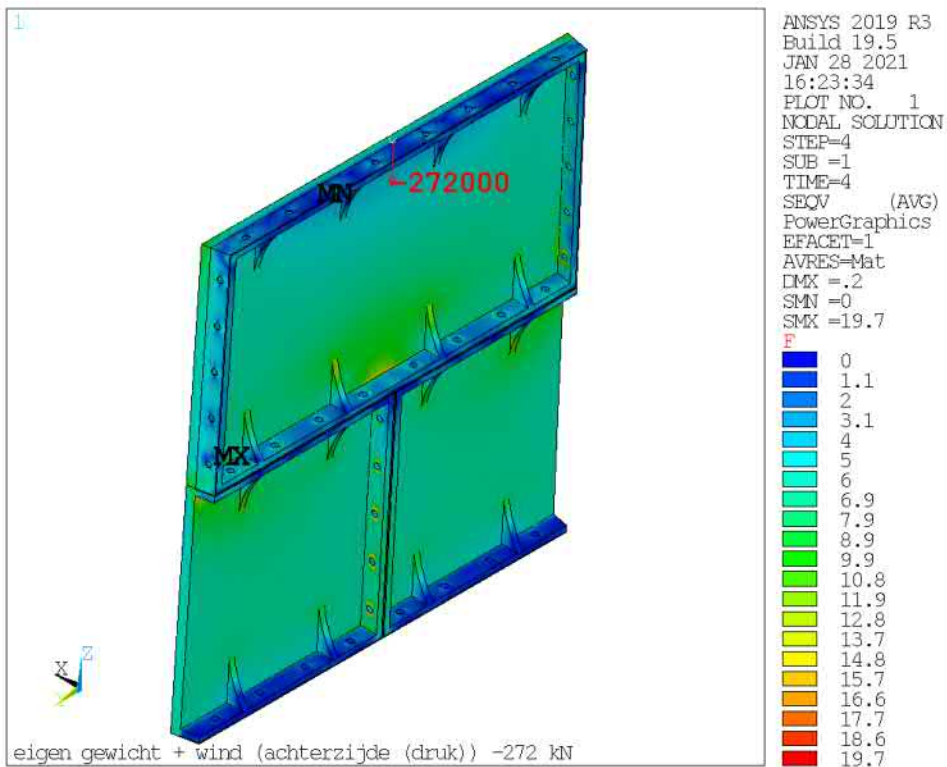
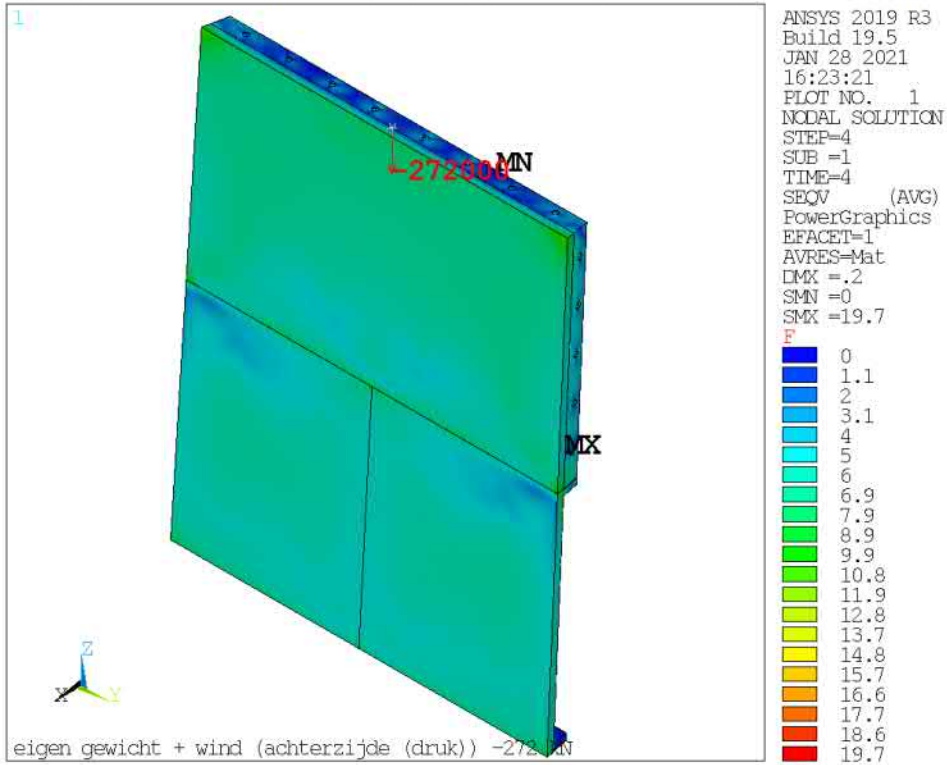
sx [N/mm²]



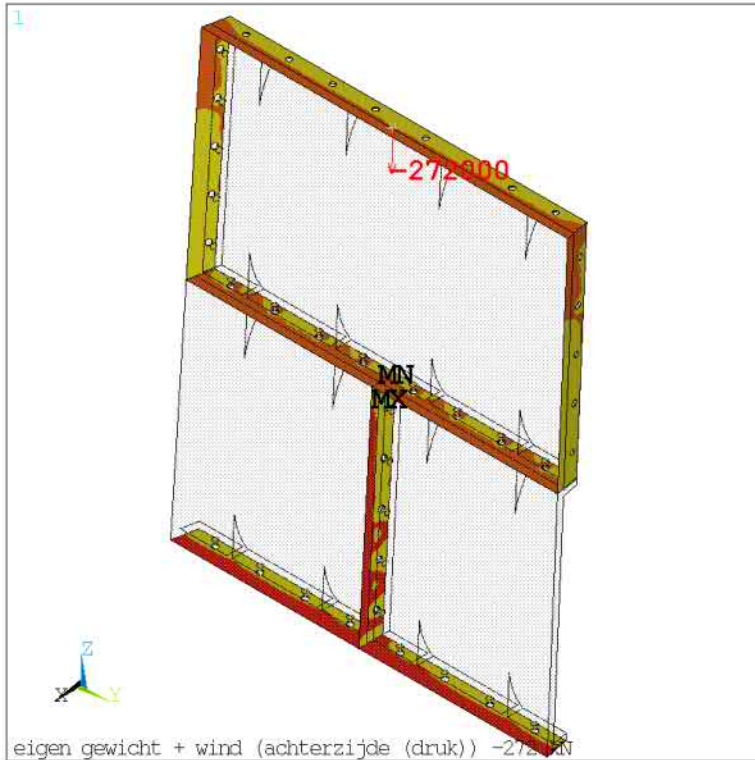
sz [N/mm²]



eigen gewicht + wind (achterzijde (druk)) -272 kN (zie uitvoer globaal model)



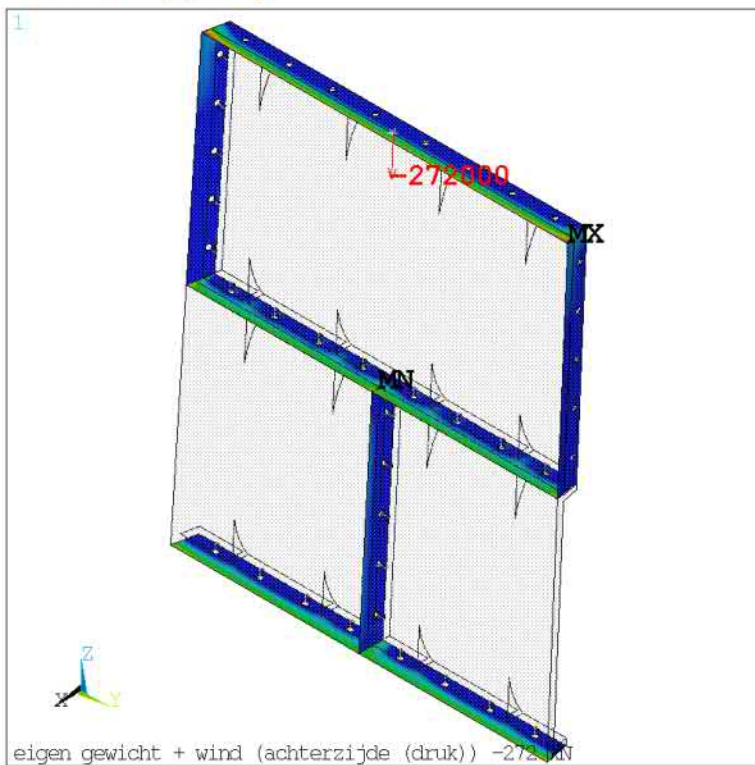
Contact status



ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 28 2021
16:23:49
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=4
SUB =1
TIME=4
CONSTAT (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =.2
SMN =1
SMX =3

F
NearContact
Sliding
Sticking

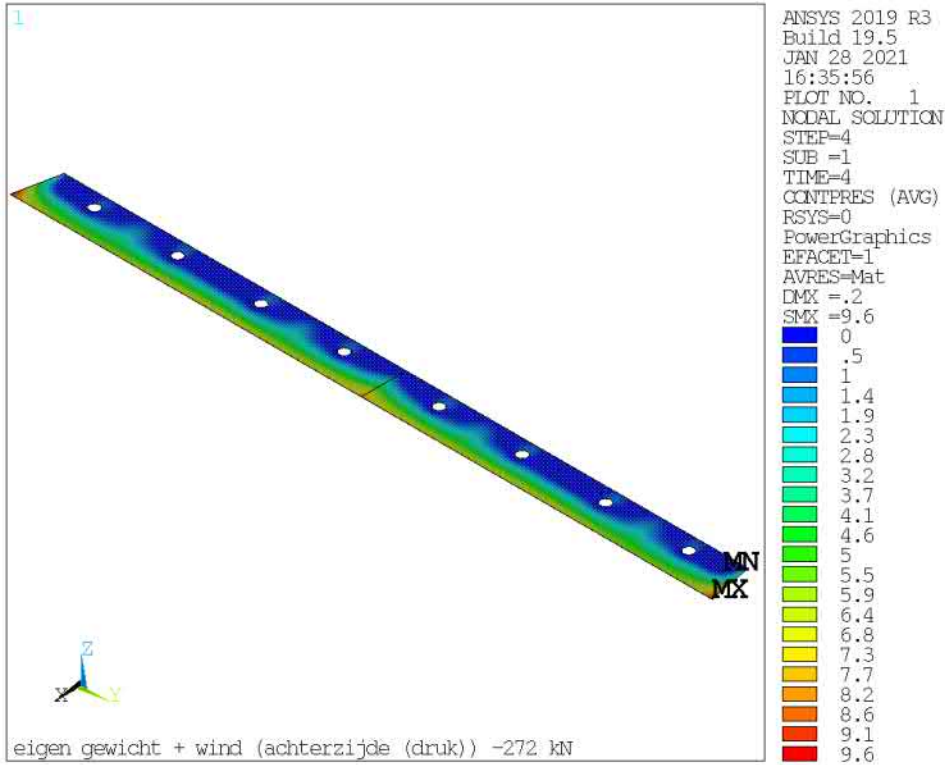
Contact druk [N/mm²]



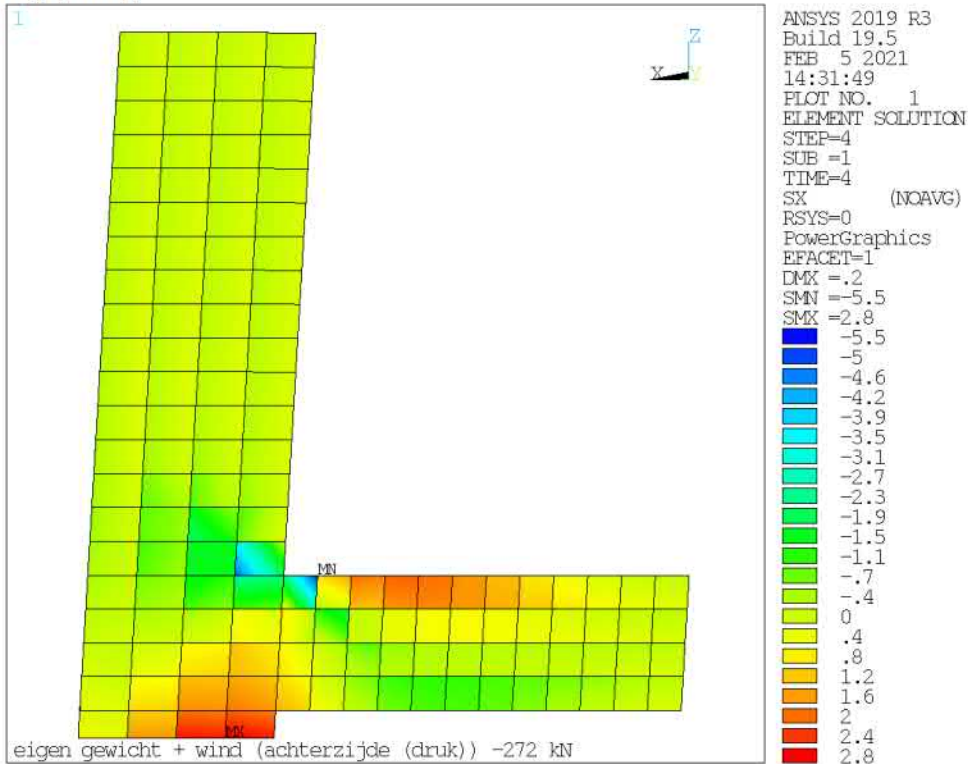
ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 28 2021
16:24:00
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=4
SUB =1
TIME=4
CONTPRES (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =.2
SMX =12.2

F
0
.7
1.2
1.9
2.5
3.1
3.7
4.3
4.9
5.5
6.1
6.7
7.4
7.9
8.5
9.2
9.8
10.3
11
11.6
12.2

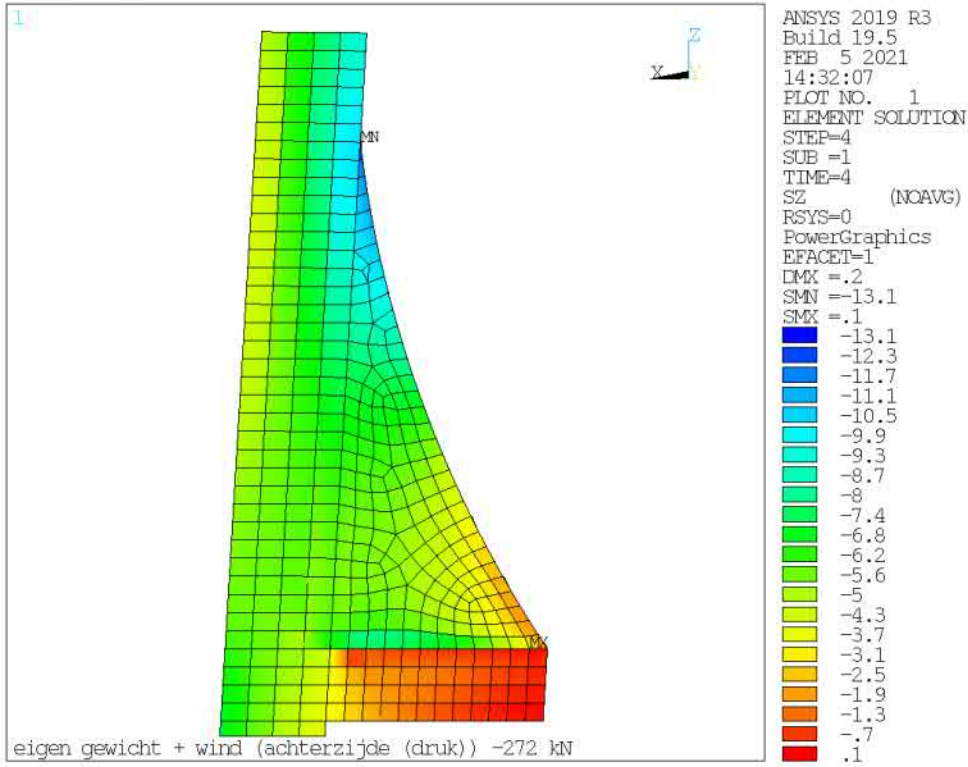
Contact druk [N/mm²]



sx [N/mm²]



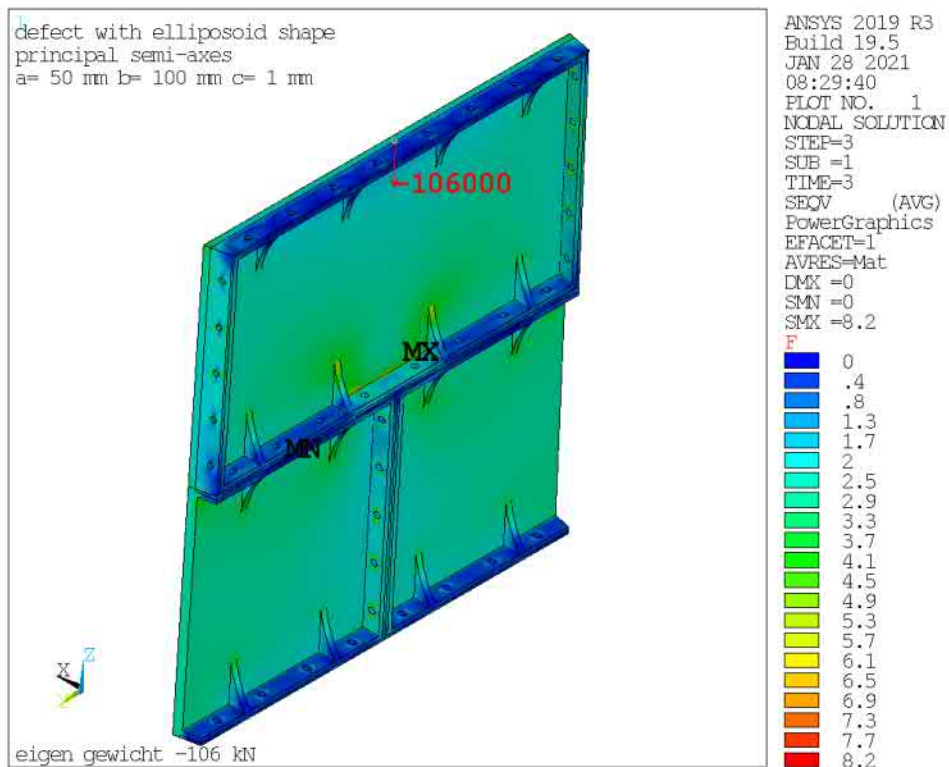
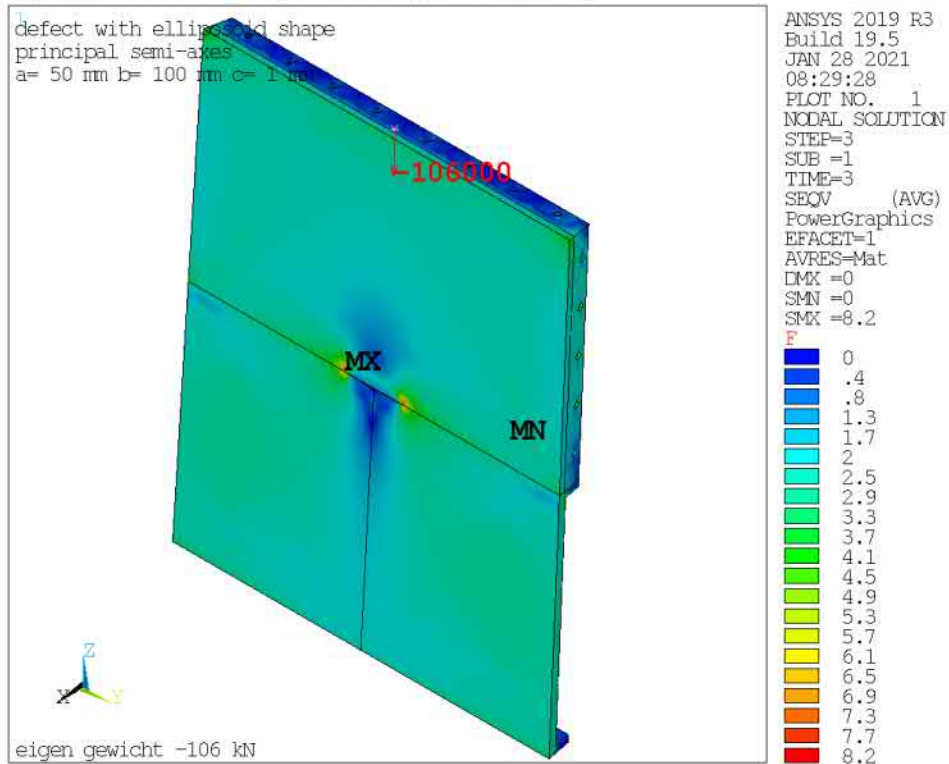
sz [N/mm²]



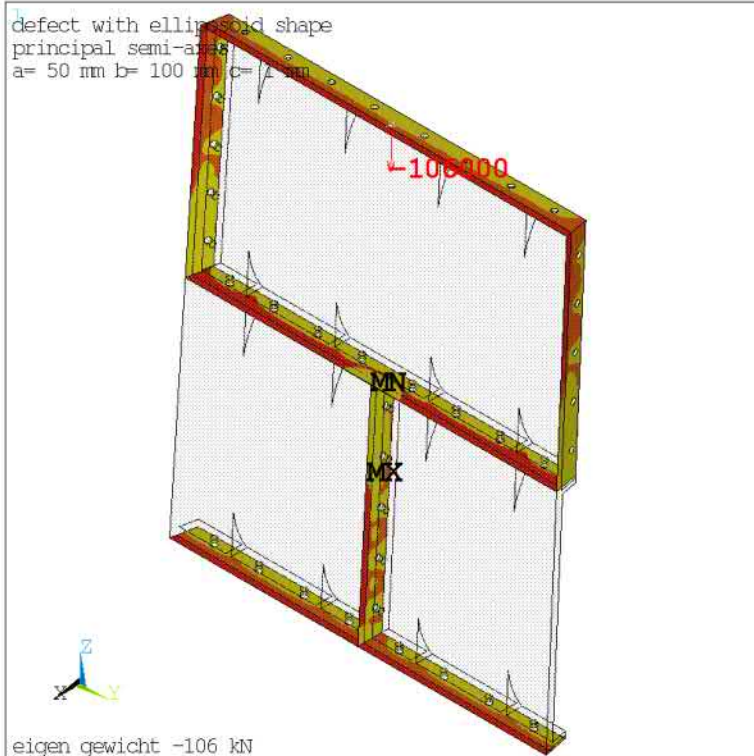
15.4 ANSYS detailmodel 2 verbinding tussen panelen met spleet (ellipsoïde vorm)

$a=0.5*L=50$ [mm], $b=0.5*B=100$ [mm], $c=0.5*H=1.0$ [mm]

eigen gewicht -106 kN (zie uitvoer globaal model)



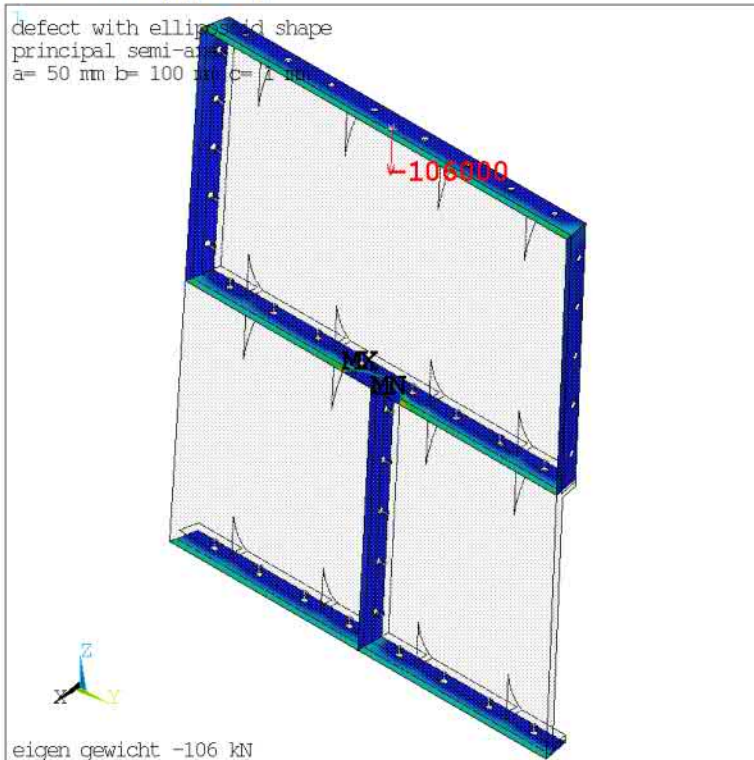
Contact status



ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 28 2021
08:29:54
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=3
SUB =1
TIME=3
CONSTAT (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =0
SMN =1
SMX =3

F
NearContact
Sliding
Sticking

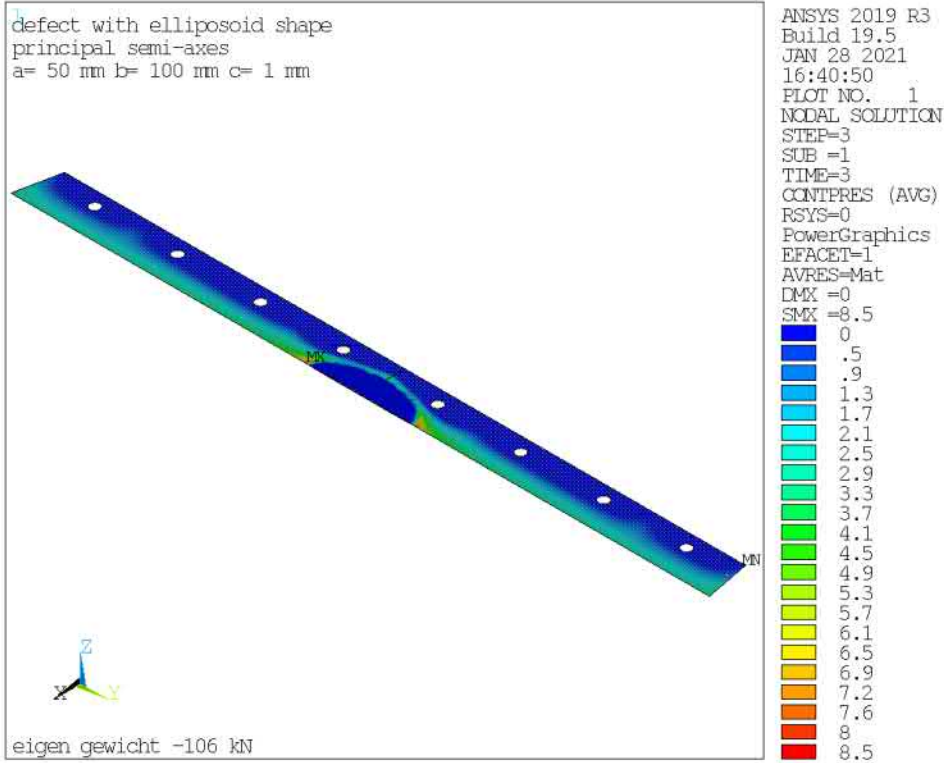
Contact druk [N/mm²]



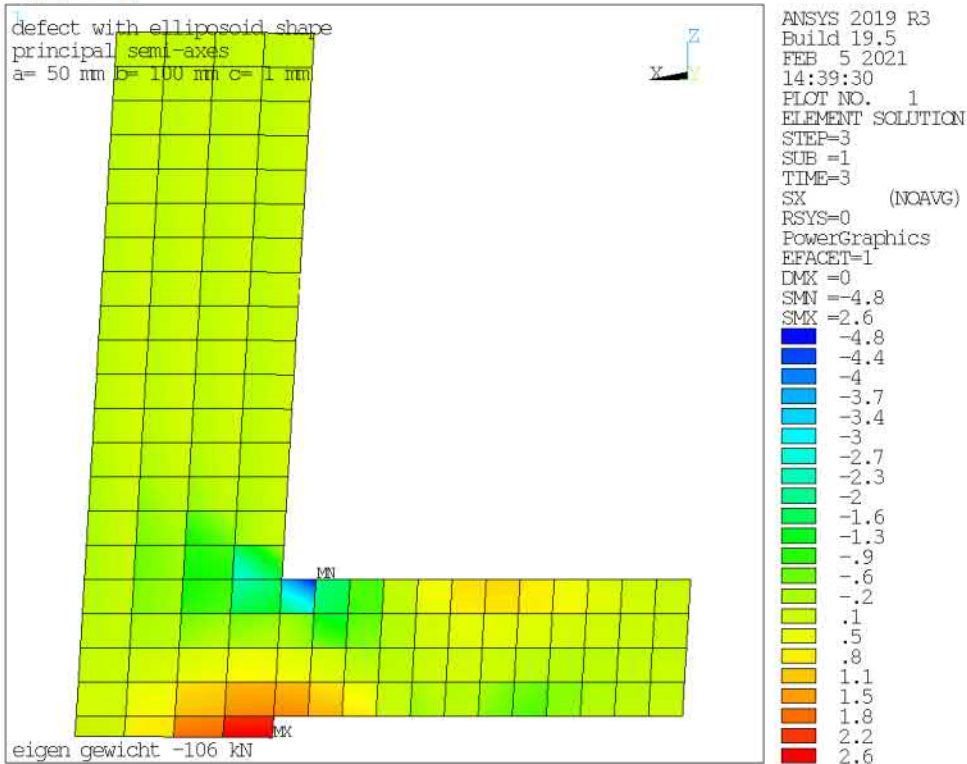
ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 28 2021
08:30:05
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=3
SUB =1
TIME=3
CONTPRES (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =0
SMX =8.5

F
0
.5
.9
1.3
1.7
2.1
2.6
3
3.4
3.9
4.3
4.7
5.1
5.5
5.9
6.4
6.8
7.2
7.6
8
8.5

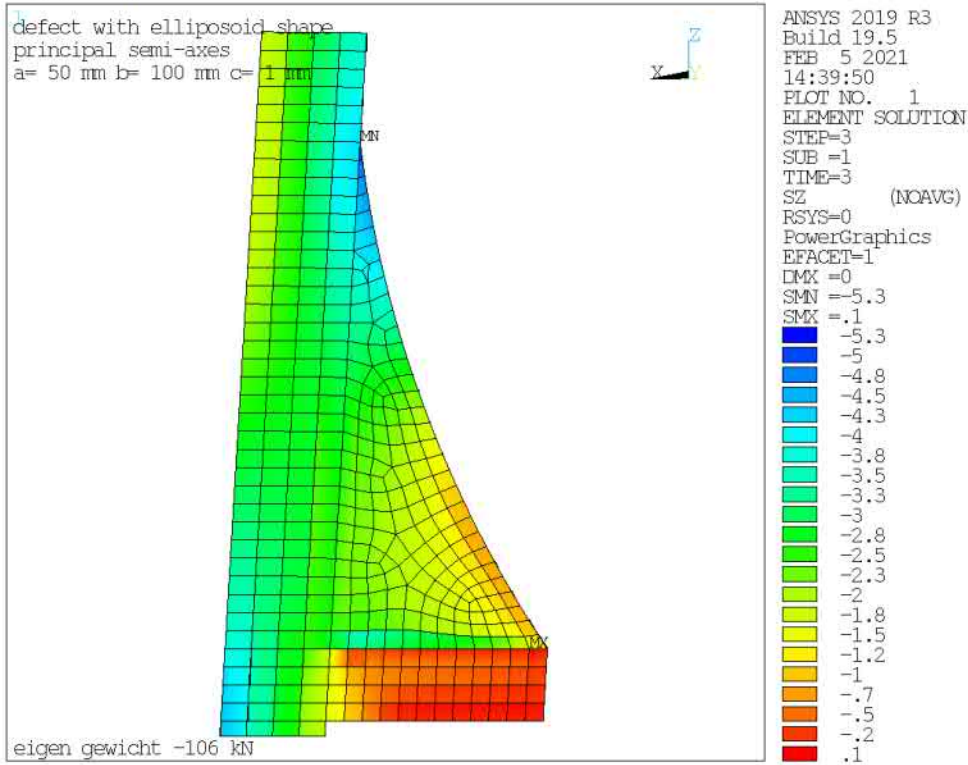
Contact druk [N/mm²]



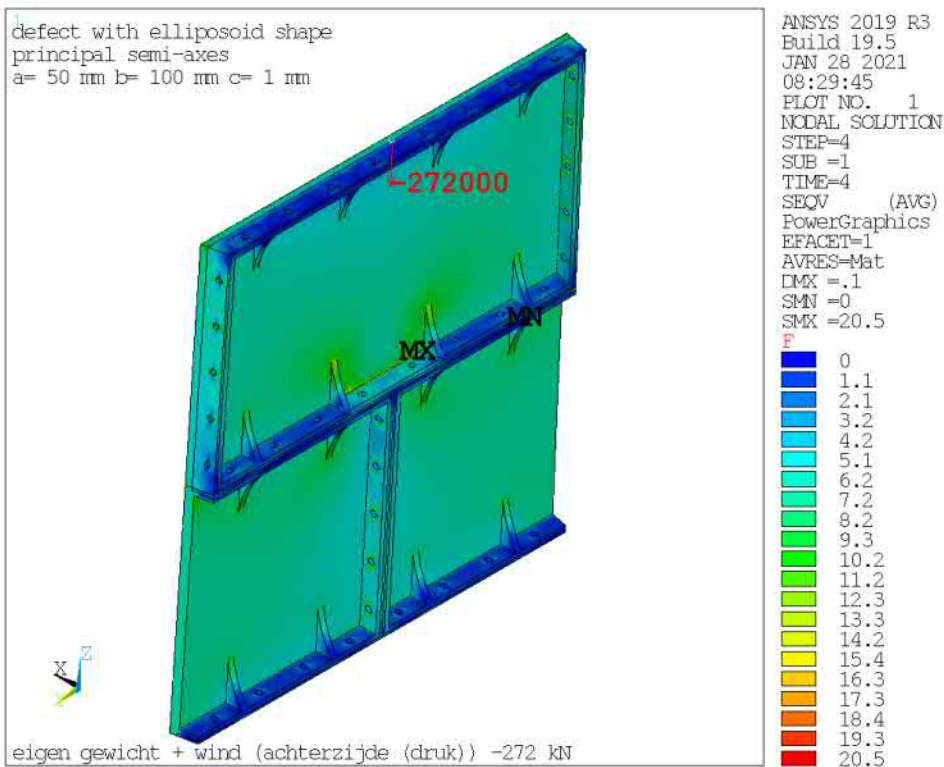
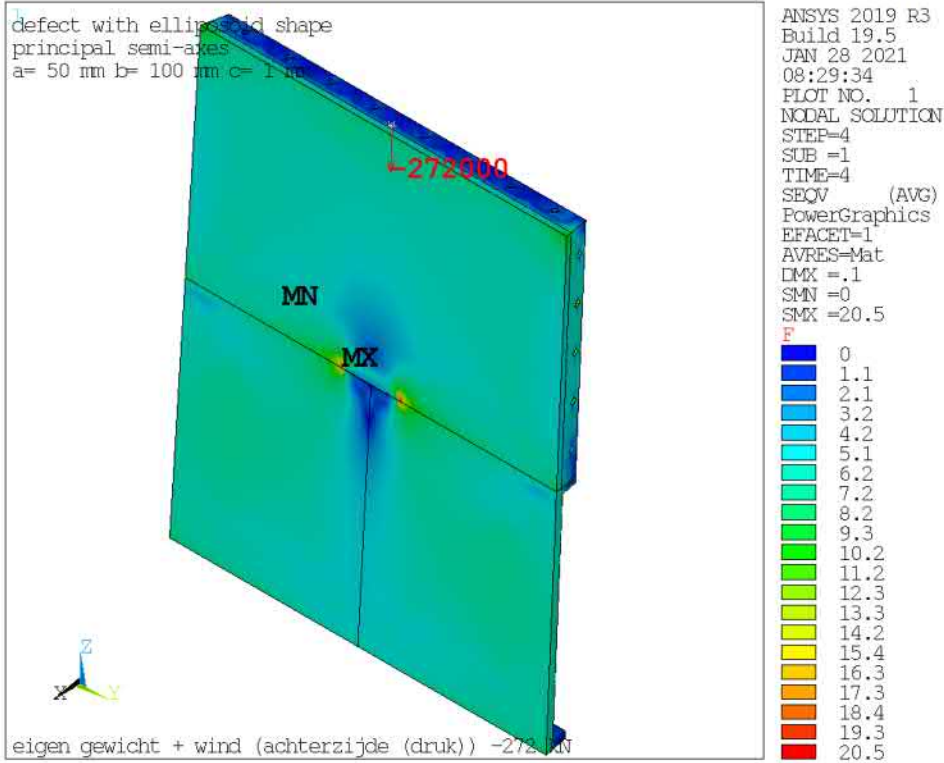
sx [N/mm²]



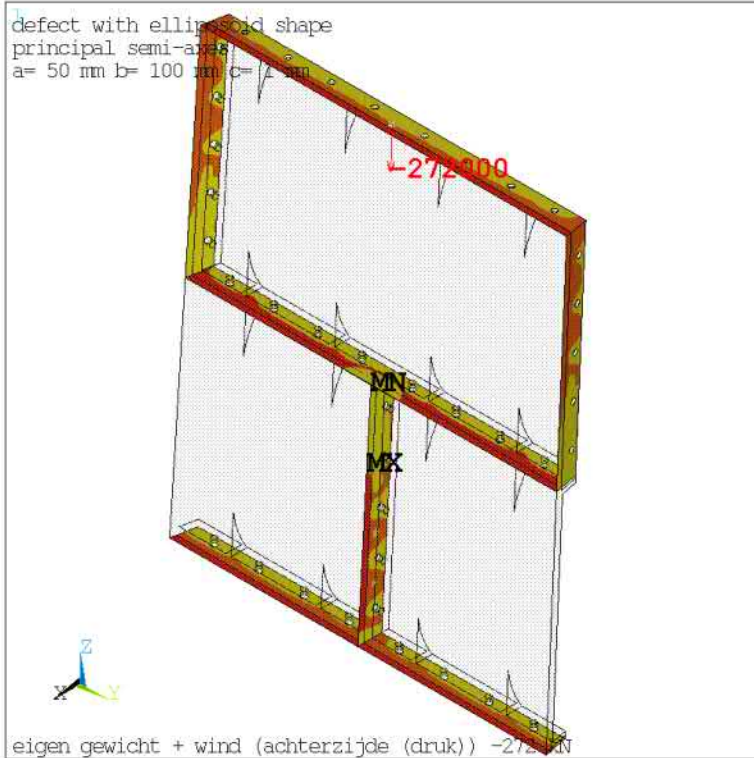
sz [N/mm²]



eigen gewicht + wind (achterzijde (druk)) -272 kN (zie uitvoer globaal model)

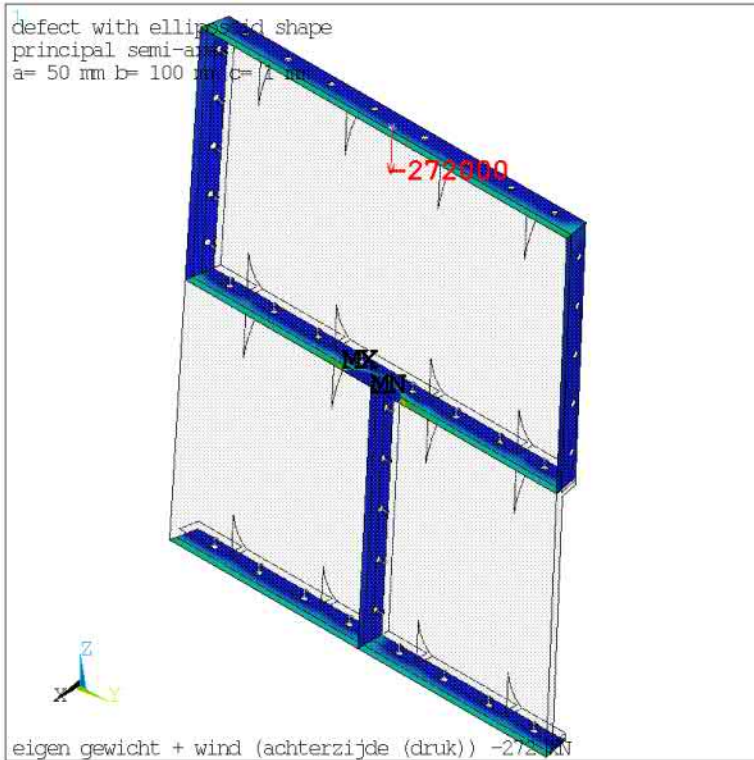


Contact status



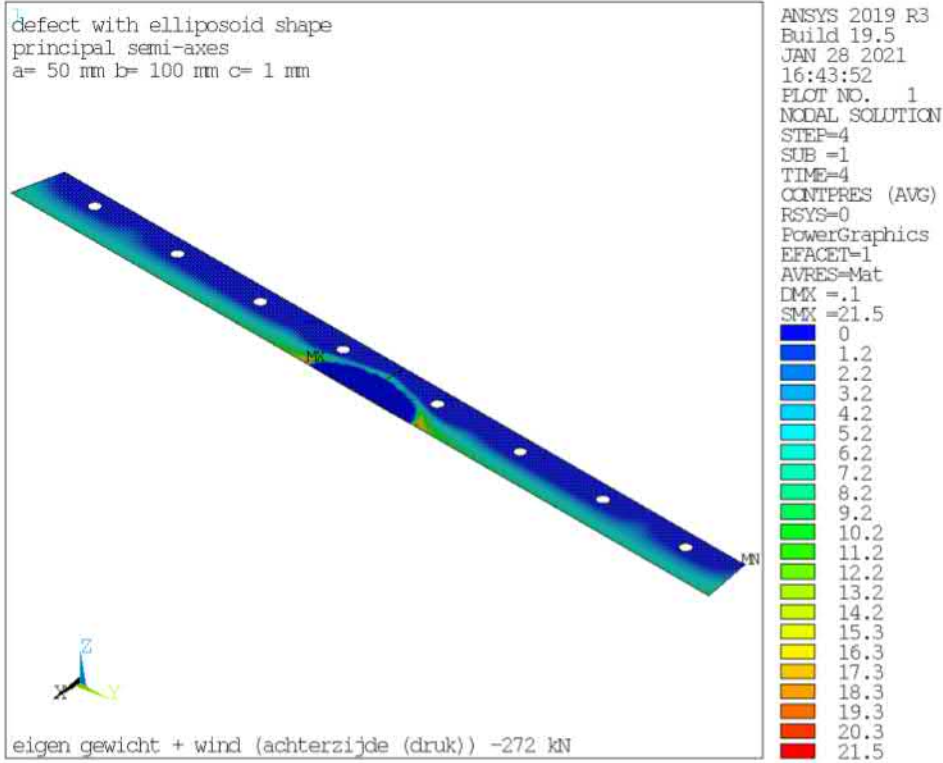
ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 28 2021
08:29:59
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=4
SUB =1
TIME=4
CONTSTAT (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =.1
SMN =1
SMX =3
F
NearContact
Sliding
Sticking

Contact druk [N/mm²]

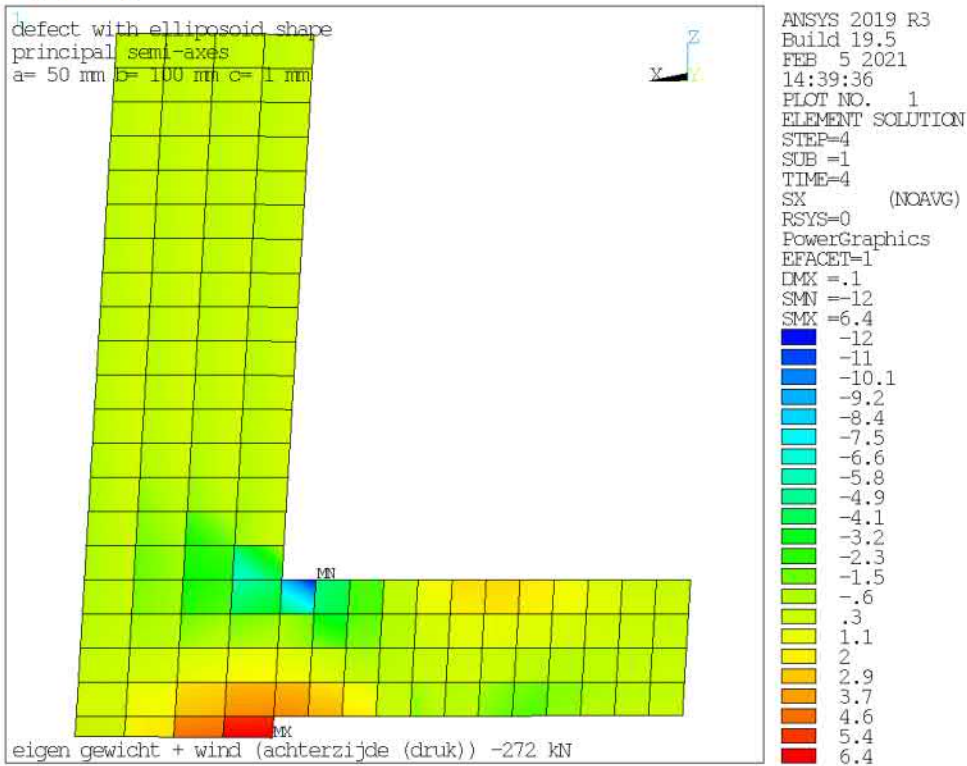


ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 28 2021
08:30:10
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=4
SUB =1
TIME=4
CONTPRES (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =.1
SMX =21.5
F
0
1.2
2.2
3.4
4.4
5.4
6.5
7.5
8.5
9.7
10.7
11.7
12.9
13.9
14.9
16.1
17.1
18.1
19.3
20.3
21.5

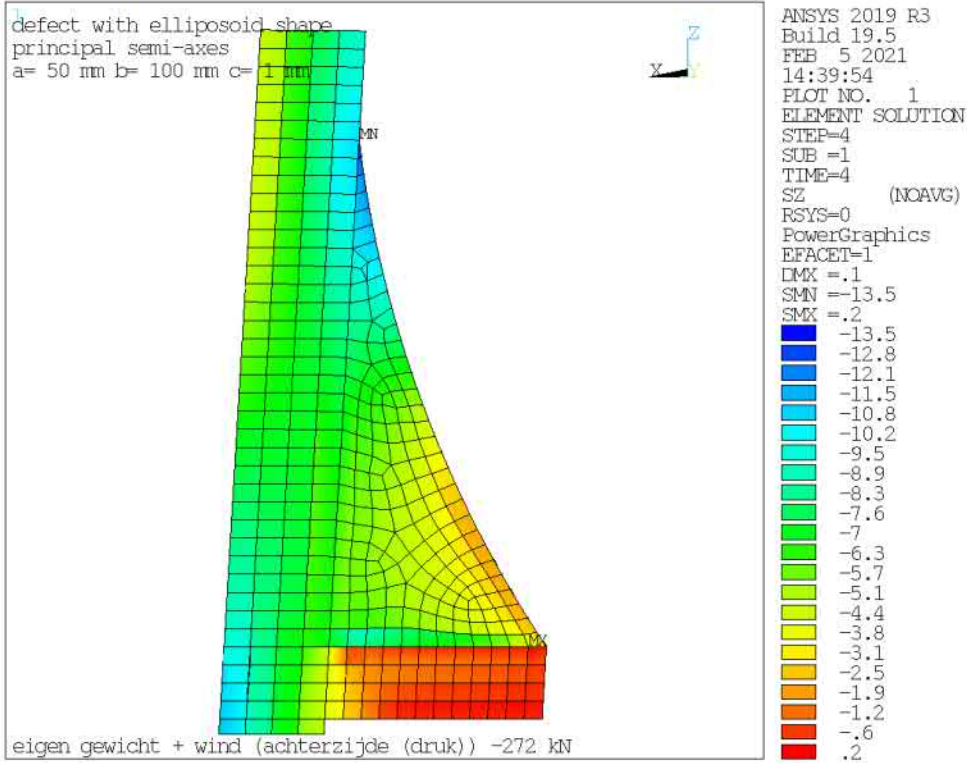
Contact druk [N/mm²]



sx [N/mm²]



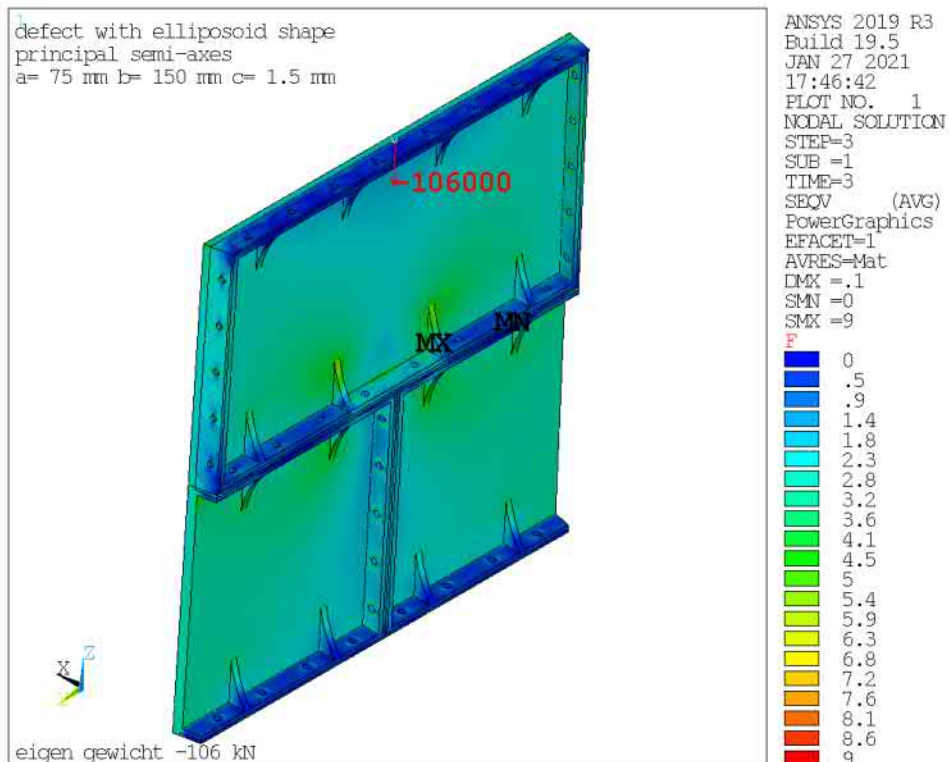
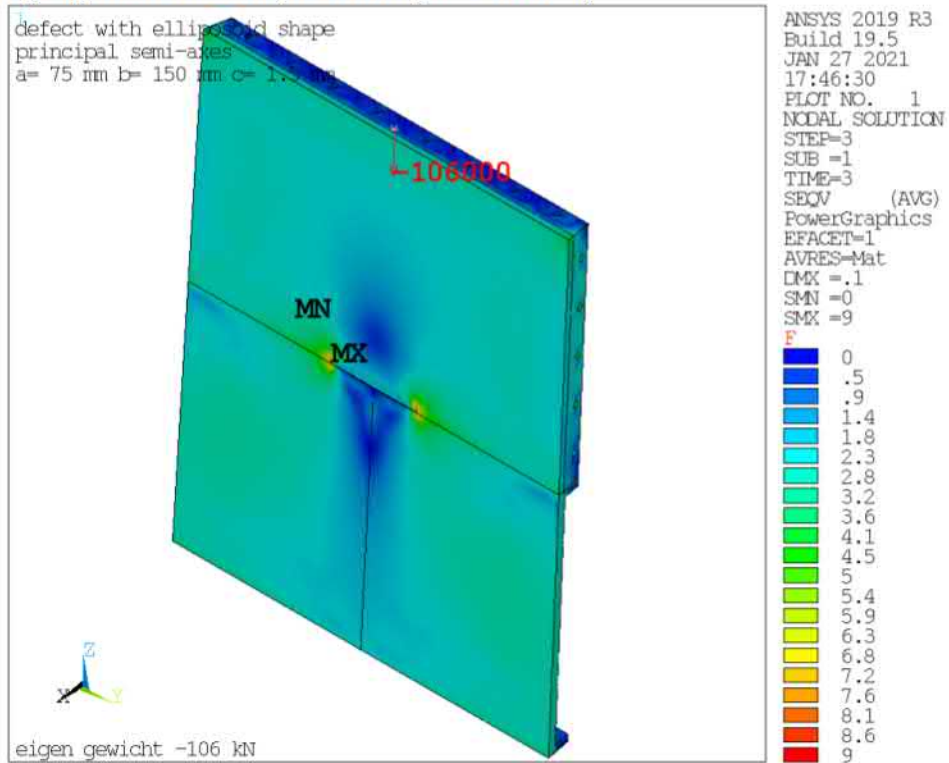
sz [N/mm²]



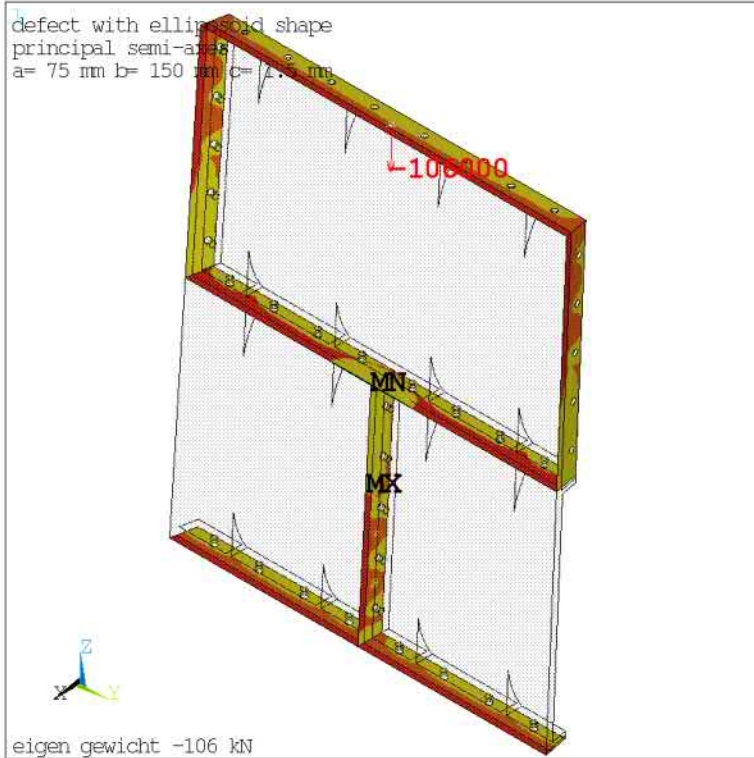
15.5 ANSYS detailmodel 3 verbinding tussen panelen met spleet (ellipsoïde vorm)

$a=0.5*L=75$ [mm], $b=0.5*B=150$ [mm], $c=0.5*H=1.5$ [mm]

eigen gewicht -106 kN (zie uitvoer globaal model)

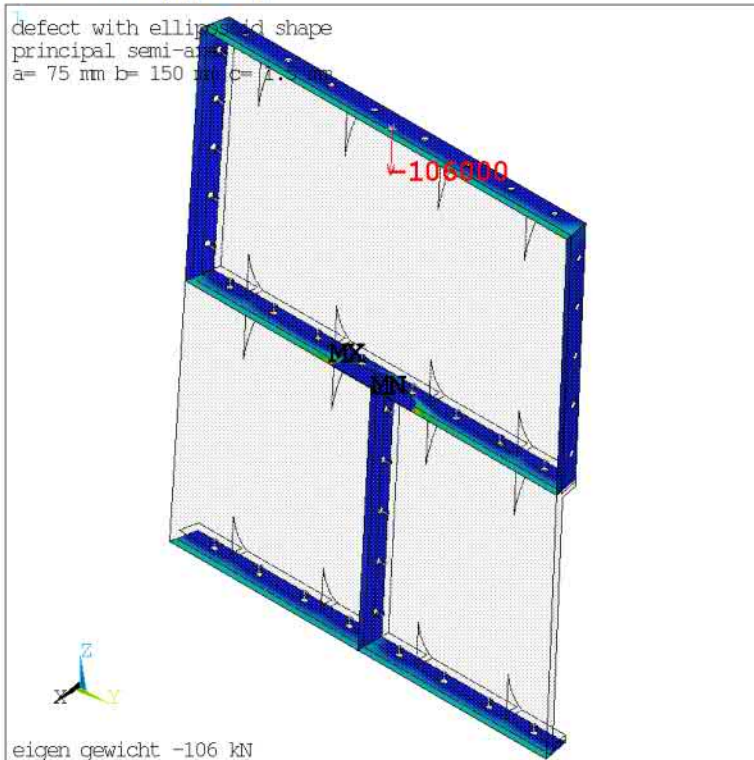


Contact status



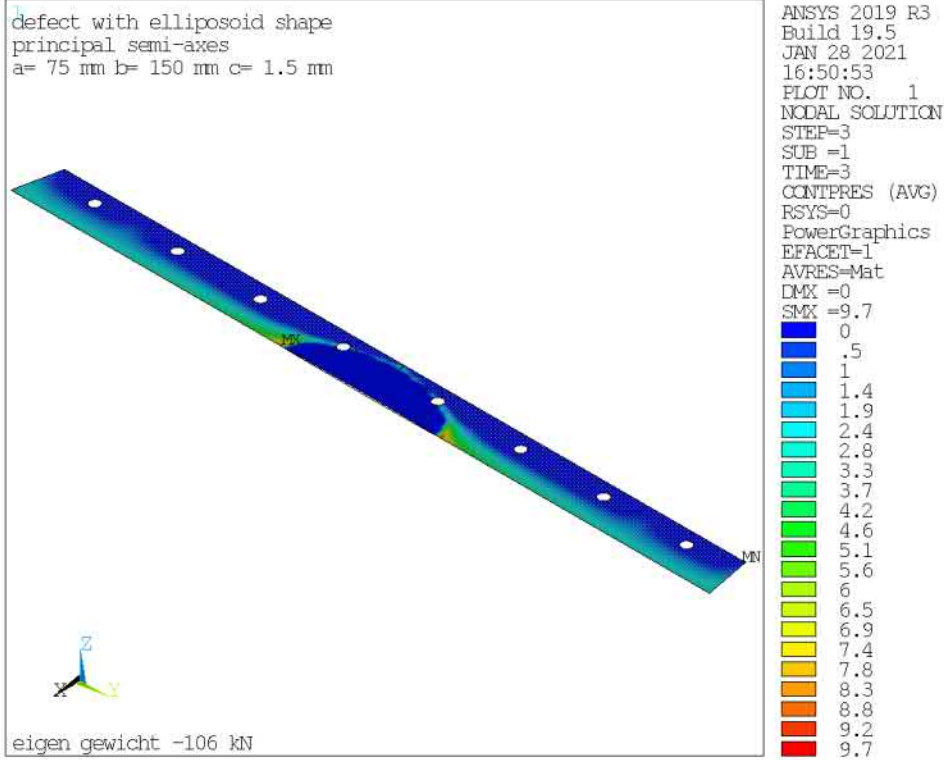
ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 27 2021
17:46:57
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=3
SUB =1
TIME=3
CONTSTAT (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =.1
SMN =1
SMX =3
F
NearContact
Sliding
Sticking

Contact druk [N/mm²]

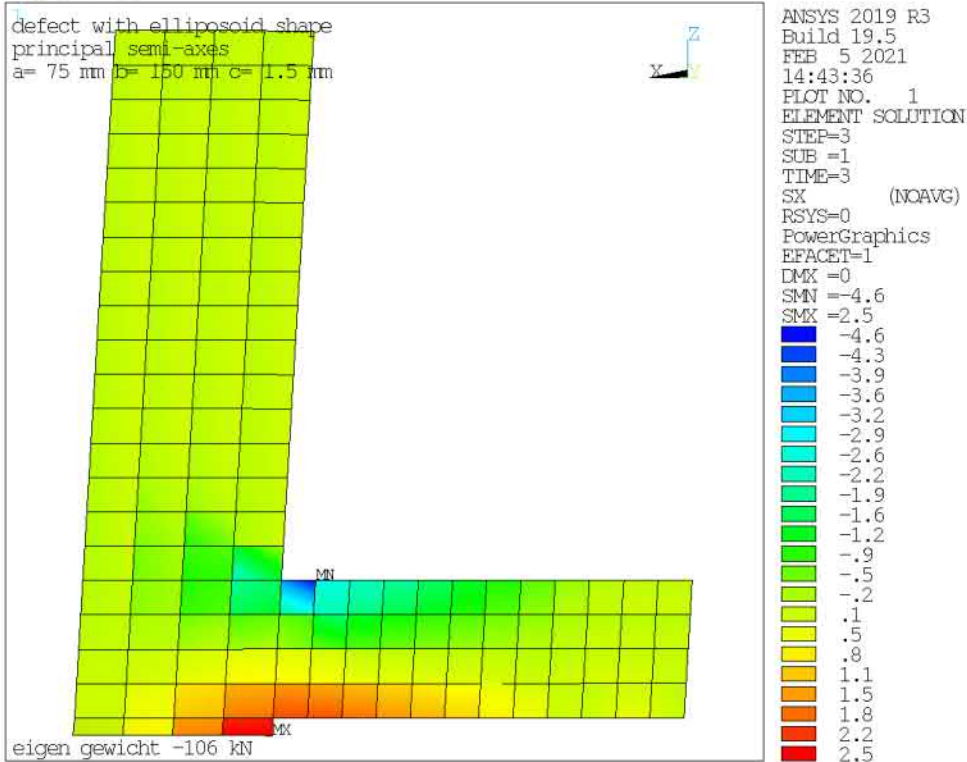


ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 27 2021
17:47:07
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=3
SUB =1
TIME=3
CONTPRES (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =.1
SMX =9.7
F
0
.5
1
1.5
2
2.4
3
3.4
3.9
4.4
4.9
5.3
5.9
6.3
6.8
7.3
7.8
8.2
8.8
9.2
9.7

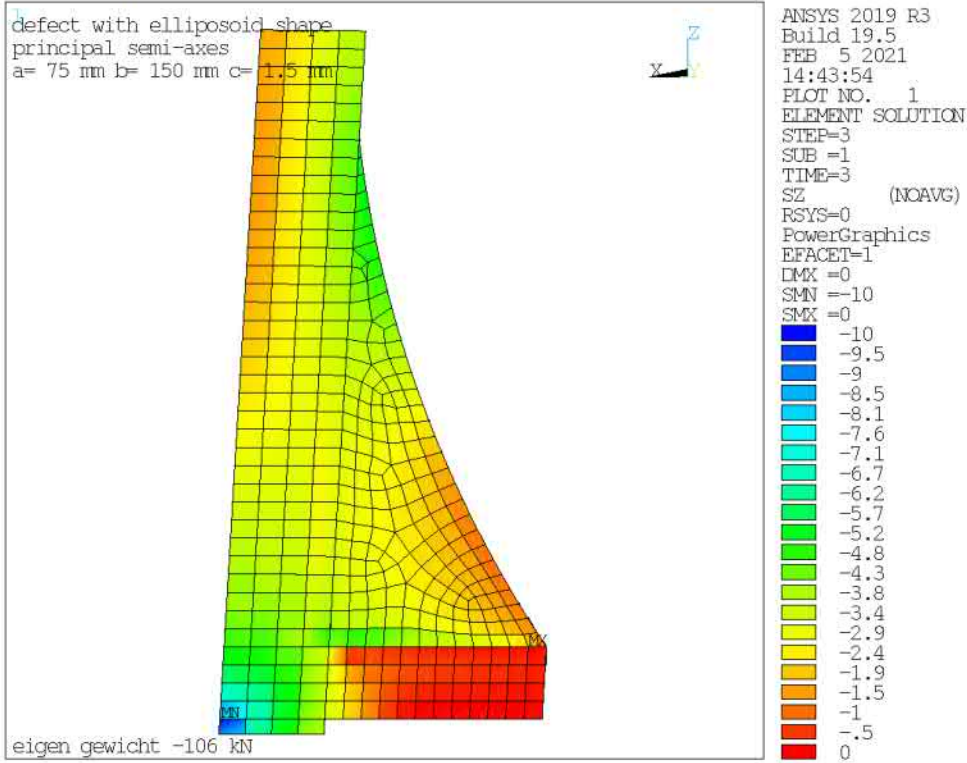
Contact druk [N/mm²]



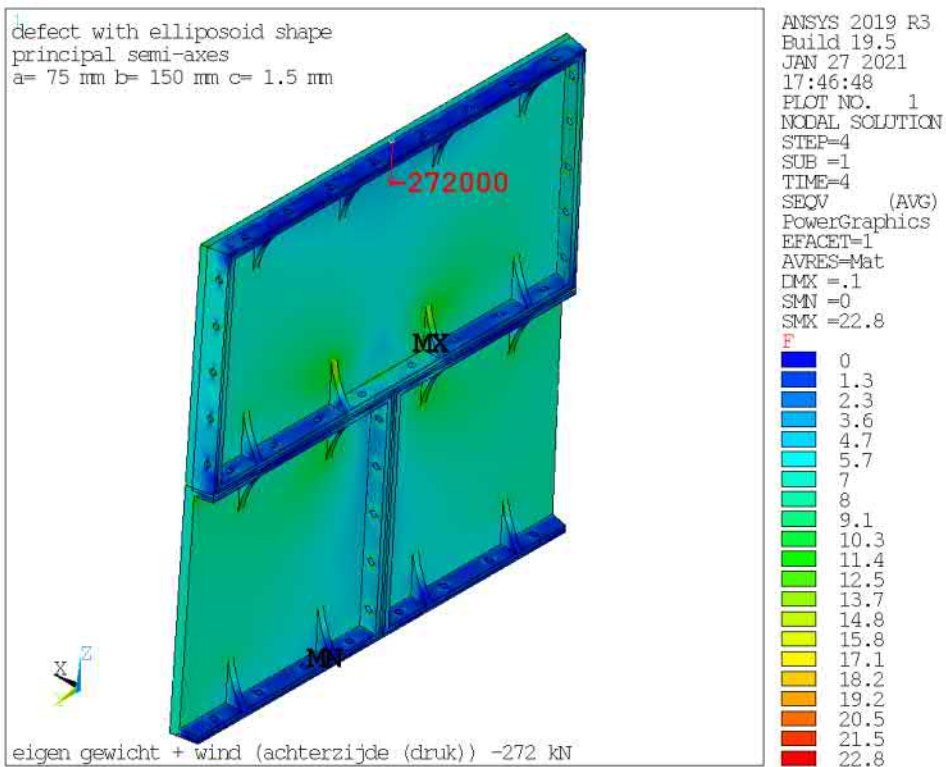
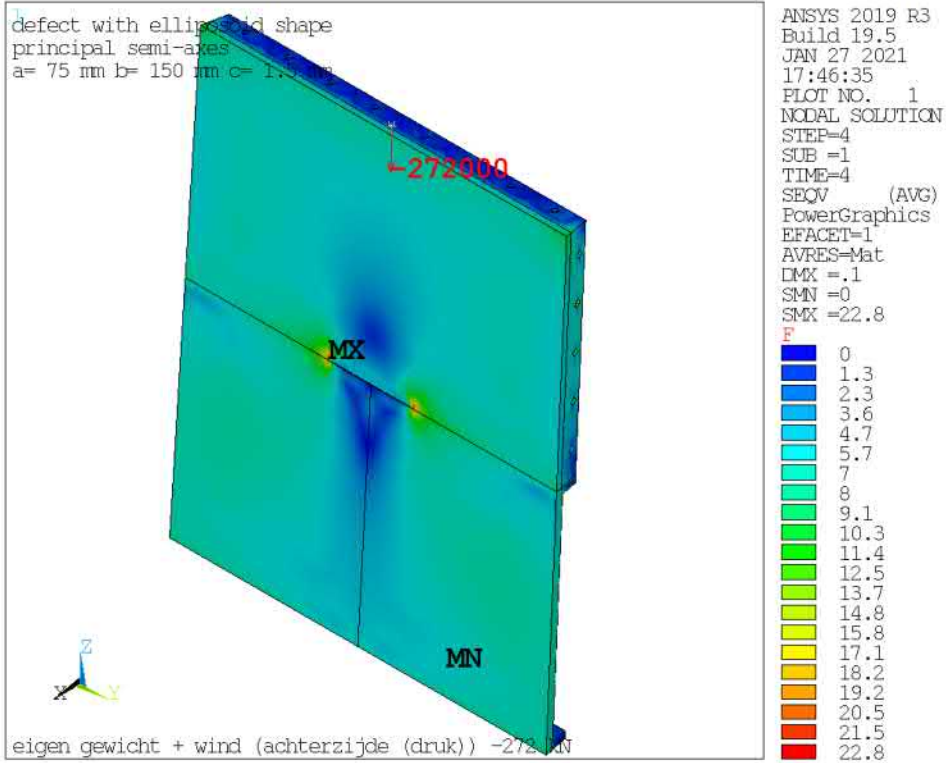
sx [N/mm²]



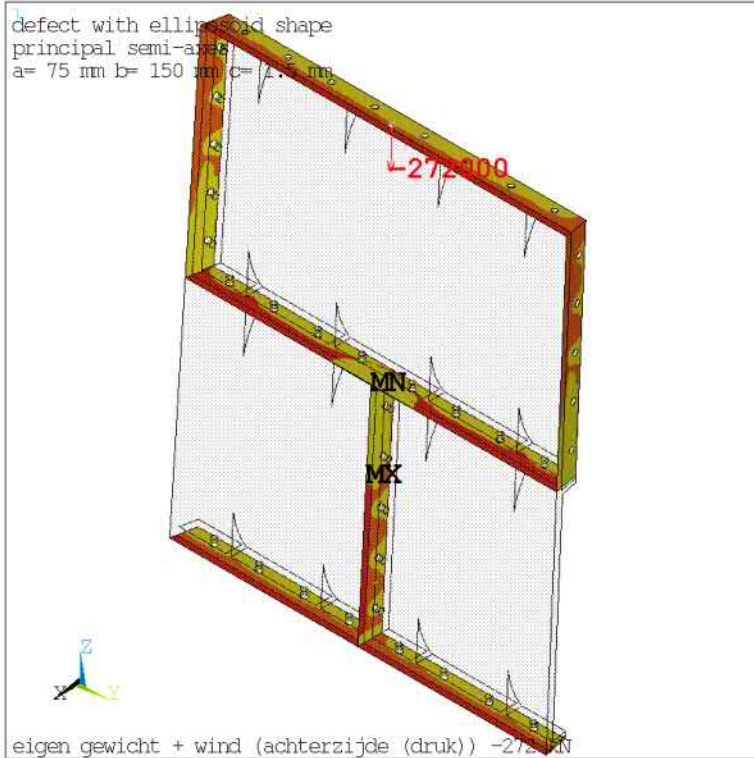
sz [N/mm²]



eigen gewicht + wind (achterzijde (druk)) -272 kN (zie uitvoer globaal model)

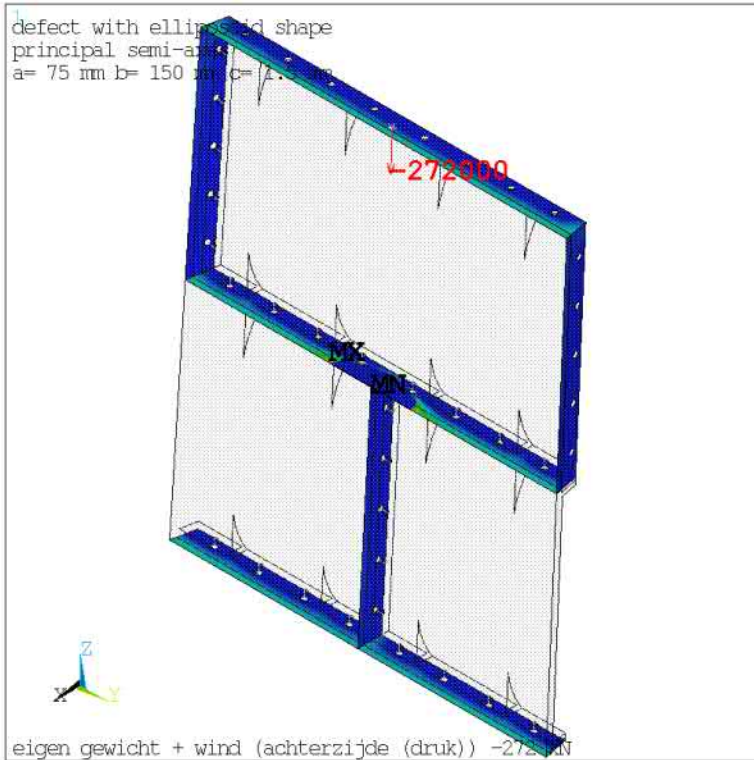


Contact status



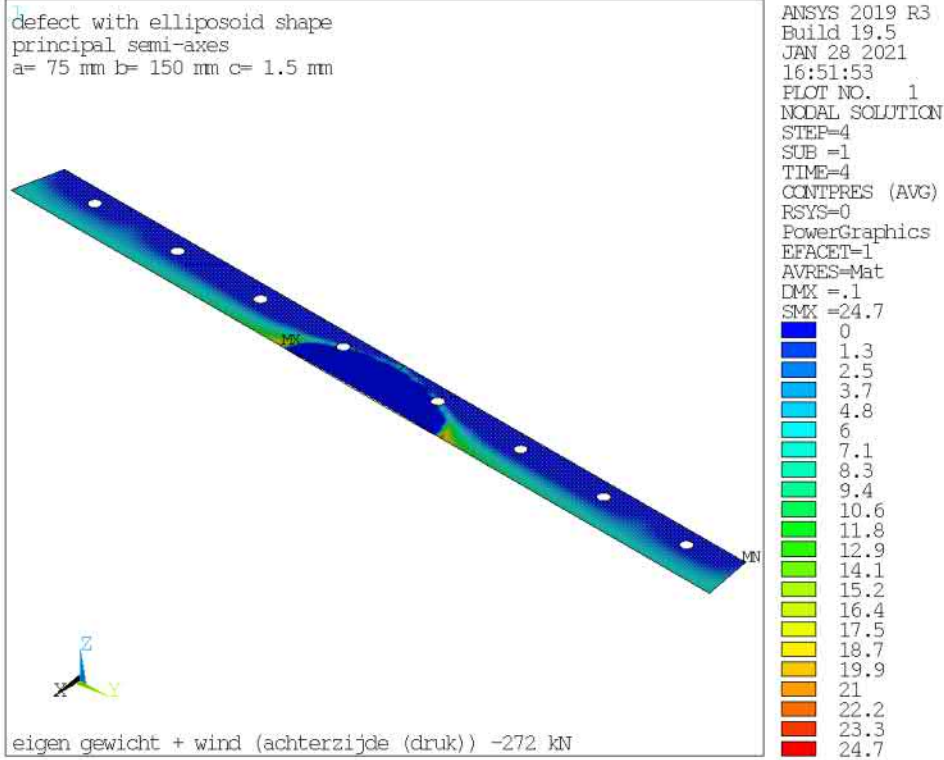
ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 27 2021
17:47:02
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=4
SUB =1
TIME=4
CONTSTAT (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =.1
SMN =1
SMX =3
F
NearContact
Sliding
Sticking

Contact druk [N/mm²]

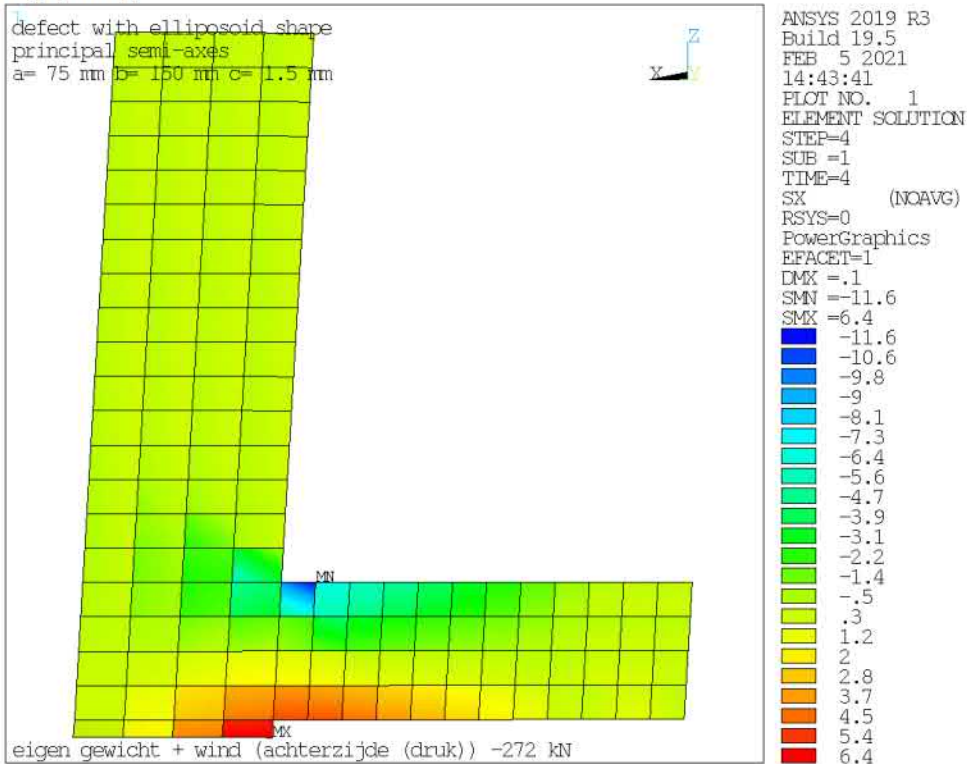


ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 27 2021
17:47:13
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=4
SUB =1
TIME=4
CONTPRES (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =.1
SMX =24.7
F
0
1.3
2.5
3.9
5
6.2
7.5
8.7
9.8
11.2
12.3
13.5
14.8
16
17.2
18.5
19.7
20.8
22.2
23.3
24.7

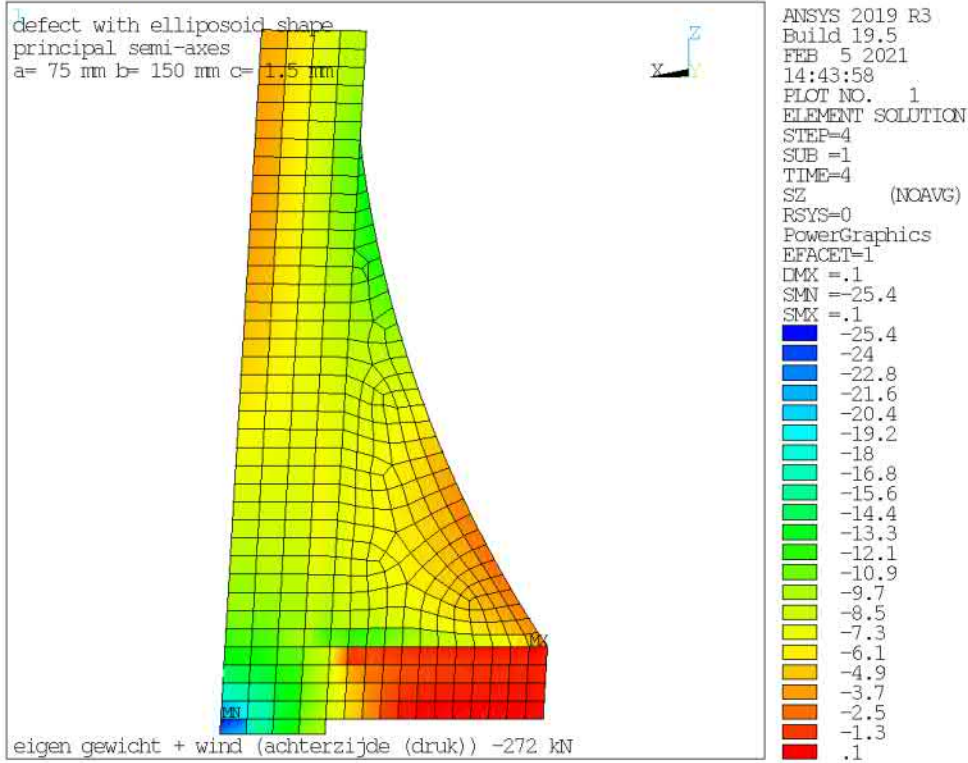
Contact druk [N/mm²]



sx [N/mm²]



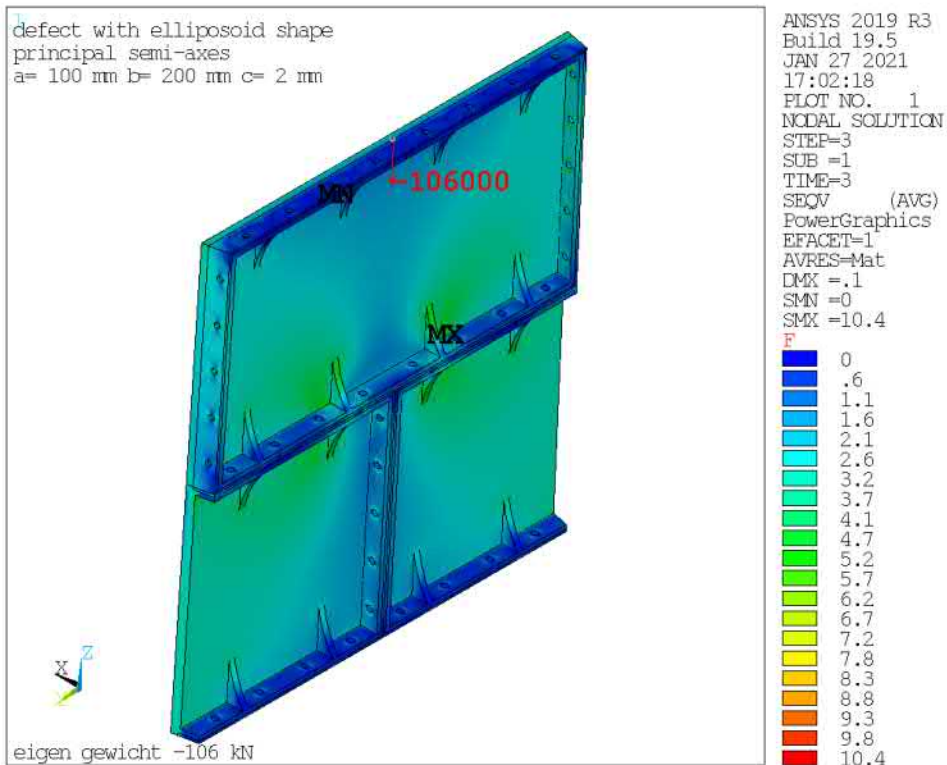
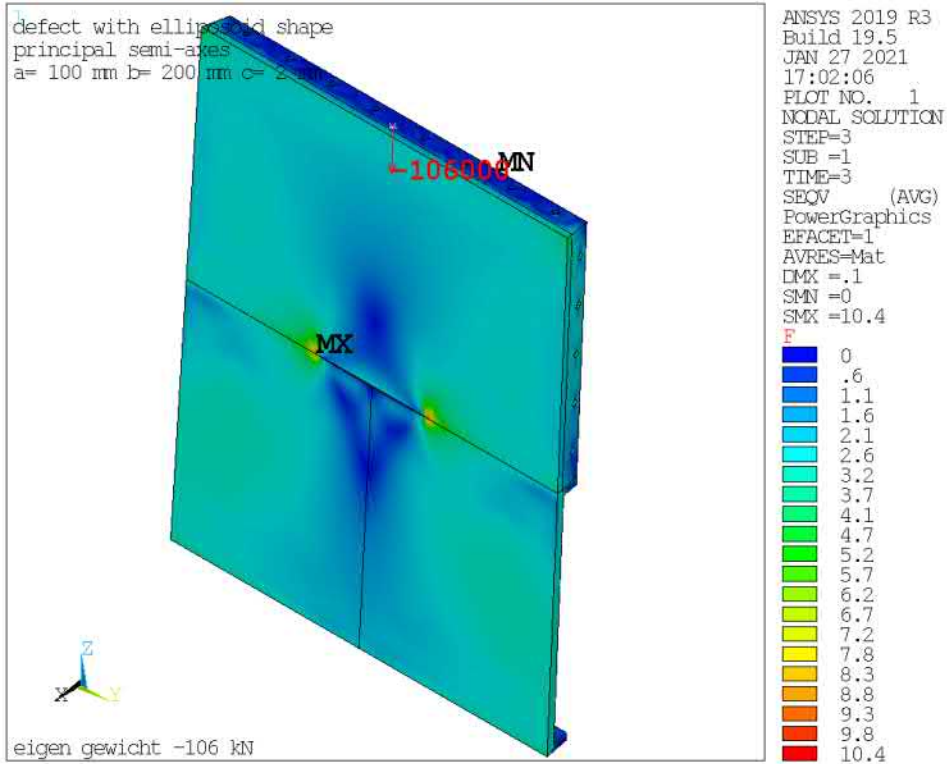
sz [N/mm²]



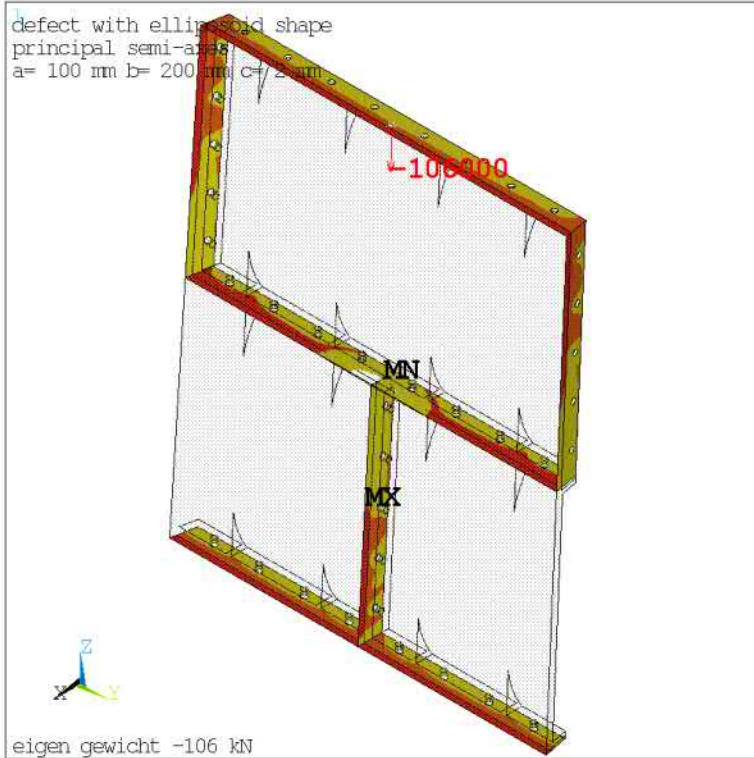
15.6 ANSYS detailmodel 4 verbinding tussen panelen met spleet (ellipsoïde vorm)

$a=0.5*L=100$ [mm], $b=0.5*B=200$ [mm], $c=0.5*H=2.0$ [mm]

eigen gewicht -106 kN (zie uitvoer globaal model)

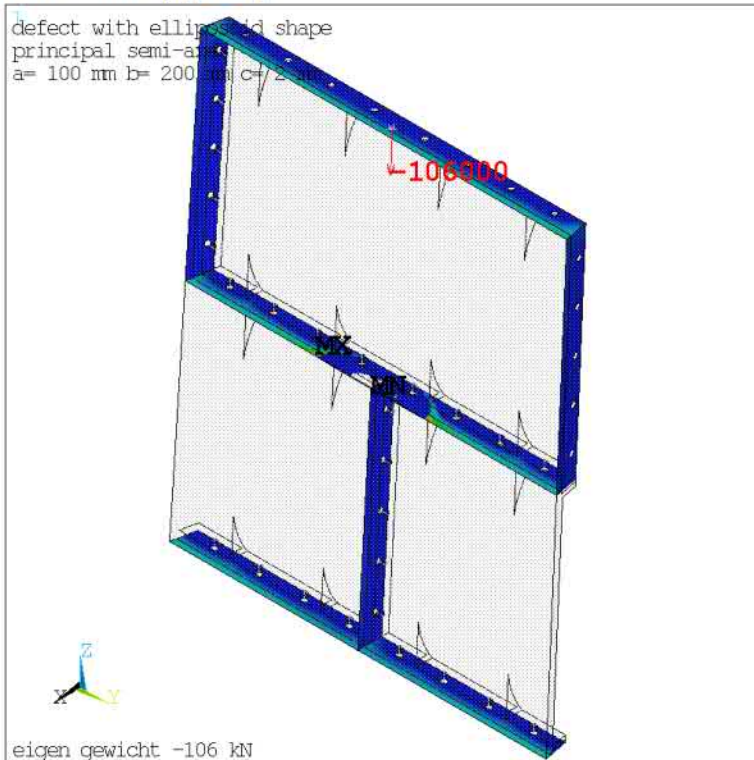


Contact status



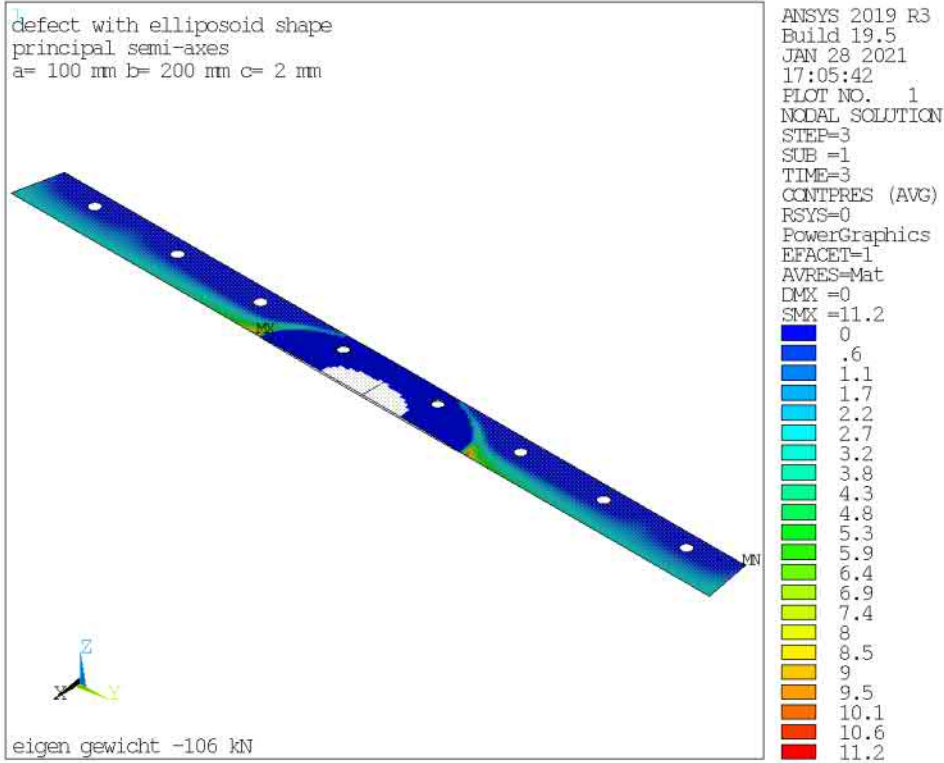
ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 27 2021
17:02:33
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=3
SUB =1
TIME=3
CONTSTAT (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =.1
SMN =.2
SMX =3
F
■ FarOpen
■ NearContact
■ Sliding
■ Sticking

Contact druk [N/mm²]

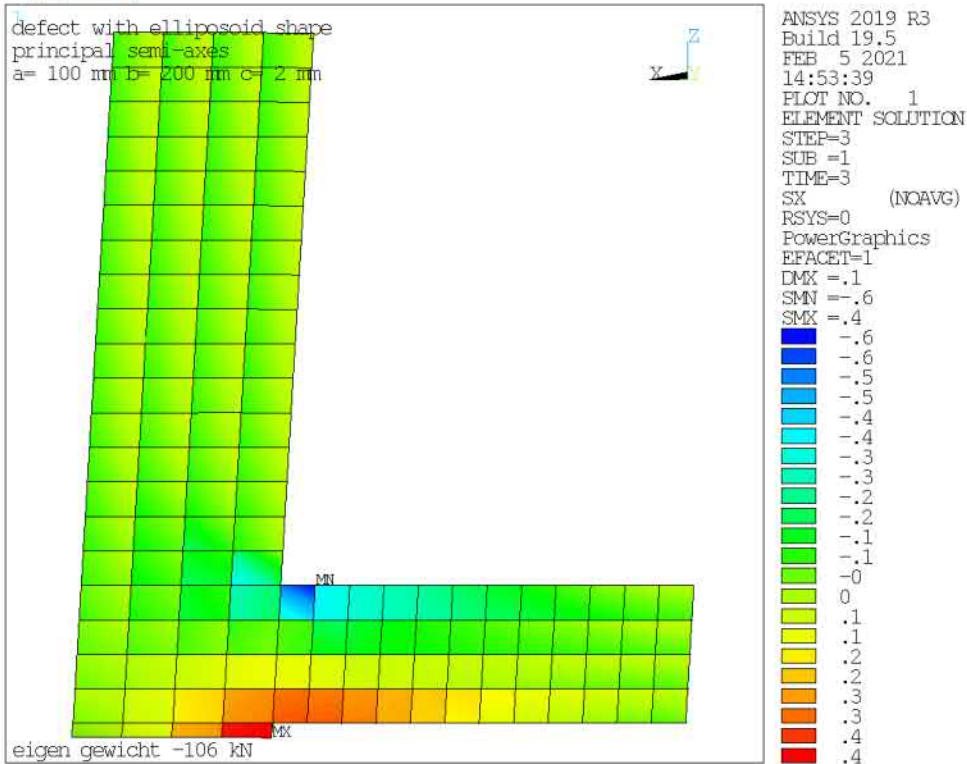


ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 27 2021
17:02:43
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=3
SUB =1
TIME=3
CONTPRES (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =.1
SMX =11.2
F
■ 0
■ .6
■ 1.1
■ 1.8
■ 2.3
■ 2.8
■ 3.4
■ 3.9
■ 4.5
■ 5.1
■ 5.6
■ 6.1
■ 6.7
■ 7.3
■ 7.8
■ 8.4
■ 8.9
■ 9.5
■ 10.1
■ 10.6
■ 11.2

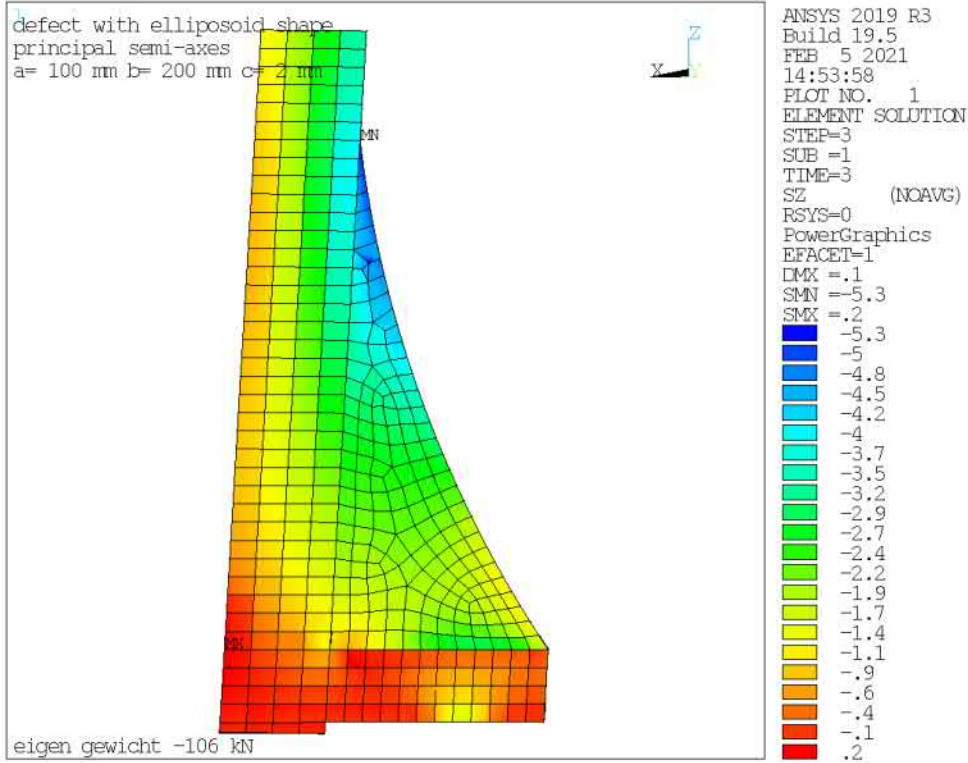
Contact druk [N/mm²]



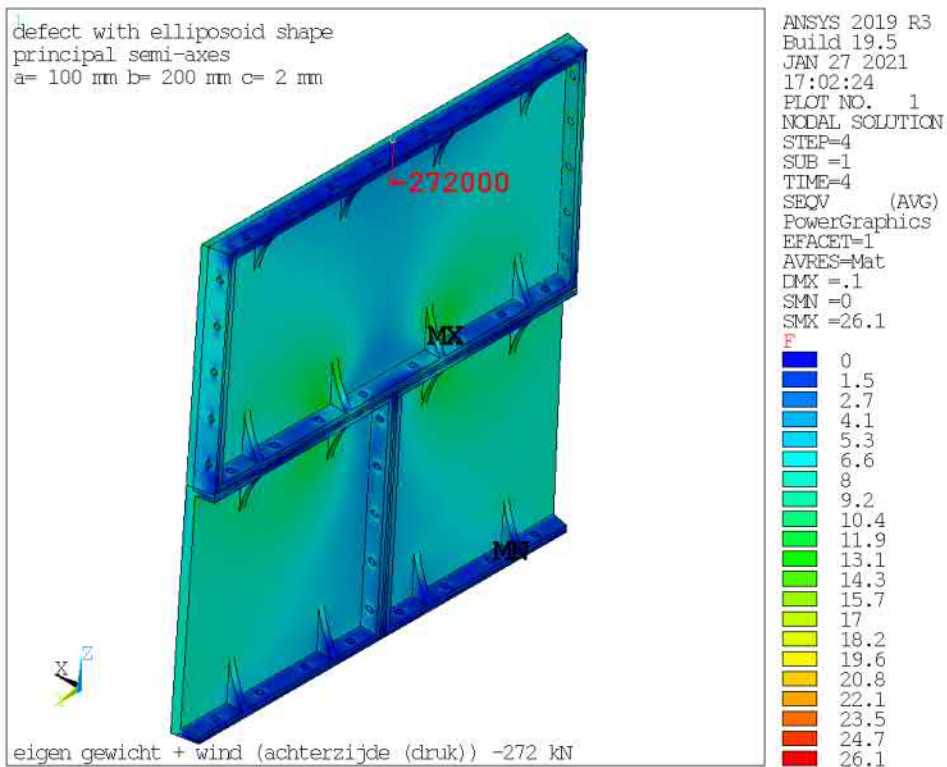
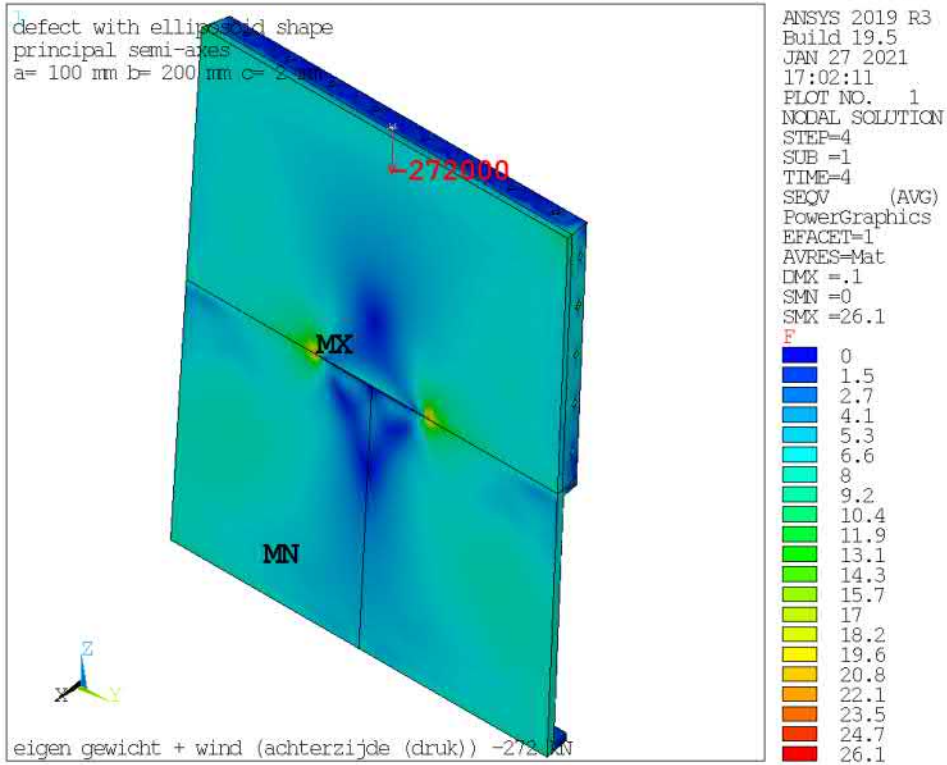
sx [N/mm²]



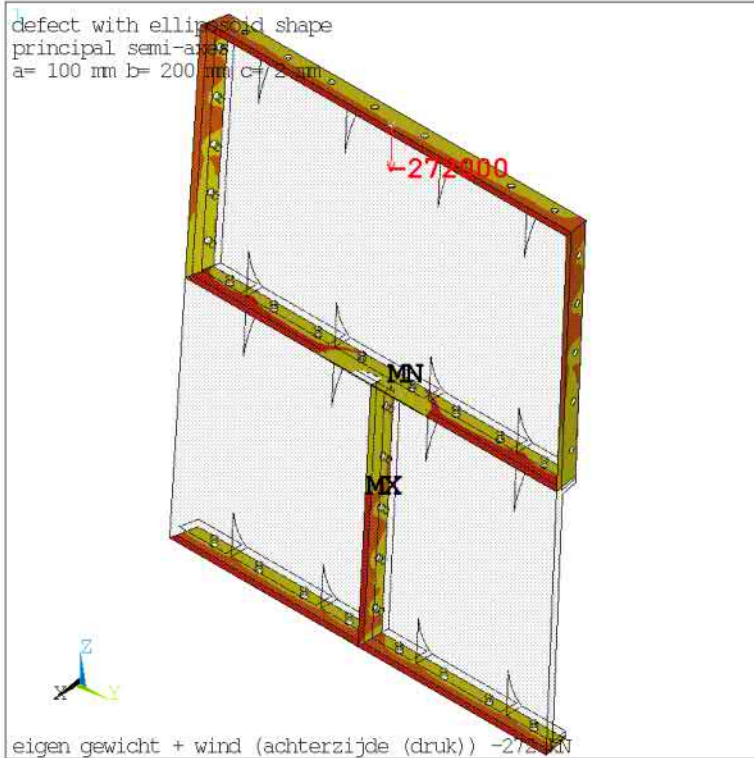
sz [N/mm²]



eigen gewicht + wind (achterzijde (druk)) -272 kN (zie uitvoer globaal model)

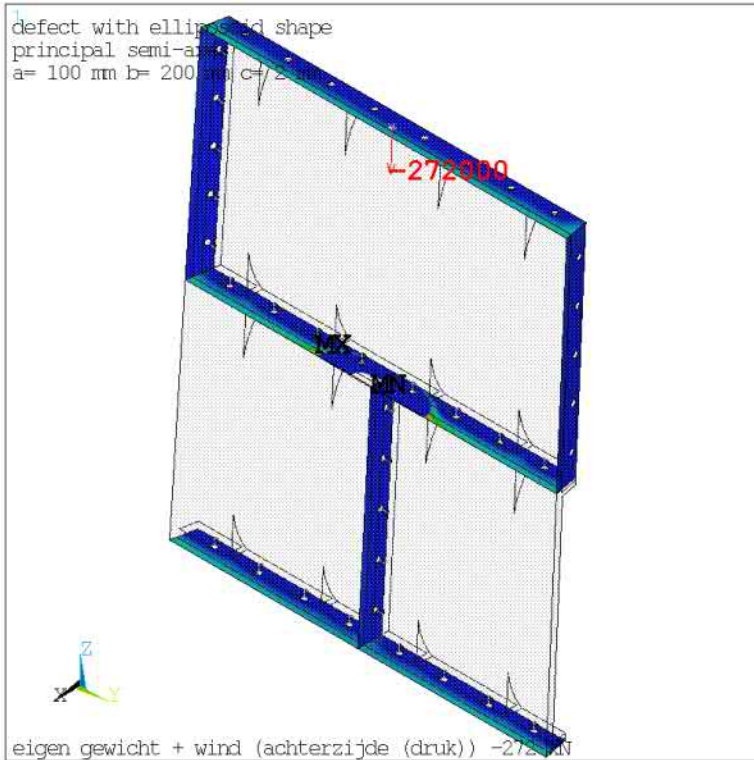


Contact status



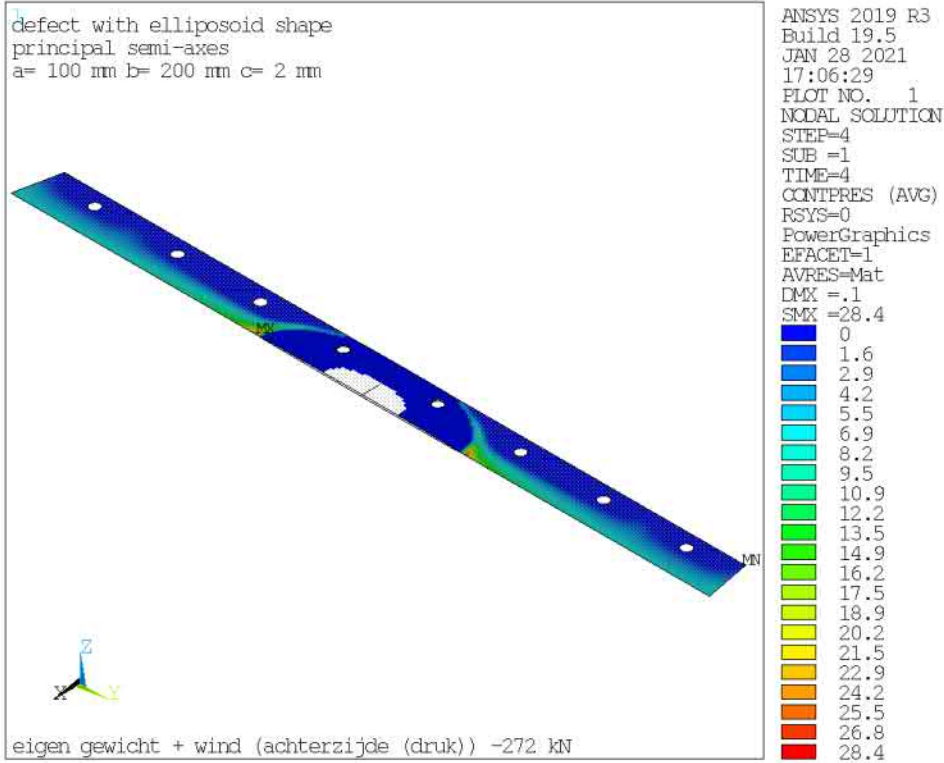
ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 27 2021
17:02:38
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=4
SUB =1
TIME=4
CONTSTAT (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =.1
SMN =.2
SMX =3
F
■ FarOpen
■ NearContact
■ Sliding
■ Sticking

Contact druk [N/mm²]

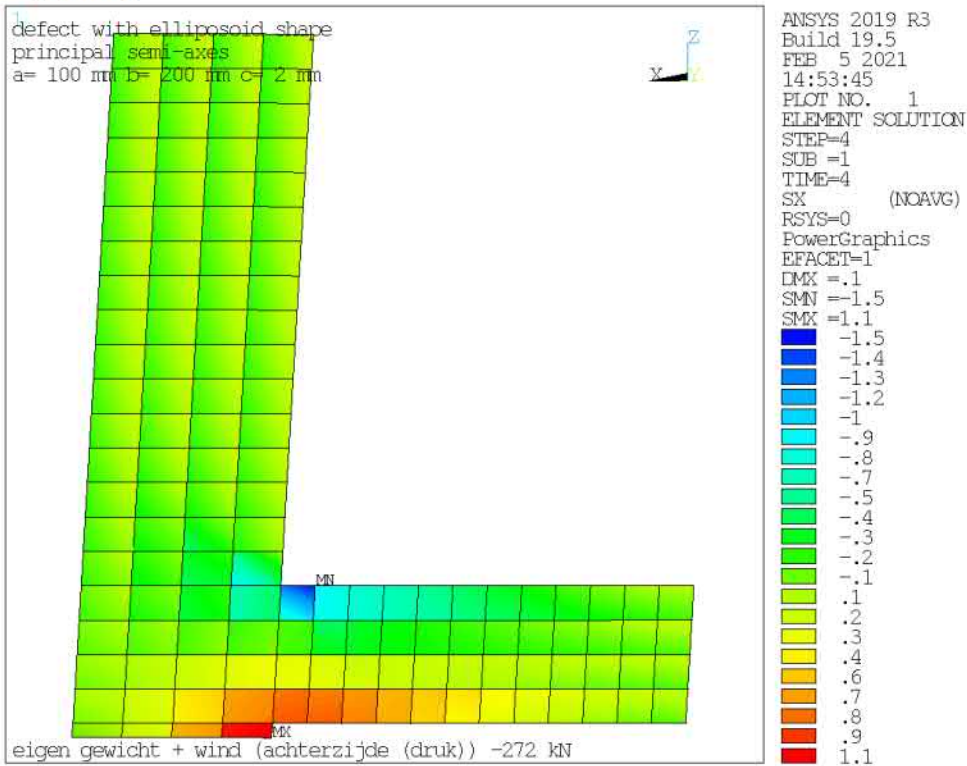


ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 27 2021
17:02:48
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=4
SUB =1
TIME=4
CONTPRES (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =.1
SMX =28.4
F
■ 0
■ 1.6
■ 2.9
■ 4.4
■ 5.8
■ 7.1
■ 8.7
■ 10
■ 11.3
■ 12.9
■ 14.2
■ 15.5
■ 17.1
■ 18.4
■ 19.7
■ 21.3
■ 22.6
■ 24
■ 25.5
■ 26.8
■ 28.4

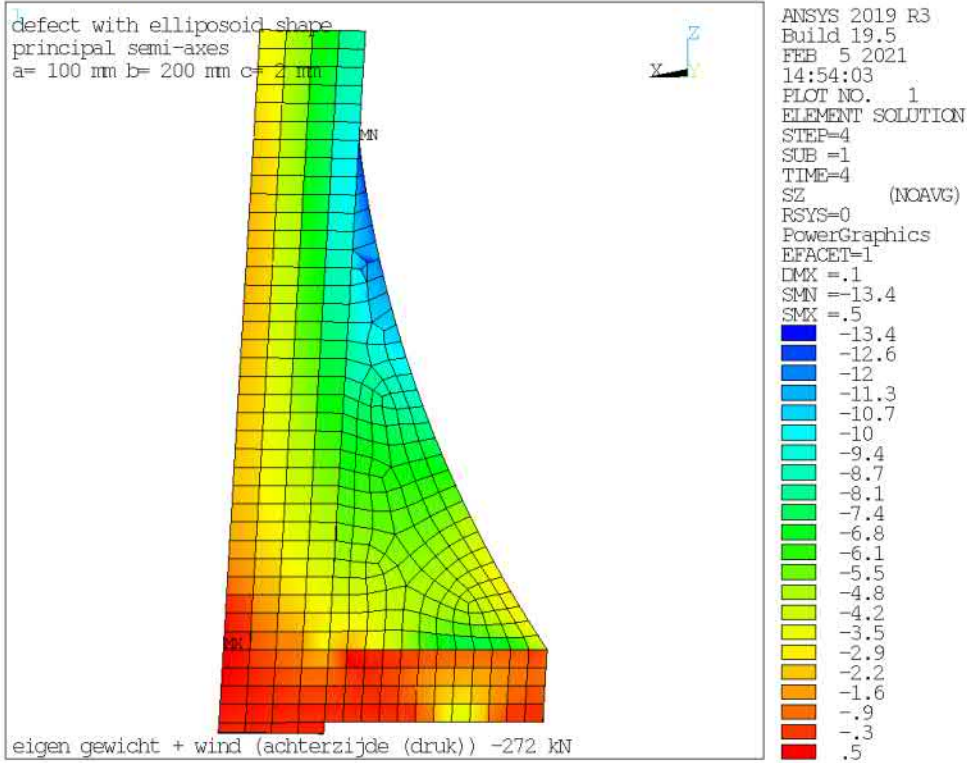
Contact druk [N/mm²]



sx [N/mm²]



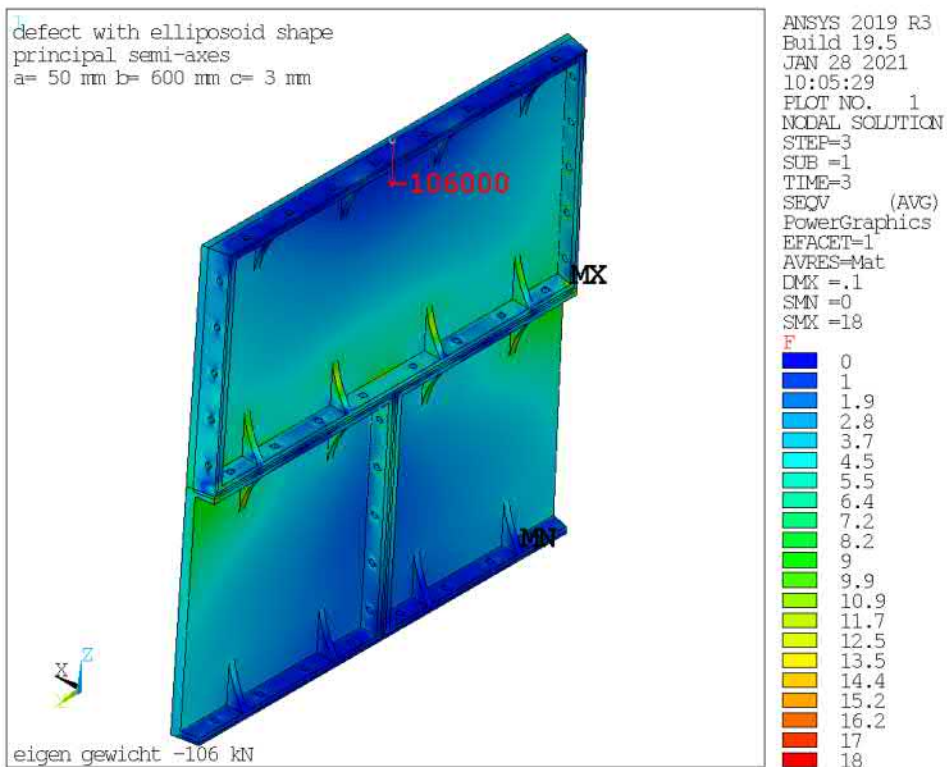
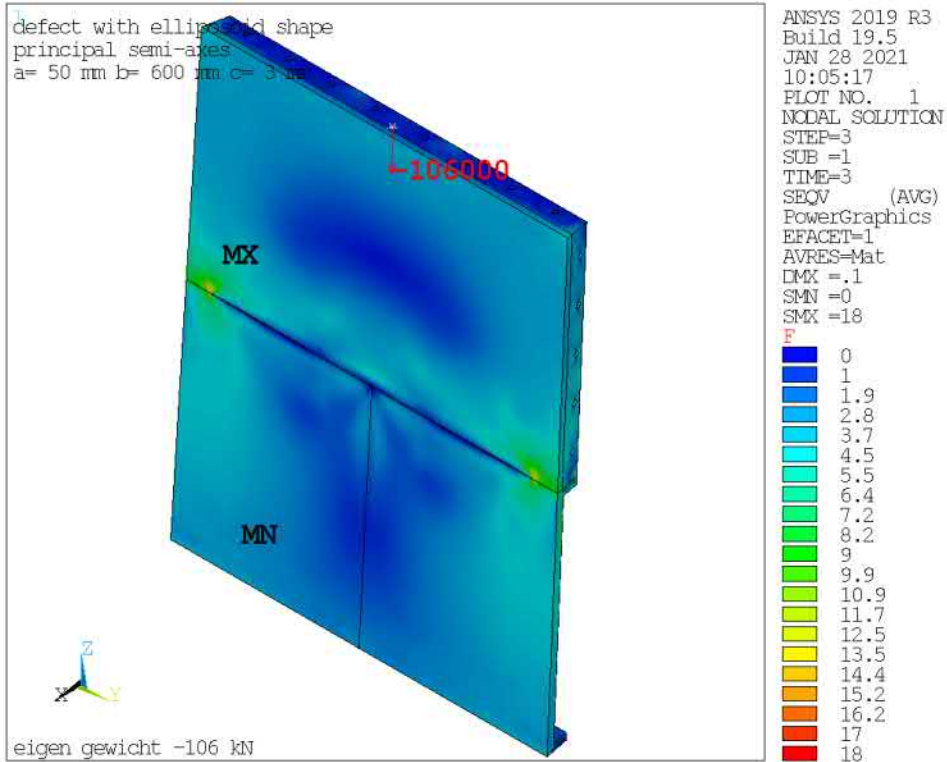
sz [N/mm²]



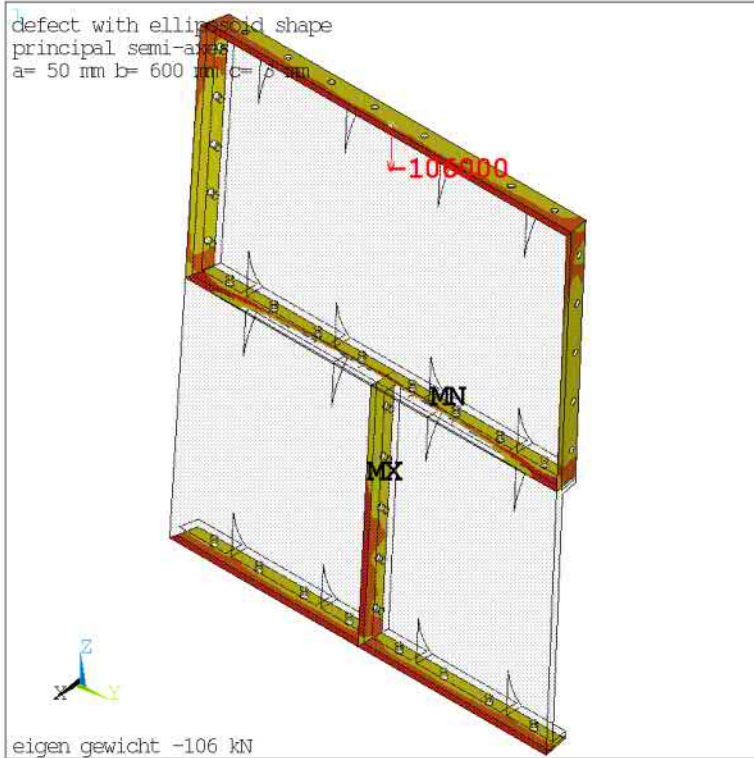
15.7 ANSYS detailmodel 5 verbinding tussen panelen met spleet (ellipsoïde vorm)

$a=0.5*L=50$ [mm], $b=0.5*B=600$ [mm], $c=0.5*H=3.0$ [mm]

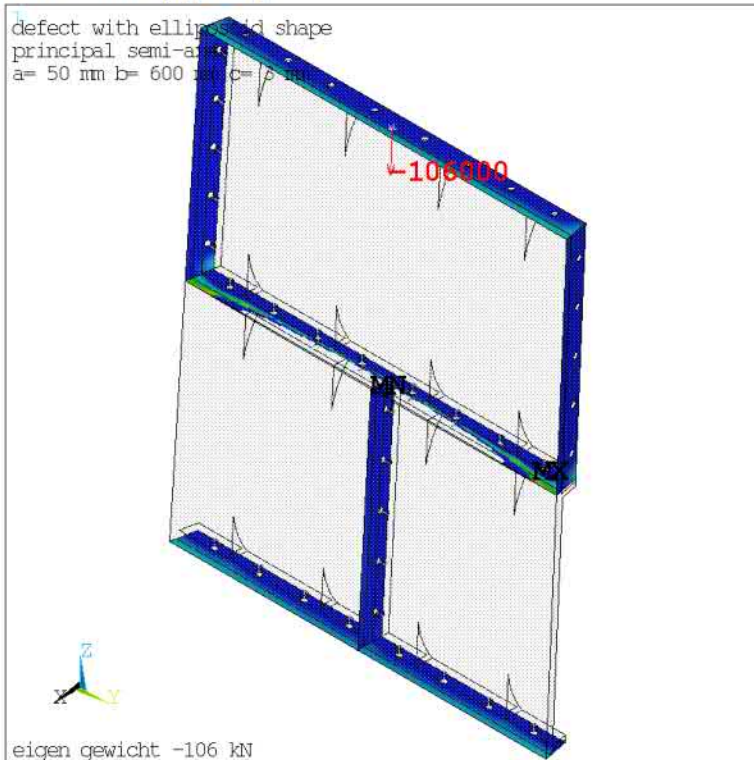
eigen gewicht -106 kN (zie uitvoer globaal model)



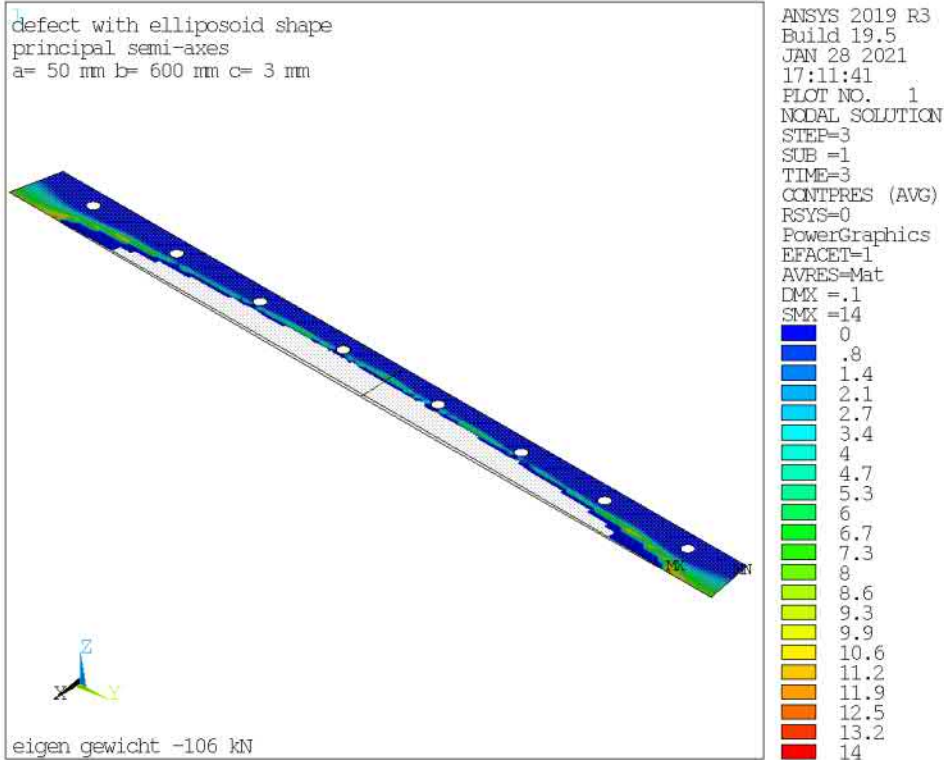
Contact status



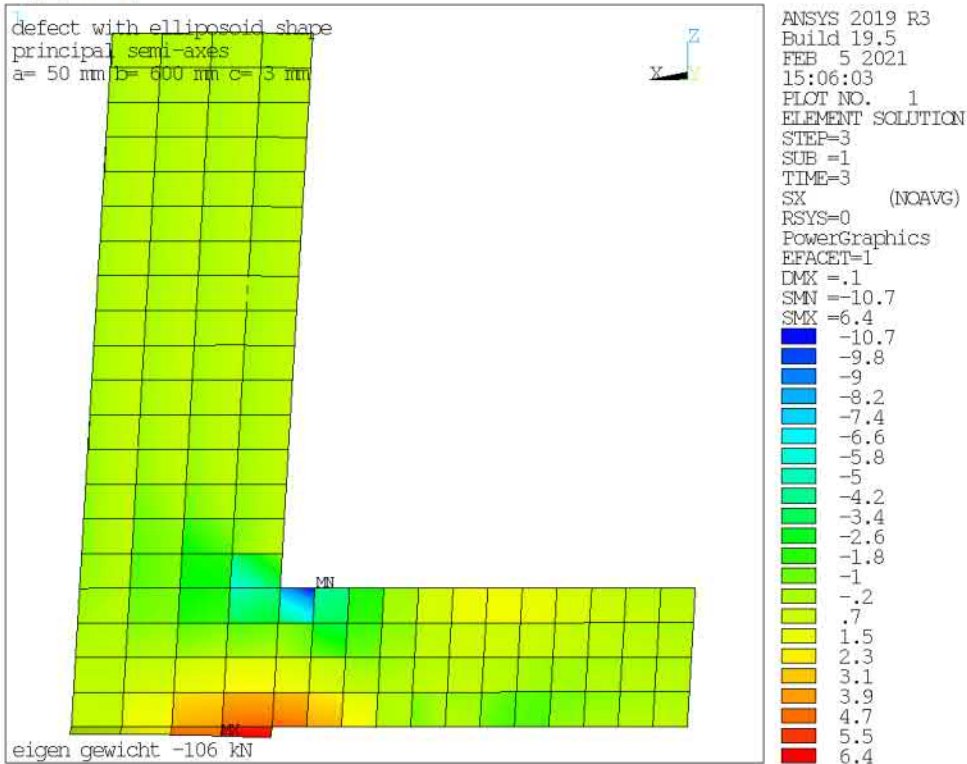
Contact druk [N/mm²]



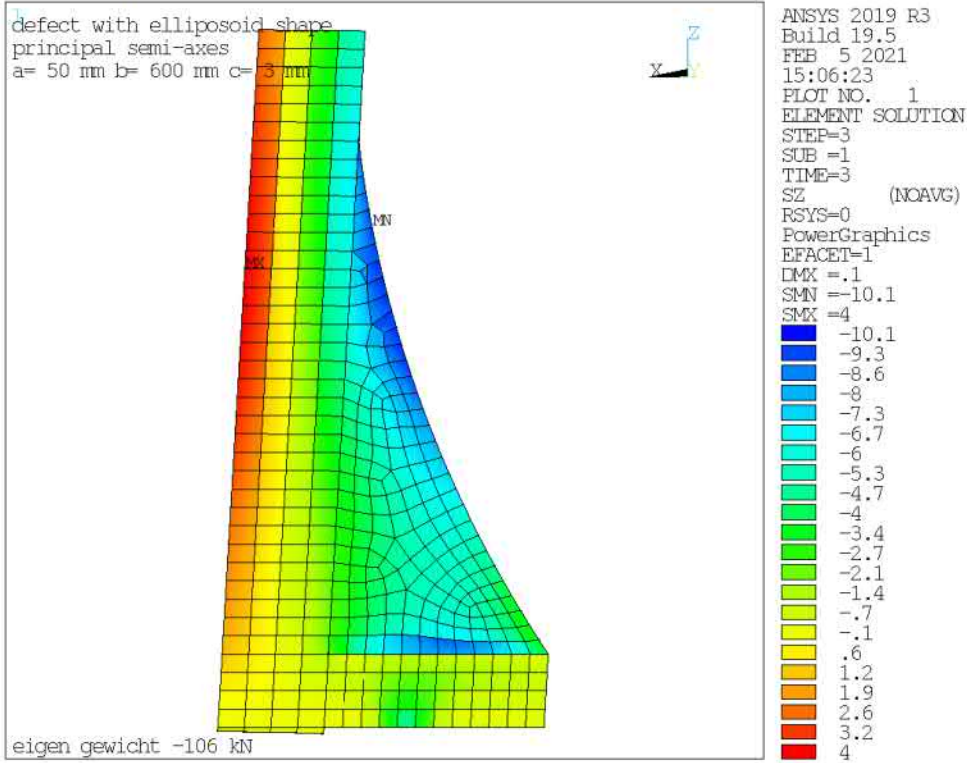
Contact druk [N/mm²]



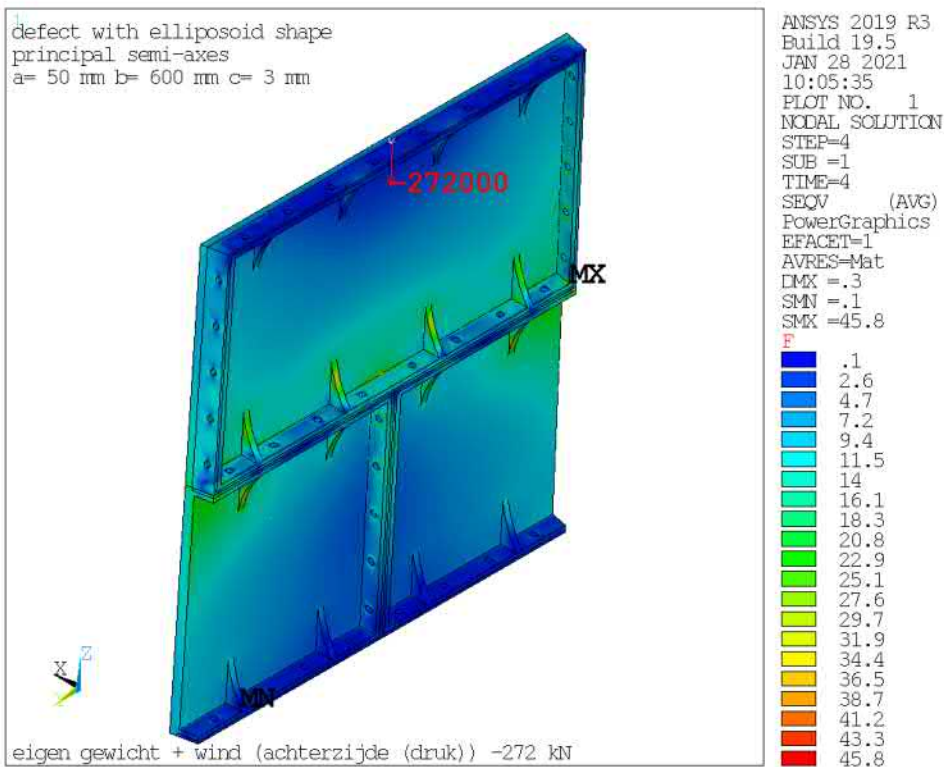
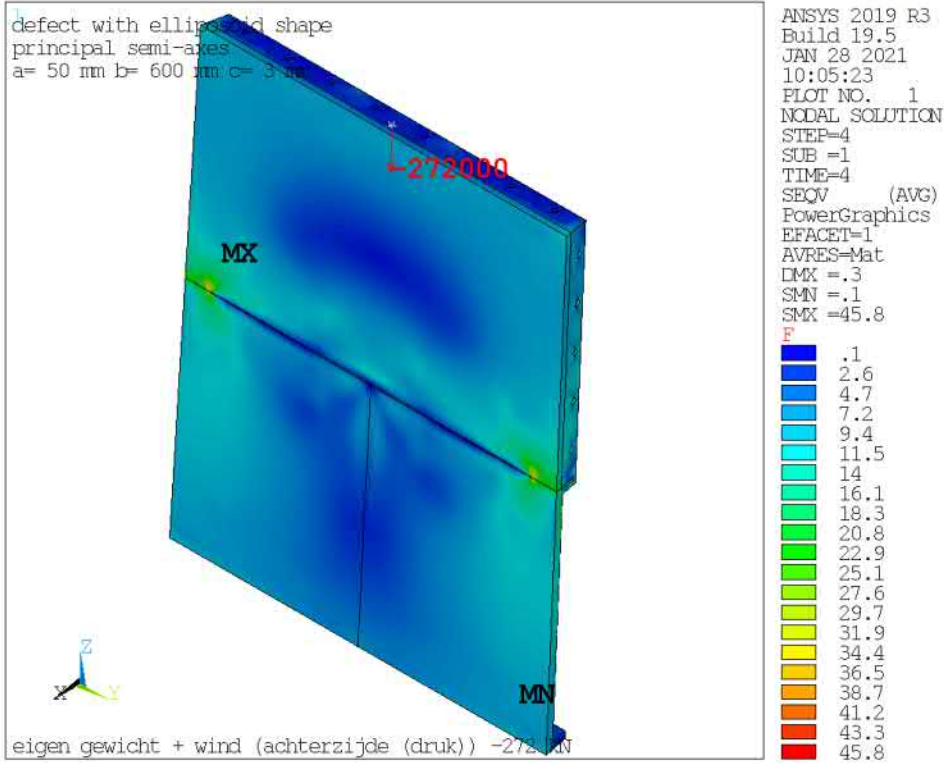
sx [N/mm²]



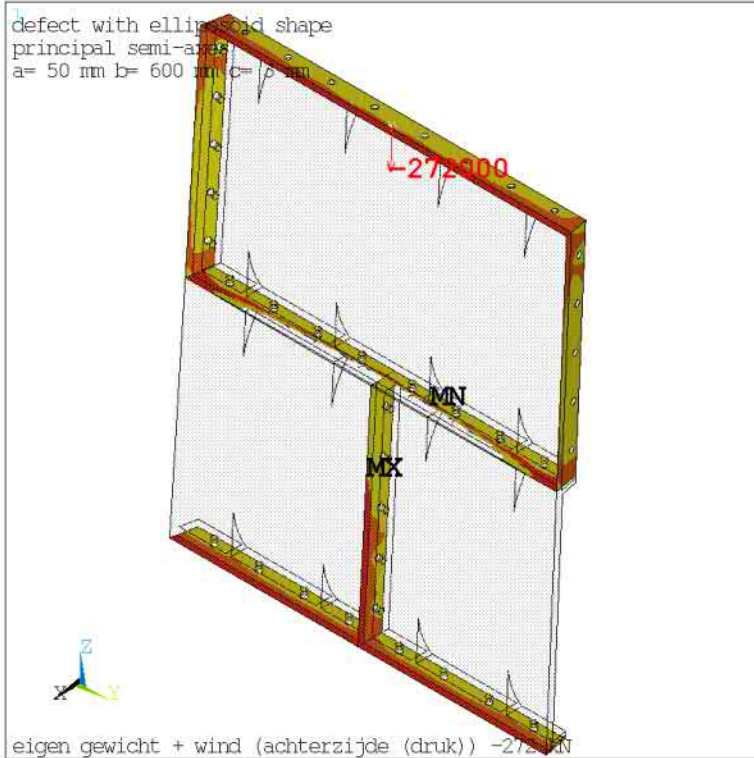
sz [N/mm²]



eigen gewicht + wind (achterzijde (druk)) -272 kN (zie uitvoer globaal model)

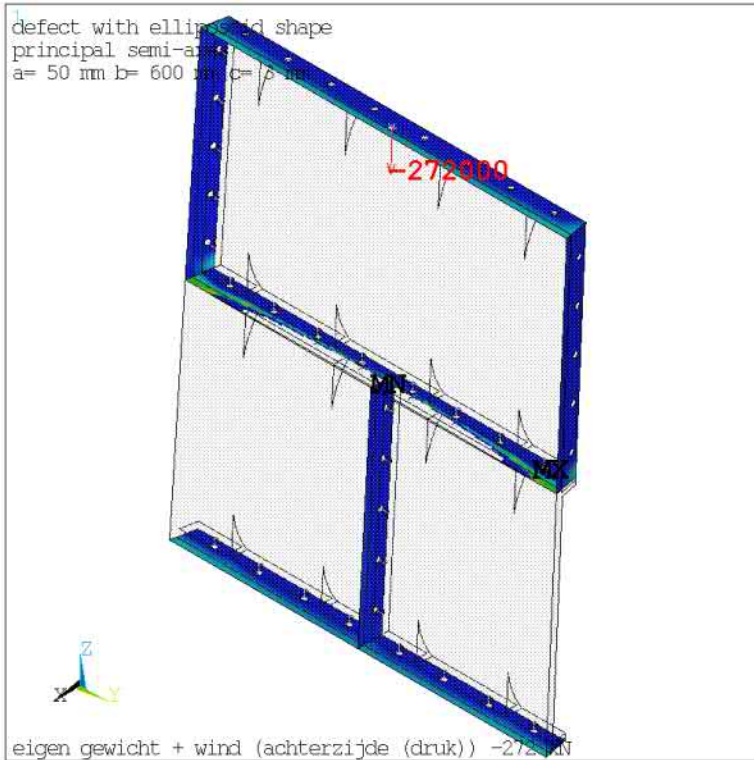


Contact status



ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 28 2021
10:05:49
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=4
SUB =1
TIME=4
CONTSTAT (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =.3
SMN =.2
SMX =3
F
FarOpen
NearContact
Sliding
Sticking

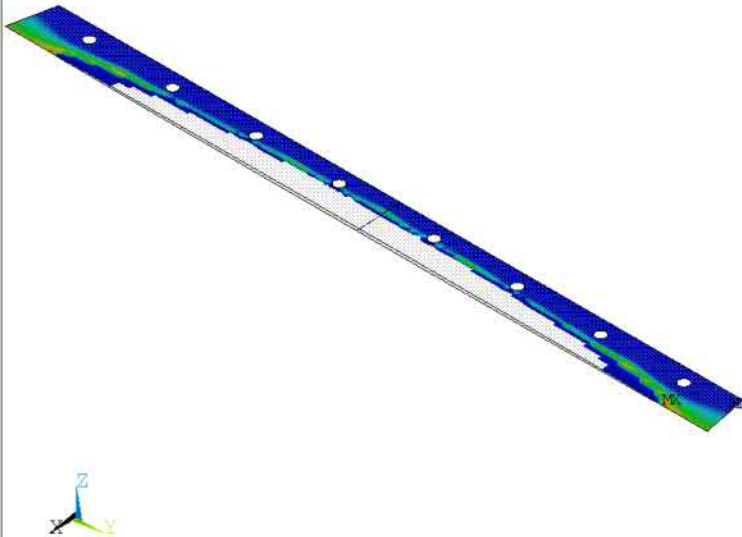
Contact druk [N/mm²]



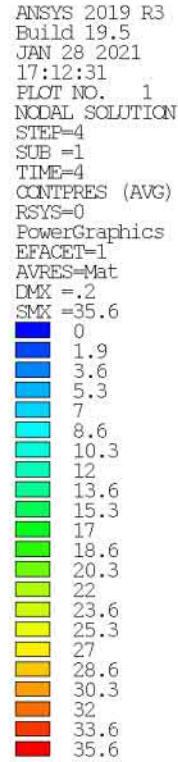
ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 28 2021
10:05:59
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=4
SUB =1
TIME=4
CONTPRES (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =.3
SMX =35.6
F
0
1.9
3.6
5.6
7.2
8.9
10.8
12.5
14.2
16.1
17.8
19.5
21.4
23.1
24.7
26.7
28.4
30
32
33.6
35.6

Contact druk [N/mm²]

defect with elliposoid shape
principal semi-axes
a= 50 mm b= 600 mm c= 3 mm

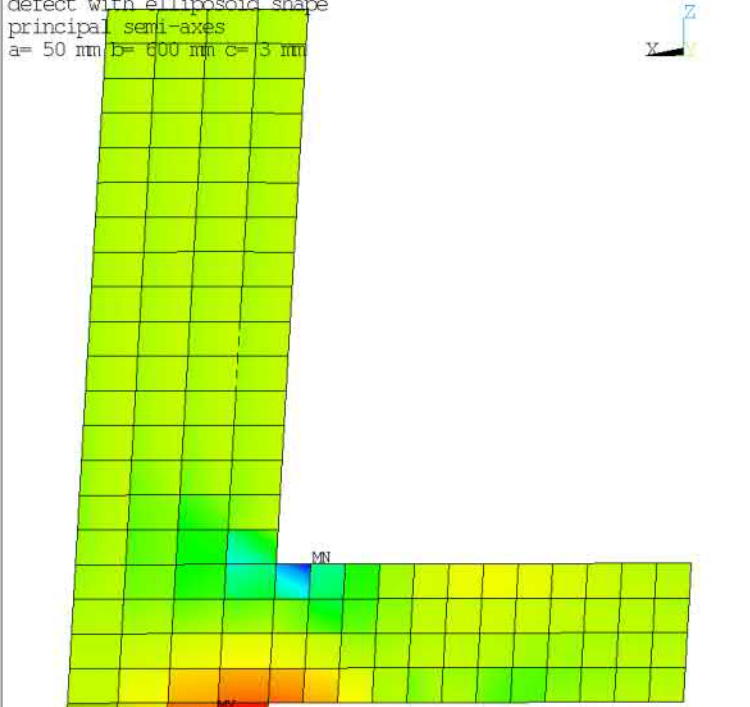


eigen gewicht + wind (achterzijde (druk)) -272 kN

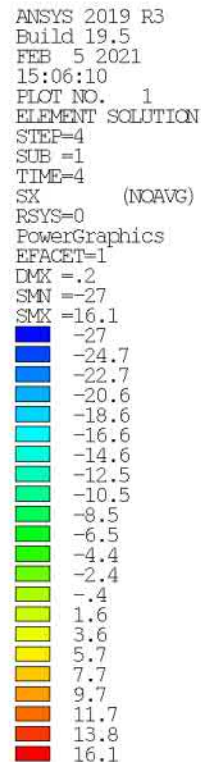


sx [N/mm²]

defect with elliposoid shape
principal semi-axes
a= 50 mm b= 600 mm c= 3 mm



eigen gewicht + wind (achterzijde (druk)) -272 kN



sz [N/mm²]

