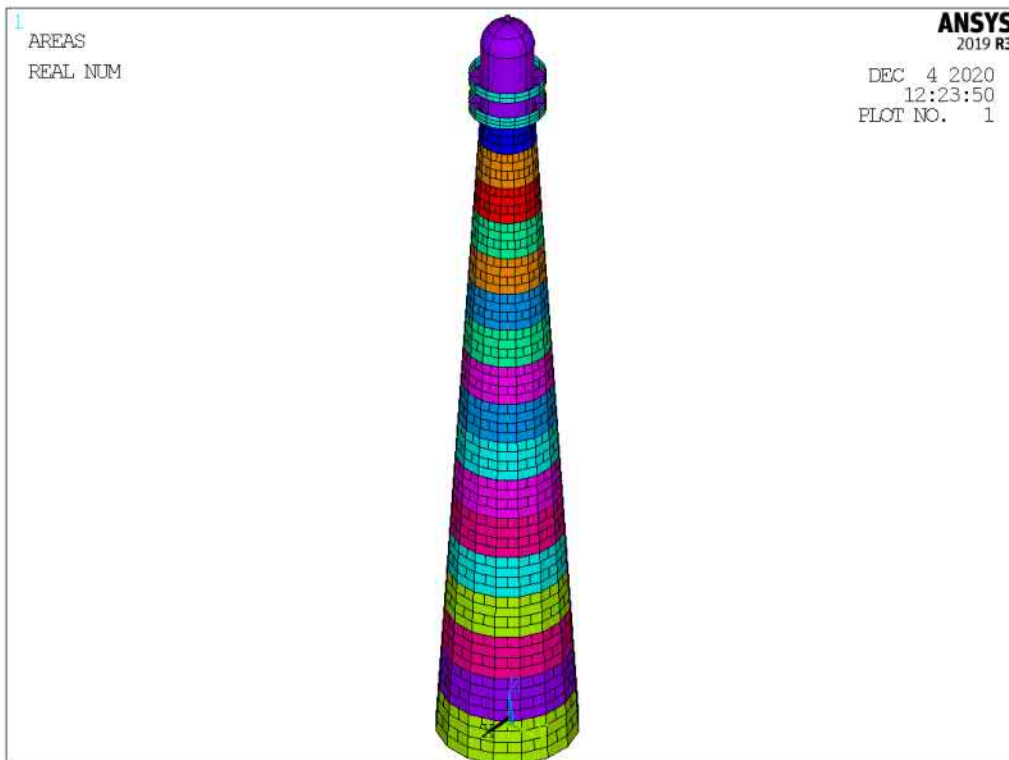


RWS
Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap
Kijkduin, Den Helder



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

Documentnr.	2020012-01	Revisie	05
Datum	04-02-2022		
		Datum	Paraaf
Auteur		04-02-2022	
Gecontroleerd		04-02-2022	

 Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 05
	Structural check	Datum : 04-02-2022 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 [redacted] 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 [redacted] gedeeltelijk verwerkt. Modelreeks toegevoegd met resultaten van verschillende globale modellen met losliggende vloeren.	05-02-2021
4		Structural Engineer	Aanvullende berekeningen uitgevoerd met het globale model t.a.v. stabiliteit toren onder invloed van verticale scheuren. Aanvullende detailberekeningen t.a.v. langere horizontale spleetvorming en horizontale spleetvorming op meerdere niveaus.	06-10-2021
5		Structural Engineer	Aanvullende berekeningen uitgevoerd n.a.v. gesprek met [redacted] en [redacted] op 11-12-2021 en overleg met RWS met het globale model. Het globale model is uitgebreid met deur + raamopeningen en trapgaten, de berekeningen vergroten het inzicht in de stabiliteit van de toren en de optredende spanningen onder invloed van verticale scheuren. Er is een verschil in het scheurpatroon en de scheurlocatie met eerdere berekeningen omdat de aanvullingen in revisie 4 zich 1 verdieping hoger bevonden dan waar ze in werkelijkheid waargenomen zijn. Dit heeft met de nummering van de lagen te maken, dus laag 1 = begane grond, hier is verwarring over ontstaan en de locatie was dus verkeerd geïnterpreteerd.	04-02-2022

	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 05
	Structural check	Datum : 04-02-2022 Pagina : 3
Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com		

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
1.1	Leeswijzer	6
2	Conclusies en aanbevelingen	8
3	Modelbeschrijving ANSYS FE model "Lange Jaap", vuurtoren Huisduinen/ den Helder.	10
3.1	Referenties:.....	11
3.2	Normen:.....	11
3.3	Wanddiktes	12
3.4	Globaal ANSYS FE model	13
3.4.1	eigenschappen gietijzer in ANSYS model:	15
4	Eigenfrequenties	16
5	Aangebrachte belastingen	18
6	Oplegreacties en interface krachten	25
7	Spanningen (SZ)	26
8	Vervormingen	33
9	Knoopspanningen buitenwand vuurtoren op y=0.....	35
10	Bepalen maximale veilige windsnelheid (storm)	41
10.1	Windroos De Kooy 1991-2020 (30 jr).....	45
10.2	Grafieken met verticaal spanningen (SZ) op y=0 t.g.v. eigen gewicht + wind	48
10.3	Bepalen kritische trekspanning in buitenwand Lange Jaap bij alle bouten aanwezig (uitgangssituatie)	52
11	Globaal model met losliggende vloeren	53
11.1	Conclusie	53
11.2	Globaal model met vloeren op trek/druk aangesloten	55
11.3	Globaal model met vloeren op druk alleen aangesloten	58
11.4	Globaal model met 1.25mm vooropening tussen wand en vloeren	64
11.5	Globaal model met 2.50mm vooropening tussen wand en vloeren	70
11.6	Globaal model met 25.0mm vooropening tussen wand en vloeren	76
12	Globaal model zonder tussenvloeren die verbinding vormen tussen kuip en buitenwand.	82
12.1	Grafieken met verticaal spanningen (SZ) op y=0	87
13	Detailmodel verbinding tussen wandpanelen	93
13.1	Vergelijk eigenschappen gietijzer in verschillende normen/publicaties	100
14	ANSYS detailmodel verbinding tussen panelen	102
15	Detailmodellen met spleet tussen contactvlakken	110
15.1	Globale uitleg vorm horizontale gemodelleerde spleet tussen contactvlakken in horizontale deling van wandpanelen	110
15.2	Conclusie	111
15.3	referentie detailmodel 1 zonder spleet	112
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]	120
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]	128
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]	136
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]	144
16	Analyse op basis van Phased Array rapport van boutverbindingen (INFRAINSPECTIE)	152
16.1	Conclusies t.a.v. inspectie INFRAINSPECTIE	153
17	Analyse op basis van rapportage NEBEST t.a.v. stabiliteit buitenwand (knik/plooi)	154
17.1	Tabel met berekende n-waardes	156
17.2	scheur tussen verdieping 3 en 4	157
17.2.1	Model A verticale scheur over 1 paneel	157

17.2.2	Model B verticale scheur over 2 panelen	158
17.2.3	Model C verticale scheur over 4 panelen	160
17.3	scheur tussen verdieping 9 en 10	162
17.3.1	Model D verticale scheur over 1 paneel.....	162
17.3.2	Model E verticale scheur over 2 panelen	163
17.3.3	Model F verticale scheur over 4 panelen	165
18	Detailmodel met 3 panelen over de hoogte, voor bekijken langere spleetlengtes	167
18.1	Model met 1 spleet (1 onder het middelste paneel)	170
18.1.1	Eigen gewicht + wind (achterzijde (druk))	170
18.2	Model met 2 spleten (1 boven en 1 onder het middelste paneel).....	171
18.2.1	Eigen gewicht	171
18.2.2	Eigen gewicht + wind (achterzijde (druk))	173
19	Globaal model, met raam en deuropeningen + trappgaten.....	175
19.1	Referentiemodel zonder scheur, 11 vloeren scharnierend, laag 3 en 4 verfijnd (mesh 25-75 [mm]).....	176
19.1.1	Model	176
19.1.2	Spanningen.....	178
19.2	Globaal model, 11 vloeren scharnierend, met scheur over laag 3 en 4 (mesh 25-75 [mm]).	182
19.2.1	Model	182
19.2.2	Spanningen.....	183
19.2.3	Buckling	186
19.3	Globaal model, 11 vloeren scharnierend, met verticale scheur over 8 panelen met fijnere mesh (25mm) op laag 3 en 4 (invloed elementverfijning), met steunen	196
19.3.1	Model	196
19.3.2	Spanningen.....	198
19.3.3	Buckling	200
19.4	Globaal model, 15 Vloeren scharnierend, geen vooropening, met steunen	209
19.4.1	Model	209
19.4.2	Spanningen.....	210
19.4.3	Buckling	213
19.5	Globaal model, 15 Vloeren scharnierend, 25mm vooropening, model met verticale scheur over 1 paneel, laag 3 rij 4, mesh op laag 3 en 4 25 [mm], met steunen	216
19.5.1	Model	216
19.5.2	Vervorming.....	217
19.5.3	Spanningen.....	217
19.6	Globaal model, 15 Vloeren scharnierend, geen vooropening, model met verticale scheur over 1 paneel, laag 3 rij 4, mesh op laag 3 en 4 25 [mm], met steunen	223
19.6.1	Model	223
19.6.2	Spanningen.....	224
19.6.3	Buckling	227
19.7	Globaal model, 15 vloeren scharnierend, 25mm vooropening, model met verticale scheur over 8 panelen, mesh laag 3 en 4 25 [mm], met steunen.....	232
19.7.1	Model	232
19.7.2	Vervormingen.....	233
19.7.3	Spanningen.....	233
19.8	Globaal model, 15 vloeren scharnierend, geen vooropening, model met verticale scheur over 8 panelen, mesh laag 3 en 4 25 [mm], zonder steunen	238
19.8.1	Model	238
19.8.2	Spanningen.....	240
19.8.3	Buckling	245
19.9	Globaal model, 15 Vloeren scharnierend, 25mm vooropening, model met verticale scheur over 8 panelen, mesh laag 3 en 4 25 [mm], zonder steunen	251
19.9.1	Model	251
19.9.2	Spanningen.....	253

 Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 05
	Structural check	Datum : 04-02-2022 Pagina : 5

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).

Naar aanleiding van het onderzoek door Nebest (sept 2021) is dit document uitgebreid t.a.v. gevolgen van verticale scheuren. Verder is er het Phased Array rapport van de boutverbindingen uitgevoerd door INFRAINSPECTIE, deze informatie is vergeleken met de rekenkundige onderbouwing t.a.v. "veilige" windsnelheid.

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. : 05
	Structural check	Datum : 04-02-2022 Pagina : 6

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. : 05
	Structural check	Datum : 04-02-2022 Pagina : 7

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.
16	Analyse op basis van Phased Array rapport van boutverbindingen (INFRAINSPECTIE)	Dit hoofdstuk geeft inzicht in hoeveel bouten er bezweken of beschadigd zijn.
17	Analyse op basis van rapportage NEBEST t.a.v. stabiliteit buitenwand (knik/plooi)	Dit hoofdstuk geeft inzicht in de gevoeligheid van verticale scheurlengte en de theoretische (Eulerse) vergrotingsfactor op de belastingen (n-waarde)
18	Detailmodel met 3 panelen over de hoogte, voor bekijken langere spleetlengtes	Dit hoofdstuk geeft inzicht in het gedrag van de panelen onderling bij grotere spleetvorming dan eerder beschouwd.
19	Globale modellen om invloed van raam + deuropeningen en trapgaten in combinatie met een mogelijk scheurpatroon te onderzoeken.	Dit hoofdstuk geeft inzicht in de gevoeligheid van verticale scheurlengte en de theoretische (Eulerse) vergrotingsfactor op de belastingen (n-waarde) in samenhang met de optredende spanningen in de wand.

 Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 05
	Structural check	Datum : 04-02-2022 Pagina : 8

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. Uit het Phased Array rapport van de boutverbindingen komt naar voren dat een significant deel van de bouten gebroken of zwaar aangetast is. Middels proeven op locatie is gebleken dat vervangen van de bouten buitengewoon moeizaam is.

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 (zwelroest) 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.

In hoofdstuk 16 zijn aan de rapportage van INFRATECHNIEK kolommen toegevoegd om het percentage gescheurde/aangetaste bouten te bepalen per deling. Deze info is niet verder vergeleken met de uitgebreide rapportage van NEBEST omdat deze op dit moment nog niet in ons bezit is. Dus of scheurlocatie een causaal verband hebben met gefaalde bouten kunnen wij nu onvoldoende beoordelen. Een gedeelte van de scheuren gevonden door NEBEST zijn al langer in de constructie aanwezig, het aantal en de lengte neem progressief toe in de tijd. In hoofdstuk 17 is op basis van een beknopte scheurrapportage van NEBEST een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd t.a.v. knik/plooi van de buitenwand van de lange Jaap. In hoofdstuk 18 is gekeken naar grotere spleetlengtes en het effect

 Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 05
	Structural check	Datum : 04-02-2022 Pagina : 9

daarvan op de optredende spanningen. Hieruit valt af te leiden dat het risico op scheurvorming en/of bezwijken in de tijd exponentieel toeneemt. In hoofdstuk 19 zijn de aanvullende analyses opgenomen, die uitgevoerd zijn om de gevoeligheid t.a.v. scheurgroei en stabiliteit van de vuurtoren verder in kaart te brengen n.a.v. vragen van [redacted] en [redacted].

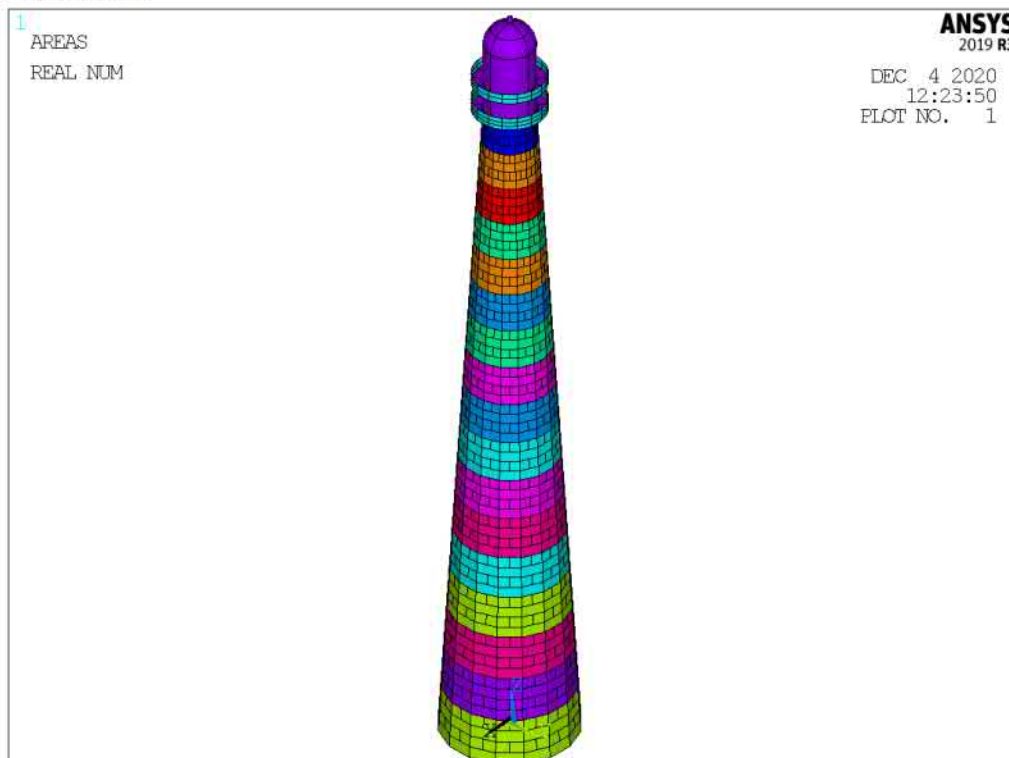
Noot: Zelfs met het per direct doorvoeren van monitoring en vervangen van gescheurde bouten, is het niet zeker dat de toren behouden kan worden, gelet op de aard en de omvang van de schades en de beginnende scheurvorming in de buitenwand. Bouten zijn vervangbaar maar van scheurvorming in de wanden is nog niet bekend of deze beheerst kunnen worden. De scheuren in de hoeken t.p.v. de knik in de buitenpanelen zou met behulp van een patch van staal/gietijzer met epoxy ertussen (tijdelijk) verstevigd kunnen worden zodat het risico op plotseling bezwijken t.g.v. plooi verminderd of weggenomen kan worden. Het verwijderen van de bouten middels losdraaien en of uitpersen blijkt praktisch niet mogelijk te zijn. Een alternatief hiervoor is het uitboren middels een hand of kernboormachine, helaas zijn in de laatste categorie machines niet direct voorbeelden die zo dicht op de wand kunnen boren niet, deze zal waarschijnlijk speciaal voor dit doel aangepast of ontwikkeld moeten worden. Dit kan in samenwerking met een machinefabriek of bedrijf in on-site machining. Om het zwellen van de voegen te beperken of toename daarvan te stoppen moeten de voegen afgedicht worden aan de buitenzijde en aan de binnenzijde moet er conditionering worden aangebracht. De losliggende vloeren kunnen voor de kortere termijn het beste door gestempeld worden. Verdere beschouwingen t.a.v. levensduurverlenging of afbreken vormen (nog) geen onderdeel van dit rapport.

 Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 05
	Structural check	Datum : 04-02-2022 Pagina : 10

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. : 05
	Structural check	Datum : 04-02-2022 Pagina : 11

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)

3.3 Wanddiktes

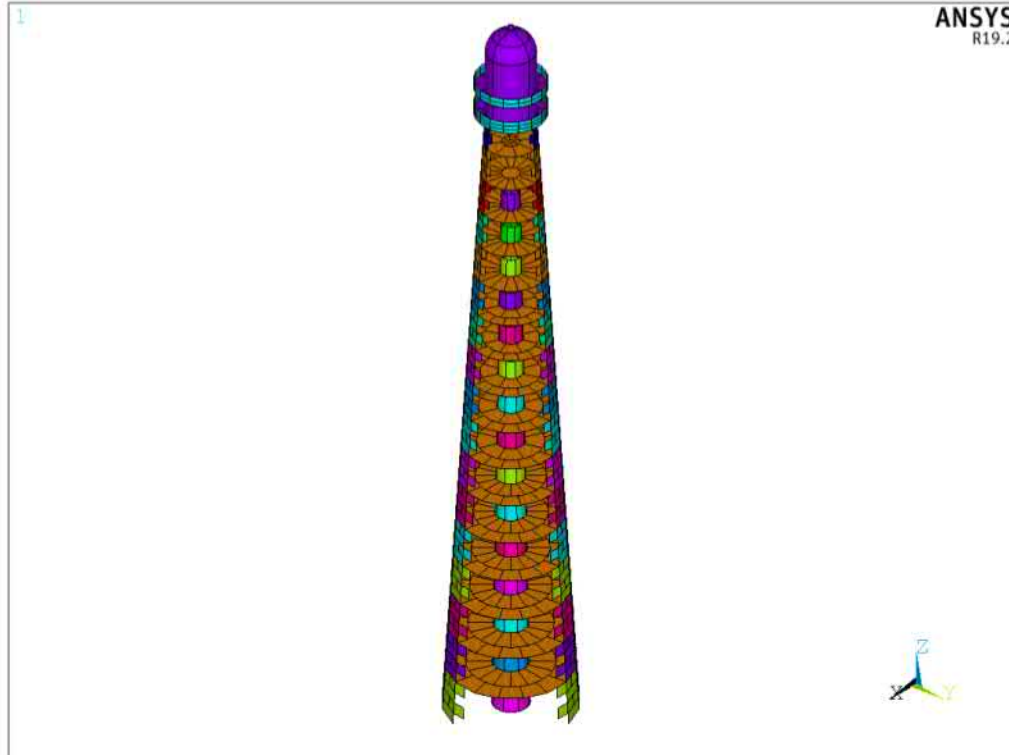
Toegekende diktes van de panelen vormend de torenwand en de kuipwand:

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

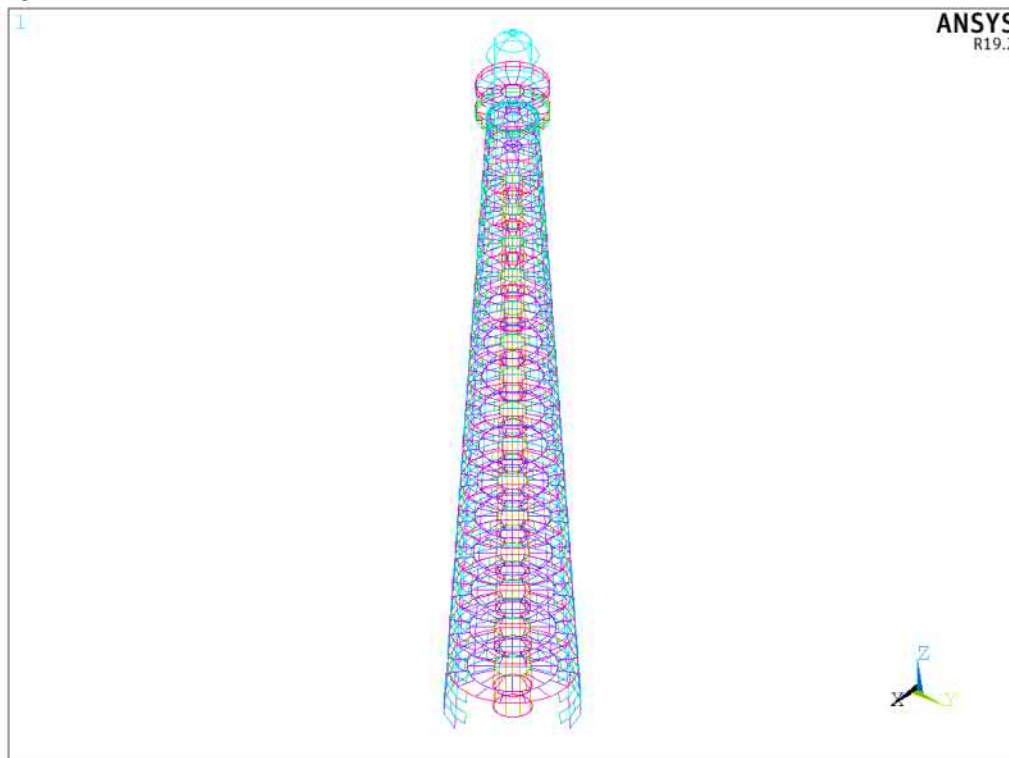
In het bestek staan de wanddiktes gegeven voor de bovenste en onderste laag, de andere diktes zijn geïnterpoleerd.

3.4 Globaal ANSYS FE model

Vloeren en kuip



Lijnen

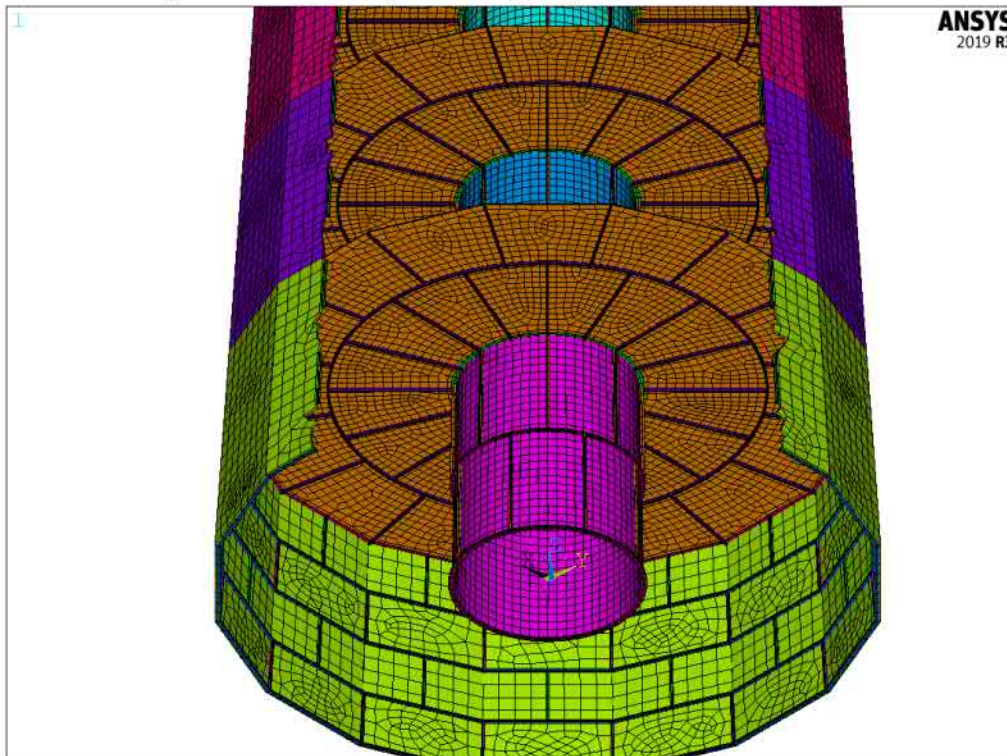


Noot: aan de gekleurde lijnen zijn balkeigenschappen toegekend, representerend de verstijvers op die positie of het profiel (railing)

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]

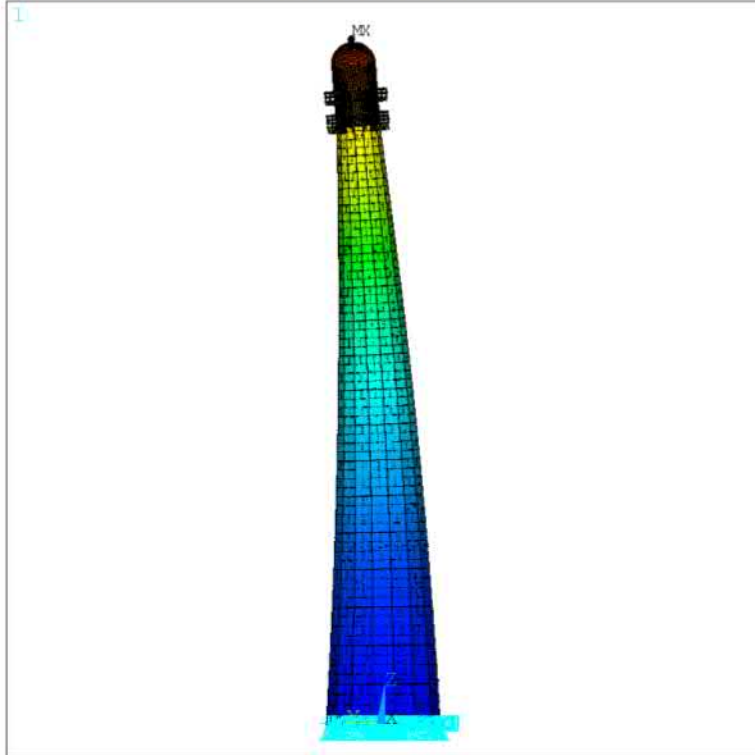
Dwarscontractiecoëfficiënt = 0.26 [-]

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

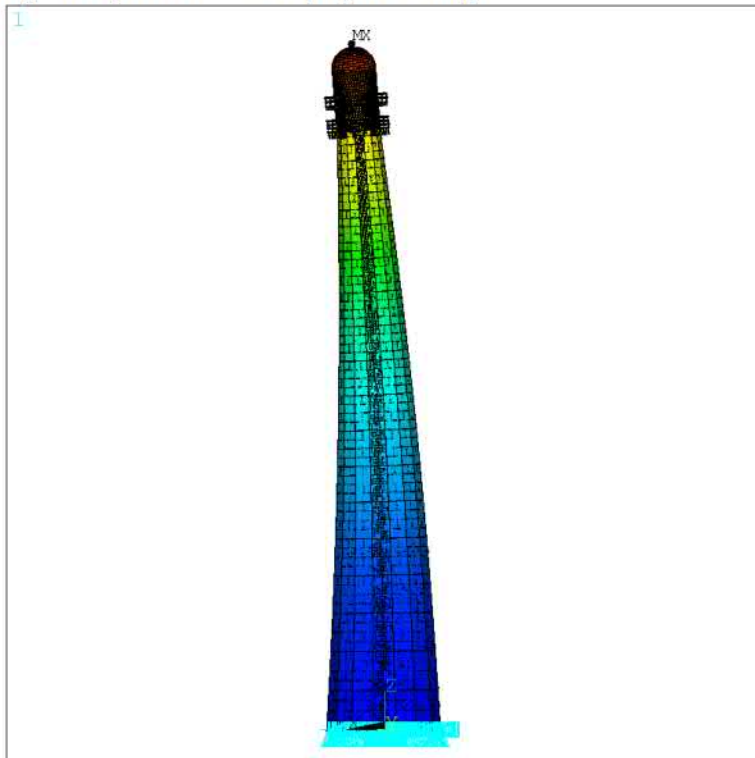
Eigenfrequentie 1^e 1.946 [Hz] Y-Richting



```
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

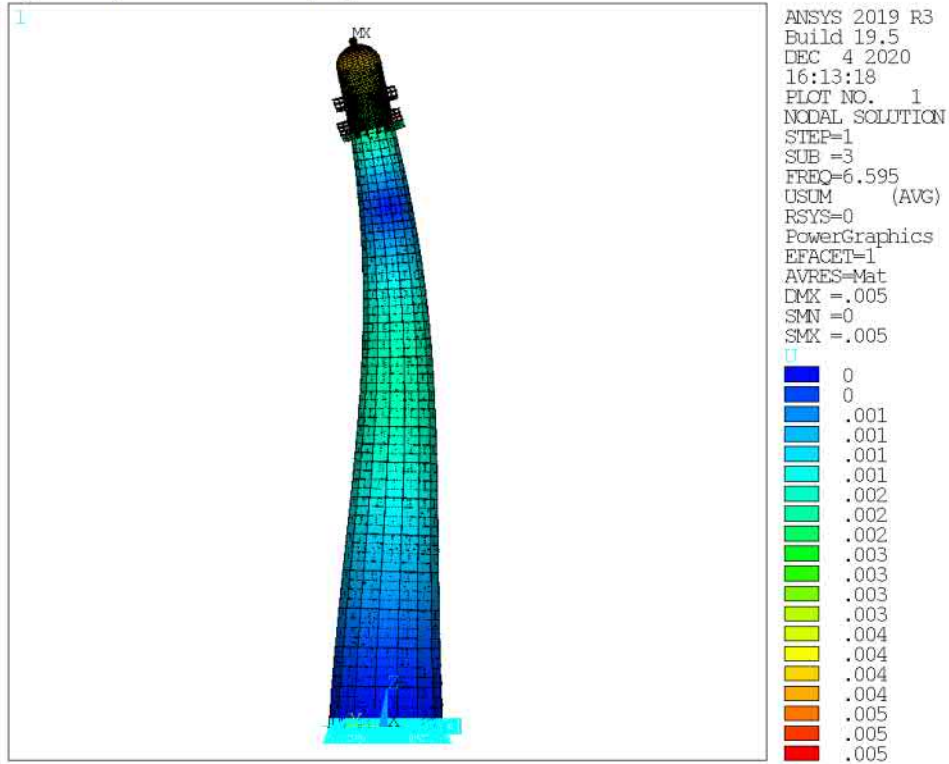
Eigenfrequentie 2^e 1.946 [Hz] X-Richting



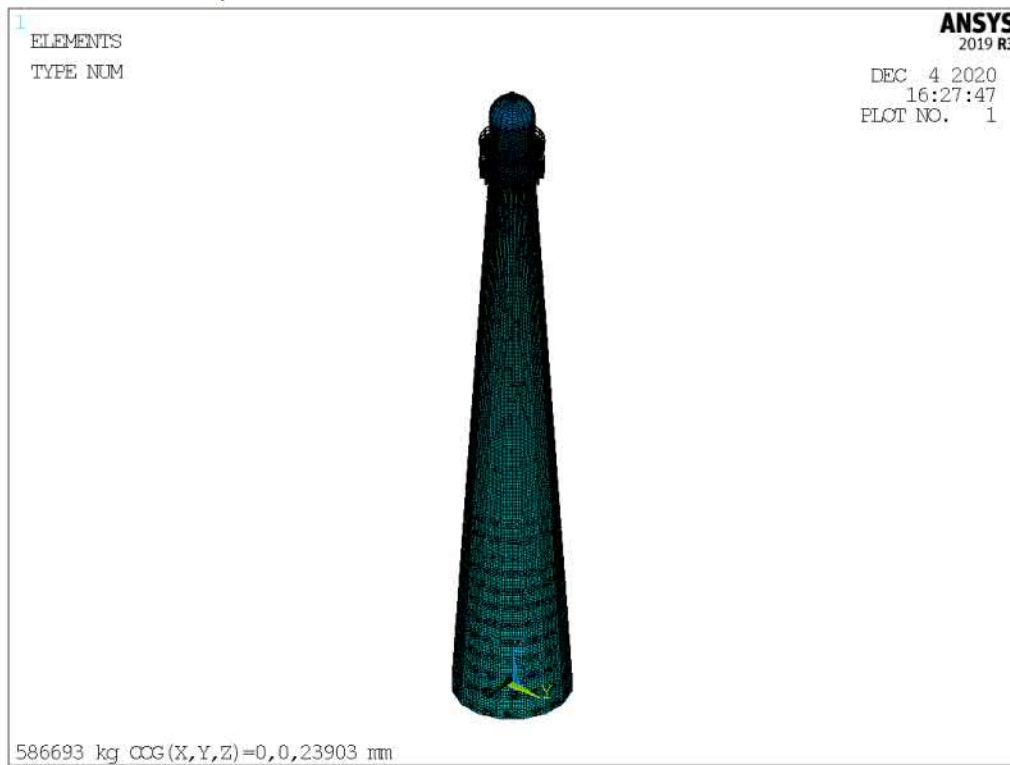
```
ANSYS 2019 R3
Build 19.5
DEC 4 2020
16:11:59
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =2
FREQ=1.946
USUM (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =.004
SMN =0
SMX =.004
```

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]

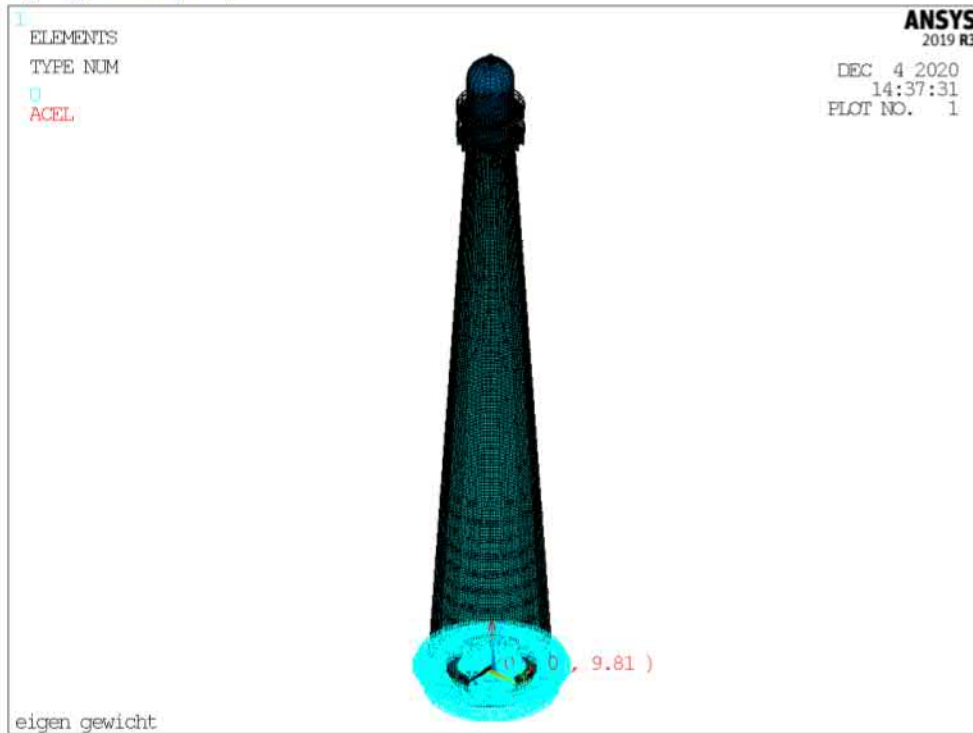


Massa en zwaartepunt:

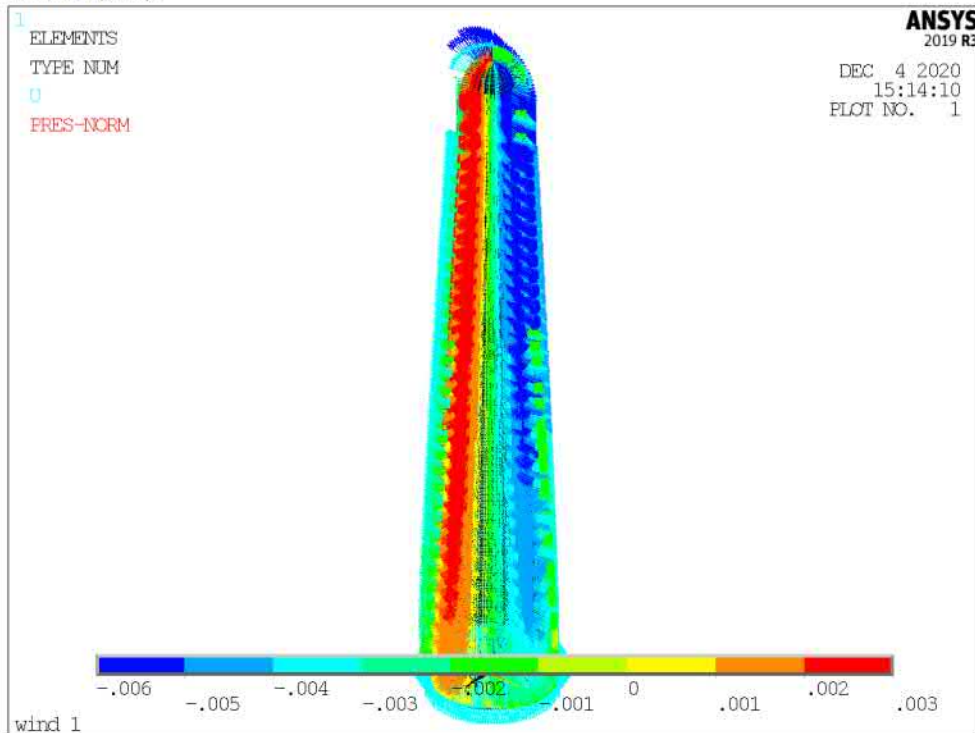


5 Aangebrachte belastingen

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)

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

$\rho = 0.02$

$C_{prob} = 1.000$ (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 bouwwerkhoopte

$C_r(z) = 1.544$ (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

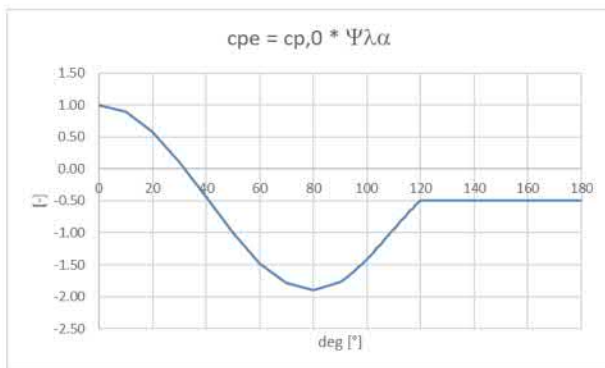
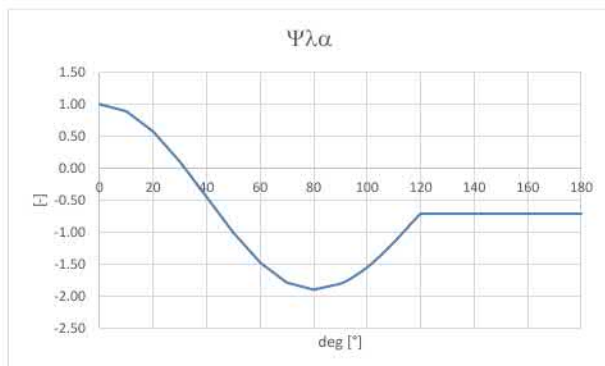
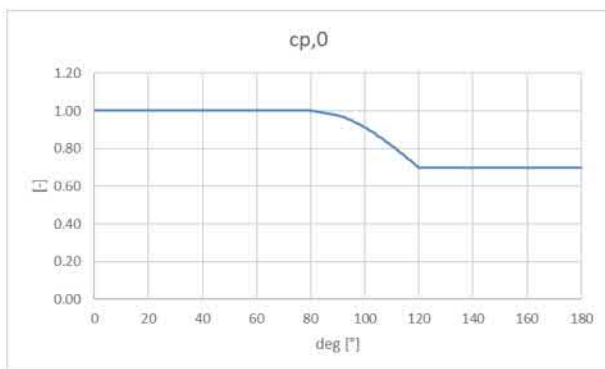
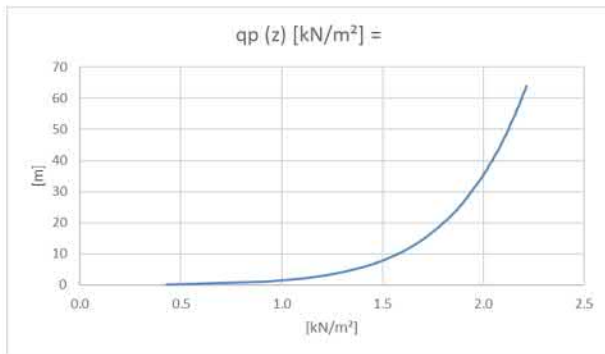
$\rho = 1.25$ kg/m^3 (4.8)

$q_p(z) = 2247.0$ N/m²

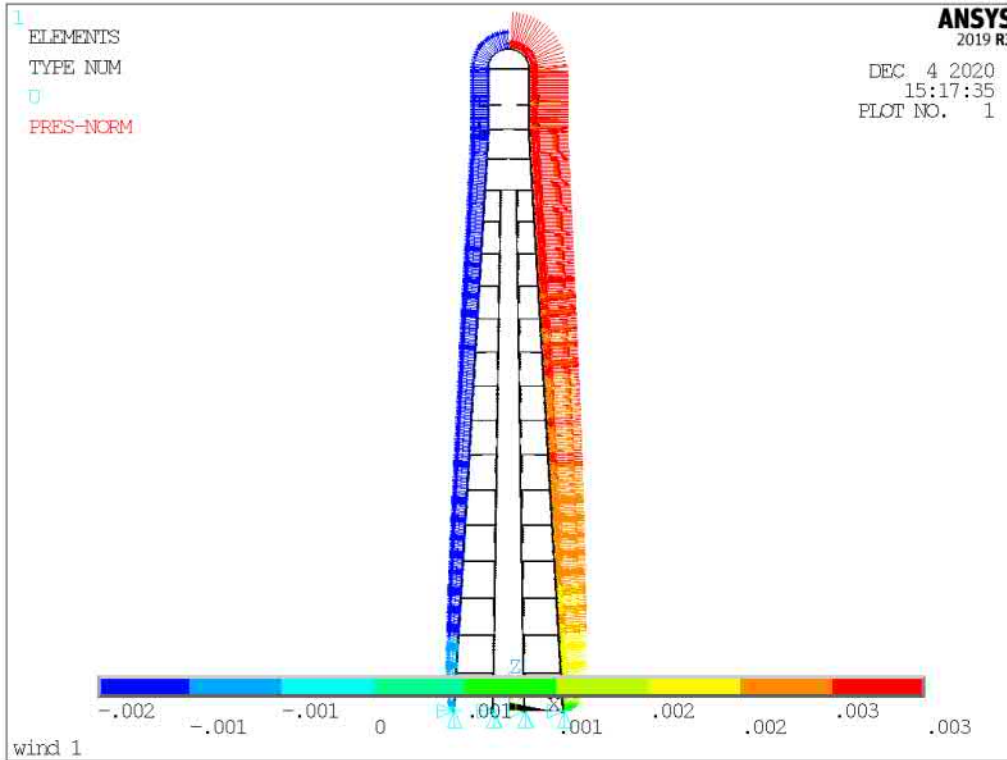
$q_p(z) = 2.247$ kN/m²



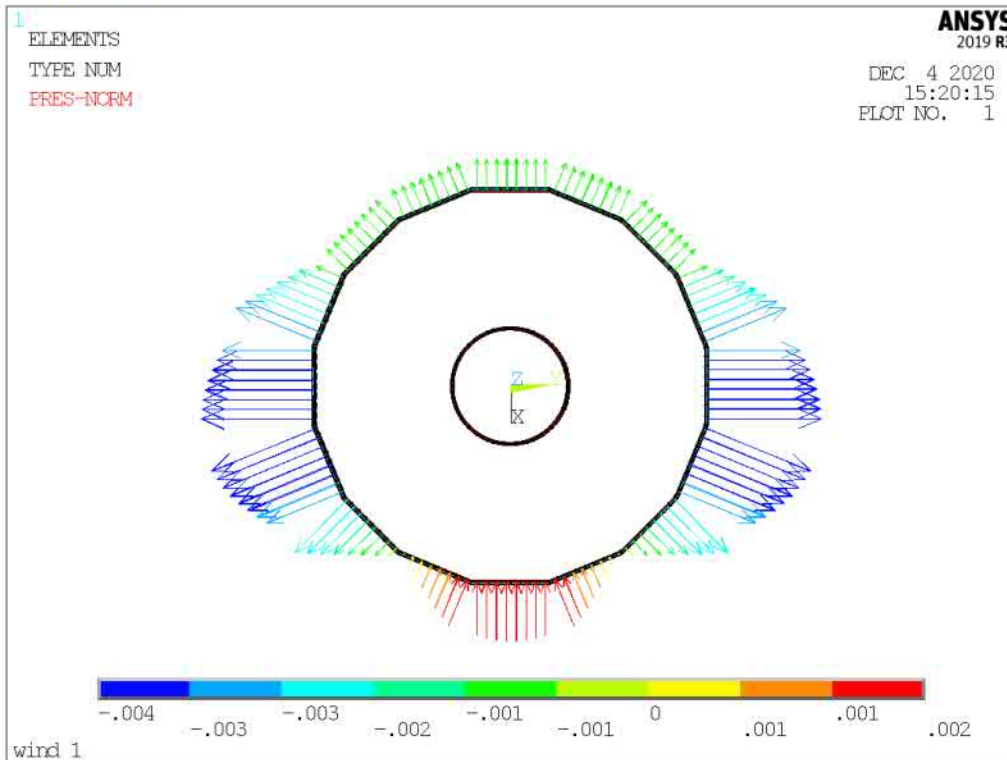
Figuur NB.1 — Indeling van Nederland in windgebieden



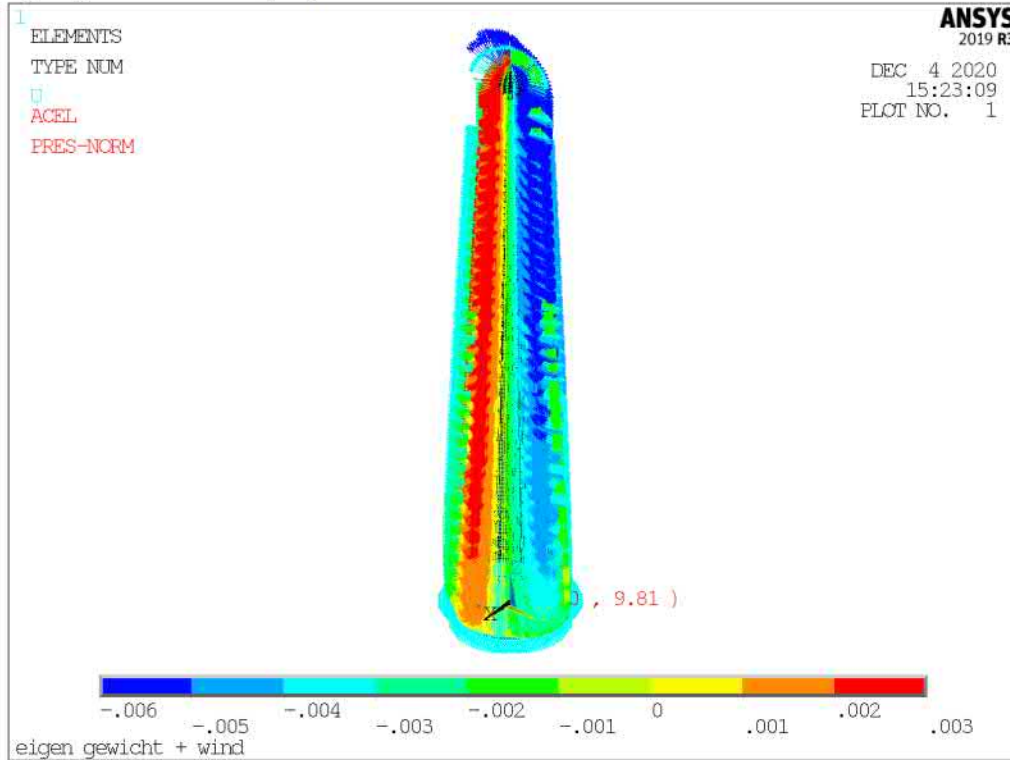
Wind 1 (SLS)



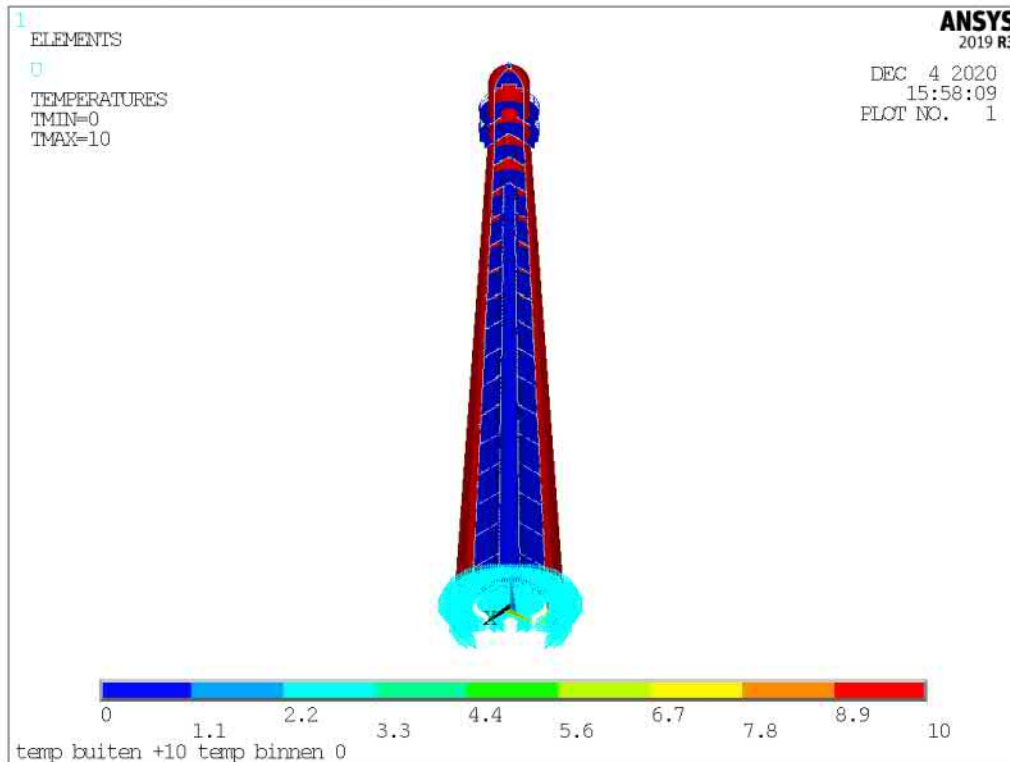
Windprofiel op z+5600



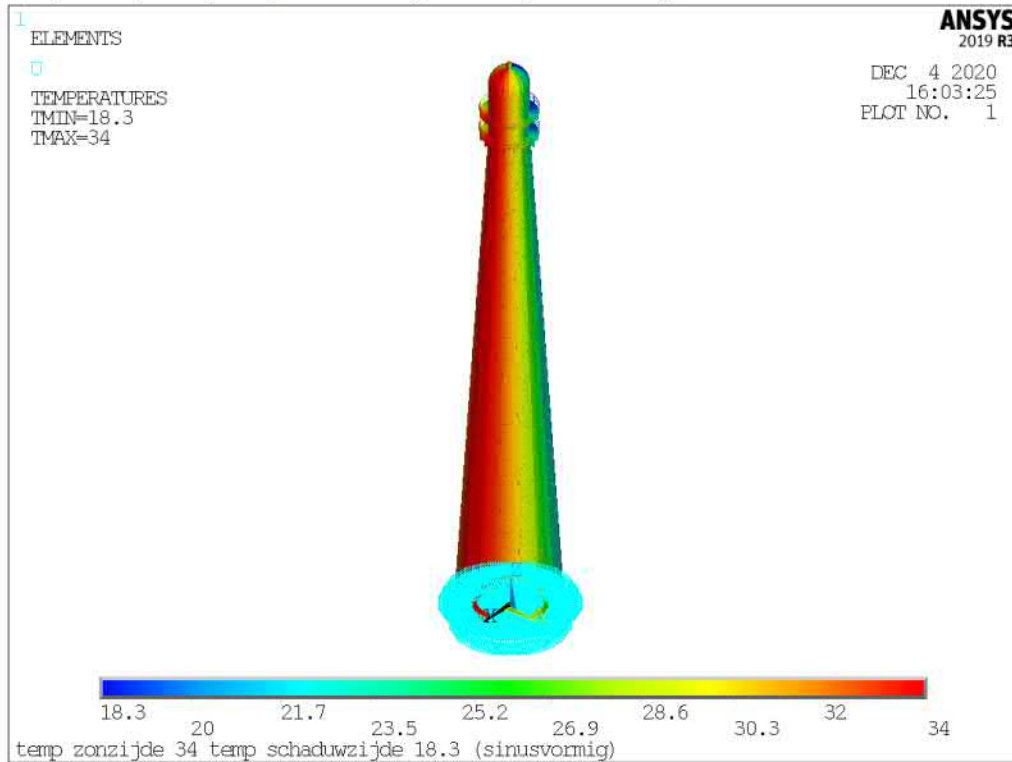
Eigen gewicht + wind (SLS)



temp buiten +10 temp binnen 0



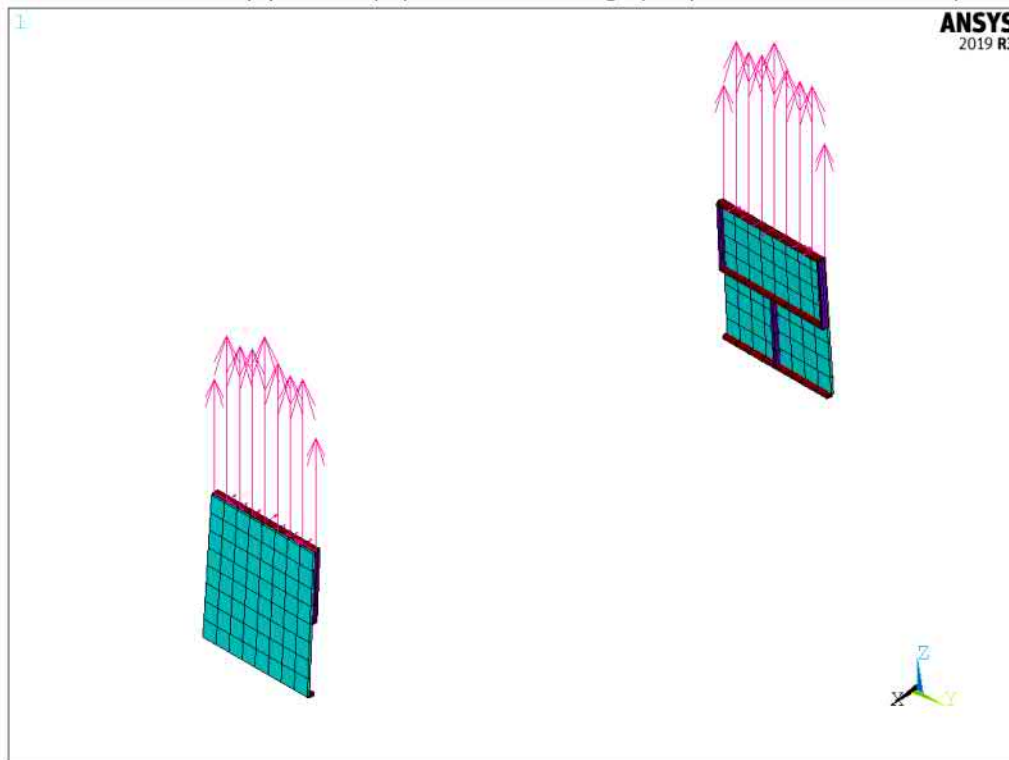
temp zonzijde 34, temp schaduwzijde 18.3 (sinusvormig)



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

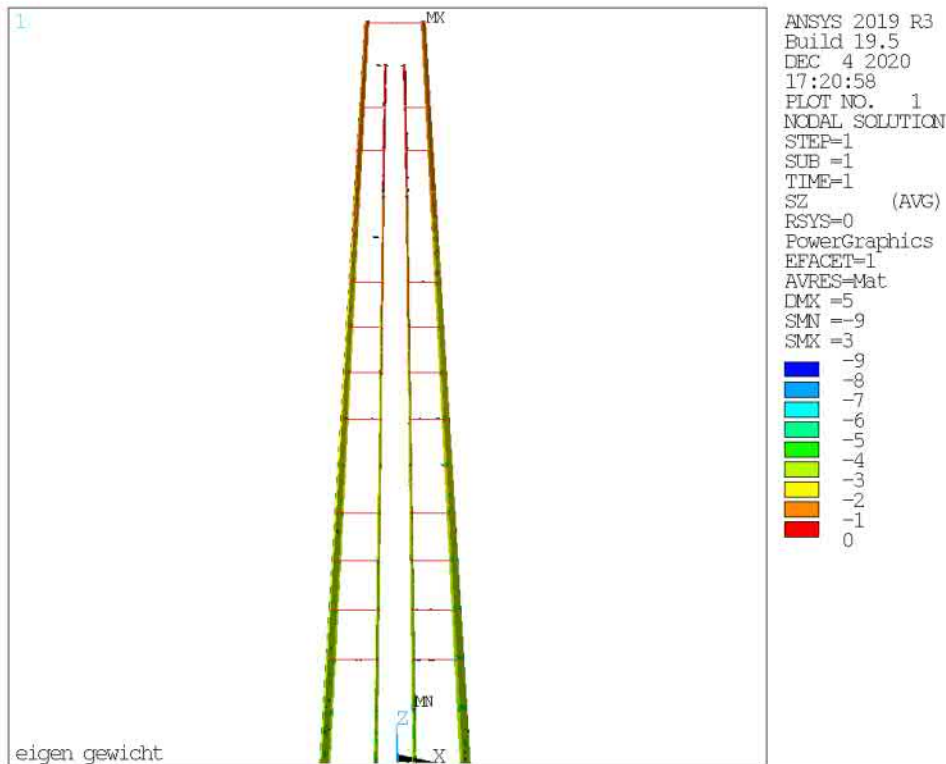
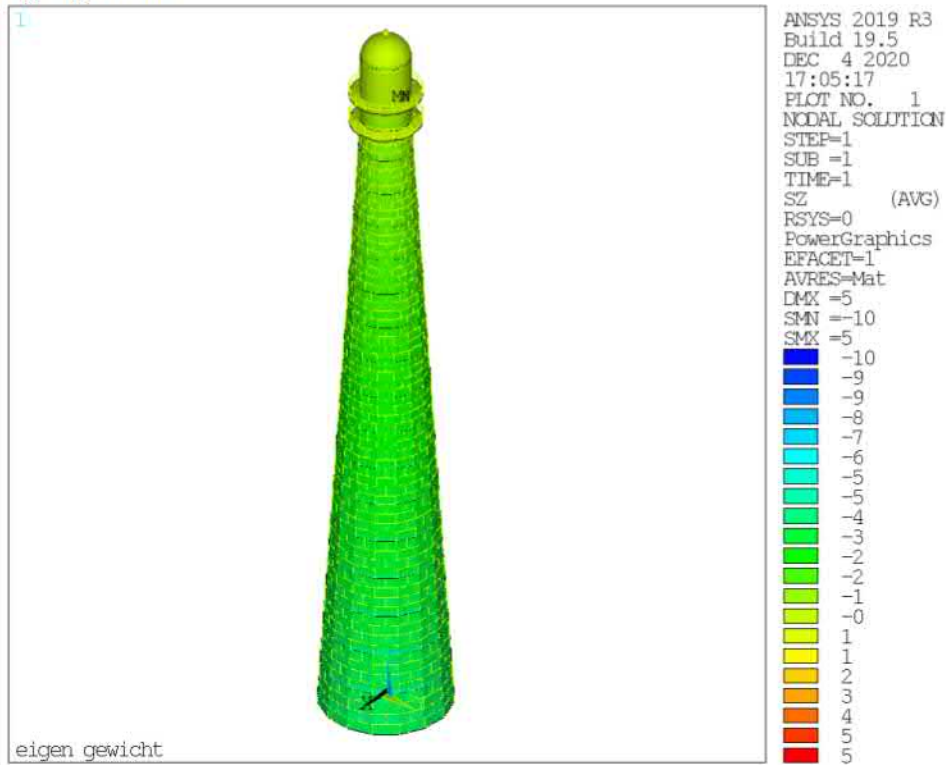
Interface krachten op panelen (input voor belasting op separate detailmodellen):



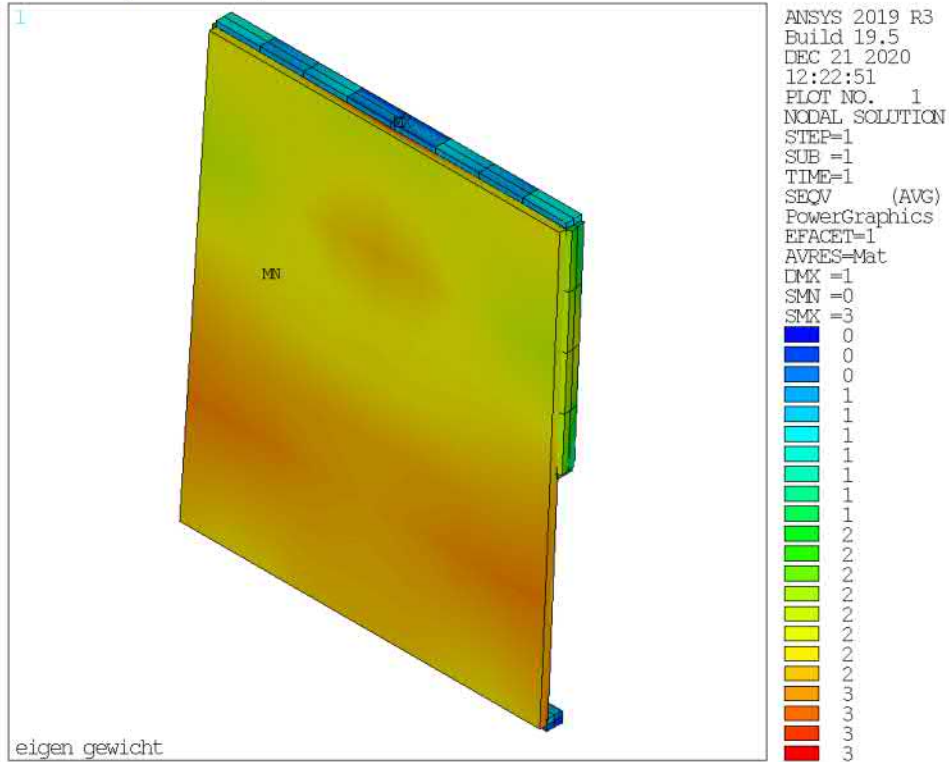
Load case / belastinggeval	set	panelen voorzijde (x+)			panelen achterzijde (x-)		
		RFX	RFY	RFZ	RFX	RFY	RFZ
	[nr]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]
eigen gewicht	1	6	0	-106	-6	0	-106
wind 1	2	-8	0	177	-8	0	-167
eigen gewicht + wind	3	-3	0	71	-14	0	-272
temp buiten +10 temp binnen 0	4	1	0	-9	-1	0	-9
temp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

7 Spanningen (SZ)

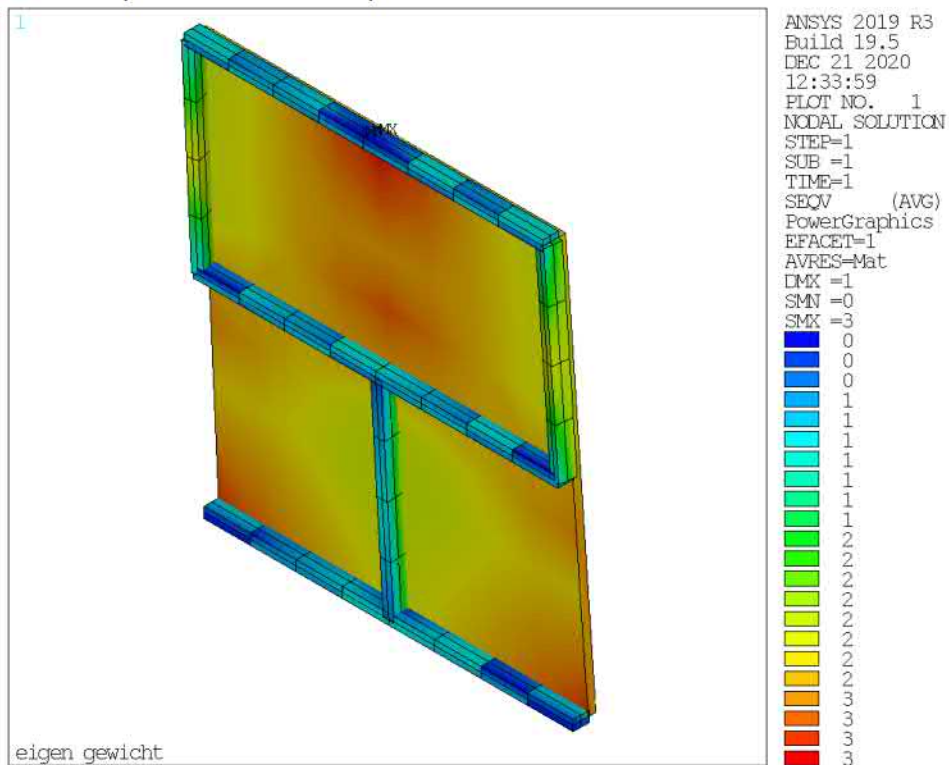
eigen gewicht:



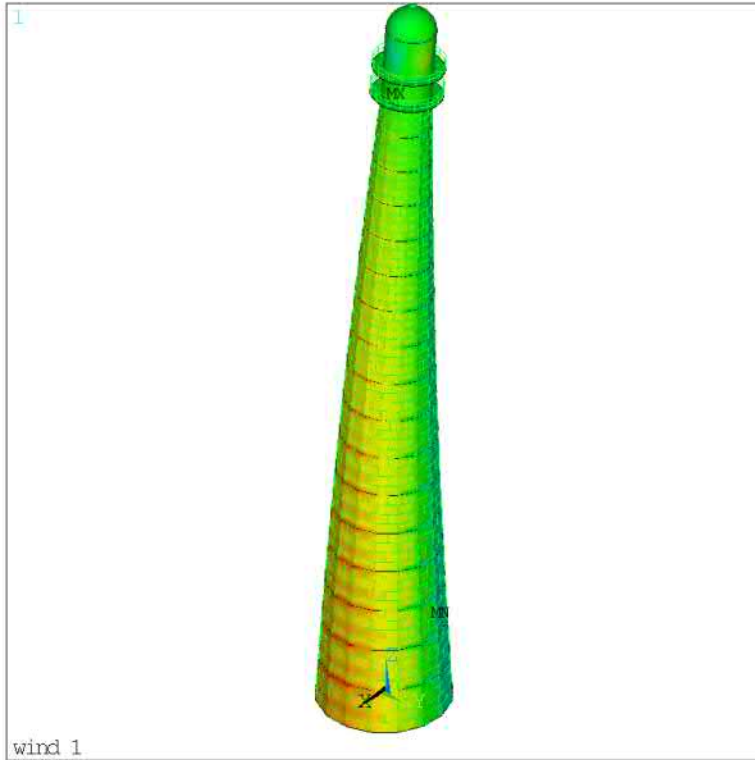
Panelen op locatie separaat detailmodel



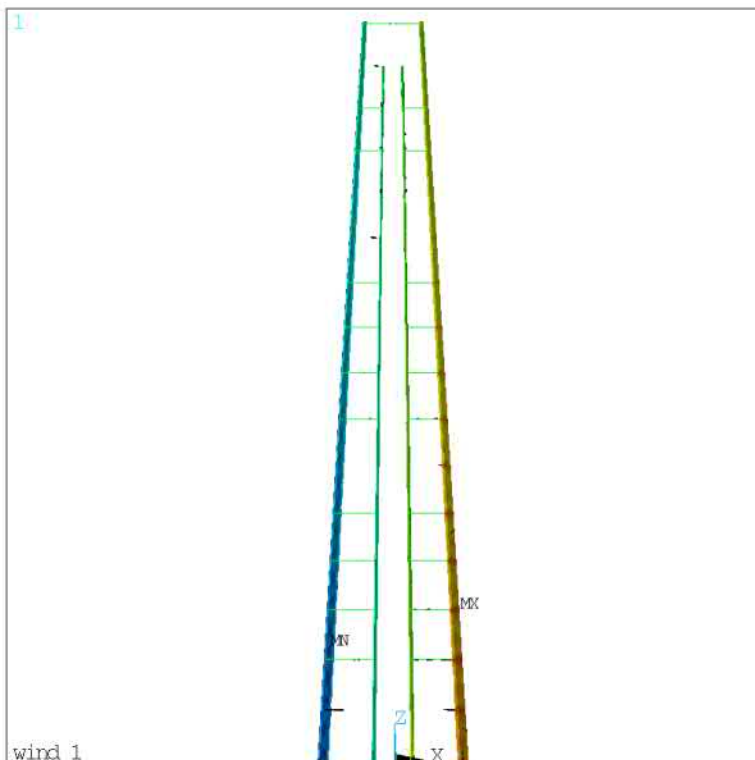
Panelen op 180° van locatie separaat detailmodel



Wind 1

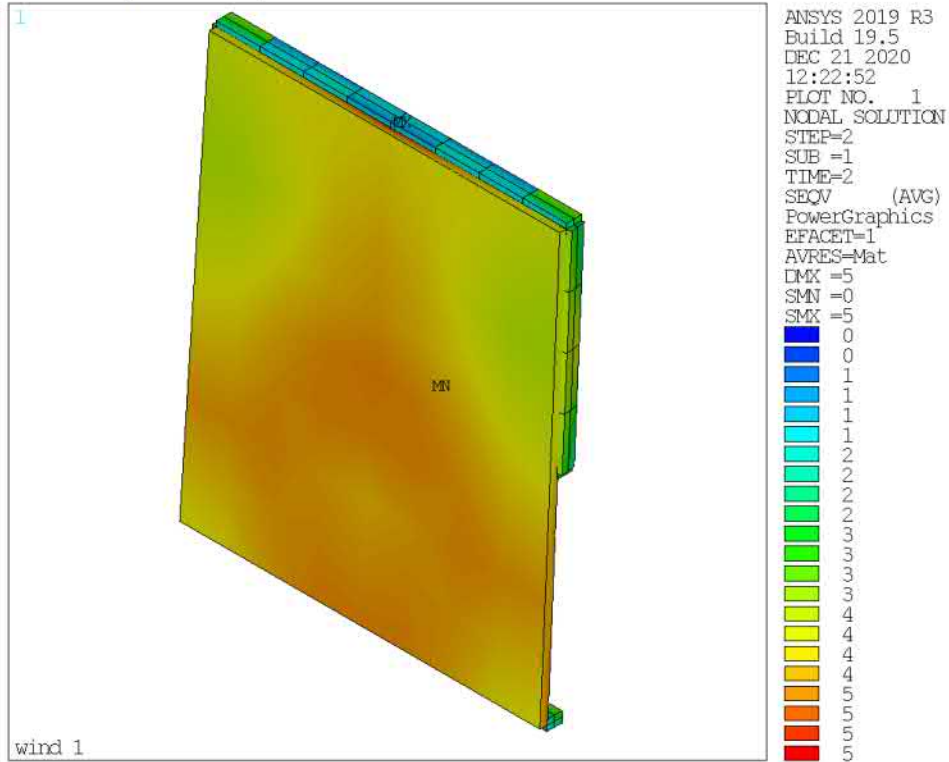


ANSYS 2019 R3
Build 19.5
DEC 4 2020
17:05:46
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=2
SUB =1
TIME=2
SZ (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =20
SMN =-6
SMX =8
-6
-6
-5
-4
-4
-3
-2
-1
-1
-0
1
1
2
3
3
4
5
5
6
7
8

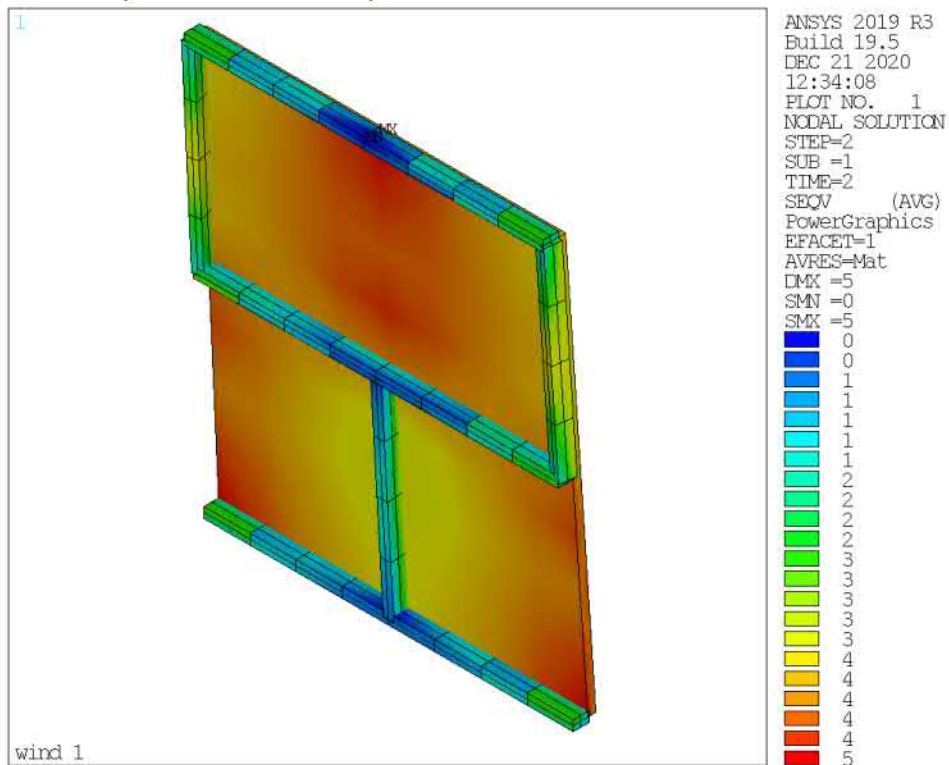


ANSYS 2019 R3
Build 19.5
DEC 4 2020
17:21:18
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=2
SUB =1
TIME=2
SZ (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =15
SMN =-7
SMX =8
-7
-6
-5
-4
-4
-3
-2
-2
-1
-1
-0
1
1
2
3
3
4
5
5
6
7
8

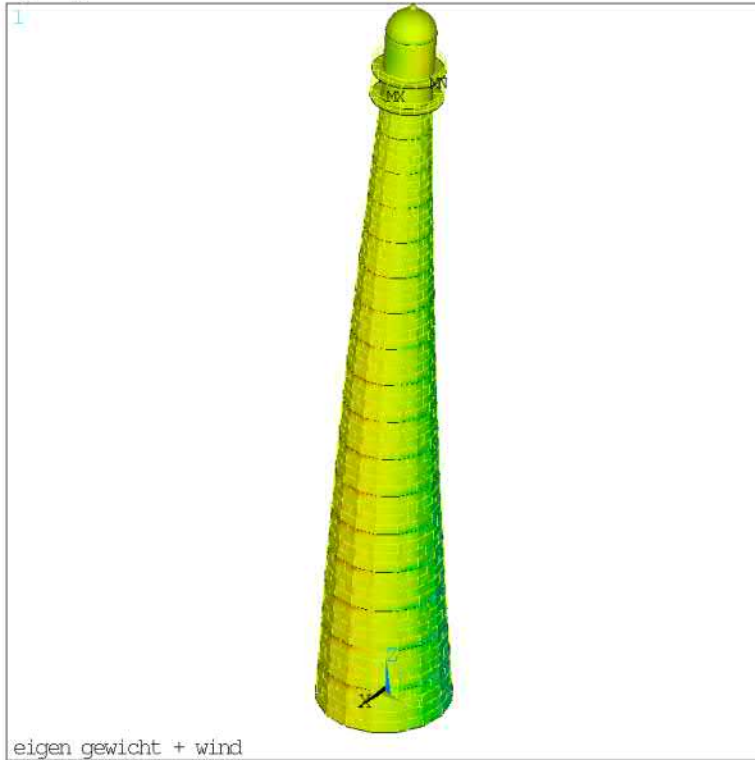
Panelen op locatie separaat detailmodel



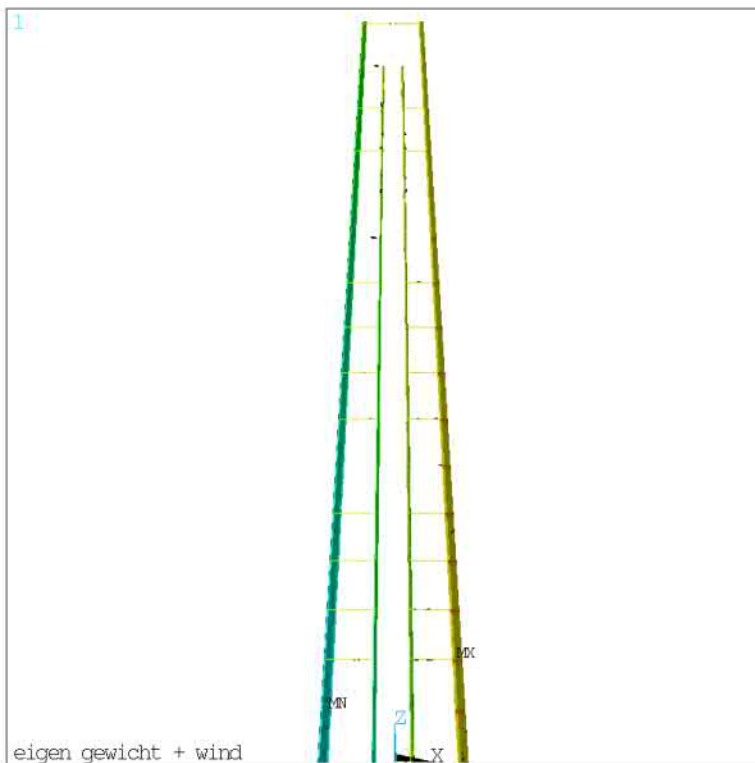
Panelen op 180° van locatie separaat detailmodel



Eigen gewicht + wind



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
3
5
5
7

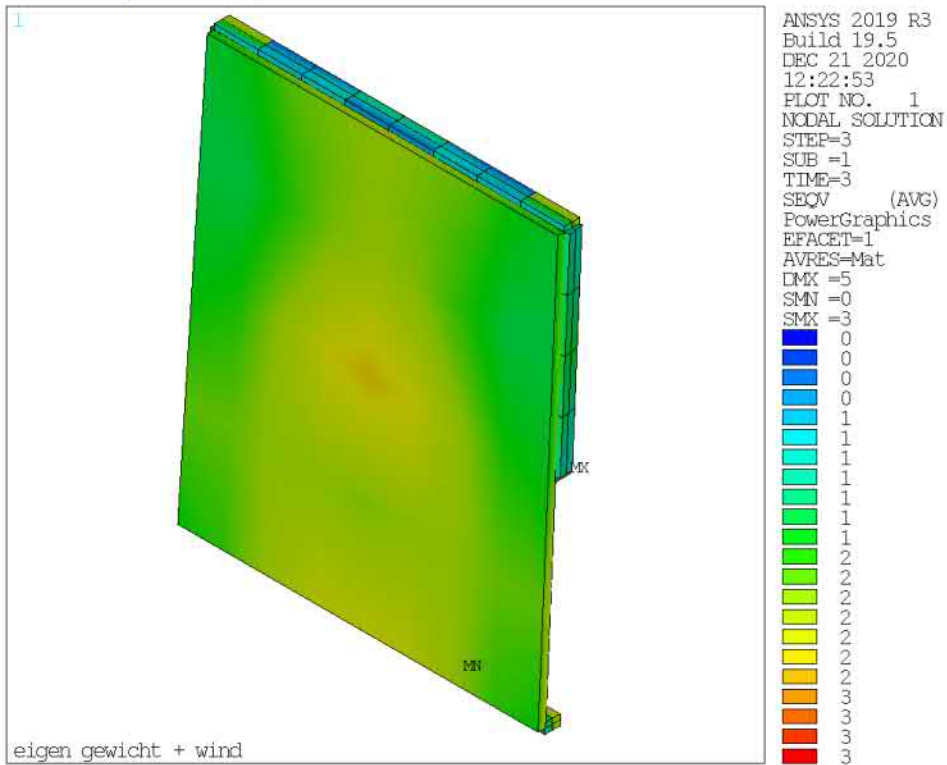


ANSYS 2019 R3
Build 19.5
DEC 4 2020
17:21:53
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=3
SUB =1
TIME=3
SZ (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =15
SMN =-14
SMX =7
-14
-13
-12
-10
-10
-9
-7
-7
-6
-4
-4
-3
-1
-1
0
2
2
3
3
5
5
7

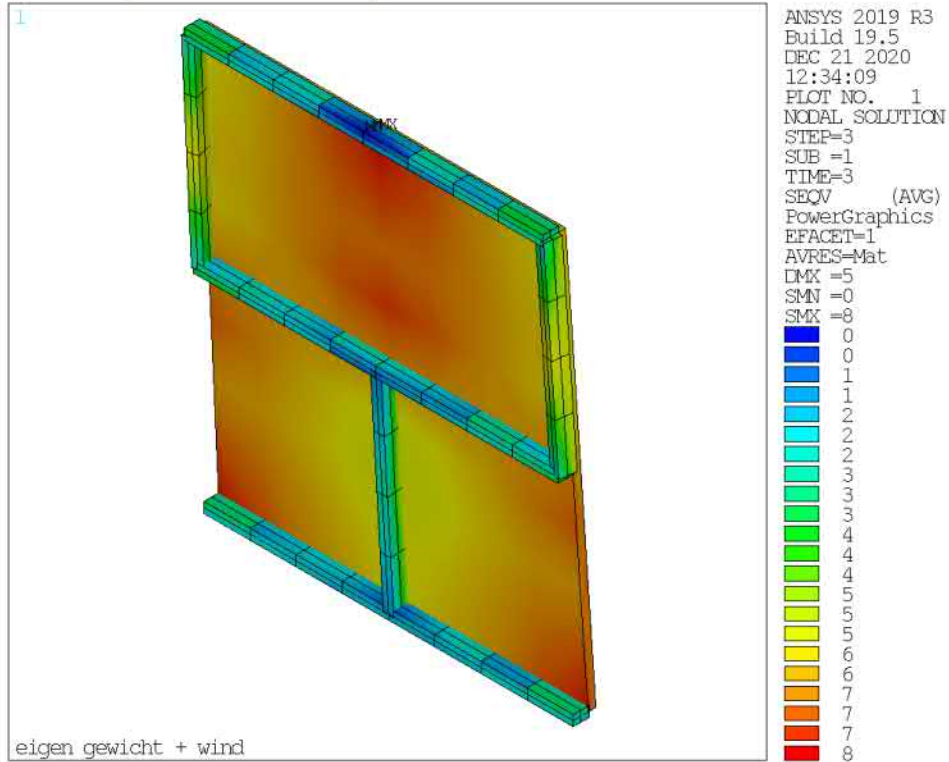
Onder eigen gewicht komt de buitenzijde op trek



Panelen op locatie separaat detailmodel

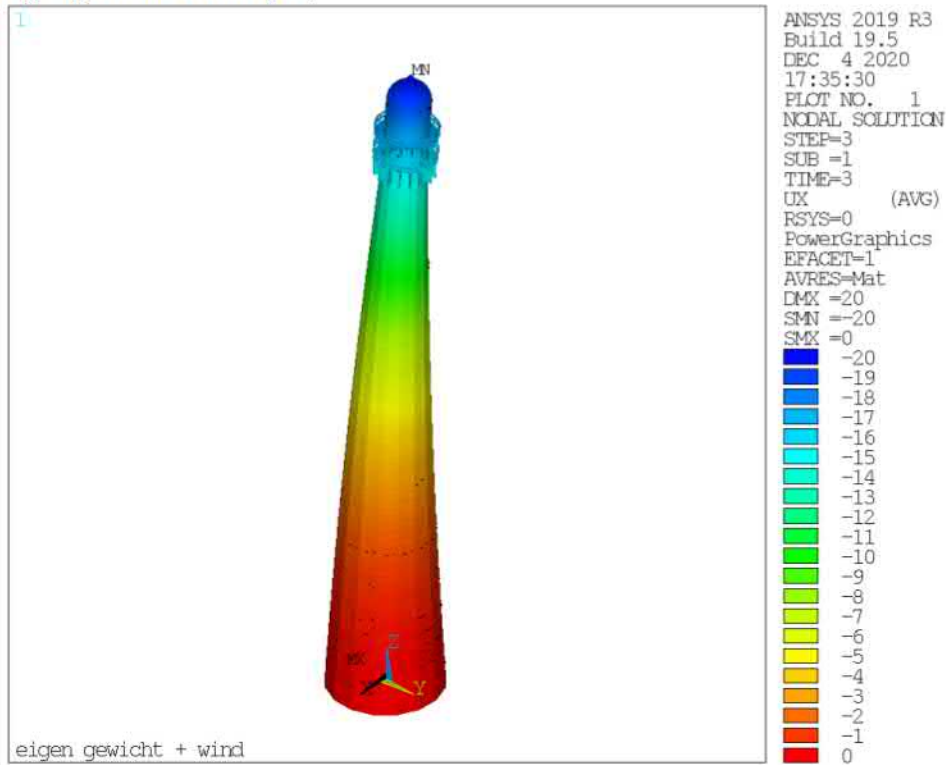


Panelen op 180° van locatie separaat detailmodel

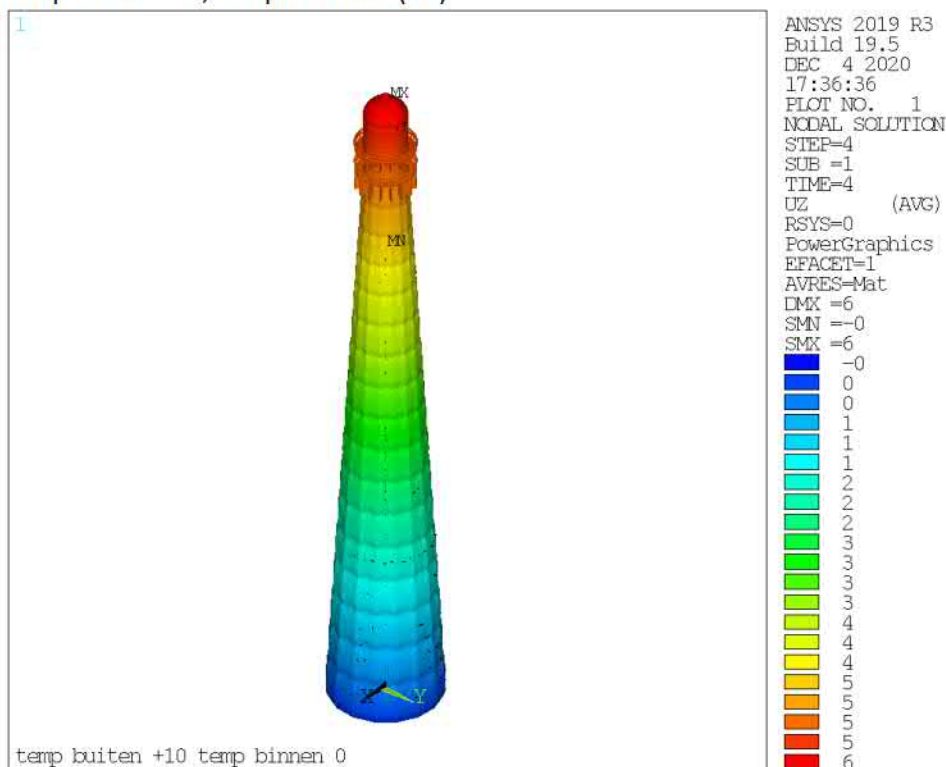


8 Vervormingen

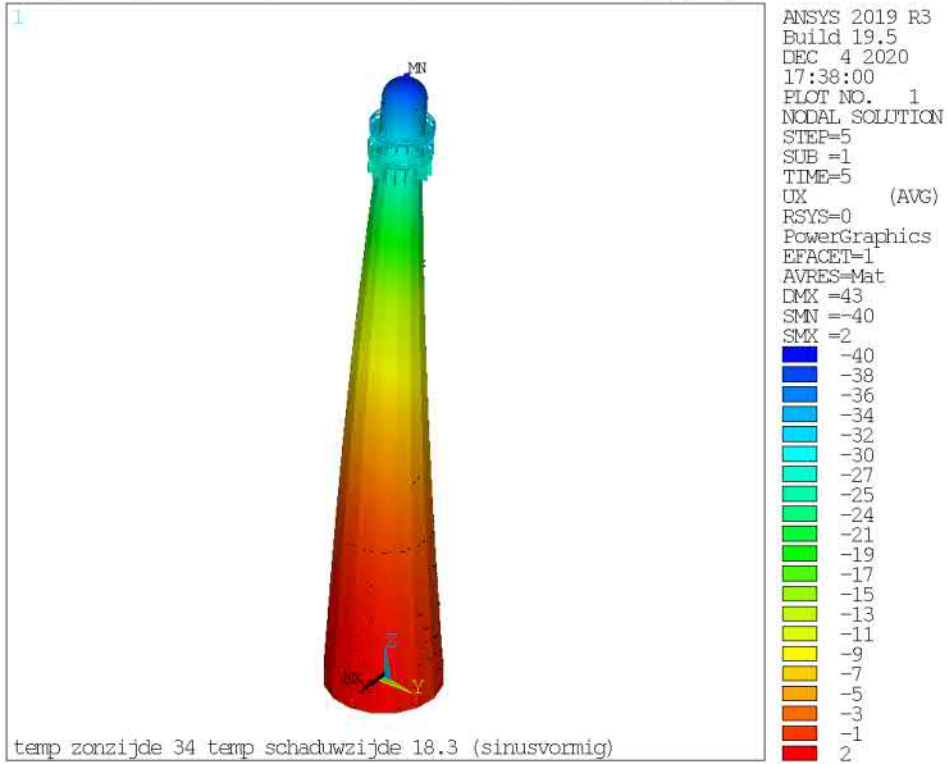
eigen gewicht + wind (UX)



temp buiten +10, temp binnen 0 (UZ)

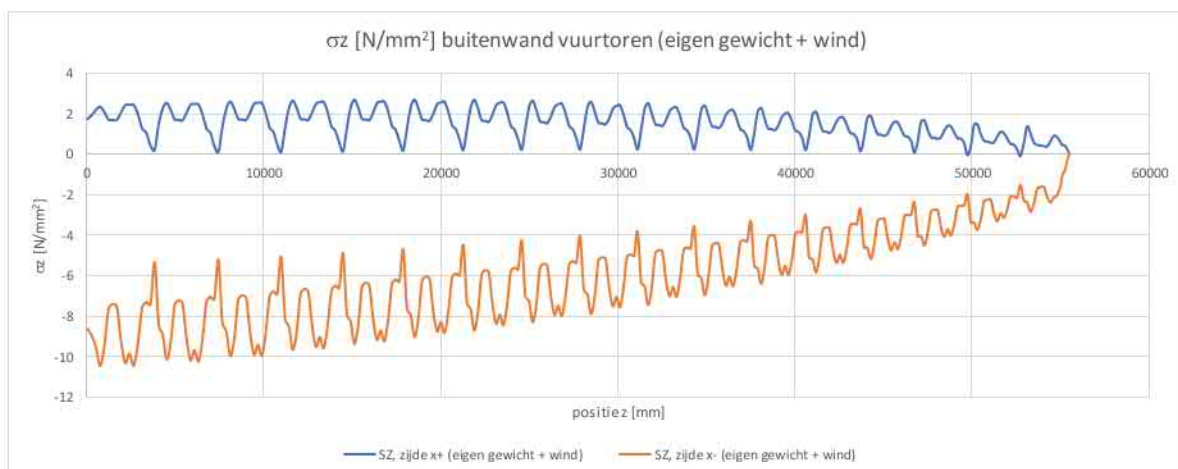
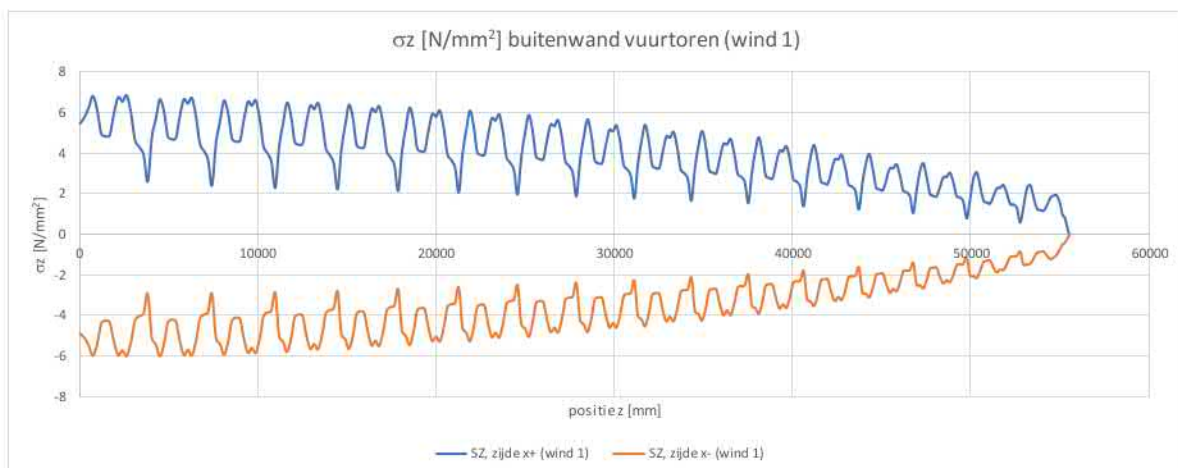
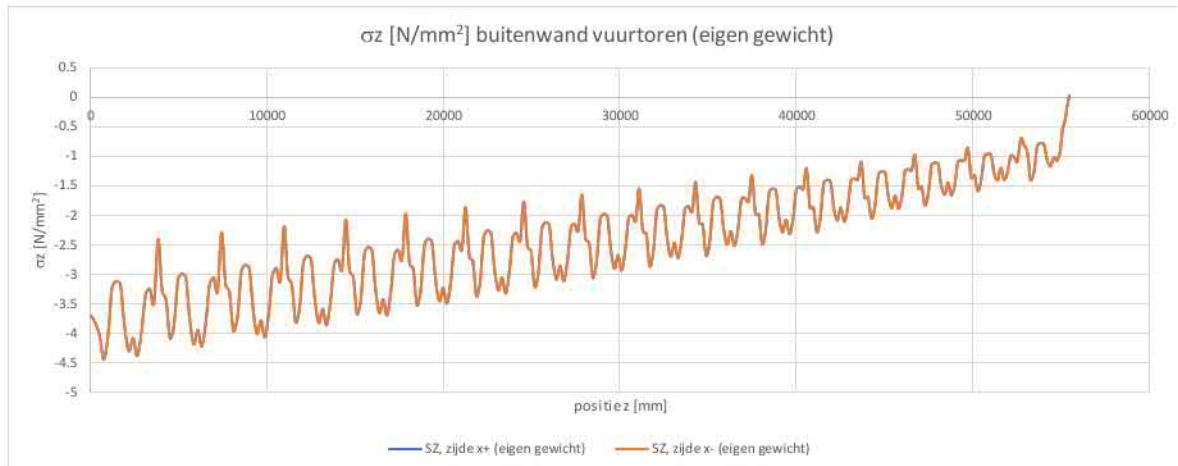


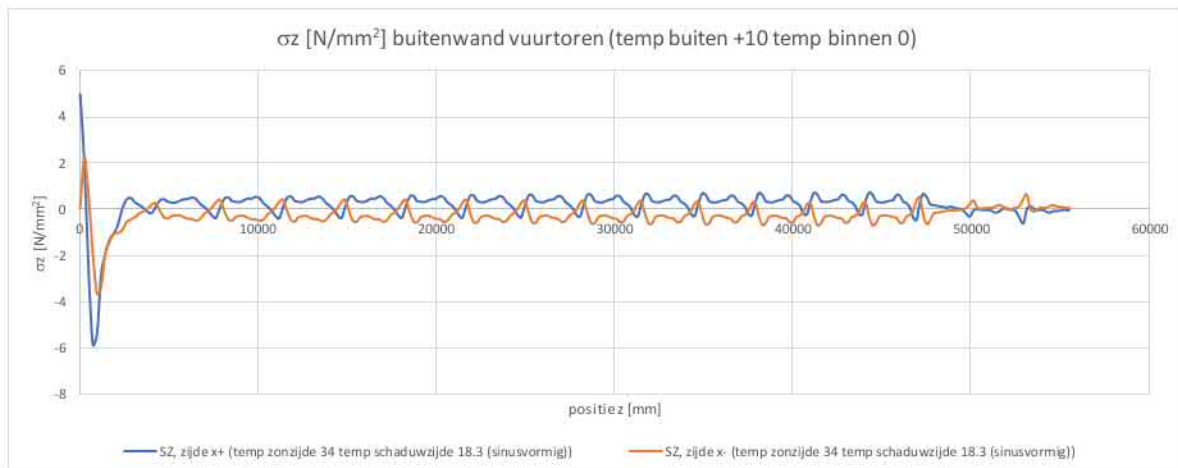
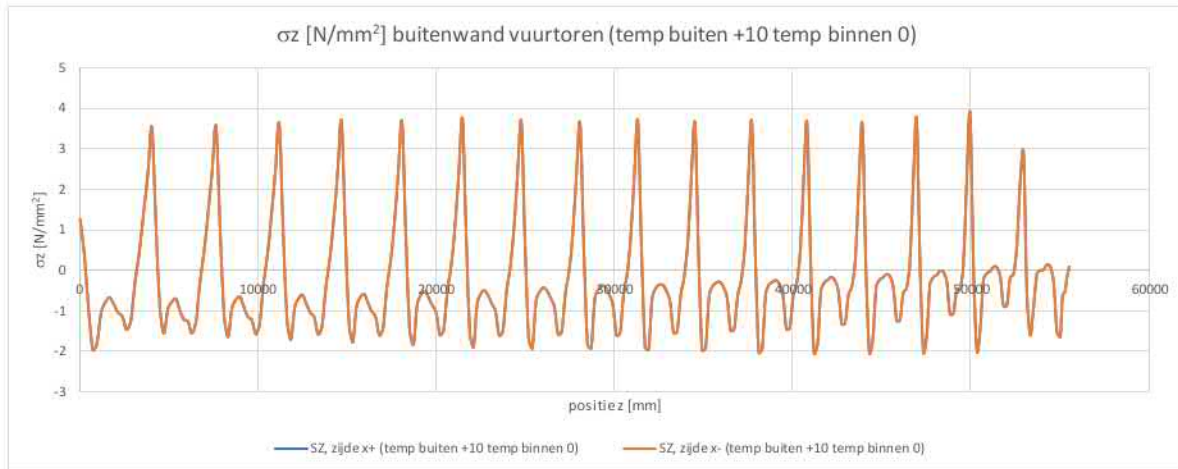
Temp zonzijde 34 temp schaduwzijde 18.3 (sinusvormig) (UX)

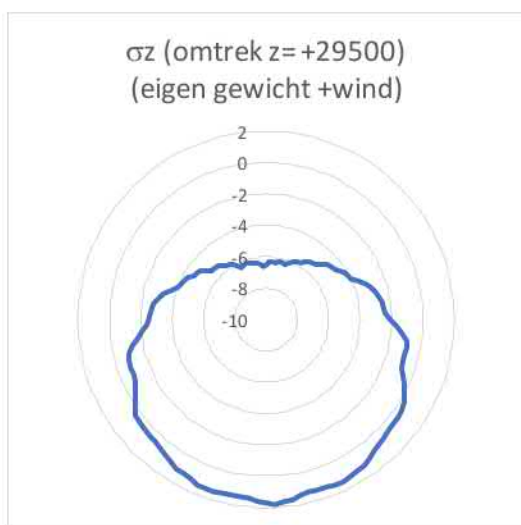
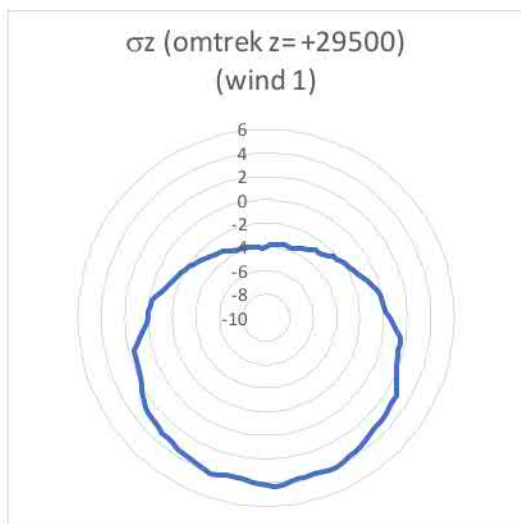
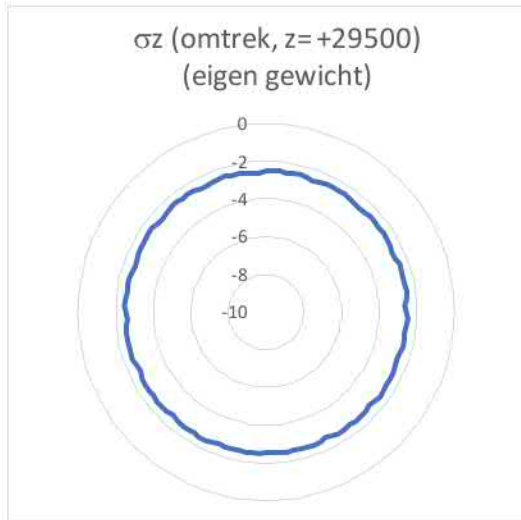


9 Knoopspanningen buitenwand vuurtoren op $y=0$

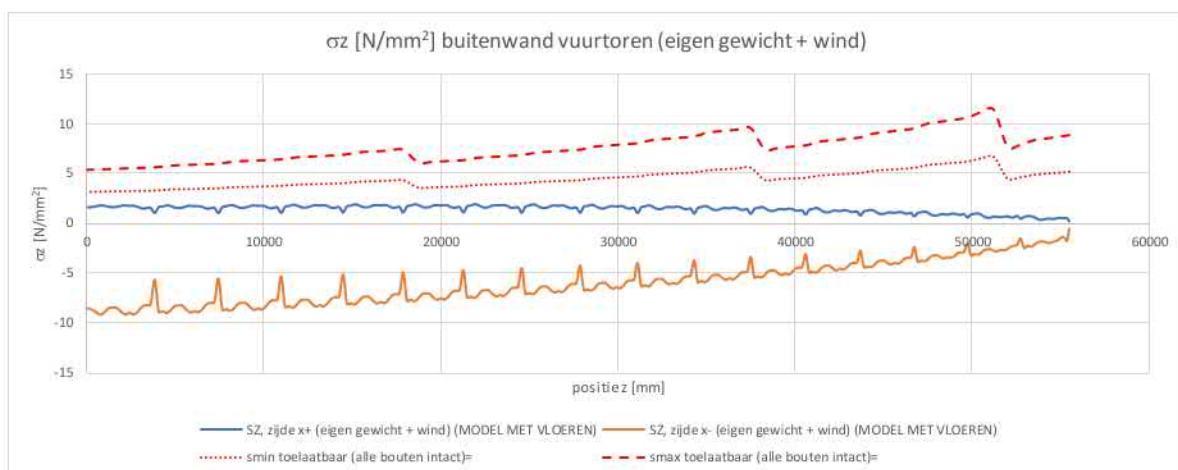
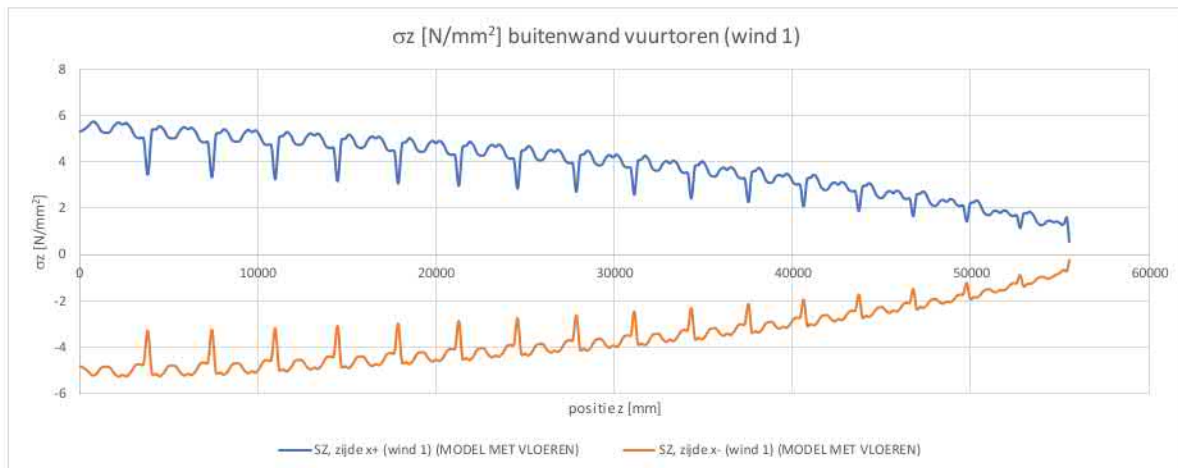
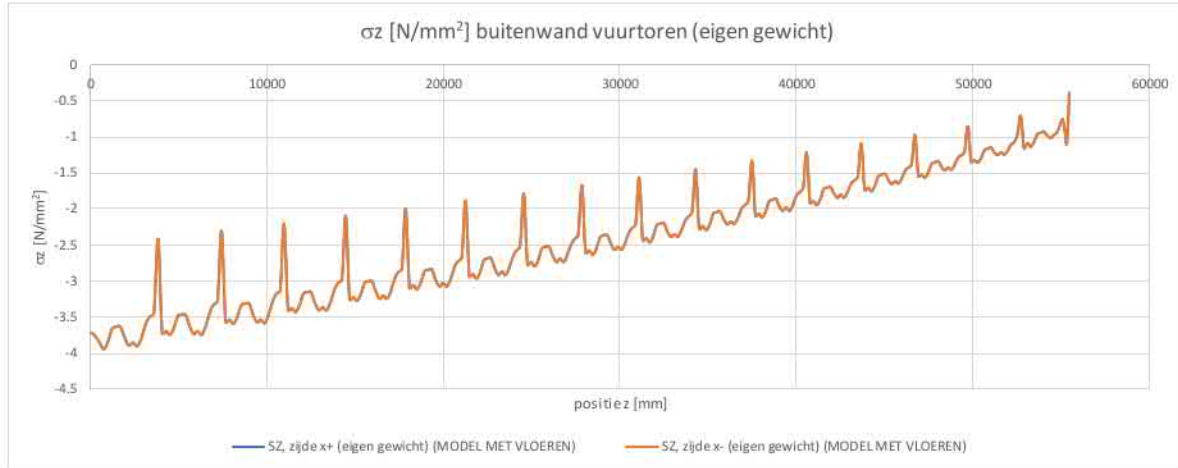
gemiddelde top/bottom spanningen plaat

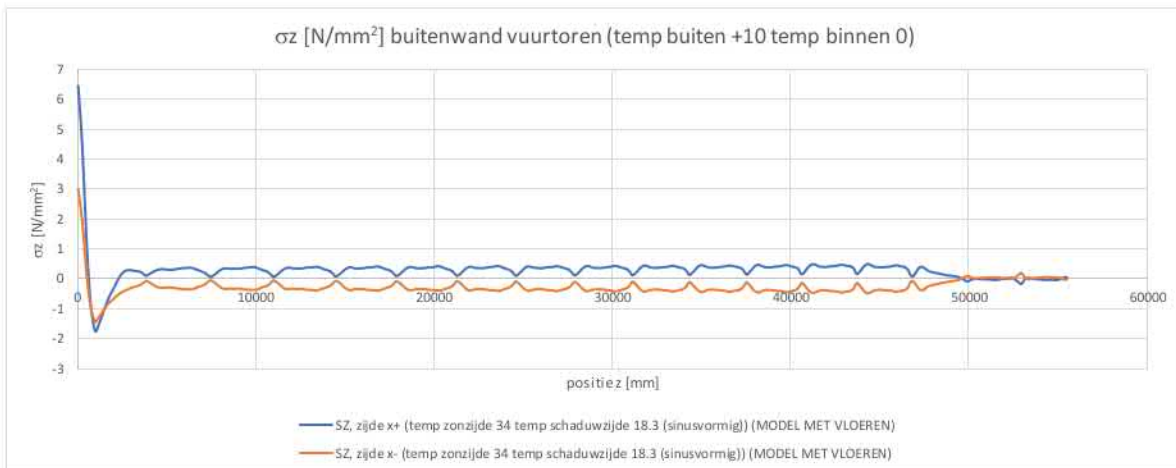
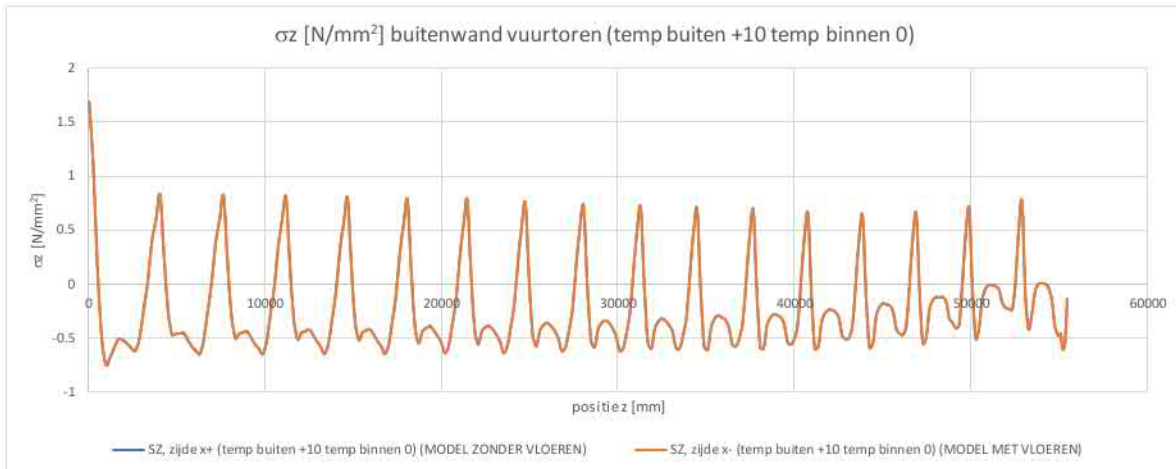


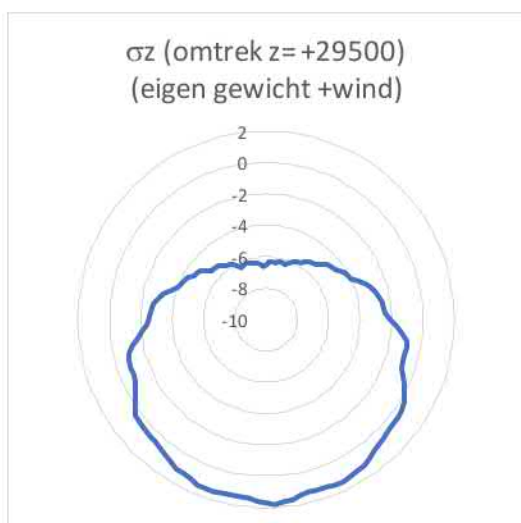
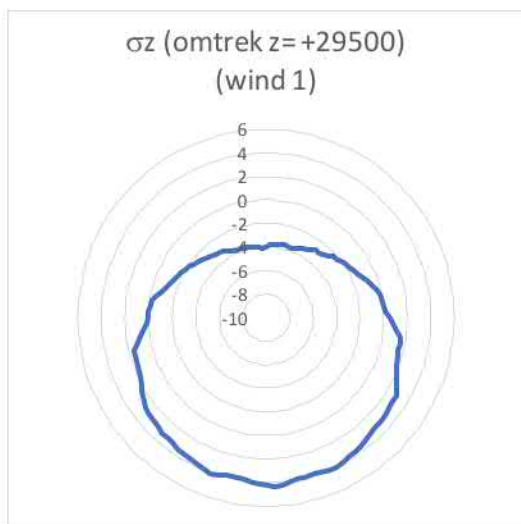
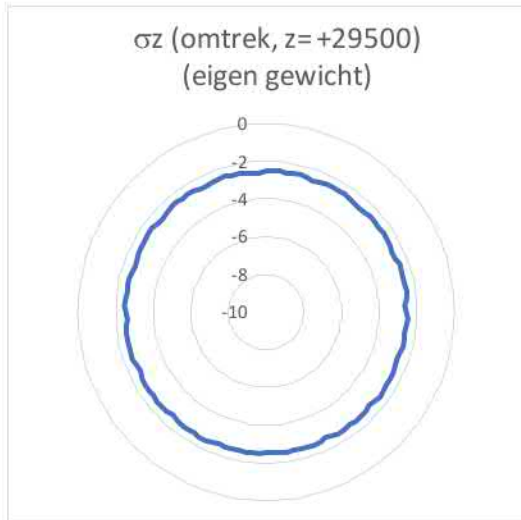




Gemiddelde verticaal spanningen in het midden van de plaat







	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 05
	Structural check	Datum : 04-02-2022 Pagina : 41
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.

	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 05
	Structural check	Datum : 04-02-2022 Pagina : 42
Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com		

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 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)

$p \approx 1/R$ 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	(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 $I_v(z) =$ 0.10

$k_r =$ 0.1617

$k_i =$ 1.0

4.5 Extreme stuwdruk

$\rho =$ 1.25 kg/m³ (4.8)



$q_p(z) =$ 2247.0 N/m²

$q_p(z) =$ 2.247 kN/m²

Volgens NEN-EN 13001-2:

Article 4.2.4.2 Loads due to out-of-service winds

$$F = q(z) \cdot c_s \cdot A \quad (8)$$

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

Interval 50 years. (min 5 upto 50 years, interval 5 years)

$$frec = 1.000$$



Region D A, B, C, D or E

$$V_{ref} = 32.0 \text{ m/s } 10\text{m height}$$

$$\phi_8 = 1.1$$

$$K = 0.006 \text{ drag coefficient of the terra}$$

$$V_g = 11.6 \text{ m/s}$$

$$v(z) = 54.8 \text{ m/s}$$

$$q(z) = 1878.3 \text{ N/m}^2 = 1.88 \text{ kN/m}^2$$

$q_h =$	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. : 05
	Structural check	Datum : 04-02-2022 Pagina : 44

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	opwaaierend stof hinderlijk voor de ogen, gekulfdde golven op meren en kanalen en vulcontainers waaien om
6	krachtig	39-49	10,8-13,8	paraplus 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)

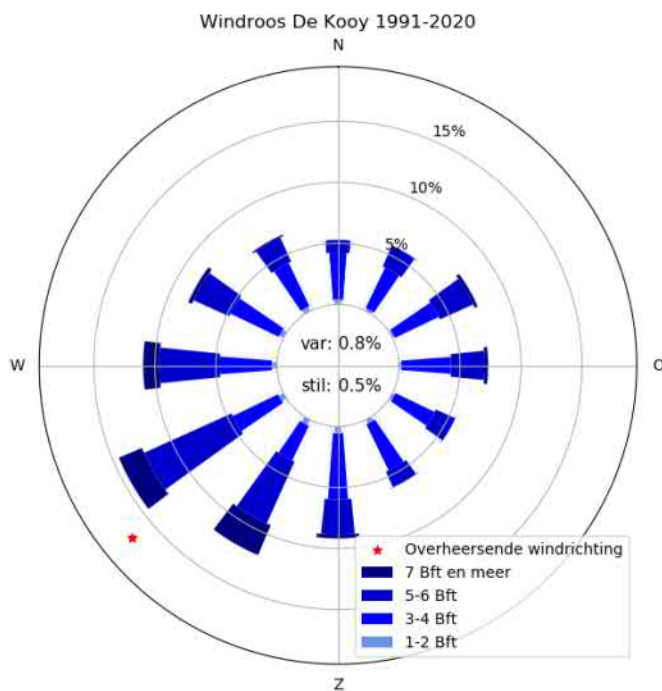
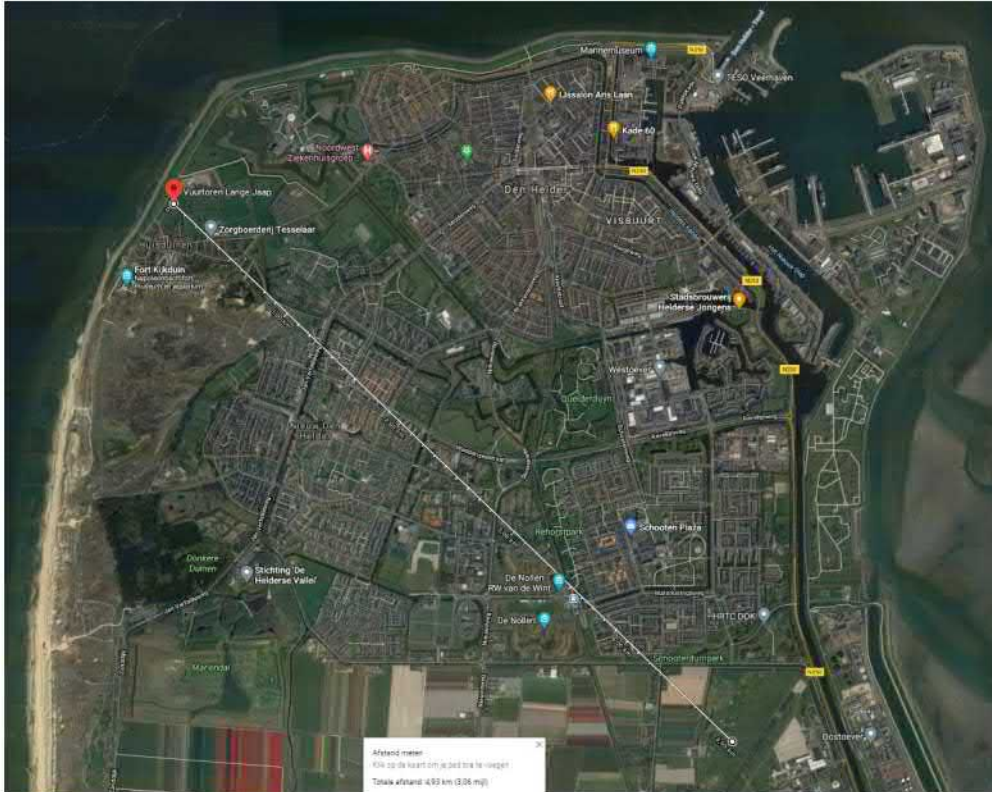
Conclusie: Grofweg kun je zeggen dat windkracht 7-8 nog niet echt een probleem is maar daar boven is het listiger (n.a.v. de geïnterpreteerde ANSYS resultaten).

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.



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

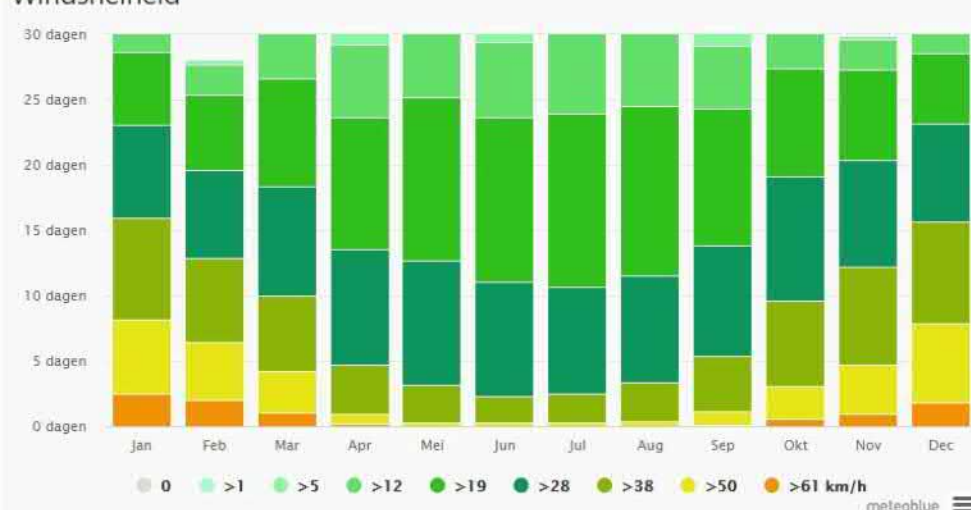
Overheersende windrichting: 220-240 graden t.o.v. N

100.01

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

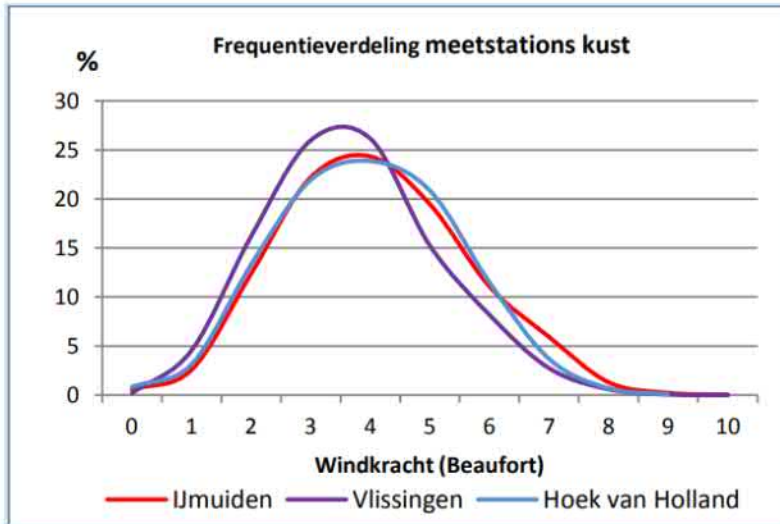
Dit geeft niet een directe/volledige relatie tot b.v. aantal wisselingen en de kans per jaar op bepaald type weersomstandigheden. In de lijst met zware stormen (uurgemiddelde van de windsnelheid 10 Beaufort (24.5 m/s) van het KNMI komt Den Helder/De Kooy sinds 1914 7x voor.

Windsnelheid

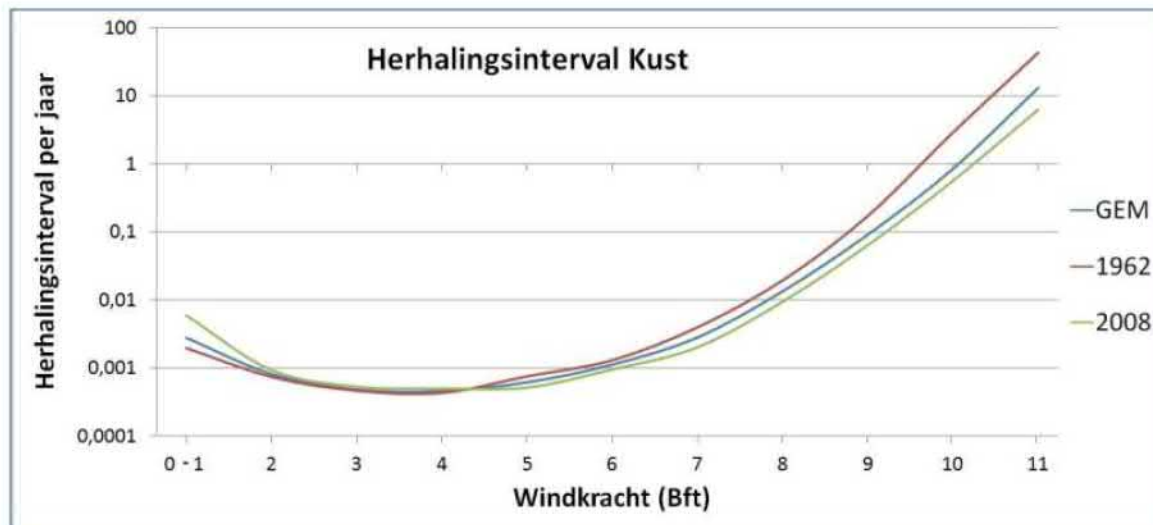


Het diagram voor Den Helder toont de dagen per maand, waarop de wind een bepaalde snelheid bereikt. Een

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.



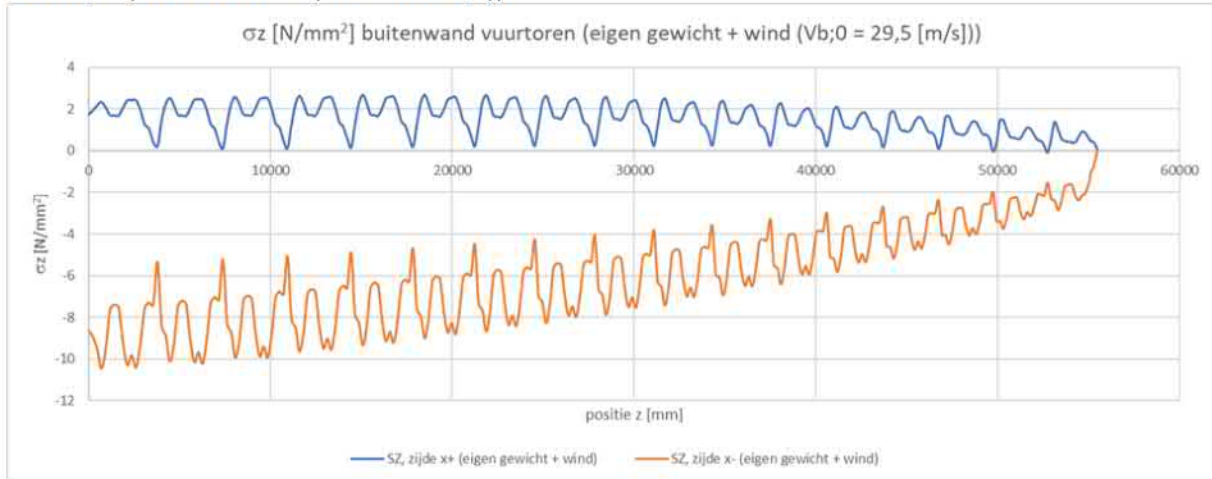
Figuur 3.6: Herhalingsinterval per jaar. De y-as is weergegeven per jaar op een logaritmische schaal. 0,001 betekent 1x per 0,001 jaar, oftewel 10.000x per jaar.

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

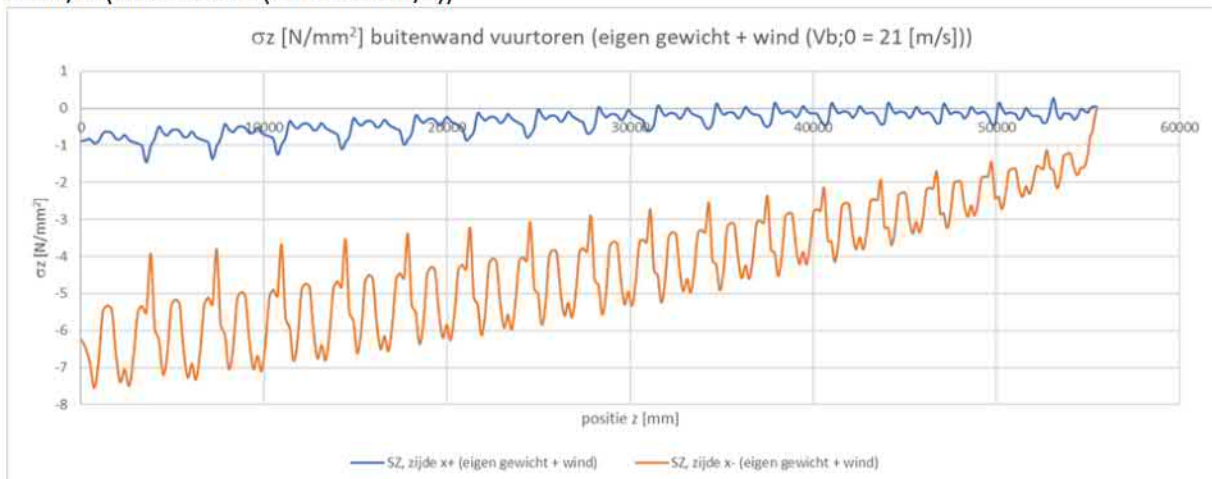
10.2 Grafieken met verticaal spanningen (SZ) op y=0 t.g.v. eigen gewicht + wind

(gemiddelde top/bottom spanningen plaat)

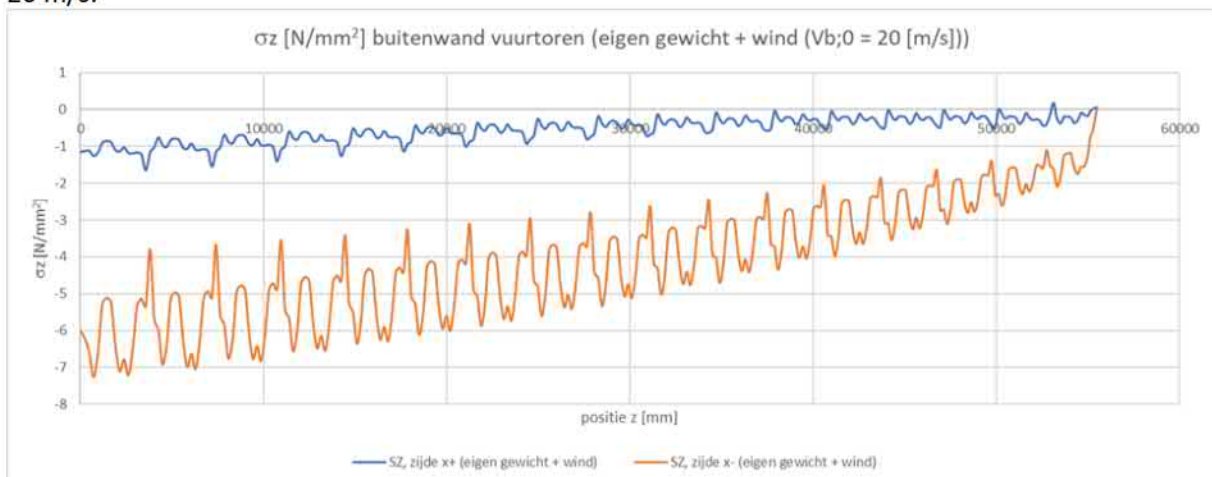
29.5 m/s: (windkracht 11 (28.5-32.6 m/s))



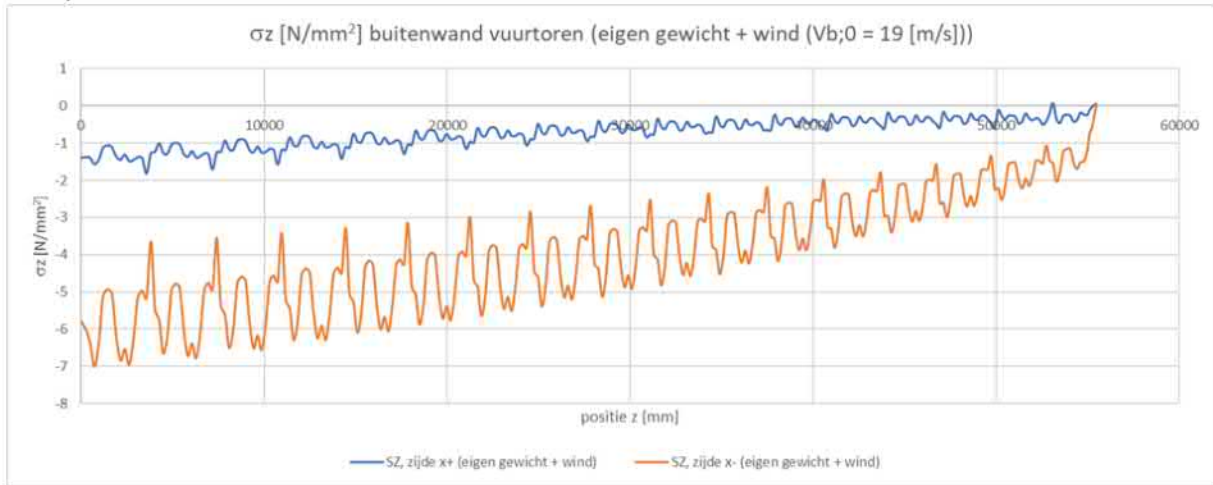
21 m/s: (windkracht 9 (20.8-24.4 m/s))



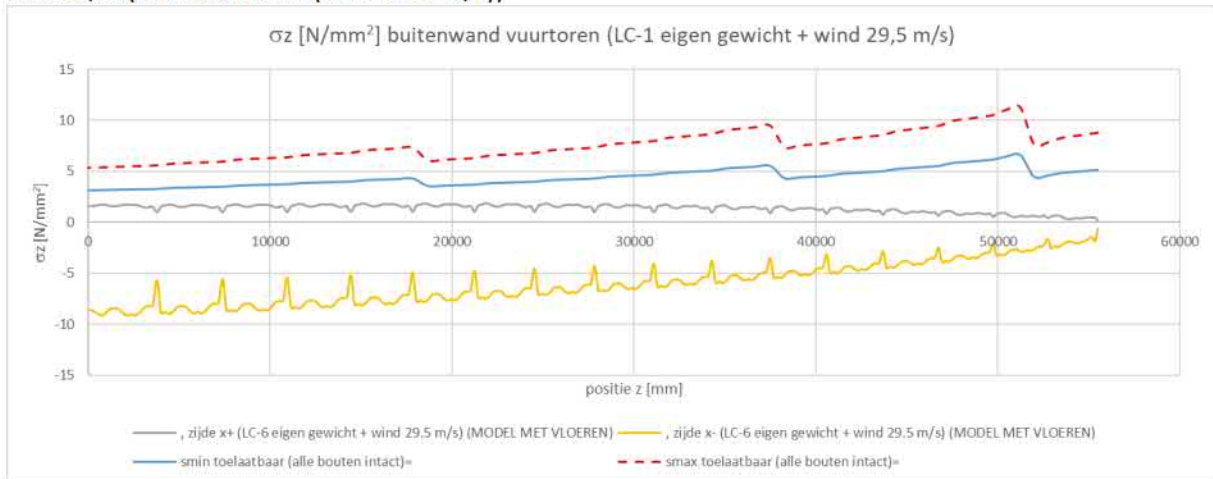
20 m/s:



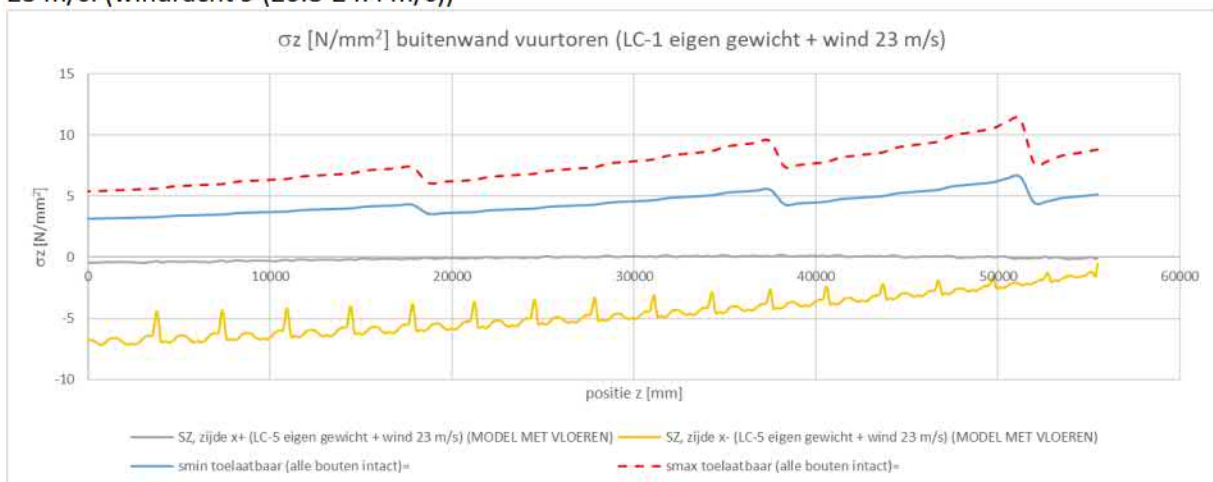
19 m/s:



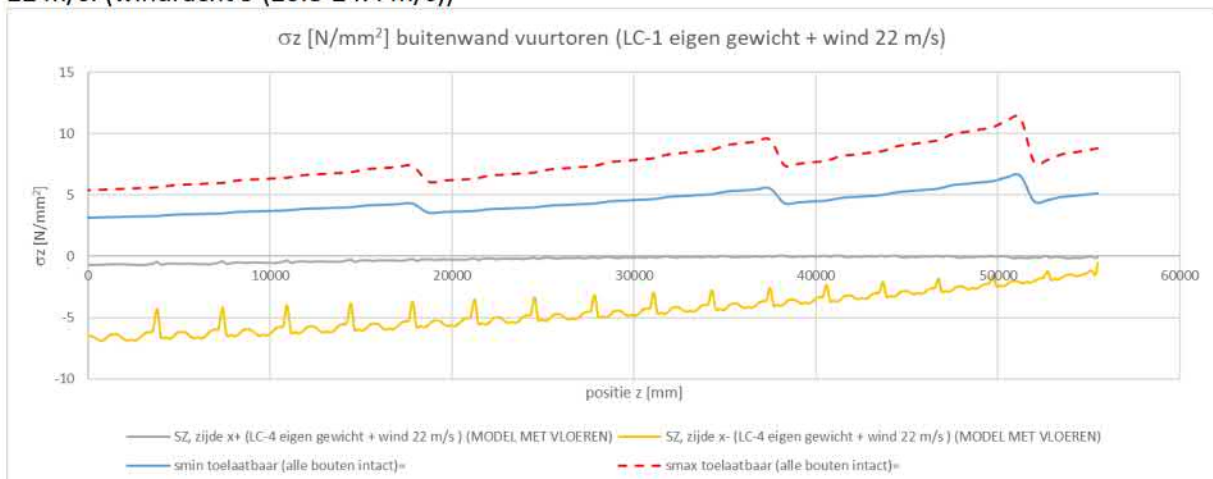
(gemiddelde spanningen hart plaat)
29.5 m/s: (windkracht 11 (28.5-32.6 m/s))



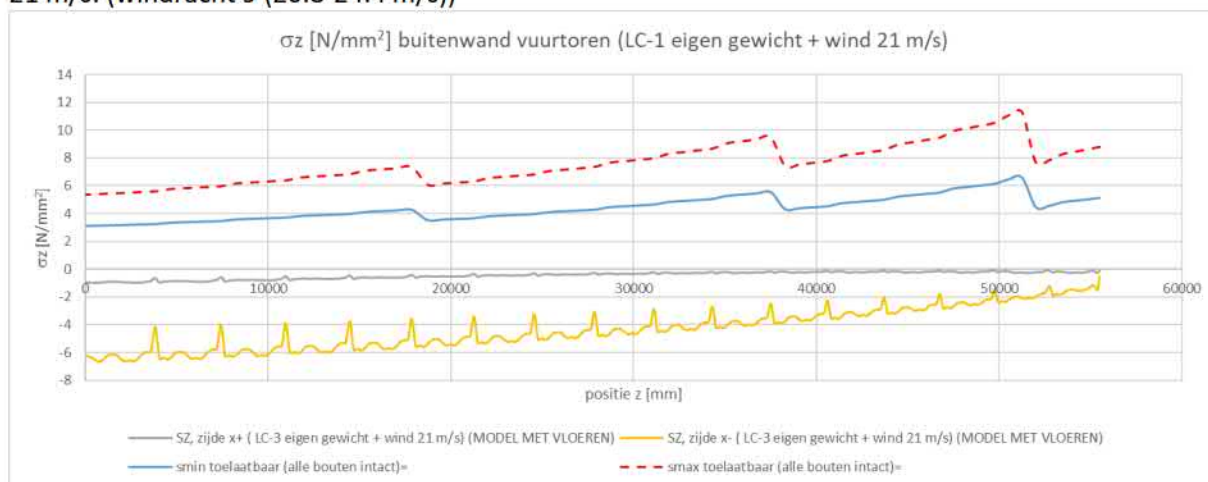
23 m/s: (windkracht 9 (20.8-24.4 m/s))



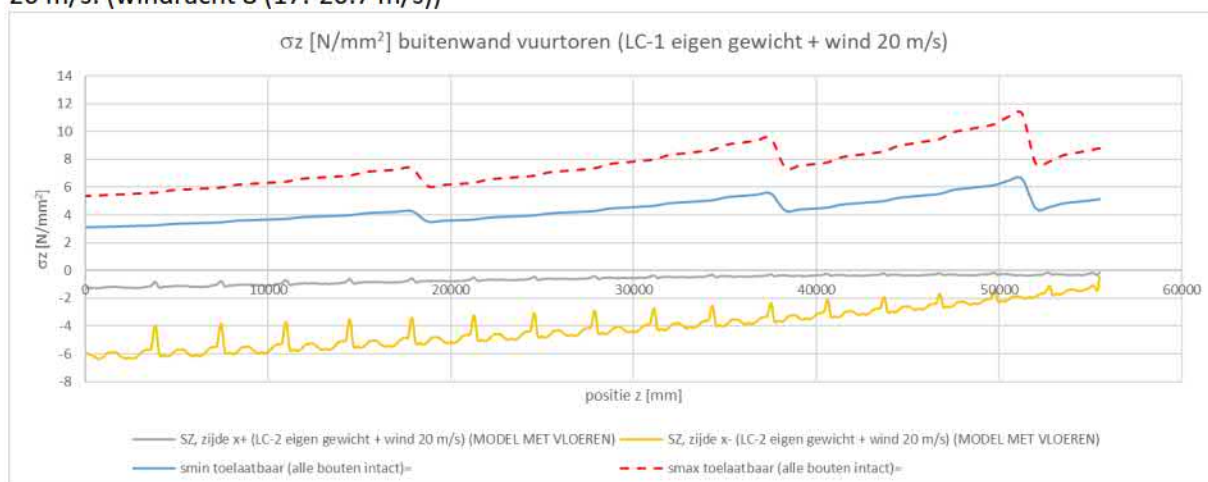
22 m/s: (windkracht 9 (20.8-24.4 m/s))



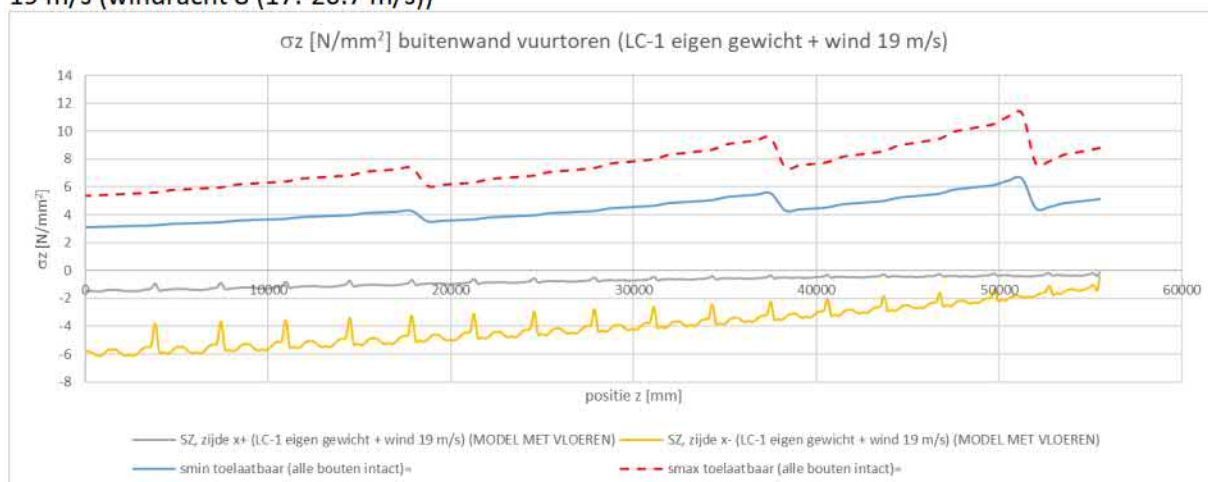
21 m/s: (windricht 9 (20.8-24.4 m/s))



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



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



 Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 05
	Structural check	Datum : 04-02-2022 Pagina : 53

11 Globaal model met losliggende vloeren

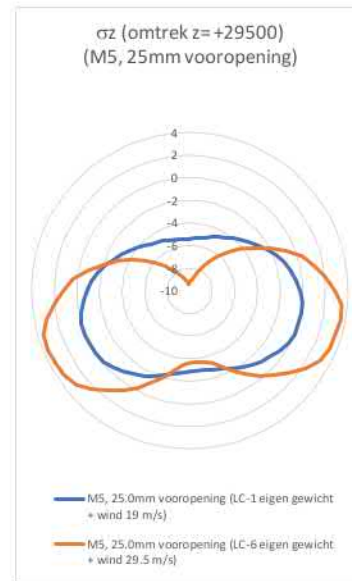
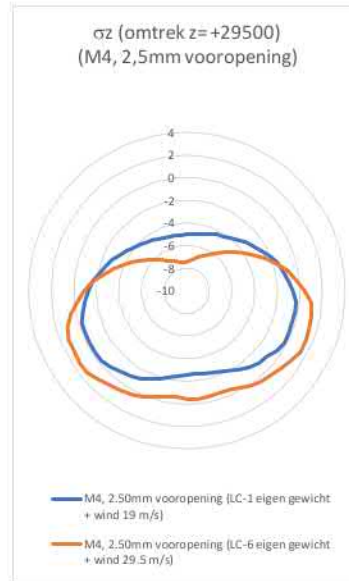
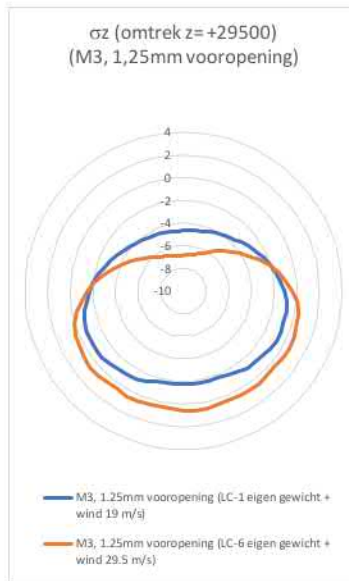
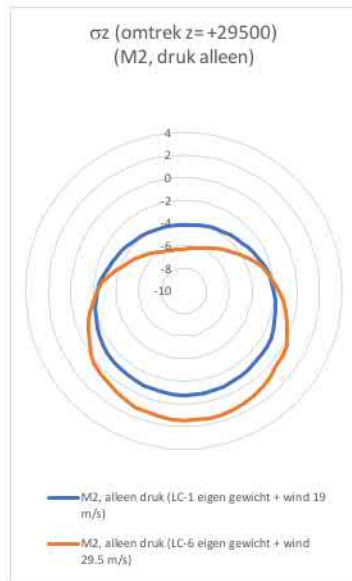
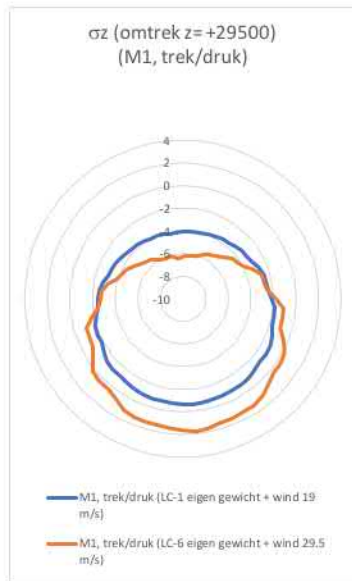
In deze serie zijn 5 verschillende modellen vergeleken:

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.

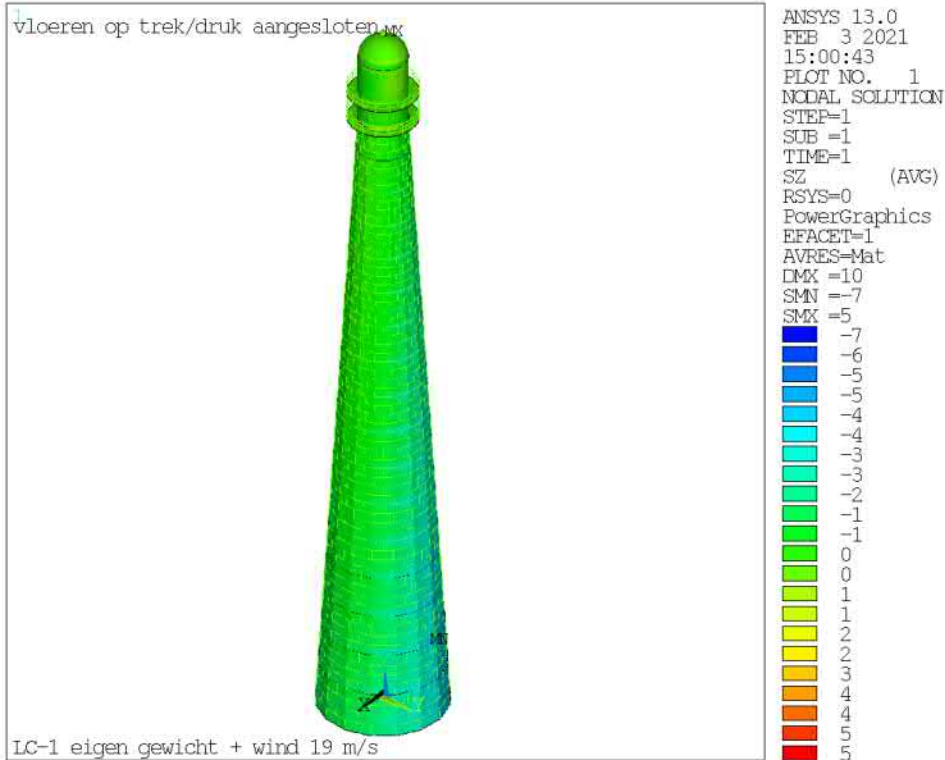
11.1 Conclusie

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).

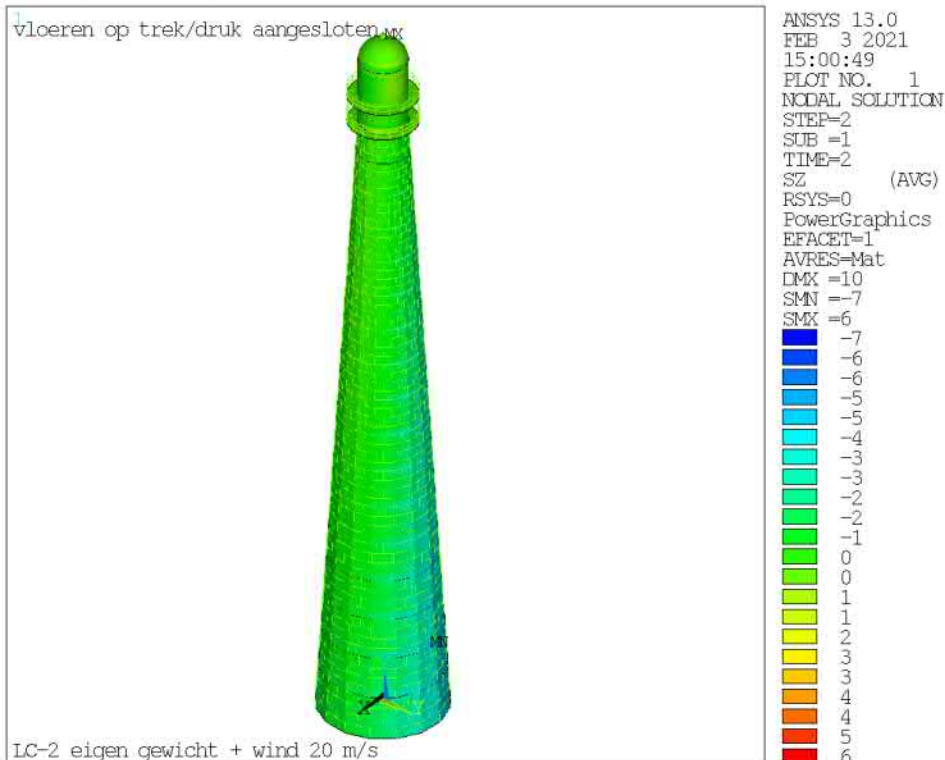


11.2 Globaal model met vloeren op trek/druk aangesloten

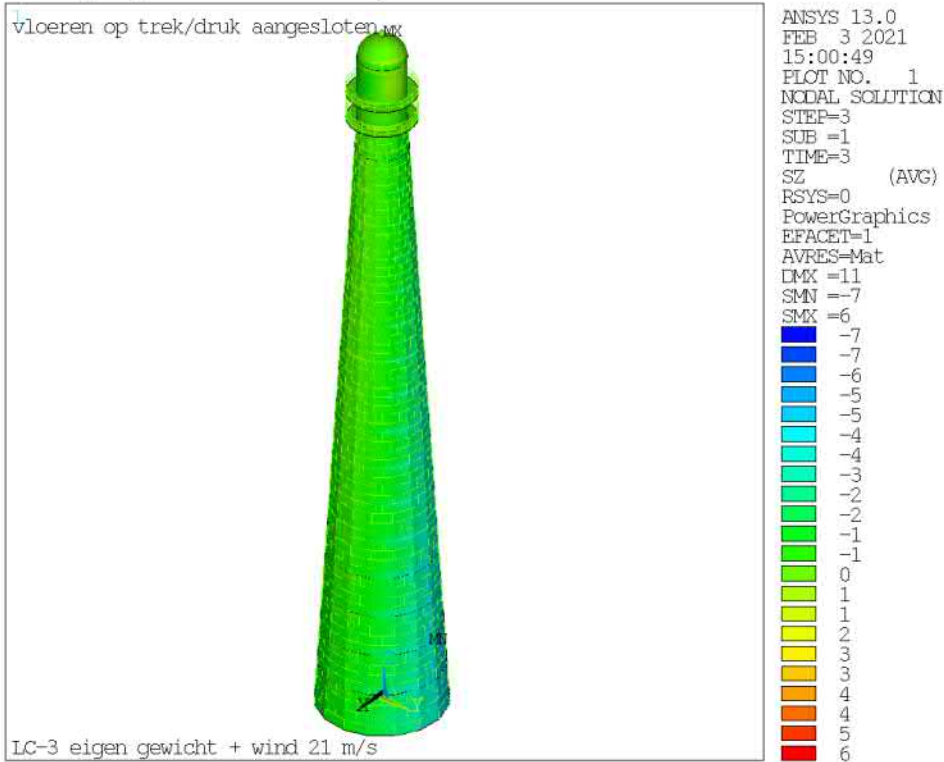
LC-1 eigen gewicht + wind 19 m/s



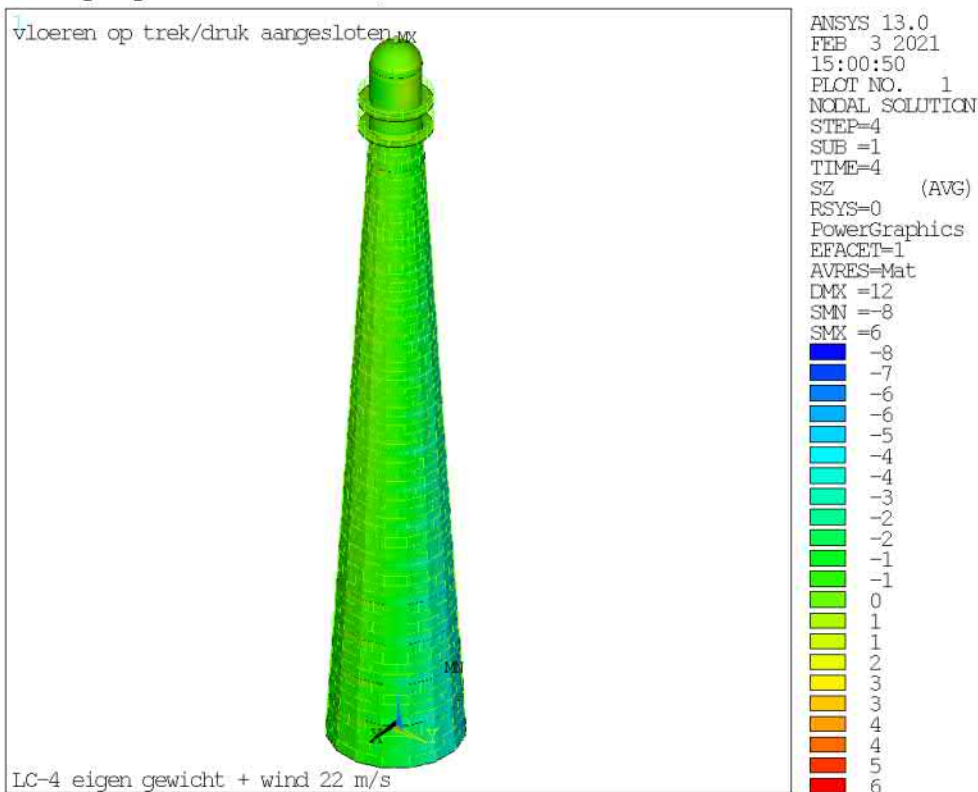
LC-2 eigen gewicht + wind 20 m/s



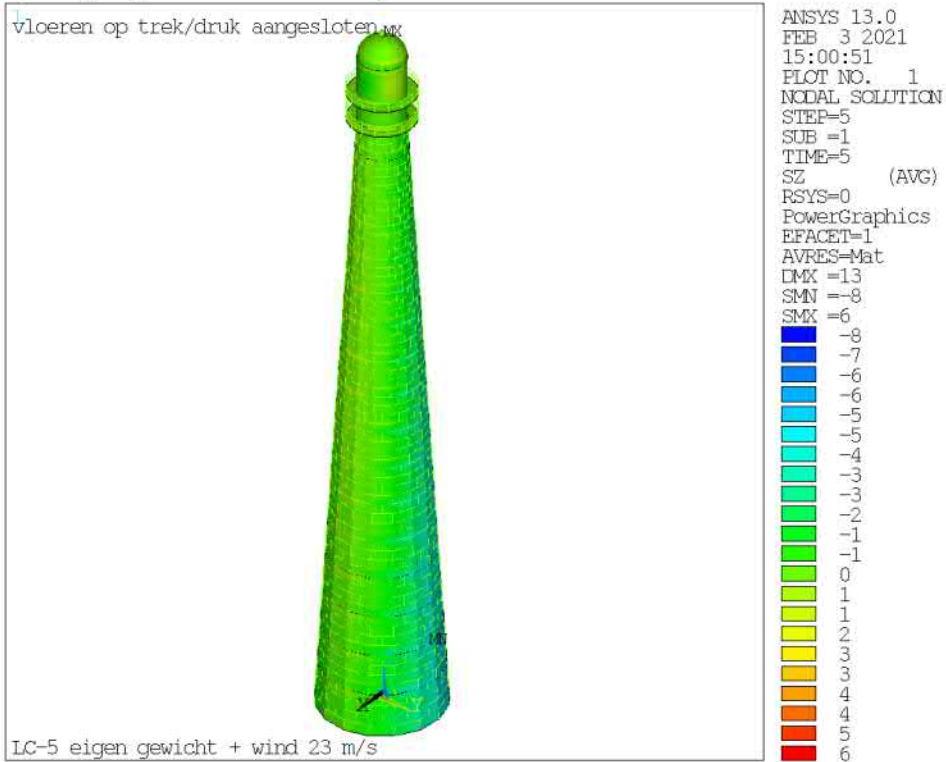
LC-3 eigen gewicht + wind 21 m/s



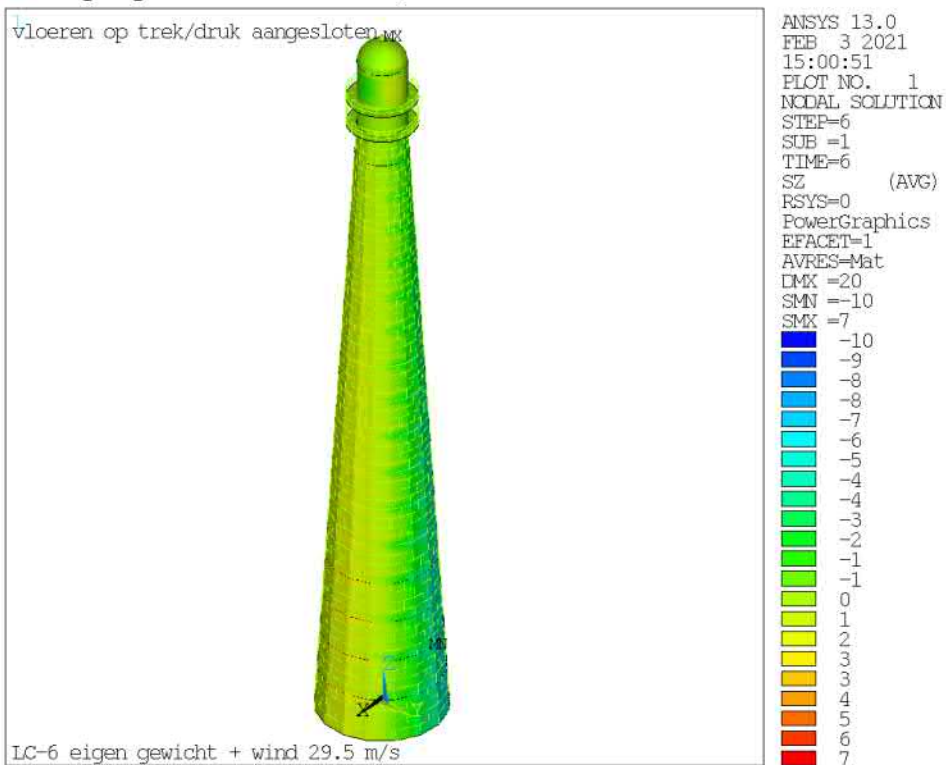
LC-4 eigen gewicht + wind 22 m/s



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

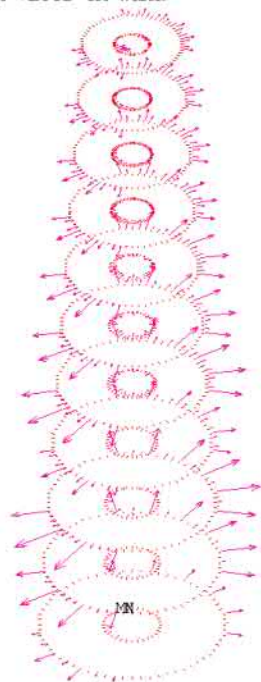
0.0 mm speling tussen vloer en wand



LC-1 eigen gewicht + wind 19 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
14:29:34
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =1
TIME=1
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =11
SMN =-6
SMX =0
-6
-6
-5
-5
-5
-4
-4
-4
-3
-3
-3
-2
-2
-1
-1
-1
0
0
0

0.0 mm speling tussen vloer en wand



LC-1 eigen gewicht + wind 19 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
14:33:22
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =1
TIME=1
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =6
NFOR

LC-2 eigen gewicht + wind 20 m/s

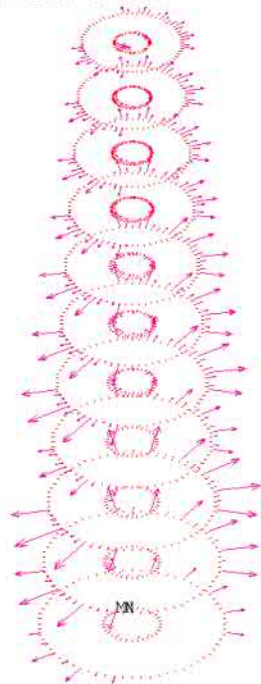
0.0 mm speling tussen vloer en wand



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
-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

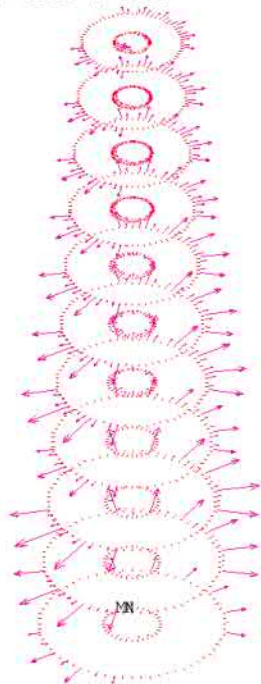
0.0 mm speling tussen vloer en wand



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
-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

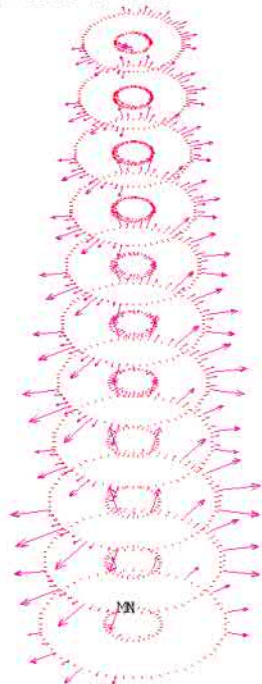
0.0 mm speling tussen vloer en wand



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
SMX =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

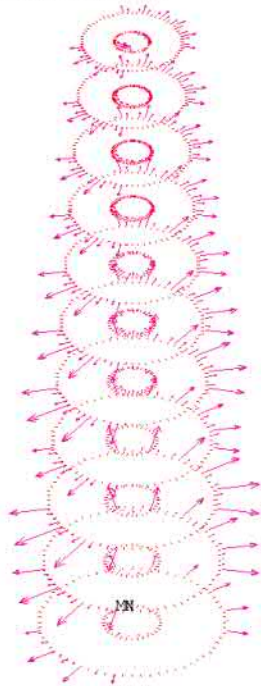
0.0 mm speling tussen vloer en wand



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

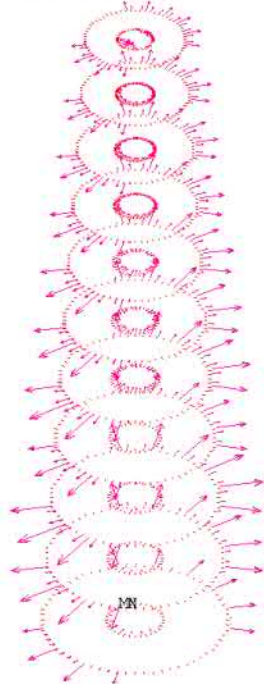
0.0 mm speling tussen vloer en wand



LC-6 eigen gewicht + wind 29.5 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
14:29:44
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 =2
-9
-8
-8
-7
-7
-6
-5
-5
-4
-4
-3
-3
-2
-2
-1
0
0
1
1
2
2

0.0 mm speling tussen vloer en wand



LC-6 eigen gewicht + wind 29.5 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
14:33:25
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=6
SUB =1
TIME=6
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =13
NFOR

11.4 Globaal model met 1.25mm vooropening tussen wand en vloeren

LC-1 eigen gewicht + wind 19 m/s

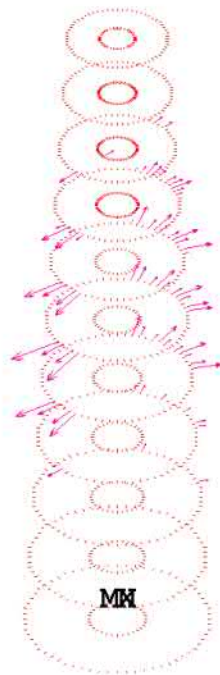
1.25 mm speling tussen vloer en wand



LC-1 eigen gewicht + wind 19 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
12:56:35
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =5
TIME=1
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =11
SMN =-6
SMX =2
-6
-6
-5
-5
-4
-4
-3
-3
-3
-2
-2
-1
-1
-1
0
0
1
1
2
2
2

1.25 mm speling tussen vloer en wand



LC-1 eigen gewicht + wind 19 m/s

ANSYS 13.0
FEB 3 2021
13:04:18
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =5
TIME=1
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =6
NFCR

LC-2 eigen gewicht + wind 20 m/s

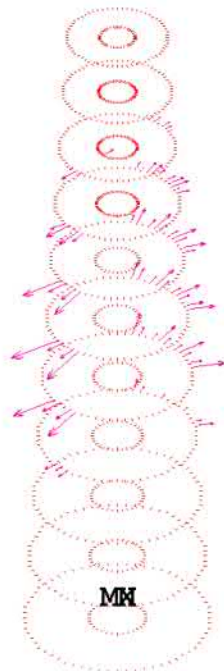
1.25 mm speling tussen vloer en wand



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

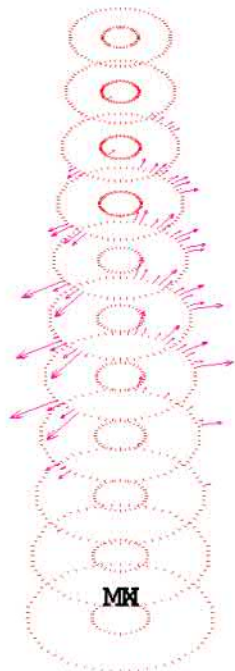
1.25 mm speling tussen vloer en wand



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
-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

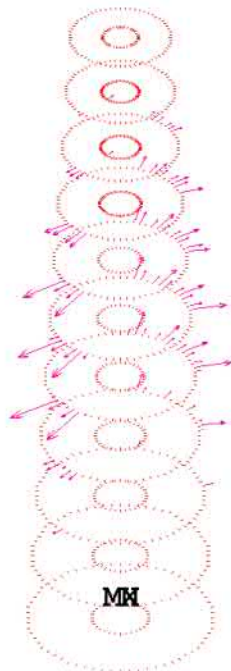
1.25 mm speling tussen vloer en wand



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
-6
-5
-5
-4
-4
-3
-3
-2
-2
-1
-1
0
0
1
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

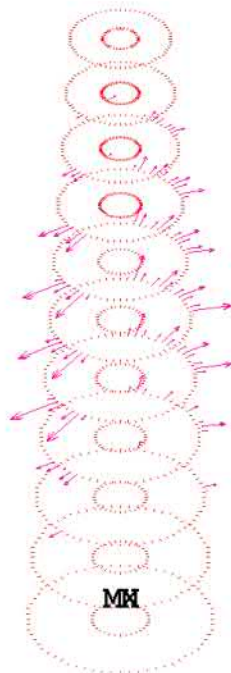
1.25 mm speling tussen vloer en wand



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
-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

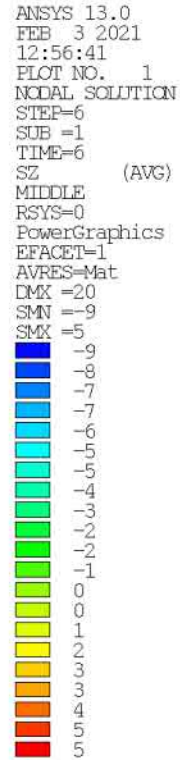


LC-5 eigen gewicht + wind 23 m/s

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

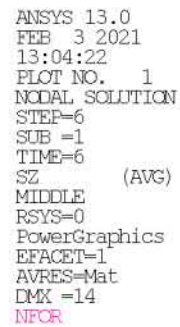
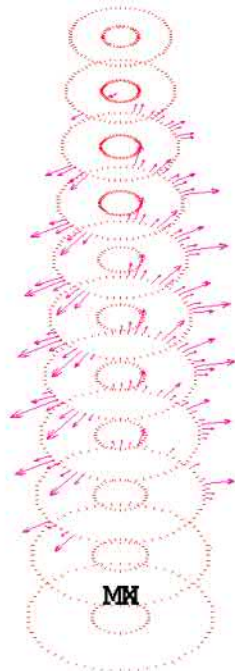
LC-6 eigen gewicht + wind 29.5 m/s

1.25 mm speling tussen vloer en wand



LC-6 eigen gewicht + wind 29.5 m/s

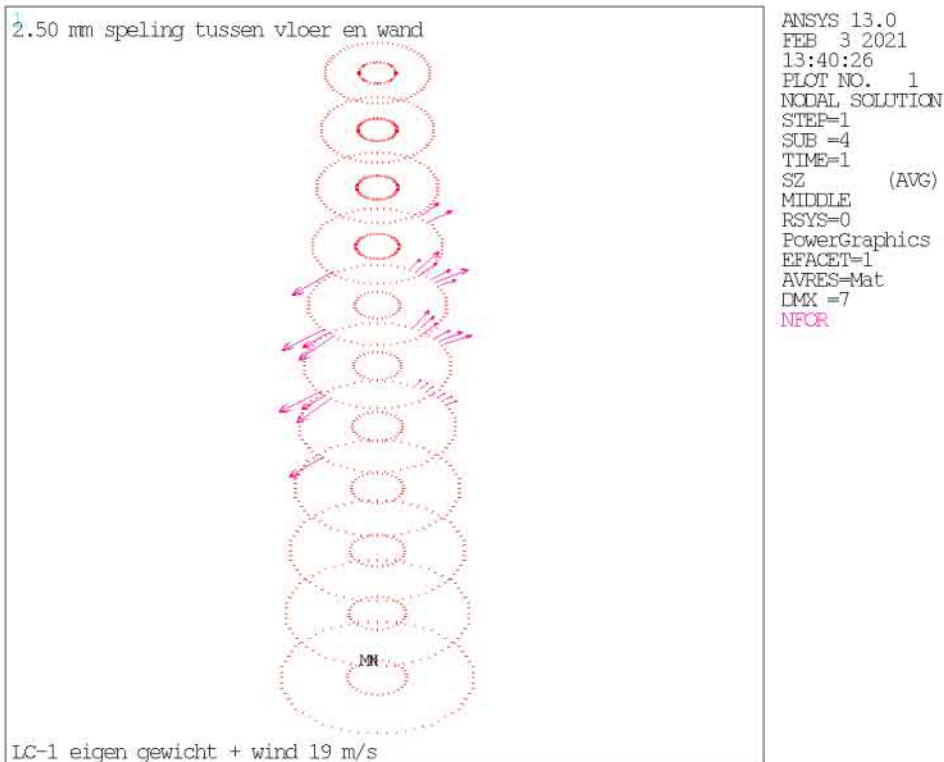
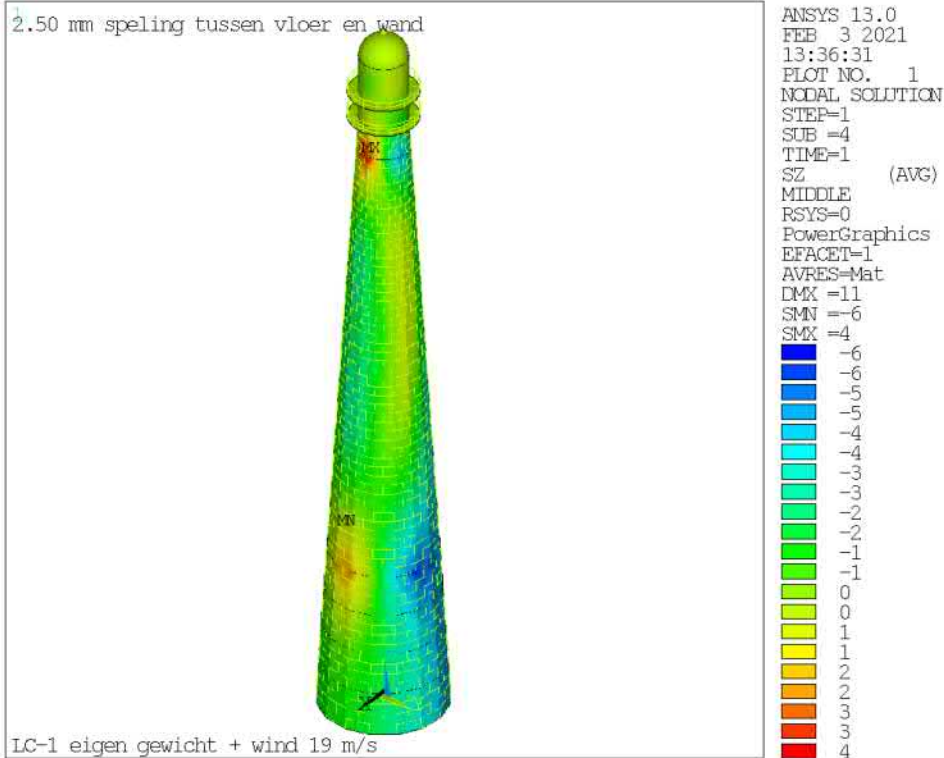
1.25 mm speling tussen vloer en wand



LC-6 eigen gewicht + wind 29.5 m/s

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

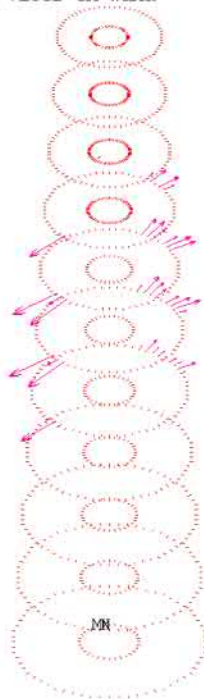
2.50 mm speling tussen vloer en wand



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

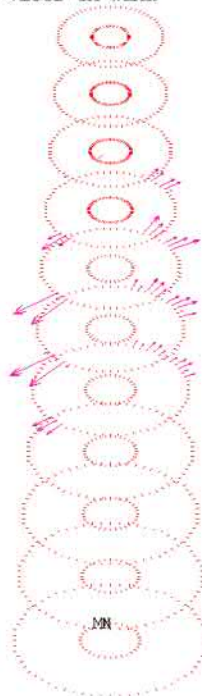
2.50 mm speling tussen vloer en wand



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

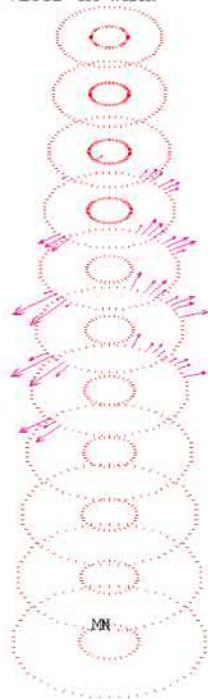
2.50 mm speling tussen vloer en wand



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
-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

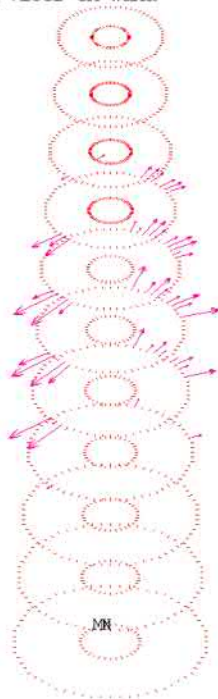
2.50 mm speling tussen vloer en wand



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
-6
-5
-5
-4
-3
-3
-2
-2
-1
-1
0
1
1
2
2
3
4
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

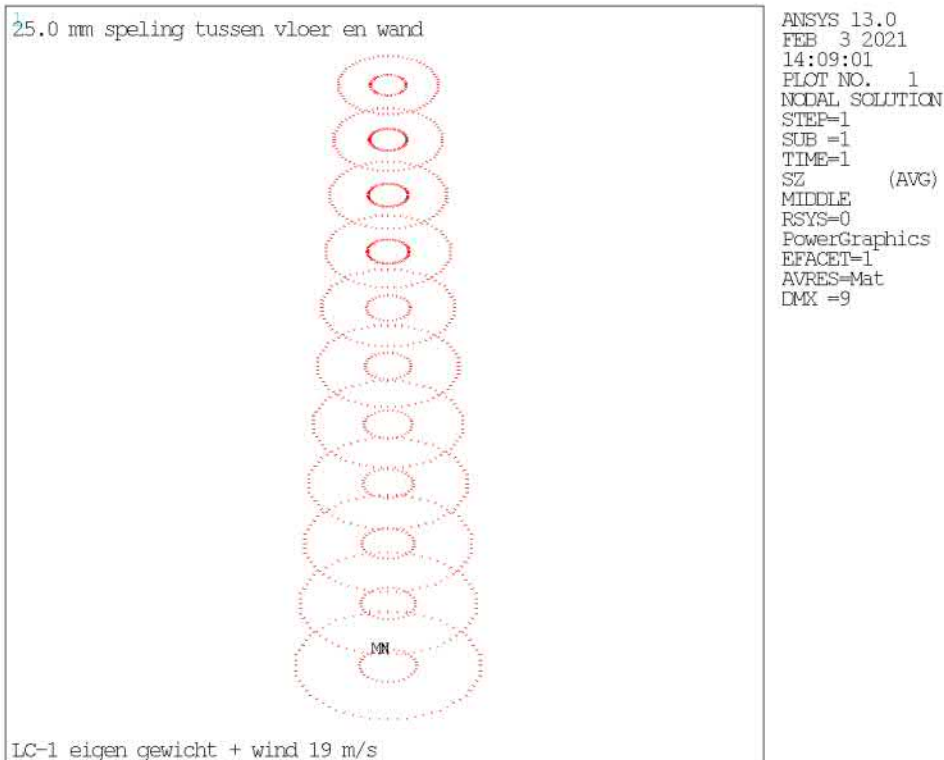
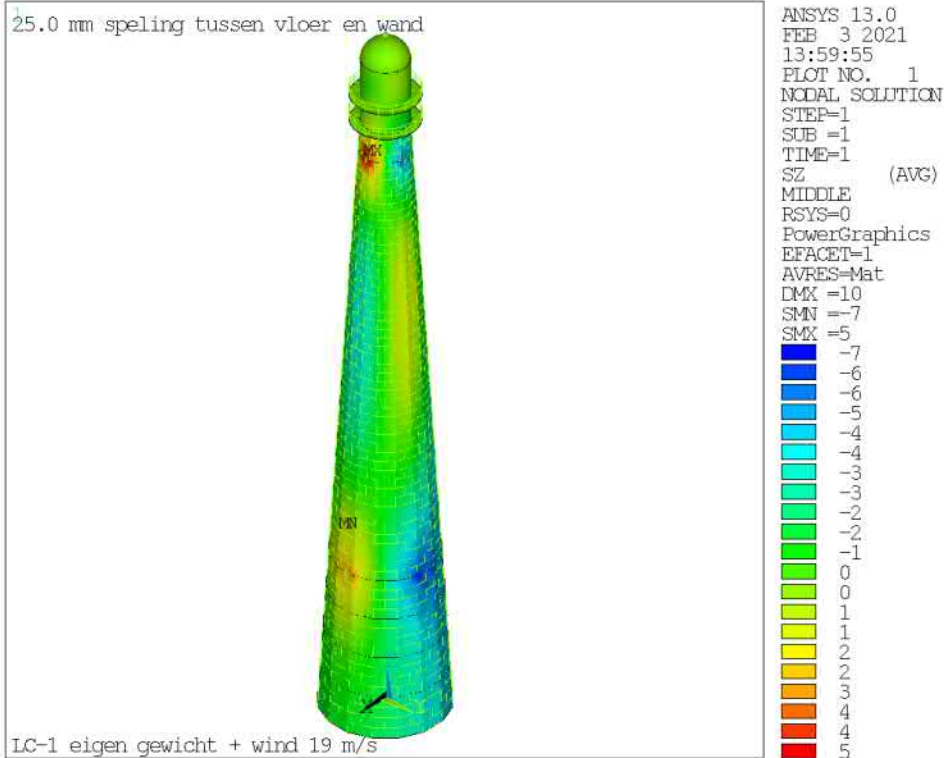


LC-6 eigen gewicht + wind 29.5 m/s

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

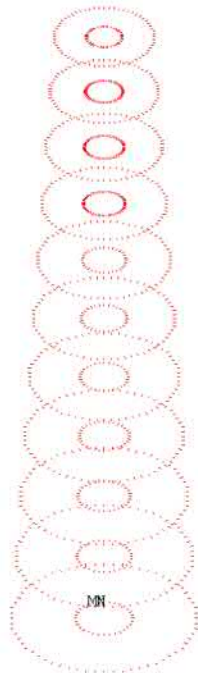
25.0 mm speling tussen vloer en wand



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

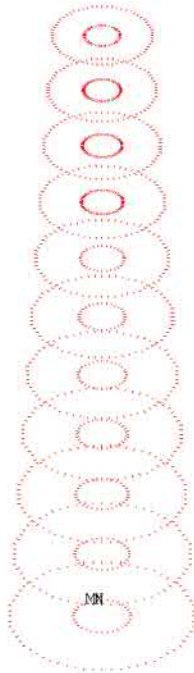
25.0 mm speling tussen vloer en wand



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

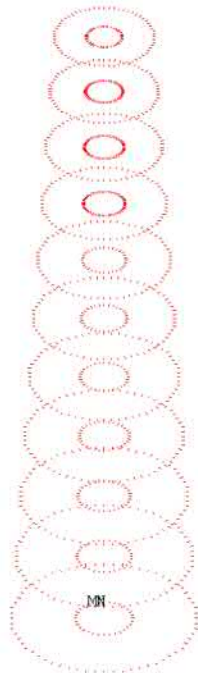
25.0 mm speling tussen vloer en wand



LC-4 eigen gewicht + wind 22 m/s



25.0 mm speling tussen vloer en wand



LC-4 eigen gewicht + wind 22 m/s



LC-5 eigen gewicht + wind 23 m/s

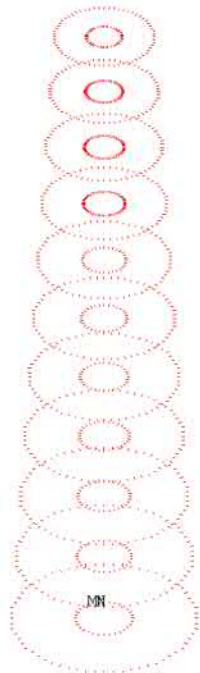
25.0 mm speling tussen vloer en wand



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

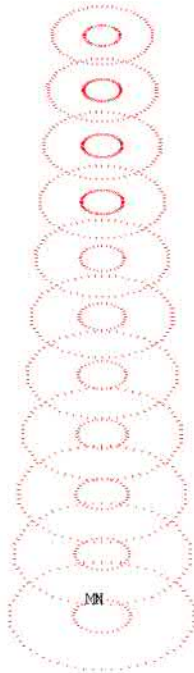
25.0 mm speling tussen vloer en wand



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

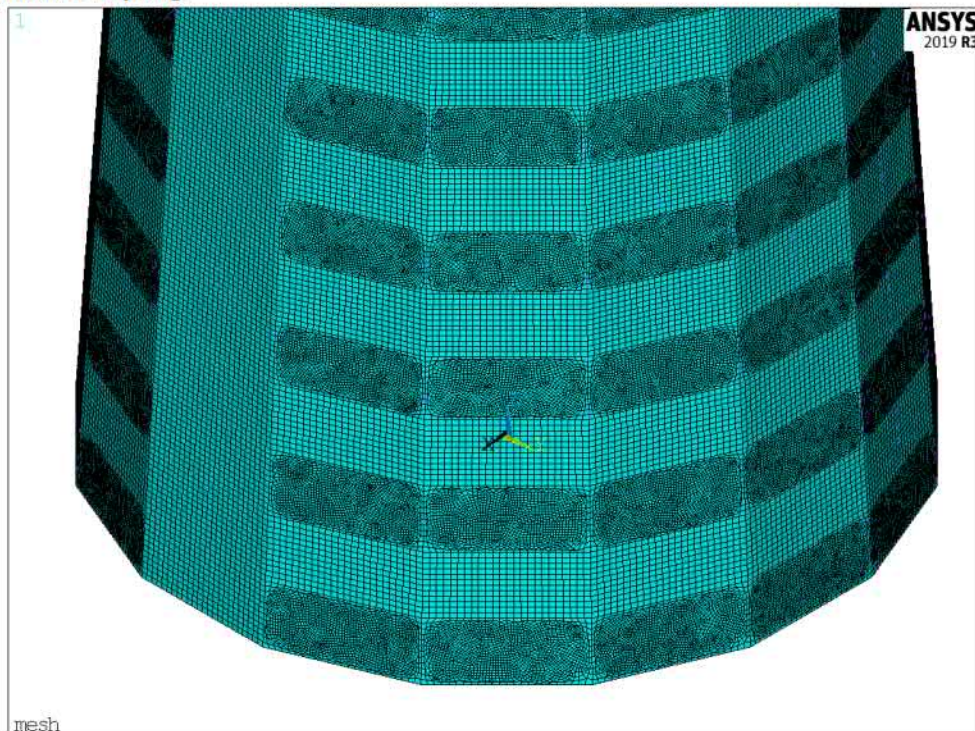
ANSYS 13.0
FEB 3 2021
14:09:03
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=6
SUB =1
TIME=6
SZ (AVG)
MIDDLE
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =20

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



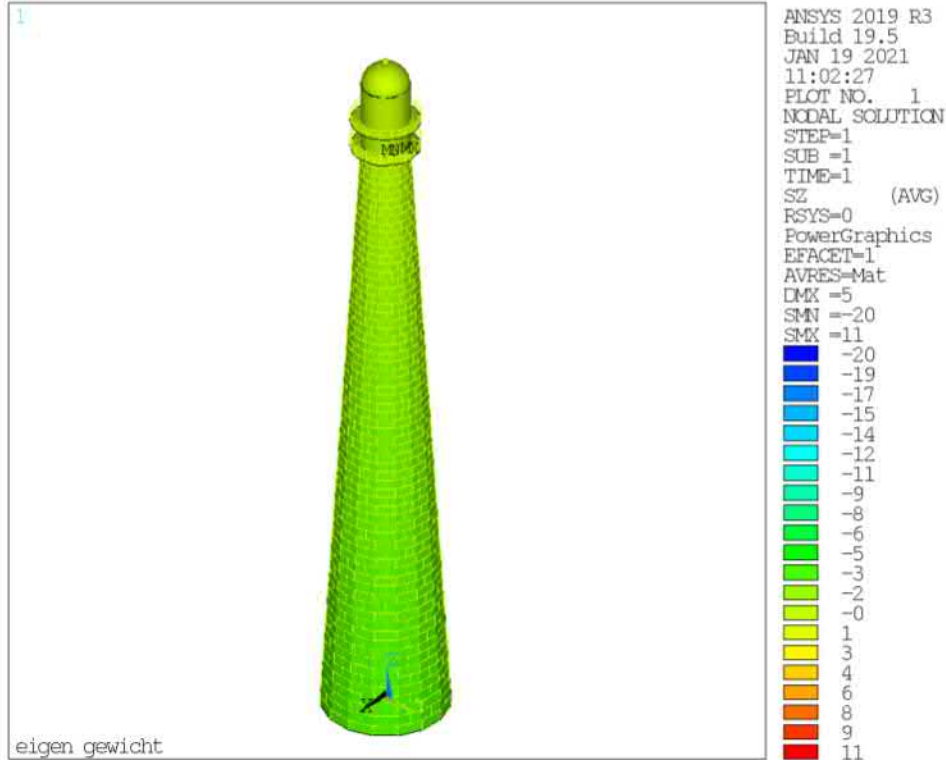
Model exclusief vloeren en vloerbelasting (1 zijde geselecteerd)

Meshverfijning:

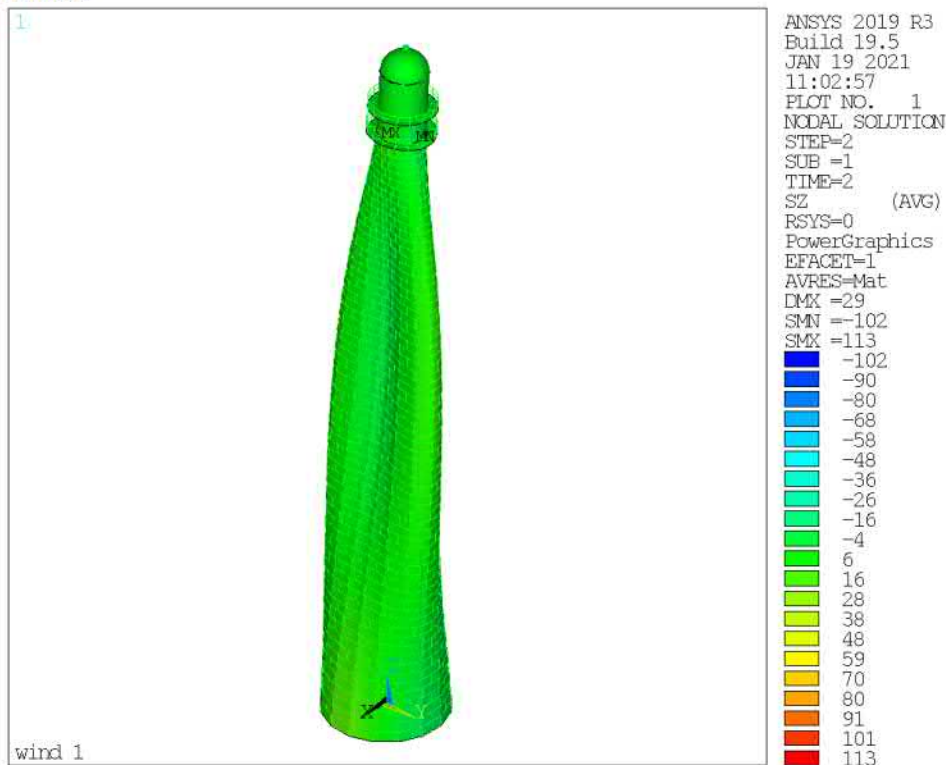


SZ [N/mm²] (top spanningen)

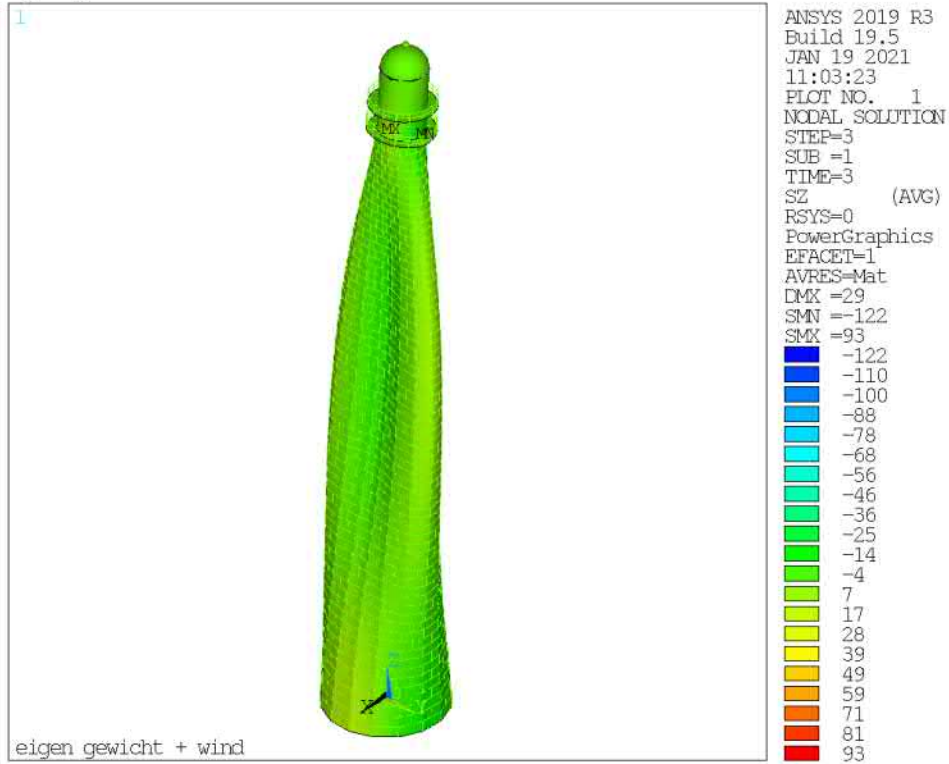
Eigen gewicht + wind



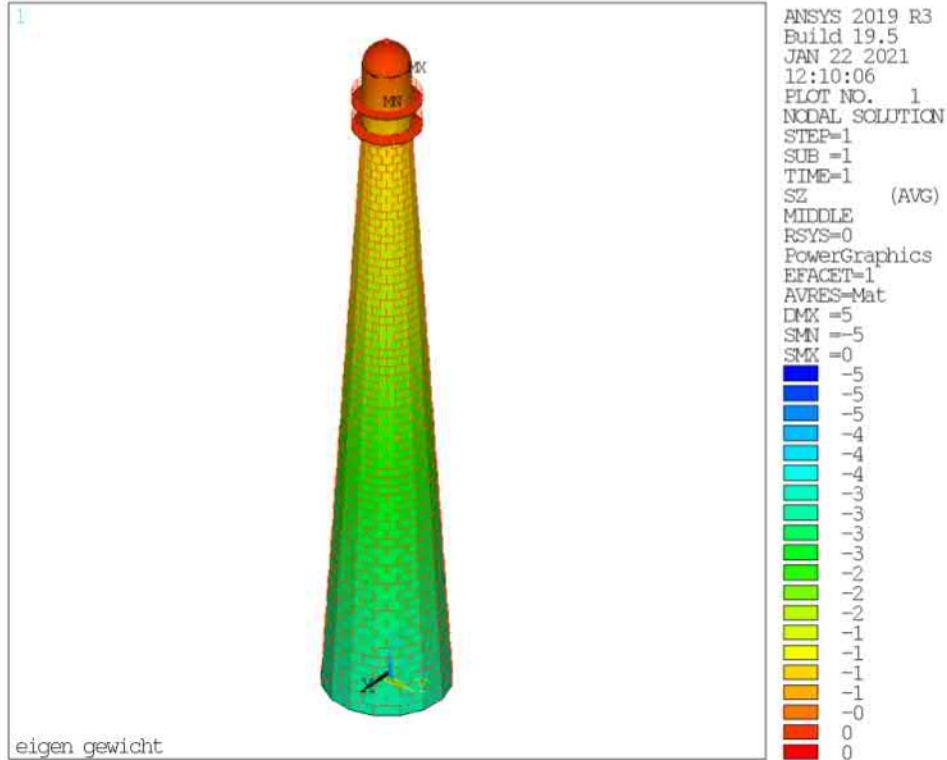
Wind 1



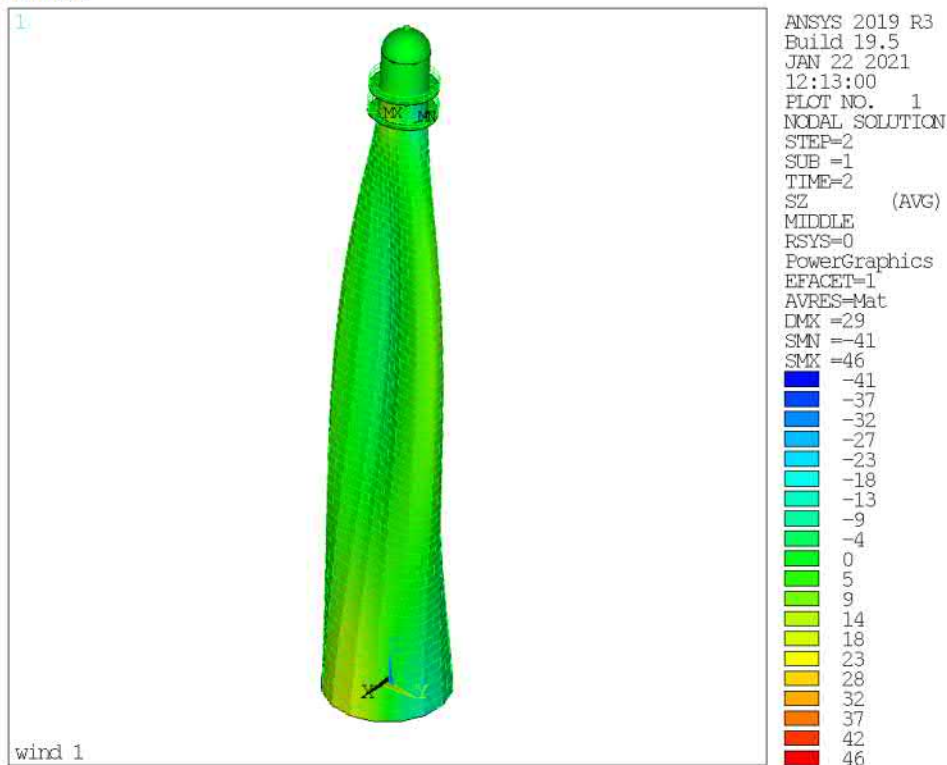
Eigen gewicht + wind



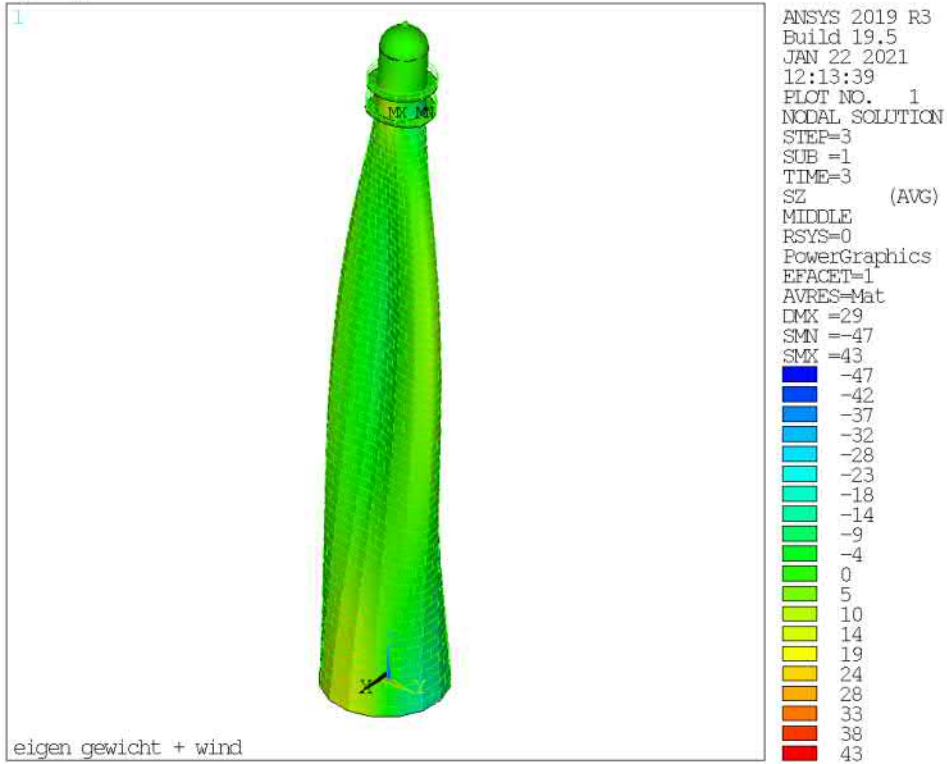
SZ [N/mm²] (mid spanningen (hart plaat))
Eigen gewicht + wind



Wind 1



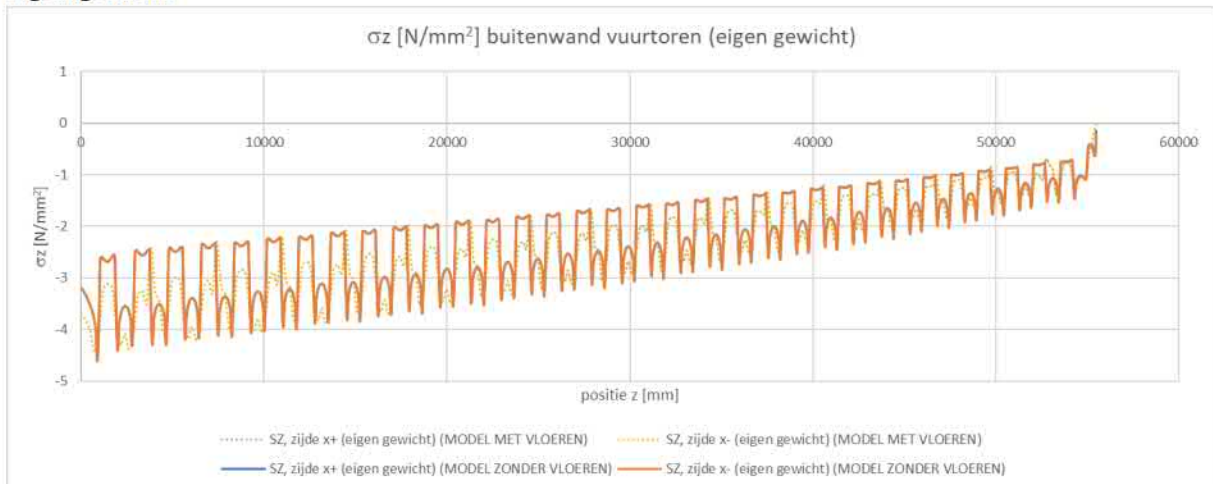
Eigen gewicht + wind



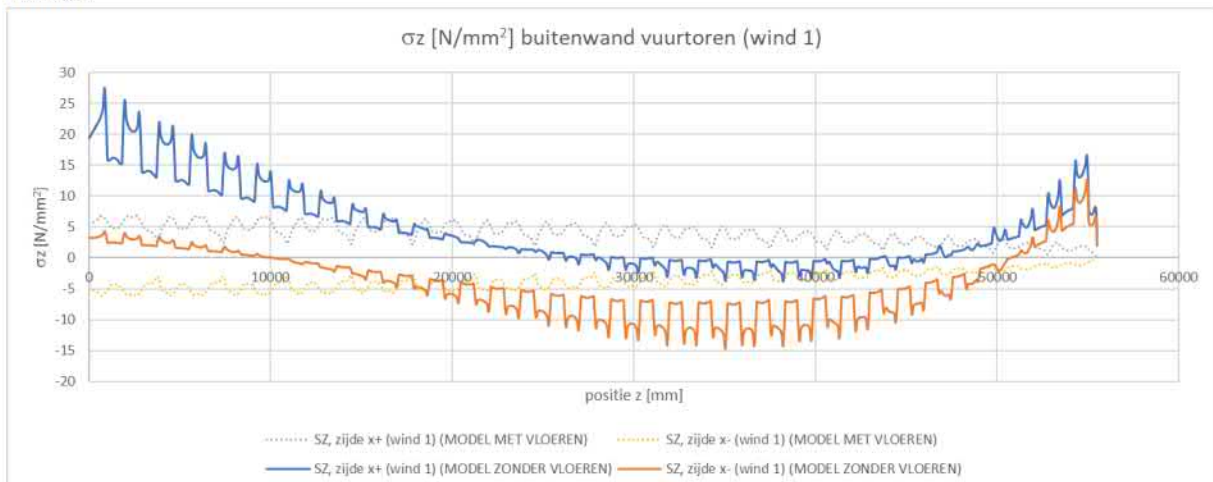
12.1 Grafieken met verticaal spanningen (SZ) op y=0

(gemiddelde top/bottom spanningen plaat)

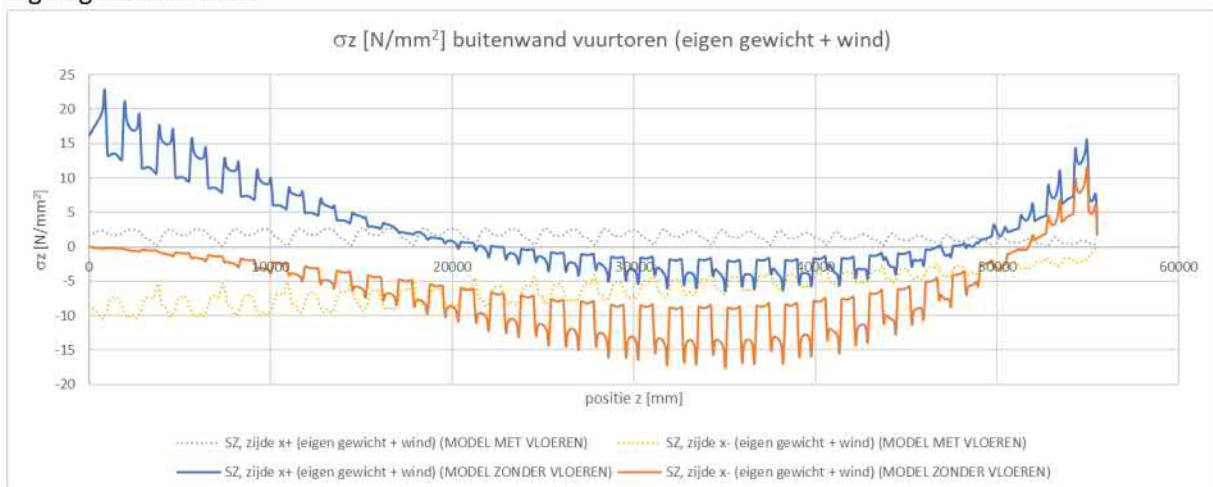
Eigen gewicht

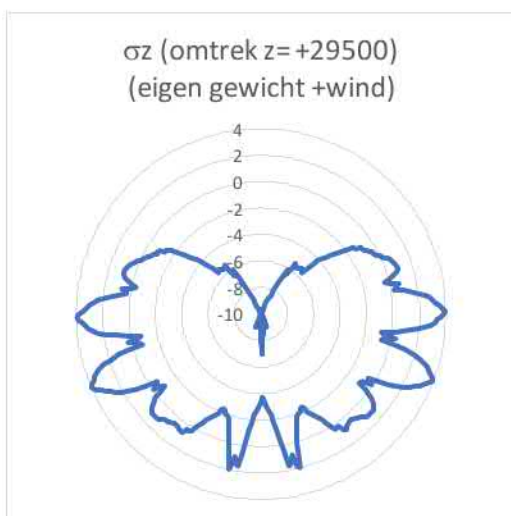
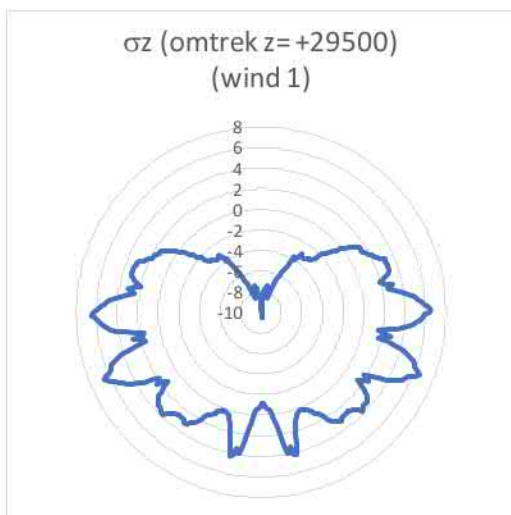
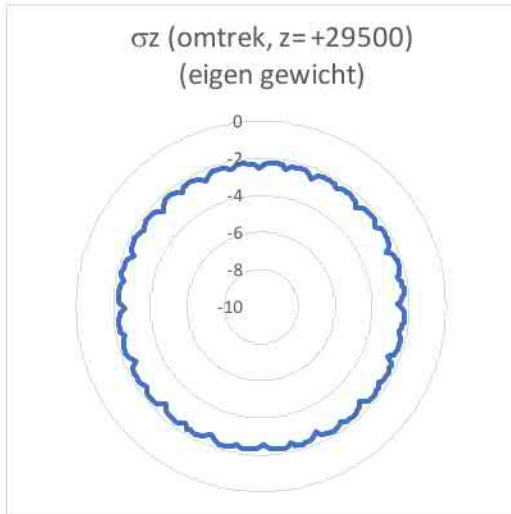


Wind 1



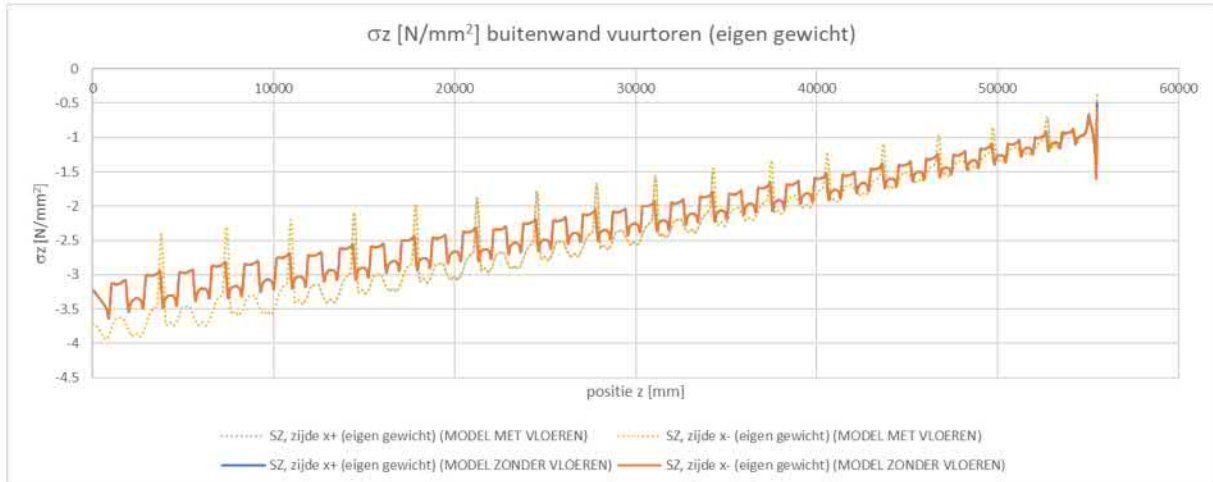
Eigen gewicht + wind



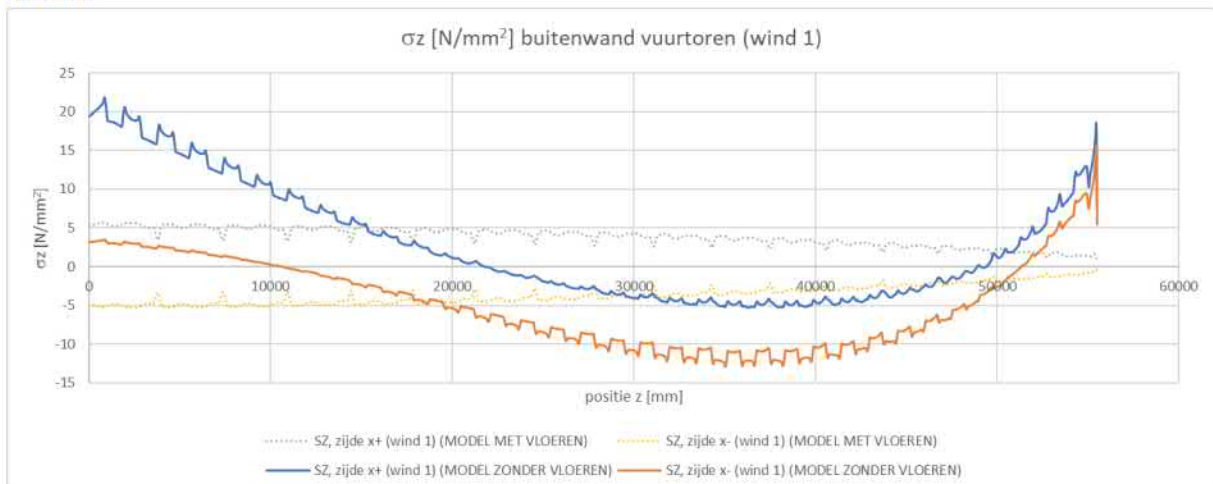


(gemiddelde spanningen hart plaat)

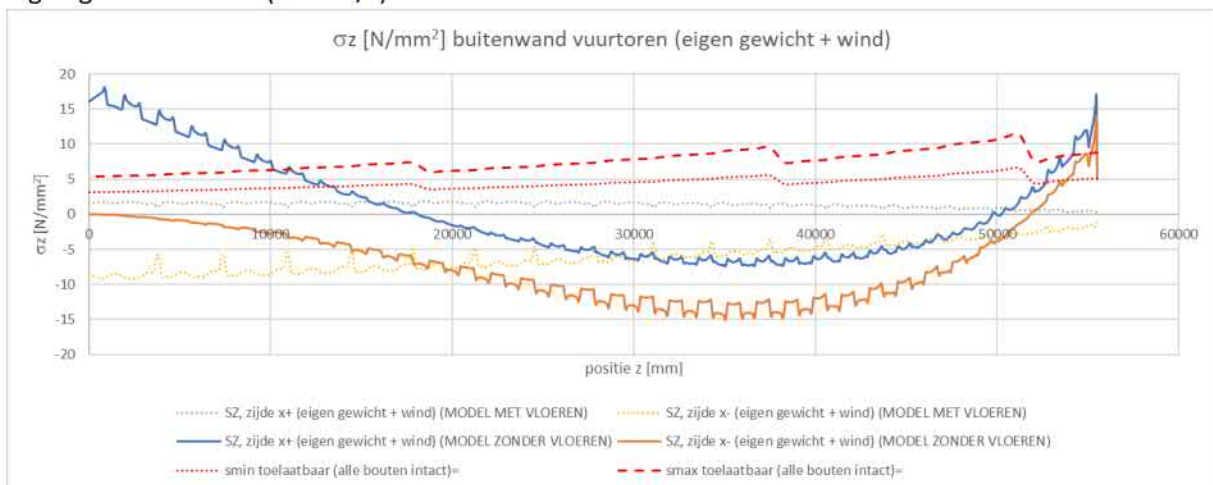
Eigen gewicht

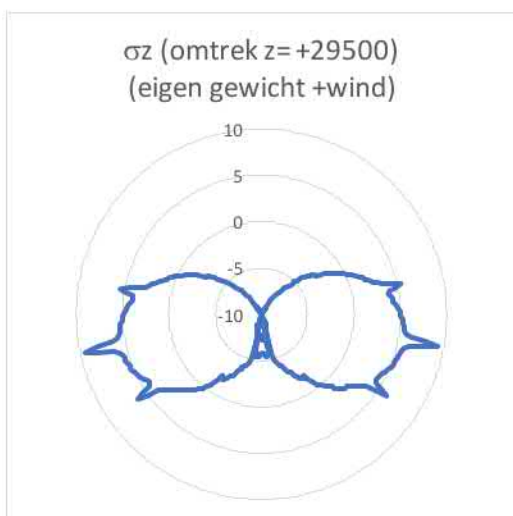
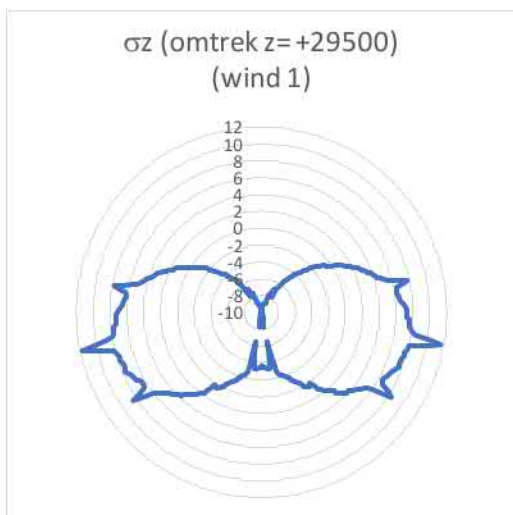
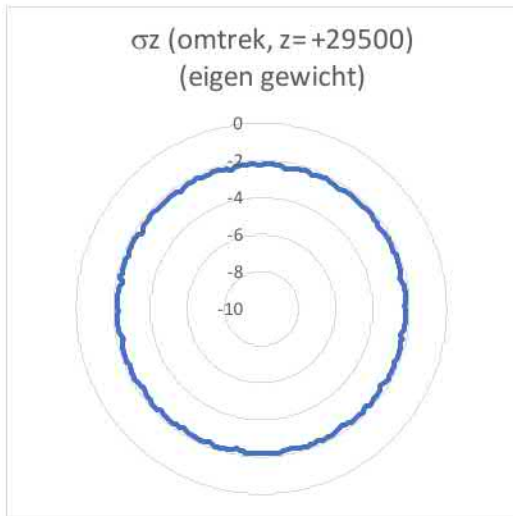


Wind 1



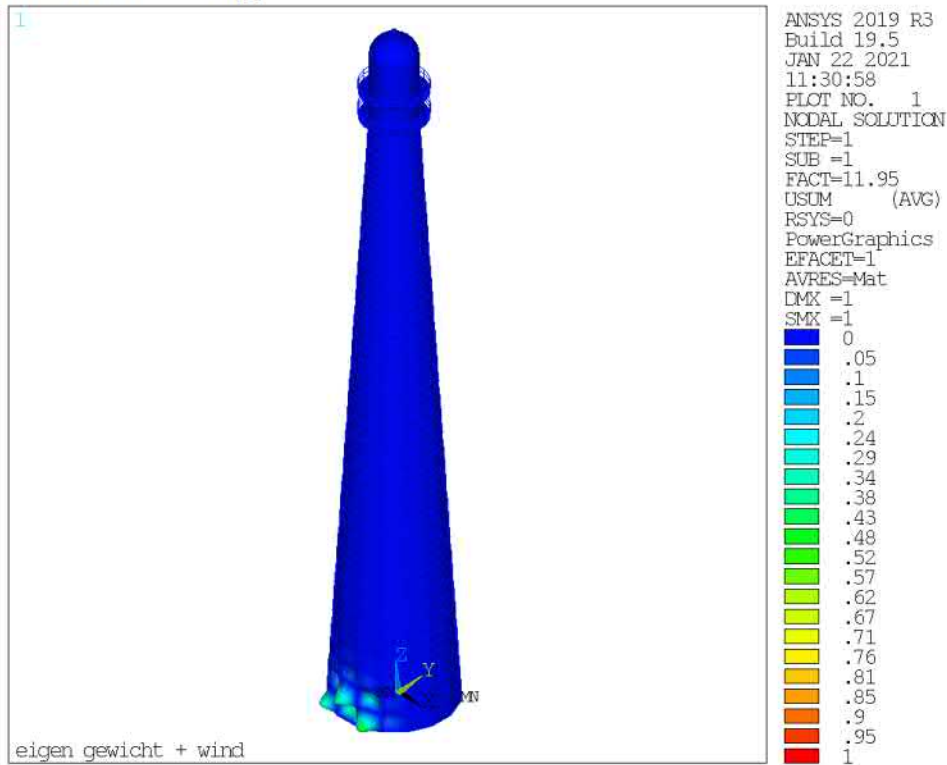
Eigen gewicht + wind (29.5 m/s)



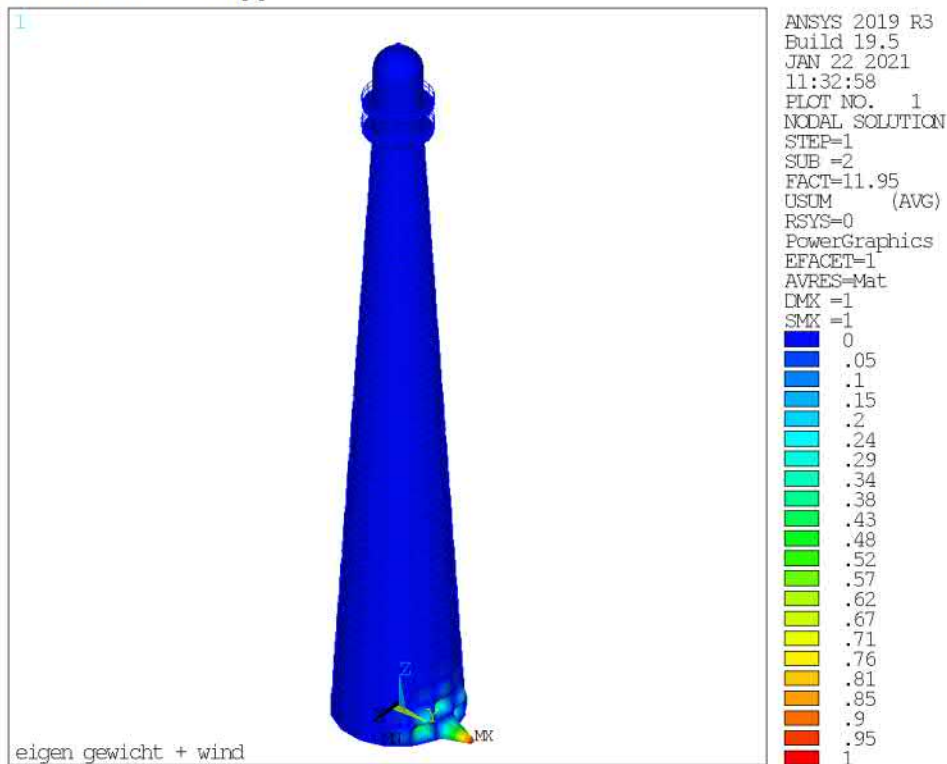


Buckling (n waarde bepaling, voor dit model zijn de knoop coördinaten geüpdate met de verplaatsingen t.g.v. eigen gewicht + wind)

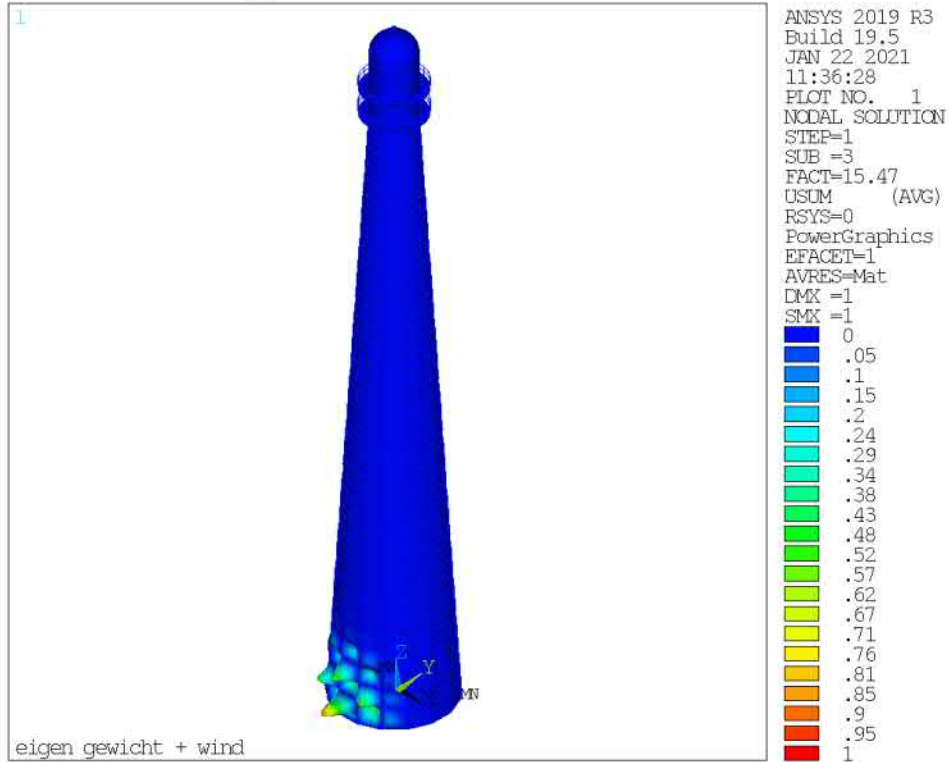
1^e modus n = 11.95 [-]



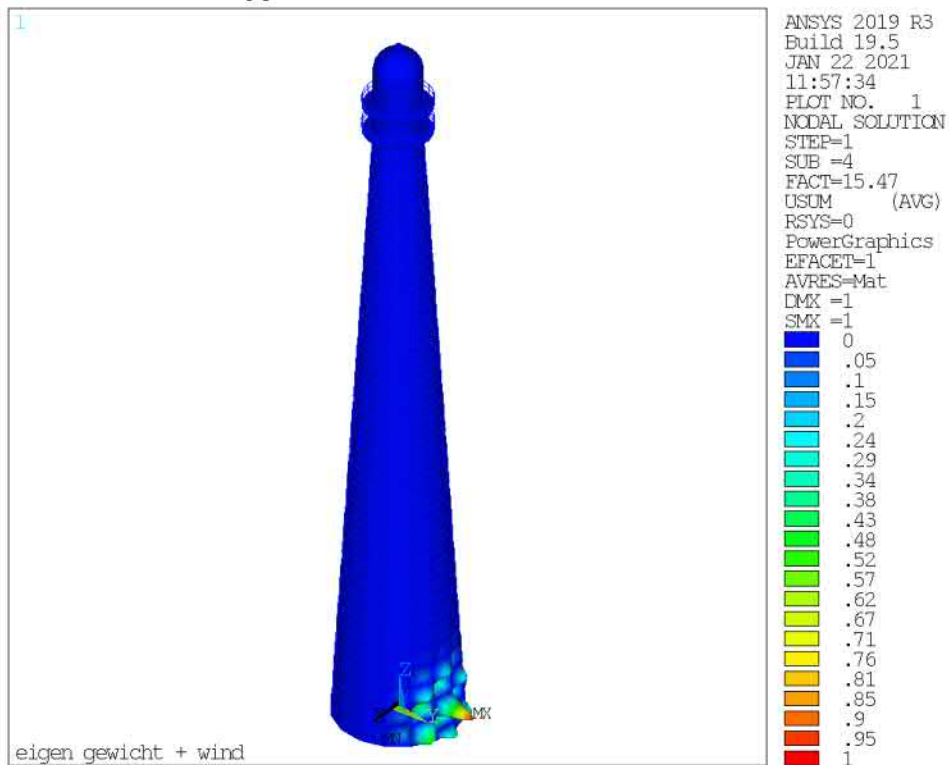
2^e modus n = 11.95 [-]



3^e modus n = 15.47 [-]



4^e modus n = 15.47 [-]

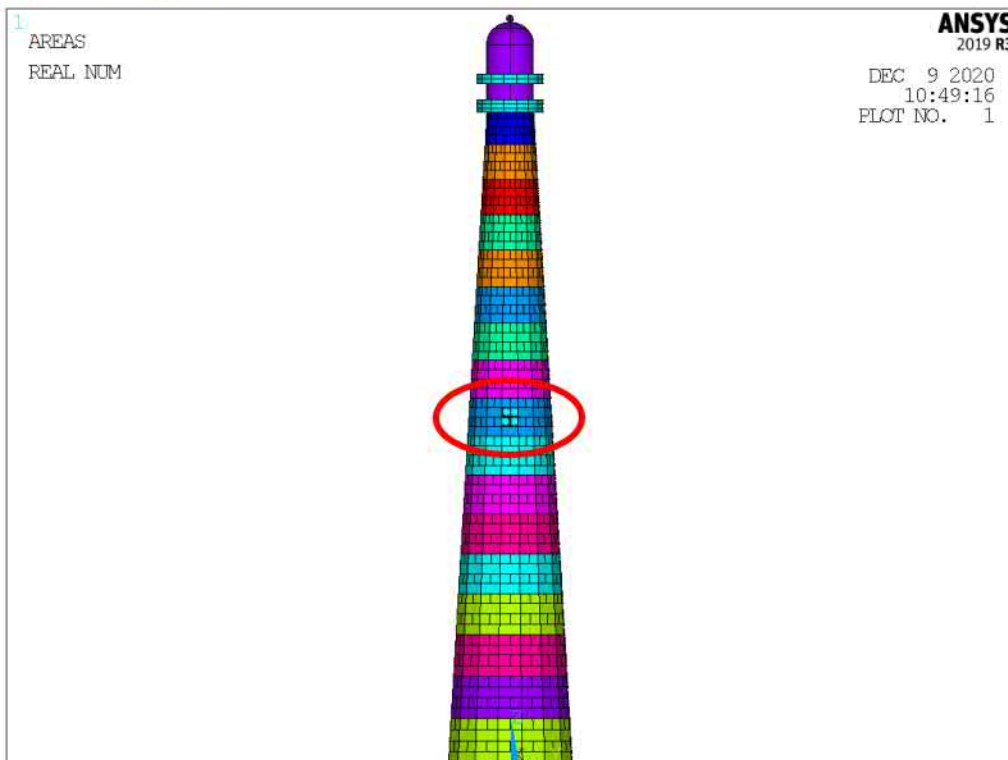


 Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 05
	Structural check	Datum : 04-02-2022 Pagina : 93

13 Detailmodel verbinding tussen wandpanelen

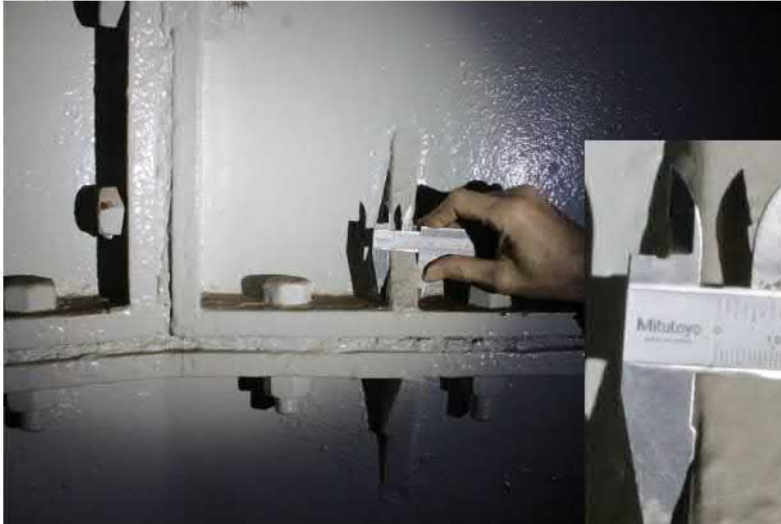
De locatie voor het detailmodel is gekozen in overleg met [redacted] en [redacted] op 28-09-2020, de afmetingen zijn gebaseerd op de beschikbare info uit het bestek, foto's van andere verdiepingen en metingen zoals gerapporteerd door [redacted]. Detailmodel (middelste panelen tussen vloer 8 en 9, (laag 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. : 05
Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com	Structural check	Datum : 04-02-2022
		Pagina : 97

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)



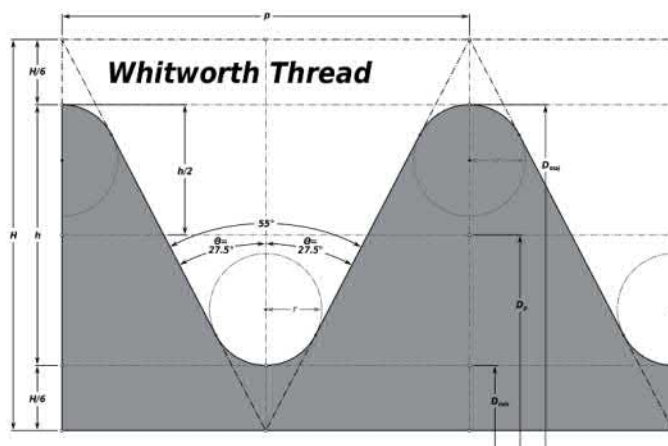
SW = 33 mm



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

A. Frey en R. Kapplein, '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. : 05
	Structural check	Datum : 04-02-2022 Pagina : 101

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

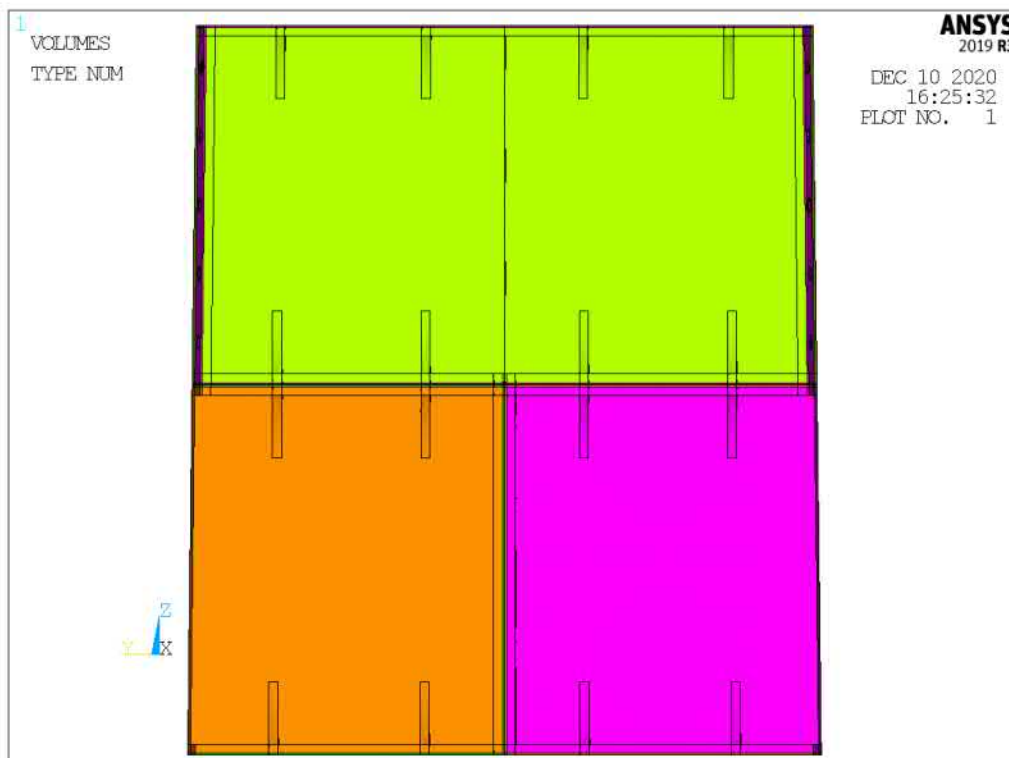
Voor onderdelen van constructies die zijn vervaardigd uit grijsgietijzer mogen de mechanische eigenschappen genoemd in tabel 3 zijn aangehouden. (Ontw. NEN 8703:2020)

<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 · 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



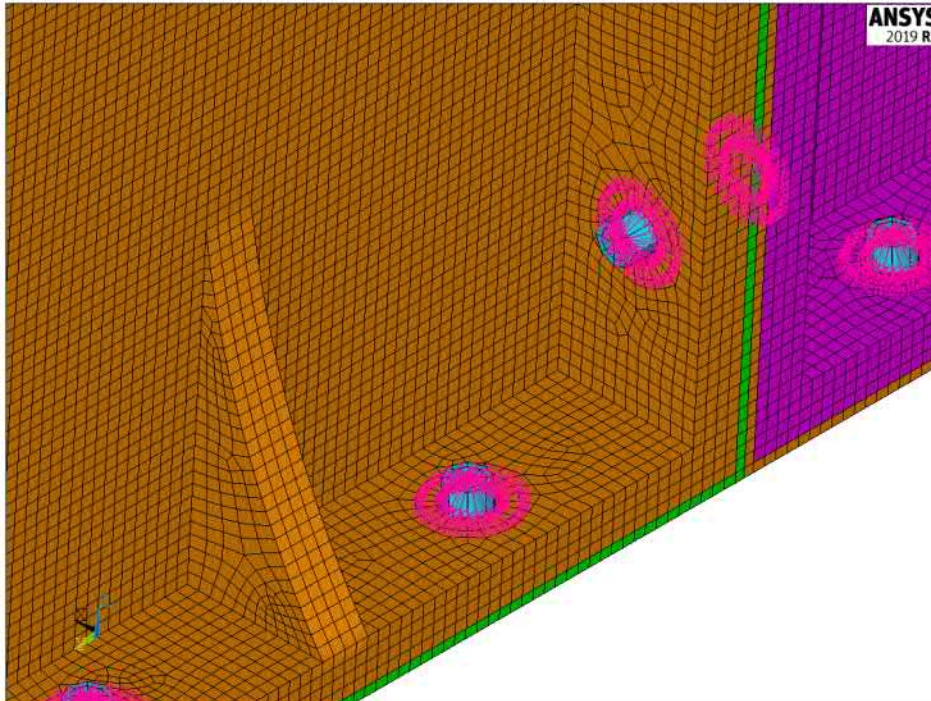


MESH



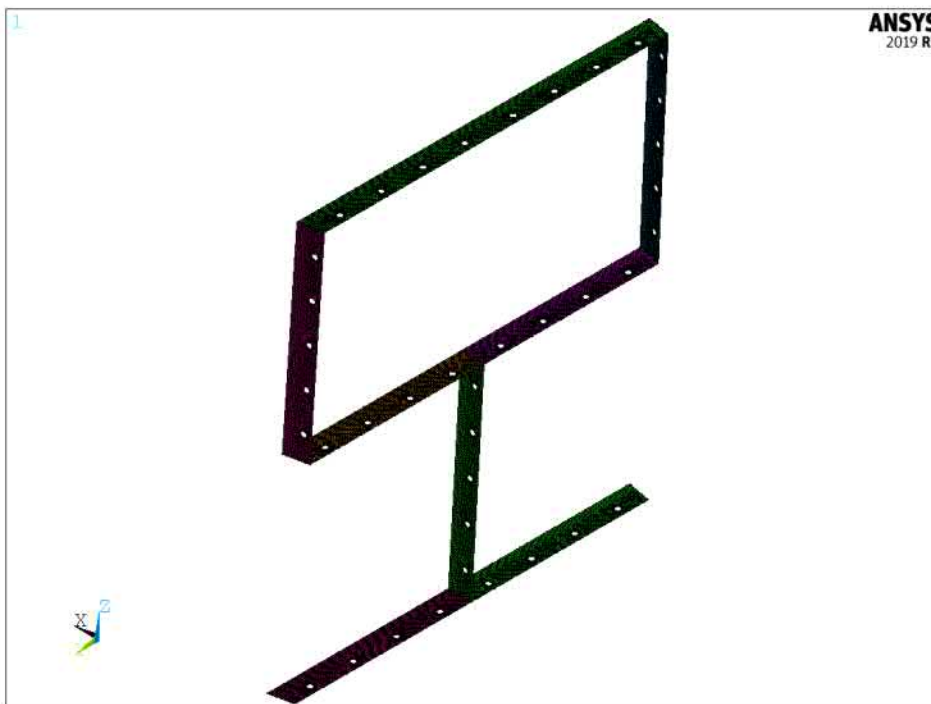
de gebruikte volume elementen zijn SOLID185 (8 knoops)

MESH

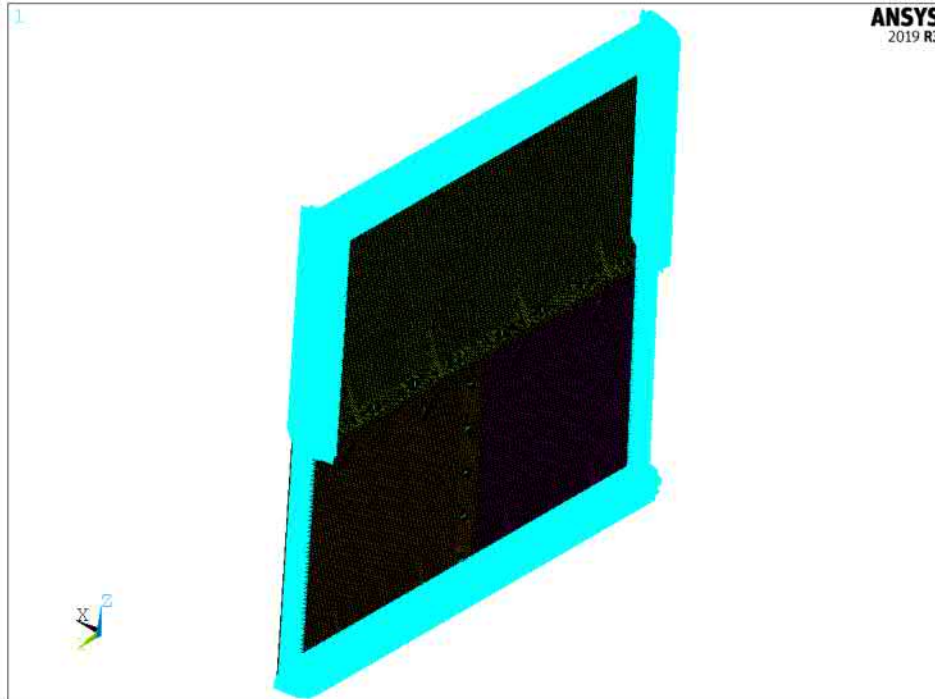


De bout is gemodelleerd met een vervangend balkelement (BEAM188) en heeft als doorsnede de eerder bepaalde spanningsdoorsnede gekregen, verder steekt de bout de halve moerhoogte uit om een zo goed mogelijke benadering van de stijfheid van de verbinding te krijgen. Het balkelement is gekoppeld met een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

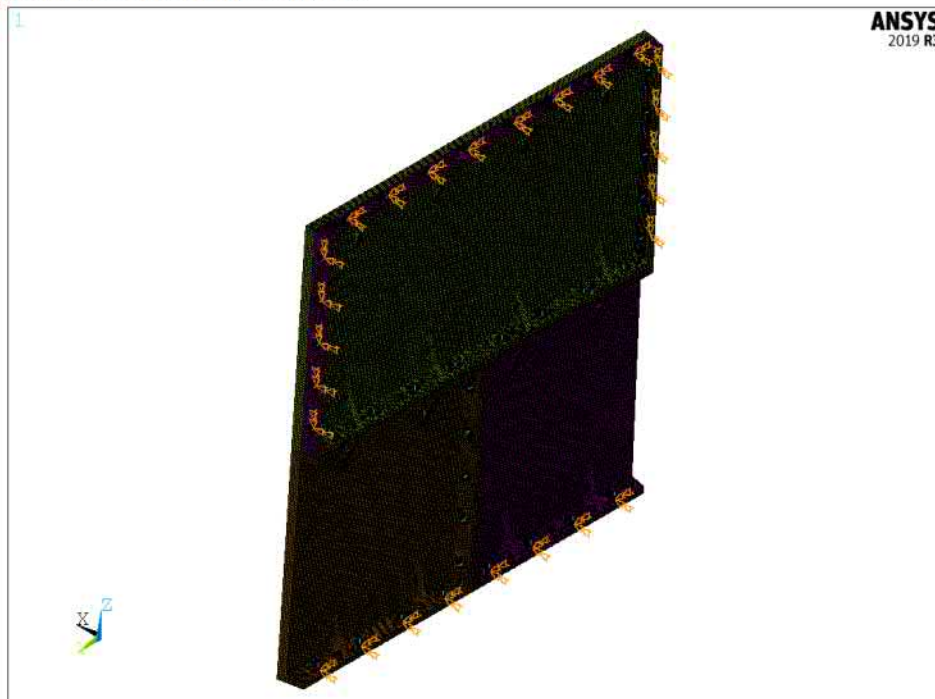
Contact elementen



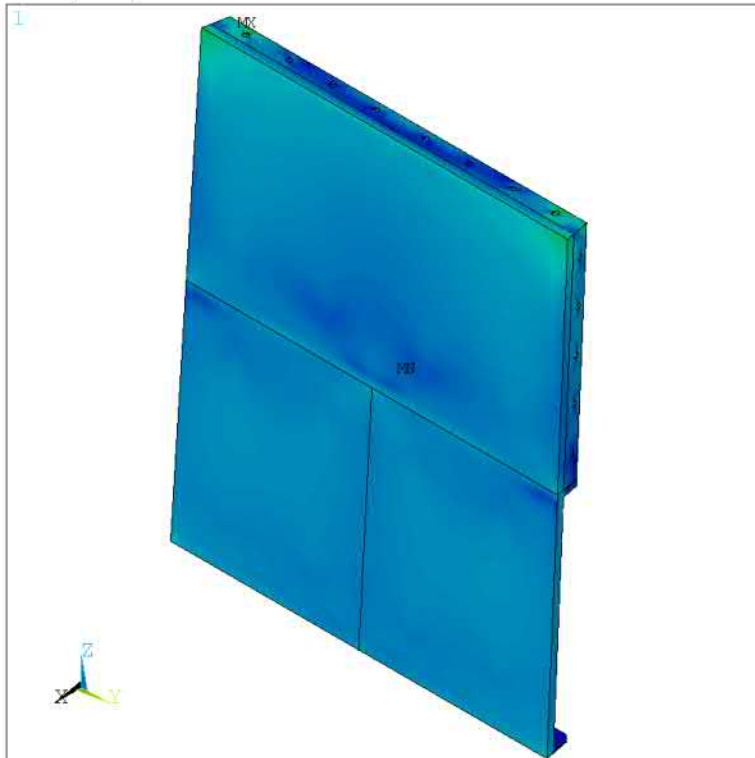
Randvoorwaarden



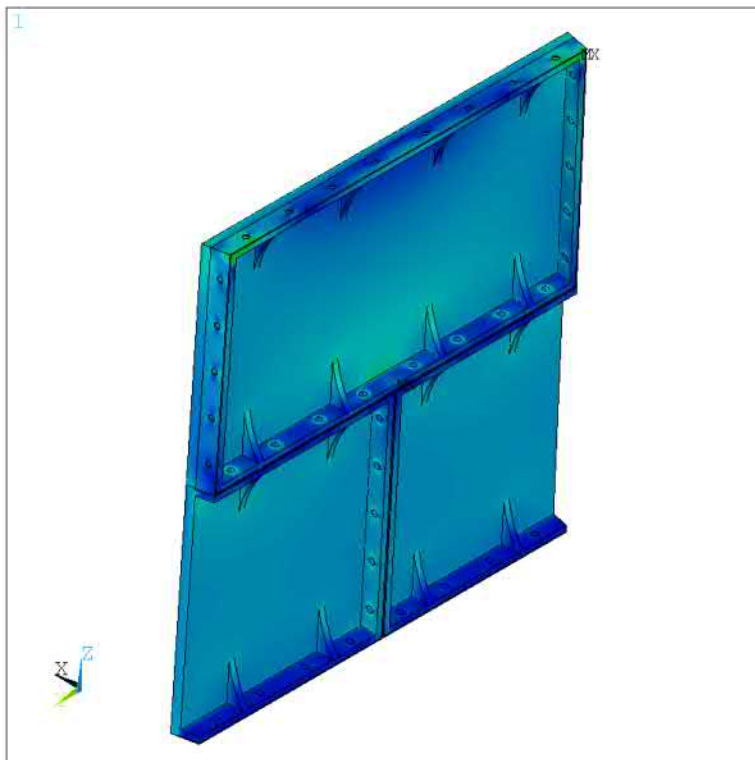
Onder de onderkant van panelen 1 en 2 en aan de bovenzijde van paneel 3, zijn de contactelementen vastgehouden ($u_x, u_y, u_z, r_{otx}, r_{oty}$) en de knopen van de bouten op het deelvlak (u_z, r_{otx}, r_{oty}). Alle hiervoor genoemde knopen zijn gedraaid in het assenstelsel van de panelen, de z-as 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)

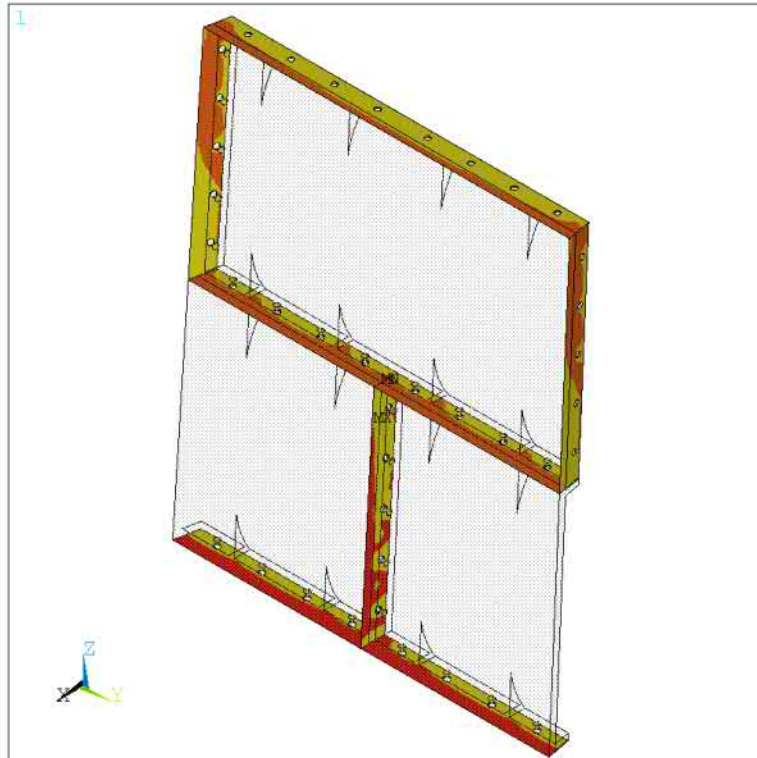


ANSYS 2019 R3
Build 19.5
DEC 16 2020
20:01:19
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =1
TIME=1
SEQV (AVG)
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =0
SMN =0
SMX =35
0
2
4
5
7
8
10
12
13
15
17
18
20
21
23
25
26
28
30
31
33
35



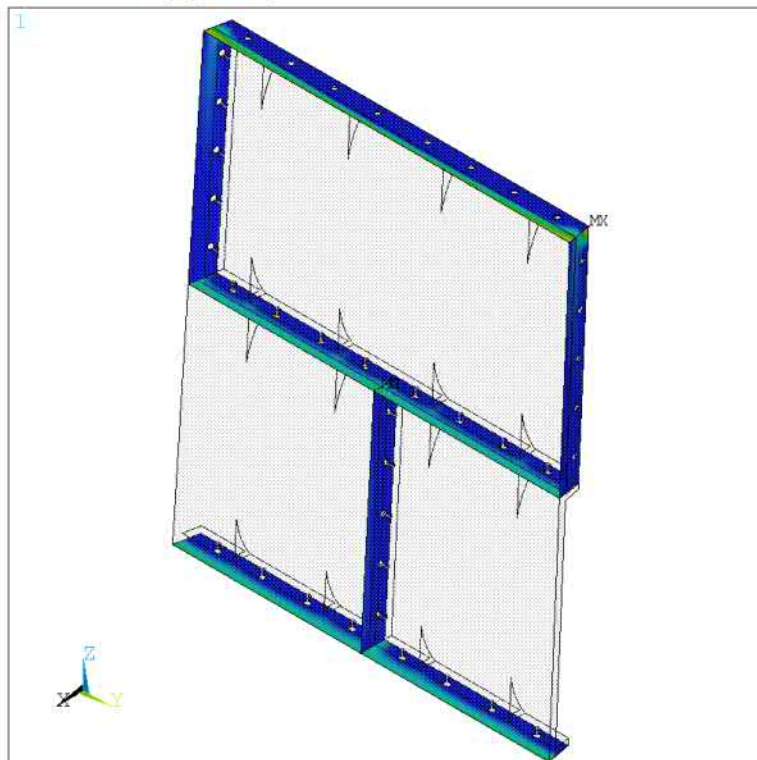
ANSYS 2019 R3
Build 19.5
DEC 16 2020
20:24:57
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =1
TIME=1
SEQV (AVG)
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =0
SMN =0
SMX =35
0
2
4
5
7
8
10
12
13
15
17
18
20
21
23
25
26
28
30
31
33
35

Contact status



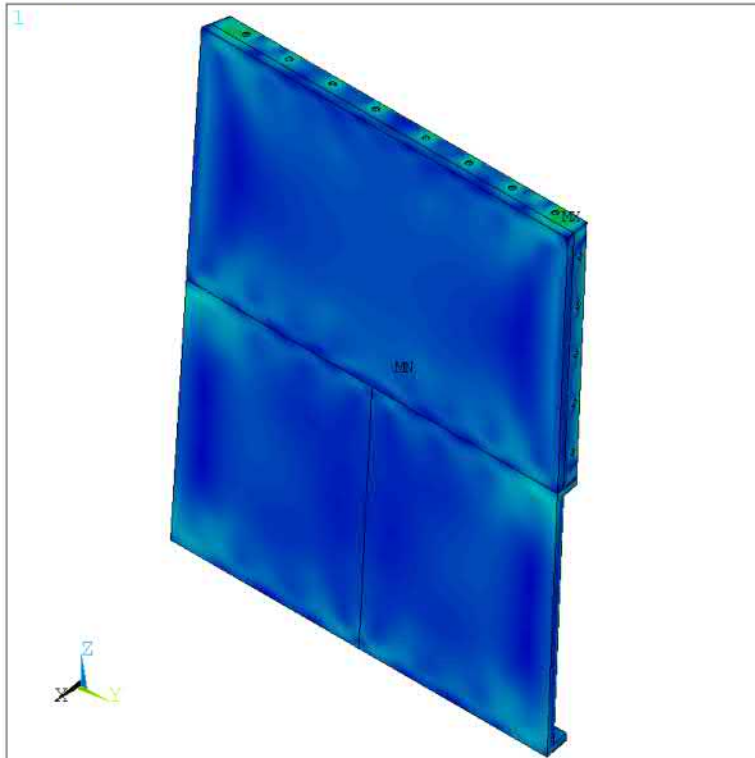
ANSYS 2019 R3
Build 19.5
DEC 16 2020
20:03:06
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =1
TIME=1
CONSTAT (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =0
SMN =1
SMX =3
NearContact
Sliding
Sticking

Contact druk [N/mm2]

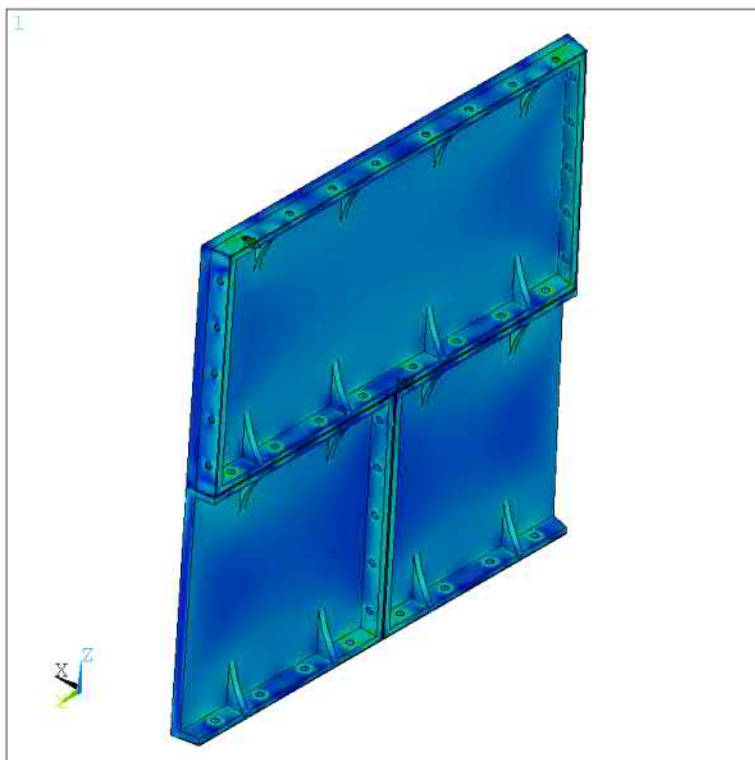


ANSYS 2019 R3
Build 19.5
DEC 16 2020
20:03:20
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =1
TIME=1
CONTPRES (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =0
SMX =17
0
1
2
3
3
4
5
6
6
7
8
9
10
10
11
12
13
14
14
15
16
17

set (2) trek

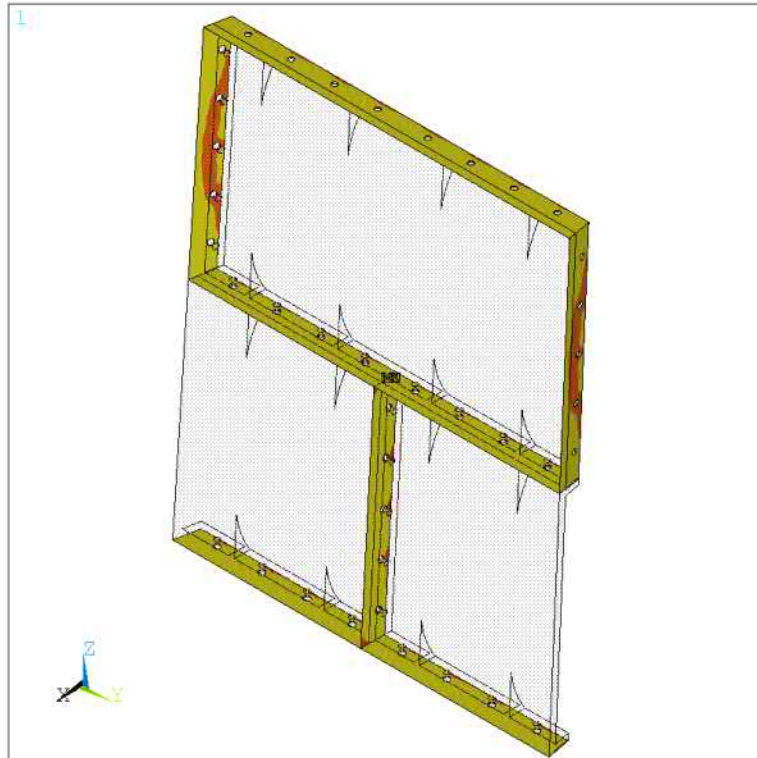


ANSYS 2019 R3
Build 19.5
DEC 16 2020
20:15:42
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=2
SUB =1
TIME=2
SEQV (AVG)
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =0
SMN =0
SMX =15
0
1
2
2
3
4
4
5
6
6
7
8
8
9
10
11
11
12
13
13
14
15



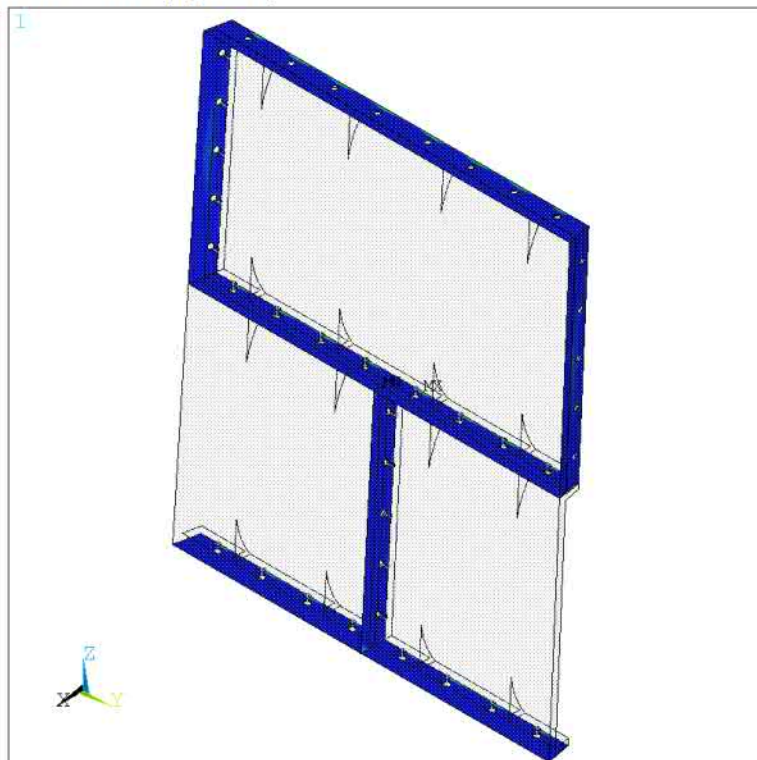
ANSYS 2019 R3
Build 19.5
DEC 16 2020
10:28:22
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=2
SUB =1
TIME=2
SEQV (AVG)
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =0
SMN =0
SMX =15
0
1
2
2
3
4
4
5
6
6
7
8
8
9
10
11
11
12
13
13
14
15

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
1
2
2
2
3
3
3
4
4
4
5
5
5
6
6
6
7
7

 Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 05
	Structural check	Datum : 04-02-2022 Pagina : 110

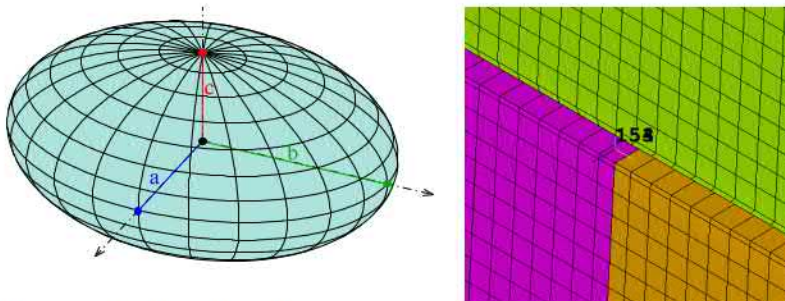
15 Detailmodellen met spleet tussen contactvlakken

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. : 05
	Structural check	Datum : 04-02-2022 Pagina : 111

15.2 Conclusie

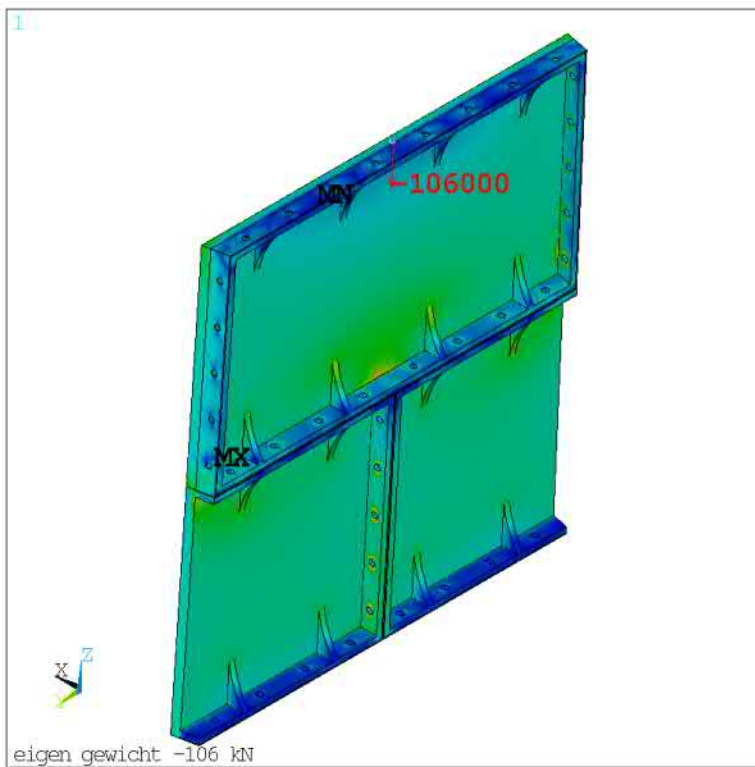
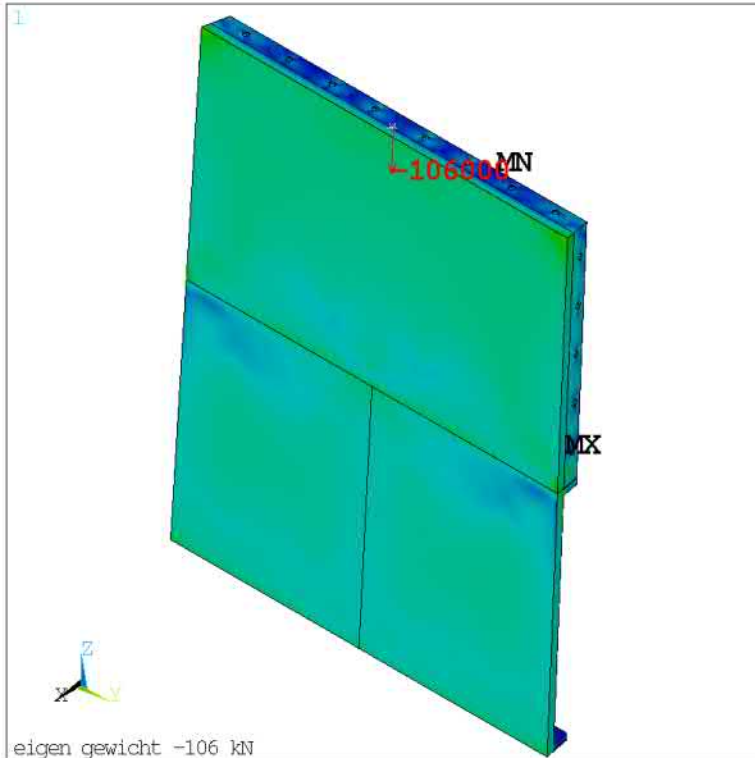
In de wandpanelen zijn verschillende bezwijk&scheurpatronen waargenomen, deze kunnen niet allemaal volledig verklaart worden met deze reeks modelstudies. Het betreft hier ook geen breukmechanica analyse of een uitputtend onderzoek. Het model beschrijft een vormfout (spleet) en niet een scheur, al vertonen 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 :

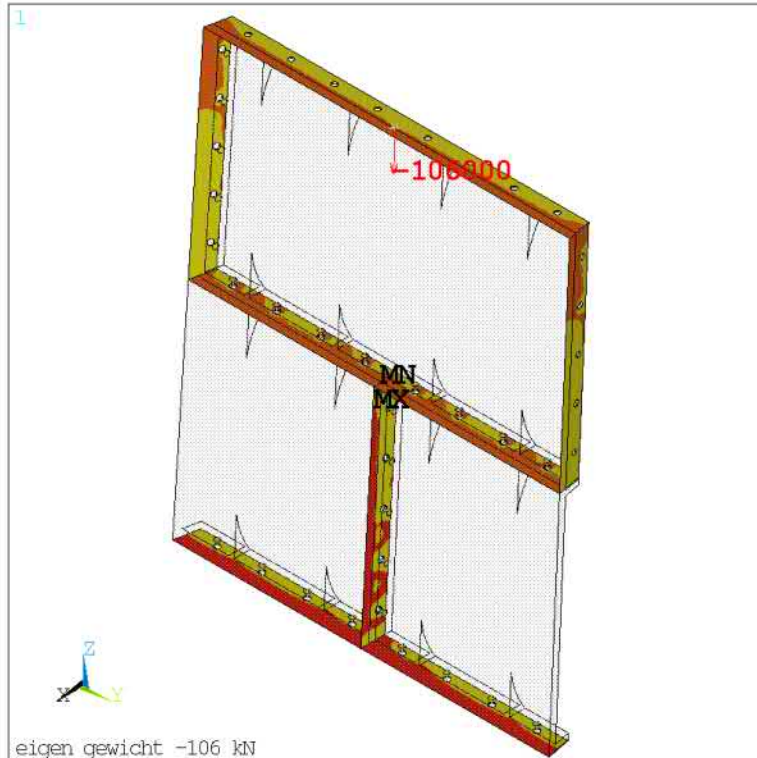


Antwoord: Het is niet met zekerheid te zeggen of er een scheurstop ten gevolge van spanningsrelaxatie zal ontstaan op basis van de uitgevoerde analyse, met andere woorden of de scheur niet verder zal groeien. Er zijn op meerdere plekken relatief lange verticale scheuren te zien in de buitenwand die mogelijk 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)



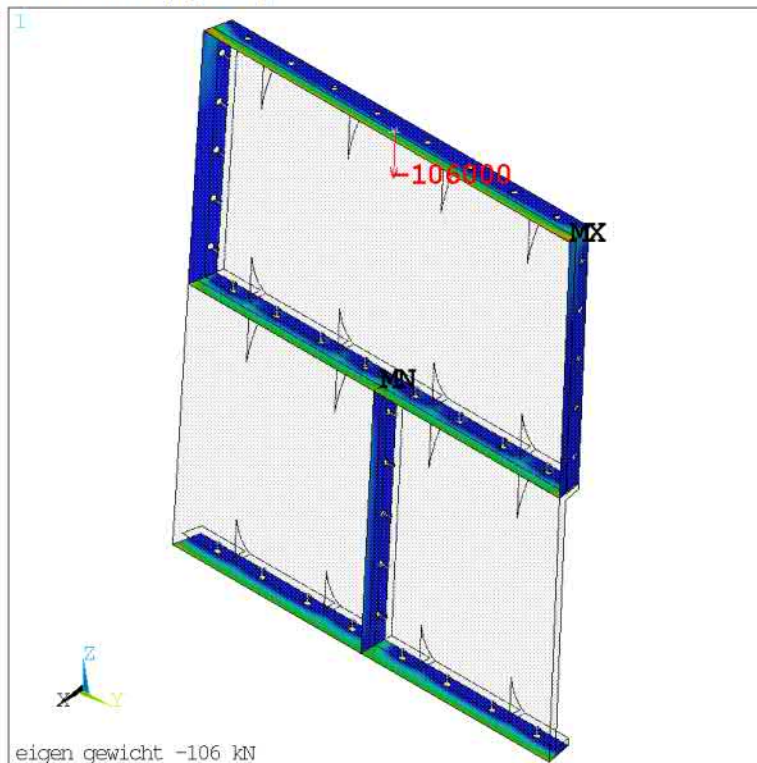
Contact status



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

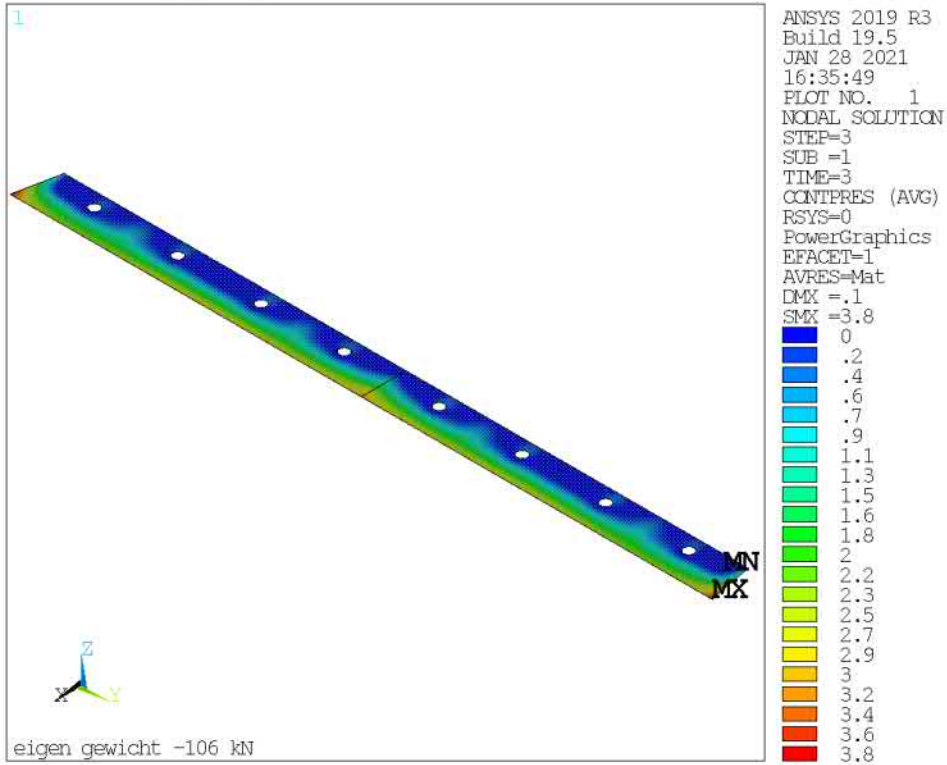
Contact druk [N/mm²]



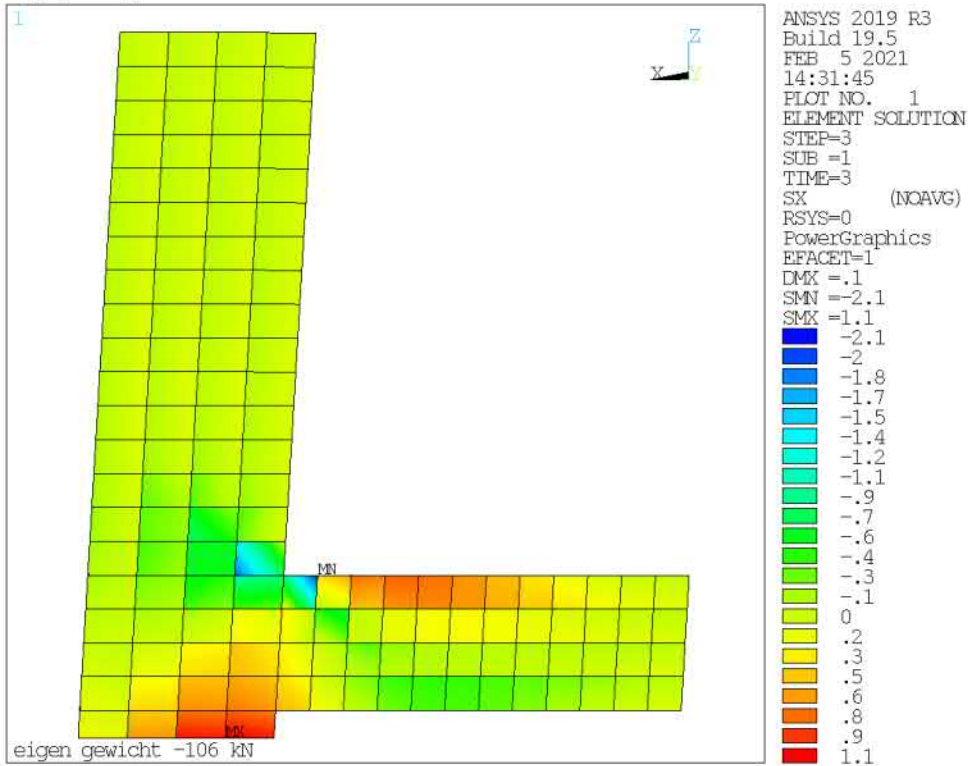
ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 28 2021
16:23:54
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=3
SUB =1
TIME=3
CONTPRES (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =.1
SMX =4.8

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

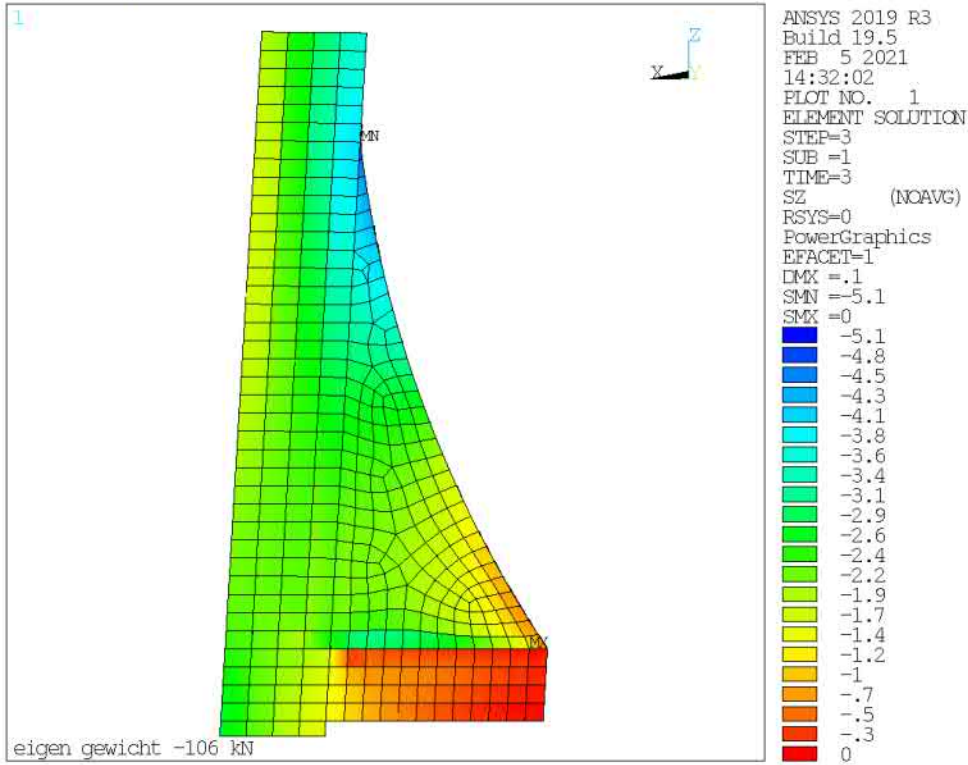
Contact druk [N/mm²]



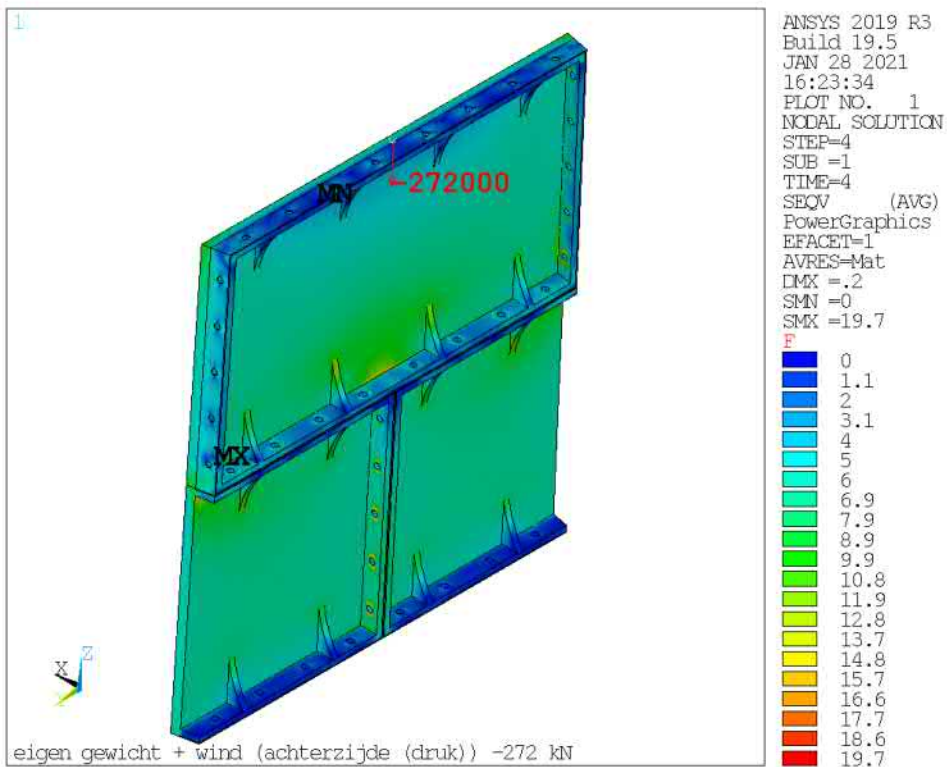
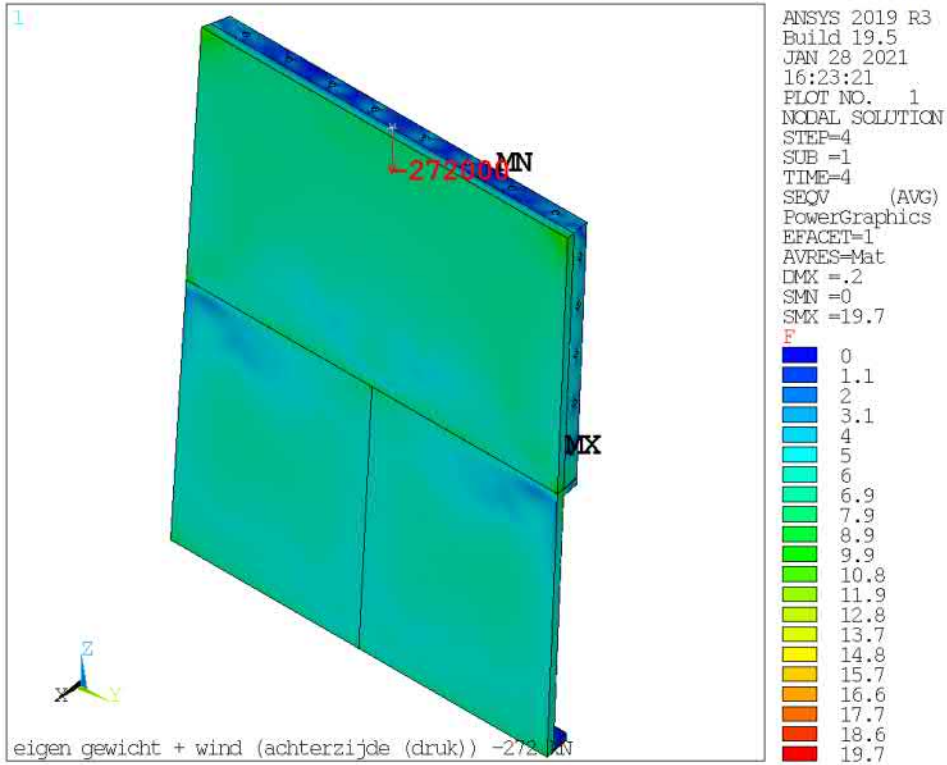
sx [N/mm²]



sz [N/mm²]



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



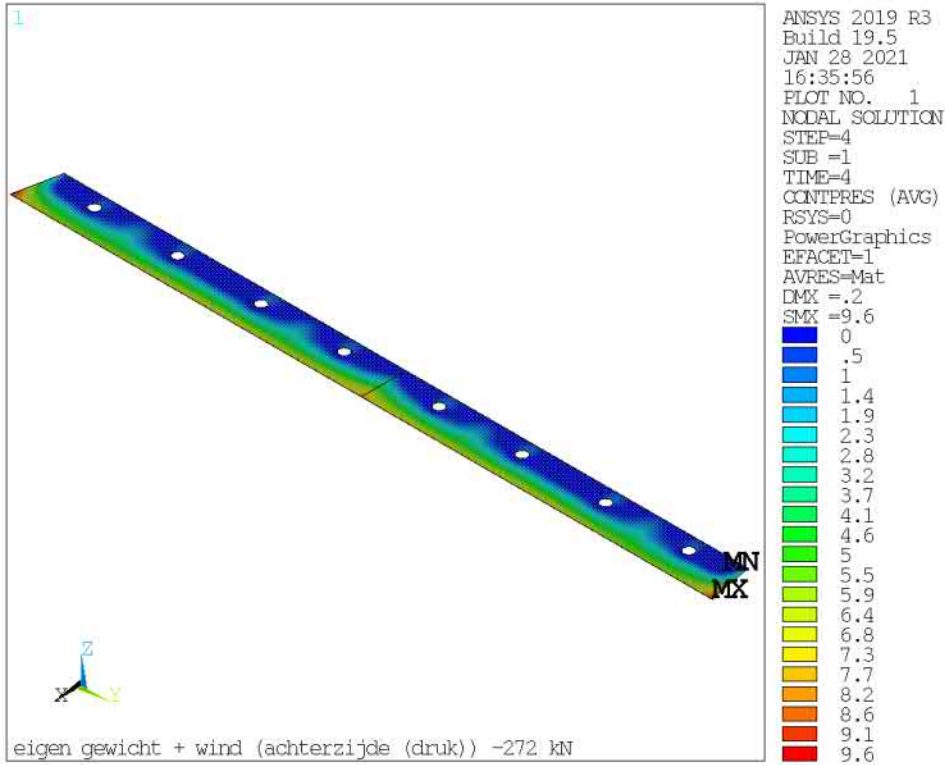
Contact status



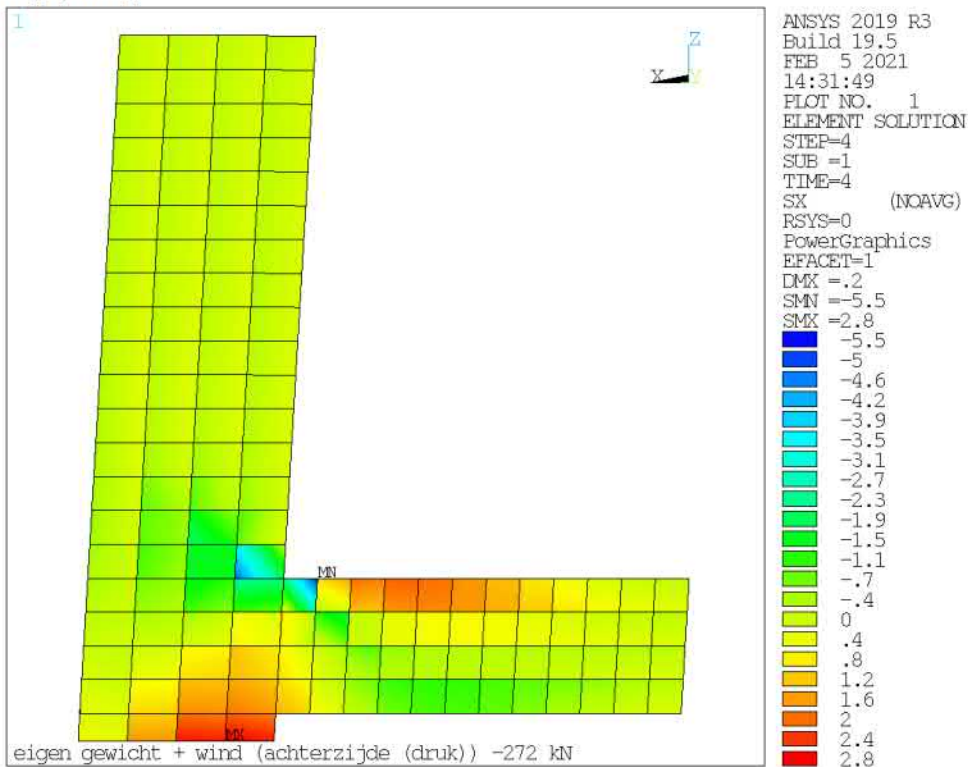
Contact druk [N/mm²]



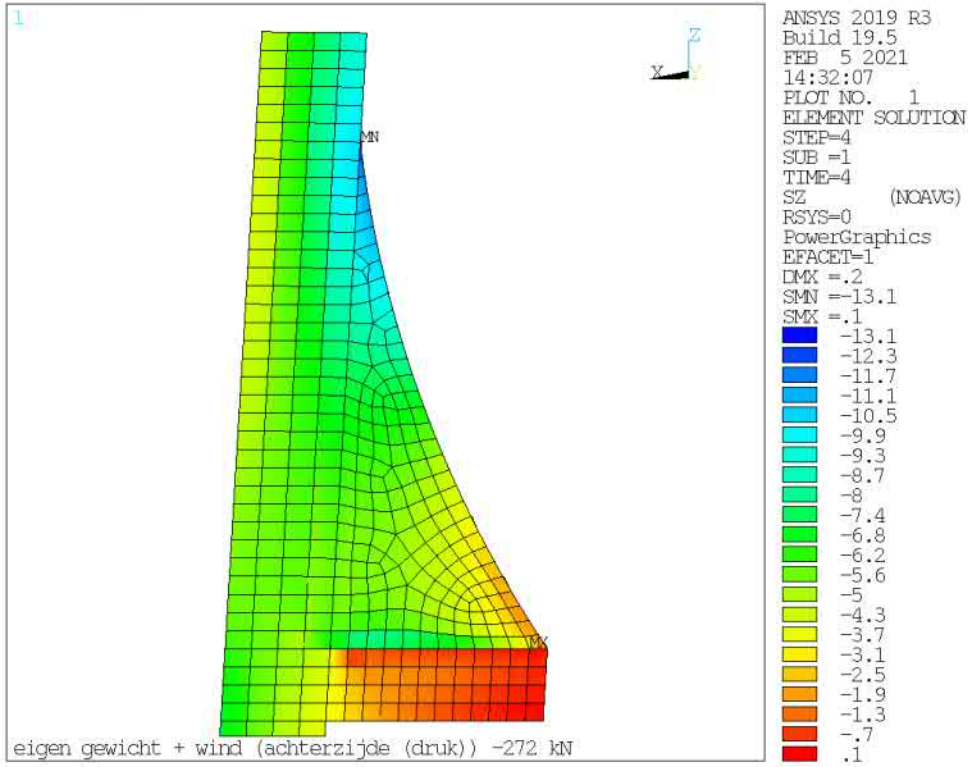
Contact druk [N/mm²]



sx [N/mm²]



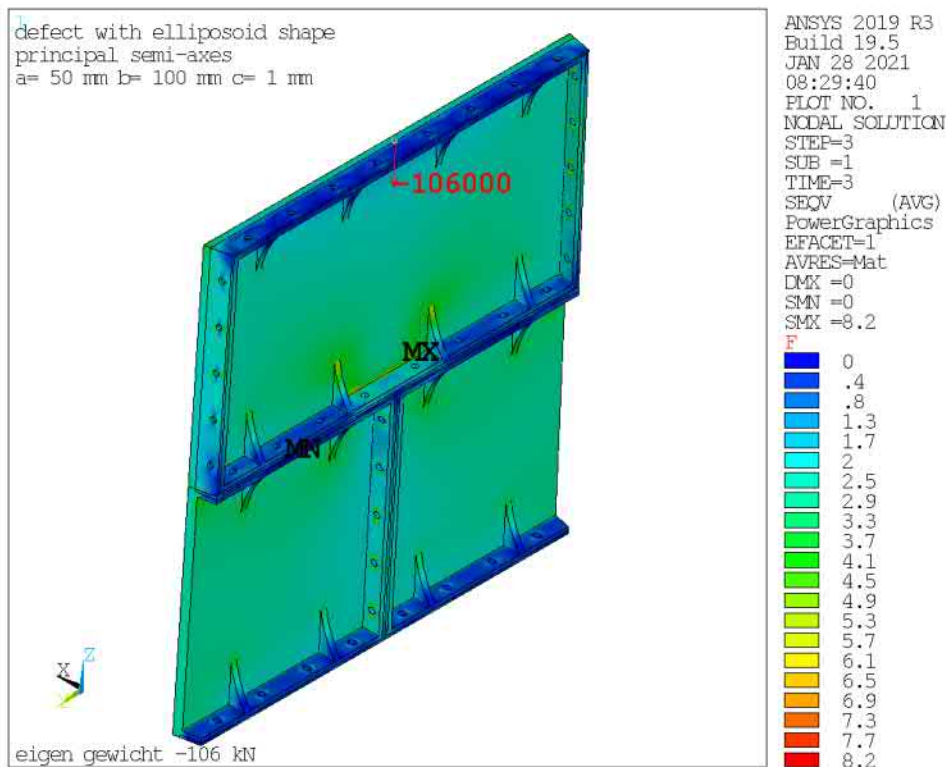
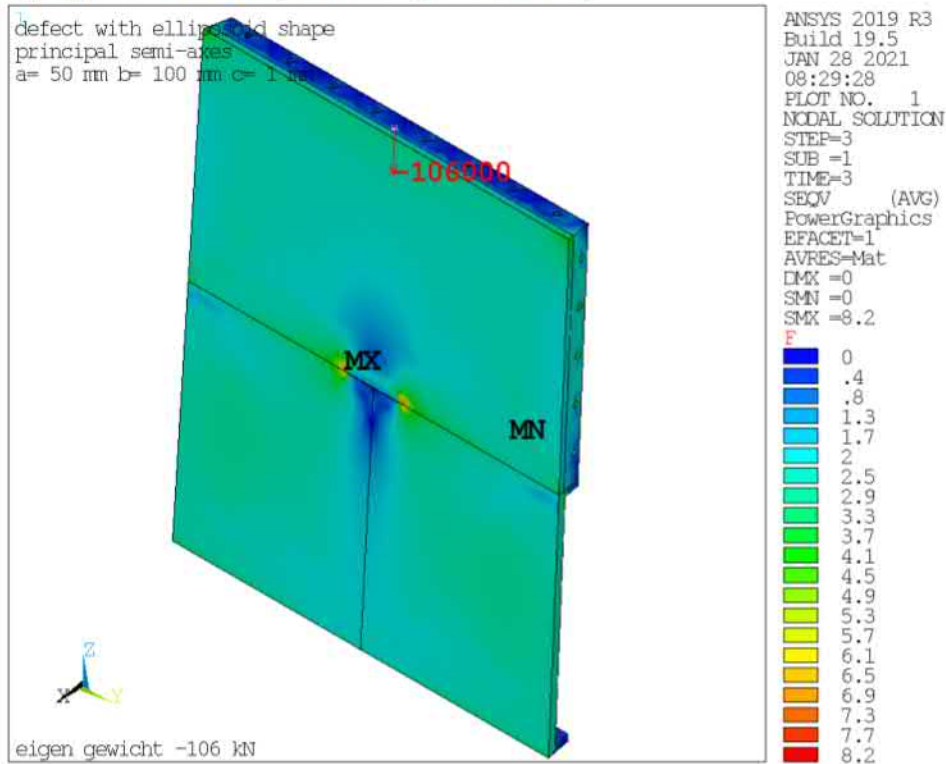
sz [N/mm²]



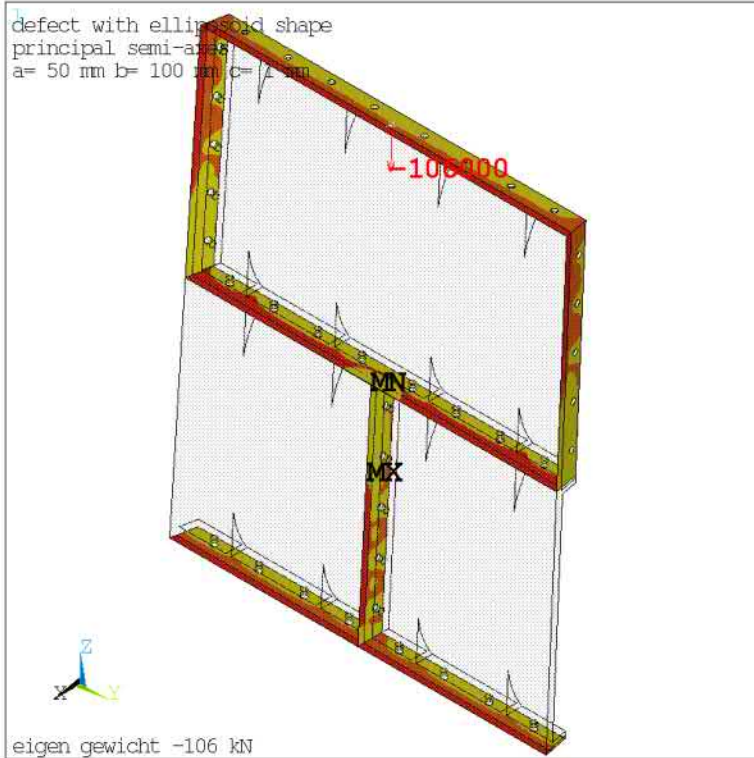
15.4 ANSYS detailmodel 2 verbinding tussen panelen met spleet (ellipsoïde vorm)

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

eigen gewicht -106 kN (zie uitvoer globaal model)



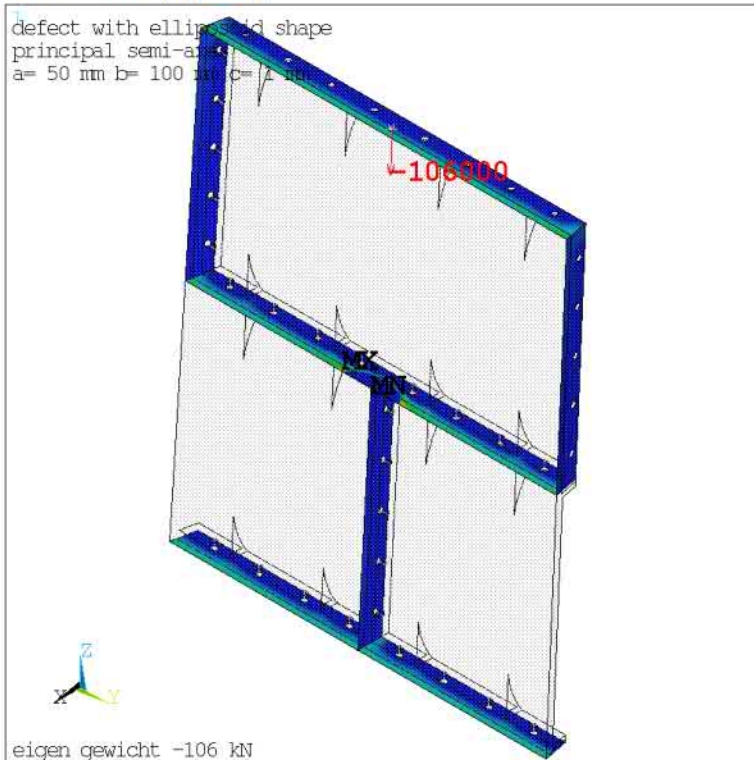
Contact status



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

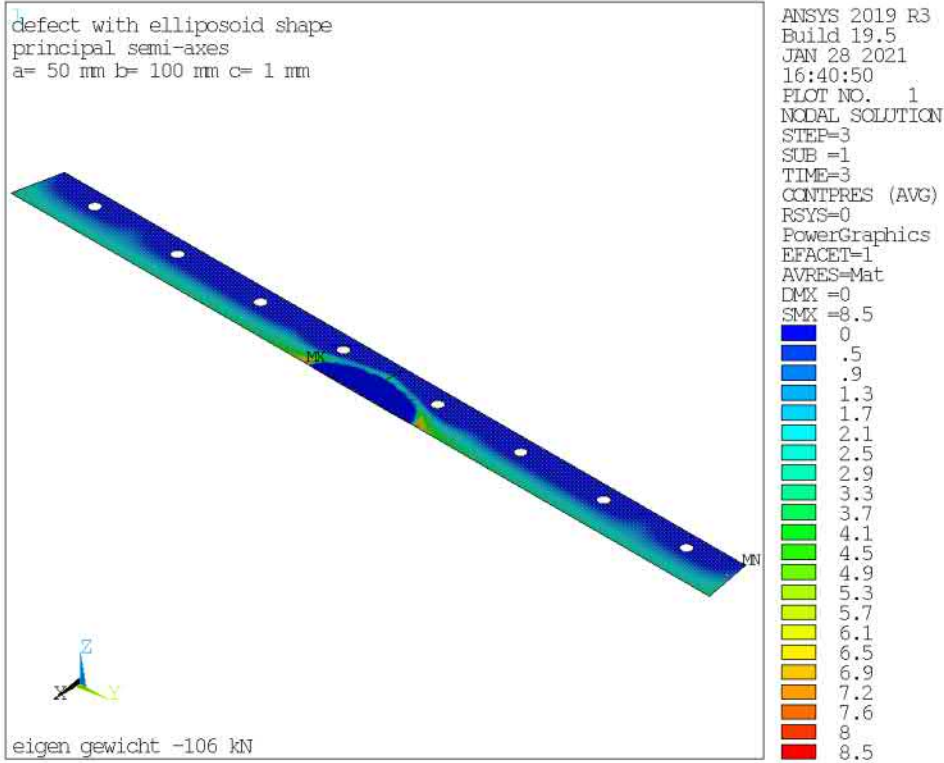
Contact druk [N/mm²]



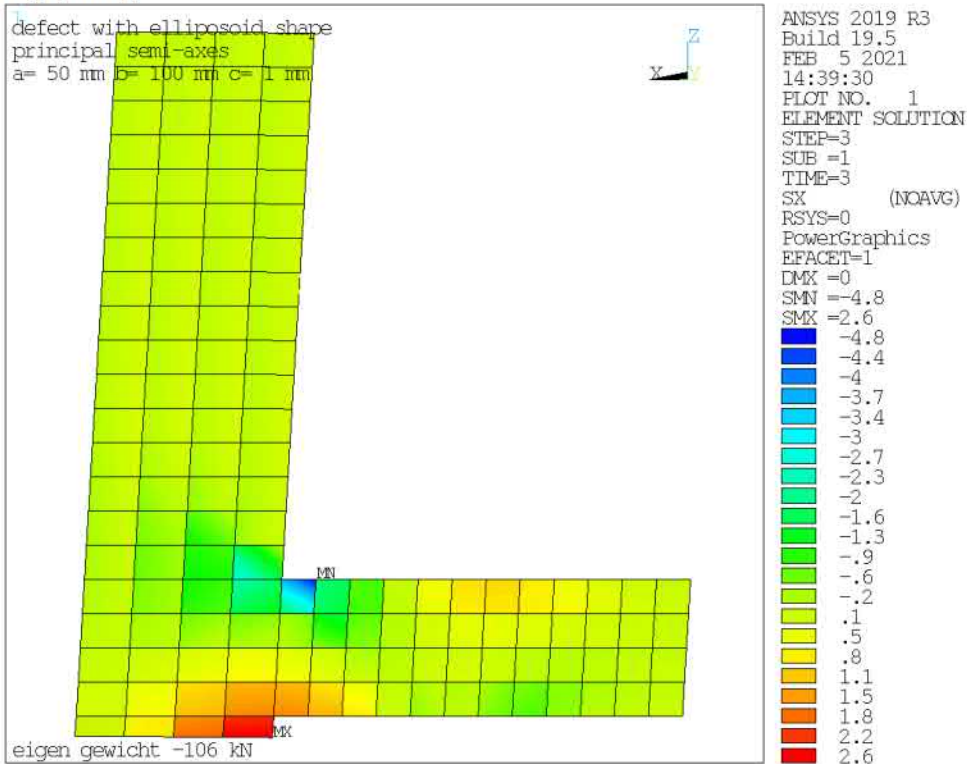
ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 28 2021
08:30:05
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=3
SUB =1
TIME=3
CONTPRES (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =0
SMX =8.5

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

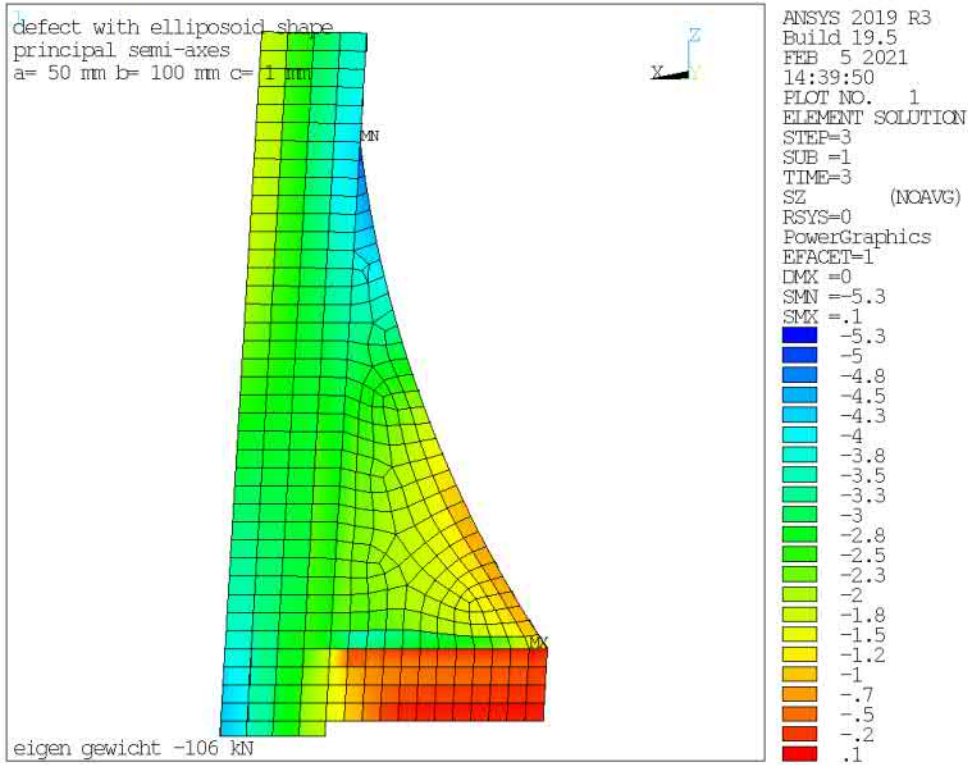
Contact druk [N/mm²]



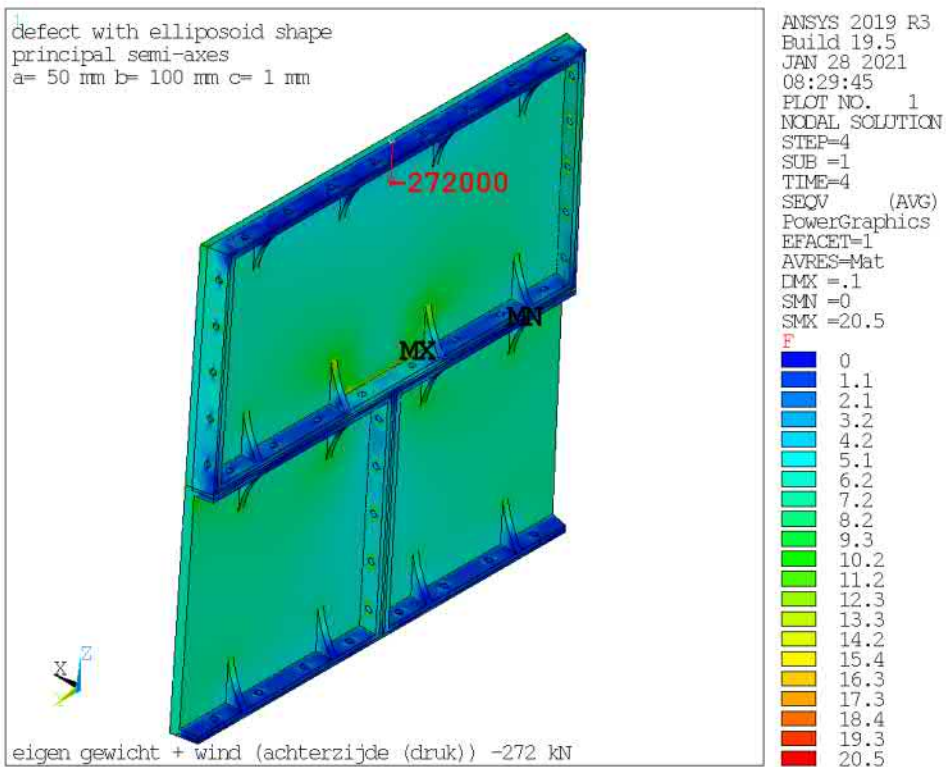
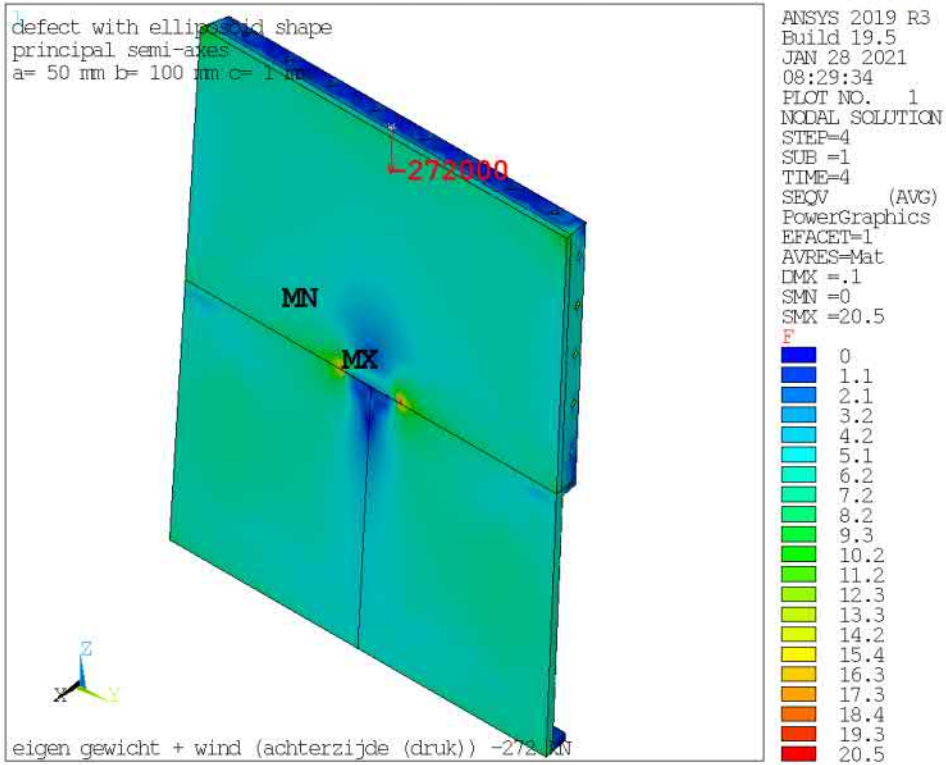
sx [N/mm²]



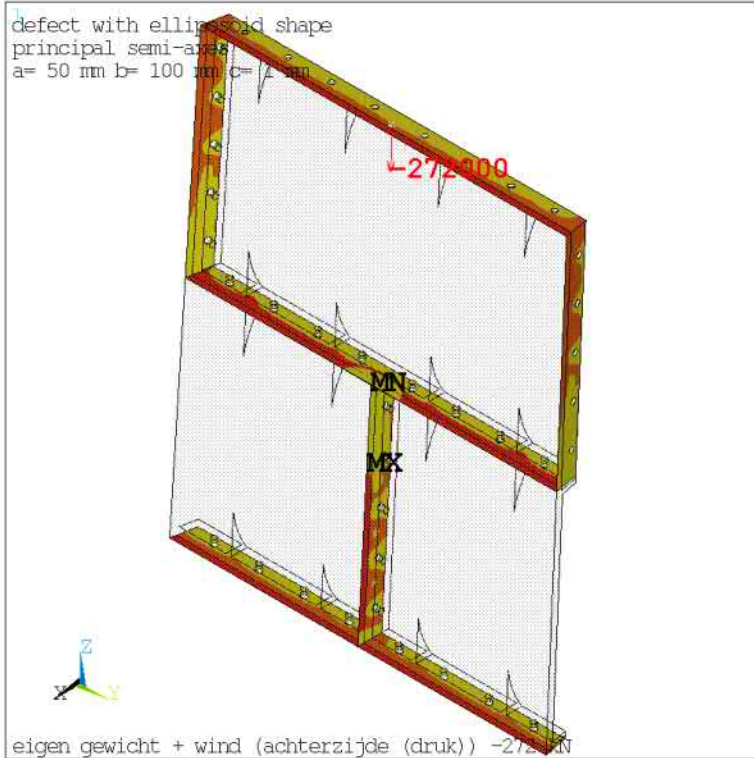
sz [N/mm²]



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

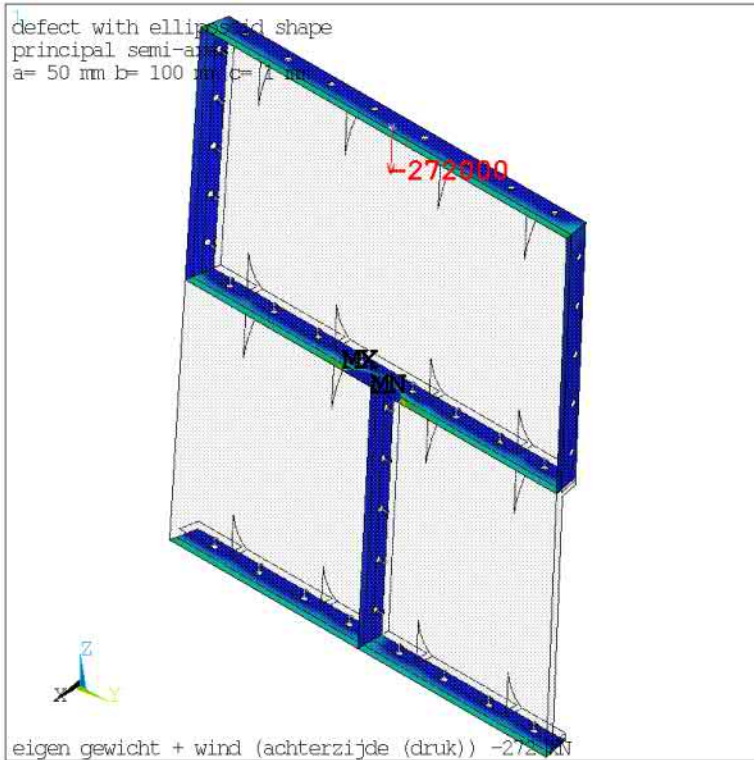


Contact status



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

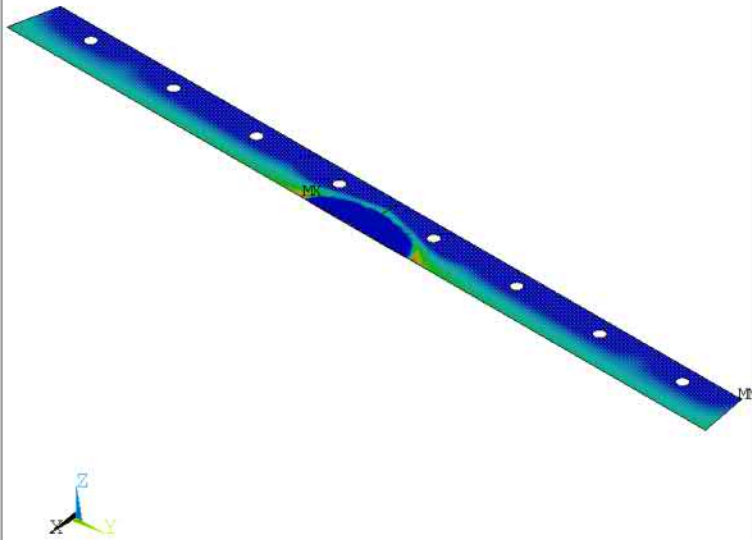
Contact druk [N/mm²]



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]

defect with elliposoid shape
principal semi-axes
a= 50 mm b= 100 mm c= 1 mm

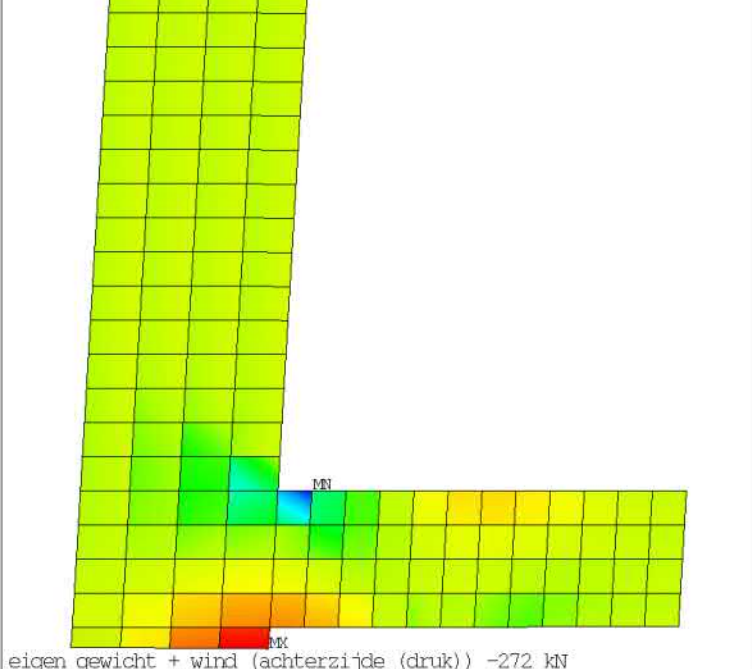


eigen gewicht + wind (achterzijde (druk)) -272 kN

ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 28 2021
16:43:52
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
0
1.2
2.2
3.2
4.2
5.2
6.2
7.2
8.2
9.2
10.2
11.2
12.2
13.2
14.2
15.3
16.3
17.3
18.3
19.3
20.3
21.5

sx [N/mm²]

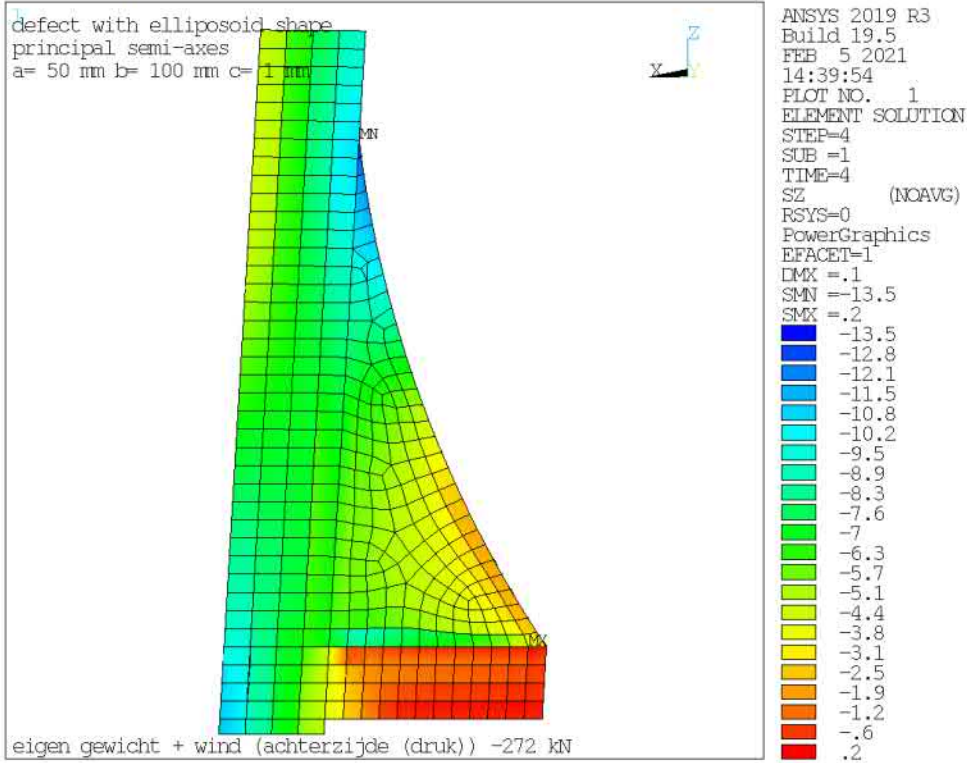
defect with elliposoid shape
principal semi-axes
a= 50 mm b= 100 mm c= 1 mm



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

ANSYS 2019 R3
Build 19.5
FEB 5 2021
14:39:36
PLOT NO. 1
ELEMENT SOLUTION
STEP=4
SUB =1
TIME=4
SX (NOAVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
DMX =.1
SMN =-12
SMX =6.4
-12
-11
-10.1
-9.2
-8.4
-7.5
-6.6
-5.8
-4.9
-4.1
-3.2
-2.3
-1.5
-.6
.3
1.1
2
2.9
3.7
4.6
5.4
6.4

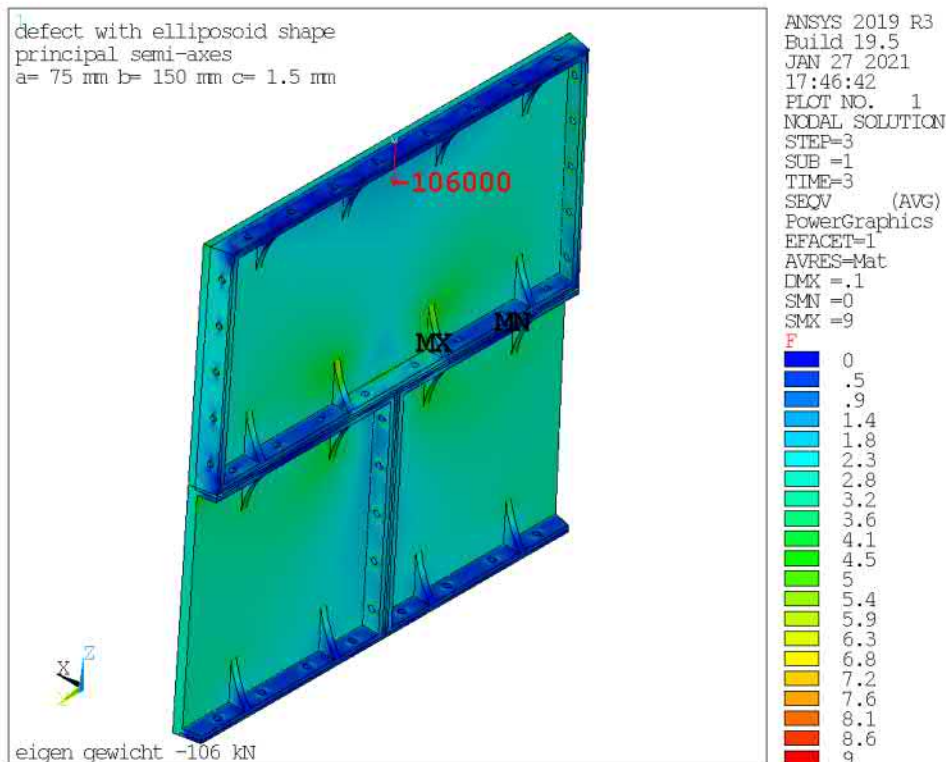
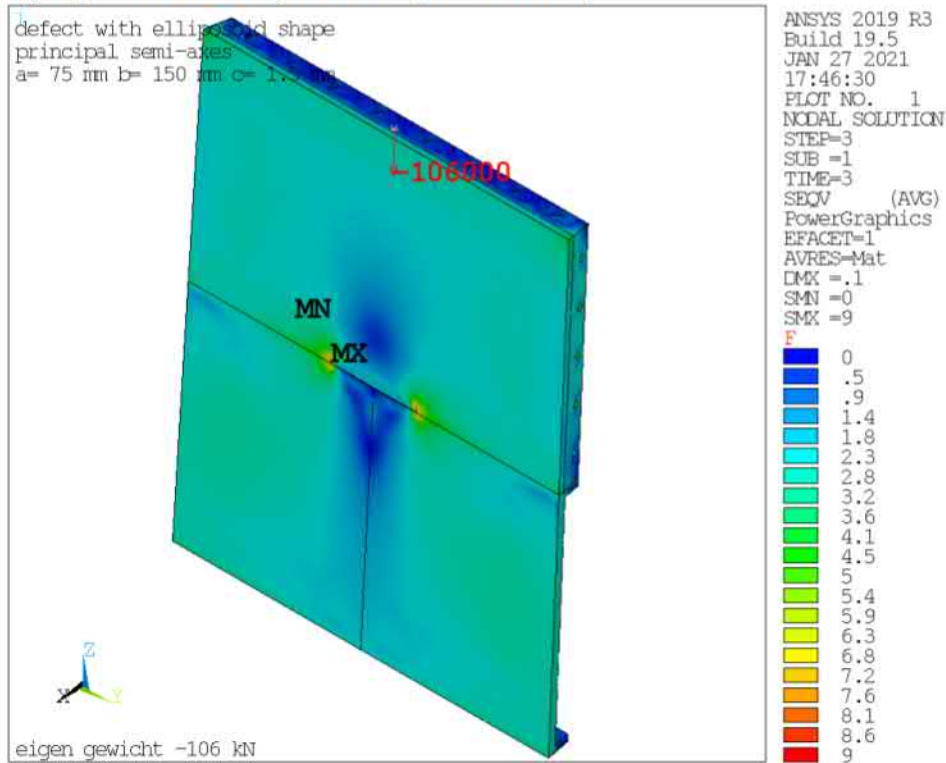
sz [N/mm²]



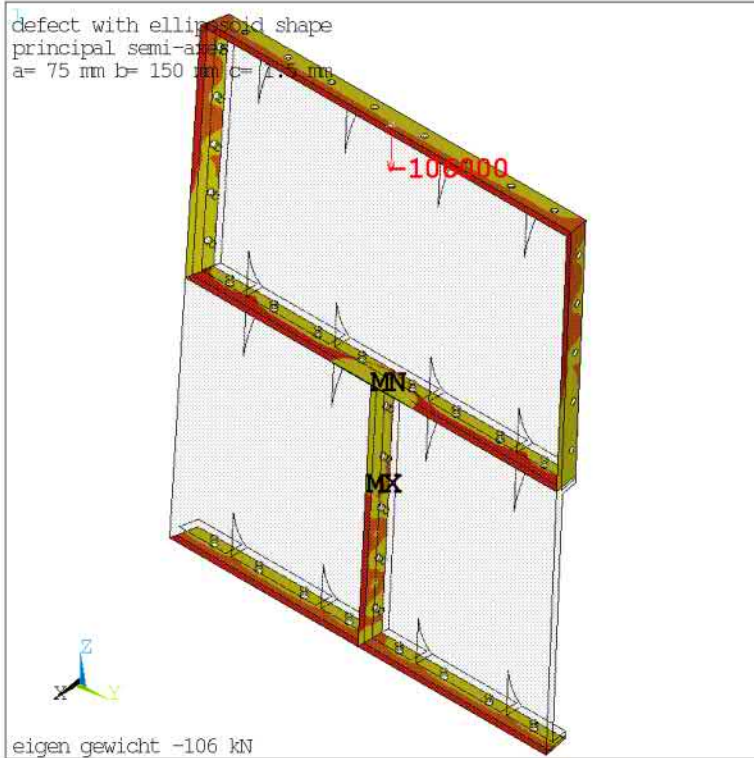
15.5 ANSYS detailmodel 3 verbinding tussen panelen met spleet (ellipsoïde vorm)

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

eigen gewicht -106 kN (zie uitvoer globaal model)



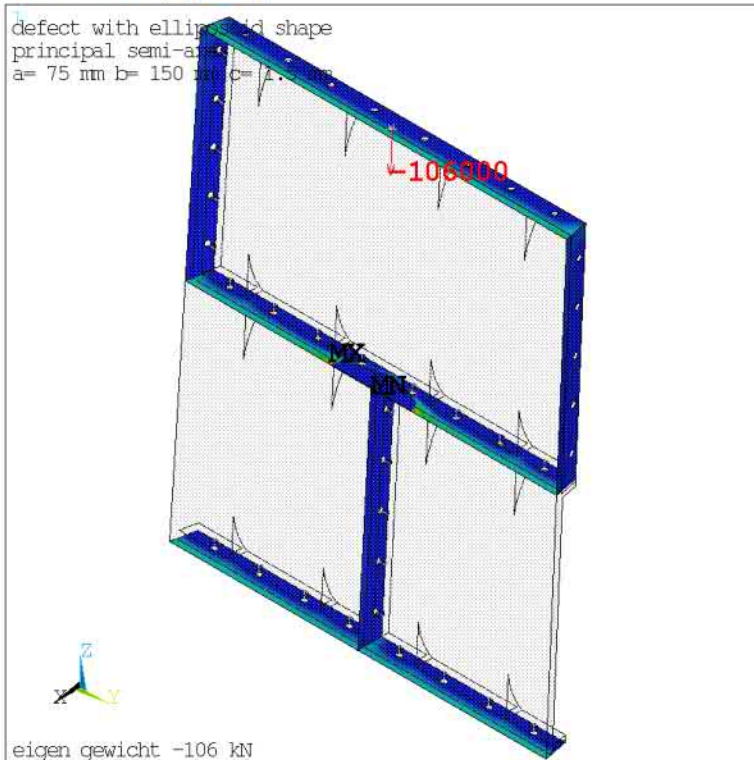
Contact status



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

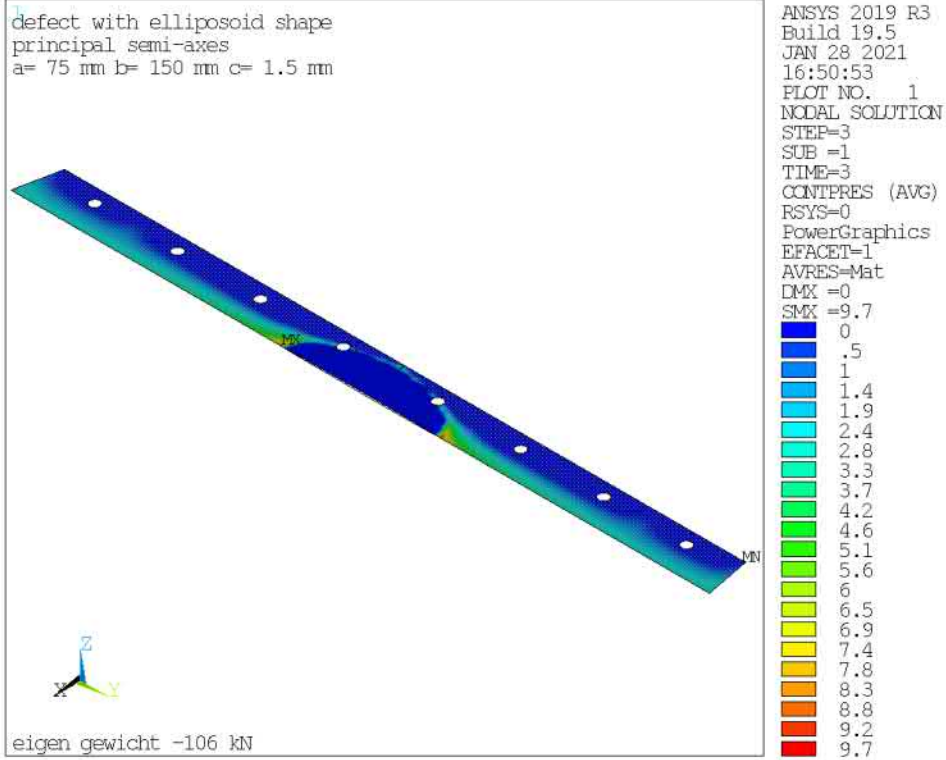
Contact druk [N/mm²]



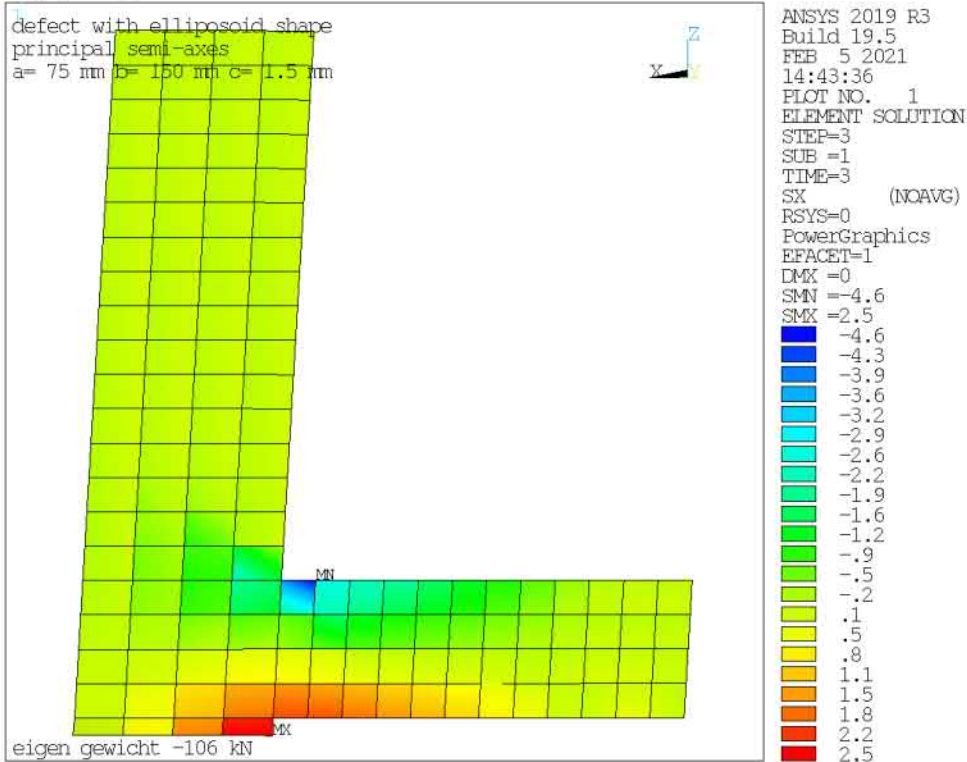
ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 27 2021
17:47:07
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=3
SUB =1
TIME=3
CONTPRES (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =.1
SMX =9.7

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

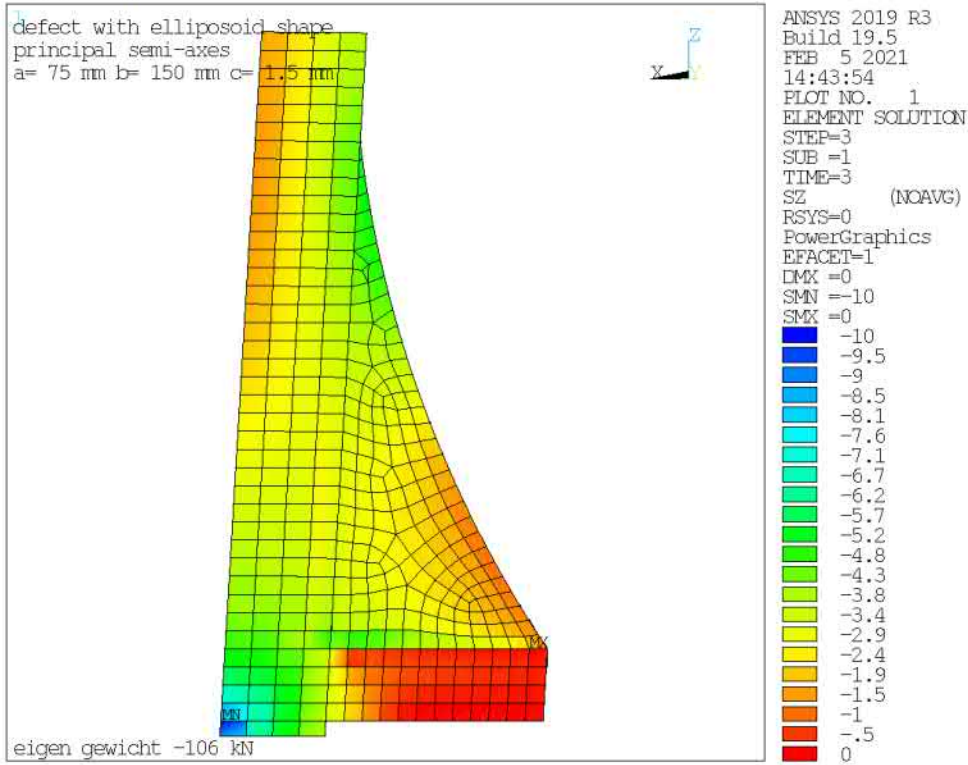
Contact druk [N/mm²]



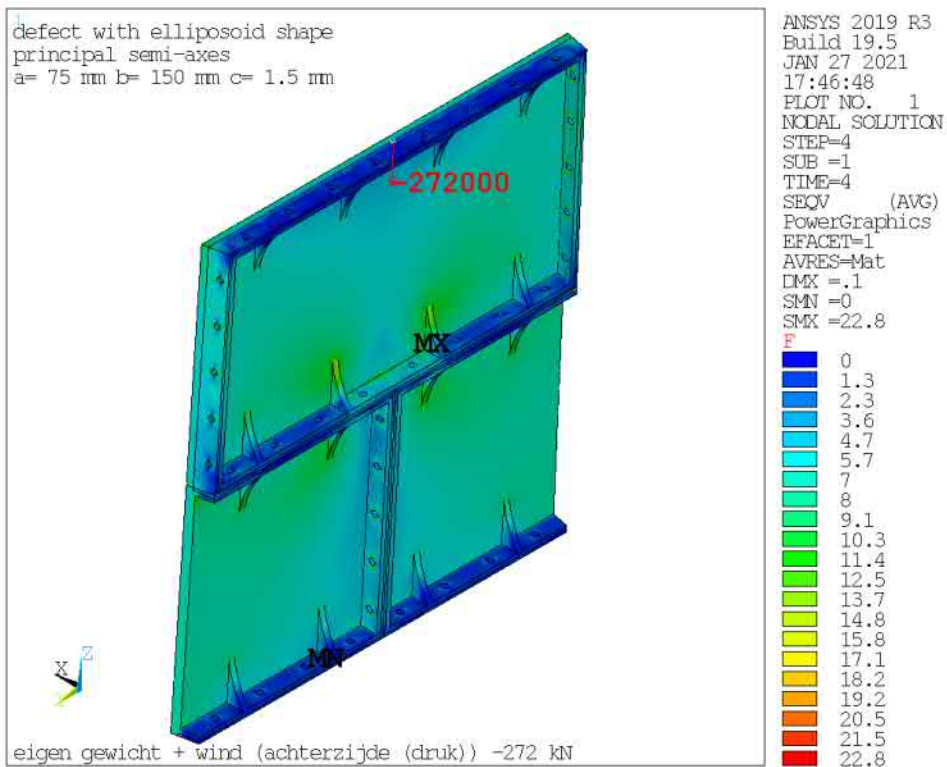
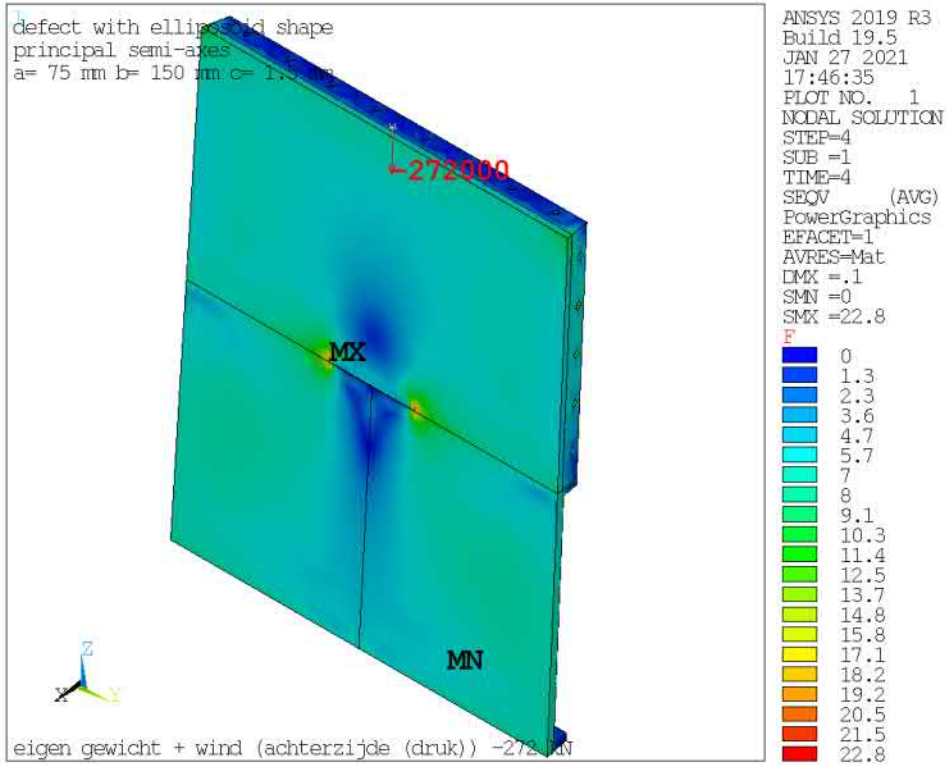
sx [N/mm²]



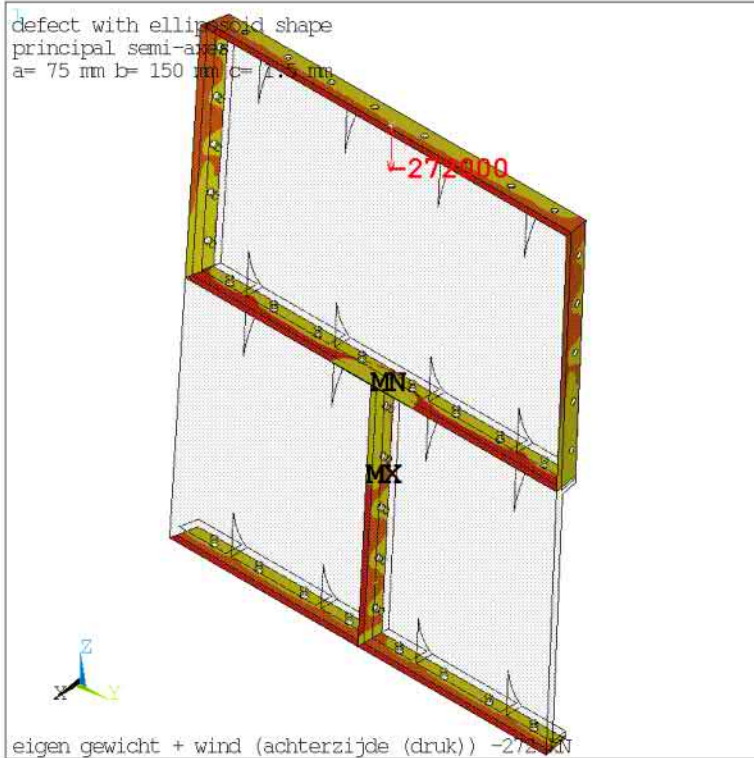
sz [N/mm²]



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

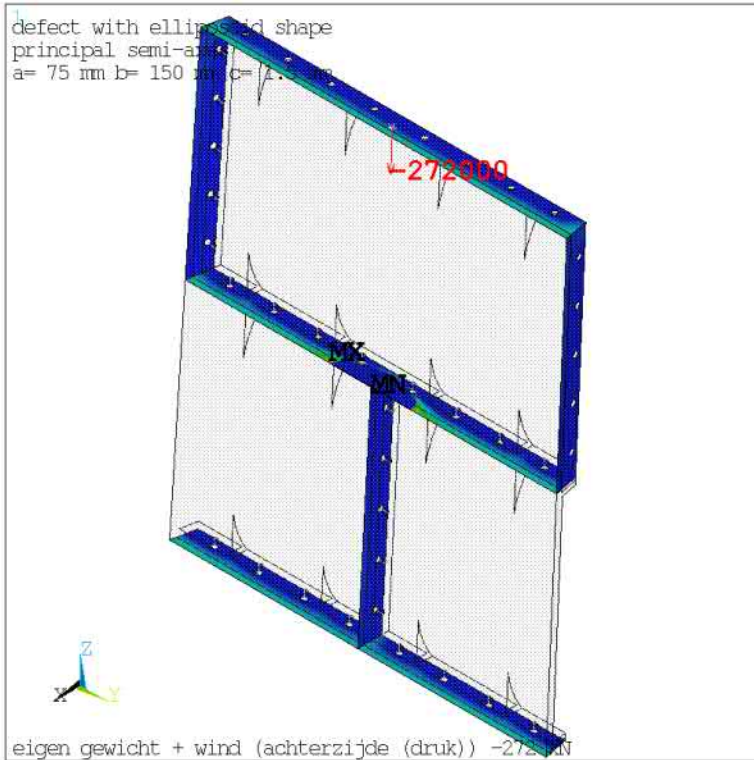


Contact status



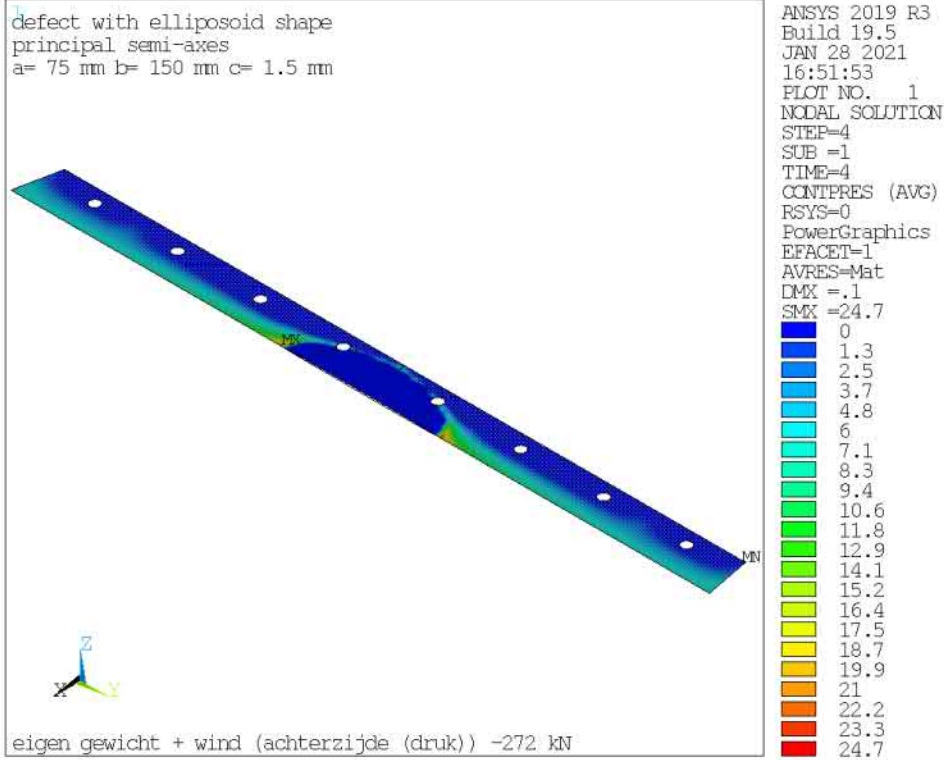
ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 27 2021
17:47:02
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=4
SUB =1
TIME=4
CONTSTAT (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =.1
SMN =1
SMX =3
F
NearContact
Sliding
Sticking

Contact druk [N/mm²]

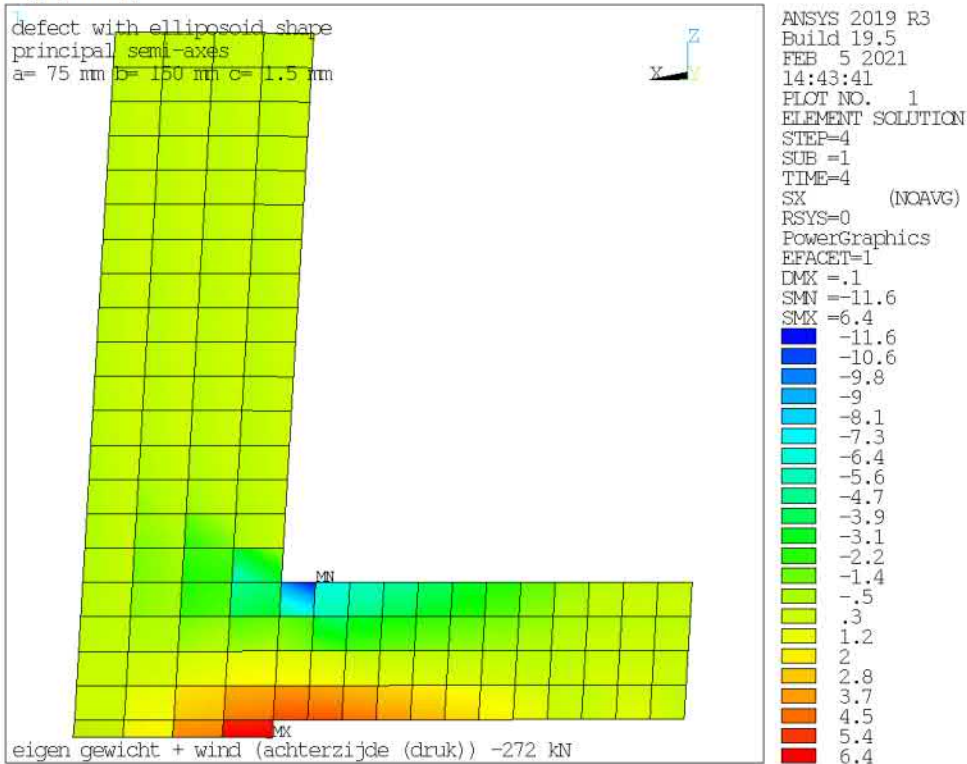


ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 27 2021
17:47:13
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=4
SUB =1
TIME=4
CONTPRES (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =.1
SMX =24.7
F
0
1.3
2.5
3.9
5
6.2
7.5
8.7
9.8
11.2
12.3
13.5
14.8
16
17.2
18.5
19.7
20.8
22.2
23.3
24.7

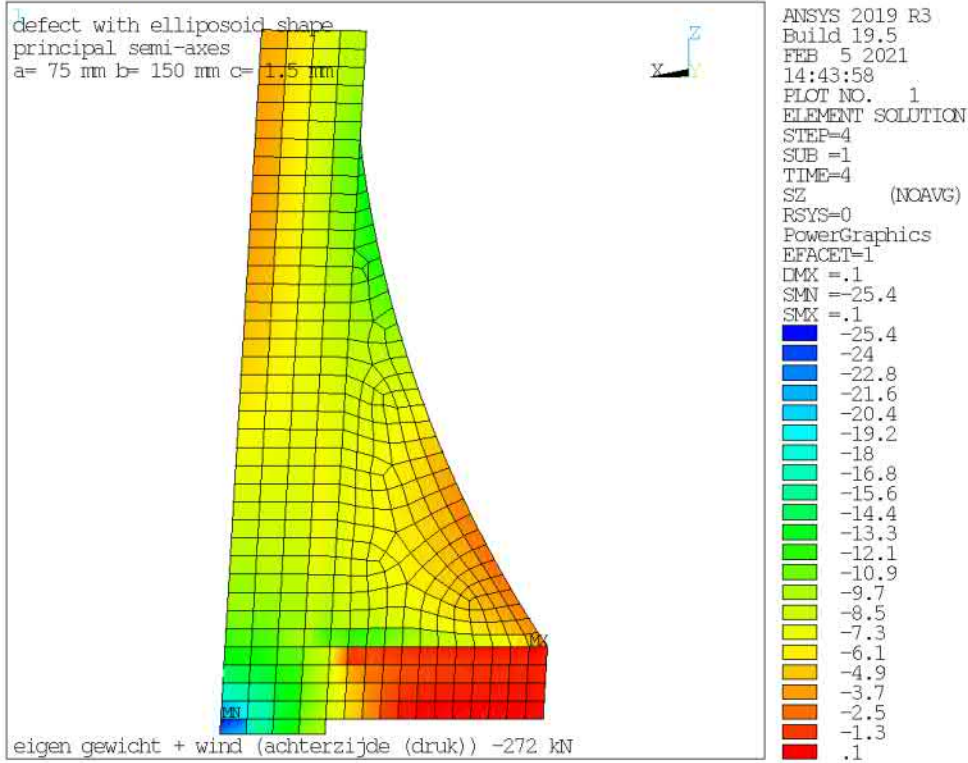
Contact druk [N/mm²]



sx [N/mm²]



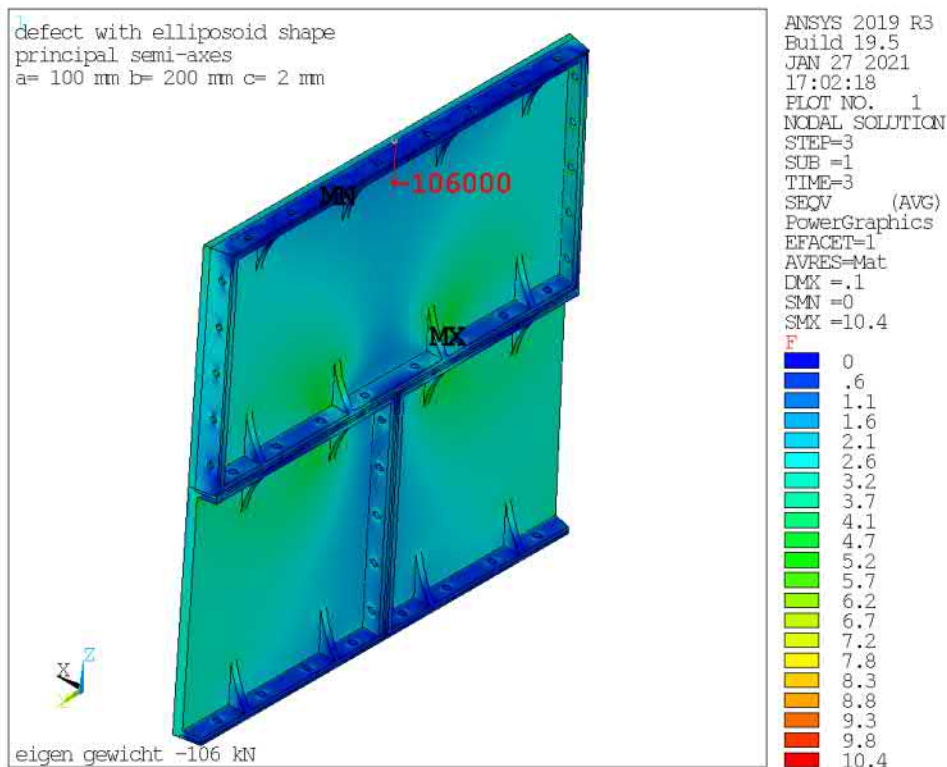
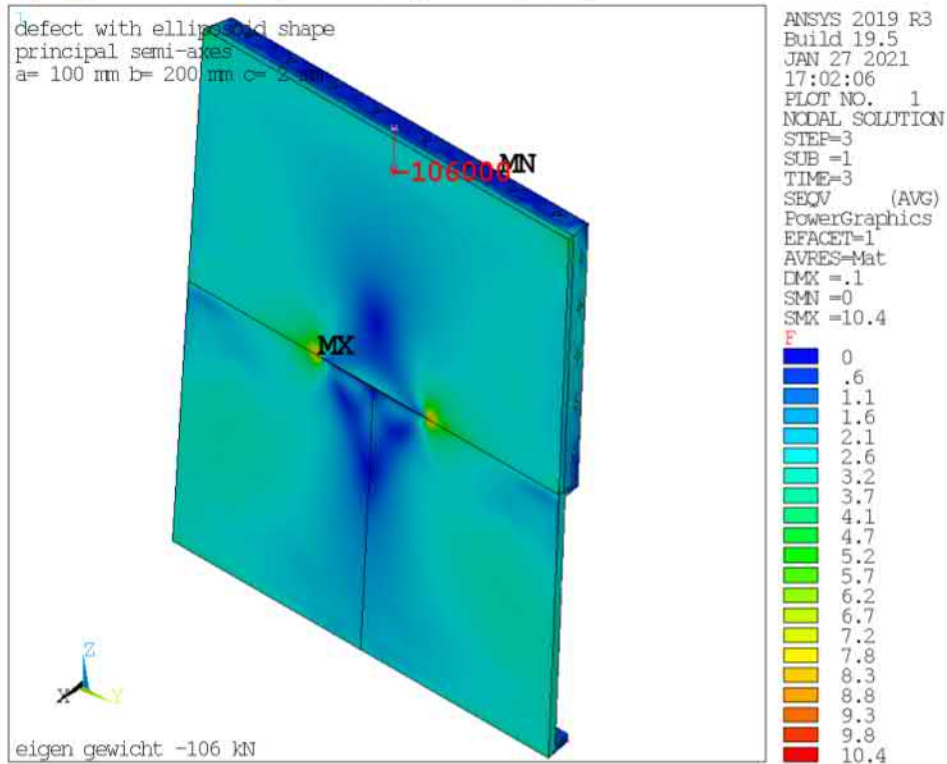
sz [N/mm²]



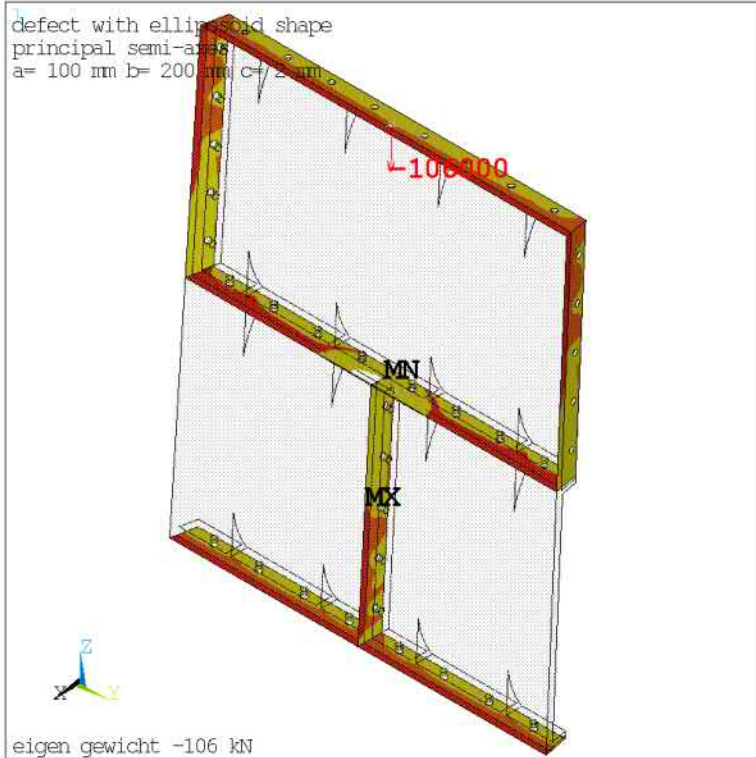
15.6 ANSYS detailmodel 4 verbinding tussen panelen met spleet (ellipsoïde vorm)

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

eigen gewicht -106 kN (zie uitvoer globaal model)

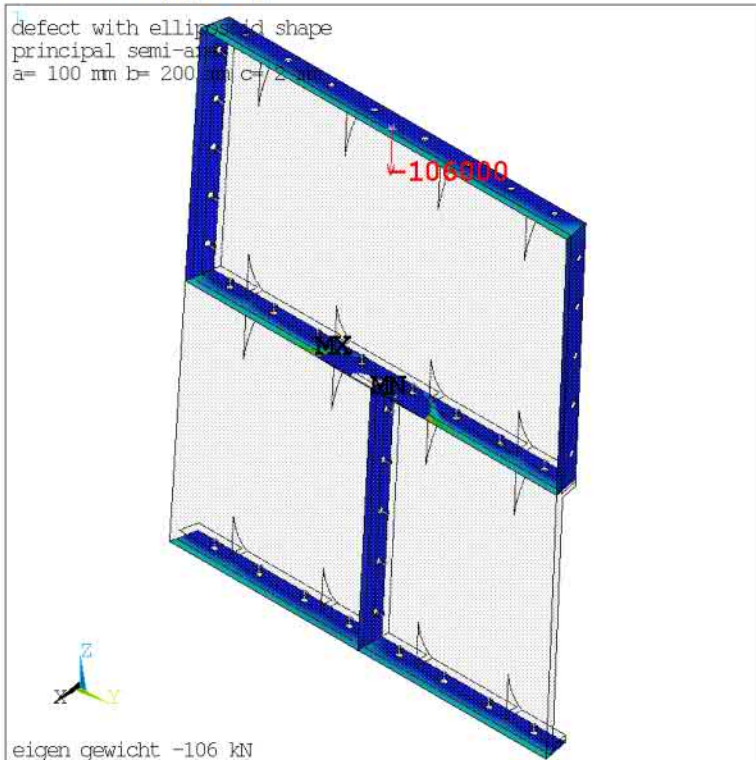


Contact status



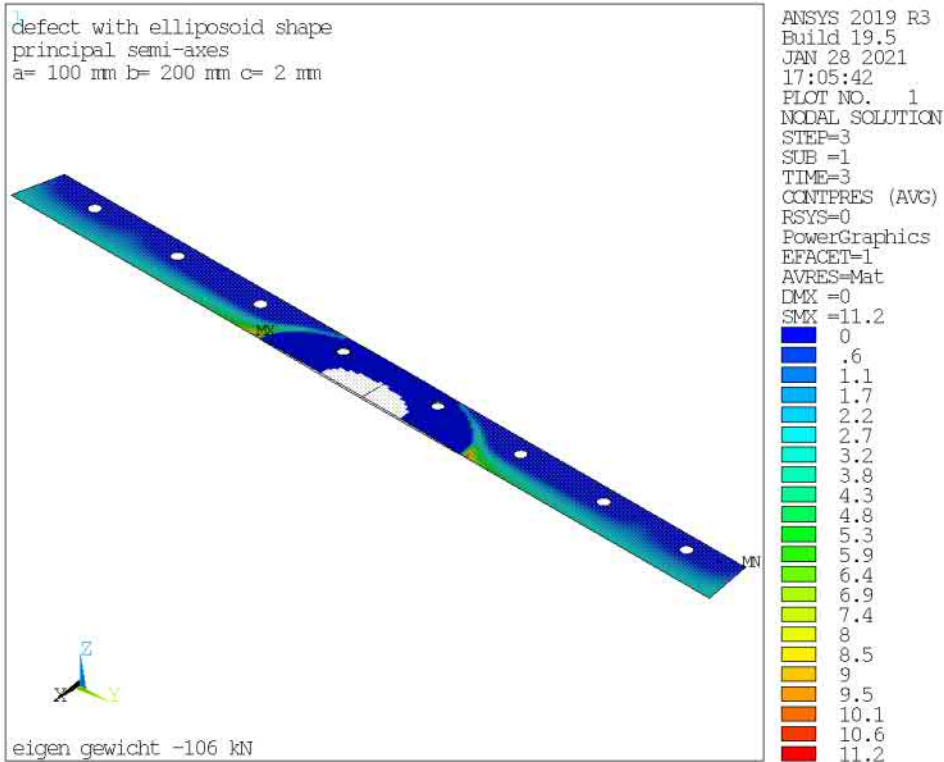
ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 27 2021
17:02:33
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=3
SUB =1
TIME=3
CONTSTAT (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =.1
SMN =.2
SMX =3
F
■ FarOpen
■ NearContact
■ Sliding
■ Sticking

Contact druk [N/mm²]

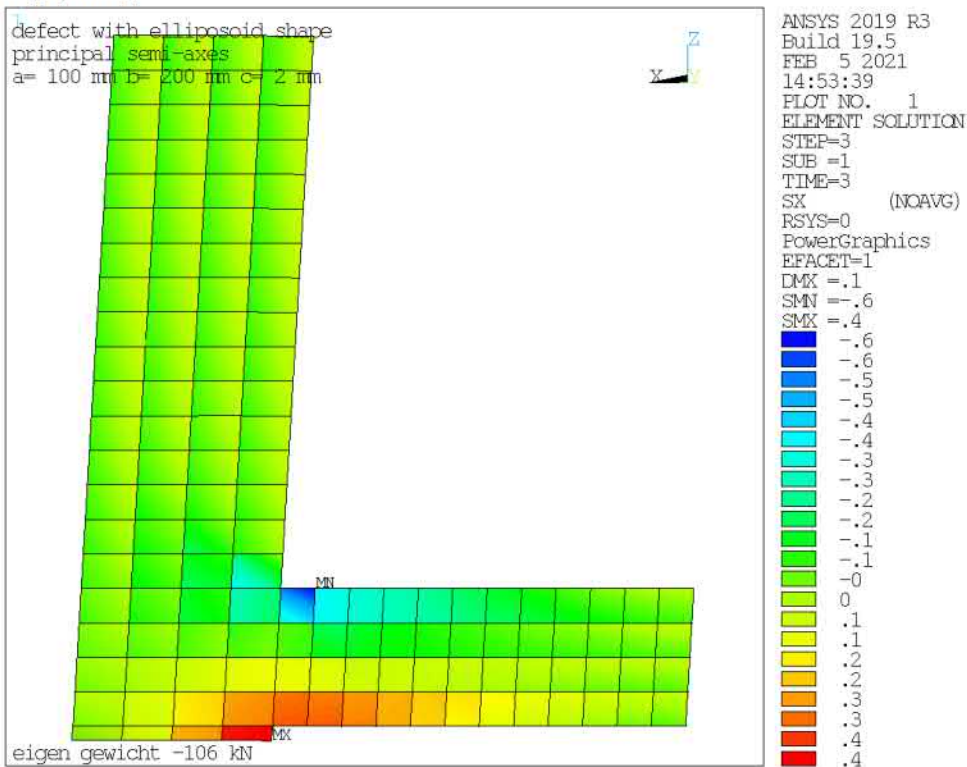


ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 27 2021
17:02:43
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=3
SUB =1
TIME=3
CONTPRES (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =.1
SMX =11.2
F
■ 0
■ .6
■ 1.1
■ 1.8
■ 2.3
■ 2.8
■ 3.4
■ 3.9
■ 4.5
■ 5.1
■ 5.6
■ 6.1
■ 6.7
■ 7.3
■ 7.8
■ 8.4
■ 8.9
■ 9.5
■ 10.1
■ 10.6
■ 11.2

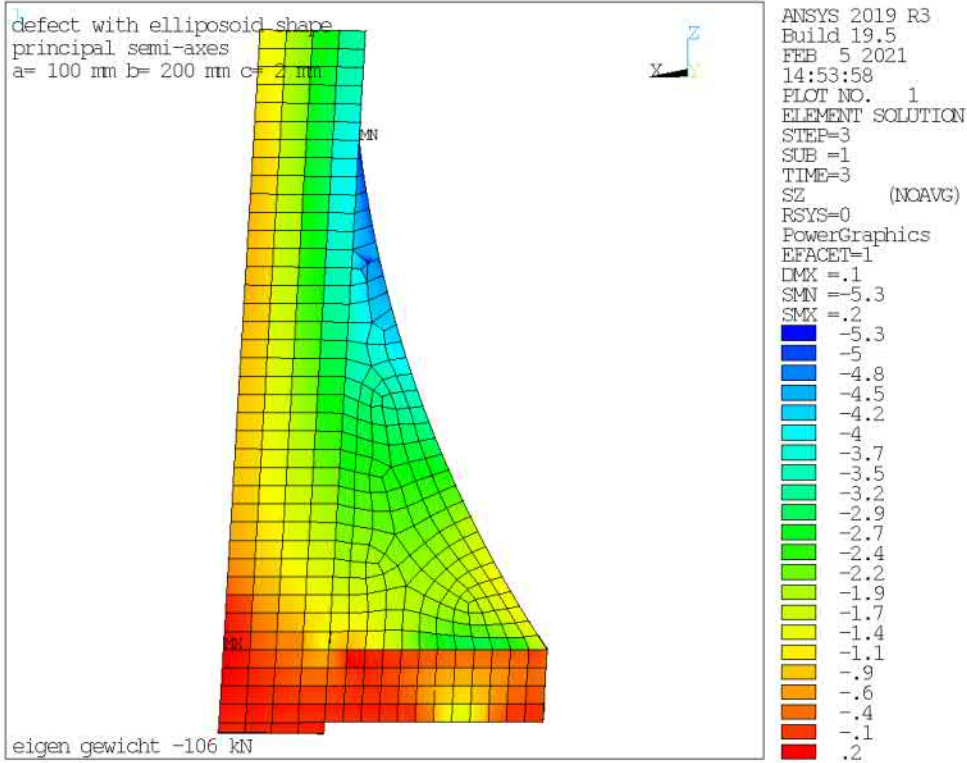
Contact druk [N/mm²]



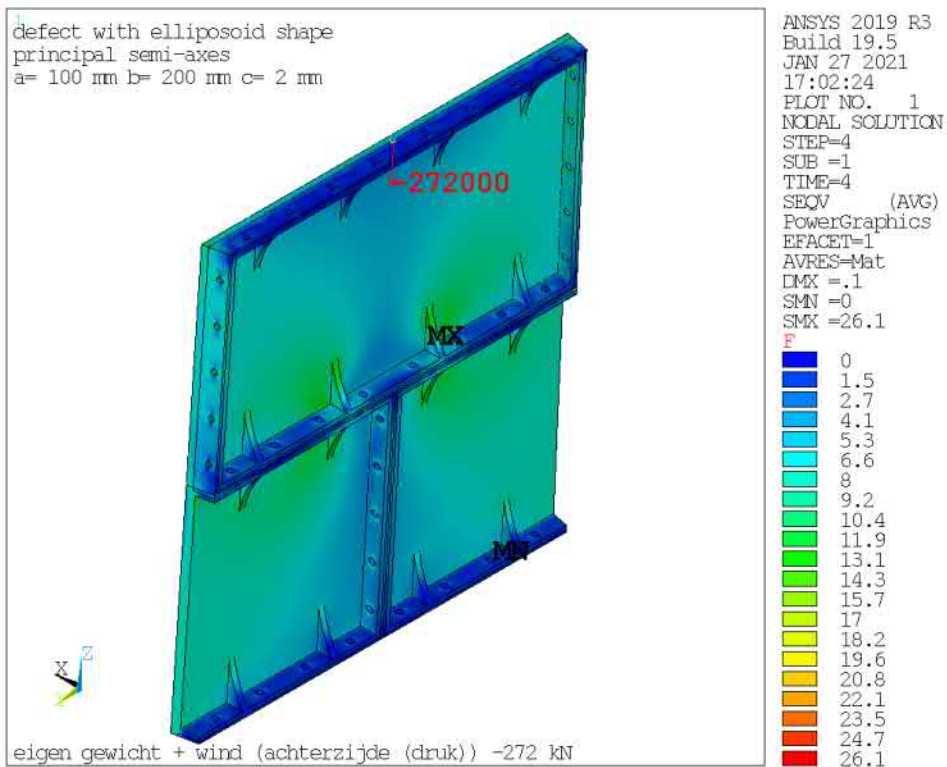
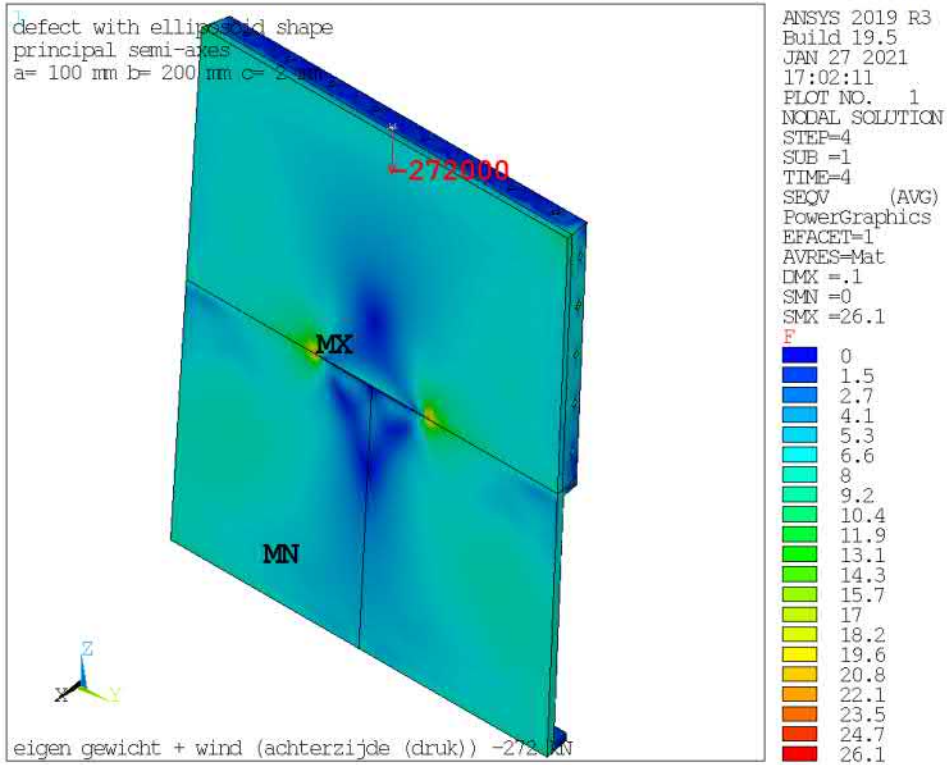
sx [N/mm²]



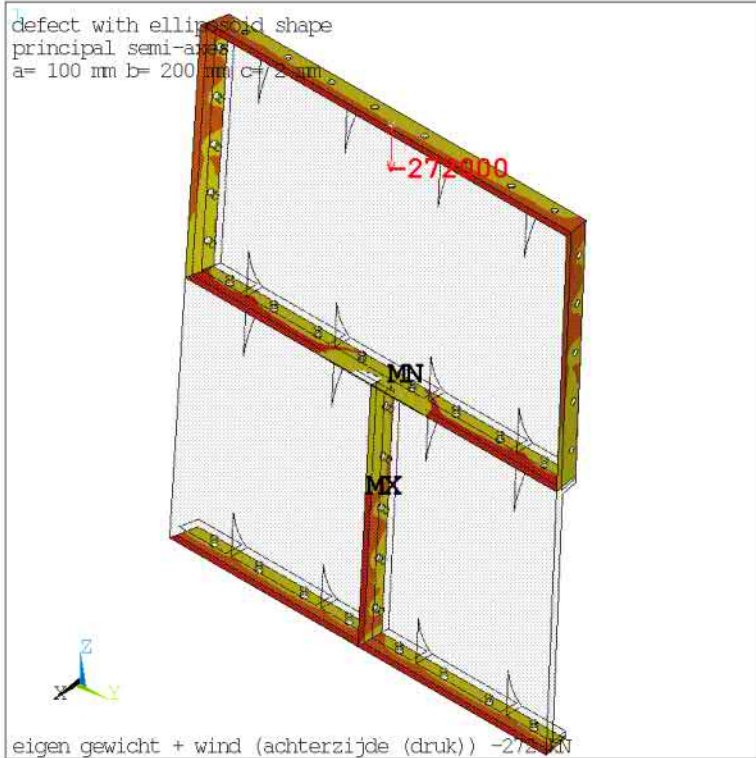
sz [N/mm²]



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

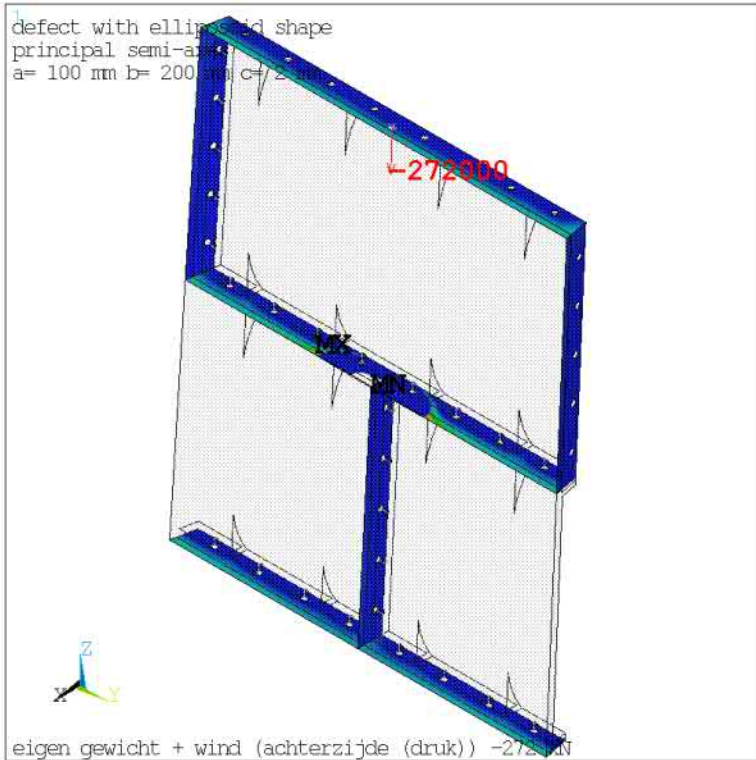


Contact status



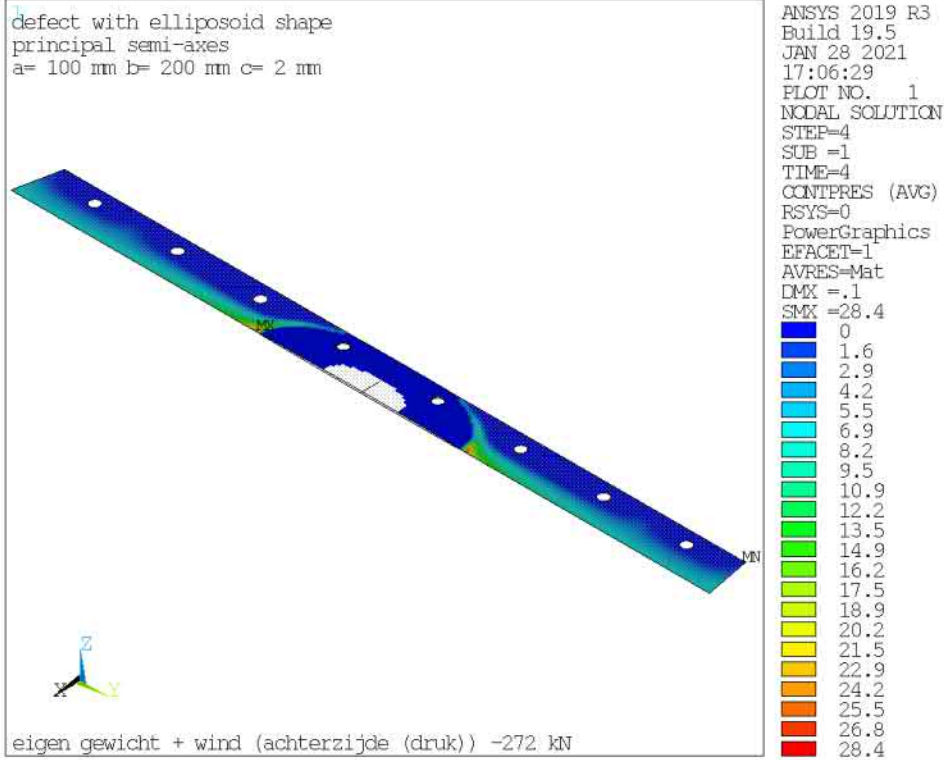
ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 27 2021
17:02:38
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=4
SUB =1
TIME=4
CONTSTAT (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =.1
SMN =.2
SMX =3
F
■ FarOpen
■ NearContact
■ Sliding
■ Sticking

Contact druk [N/mm²]

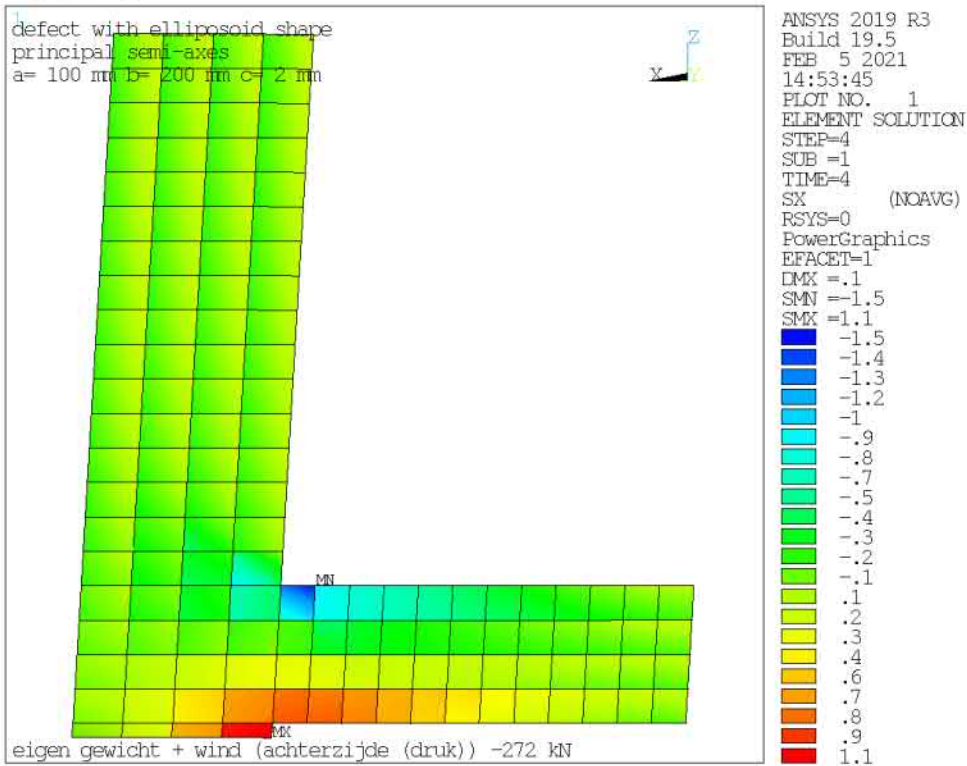


ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 27 2021
17:02:48
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=4
SUB =1
TIME=4
CONTPRES (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =.1
SMX =28.4
F
■ 0
■ 1.6
■ 2.9
■ 4.4
■ 5.8
■ 7.1
■ 8.7
■ 10
■ 11.3
■ 12.9
■ 14.2
■ 15.5
■ 17.1
■ 18.4
■ 19.7
■ 21.3
■ 22.6
■ 24
■ 25.5
■ 26.8
■ 28.4

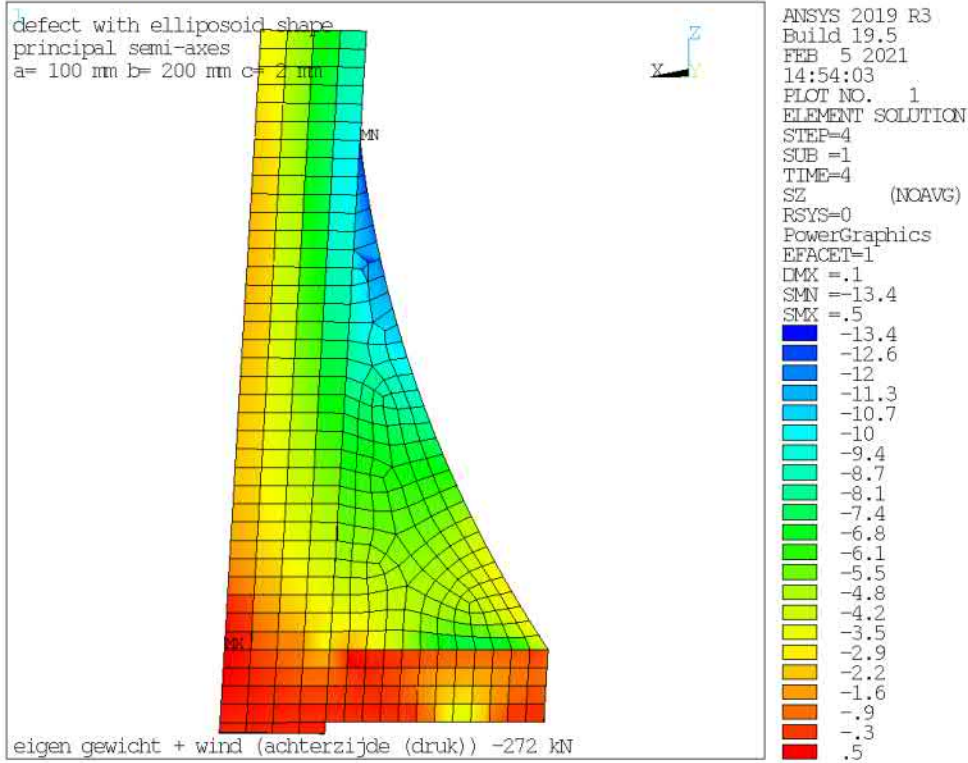
Contact druk [N/mm²]



sx [N/mm²]



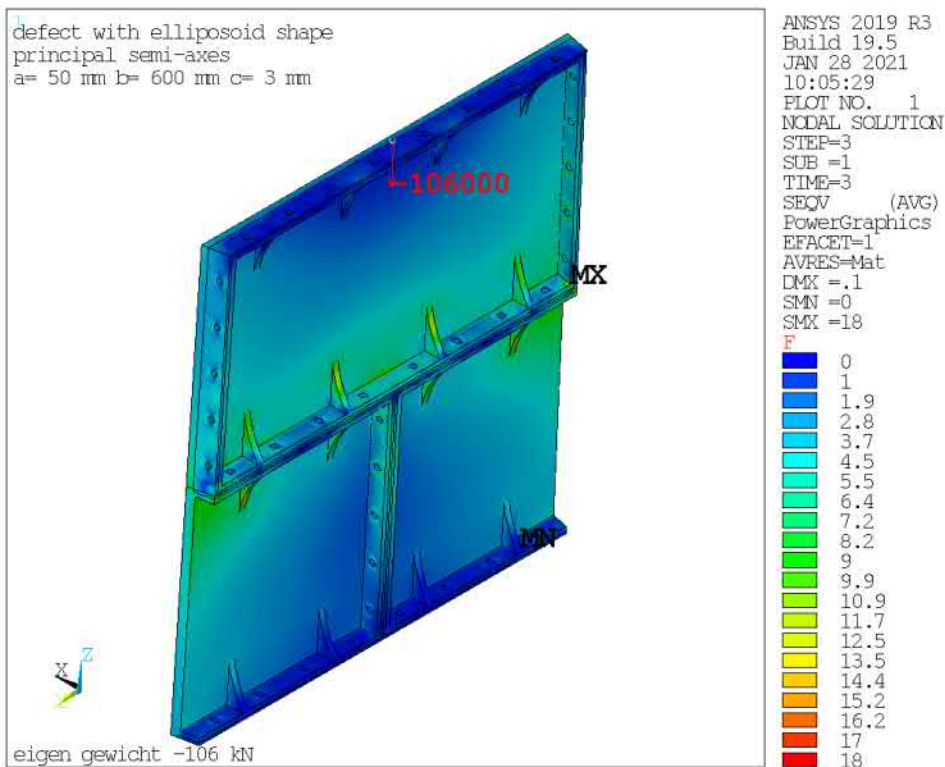
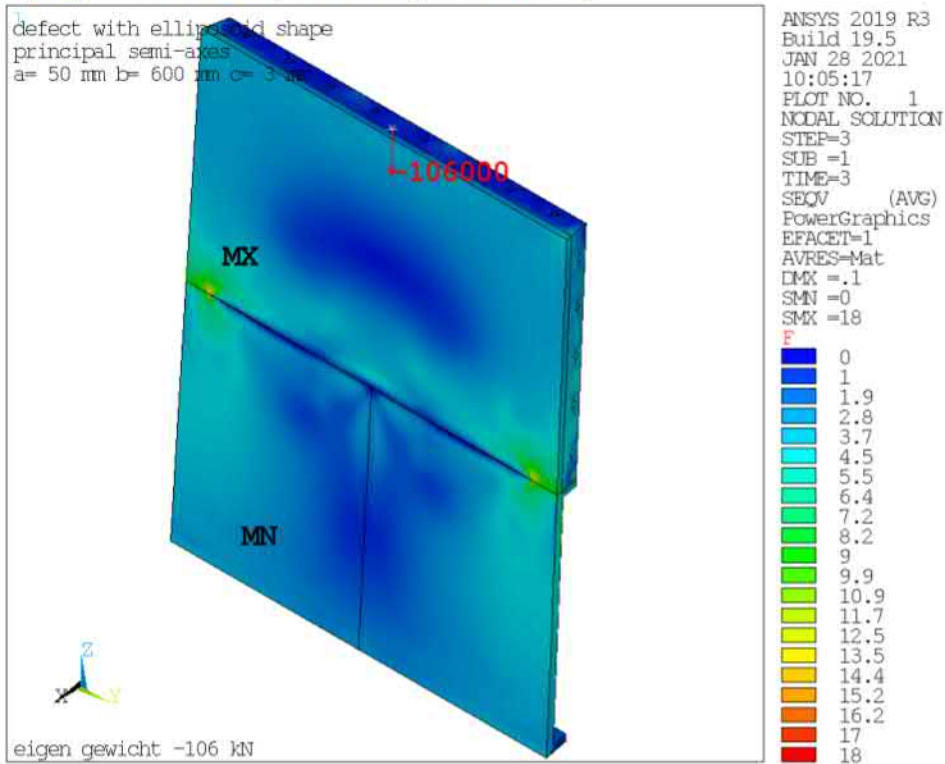
sz [N/mm²]



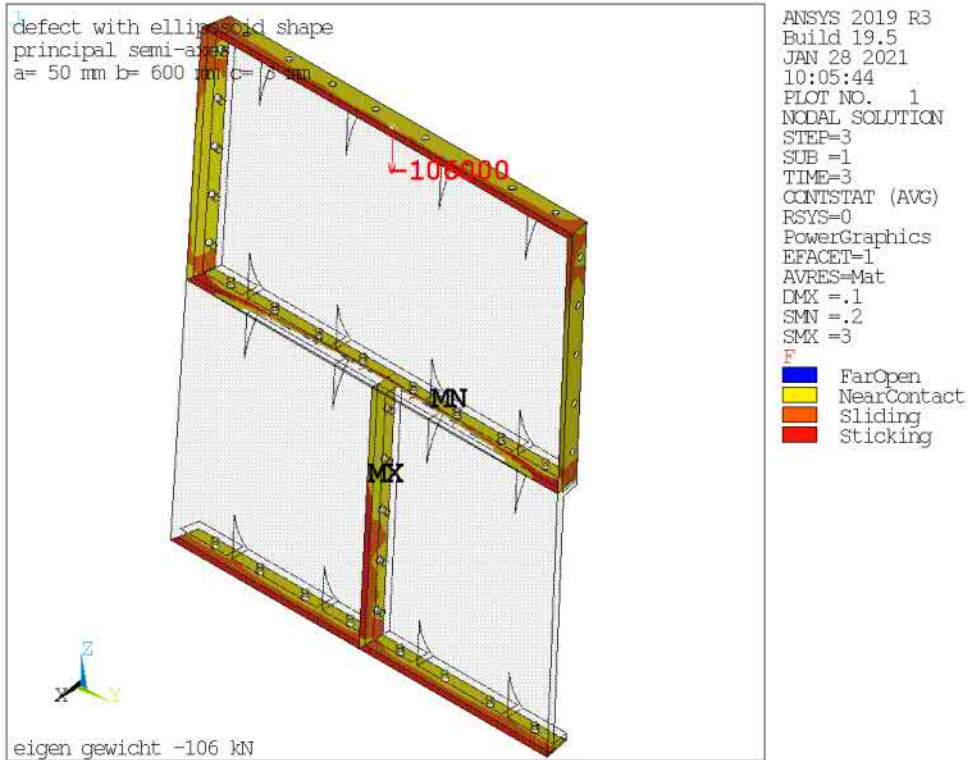
15.7 ANSYS detailmodel 5 verbinding tussen panelen met spleet (ellipsoïde vorm)

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

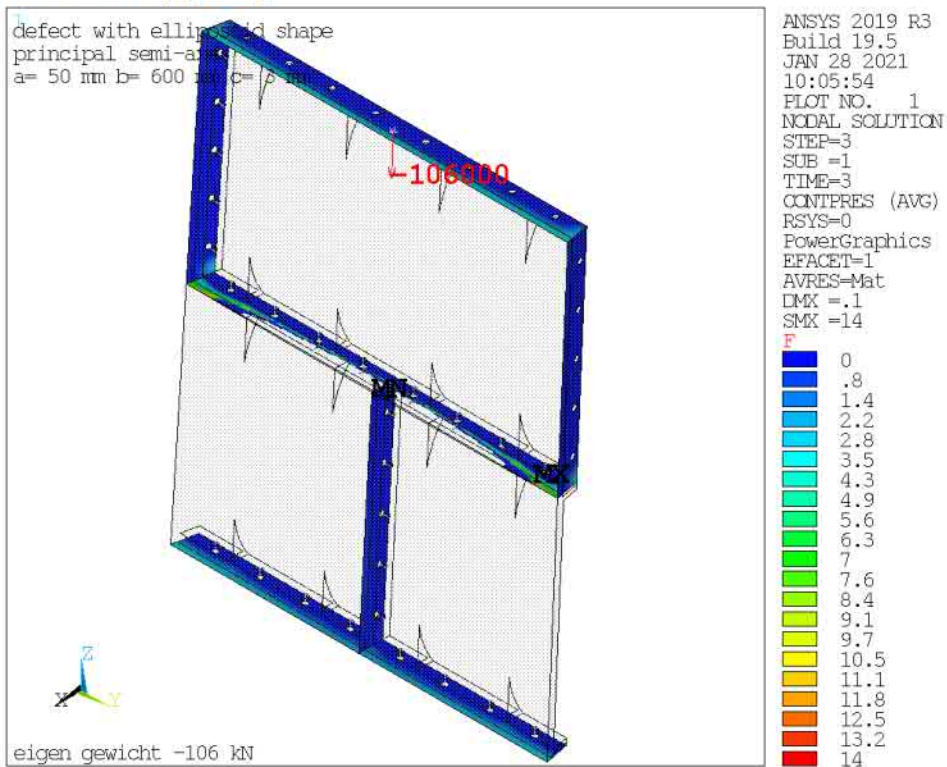
eigen gewicht -106 kN (zie uitvoer globaal model)



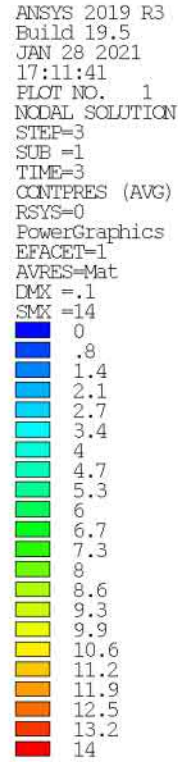
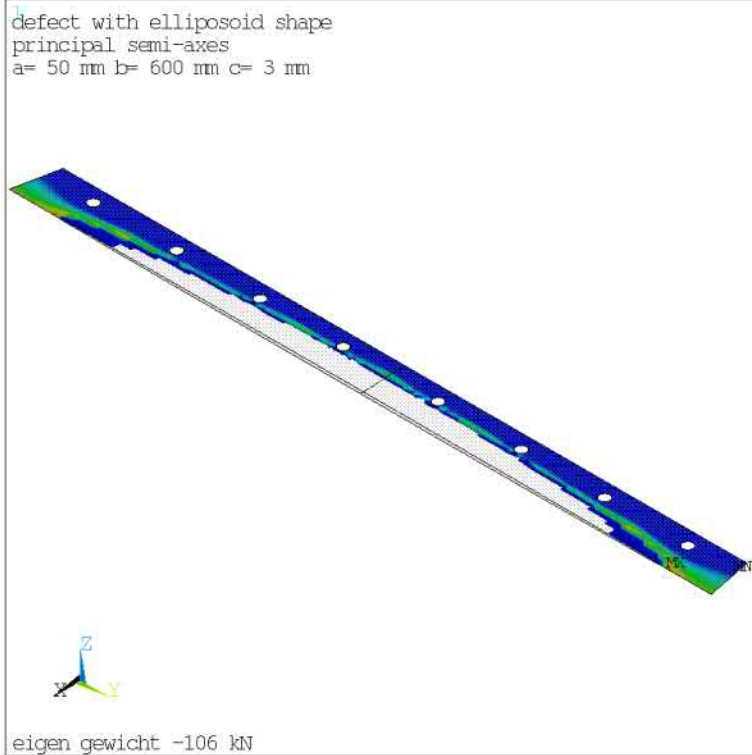
Contact status



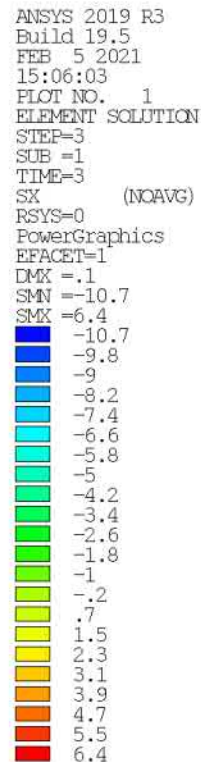
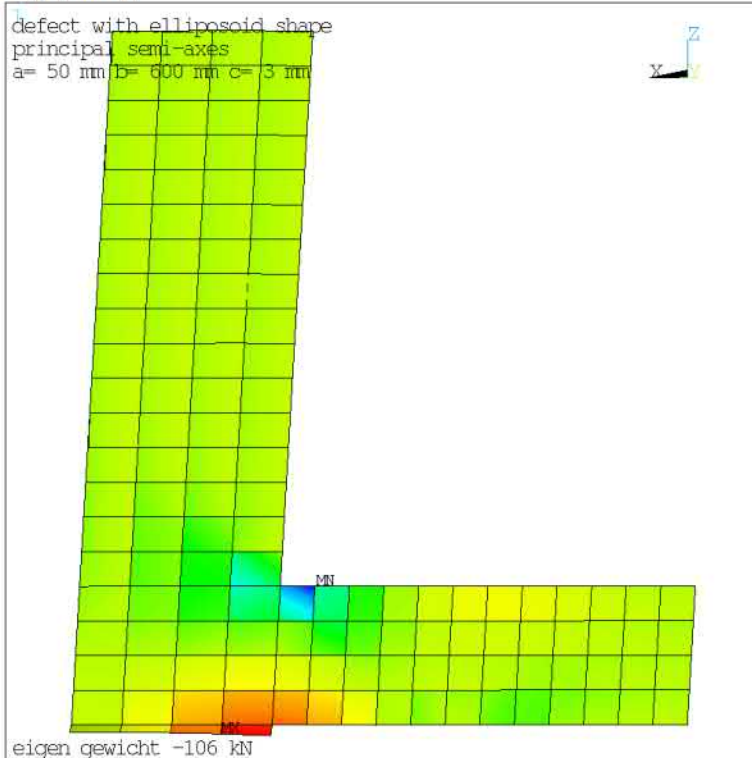
Contact druk [N/mm²]



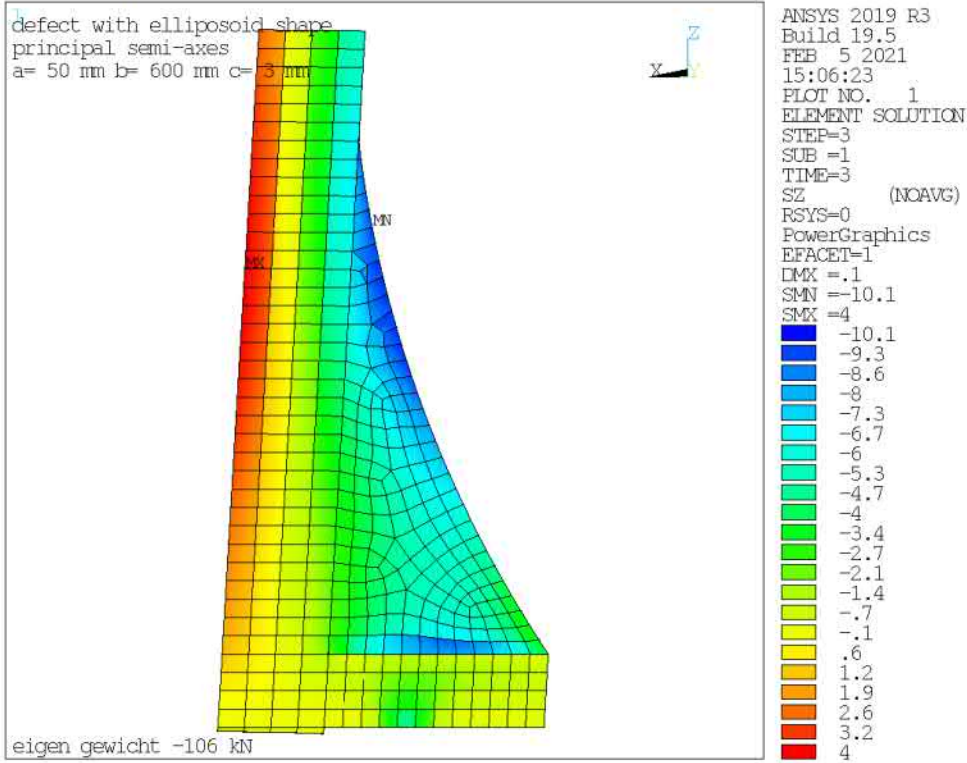
Contact druk [N/mm²]



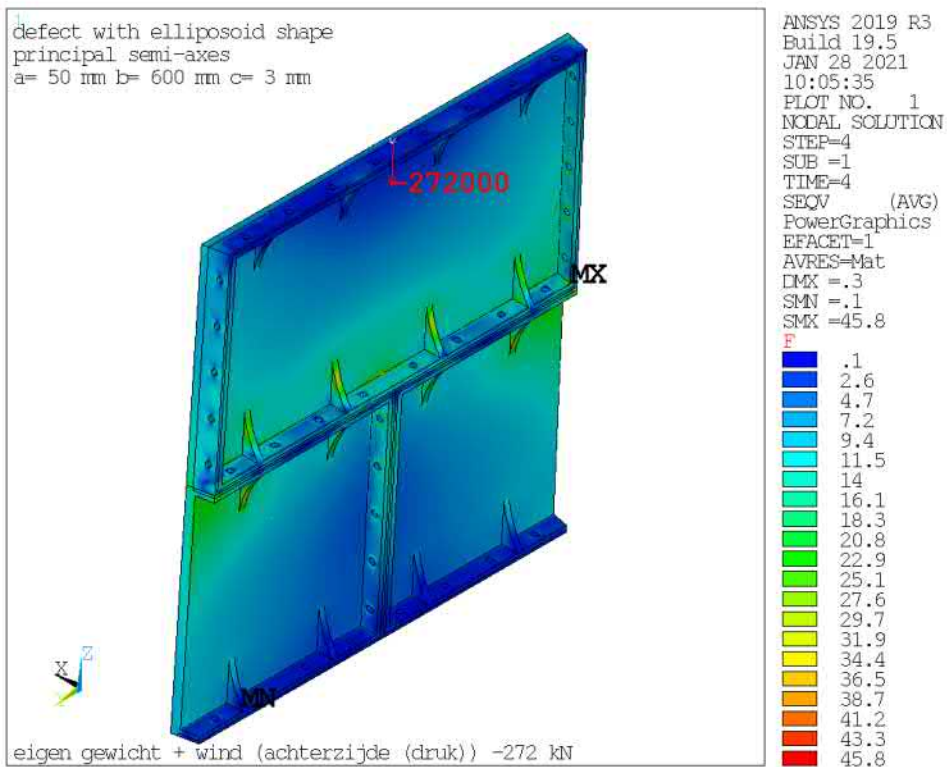
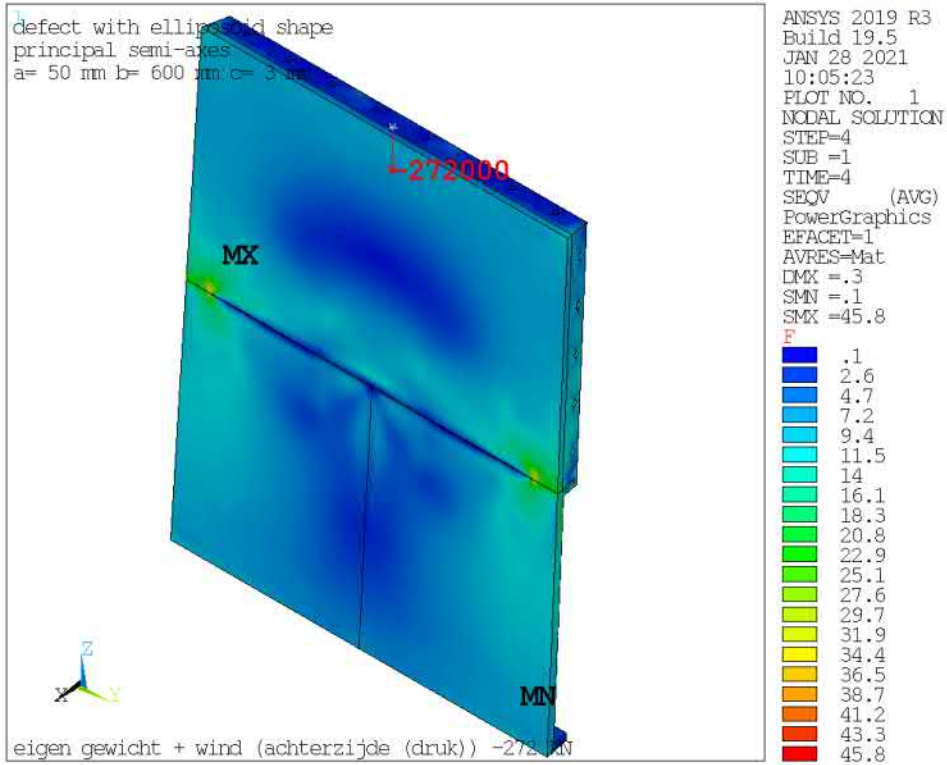
sx [N/mm²]



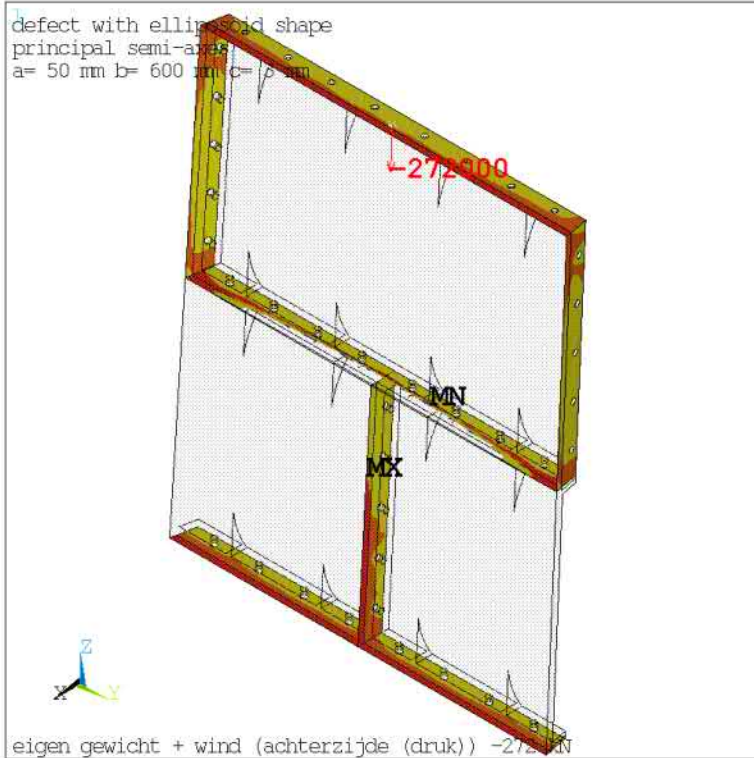
sz [N/mm²]



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

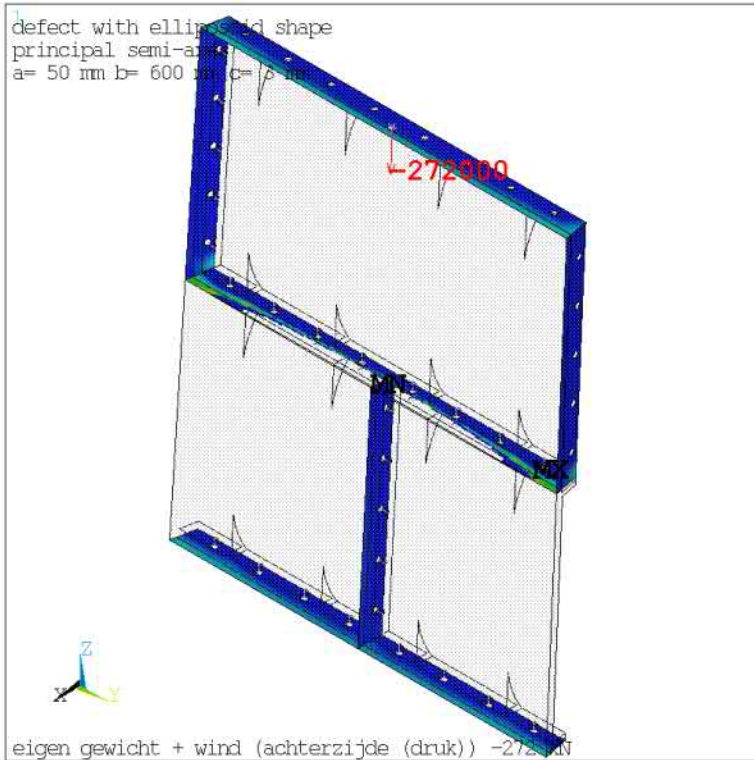


Contact status



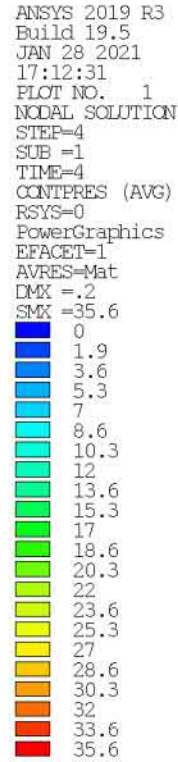
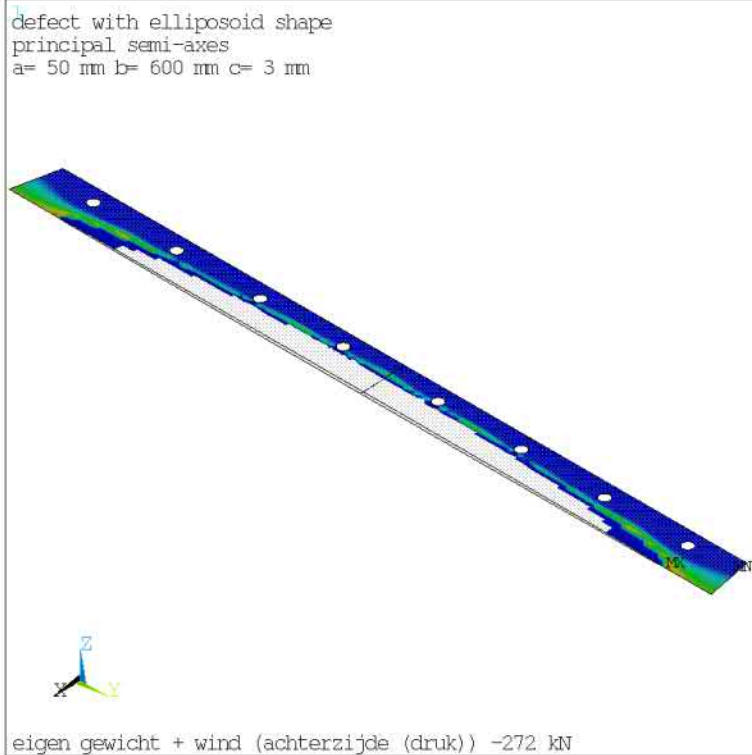
ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 28 2021
10:05:49
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=4
SUB =1
TIME=4
CONTSTAT (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =.3
SMN =.2
SMX =3
F
FarOpen
NearContact
Sliding
Sticking

Contact druk [N/mm²]

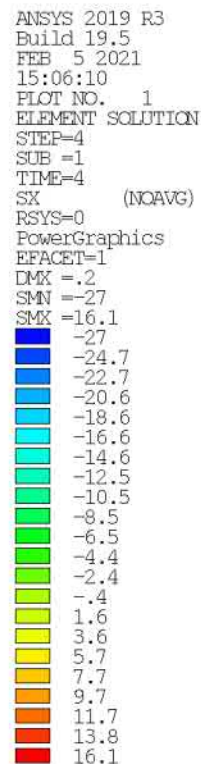
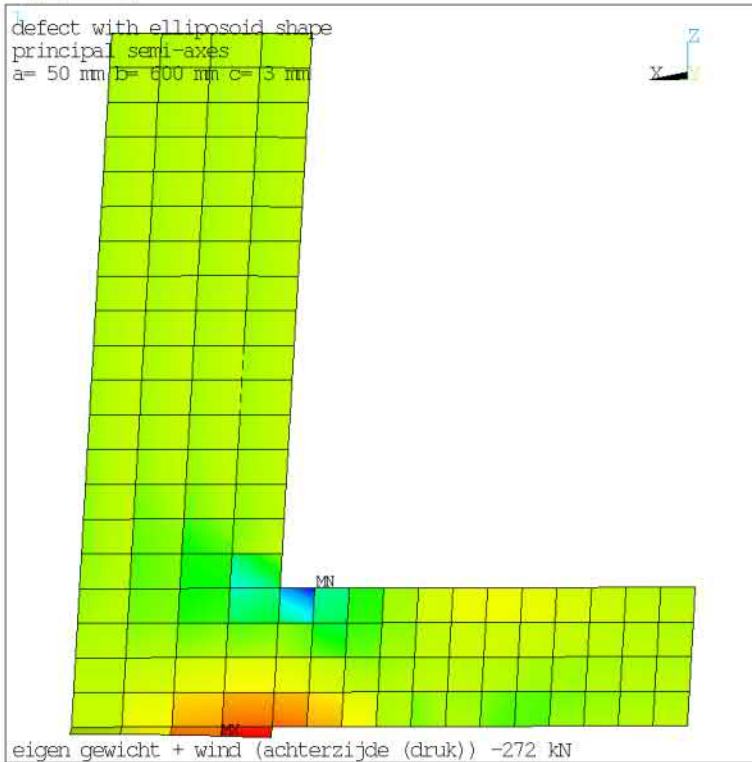


ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 28 2021
10:05:59
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=4
SUB =1
TIME=4
CONTPRES (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =.3
SMX =35.6
F
0
1.9
3.6
5.6
7.2
8.9
10.8
12.5
14.2
16.1
17.8
19.5
21.4
23.1
24.7
26.7
28.4
30
32
33.6
35.6

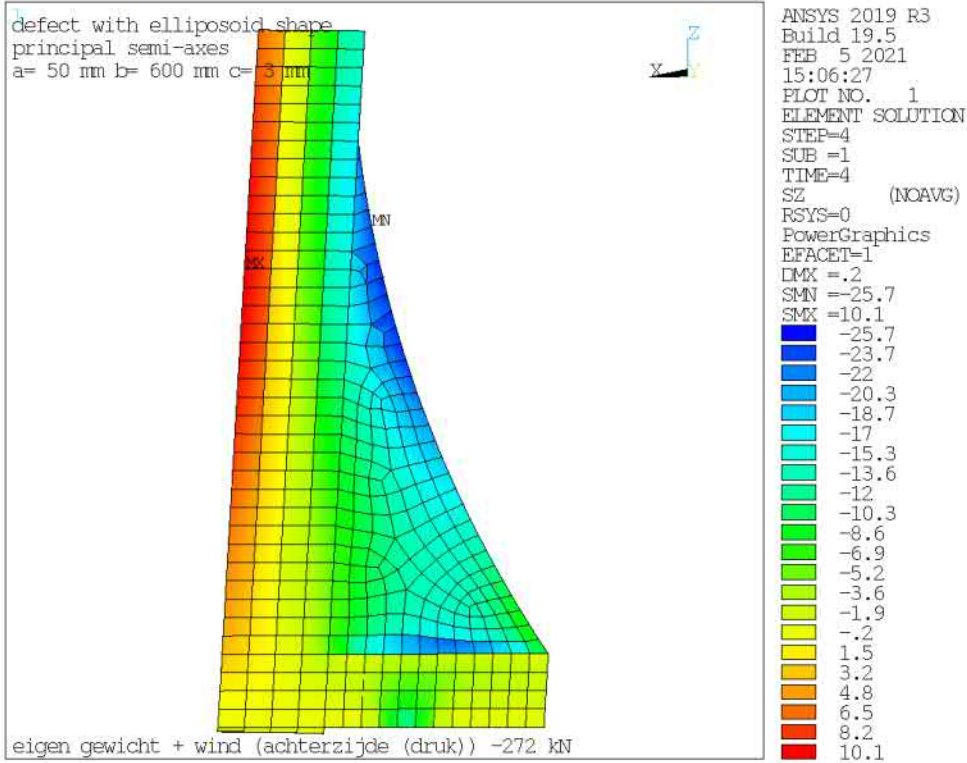
Contact druk [N/mm²]



sx [N/mm²]



sz [N/mm²]



16 Analyse op basis van Phased Array rapport van boutverbindingen (INFRAINSPECTIE)

Lange Jaap																				totaal Ind.	horizontaal	verticaal	horizontaal	verticaal	horizontaal% beschadigd	verticaal% beschadigd	totaal aantal bouten per element
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P												
17	RING 2	17_R4 AB	17_R4 BC	17_R4 CD	17_R4 DE	17_R4 EF	17_R4 FG	17_R4 GH	17_R4 HI	17_R4 U	17_R4 JK	17_R4 KL	17_R4 LM	17_R4 MN	17_R4 NO 2-3	17_R4 OP	17_R4 PA	3	3	1-4	5-8	4.7	0.0	8 bouten	17		
	RING 3	17_R3 A	17_R3 B-6	17_R3 C-3-5-6	17_R3 D	17_R3 E	17_R3 F	17_R3 G	17_R3 H	17_R3 J	17_R3 K	17_R3 L	17_R3 M	17_R3 N-8	17_R3 O	17_R3 P	5	1	4	1-4	5-8	1.6	6.3				
	RING 2	17_R2 AB	17_R2 BC-3-4-5	17_R2 CD-2-4-5-7-8	17_R2 DE-1	17_R2 EF	17_R2 FG	17_R2 GH	17_R2 HI	17_R2 U	17_R2 JK	17_R2 KL	17_R2 LM	17_R2 MN	17_R2 NO	17_R2 OP	17_R2 PA	11	5	6	1-4	5-8	7.8	9.4			
	RING 1	17_R1 A	17_R1 B-7	17_R1 C	17_R1 D	17_R1 E-7	17_R1 F	17_R1 G	17_R1 H	17_R1 I	17_R1 J	17_R1 K	17_R1 L	17_R1 M	17_R1 N	17_R1 O	17_R1 P-7	3	3	3	1-4	5-8	0.0	4.7			
16	RING 4	16_R4 AB-2-4-11	16_R4 BC-2	16_R4 CD-3-4	16_R4 DE-7-8	16_R4 EF	16_R4 FG	16_R4 GH	16_R4 HI	16_R4 U	16_R4 JK-3	16_R4 KL-3	16_R4 LM-3-7-8	16_R4 MN-1-5	16_R4 NO-5-6	16_R4 OP-3-4-5	16_R4 PA	23	14	9	1-4	5-8	21.9	14.1	8 bouten	15	
	RING 3	16_R3 A	16_R3 B	16_R3 C-6	16_R3 D	16_R3 E	16_R3 F-7	16_R3 G	16_R3 H	16_R3 J	16_R3 K	16_R3 L-6	16_R3 M-1-3-5	16_R3 N	16_R3 O	16_R3 P	8	3	5	1-4	5-8	4.7	7.8				
	RING 2	16_R2 AB	16_R2 BC-2-3	16_R2 CD-6	16_R2 DE	16_R2 EF	16_R2 FG	16_R2 GH	16_R2 HI	16_R2 U	16_R2 JK	16_R2 KL	16_R2 LM-1-2	16_R2 MN	16_R2 NO	16_R2 OP	16_R2 PA	5	5	5	1-6	7-11	5.2	0.0			
	RING 1	16_R1 A	16_R1 B	16_R1 C	16_R1 D	16_R1 E	16_R1 F	16_R1 G	16_R1 H	16_R1 I	16_R1 J	16_R1 K	16_R1 L	16_R1 M	16_R1 N	16_R1 O	16_R1 P	5	5	5	1-6	7-11	0.0	0.0			
15	RING 4	15_R4 AB	15_R4 BC	15_R4 CD	15_R4 DE	15_R4 EF	15_R4 FG-1	15_R4 GH	15_R4 HI-1	15_R4 U	15_R4 JK	15_R4 KL	15_R4 LM	15_R4 MN	15_R4 NO	15_R4 OP	15_R4 PA	2	2	2	1-6	7-11	2.1	0.0	11 bouten	13	
	RING 3	15_R3 A	15_R3 B	15_R3 C	15_R3 D	15_R3 E	15_R3 F-7	15_R3 G	15_R3 H	15_R3 J	15_R3 K	15_R3 L-3	15_R3 M-6	15_R3 N-1	15_R3 O	15_R3 P	4	2	2	1-6	7-11	2.1	2.5				
	RING 2	15_R2 AB	15_R2 BC	15_R2 CD	15_R2 DE	15_R2 EF	15_R2 FG	15_R2 GH	15_R2 HI	15_R2 U	15_R2 JK	15_R2 KL	15_R2 LM-4	15_R2 MN	15_R2 NO	15_R2 OP	15_R2 PA	1	1	1	1-6	7-11	1.0	0.0			
	RING 1	15_R1 A	15_R1 B	15_R1 C	15_R1 D-11	15_R1 E	15_R1 F	15_R1 G	15_R1 H	15_R1 I	15_R1 J	15_R1 K	15_R1 L	15_R1 M	15_R1 N	15_R1 O	15_R1 P	1	1	1	1-6	7-11	0.0	1.3			
14	RING 4	14_R4 AB	14_R4 BC	14_R4 CD	14_R4 DE-3	14_R4 EF	14_R4 FG	14_R4 GH	14_R4 HI	14_R4 U	14_R4 JK	14_R4 KL	14_R4 LM	14_R4 MN	14_R4 NO	14_R4 OP	14_R4 PA	1	1	1	1-6	7-11	1.0	0.0	11 bouten	11	
	RING 3	14_R3 A	14_R3 B	14_R3 C	14_R3 D	14_R3 E-2	14_R3 F-6	14_R3 G	14_R3 H-6	14_R3 J	14_R3 K-5	14_R3 L-1-6-11	14_R3 M-1-2	14_R3 N	14_R3 O	14_R3 P	12	11	1	1-6	7-11	11.5	1.3				
	RING 2	14_R2 AB	14_R2 BC	14_R2 CD	14_R2 DE	14_R2 EF	14_R2 FG	14_R2 GH-5	14_R2 HI-2	14_R2 U	14_R2 JK	14_R2 KL	14_R2 LM	14_R2 MN	14_R2 NO	14_R2 OP	14_R2 PA	4	4	4	1-6	7-11	4.2	0.0			
	RING 1	14_R1 A	14_R1 B	14_R1 C	14_R1 D	14_R1 E	14_R1 F-10	14_R1 G	14_R1 H	14_R1 I	14_R1 J	14_R1 K	14_R1 L	14_R1 M	14_R1 N-10-11	14_R1 O	14_R1 P-5-7	5	2	3	1-6	7-11	2.1	3.8			
13	RING 4	13_R4 AB-6	13_R4 BC-3-6	13_R4 CD-2	13_R4 DE-3-6	13_R4 EF-3	13_R4 FG-13	13_R4 GH-3	13_R4 HI-2-5-6	13_R4 U	13_R4 JK	13_R4 KL	13_R4 LM	13_R4 MN	13_R4 NO	13_R4 OP-6	13_R4 PA	16	15	1	1-6	7-11	15.6	1.3	11 bouten	10	
	RING 3	13_R3 A	13_R3 B	13_R3 C	13_R3 D	13_R3 E-2-7	13_R3 F	13_R3 G	13_R3 H	13_R3 J	13_R3 K	13_R3 L	13_R3 M	13_R3 N	13_R3 O	13_R3 P-1	3	2	1	1-6	7-11	2.1	1.3				
	RING 2	13_R2 AB	13_R2 BC	13_R2 CD-4	13_R2 DE	13_R2 EF-1	13_R2 FG-5-6	13_R2 GH-1-7	13_R2 HI-2	13_R2 U	13_R2 JK	13_R2 KL	13_R2 LM-2-7	13_R2 MN-3-10	13_R2 NO	13_R2 OP	13_R2 PA	11	8	3	1-6	7-11	8.3	3.8			
	RING 1	13_R1 A	13_R1 B	13_R1 C	13_R1 D	13_R1 E	13_R1 F	13_R1 G	13_R1 H	13_R1 I	13_R1 J	13_R1 K	13_R1 L	13_R1 M-5	13_R1 N	13_R1 O	13_R1 P	1	1	1	1-6	7-11	1.0	0.0			
12	RING 4	12_R4 AB	12_R4 BC	12_R4 CD	12_R4 DE	12_R4 EF	12_R4 FG	12_R4 GH	12_R4 HI	12_R4 U	12_R4 JK	12_R4 KL-4	12_R4 LM-4	12_R4 MN	12_R4 NO	12_R4 OP-2-3	12_R4 PA	4	4	4	1-6	7-11	4.2	0.0	11 bouten	9	
	RING 3	12_R3 A-1-4-5-6	12_R3 B-4	12_R3 C-2-3	12_R3 D	12_R3 E	12_R3 F	12_R3 G	12_R3 H	12_R3 J-3	12_R3 K	12_R3 L-6	12_R3 M-1	12_R3 N-1-11	12_R3 O-9	12_R3 P-6	14	12	2	1-6	7-11	12.5	2.5				
	RING 2	12_R2 AB	12_R2 BC	12_R2 CD	12_R2 DE	12_R2 EF	12_R2 FG	12_R2 GH	12_R2 HI-2-10	12_R2 U	12_R2 JK-3-4	12_R2 KL-2	12_R2 LM-3	12_R2 MN	12_R2 NO	12_R2 OP	12_R2 PA	7	6	1	1-6	7-11	6.3	1.3			
	RING 1	12_R1 A	12_R1 B	12_R1 C	12_R1 D	12_R1 E	12_R1 F	12_R1 G	12_R1 H	12_R1 I	12_R1 J-11	12_R1 K	12_R1 L	12_R1 M	12_R1 N-1	12_R1 O	12_R1 P	2	1	1	1-6	7-11	1.0	1.3			
11	RING 4	11_R4 AB-11	11_R4 BC-3-9-12	11_R4 CD-4	11_R4 DE-7	11_R4 EF-9-10	11_R4 FG	11_R4 GH-5	11_R4 HI-10-11-12	11_R4 U	11_R4 JK-9	11_R4 KL-10-13	11_R4 LM-5-9	11_R4 MN-13	11_R4 NO	11_R4 OP	11_R4 PA	23	5	5	1-8	9-14	3.9	0.0	13 bouten	8	
	RING 3	11_R3 A-1-13	11_R3 B-12	11_R3 C	11_R3 D-12	11_R3 E-1-7	11_R3 F-9	11_R3 G-5-6-7-8-9-11	11_R3 H-5-10-11-13	11_R3 J	11_R3 K-9-12	11_R3 L	11_R3 M-9	11_R3 N-4-10-13	11_R3 O-11	11_R3 P-8	25	10	1	1-8	9-14	7.8	0.0				
	RING 2	11_R2 AB	11_R2 BC-3	11_R2 CD-3	11_R2 DE	11_R2 EF-5	11_R2 FG	11_R2 GH-6-13	11_R2 HI	11_R2 U	11_R2 JK	11_R2 KL-4	11_R2 LM-1-3	11_R2 MN	11_R2 NO-6-9	11_R2 OP-1-3-4	11_R2 PA	13	11	2	1-8	9-14	8.6	2.5			
	RING 1	11_R1 A	11_R1 B	11_R1 C	11_R1 D-5	11_R1 E-1-2-3-5-6-7	11_R1 F-13	11_R1 G	11_R1 H	11_R1 I	11_R1 J	11_R1 K	11_R1 L	11_R1 M	11_R1 N-10-13	11_R1 O-9-11	11_R1 P	14	9	4	1-8	9-14	7.0	5.0			
10	RING 4	10_R4 AB	10_R4 BC	10_R4 CD	10_R4 DE	10_R4 EF	10_R4 FG	10_R4 GH	10_R4 HI	10_R4 U	10_R4 JK	10_R4 KL-11	10_R4 LM	10_R4 MN-7	10_R4 NO	10_R4 OP-4	10_R4 PA	4	3	1	1-8	9-14	2.3	1.3	13 bouten	7	
	RING 3	10_R3 A-3	10_R3 B-5	10_R3 C-7-8-9	10_R3 D-9-10	10_R3 E	10_R3 F-4-7	10_R3 G	10_R3 H-2	10_R3 J-1-2	10_R3 K-4-9	10_R3 L-11-12	10_R3 M-12	10_R3 N	10_R3 O-1-9	10_R3 P-9	20	11	9	1-8	9-14	8.6	11.3				
	RING 2	10_R2 AB	10_R2 BC-8	10_R2 CD-1	10_R2 DE	10_R2 EF-7	10_R2 FG-2-3-6	10_R2 GH	10_R2 HI-6-7-13	10_R2 U	10_R2 JK-13	10_R2 KL-5-13	10_R2 LM	10_R2 MN-5-8	10_R2 NO	10_R2 OP-2	10_R2 PA	19	16	3	1-8	9-14	12.5	3.8			
	RING 1	10_R1 A-2-3-4-5-6-7	10_R1 B	10_R1 C	10_R1 D	10_R1 E-3-4-10-13	10_R1 F	10_R1 G	10_R1 H	10_R1 I	10_R1 J-9	10_R1 K	10_R1 L-9	10_R1 M-11-12-13	10_R1 N	10_R1 O-11	10_R1 P-8-9-10	20	10	10	1-8	9-14	7.8	12.5			
9	RING 4	9_R4 AB-3	9_R4 BC	9_R4 CD-4-13	9_R4 DE-6-7-9	9_R4 EF-9	9_R4 FG	9_R4 GH-10-12	9_R4 HI	9_R4 J-9	9_R4 JK	9_R4 KL	9_R4 LM	9_R4 MN	9_R4 NO	9_R4 OP	9_R4 PA	12	5	7	1-8	9-14	3.9	8.8	13 bouten	6	
	RING 3	9_R3 A-2-3	9_R3 B-9-10	9_R3 C-2-9	9_R3 D	9_R3 E	9_R3 F-6	9_R3 G	9_R3 H-11	9_R3 J-4	9_R3 K-9	9_R3 L-3	9_R3 M	9_R3 N-9-12	9_R3 O-5-8	9_R3 P-1-5-9-10	20	10	10	1-8	9-14	7.8	12.5				
	RING 2	9_R2 AB-13	9_R2 BC-6	9_R2 CD-3-3	9_R2 DE-6	9_R2 EF-1-2	9_R2 FG-6-7-11-13	9_R2 GH-3-11-13	9_R2 HI-3-6	9_R2 J-2	9_R2 JK	9_R2 KL-11	9_R2 LM-4-7-8-12	9_R2 MN-2-9	9_R2 NO-1	9_R2 OP	9_R2 PA	28	20	8	1-8	9-14	15.6	10.0			
	RING 1	9_R1 A	9_R1 B	9_R1 C-11-12	9_R1 D-9	9_R1 E	9_R1 F-10	9_R1 G-10	9_R1 H	9_R1 I	9_R1 J	9_R1 K	9_R1 L	9_R1 M-2-4-9-10-12	9_R1 N	9_R1 O-11	9_R1 P-9	12	2	10	1-8	9-14	1.6	12.5			
8	RING 4	8_R4 AB	8_R4 BC	8_R4 CD	8_R4 DE	8_R4 EF-3-8	8_R4 FG-1-2	8_R4 GH-13	8_R4 HI-3	8_R4 J	8_R4 JK	8_R4 KL	8_R4 LM	8_R4 MN-7	8_R4 NO	8_R4 OP-12	8_R4 PA	8	6	2	1-8	9-14	4.7	2.5	13 bouten	5	
	RING 3	8_R3 A-2-3-6-9	8_R3 B-4-9-10	8_R3 C-4-5-7-11-13	8_R3 D-2-3-5-6-7-9	8_R3 E-2-3-4-5-6-7-8	8_R3 F-2-3-4-6-8-10	8_R3 G-1-3	8_R3 H-2-5-6-7	8_R3 J-1-3-5-6-7-8	8_R3 K-1-2-3-4	8_R3 L-6-7-8	8_R3 M	8_R3 N	8_R3 O	8_R3 P	51	44	7	1-8	9-14	34.4	8.8				
	RING 2	8_R2 AB	8_R2 BC-11	8_R2 CD-5	8_R2 DE-6	8_R2 EF-1-3	8_R2 FG	8_R2 GH-6	8_R2 HI-2-7-8	8_R2 J-4-6	8_R2 JK-2-3-4-5-6-7	8_R2 KL-1-2-6-8-11	8_R2 LM-1-2-4-5-6	8_R2 MN-3-4-5-6-8	8_R2 NO-2	8_R2 OP-3-6	8_R2 PA	40	36	4	1-8	9-14	28.1	5.0			
	RING 1	8_R1 A	8_R1 B	8_R1 C	8_R1 D-10	8_R1 E	8_R1 F	8_R1 G	8_R1 H	8_R1 I	8_R1 J	8_R1 K	8_R1 L	8_R1 M	8_R1 N	8_R1 O	8_R1 P	1	1	1	1-8	9-14	0.0	1.3			
7	RING 4	7_R4 AB	7_R4 BC-3	7_R4 CD	7_R4 DE	7_R4 EF-13	7_R4 FG	7_R4 GH-10	7_R4 HI	7_R4 J-12	7_R4 JK-5	7_R4 KL	7_R4 LM-6	7_R4 MN	7_R4 NO-8	7_R4 OP-2-12	7_R4 PA	11	7	4	1-8	9-14	5.5	5.0	14 bouten	4	
	RING 3	7_R3 A-2-13	7_R3 B																								

 Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 05
	Structural check	Datum : 04-02-2022 Pagina : 153

16.1 Conclusies t.a.v. inspectie INFRATECHNIEK

Uit de inspectie komt naar voren dat er relatief iets meer bouten in horizontale delingen beschadigd of gebroken zijn dan in verticale delingen. Horizontaal zijn er maximaal 34.4% van de bouten van de bouten gebroken of beschadigd, dat zijn er onacceptabel veel. Verticaal er maximaal 32.5% van de bouten gebroken of beschadigd, ook dat is onacceptabel. Uit de inspectie van INFRATECHNIEK blijkt dat circa 1084 bouten vervangen moeten worden, in totaal kent alleen de buitenwand 13728 boutdelingen. In de tabel is de heersende windrichting bijvoorbeeld niet terug te vinden in het schadebeeld, daaruit is te concluderen dat wind niet de drijvende oorzaak is voor afbreken/beschadigen van de bouten.

 Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 05
	Structural check	Datum : 04-02-2022 Pagina : 154

17 Analyse op basis van rapportage NEBEST t.a.v. stabiliteit buitenwand (knik/plooi)

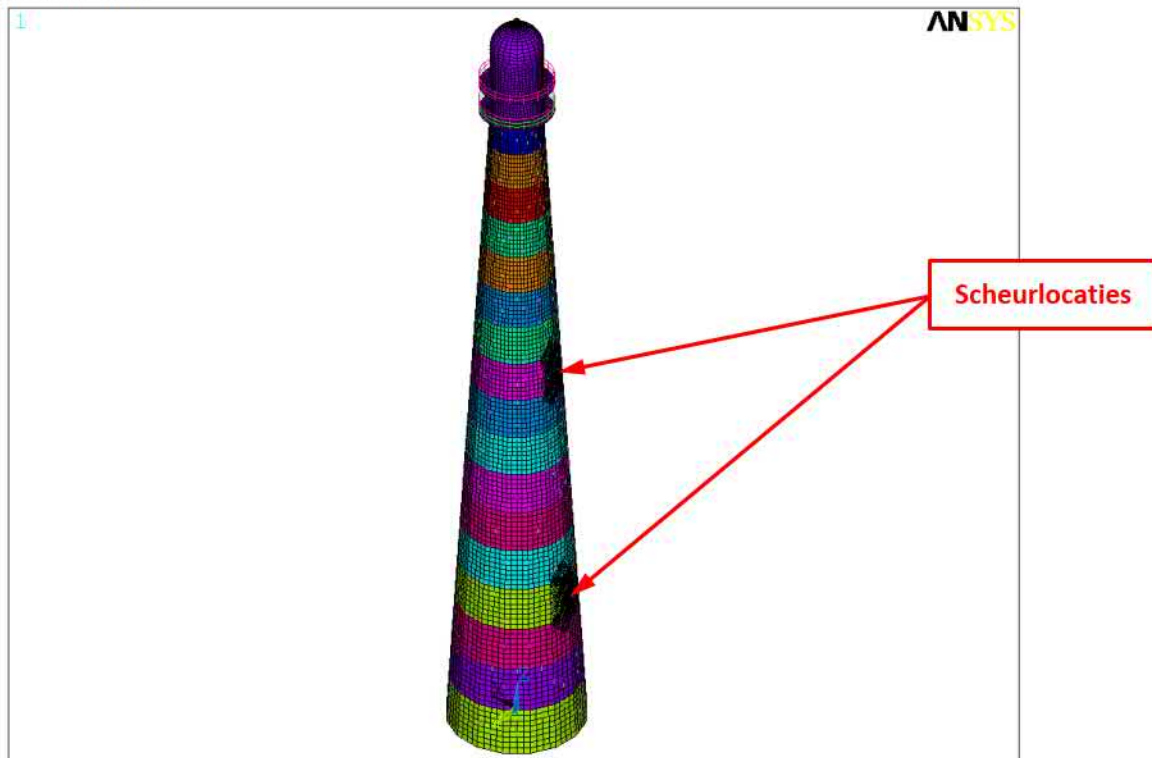
Op basis van de rapportage van NEBEST (42212 Fotobijlage Kritische scheuren Lange Jaap.pdf) en overleg met ██████████ (RWS) en ██████████ (Gemeente Rotterdam, ingenieursbureau) zijn er 3 analyses op 2 verschillende verdiepingen uitgevoerd. De scheuren zijn aangebracht als een 10 mm brede spleet in het door wind (extra) op druk belaste gedeelte van het globale model.

Model A losliggende vloeren met scheur tussen verdieping 3 en 4 over 1 paneel
 Model B losliggende vloeren met scheur tussen verdieping 3 en 4 over 2 panelen
 Model C losliggende vloeren met scheur tussen verdieping 3 en 4 over 4 panelen

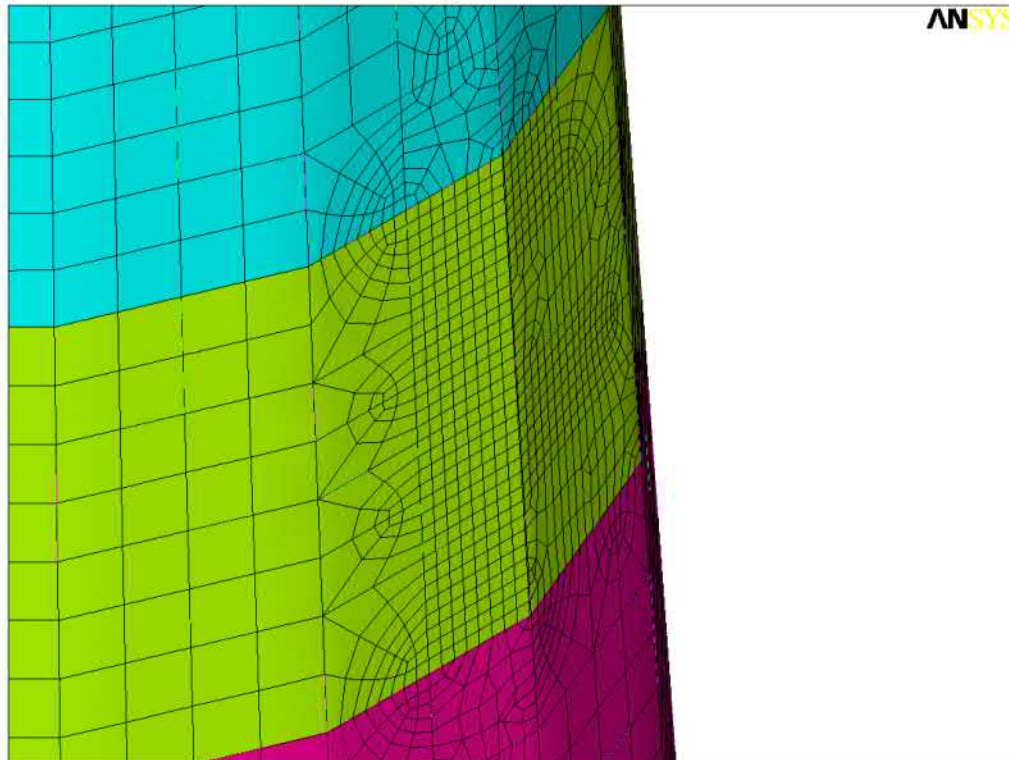
Model D losliggende vloeren met scheur tussen verdieping 9 en 10 over 1 paneel
 Model E losliggende vloeren met scheur tussen verdieping 9 en 10 over 2 panelen
 Model F losliggende vloeren met scheur tussen verdieping 9 en 10 over 4 panelen

De resultaten zijn in dit hierna weergegeven.

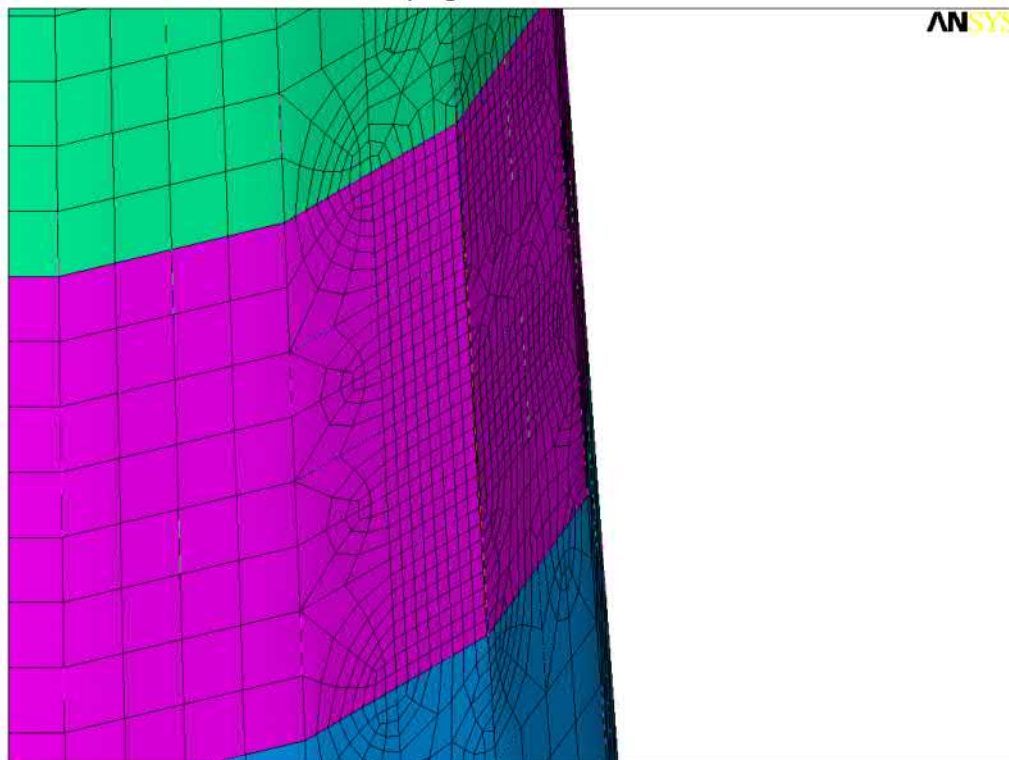
Basismodel:



Detail scheurlocatie tussen verdieping 3 en 4




Detail scheurlocatie tussen verdieping 9 en 10



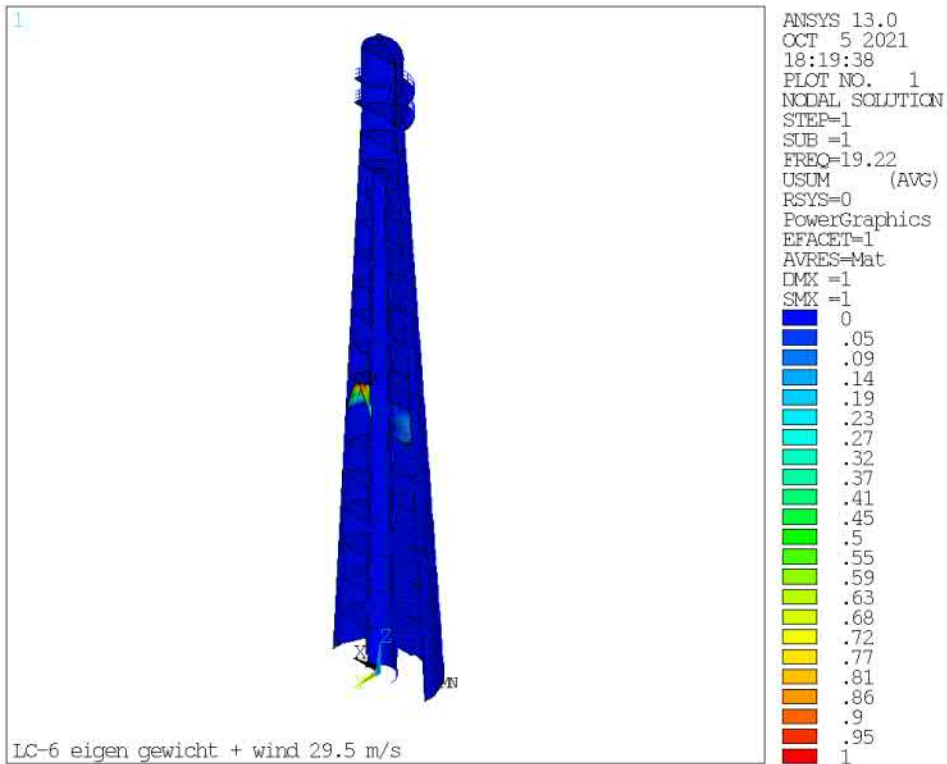
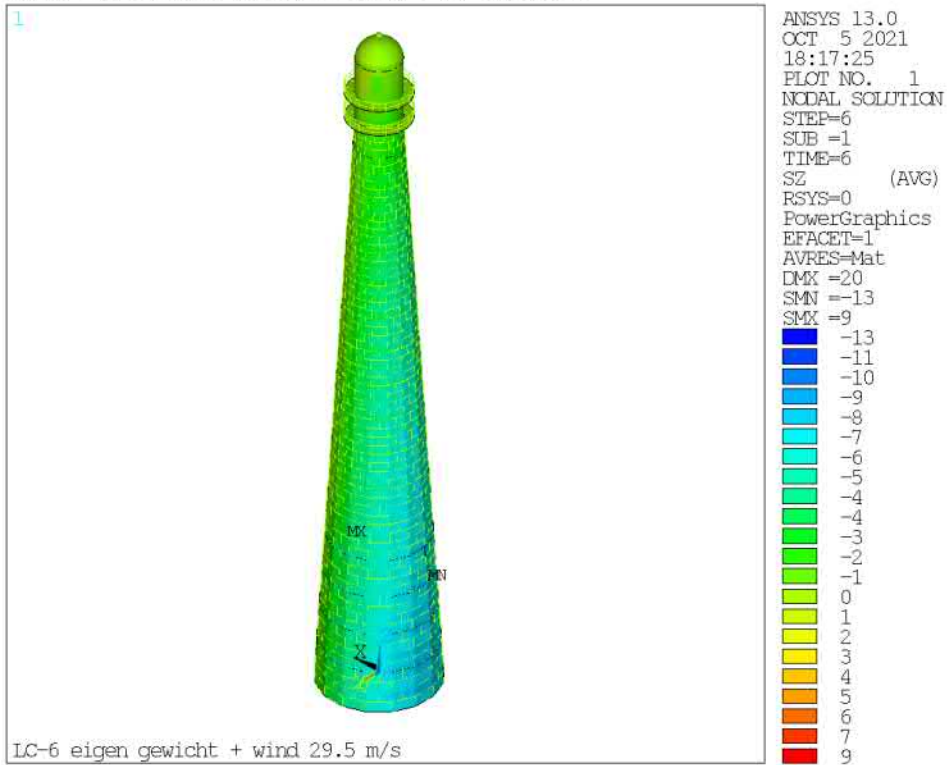
17.1 Tabel met berekende n-waardes

	scheur tussen verdieping 3 en 4			scheur tussen verdieping 9 en 10		
	Model A verticale scheur over 1 paneel	Model B verticale scheur over 2 panelen	Model C verticale scheur over 4 panelen	Model D verticale scheur over 1 paneel	Model E verticale scheur over 2 panelen	Model F verticale scheur over 4 panelen
1	19.223	16.485	8.499	19.217	19.212	15.523
2	20.705	19.216	10.668	20.689	20.680	17.753
3	22.395	19.442	11.765	22.394	22.394	19.178
4	23.004	20.704	14.762	23.025	23.024	19.371
5	23.315	22.395	19.221	23.314	23.312	20.672
6	23.725	23.019	19.317	23.733	23.735	22.395
7	24.843	23.316	20.700	24.794	24.537	22.761
8	26.512	23.740	22.393	26.482	24.773	22.994
9	26.674	24.851	23.075	26.512	26.348	23.417
10	26.732	26.513	23.312	26.677	26.512	23.631

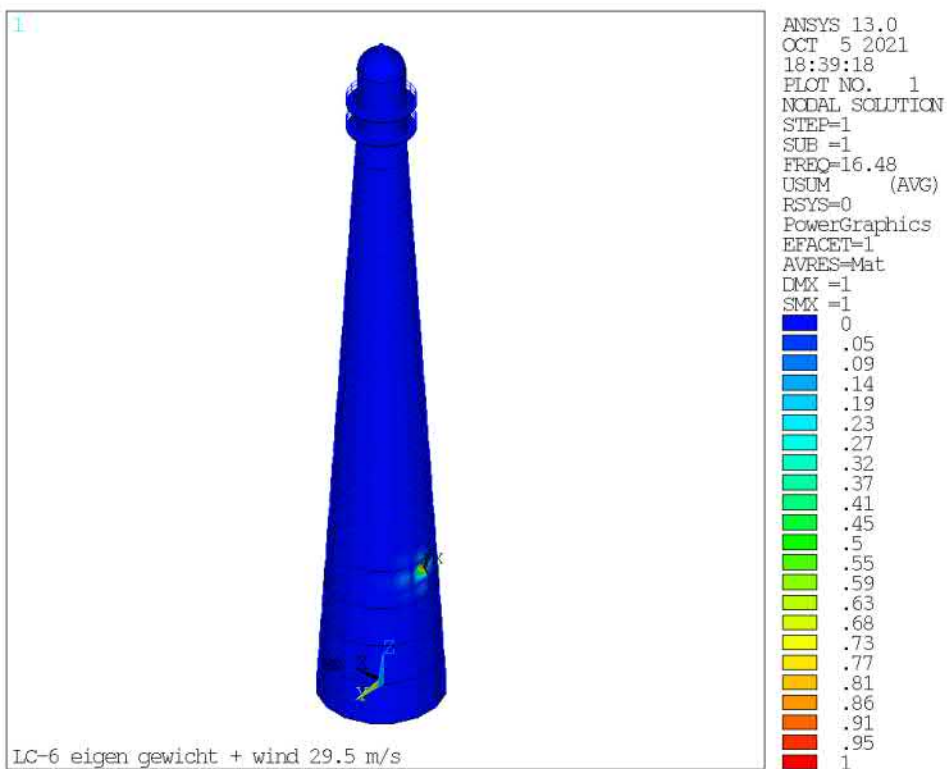
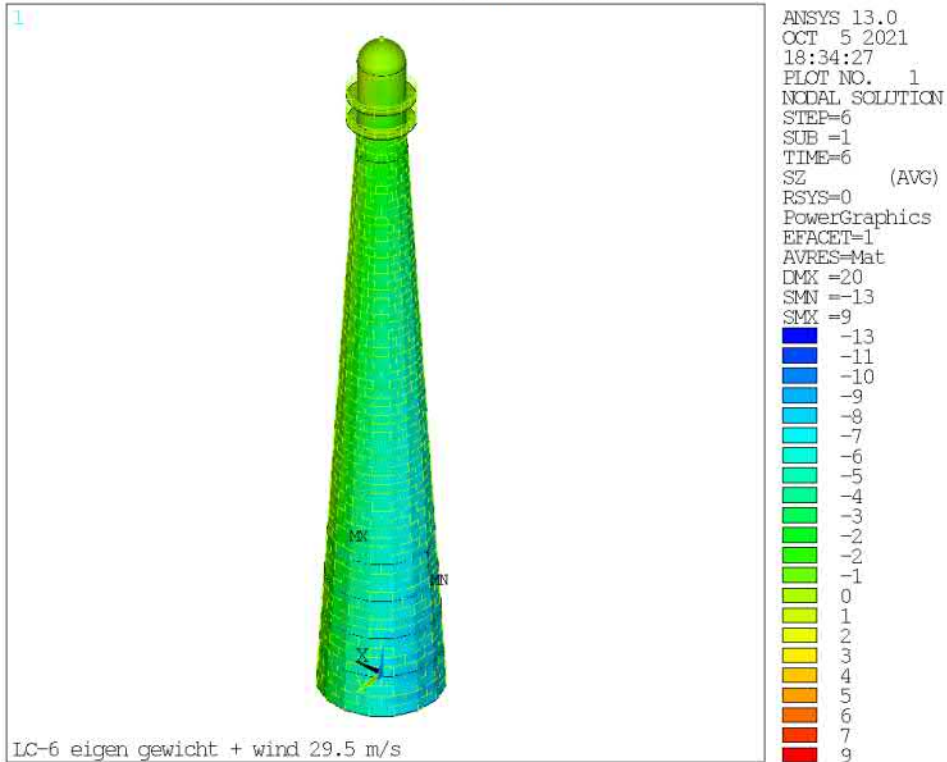
 Plooi t.p.v. aangebrachte spleet

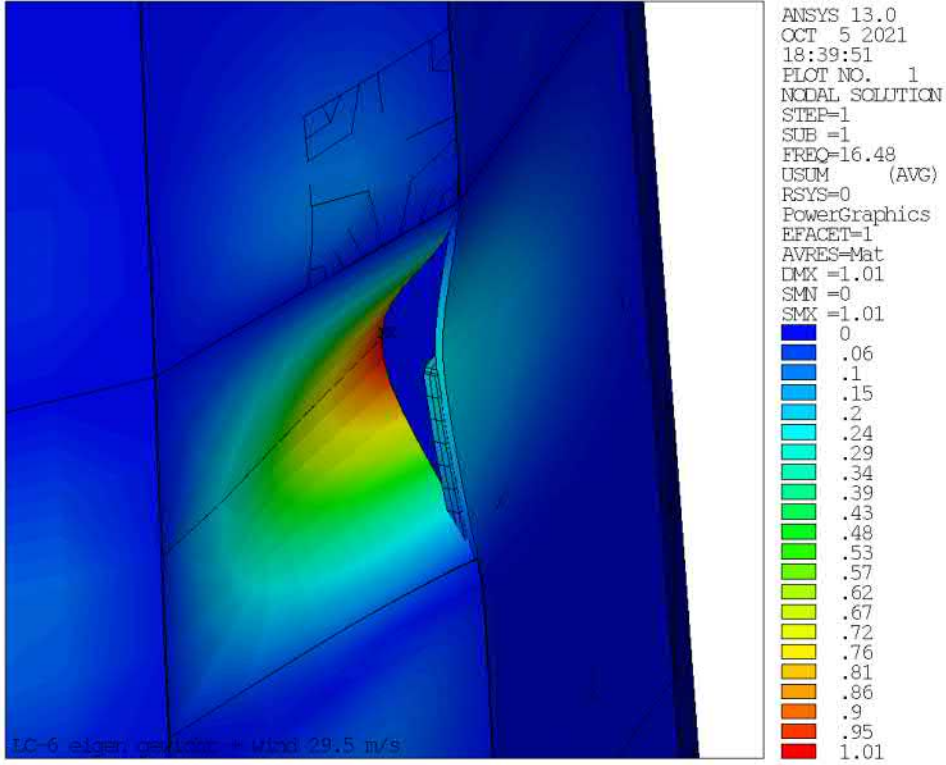
17.2 scheur tussen verdieping 3 en 4

17.2.1 Model A verticale scheur over 1 paneel

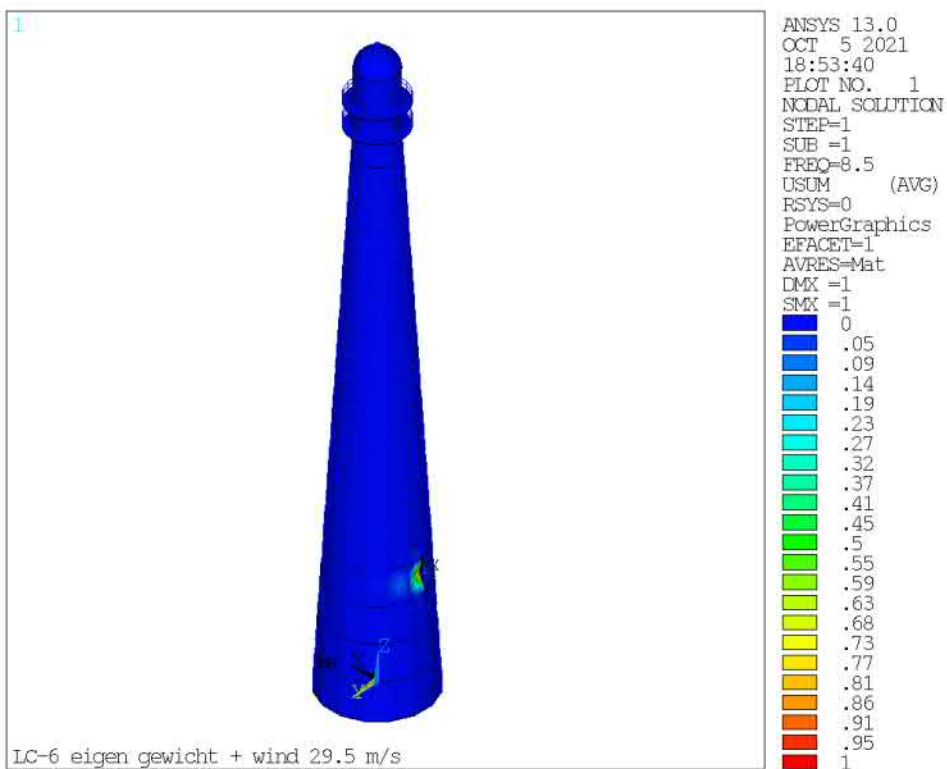
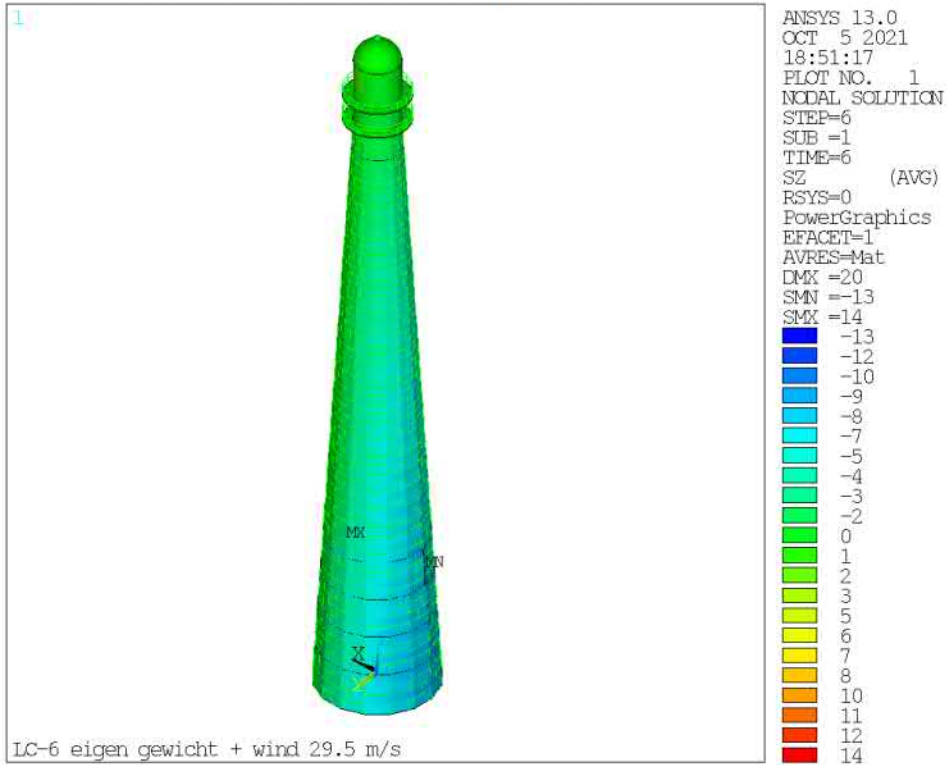


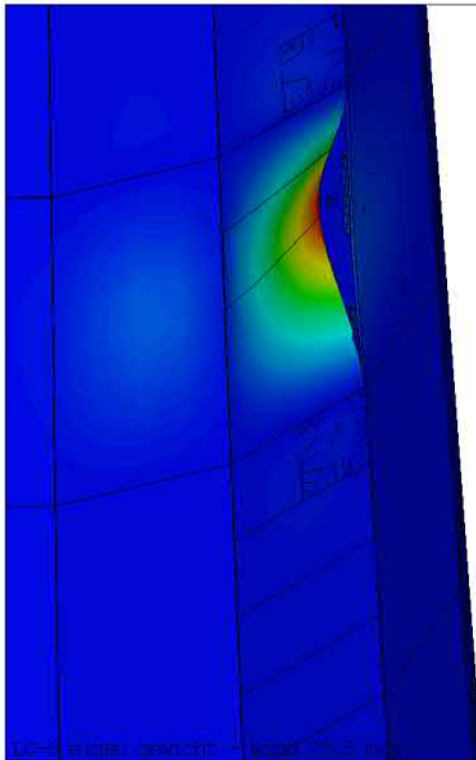
17.2.2 Model B verticale scheur over 2 panelen



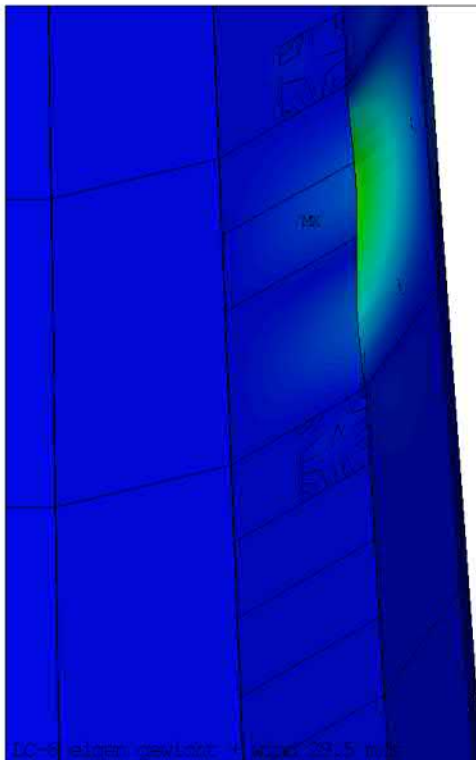


17.2.3 Model C verticale scheur over 4 panelen





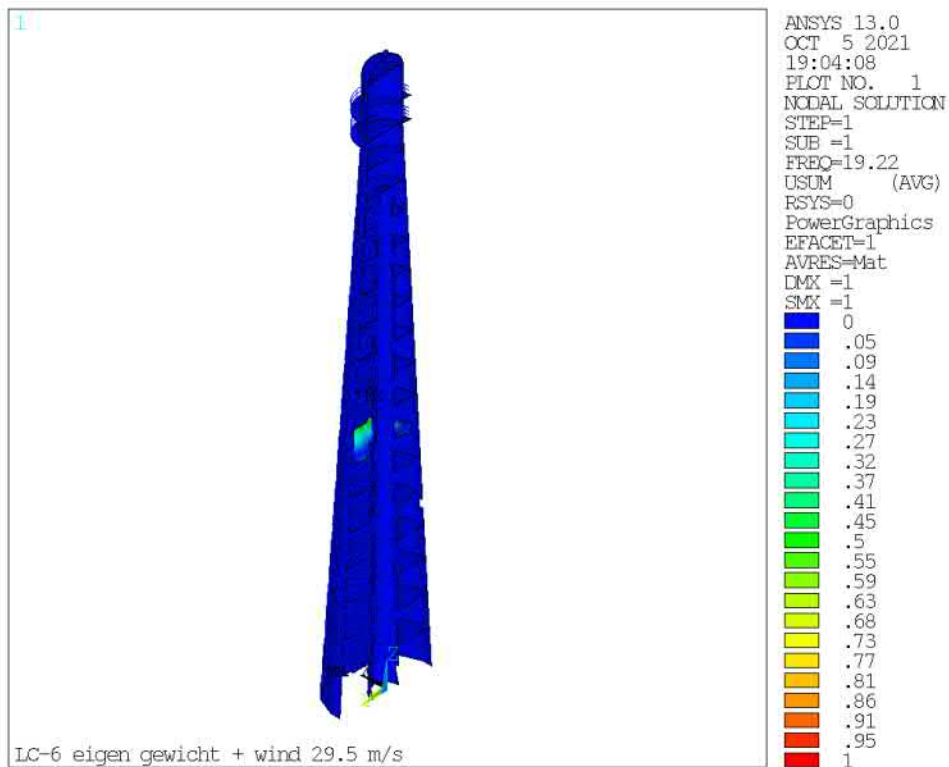
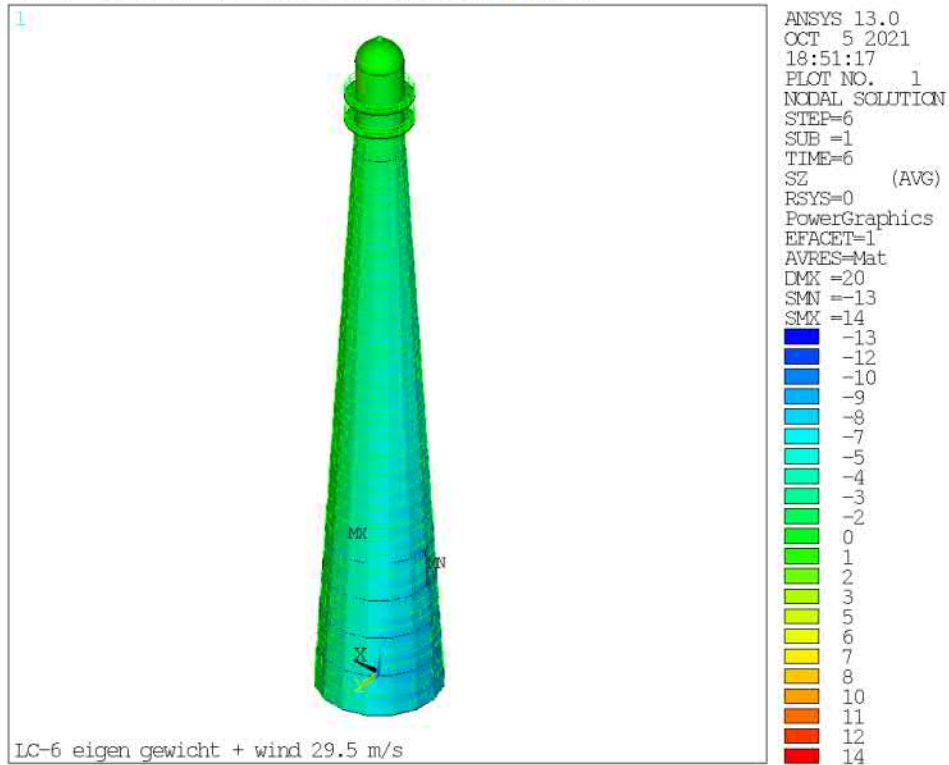
ANSYS 13.0
OCT 5 2021
18:54:04
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =1
FREQ=8.5
USUM (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =1
SMN =0
SMX =1
0
.05
.1
.15
.2
.24
.29
.34
.38
.43
.48
.52
.57
.62
.67
.71
.76
.81
.85
.9
.95
1



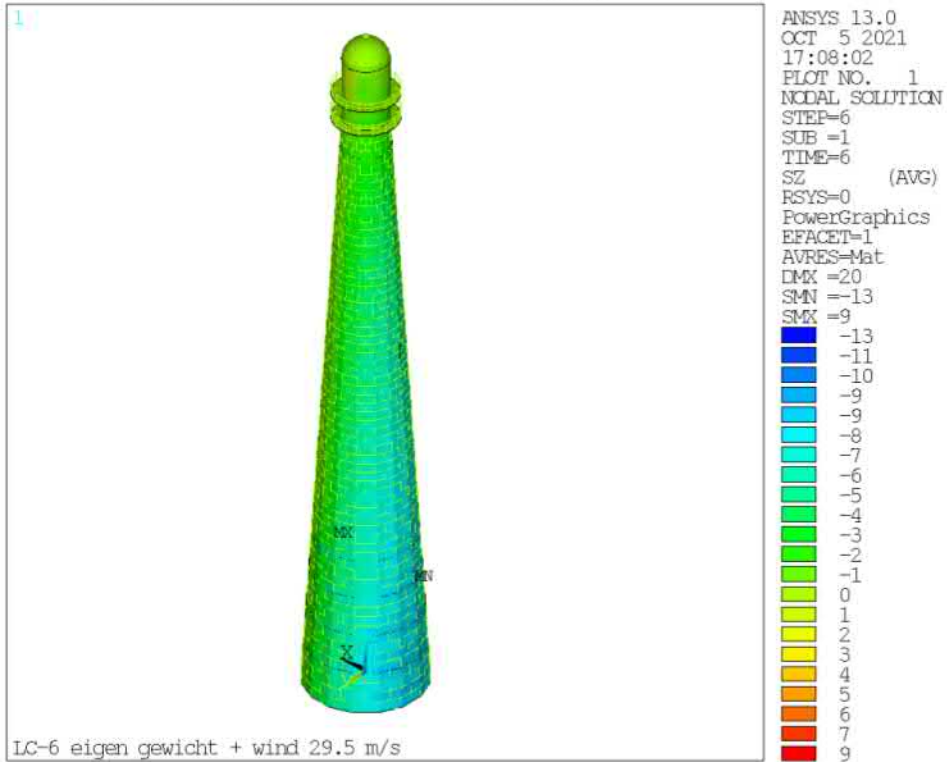
ANSYS 13.0
OCT 5 2021
18:54:20
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =2
FREQ=10.67
USUM (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =1.09
SMN =0
SMX =1.09
0
.06
.11
.16
.21
.26
.32
.37
.42
.47
.52
.57
.62
.67
.72
.78
.83
.88
.93
.98
1.03
1.09

17.3 scheur tussen verdieping 9 en 10

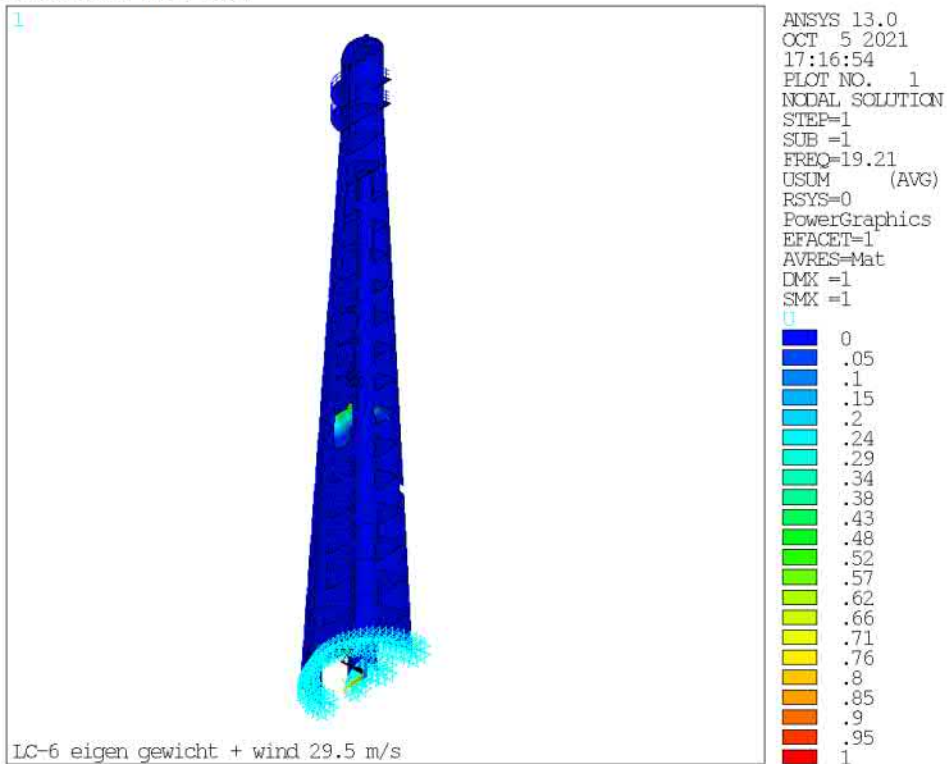
17.3.1 Model D verticale scheur over 1 paneel



17.3.2 Model E verticale scheur over 2 panelen



Buckling in vloerveld

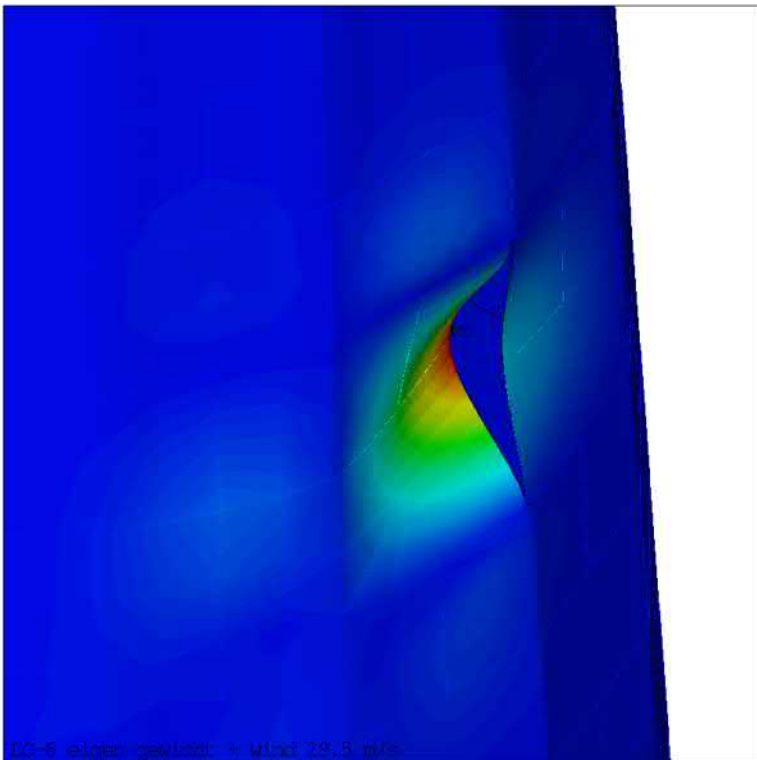


1.



ANSYS 13.0
OCT 5 2021
17:18:02
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =3
FREQ=22.39
USUM (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =1
SMX =1
0
.05
.09
.14
.19
.23
.27
.32
.37
.41
.45
.5
.55
.59
.63
.68
.73
.77
.81
.86
.91
.95
1

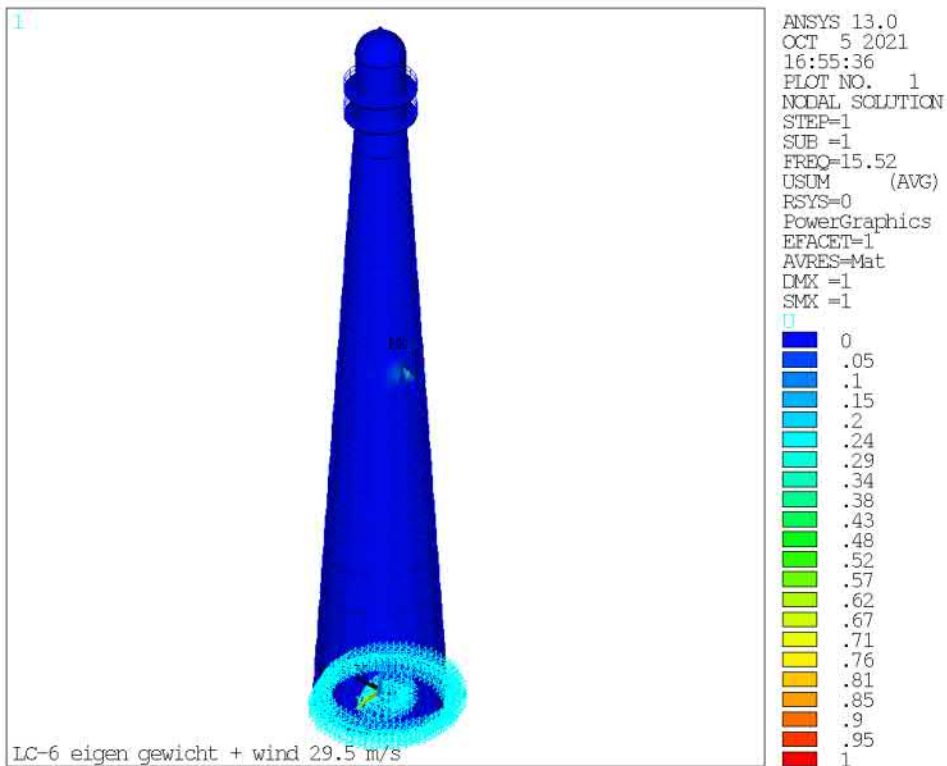
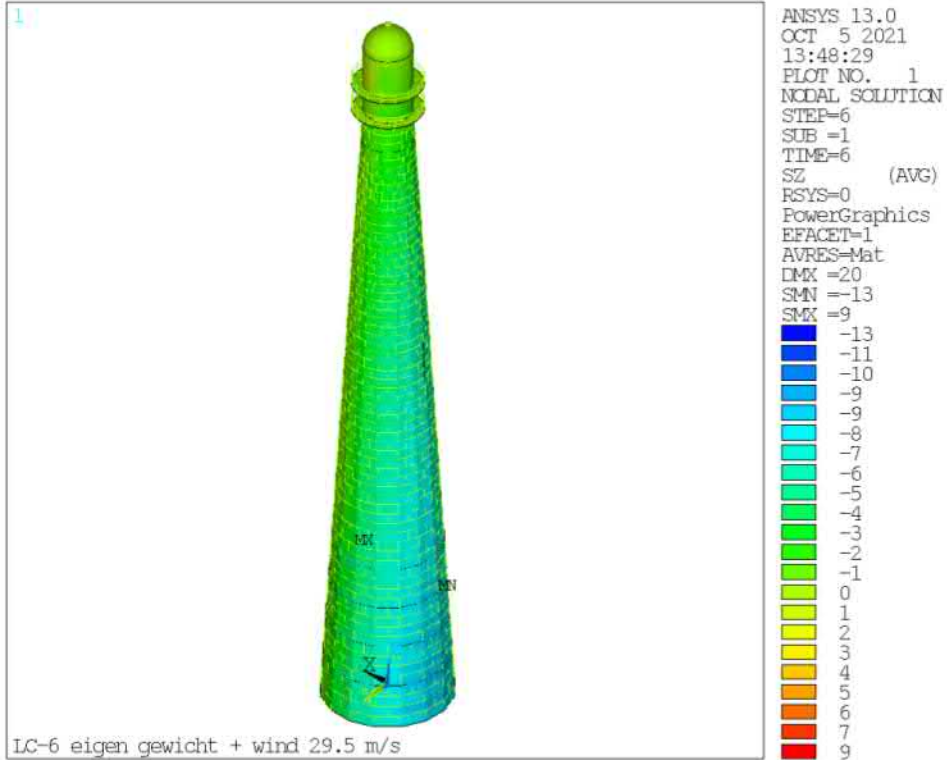
LC-6 eigen gewicht + wind 29.5 m/s

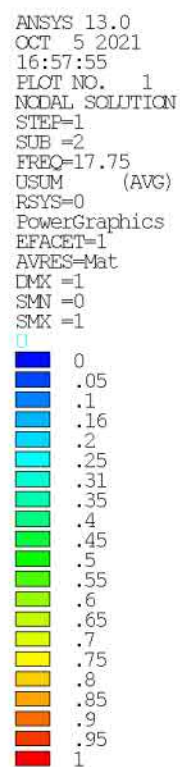
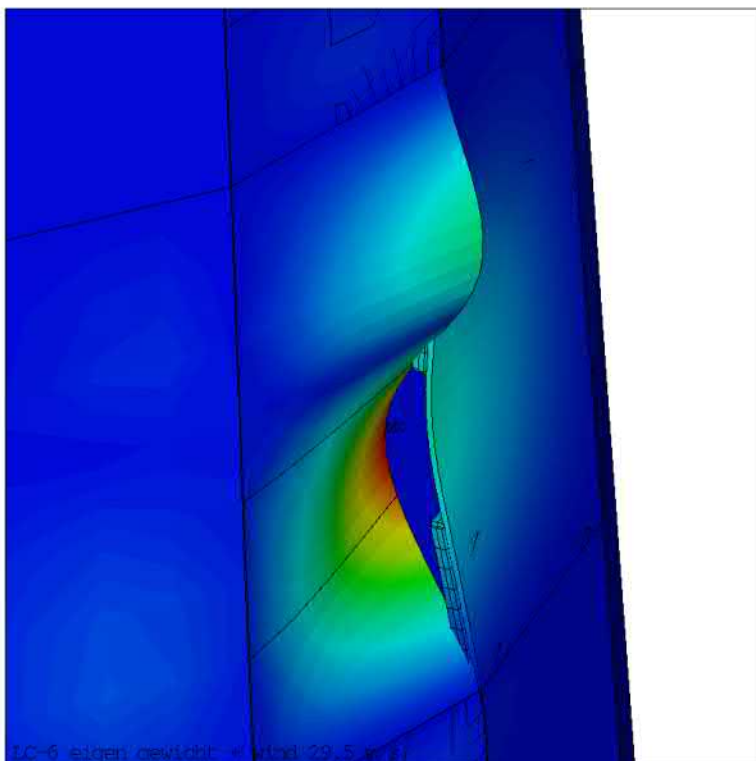
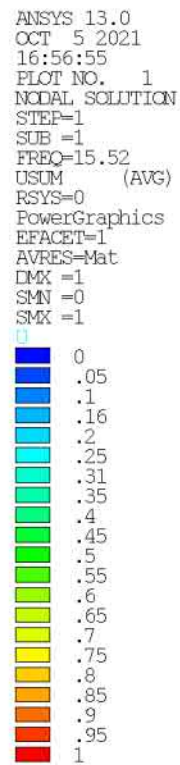
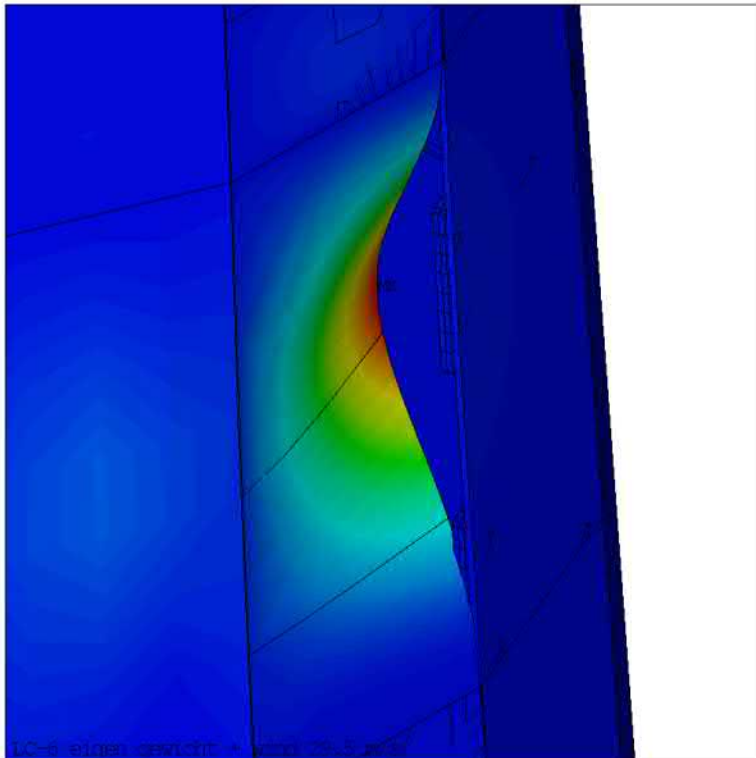


ANSYS 13.0
OCT 5 2021
17:18:58
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =7
FREQ=24.54
USUM (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =1
SMX =1
0
.05
.09
.14
.19
.23
.27
.32
.37
.41
.45
.5
.55
.59
.63
.68
.73
.77
.81
.86
.91
.95
1

LC-6 eigen gewicht + wind 29.5 m/s

17.3.3 Model F verticale scheur over 4 panelen



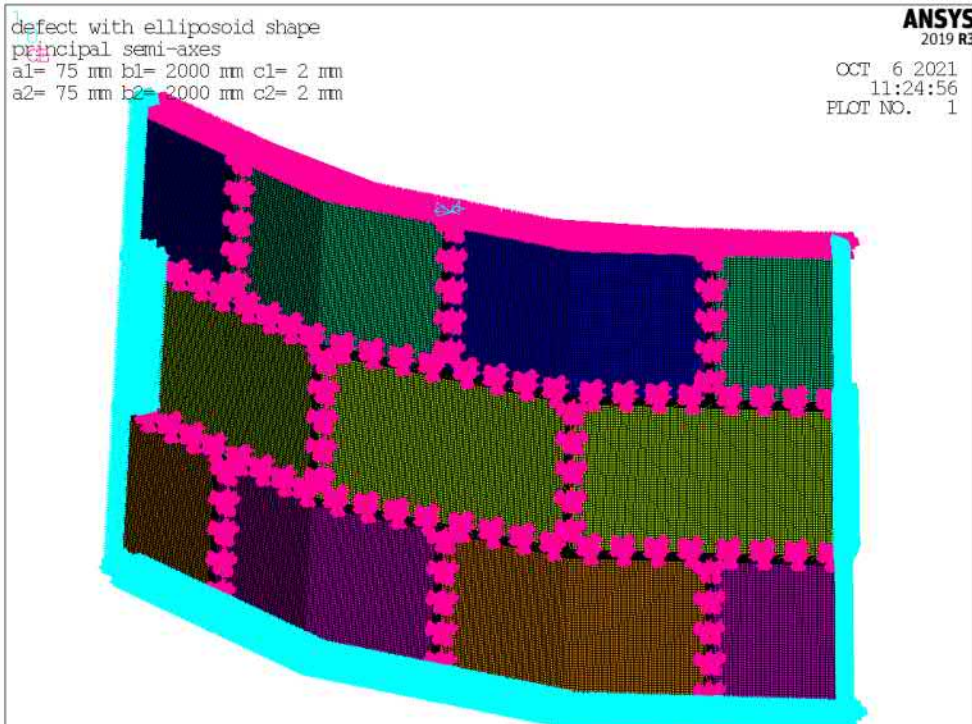


18 Detailmodel met 3 panelen over de hoogte, voor bekijken langere spleetlengtes

model

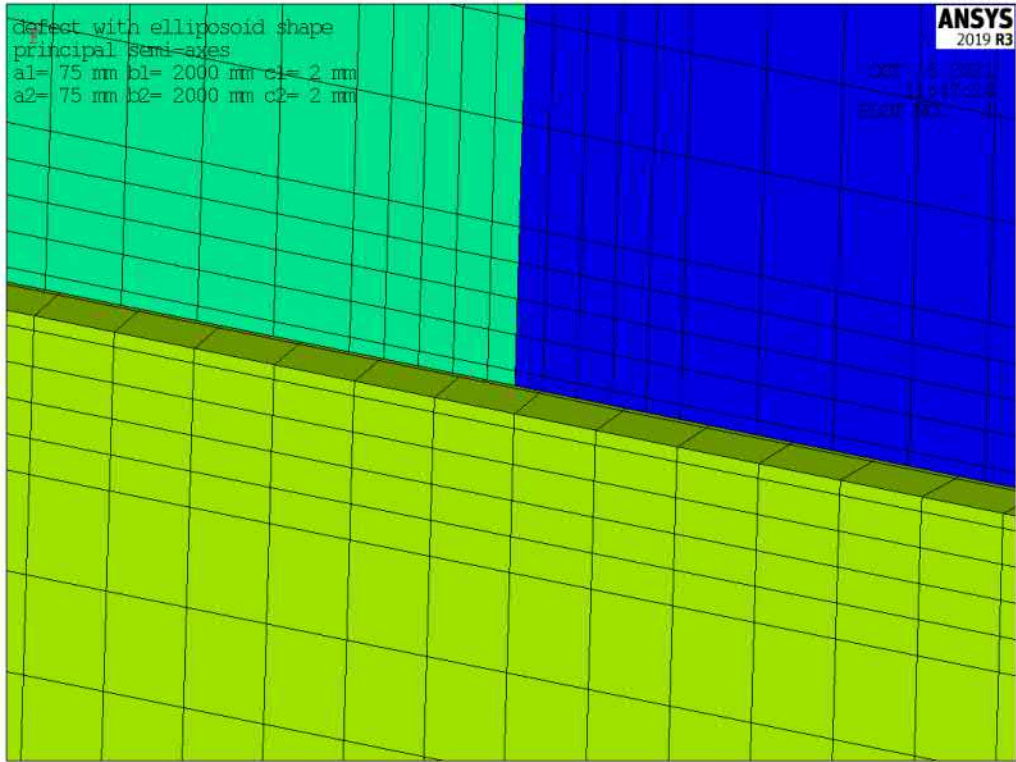


randvoorwaarden

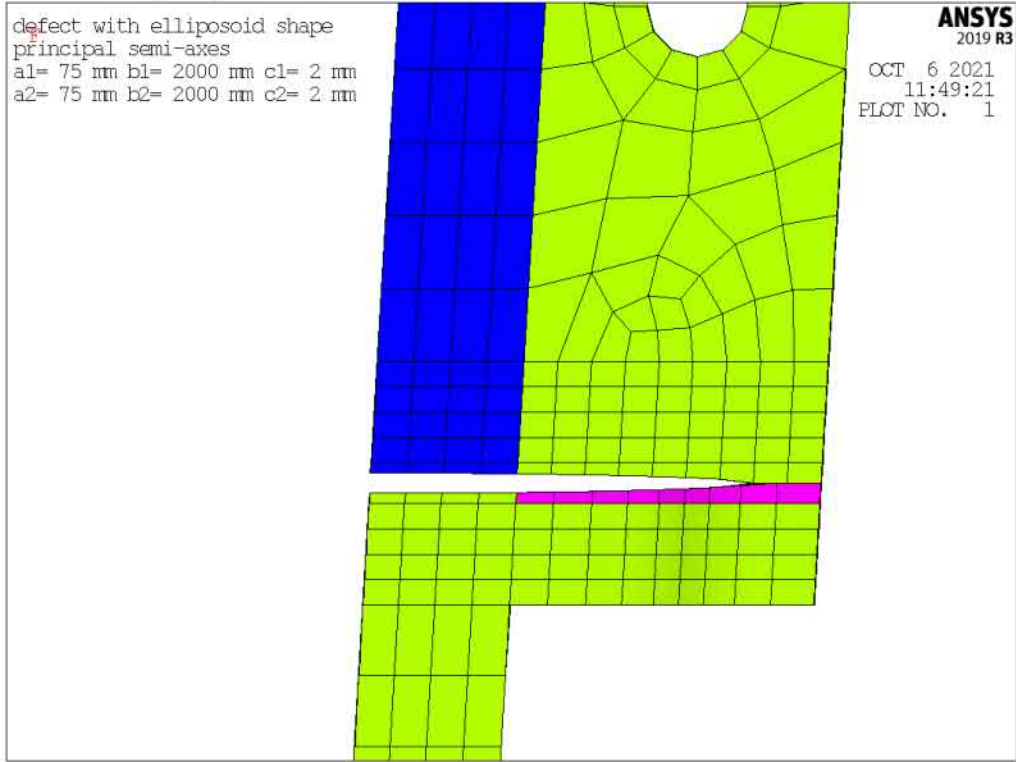


	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 05
	Structural check	Datum : 04-02-2022 Pagina : 168

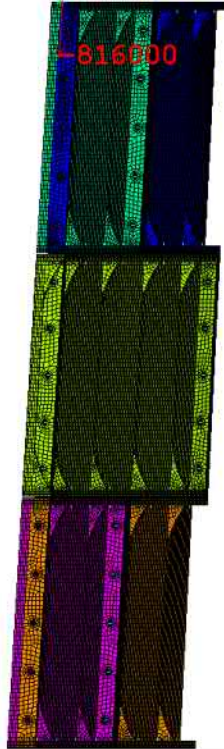
detail van gemodelleerde spleet tussen de flenzen



Doorsnede t.p.v. gemodelleerde spleet



defect with ellipsoid shape
principal semi-axes
a1= 75 mm b1= 2000 mm c1= 2 mm
a2= 75 mm b2= 2000 mm c2= 2 mm



ANSYS
2019 R3

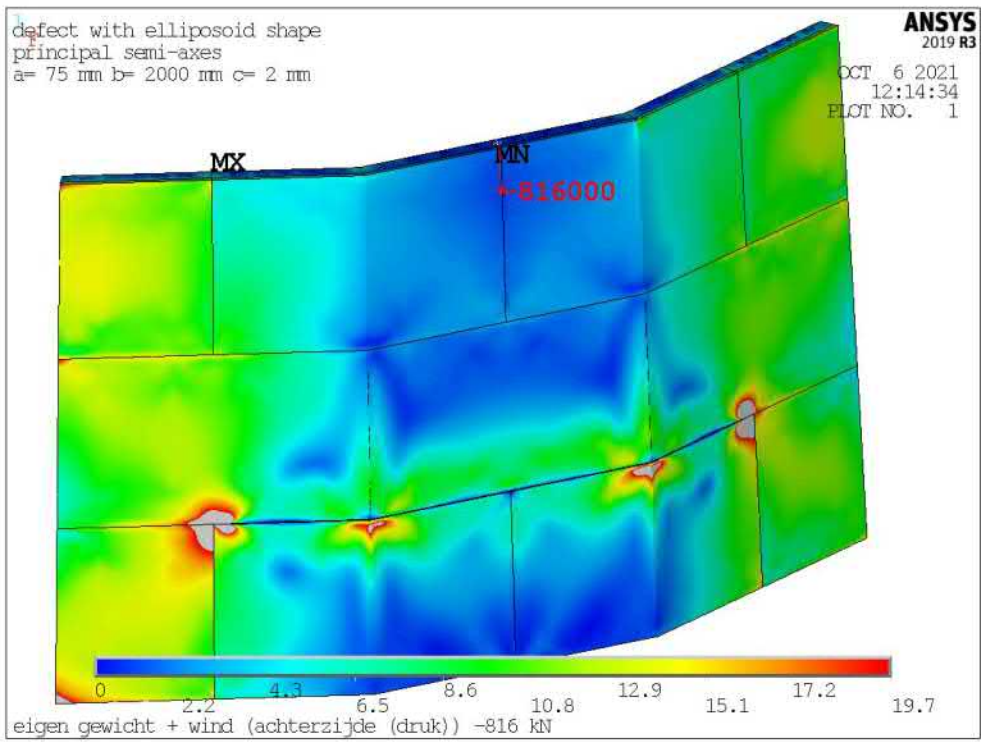
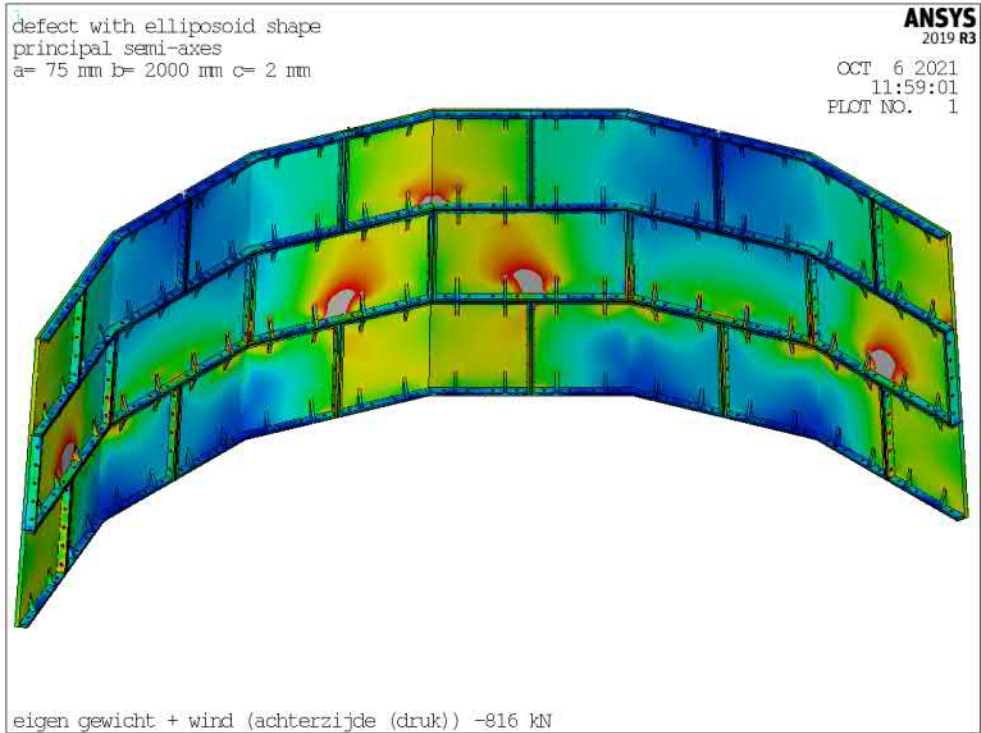
OCT 6 2021
11:51:33
PLOT NO. 1

	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 05
	Structural check	Datum : 04-02-2022 Pagina : 170

18.1 Model met 1 spleet (1 onder het middelste paneel)

18.1.1 Eigen gewicht + wind (achterzijde (druk))

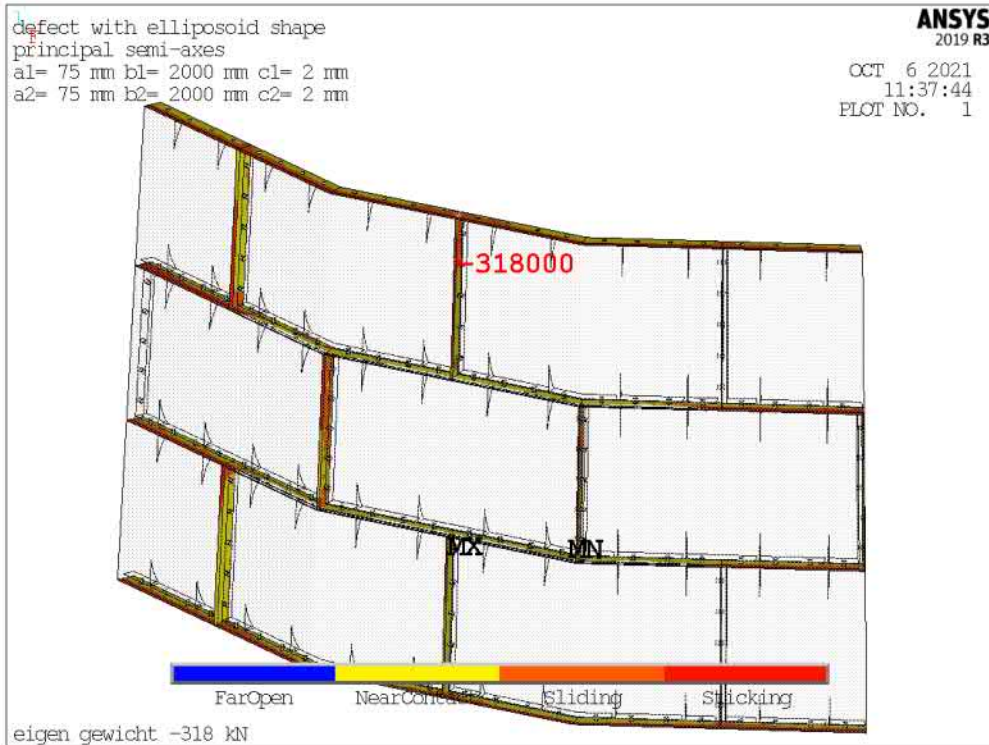
Resultaten in de onderstaande afbeelding zijn gespiegeld, test voor eventuele modellen met andere eigenschappen.



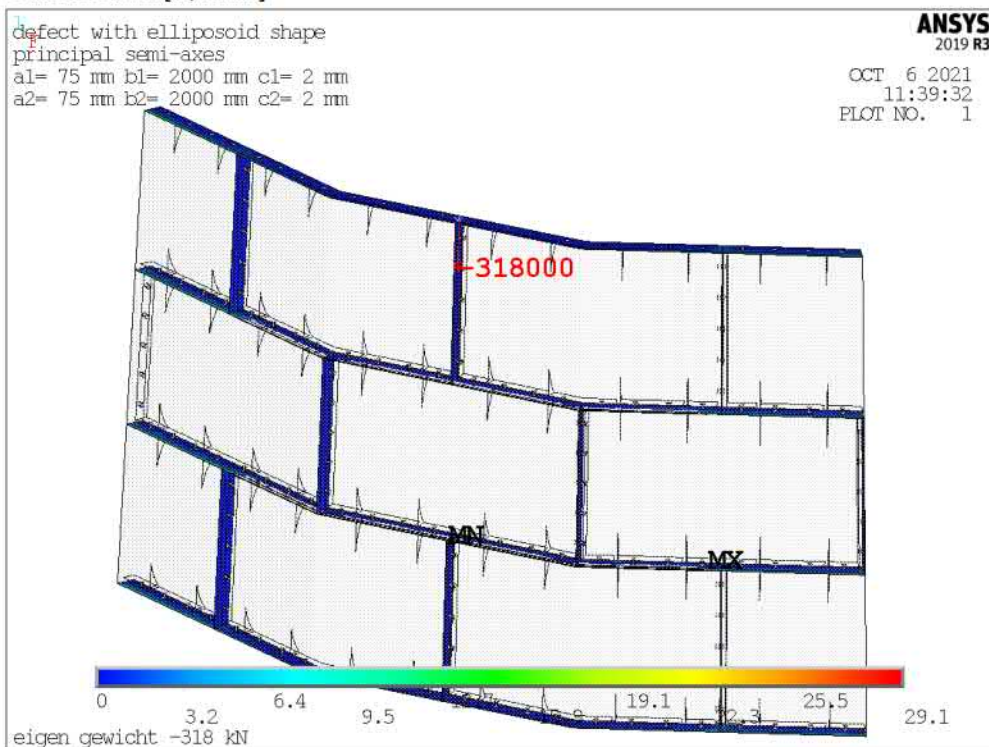
18.2 Model met 2 spleten (1 boven en 1 onder het middelste paneel)

18.2.1 Eigen gewicht

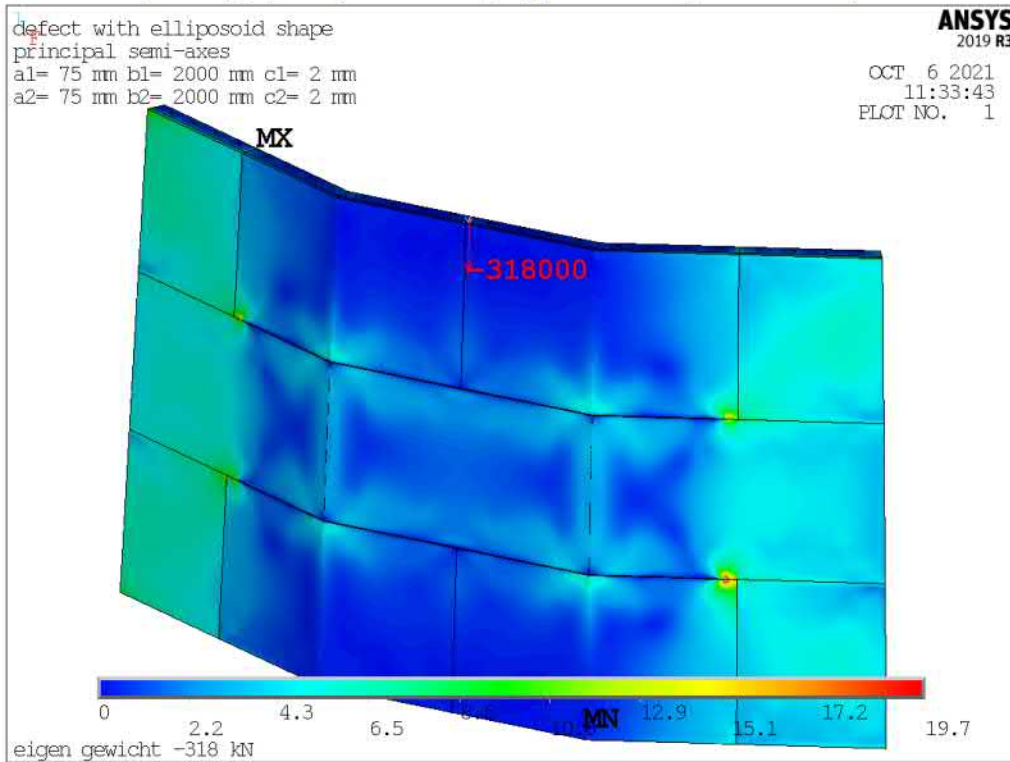
Contact status



Contact druk [N/mm²]



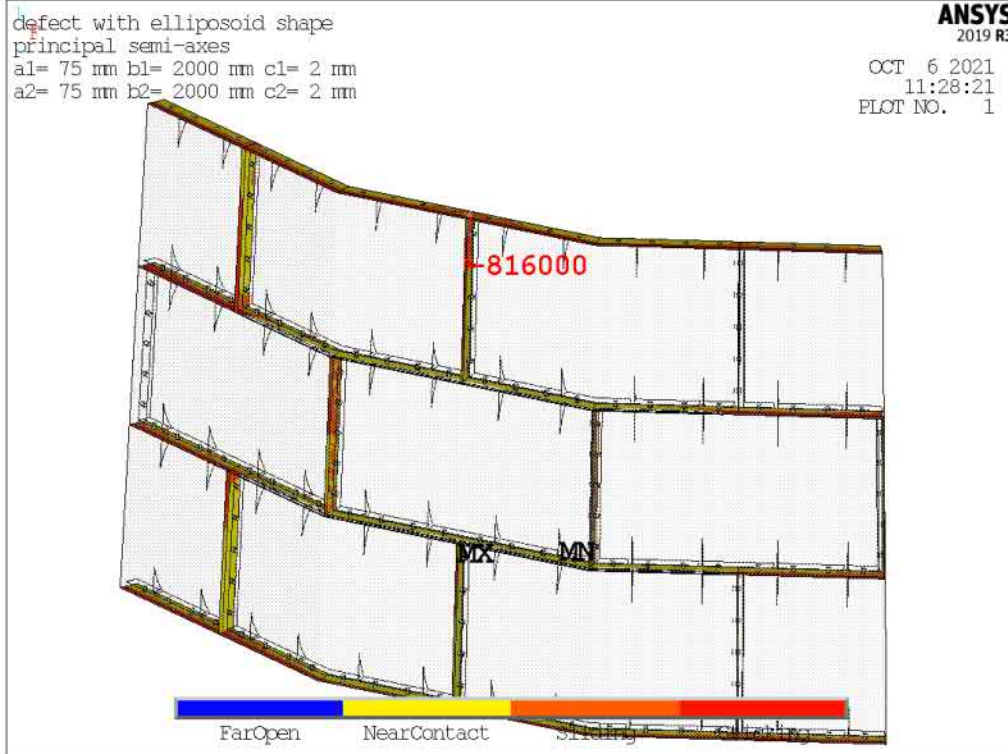
von Mises spanning [N/mm²] F = -106*3 [kN] (zie uitvoer globaal model)



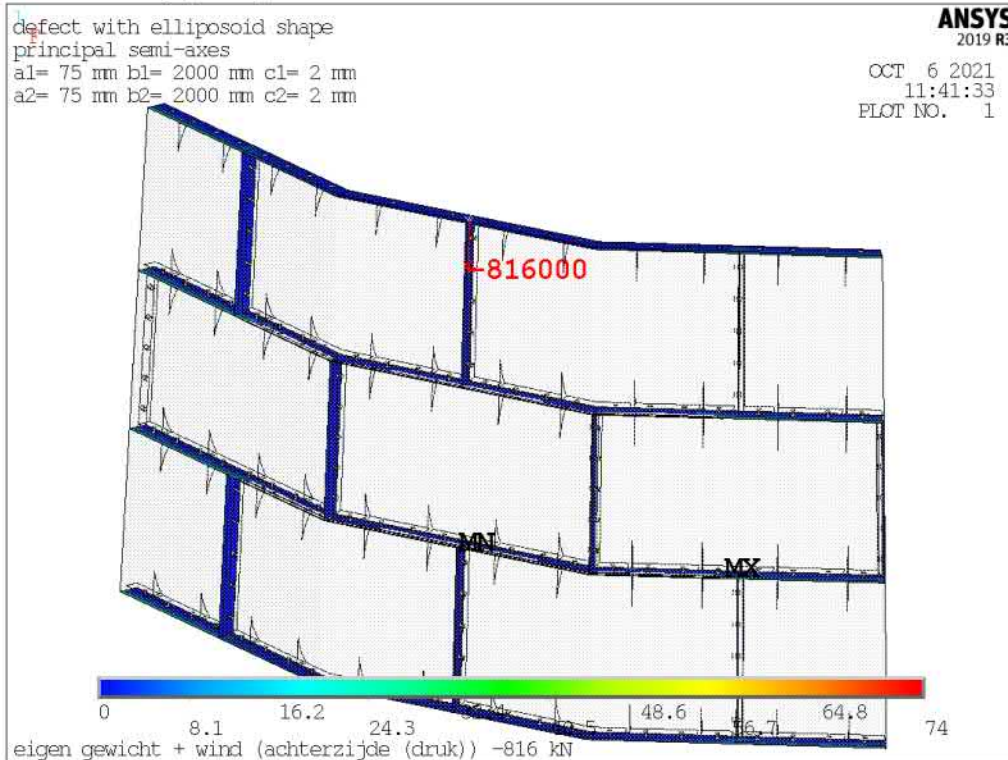
	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 05
	Structural check	Datum : 04-02-2022 Pagina : 173

18.2.2 Eigen gewicht + wind (achterzijde (druk))

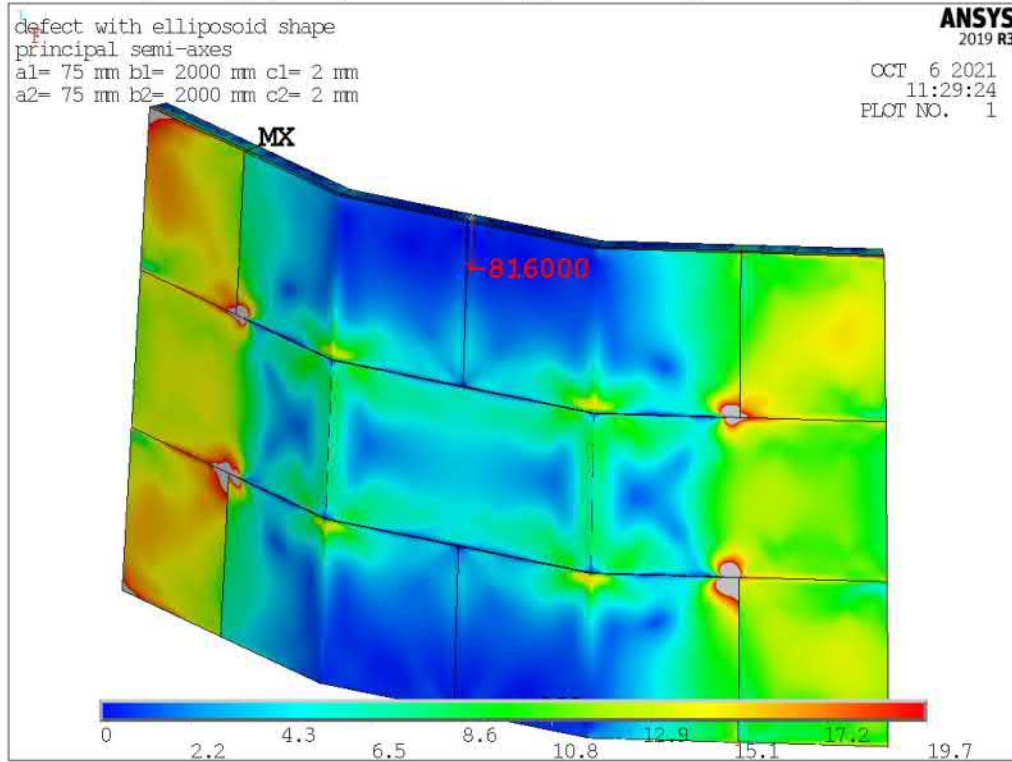
Contact status



Contact druk [N/mm²]



von Mises spanning [N/mm²] F = -272*3 [kN] (zie uitvoer globaal model)



 Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 05
	Structural check	Datum : 04-02-2022 Pagina : 175

19 Globaal model, met raam en deuropeningen + trapgaten.

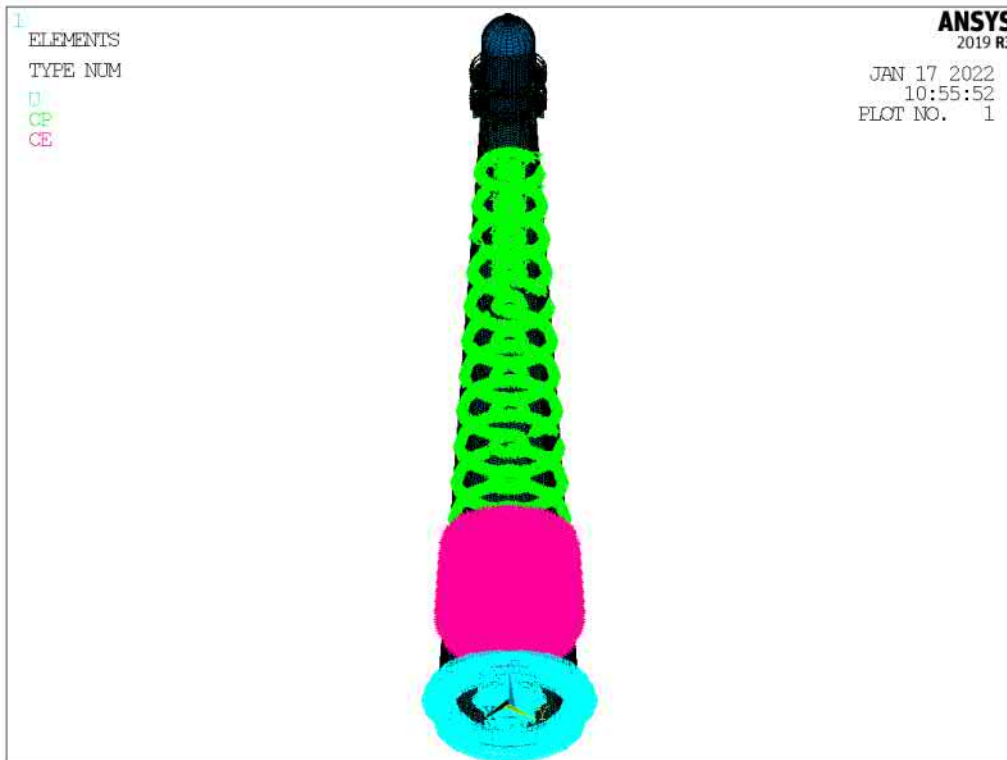
Overzicht modellen:

- 19.1 Referentiemodel zonder scheur, 11 vloeren scharnierend, laag 3 en 4 verfijnd (mesh 25-75 [mm]), met steunen
- 19.2 Globaal model, 11 vloeren scharnierend, met scheur over laag 3 en 4 (mesh 25-75 [mm]), met steunen
- 19.3 Globaal model, 11 vloeren scharnierend, met verticale scheur over 8 panelen met fijnere mesh (25mm) op laag 3 en 4 (invloed elementverfijning), met steunen
- 19.4 Globaal model, 15 Vloeren scharnierend, geen vooropening, met steunen
- 19.5 Globaal model, 15 Vloeren scharnierend, 25mm vooropening, model met verticale scheur over 1 paneel, laag 3 rij 4, mesh op laag 3 en 4 25 [mm], met steunen
- 19.6 Globaal model, 15 Vloeren scharnierend, geen vooropening, model met verticale scheur over 1 paneel, laag 3 rij 4, mesh op laag 3 en 4 25 [mm], met steunen
- 19.7 Globaal model, 15 vloeren scharnierend, 25mm vooropening, model met verticale scheur over 8 panelen, mesh laag 3 en 4 25 [mm], met steunen
- 19.8 Globaal model, 15 vloeren scharnierend, geen vooropening, model met verticale scheur over 8 panelen, mesh laag 3 en 4 25 [mm], zonder steunen
- 19.9 Globaal model, 15 Vloeren scharnierend, 25mm vooropening, model met verticale scheur over 8 panelen, mesh laag 3 en 4 25 [mm], zonder steunen

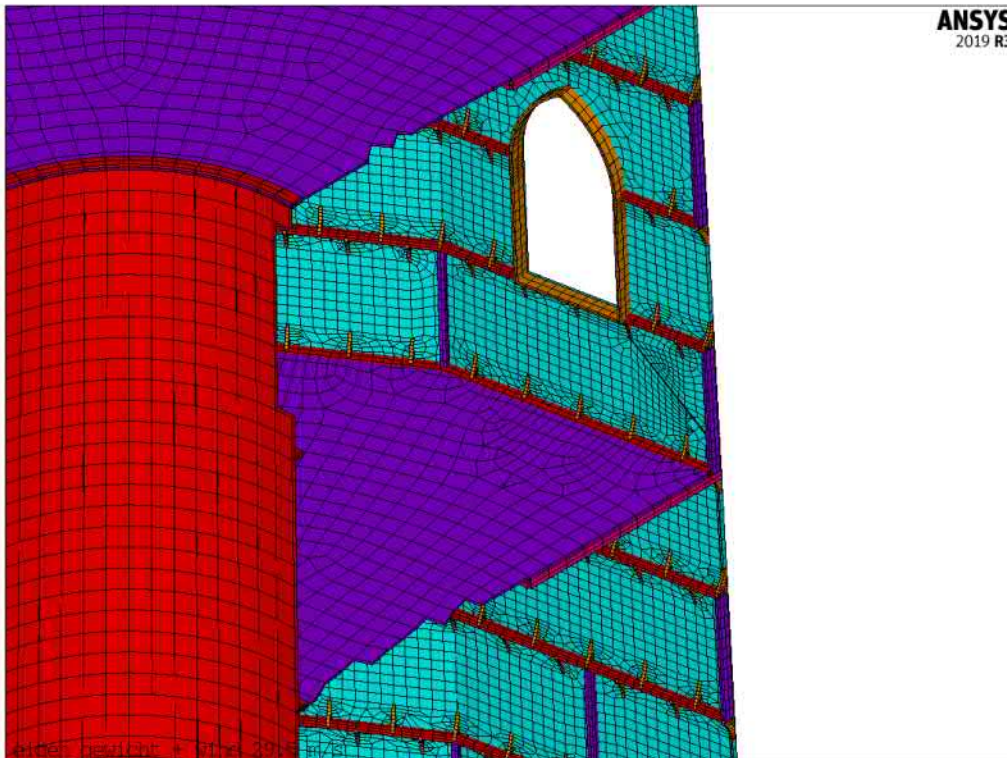
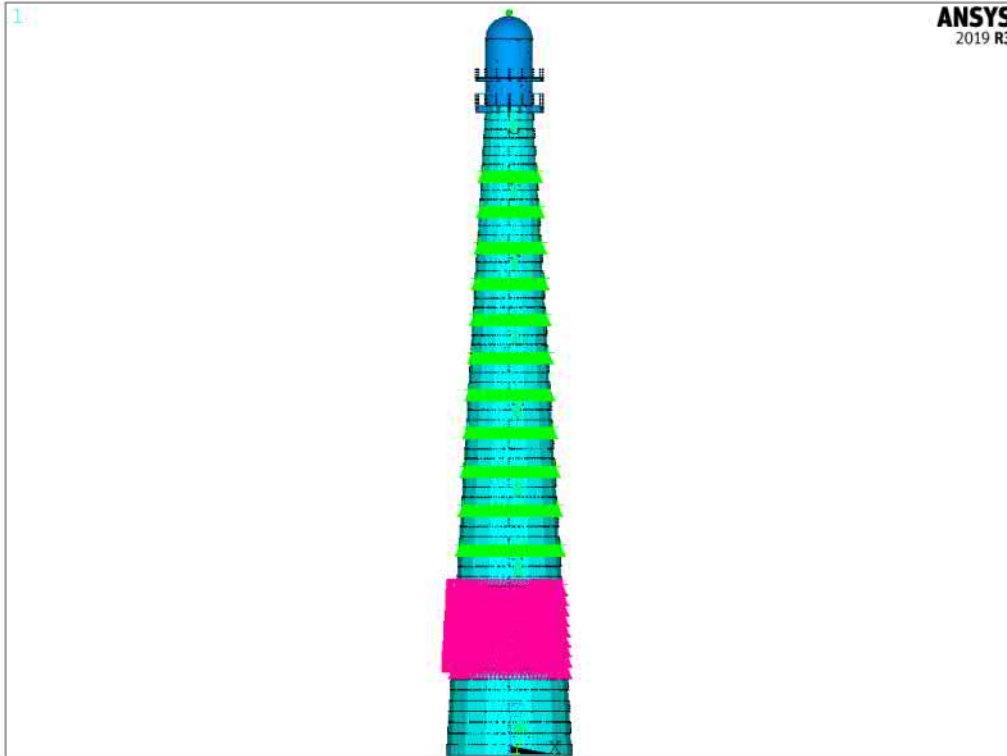
	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 05
	Structural check	Datum : 04-02-2022 Pagina : 176
Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com		

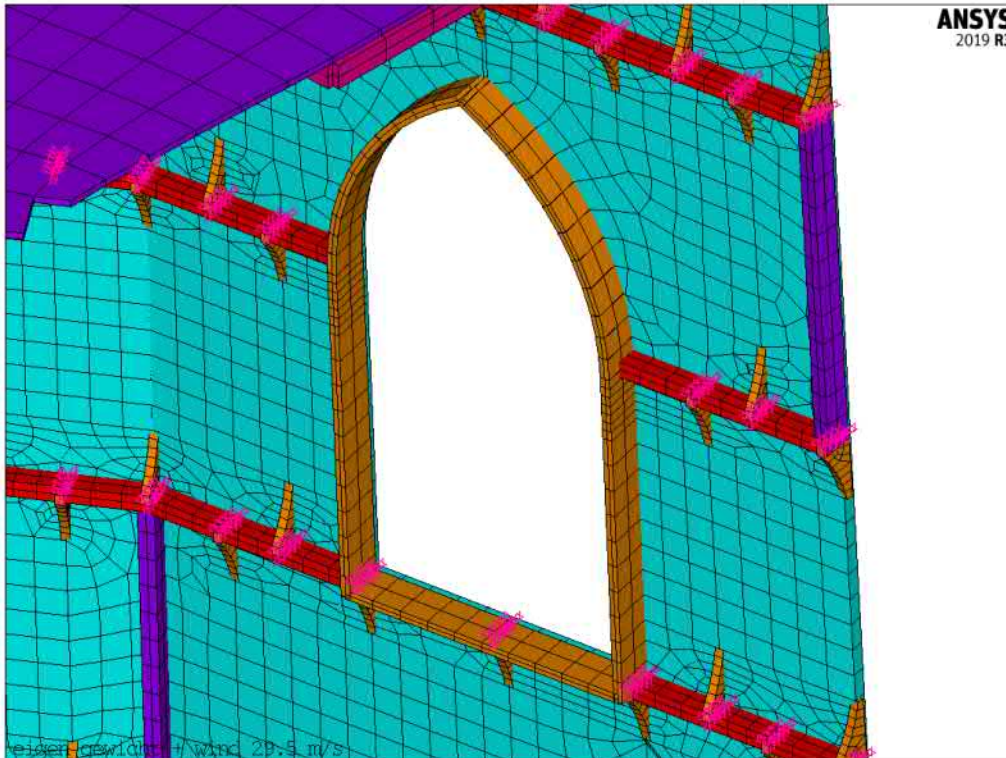
19.1 Referentiemodel zonder scheur, 11 vloeren scharnierend, laag 3 en 4 verfijnd (mesh 25-75 [mm]).

19.1.1 Model



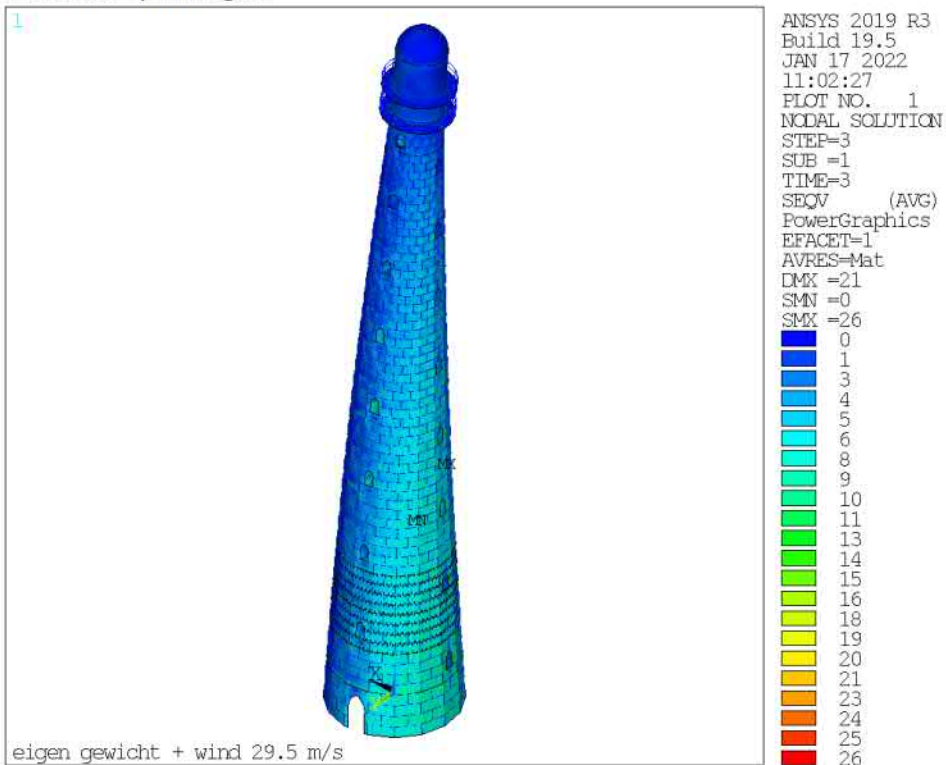
Referentiemodel met 11 vloeren scharnierend



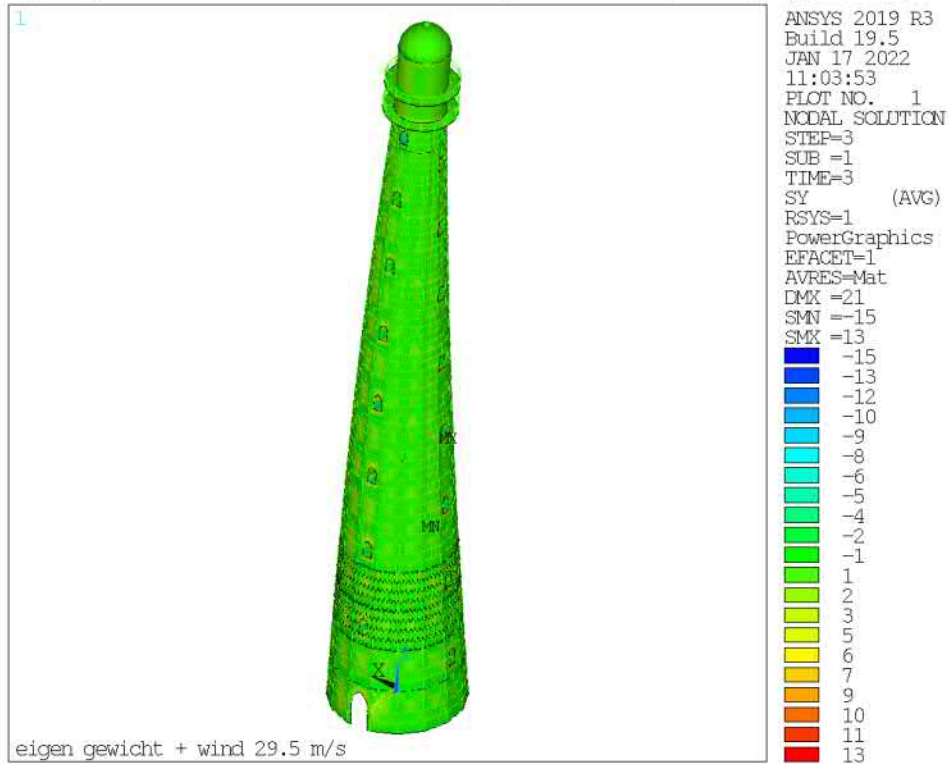


CE (Constraint Equation) koppeling tussen flens paneel (balkelementen) en steun (plaat-elementen)

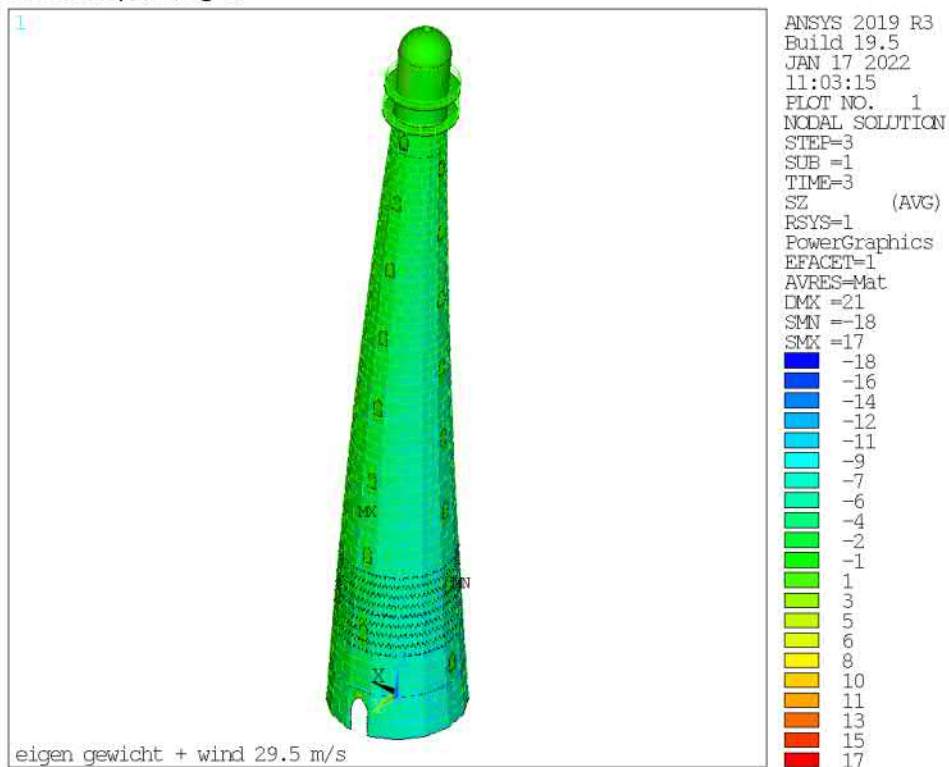
19.1.2 Spanningen von Mises spanningen



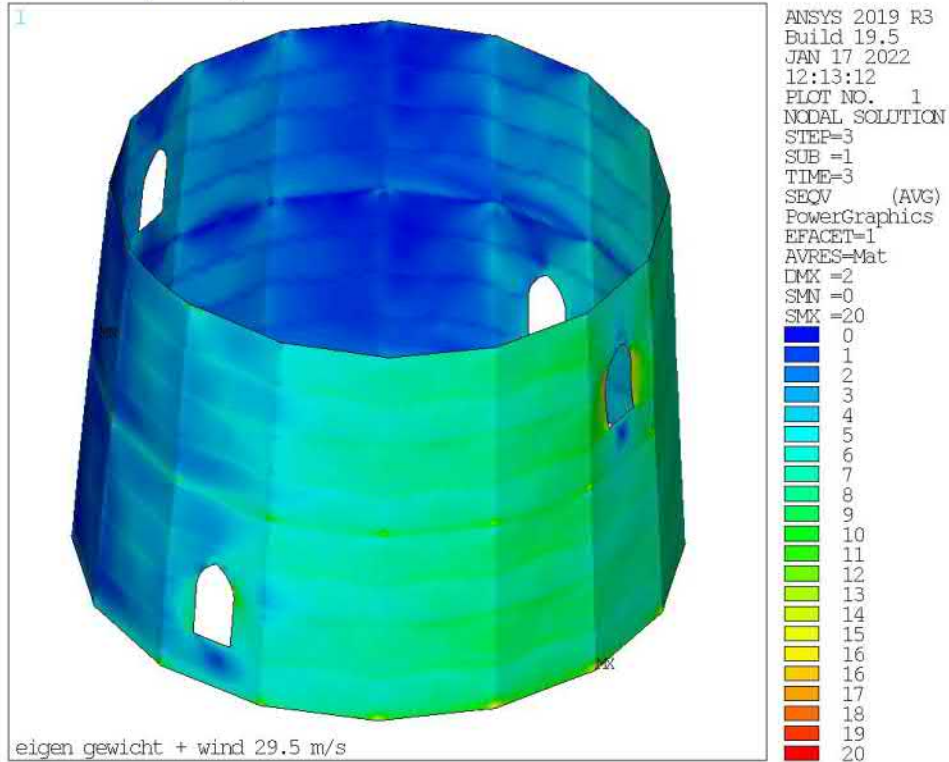
rsys =1 (cilindrisch assenstelsel om de z-as) horizontaalspanning σ_y (omtrek)



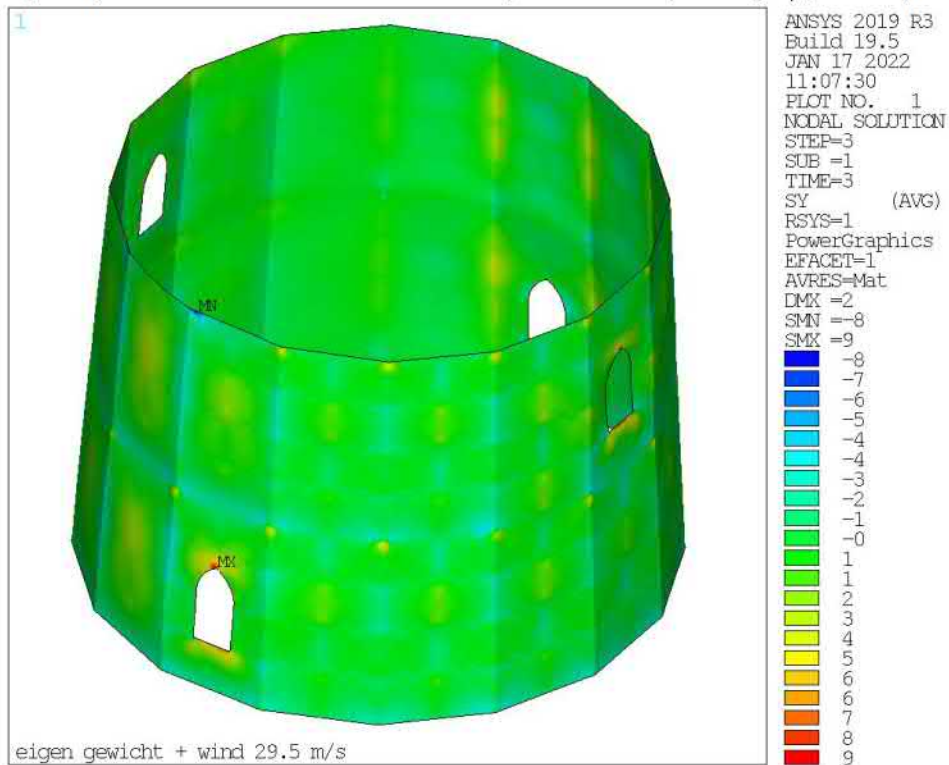
verticaalspanning σ_z



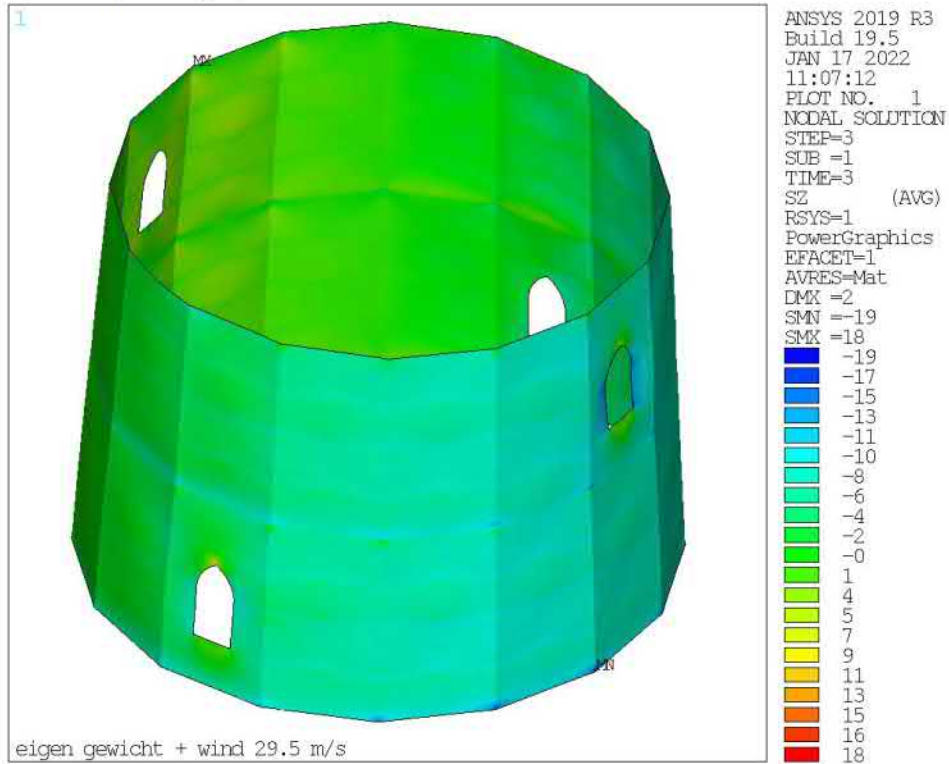
von Mises spanningen



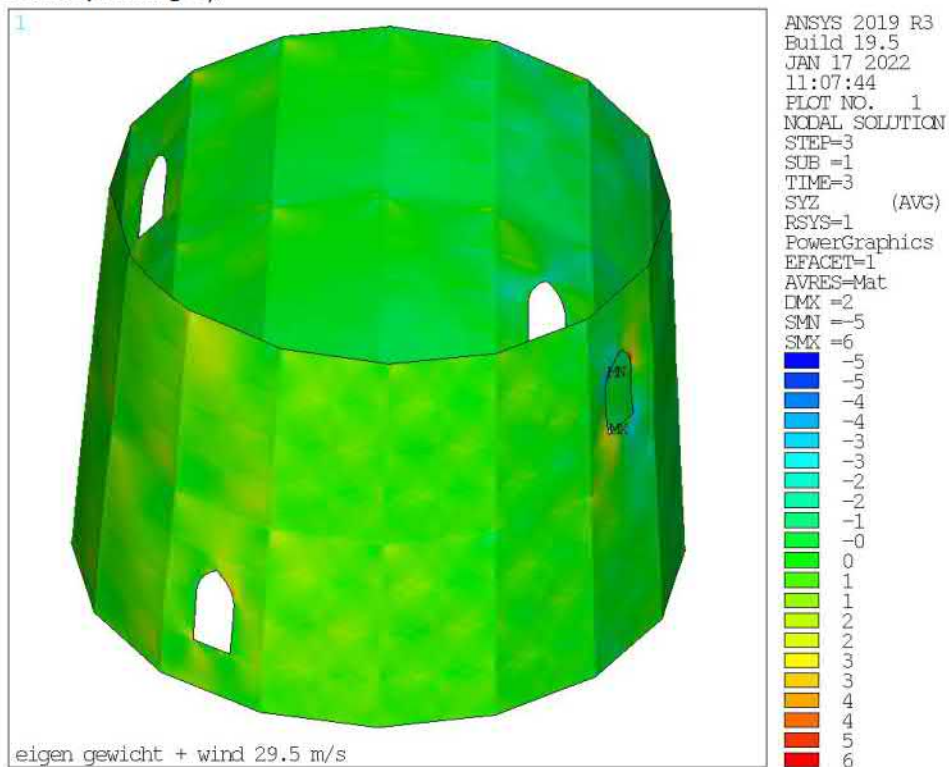
rsys =1 (cilindrisch assenstelsel om de z-as) horizontaalspanning σ_y (omtrek)



verticaalspanning σ_z



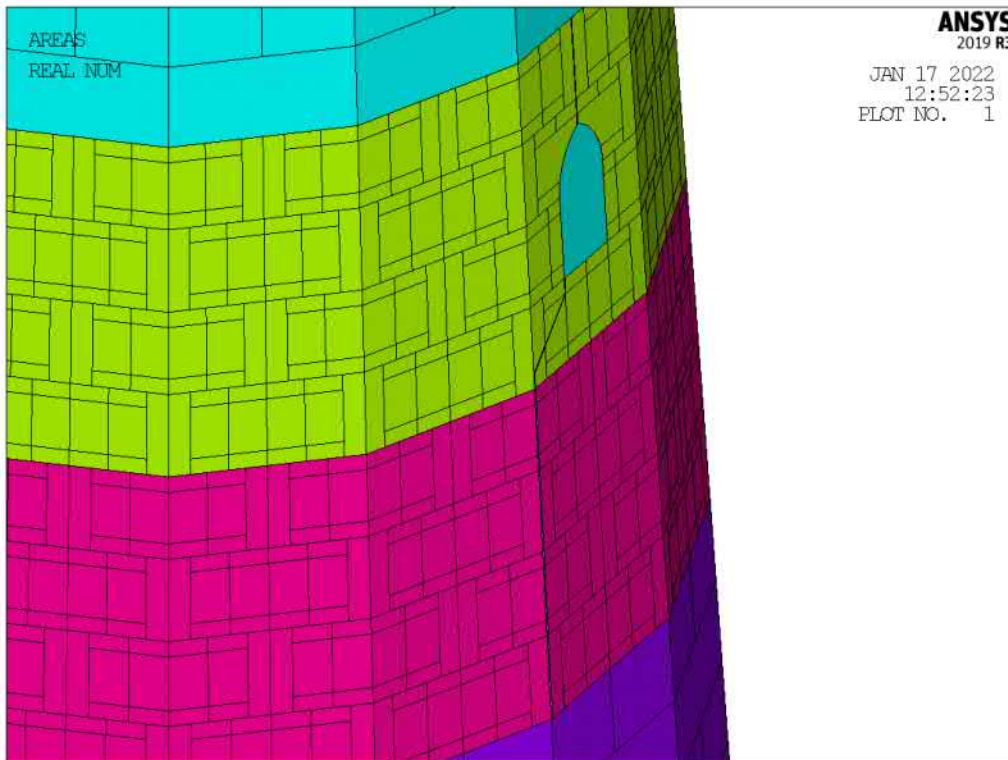
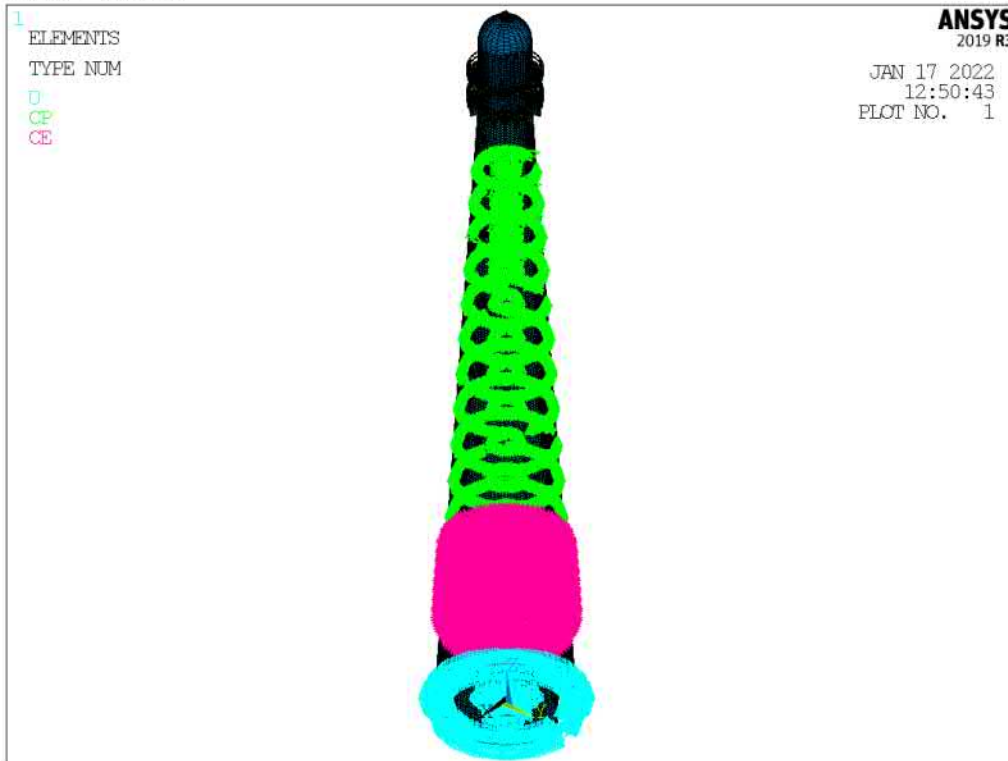
schuifspanning σ_{yz}



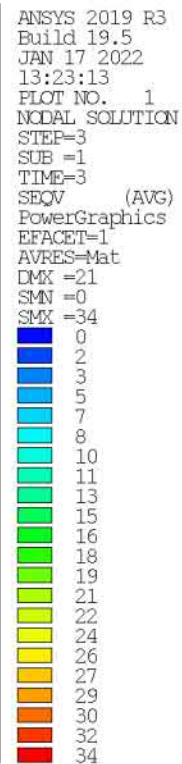
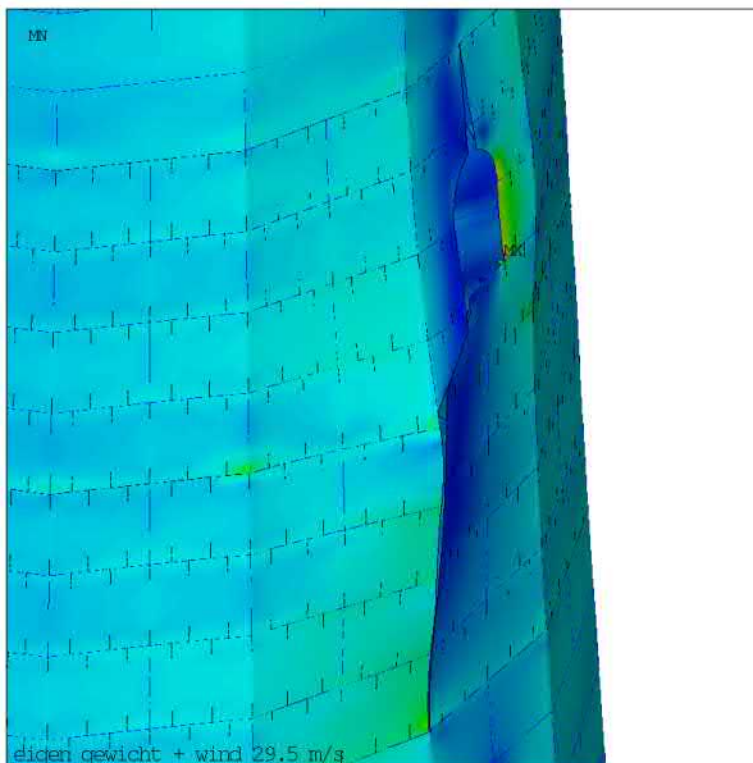
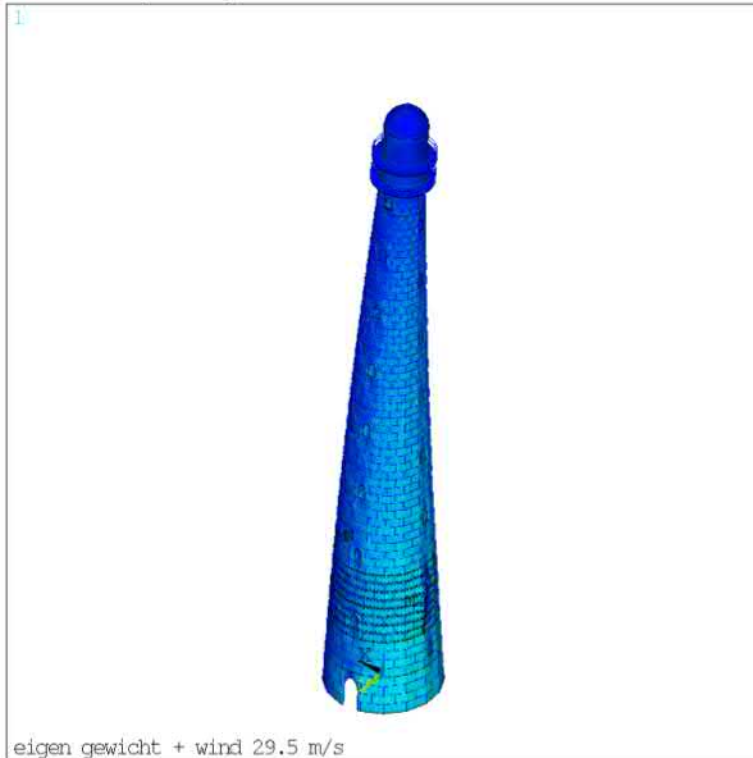
	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 05
	Structural check	Datum : 04-02-2022 Pagina : 182
Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com		

19.2 Globaal model, 11 vloeren scharnierend, met scheur over laag 3 en 4 (mesh 25-75 [mm]).

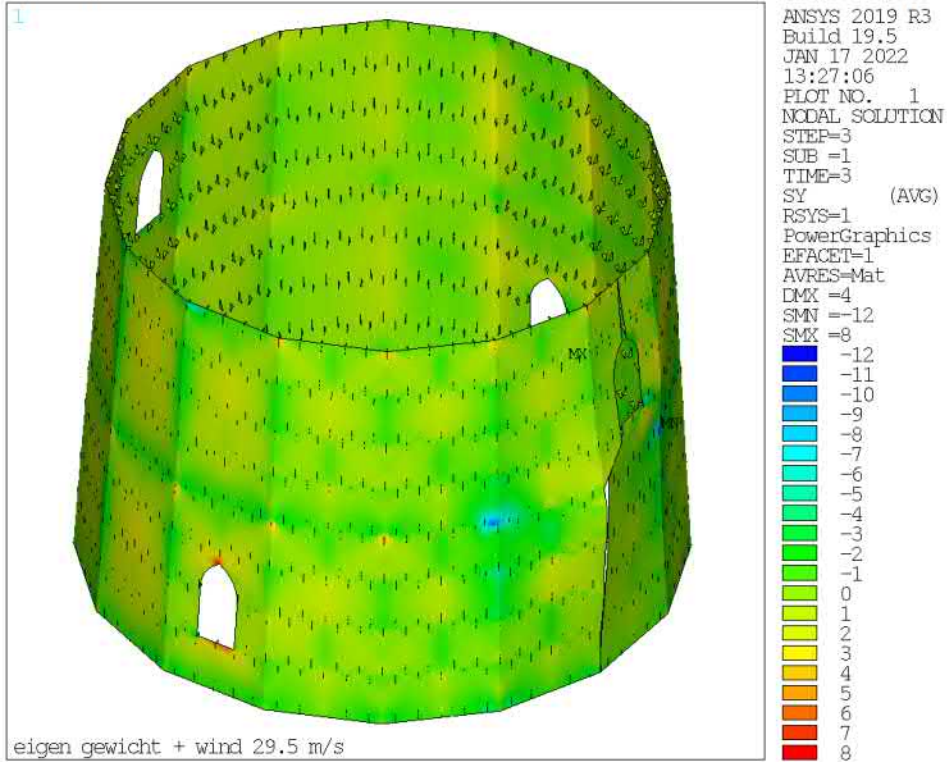
19.2.1 Model



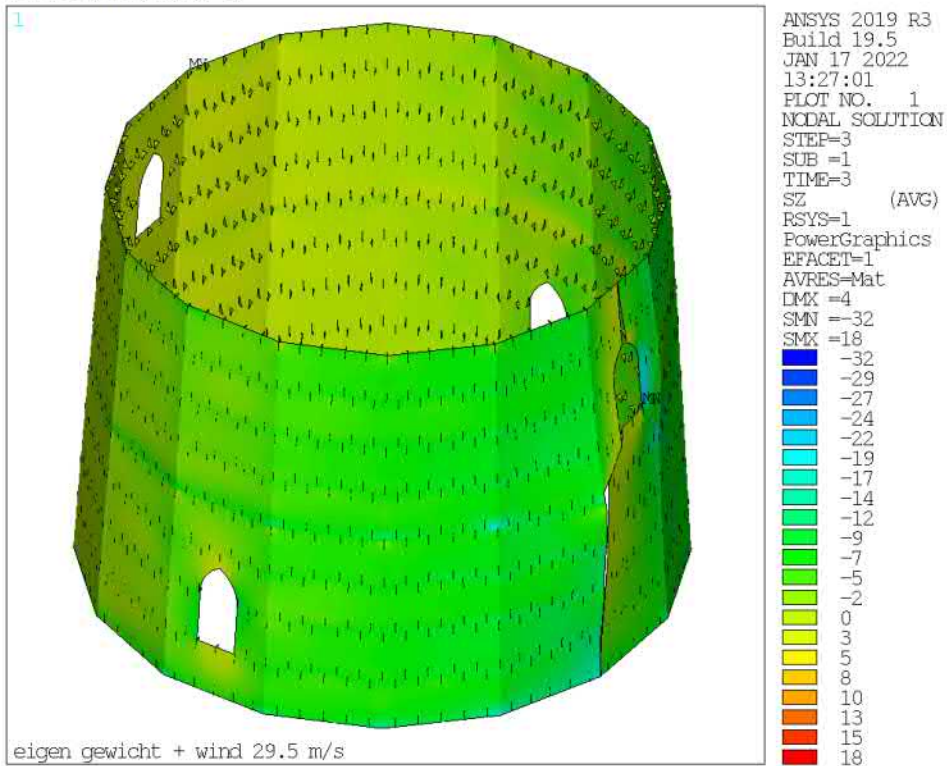
19.2.2 Spanningen
von Mises spanningen



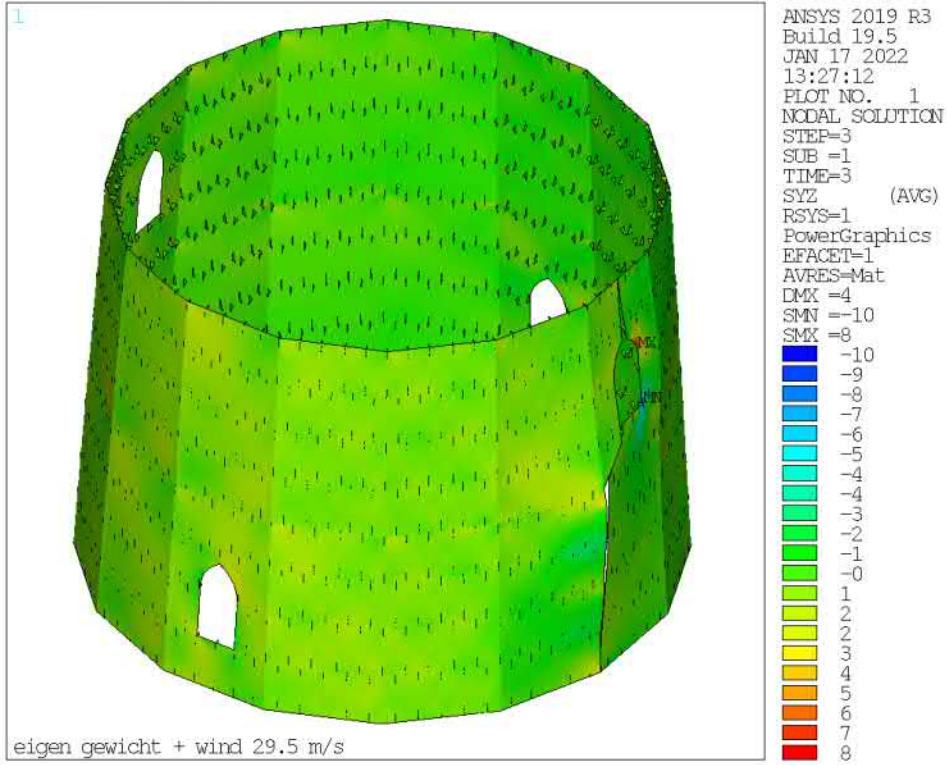
rsys =1 (cilindrisch assenstelsel om de z-as) horizontaalspanning σ_y (omtrek)



verticaalspanning σ_z

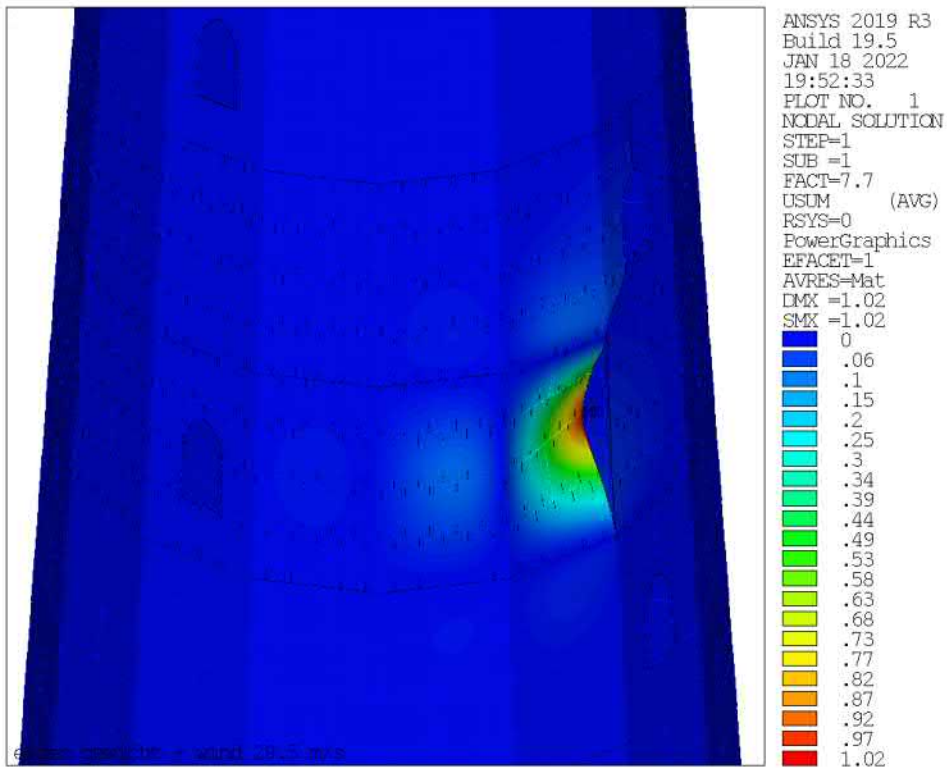


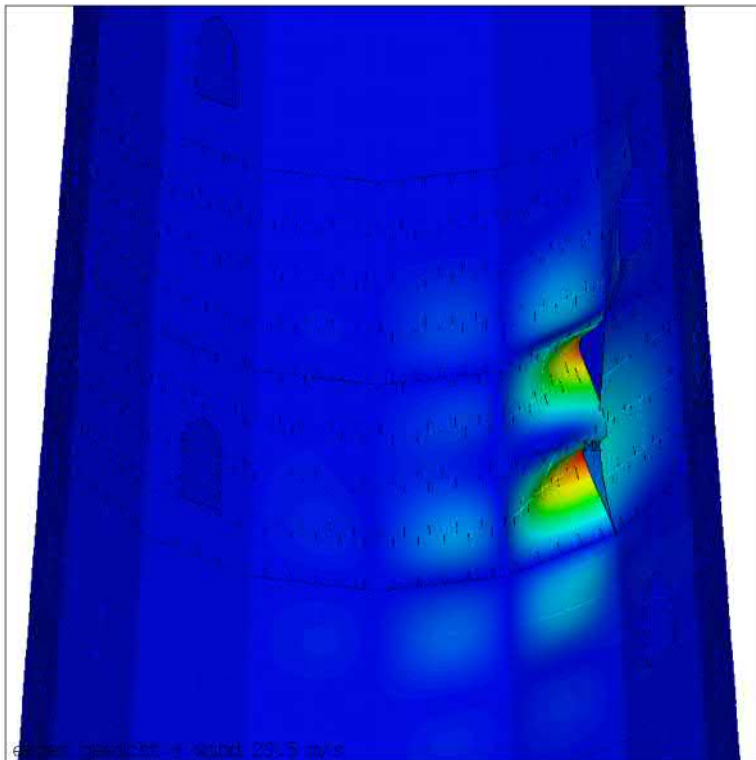
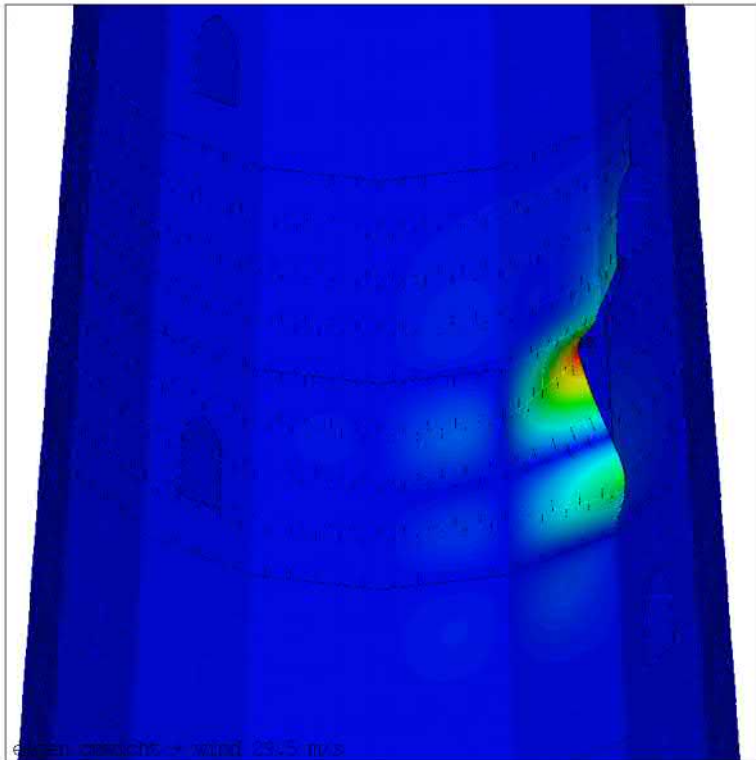
schuifspanning σ_{yz}

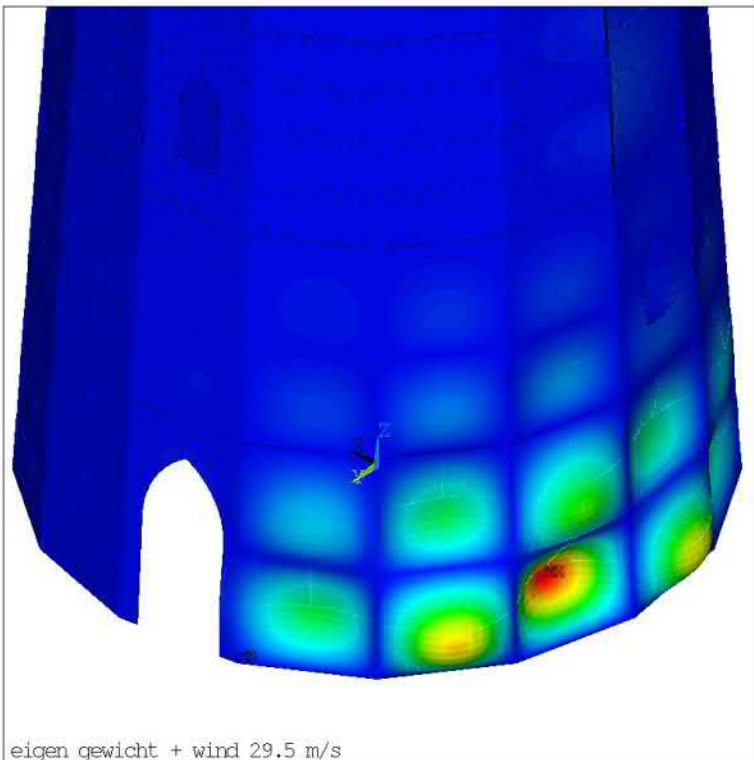


19.2.3 Buckling

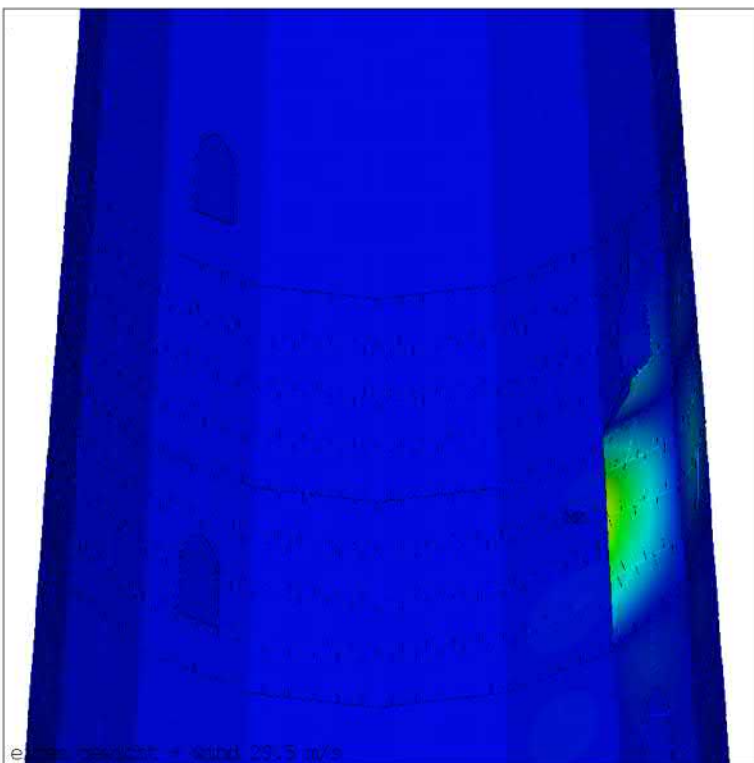
set	n
1	7.7000
2	10.205
3	17.520
4	19.212
5	20.314
6	21.947
7	22.670
8	23.214
9	24.618
10	24.947



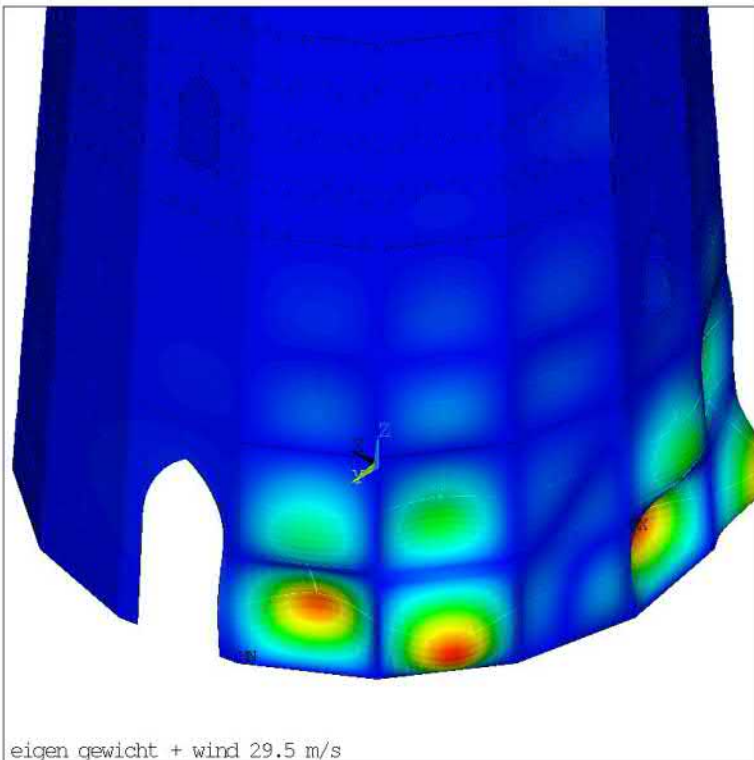




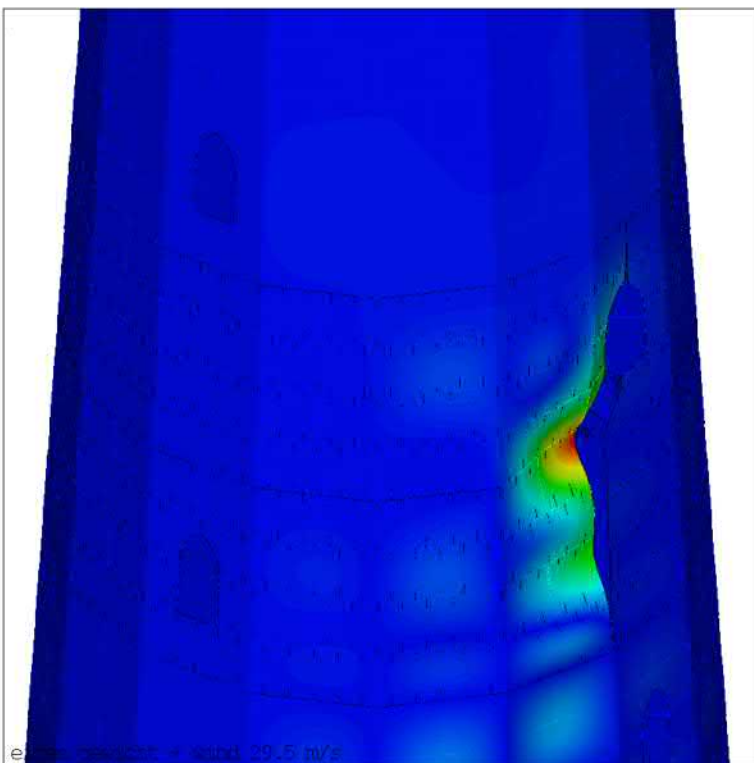
ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 18 2022
19:53:27
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =4
FACT=19.21
USUM (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =1.02
SMX =1.02
0
.06
.1
.15
.2
.25
.3
.34
.39
.44
.49
.53
.58
.63
.68
.73
.77
.82
.87
.92
.97
1.02



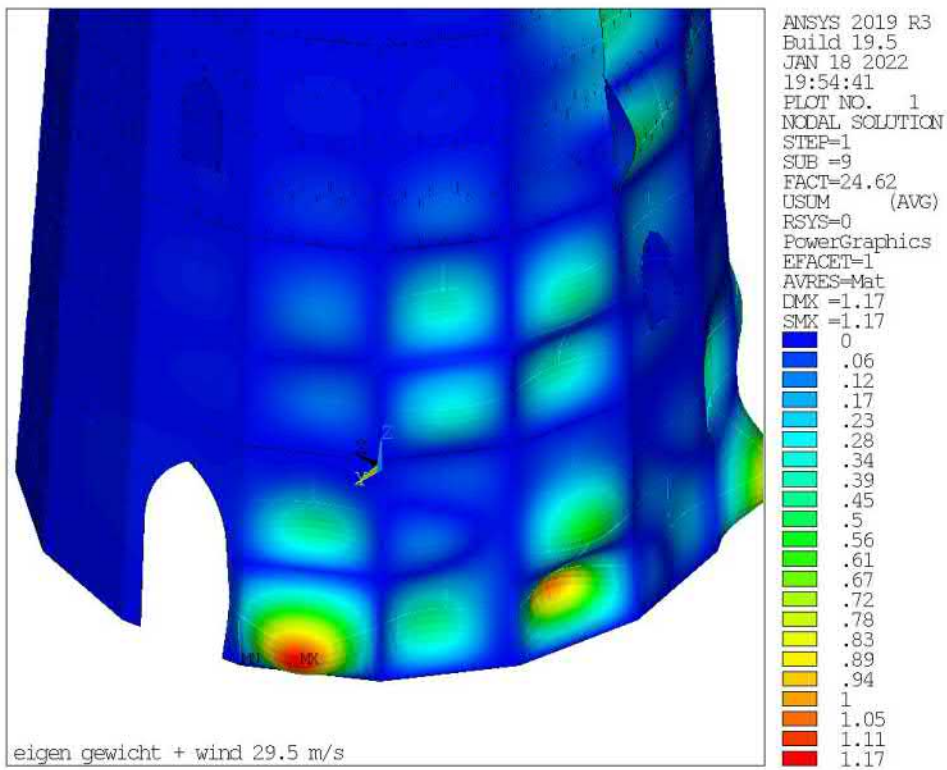
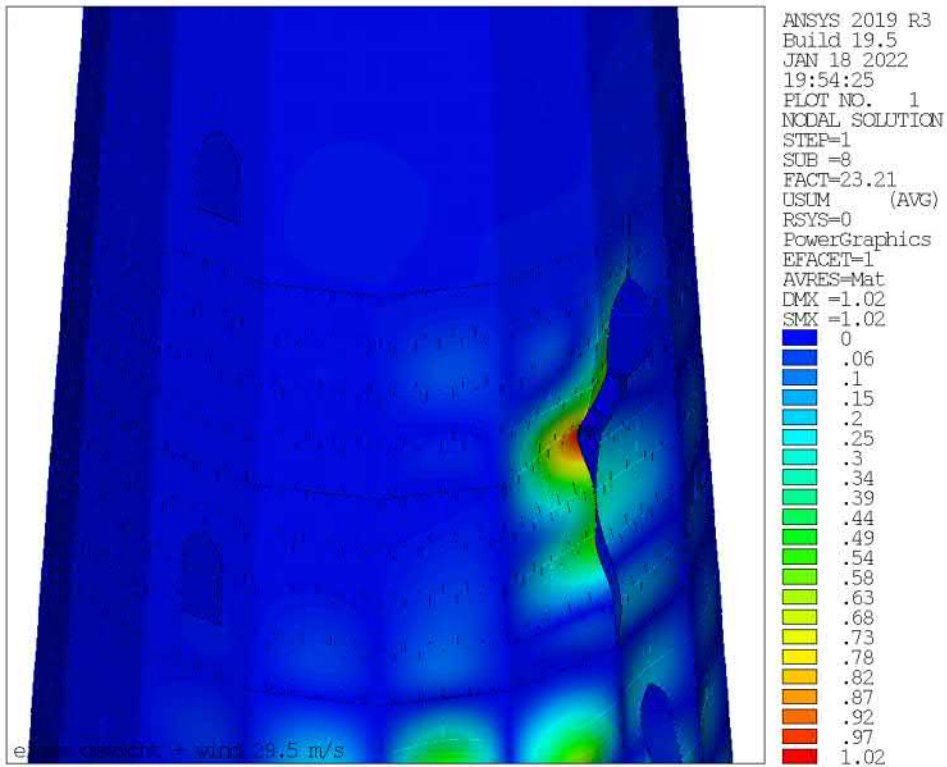
ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 18 2022
19:53:43
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =5
FACT=20.31
USUM (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =1.02
SMX =1.02
0
.06
.1
.15
.2
.25
.3
.34
.39
.44
.49
.53
.58
.63
.68
.73
.77
.82
.87
.92
.97
1.02

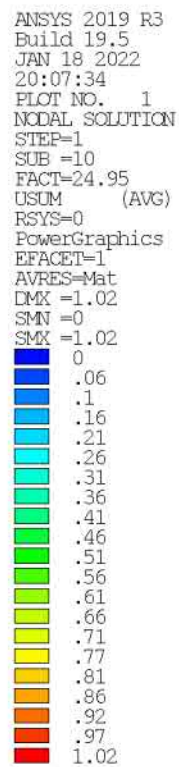
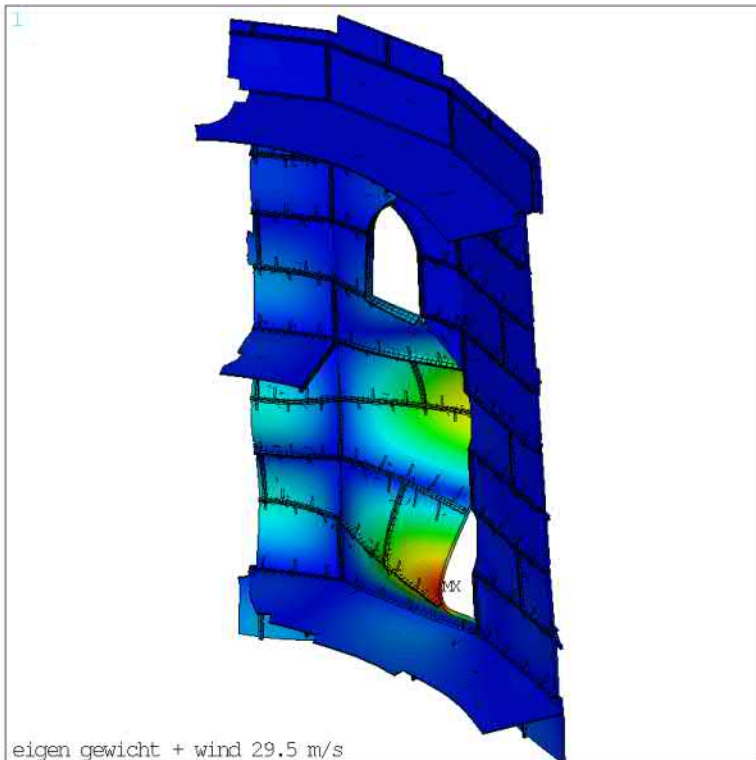
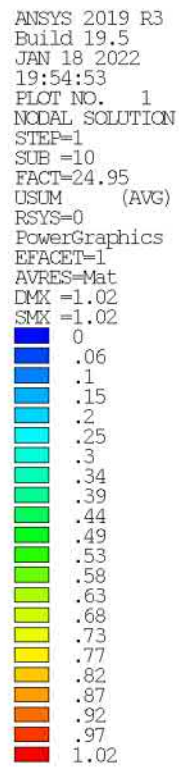
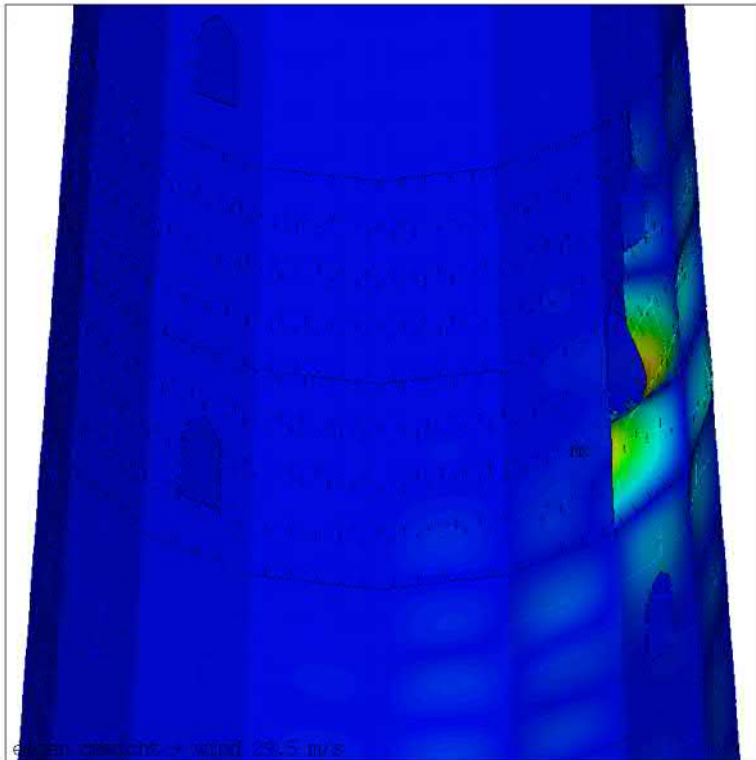


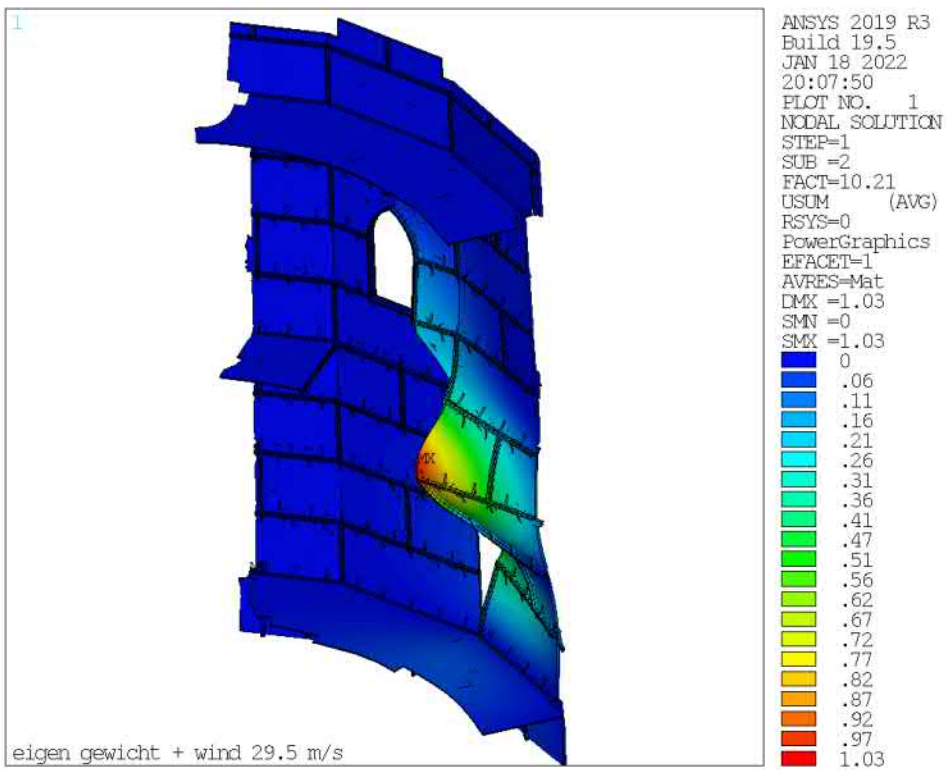
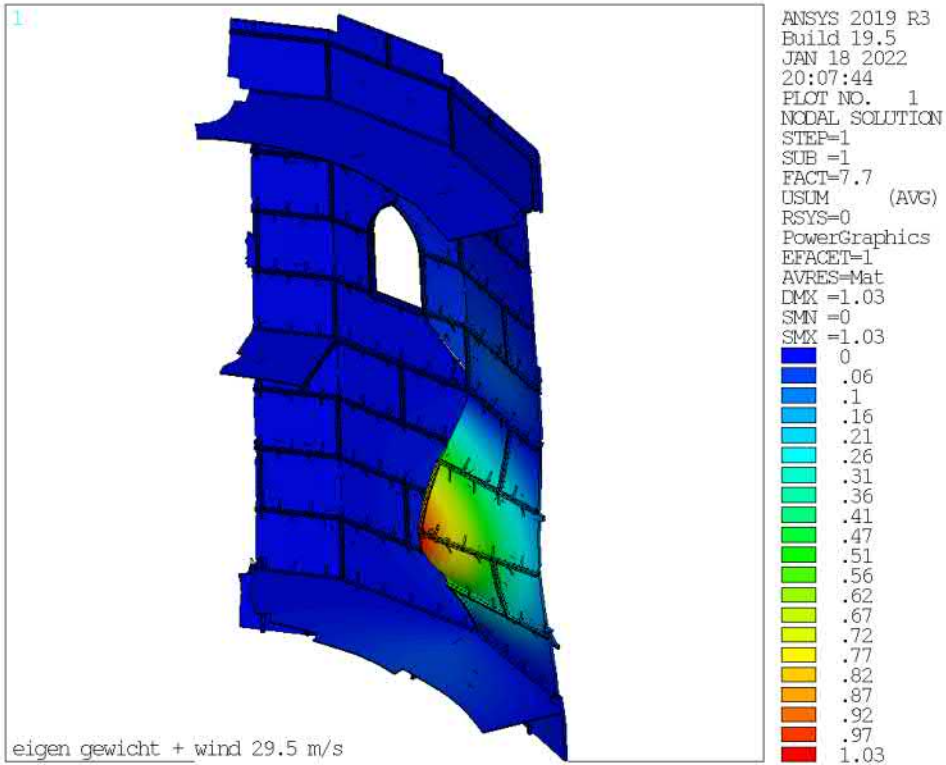
ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 18 2022
19:53:59
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =6
FACT=21.95
USUM (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =1.02
SMX =1.02
0
.06
.1
.15
.2
.25
.3
.34
.39
.44
.49
.53
.58
.63
.68
.73
.77
.82
.87
.92
.96
1.02

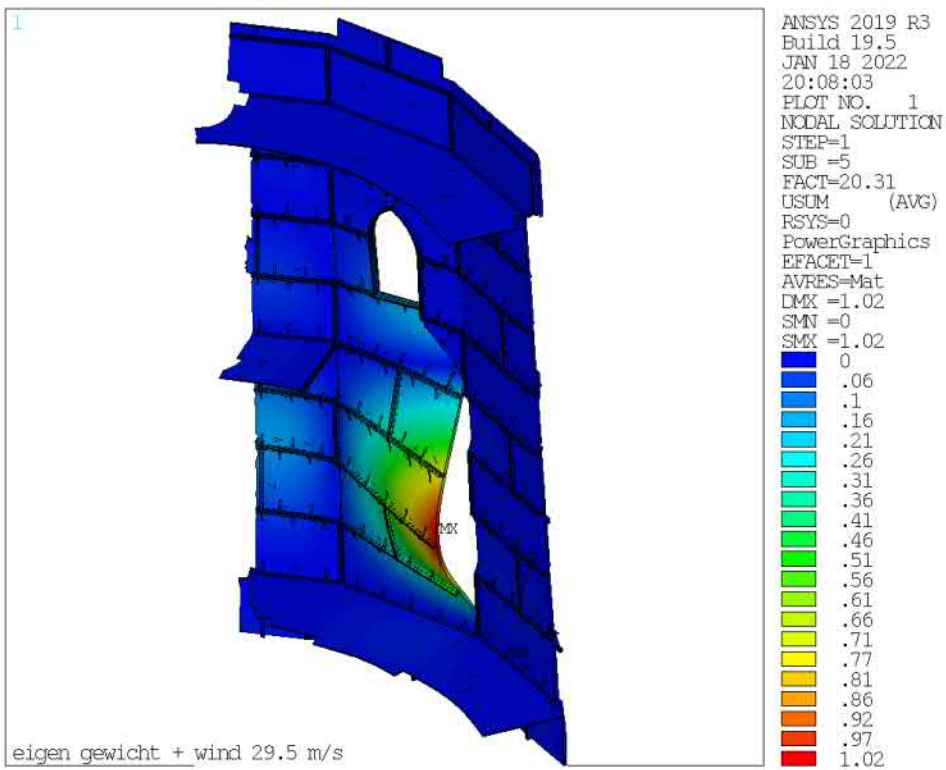
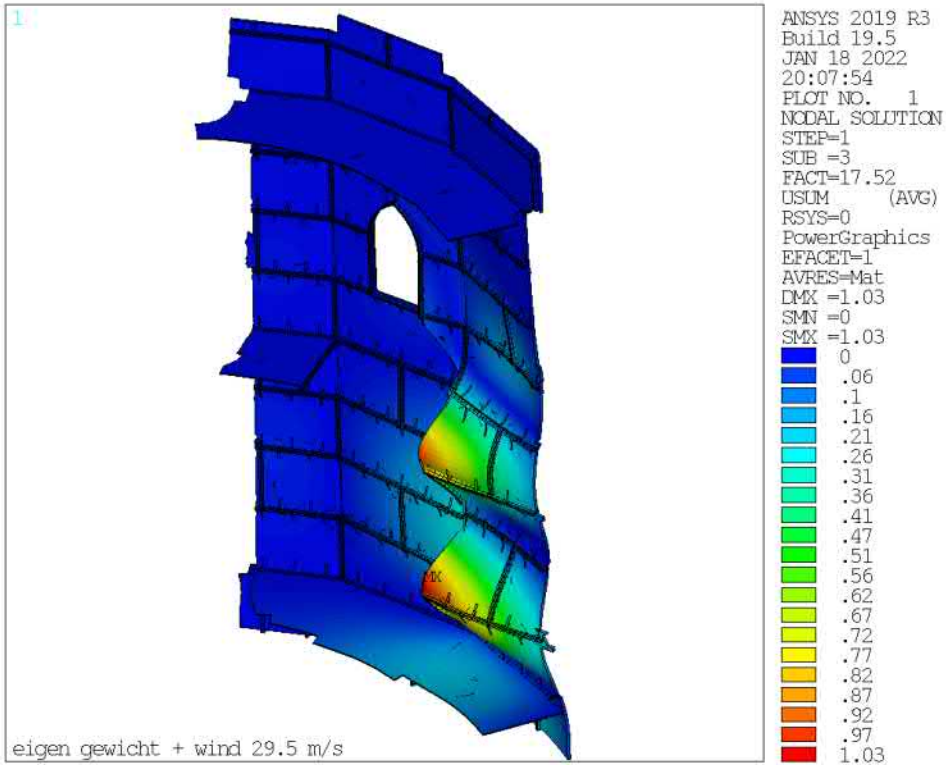


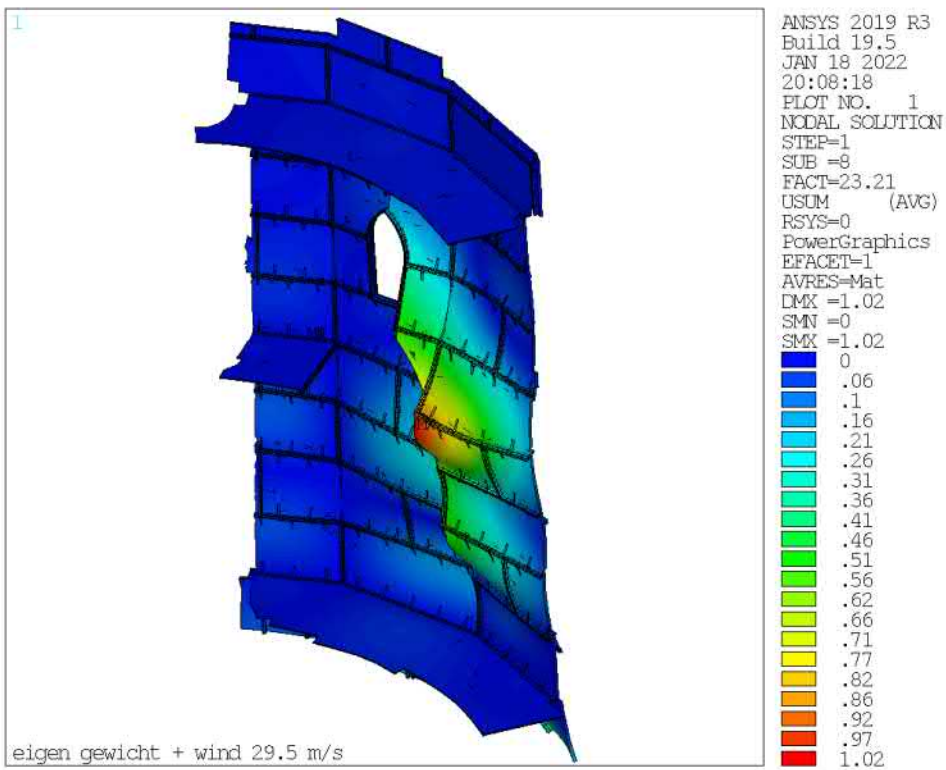
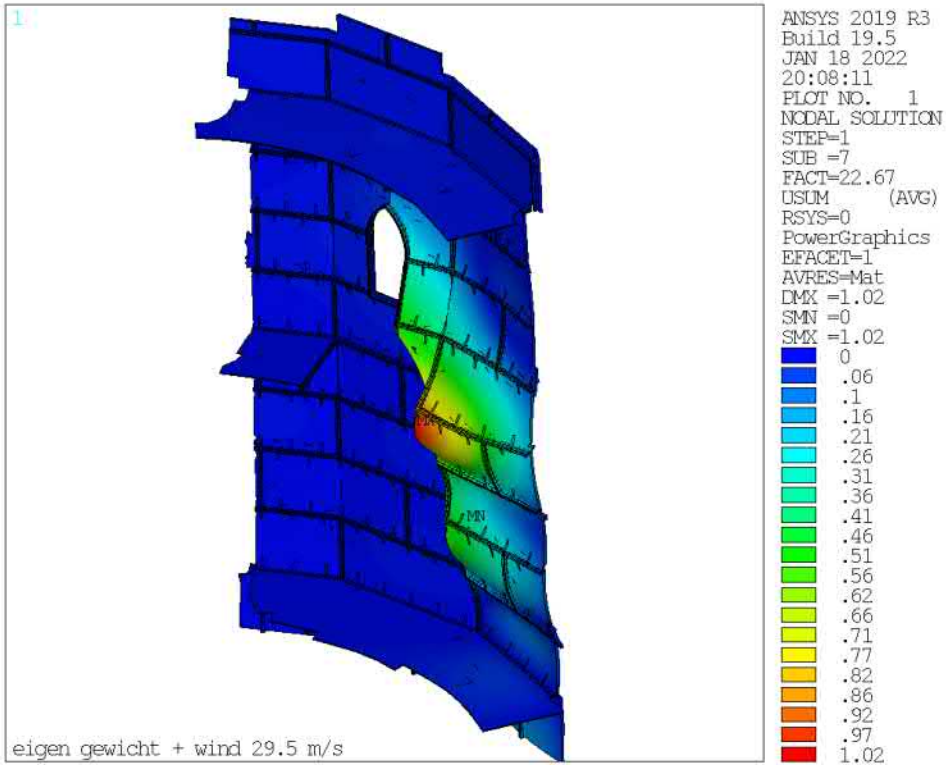
ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 18 2022
19:54:16
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =7
FACT=22.67
USUM (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =1.02
SMX =1.02
0
.06
.1
.15
.2
.25
.3
.34
.39
.44
.49
.54
.58
.63
.68
.73
.78
.82
.87
.92
.97
1.02

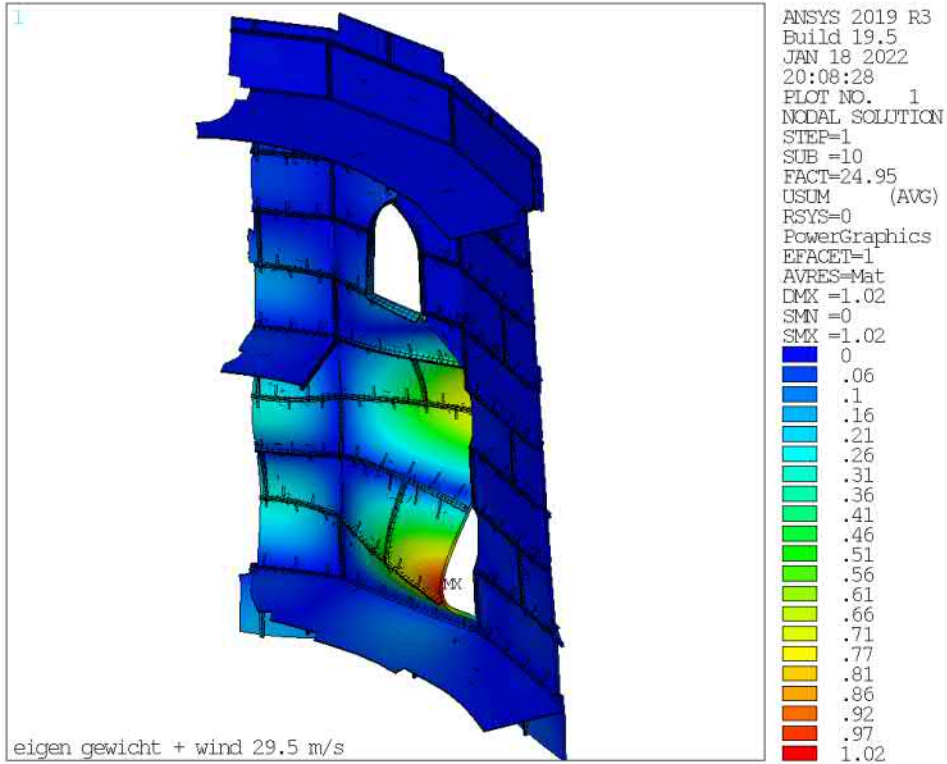








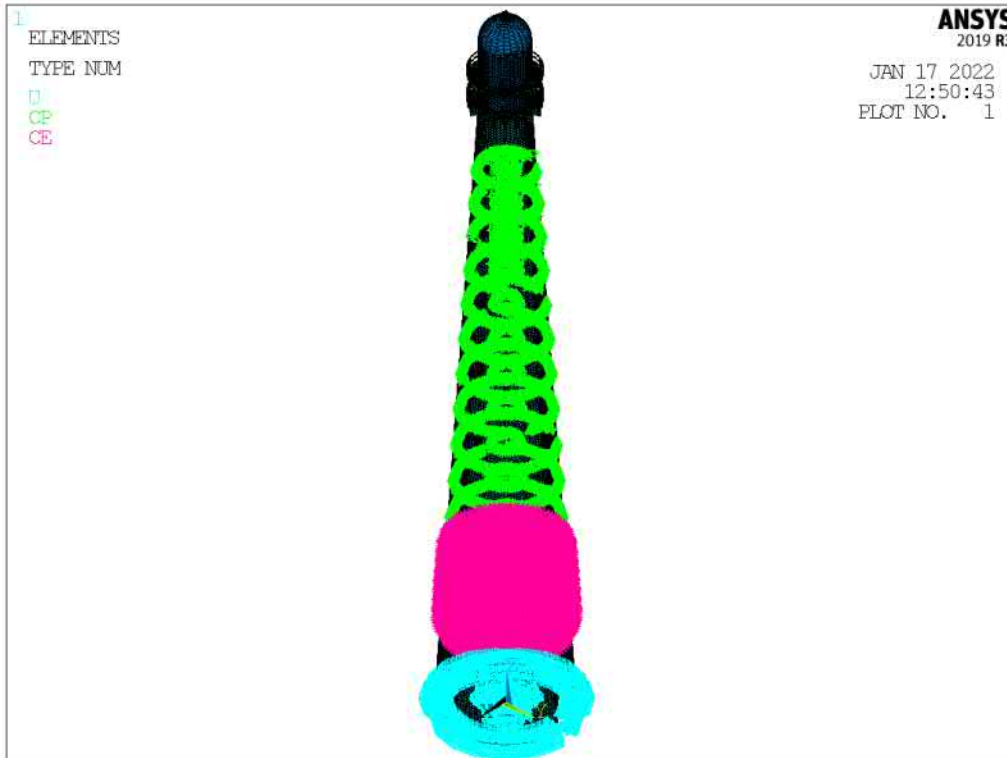




	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01
		Rev.nr. : 05
Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com	Structural check	Datum : 04-02-2022
		Pagina : 196

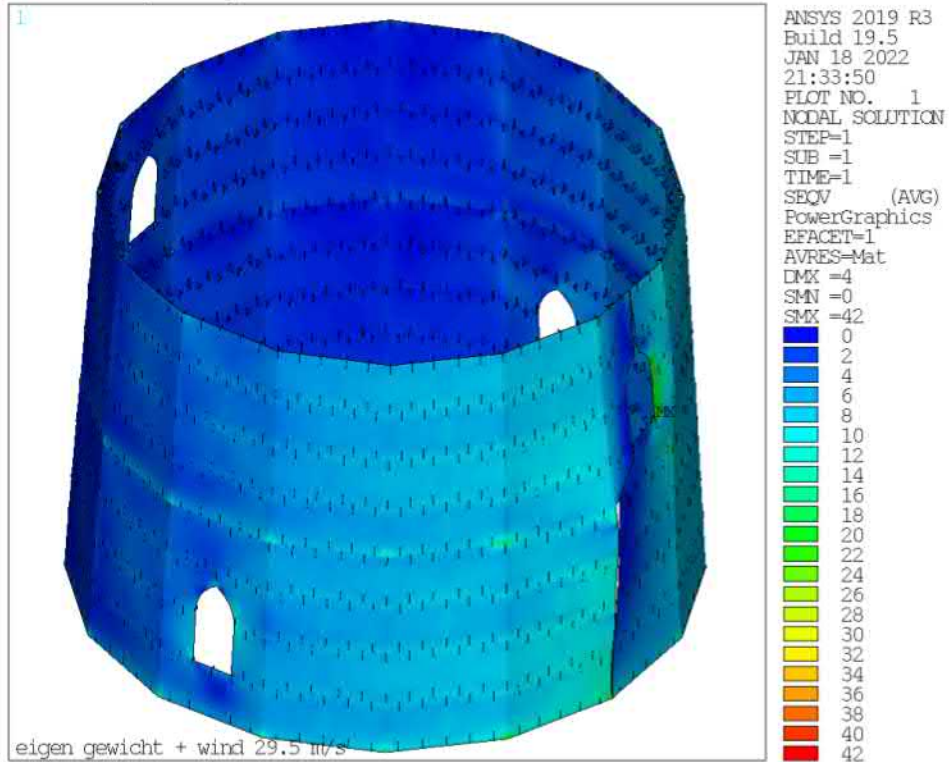
19.3 Globaal model, 11 vloeren scharnierend, met verticale scheur over 8 panelen met fijnere mesh (25mm) op laag 3 en 4 (invloed elementverfijning), met steunen

19.3.1 Model

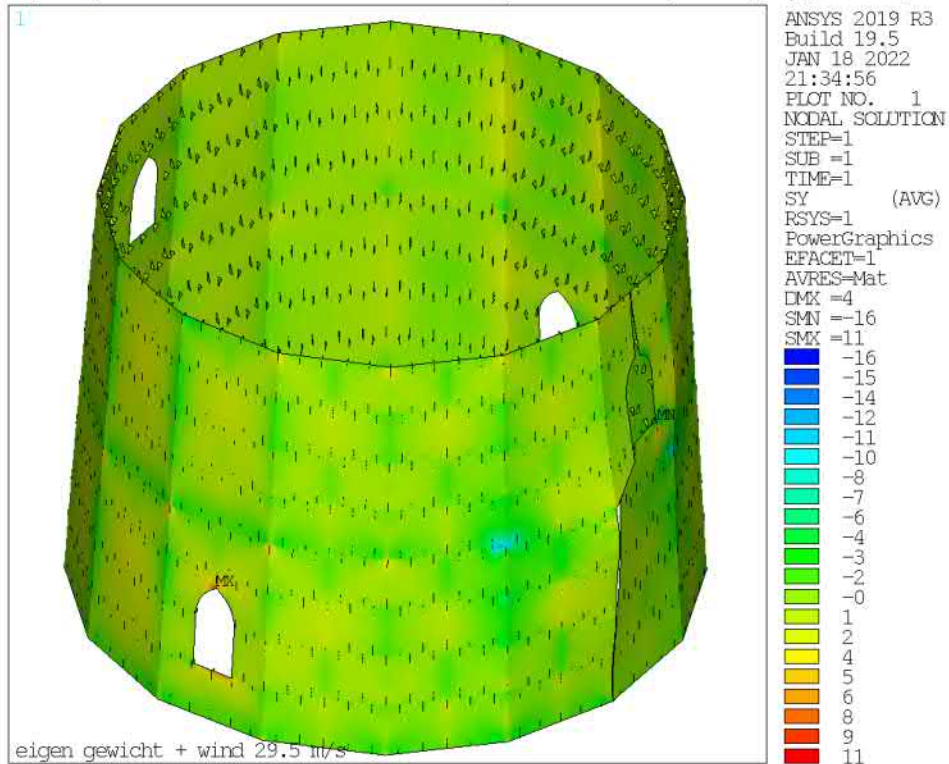




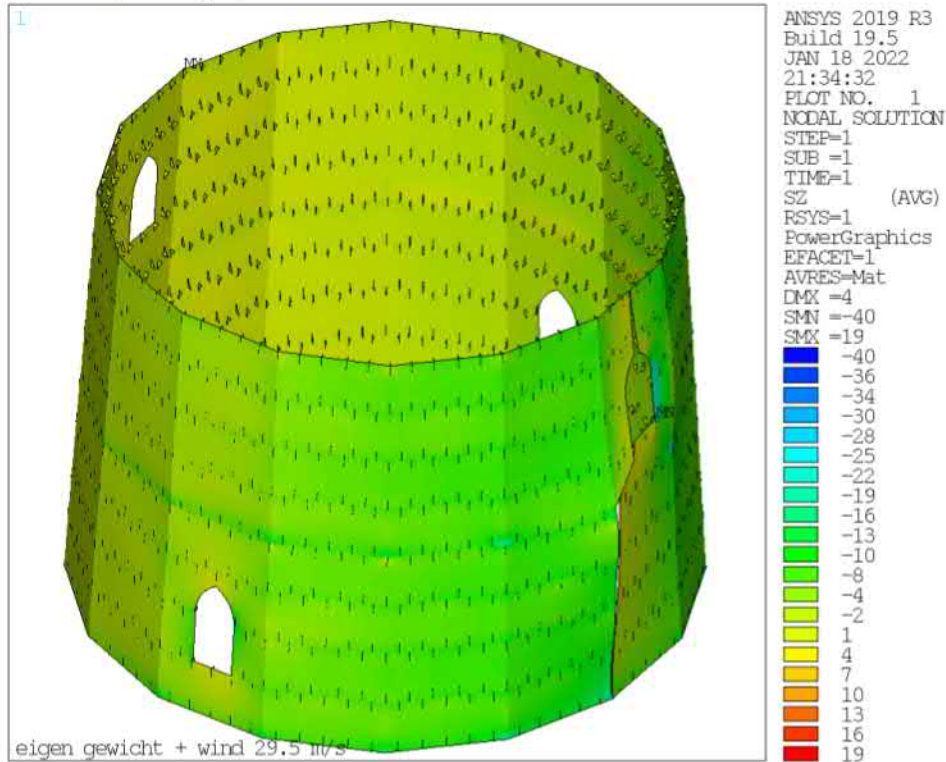
19.3.2 Spanningen
von Mises spanningen



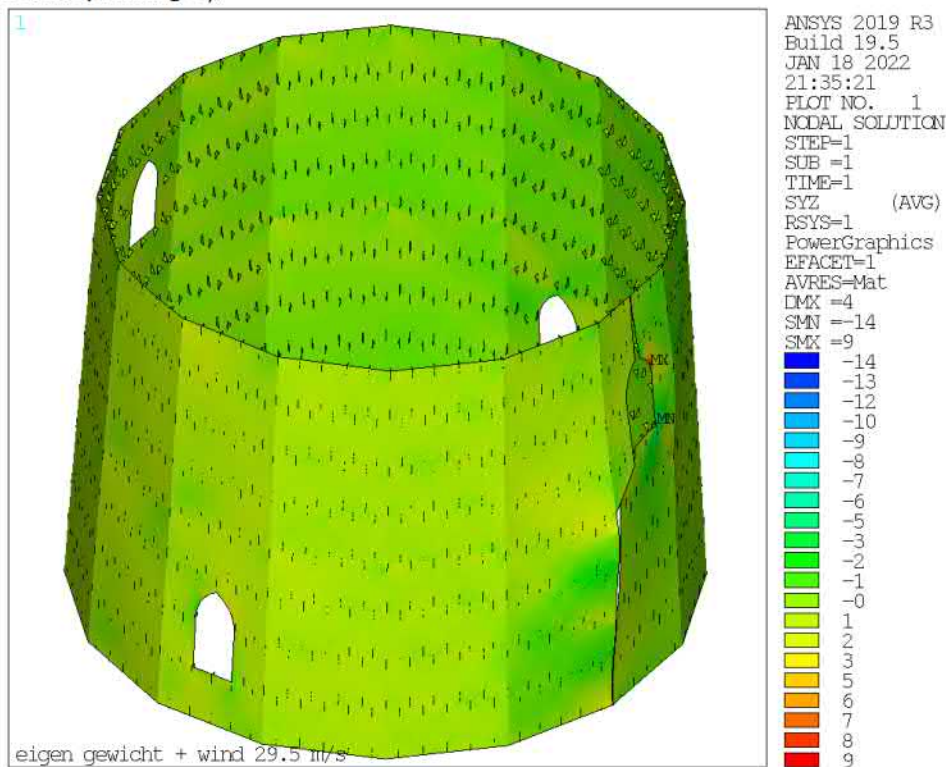
rsys =1 (cilindrisch assenstelsel om de z-as) horizontaalspanning σ_y (omtrek)



verticaalspanning σ_z

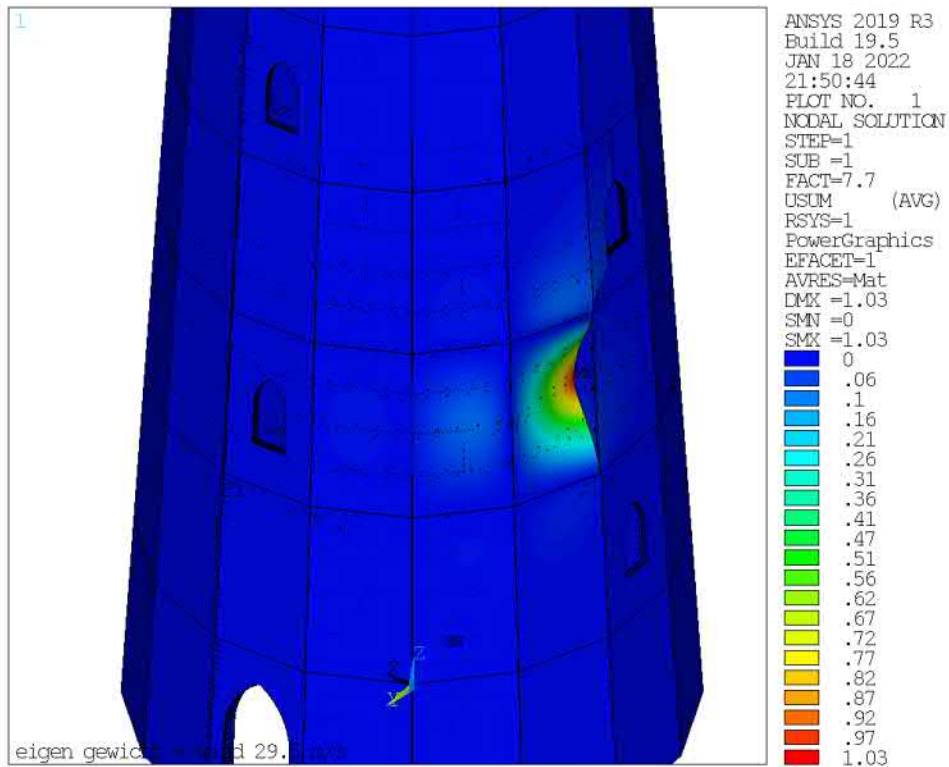


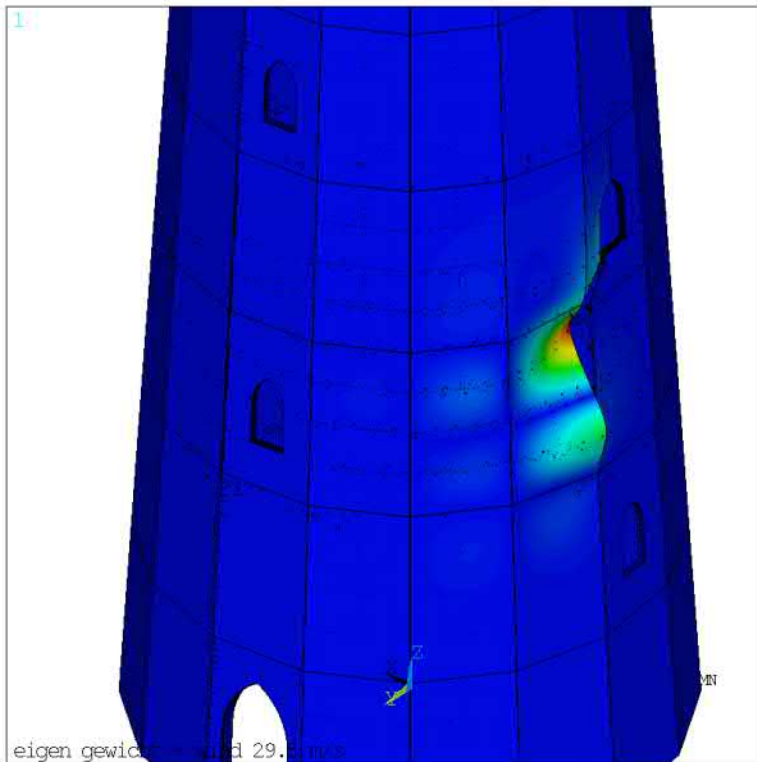
schuifspanning σ_{yz}



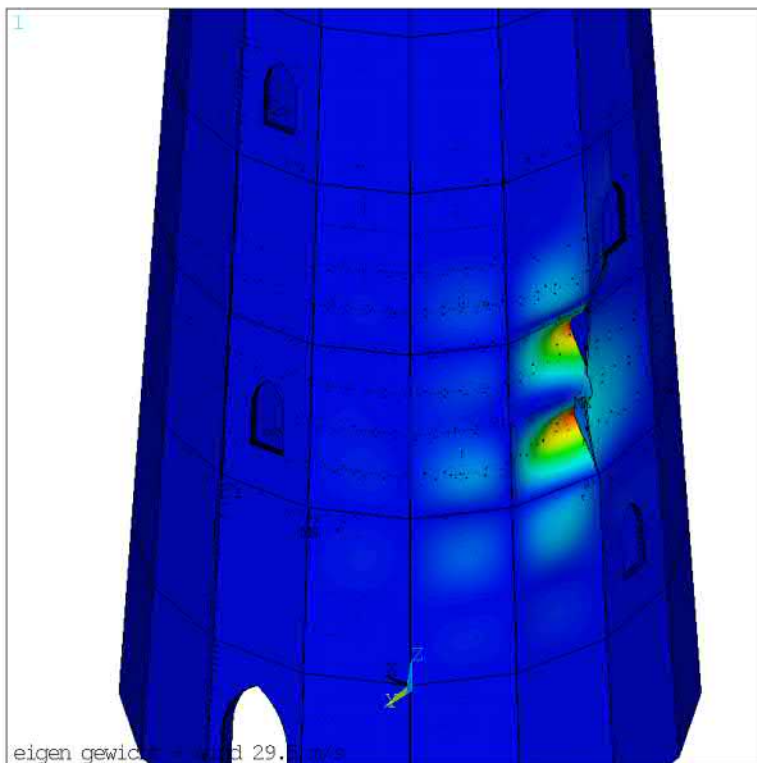
19.3.3 Buckling

set	n
1	7.7000
2	10.187
3	17.412
4	19.212
5	20.231
6	21.947
7	22.670
8	23.215
9	24.609
10	24.816

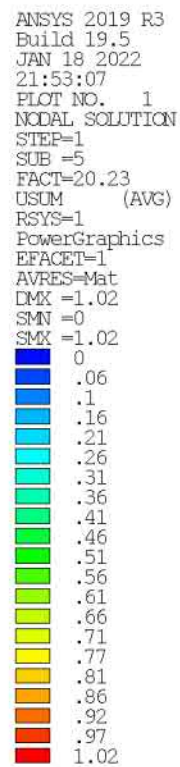
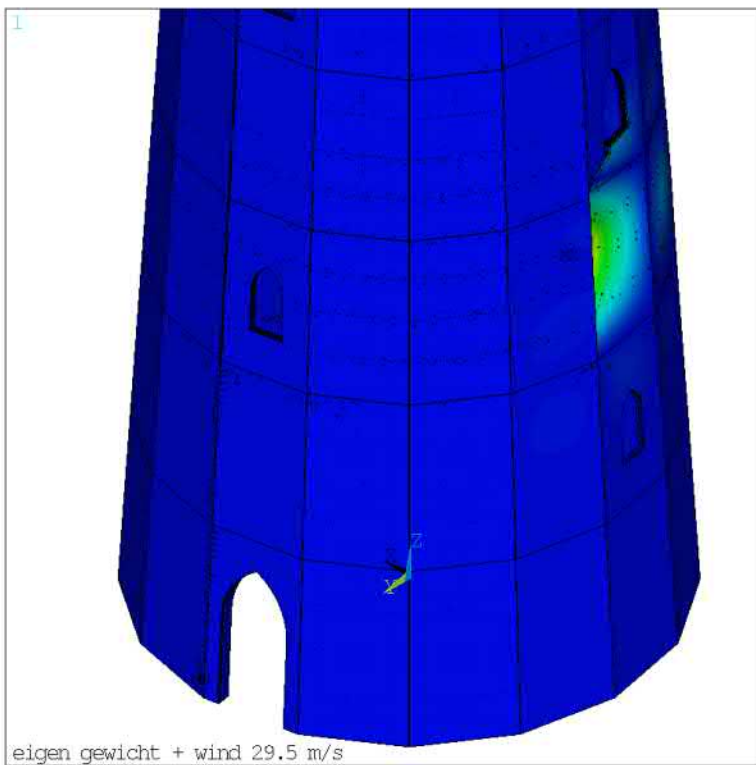
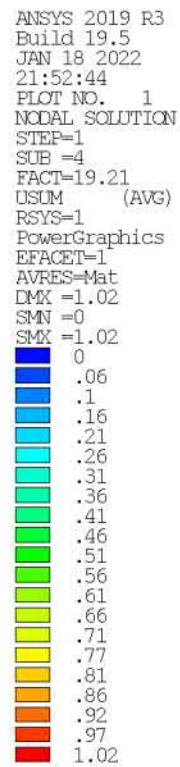
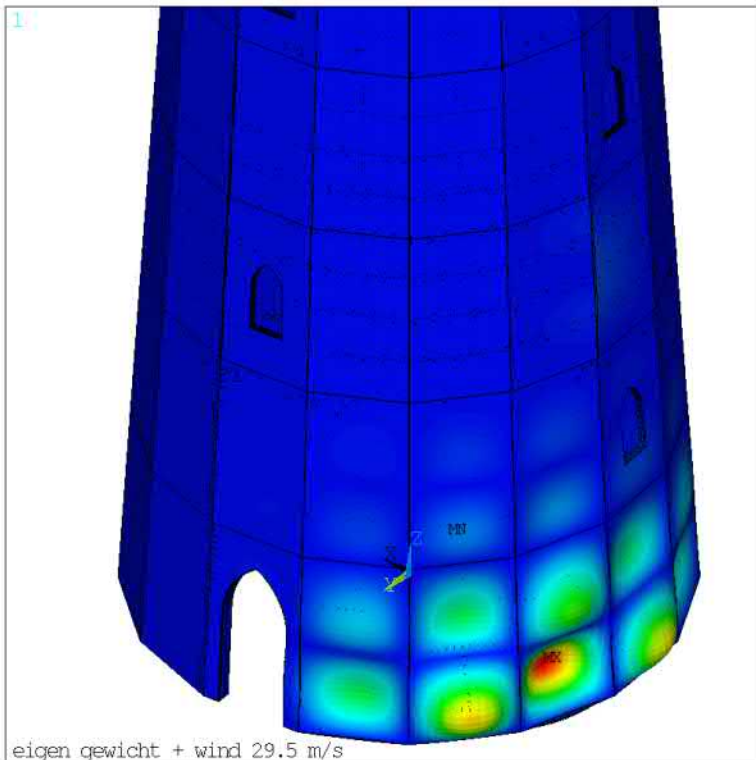


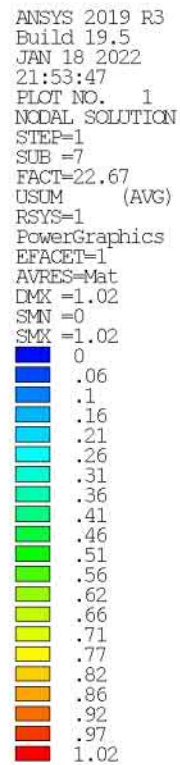
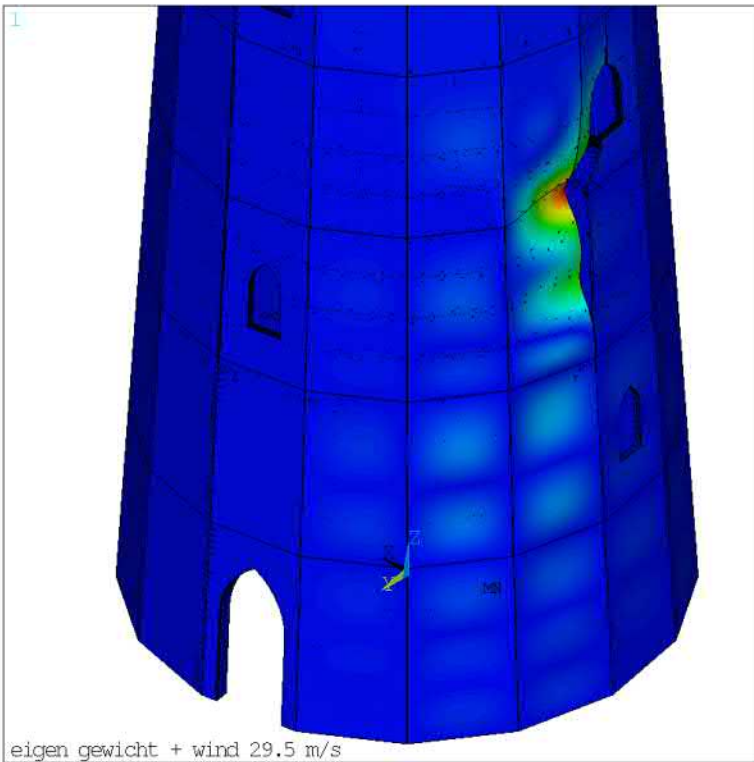
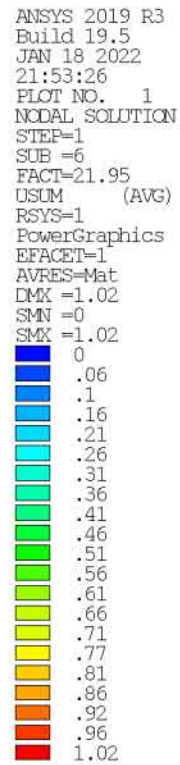
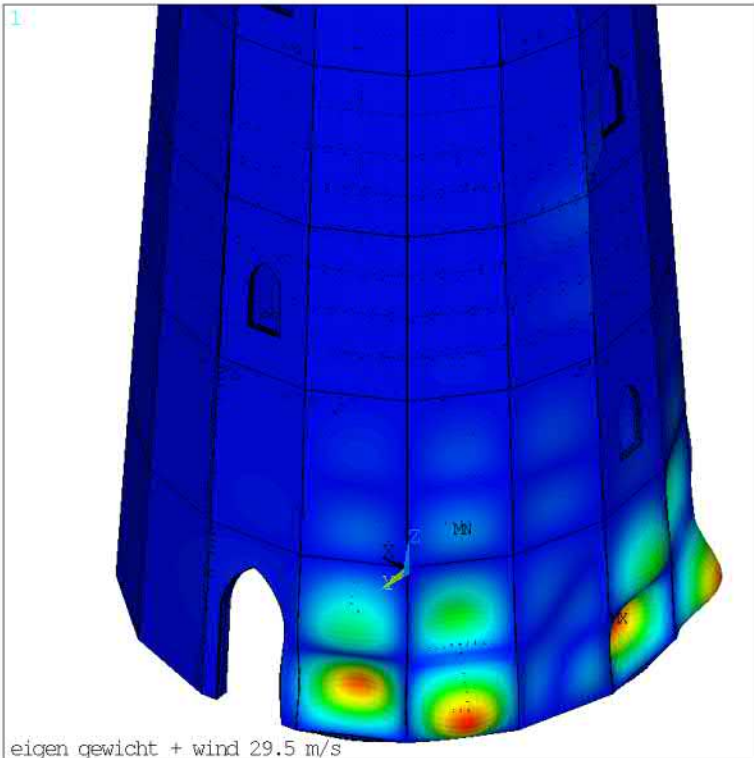


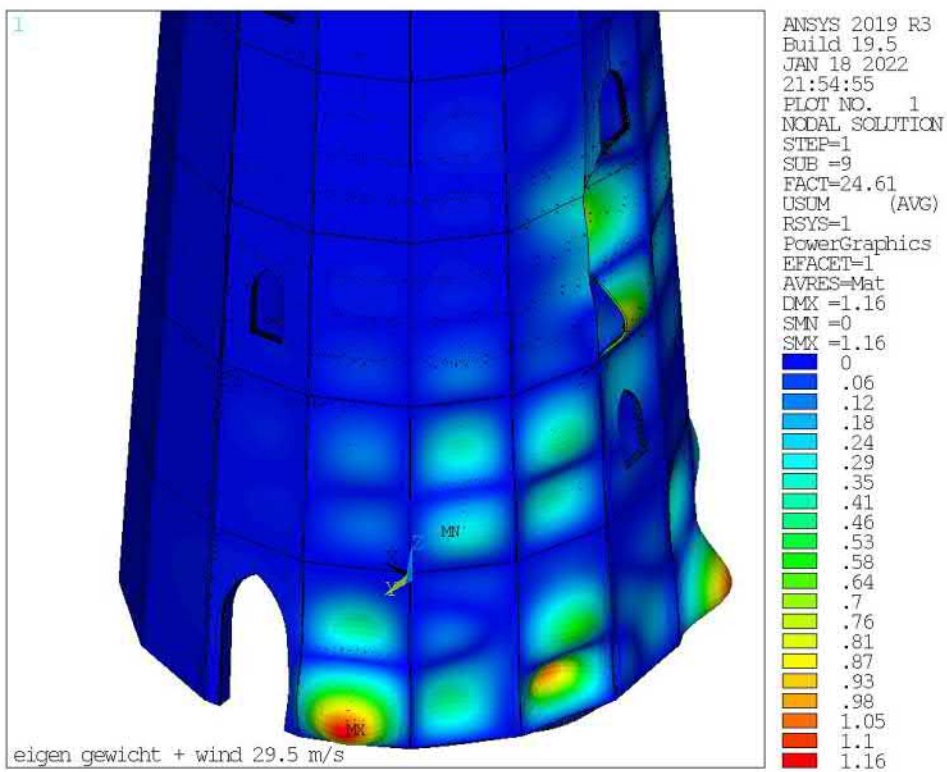
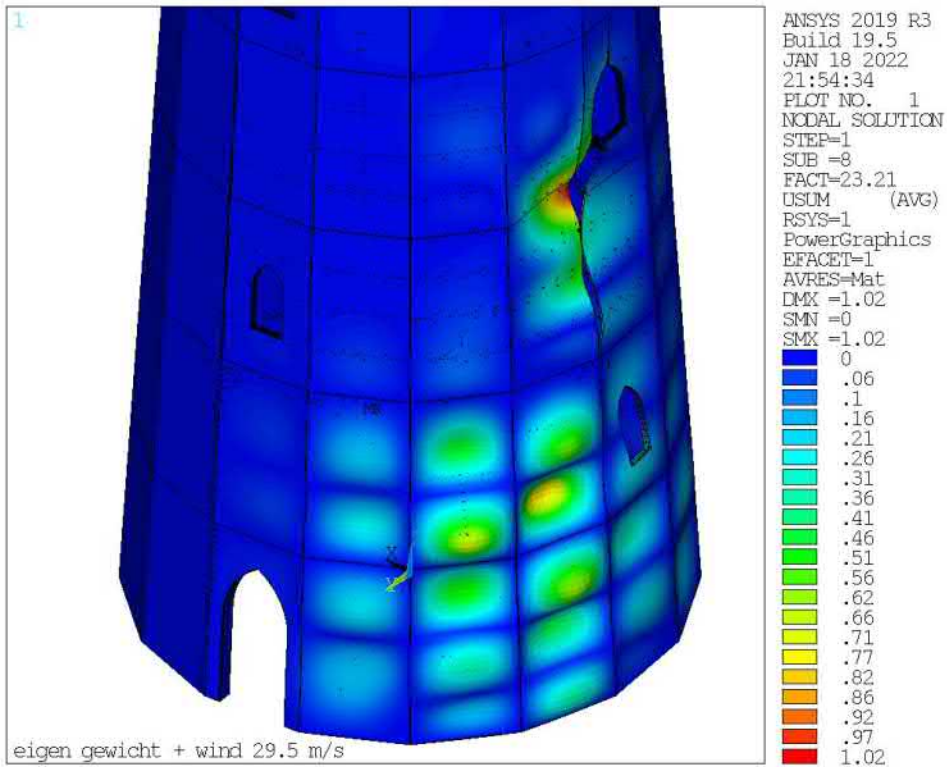
ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 18 2022
21:51:14
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =2
FACT=10.19
USUM (AVG)
RSYS=1
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =1.03
SMN =0
SMX =1.03
0
.06
.1
.16
.21
.26
.31
.36
.41
.47
.51
.56
.62
.67
.72
.77
.82
.87
.92
.97
1.03

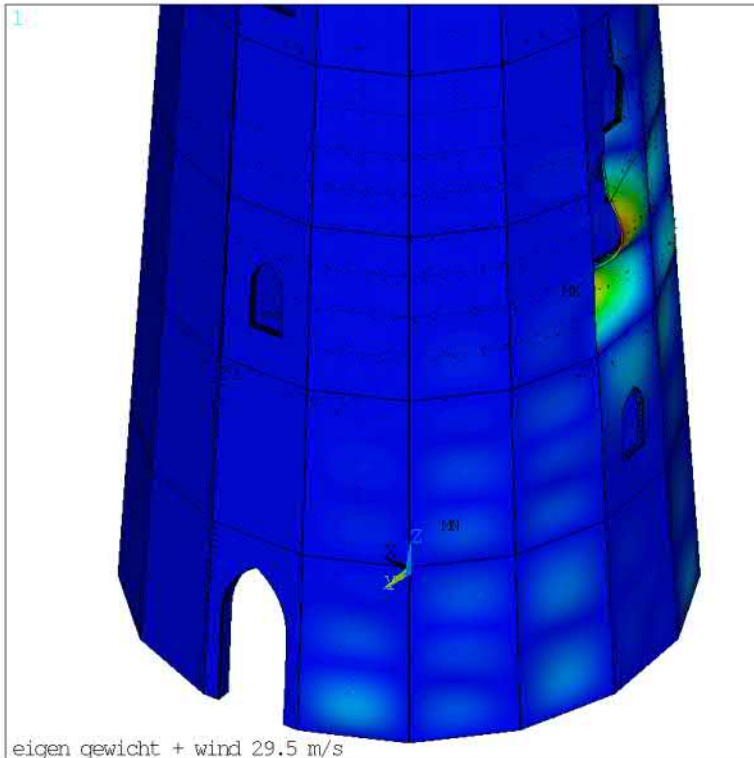


ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 18 2022
21:51:40
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =3
FACT=17.41
USUM (AVG)
RSYS=1
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =1.03
SMN =0
SMX =1.03
0
.06
.1
.16
.21
.26
.31
.36
.41
.47
.51
.56
.62
.67
.72
.77
.82
.87
.92
.97
1.03

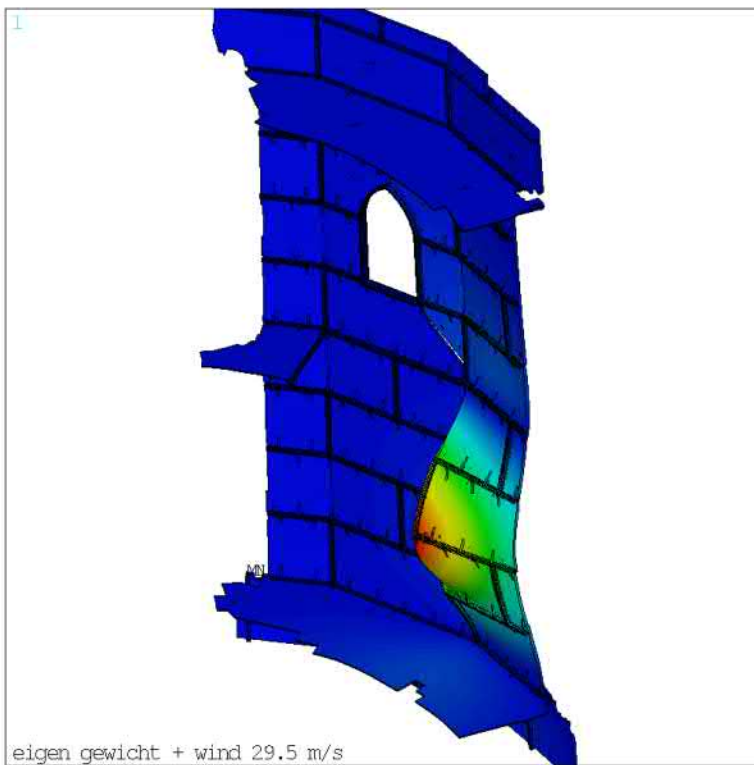




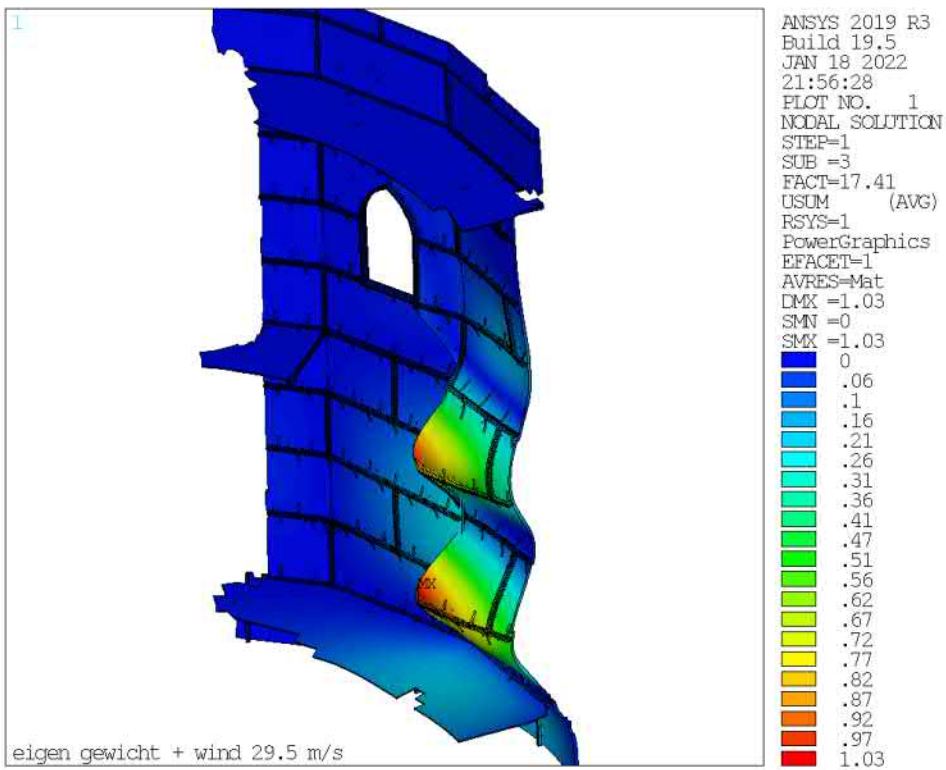
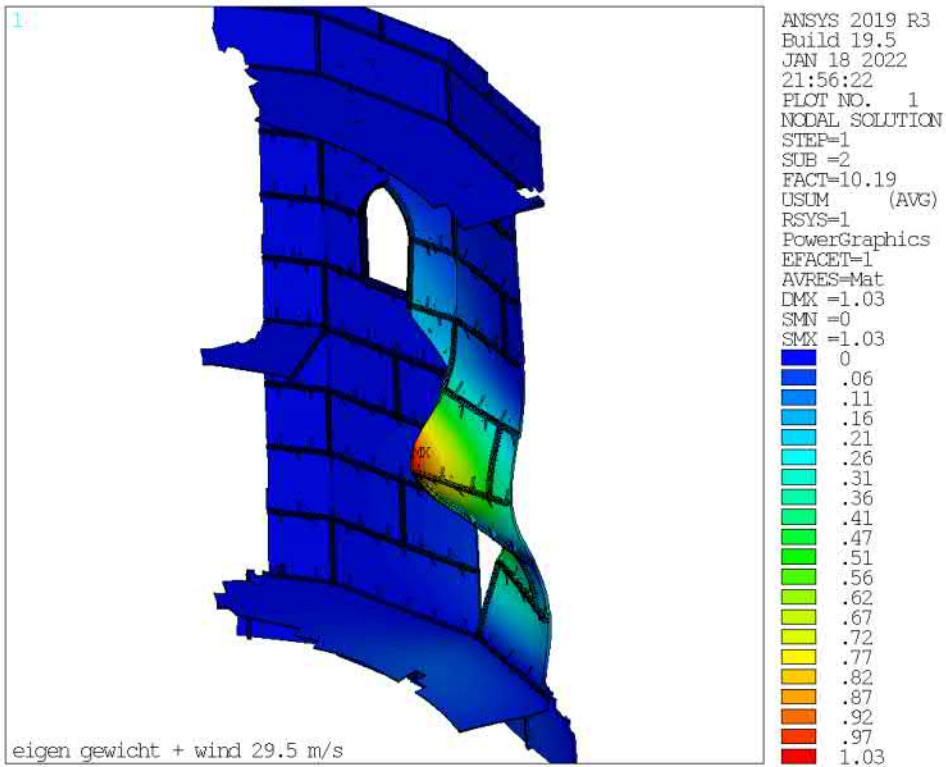


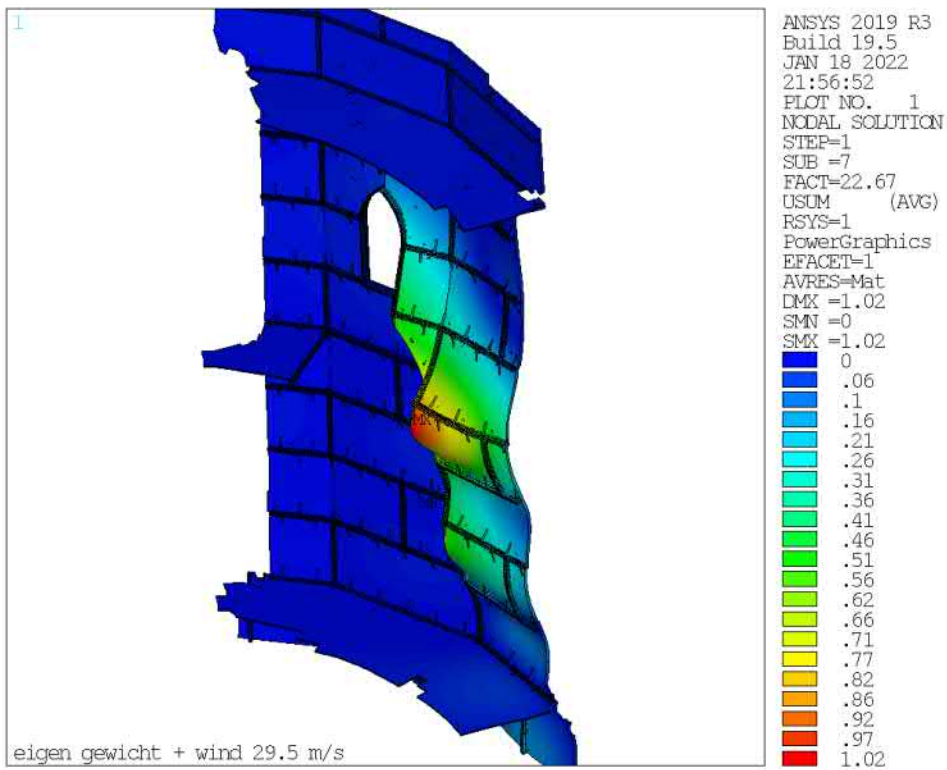
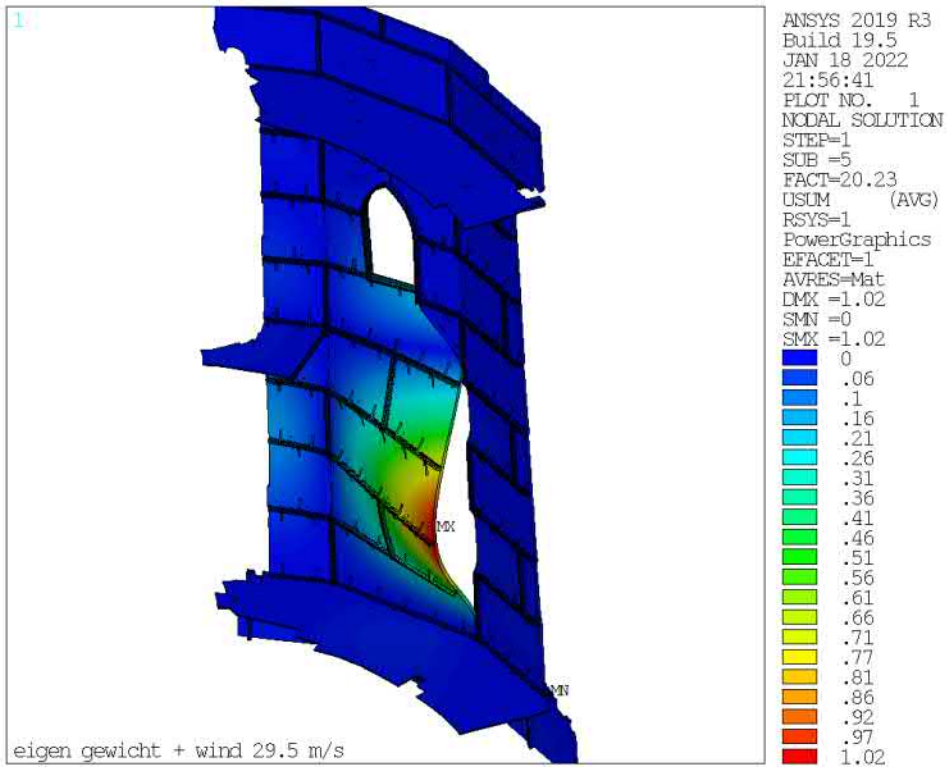


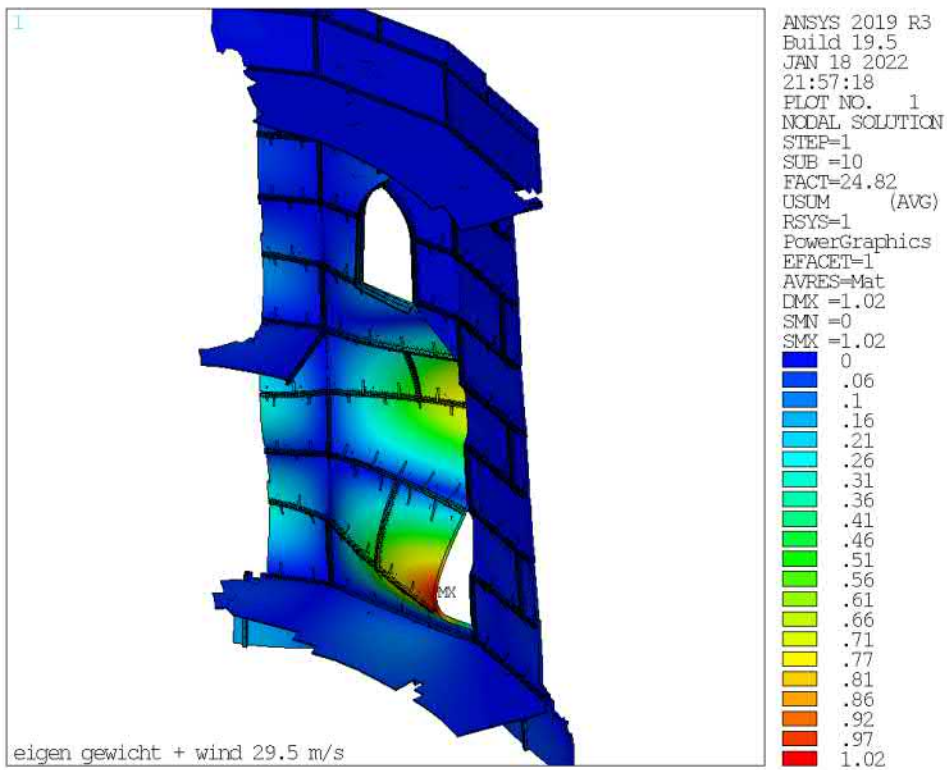
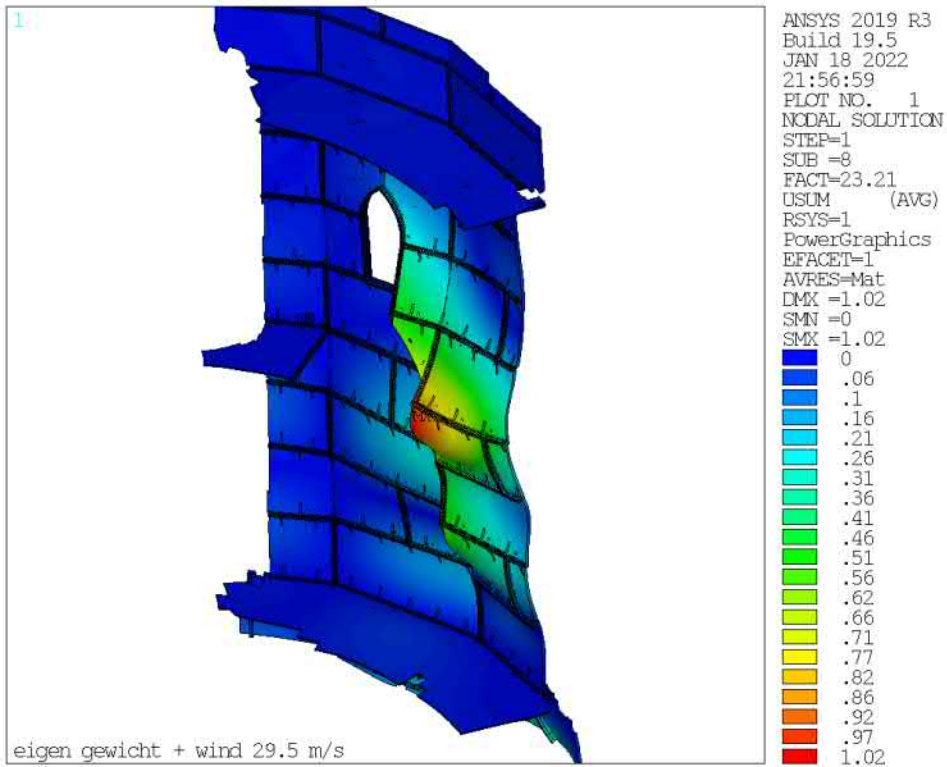
ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 18 2022
21:55:16
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =10
FACT=24.82
USUM (AVG)
RSYS=1
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =1.02
SMN =0
SMX =1.02
0
.06
.1
.16
.21
.26
.31
.36
.41
.46
.51
.56
.61
.66
.71
.77
.81
.86
.92
.97
1.02



ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 18 2022
21:56:15
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =1
FACT=7.7
USUM (AVG)
RSYS=1
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =1.03
SMN =0
SMX =1.03
0
.06
.1
.16
.21
.26
.31
.36
.41
.47
.51
.56
.62
.67
.72
.77
.82
.87
.92
.97
1.03





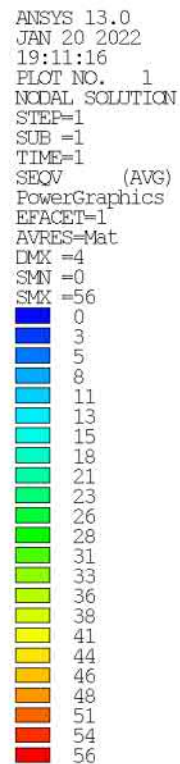
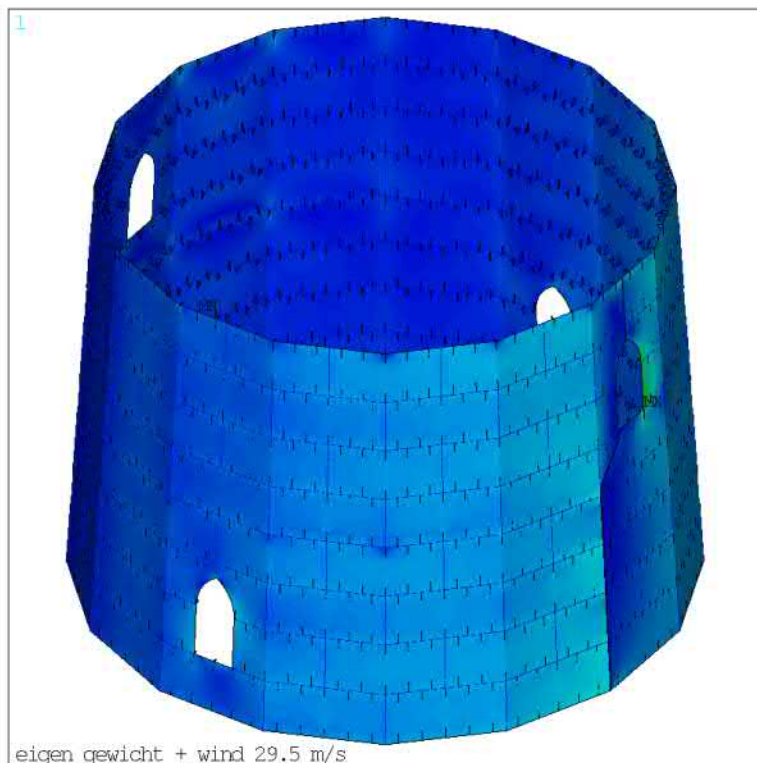
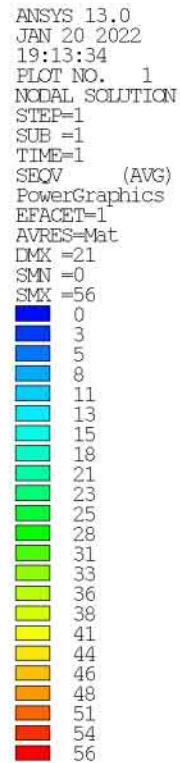
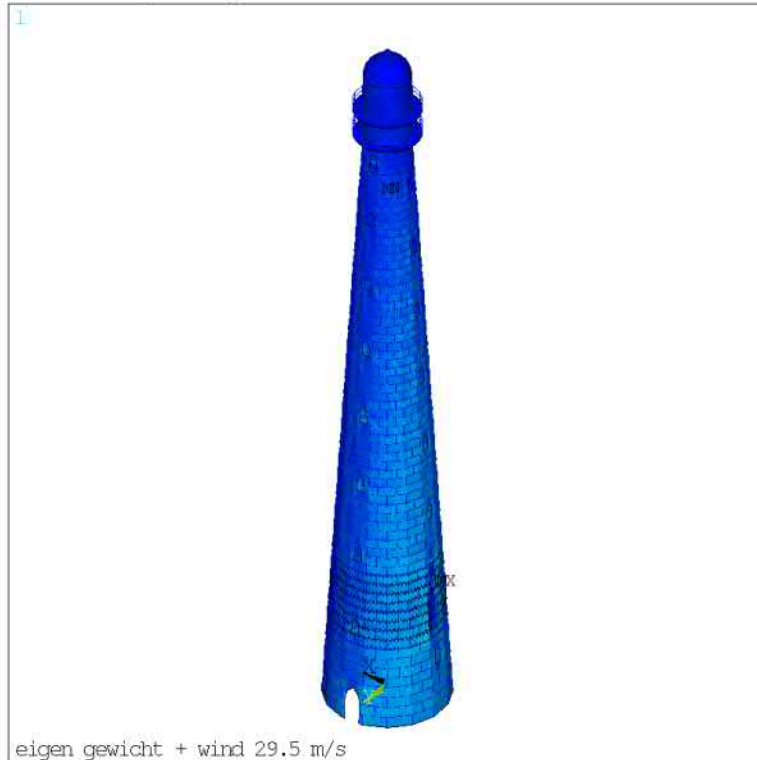


19.4 Globaal model, 15 Vloeren scharnierend, geen vooropening, met steunen

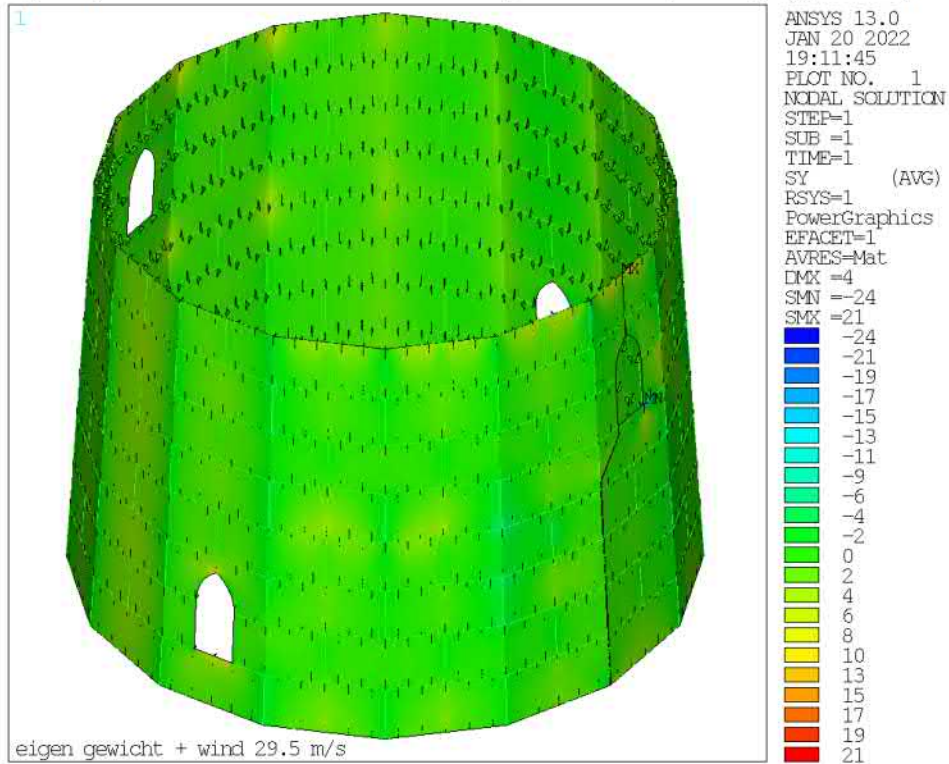
19.4.1 Model



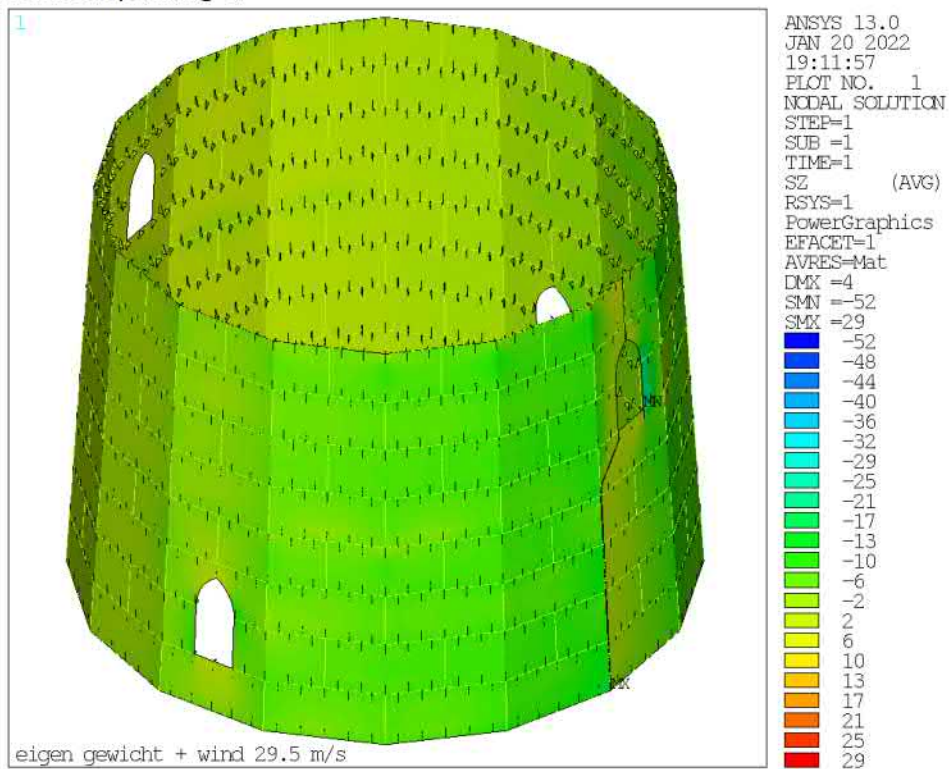
19.4.2 Spanningen
von Mises spanningen



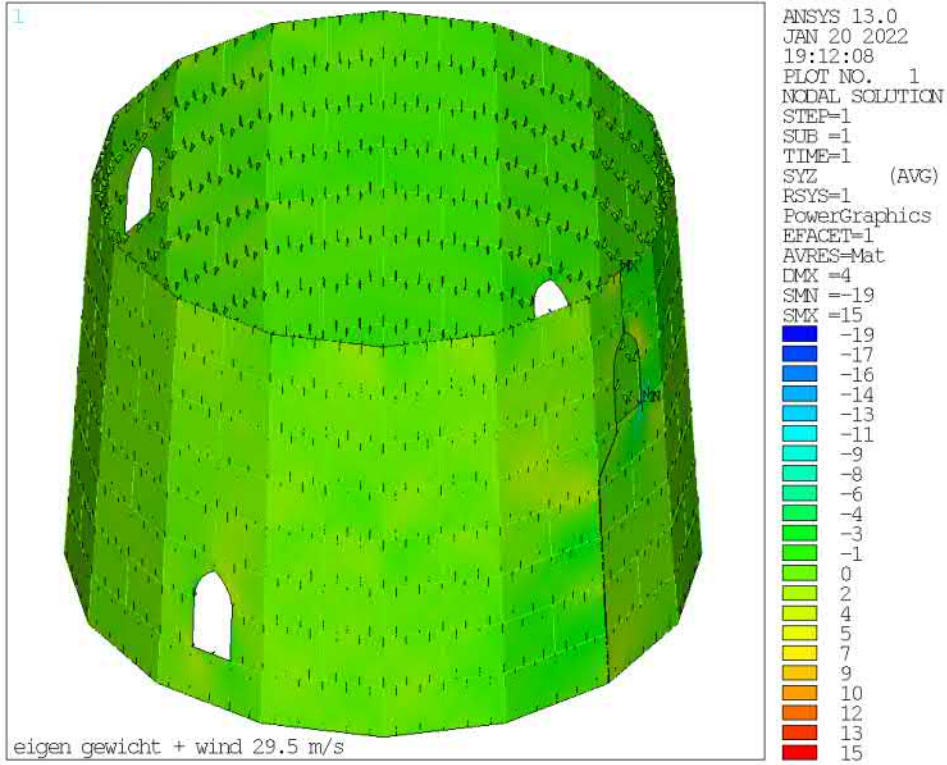
rsys =1 (cilindrisch assenstelsel om de z-as) horizontaalspanning σ_y (omtrek)



verticaalspanning σ_z



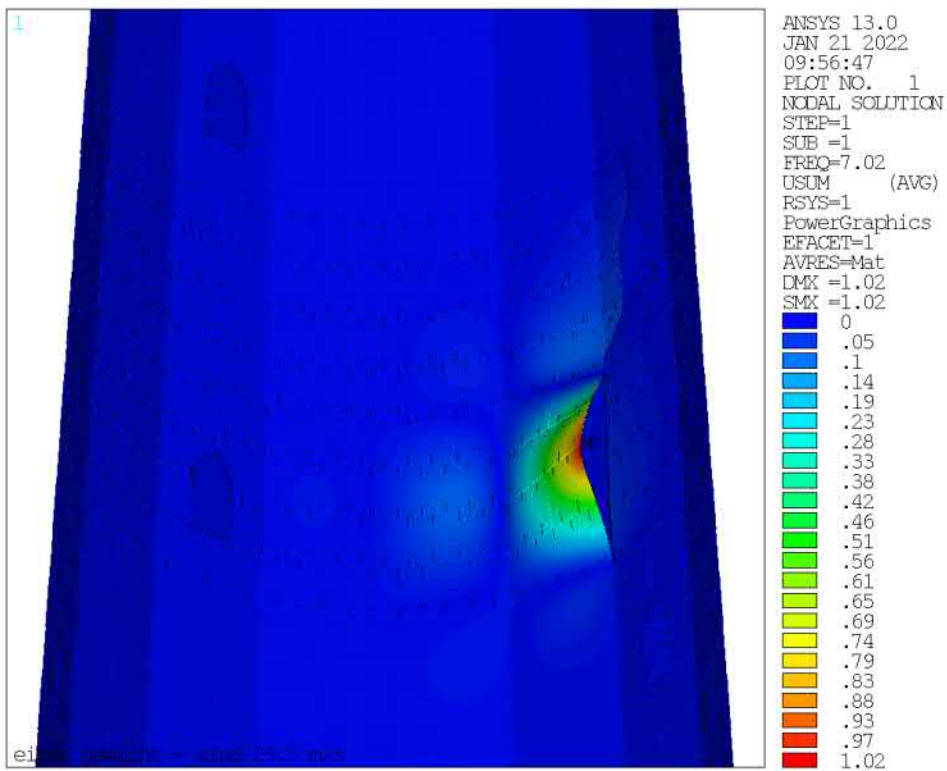
schuifspanning σ_{yz}

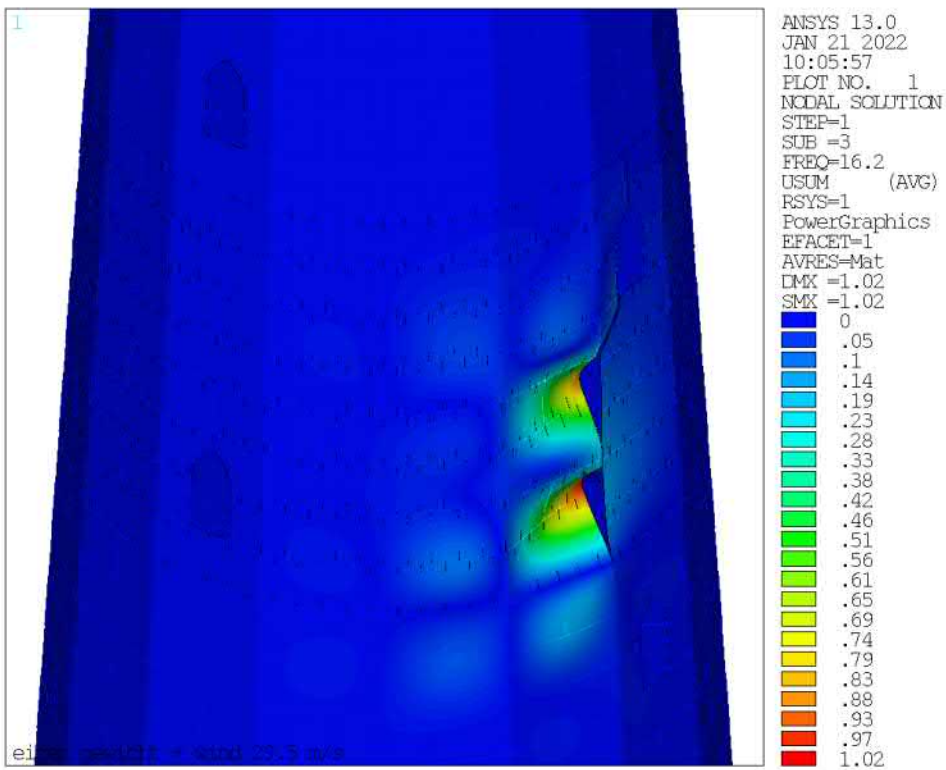
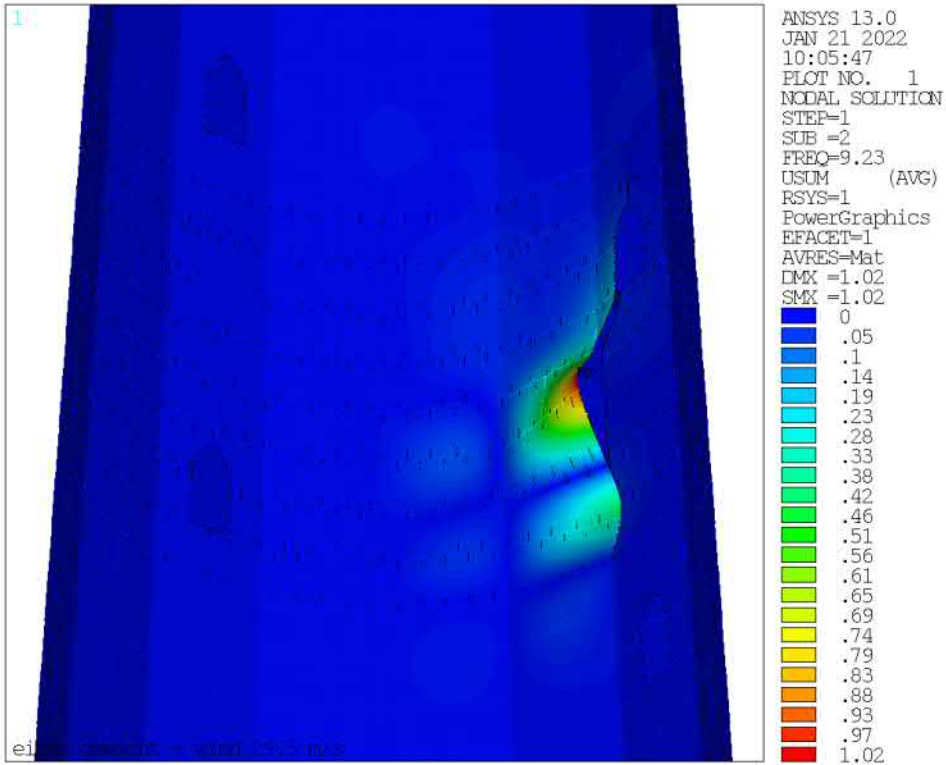


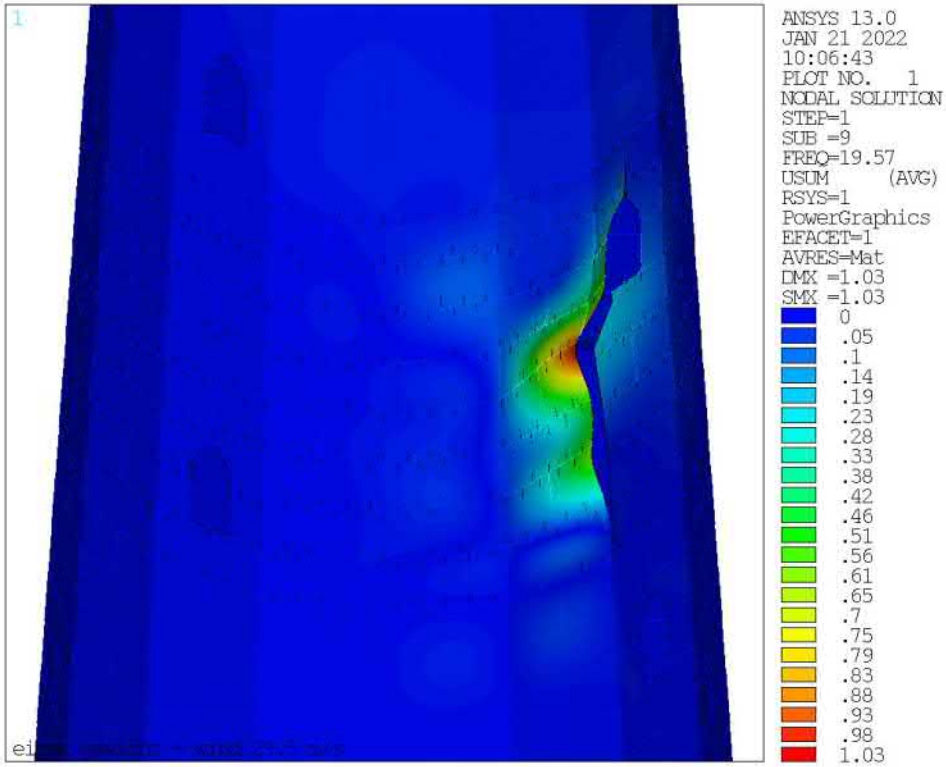
19.4.3 Buckling

(let op! Eigen buckling = lineaire berekening, dus vooropening van 25mm tussen vloeren en buitenwand/kuip worden niet meegenomen)

set	n
1	7.0198
2	9.2332
3	16.196
4	17.692
5	17.713
6	17.763
7	18.135
8	19.419
9	19.567
10	20.221



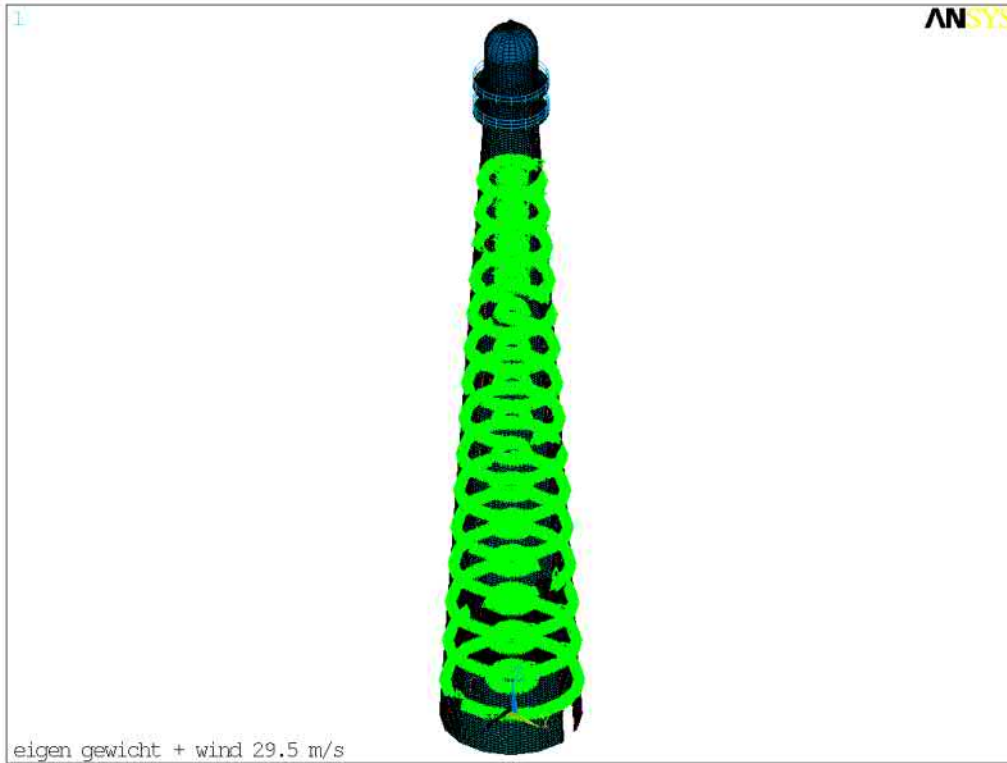




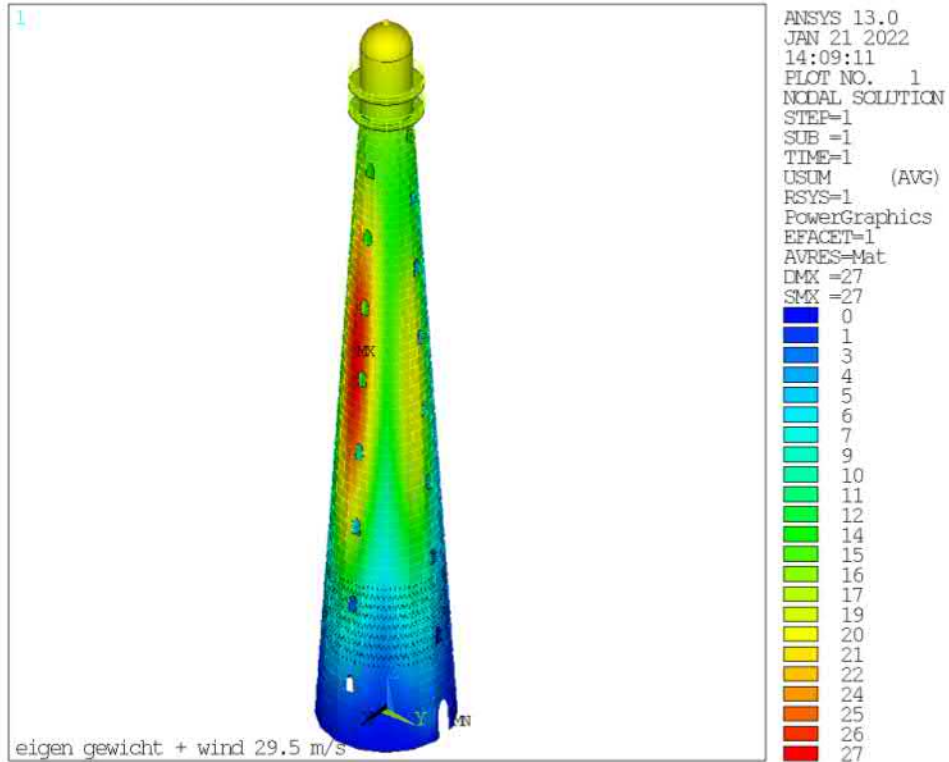
	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01
		Rev.nr. : 05
Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com	Structural check	Datum : 04-02-2022
		Pagina : 216

19.5 Globaal model, 15 Vloeren scharnierend, 25mm vooropening, model met verticale scheur over 1 paneel, laag 3 rij 4, mesh op laag 3 en 4 25 [mm], met steunen

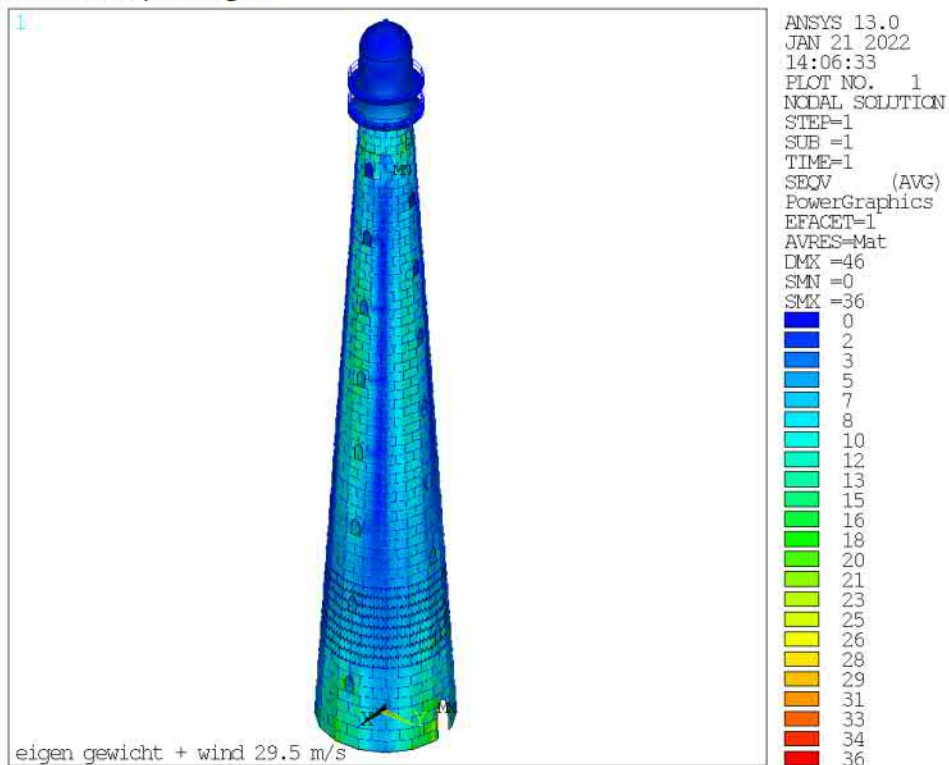
19.5.1 Model

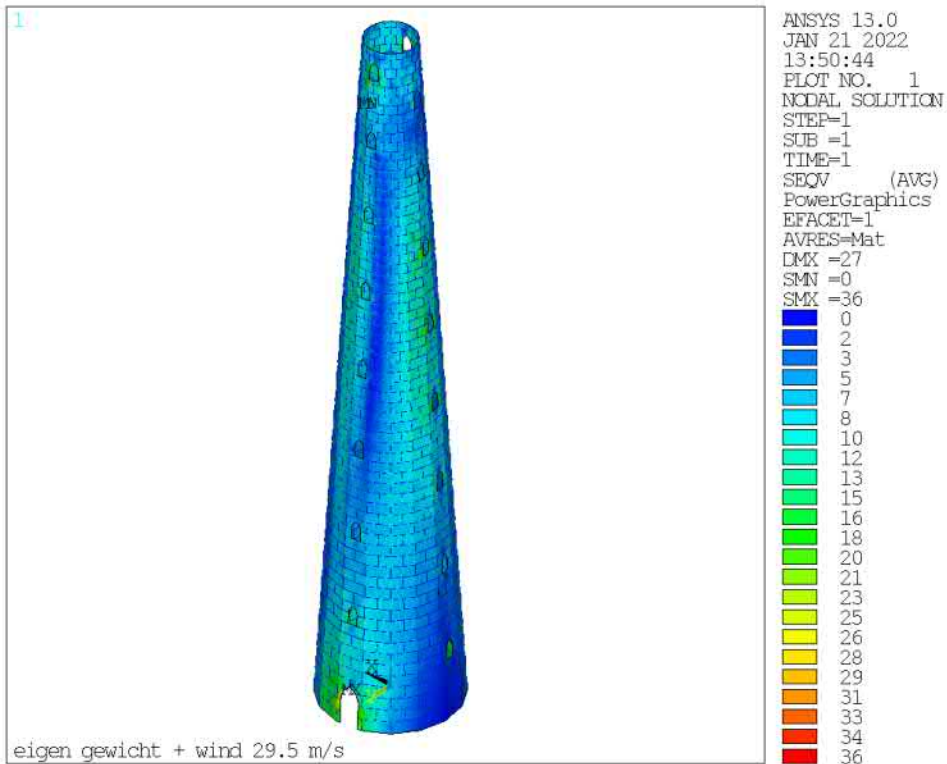


19.5.2 Vervorming

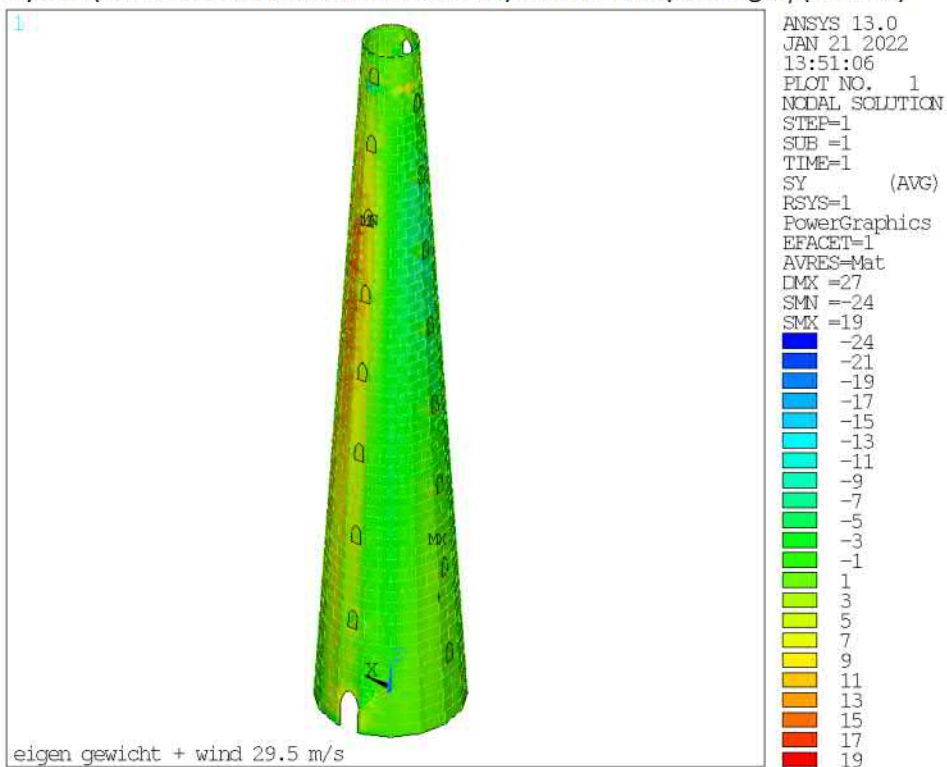


19.5.3 Spanningen von Mises spanningen

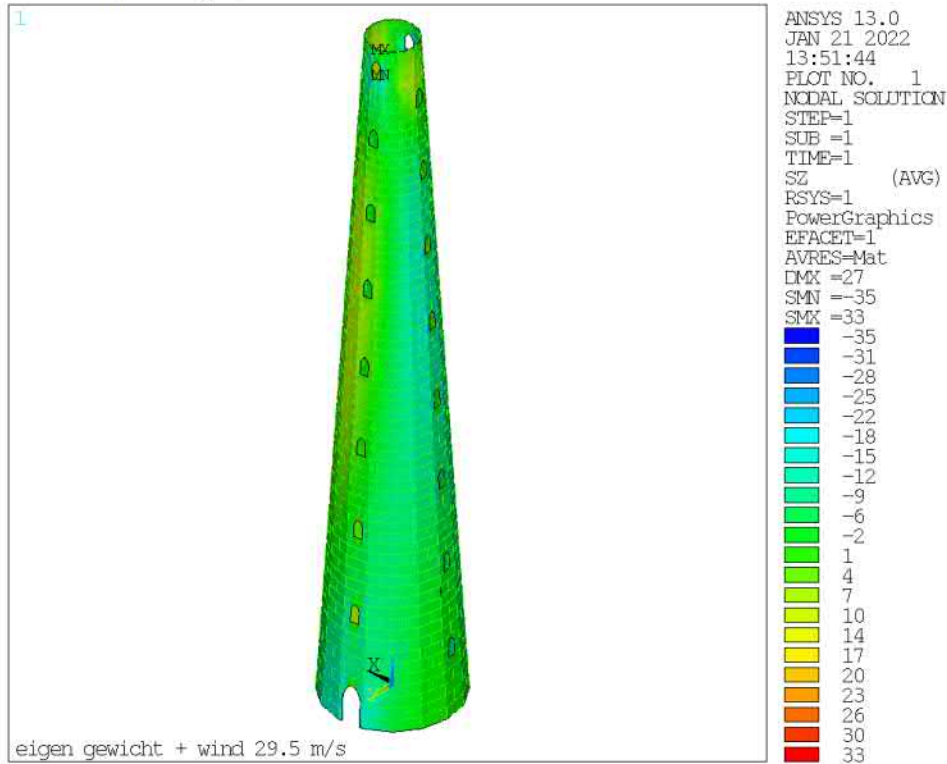




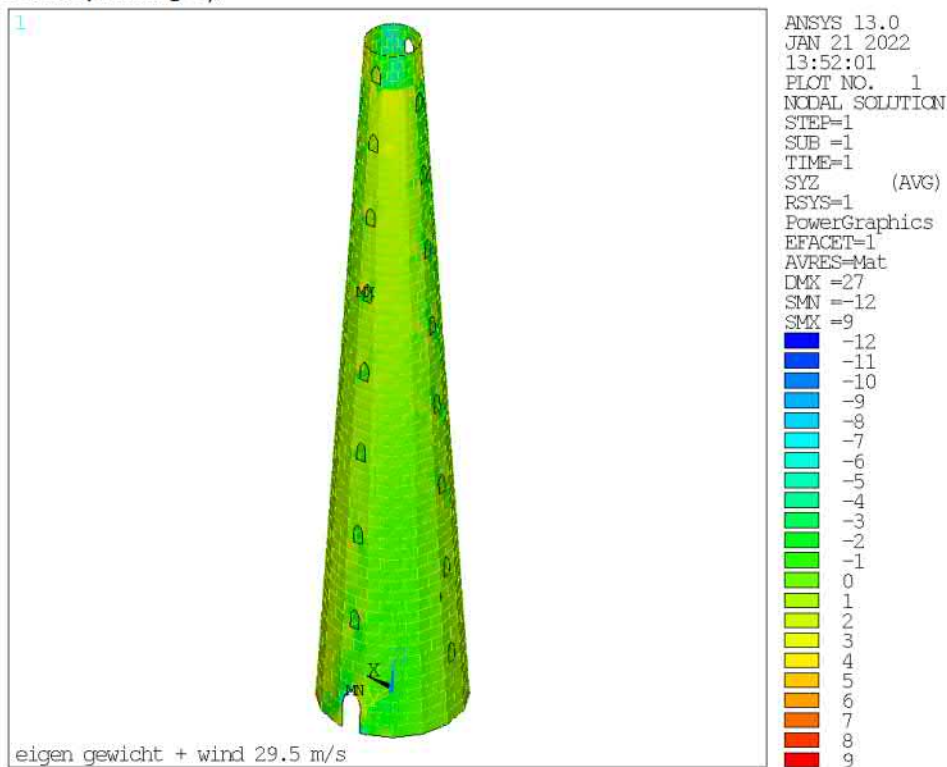
rsys =1 (cilindrisch assenstelsel om de z-as) horizontaalspanning σ_y (omtrek)



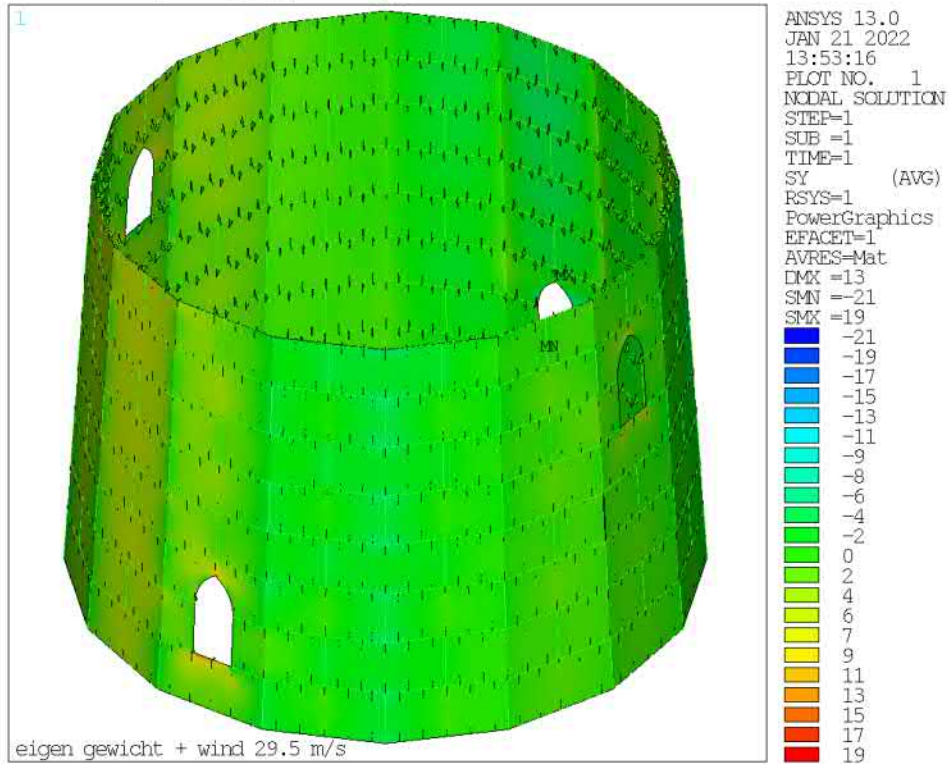
verticaalspanning σ_z



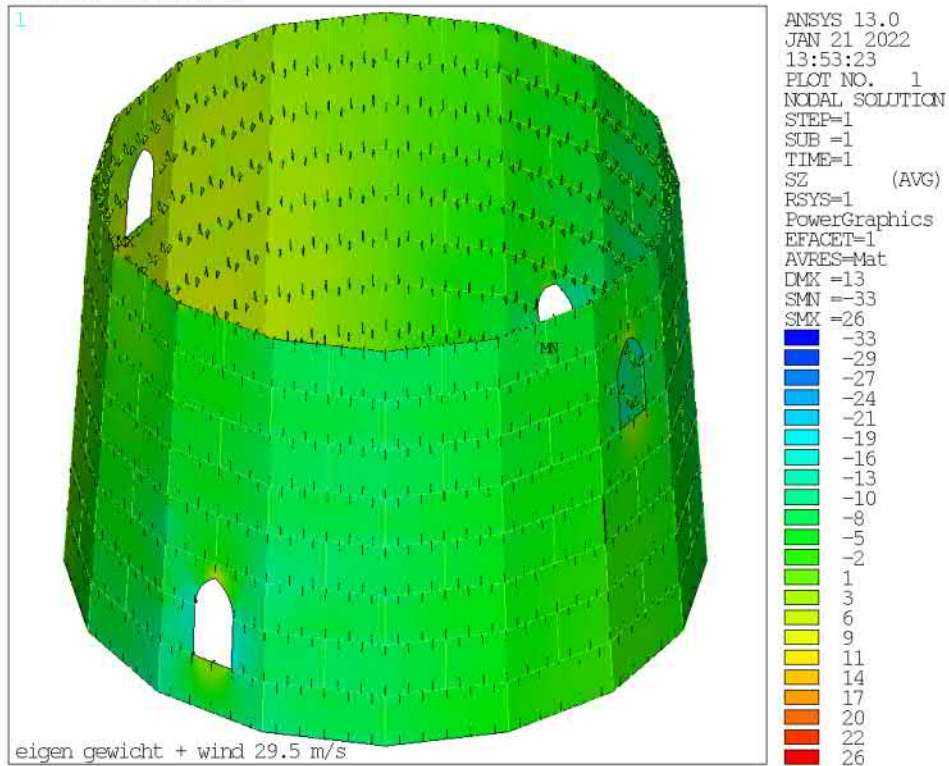
schuifspanning σ_{yz}



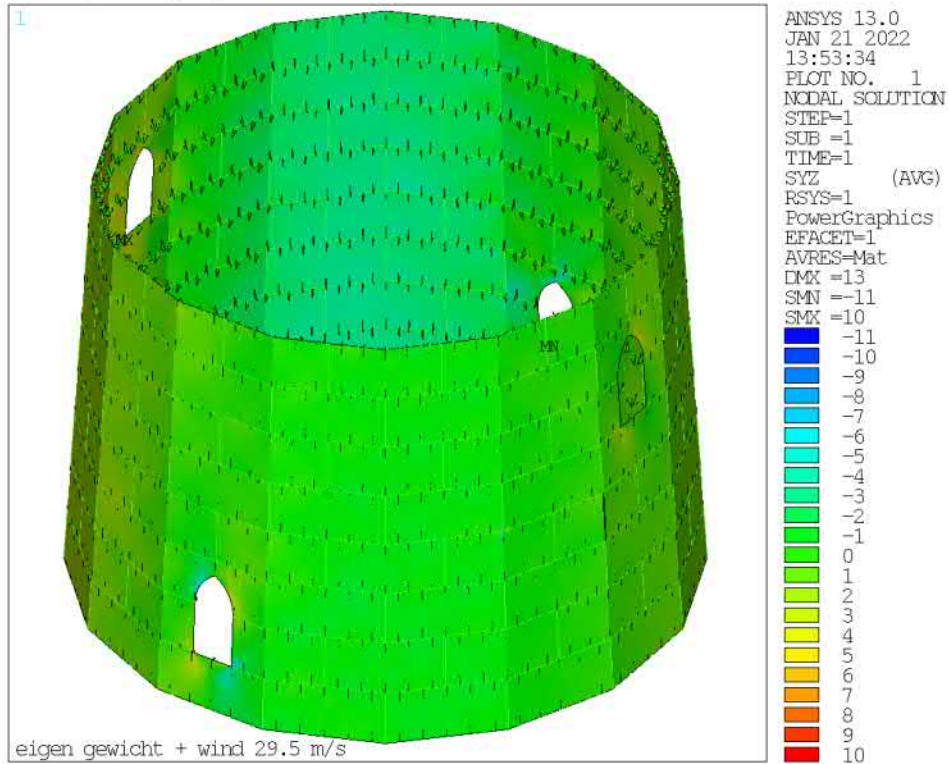
horizontaalspanning σ_y (omtrek)



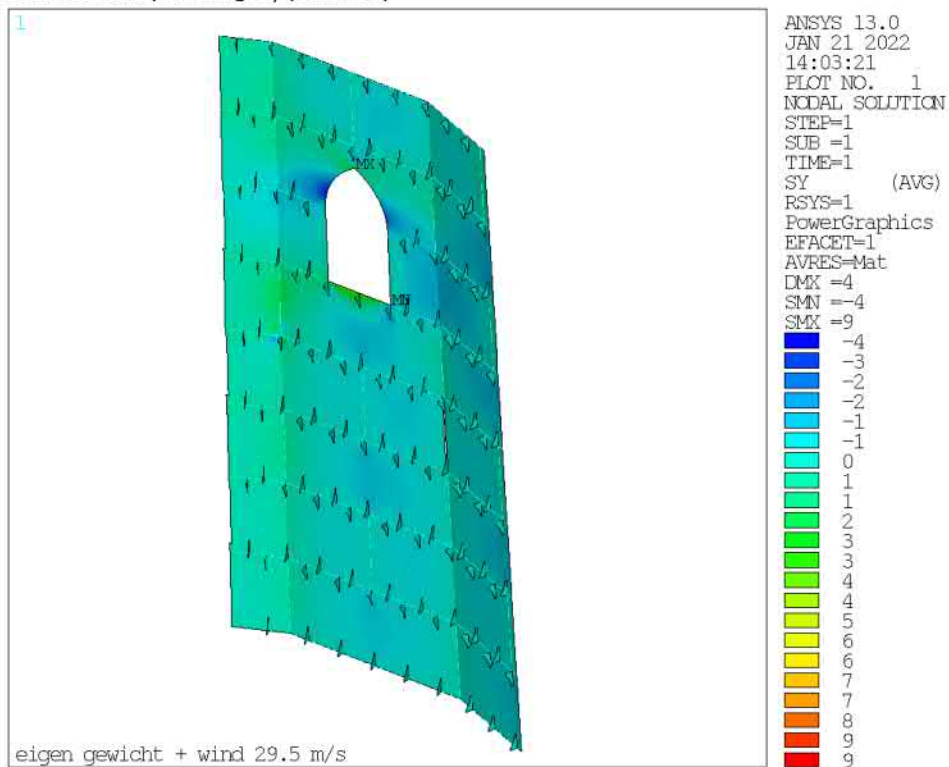
verticaalspanning σ_z



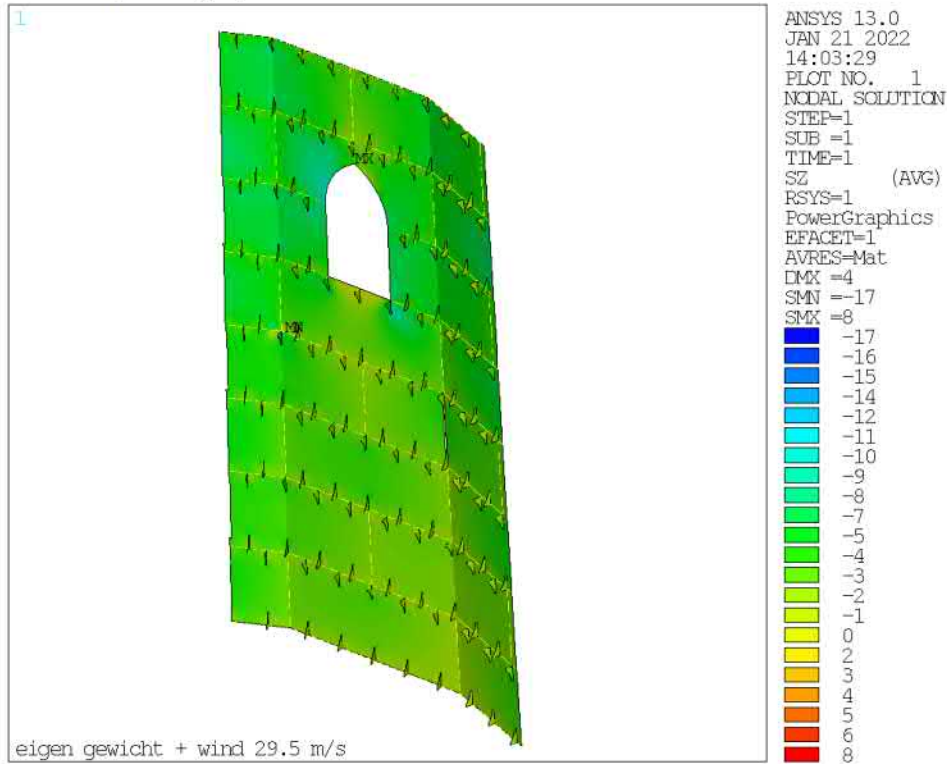
schuifspanning σ_{yz}



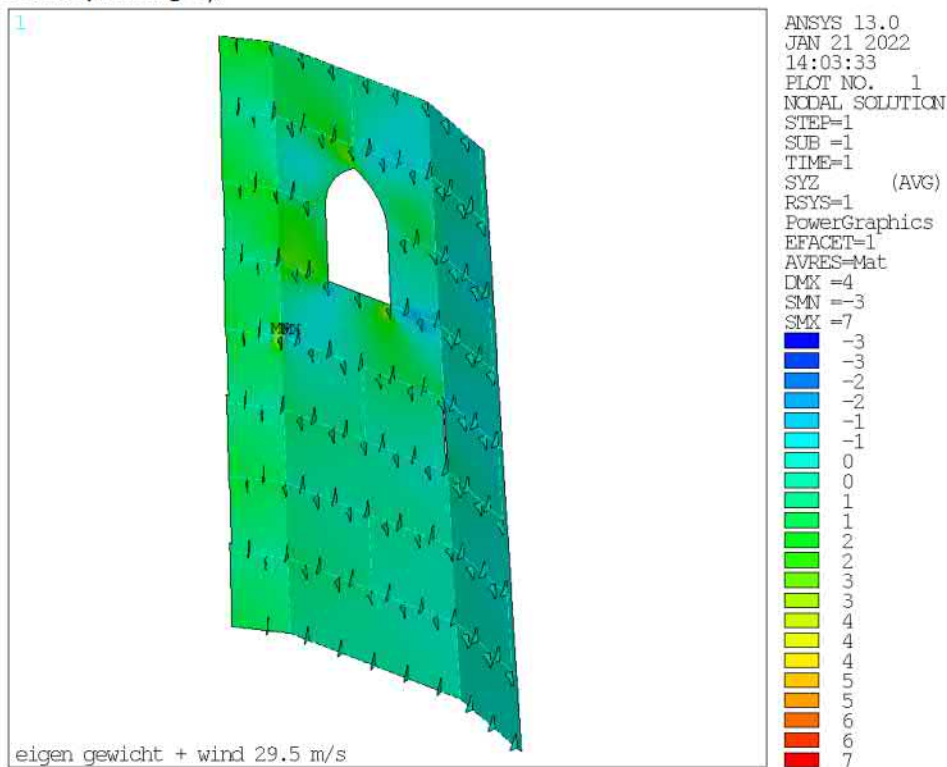
horizontaalspanning σ_y (omtrek)



verticaalspanning σ_z

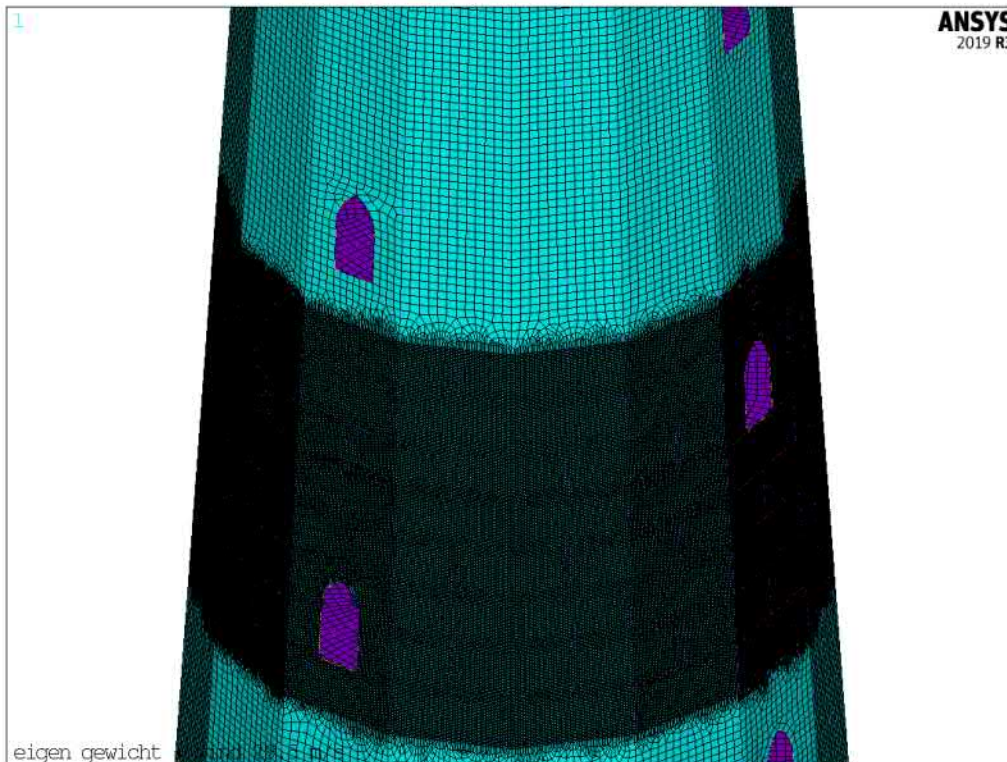


schuifspanning σ_{yz}

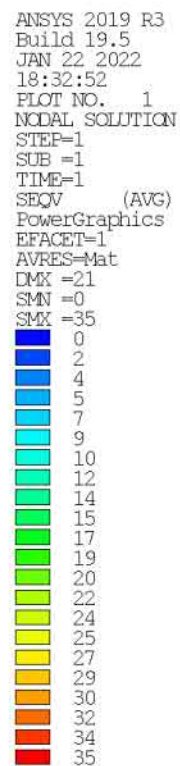
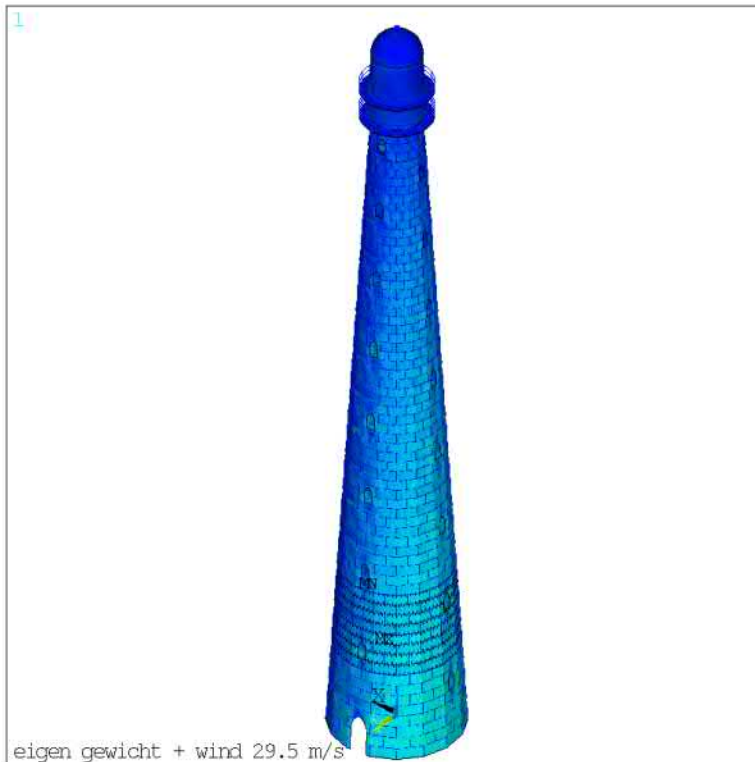
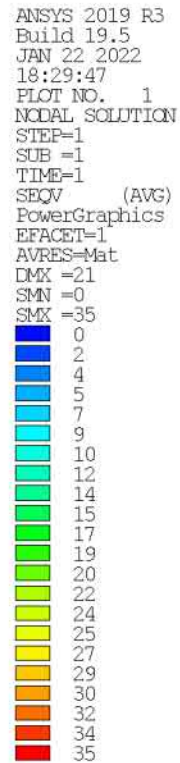


19.6 Globaal model, 15 Vloeren scharnierend, geen vooropening, model met verticale scheur over 1 paneel, laag 3 rij 4, mesh op laag 3 en 4 25 [mm], met steunen

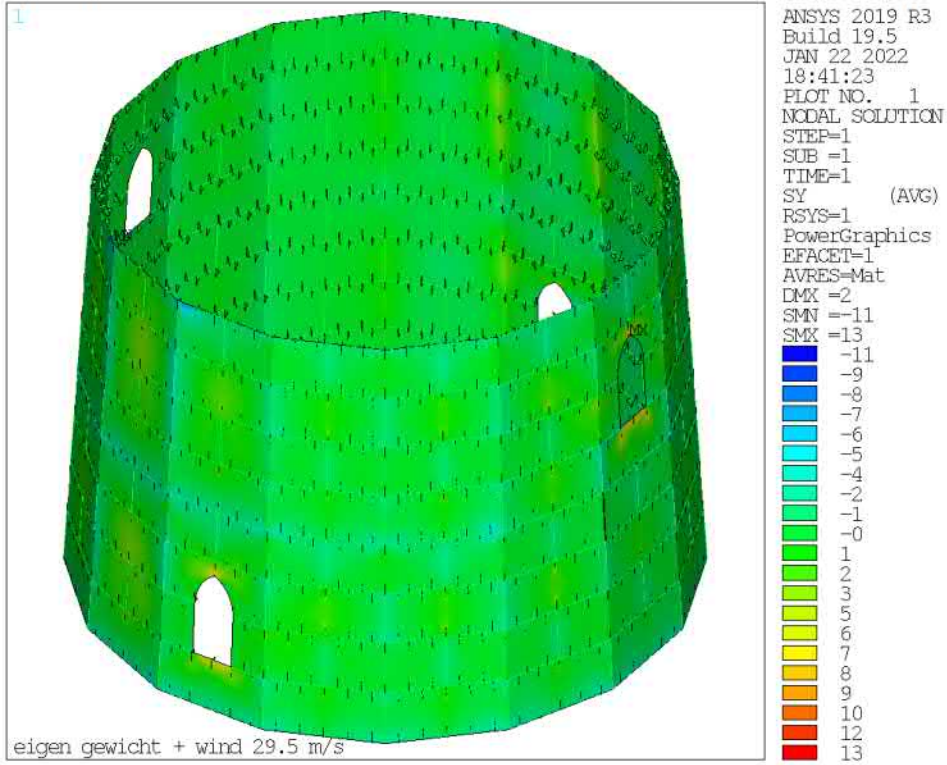
19.6.1 Model



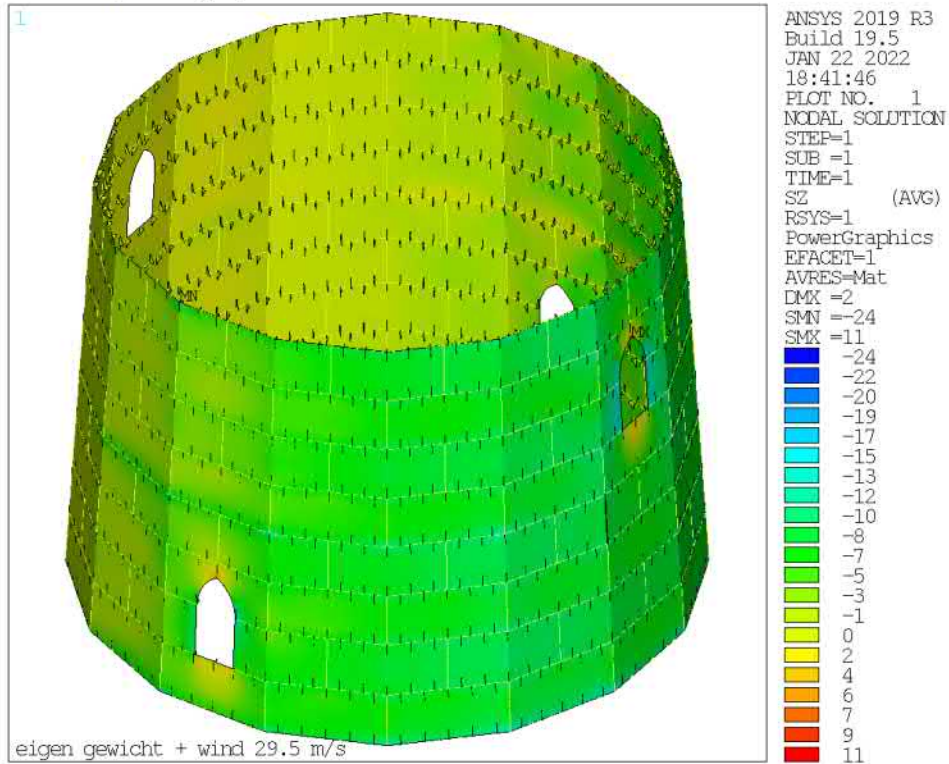
19.6.2 Spanningen
von Mises spanningen



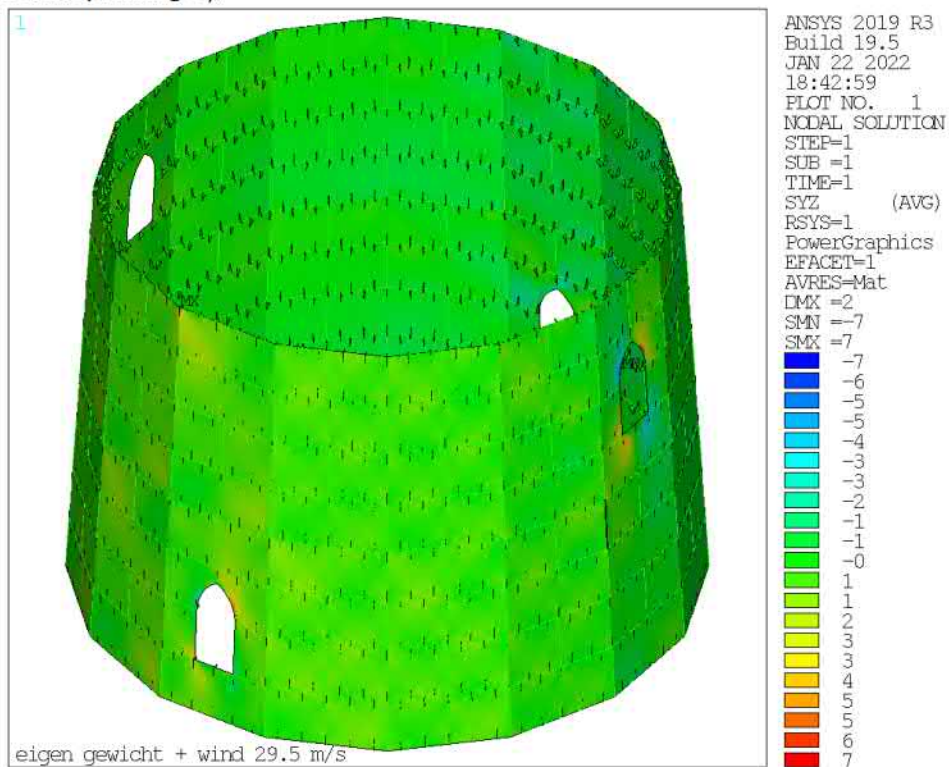
rsys =1 (cilindrisch assenstelsel om de z-as) horizontaalspanning σ_y (omtrek)



verticaalspanning σ_z

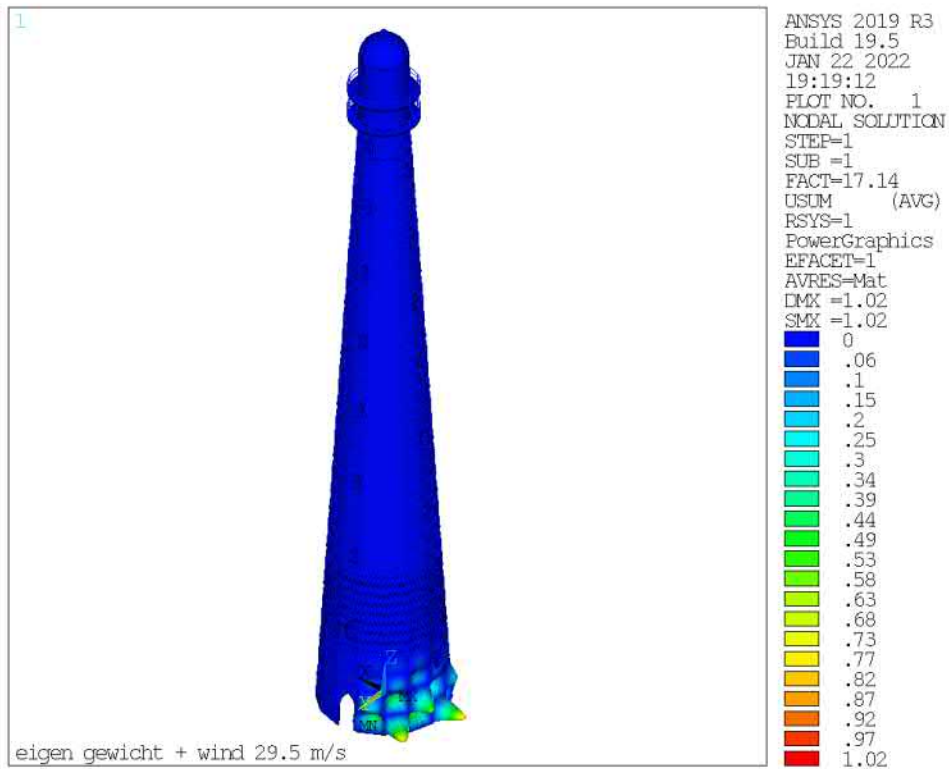


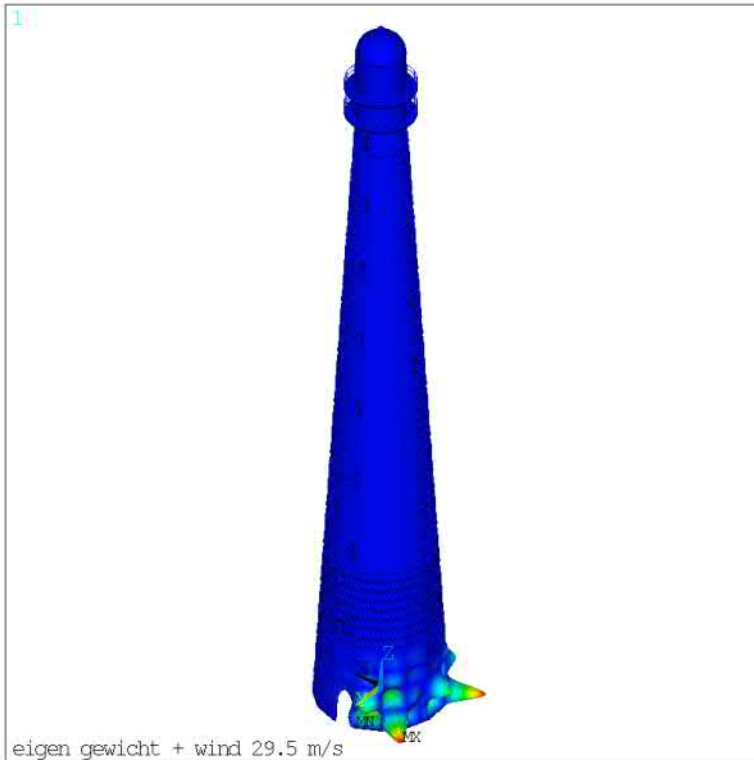
schuifspanning σ_{yz}



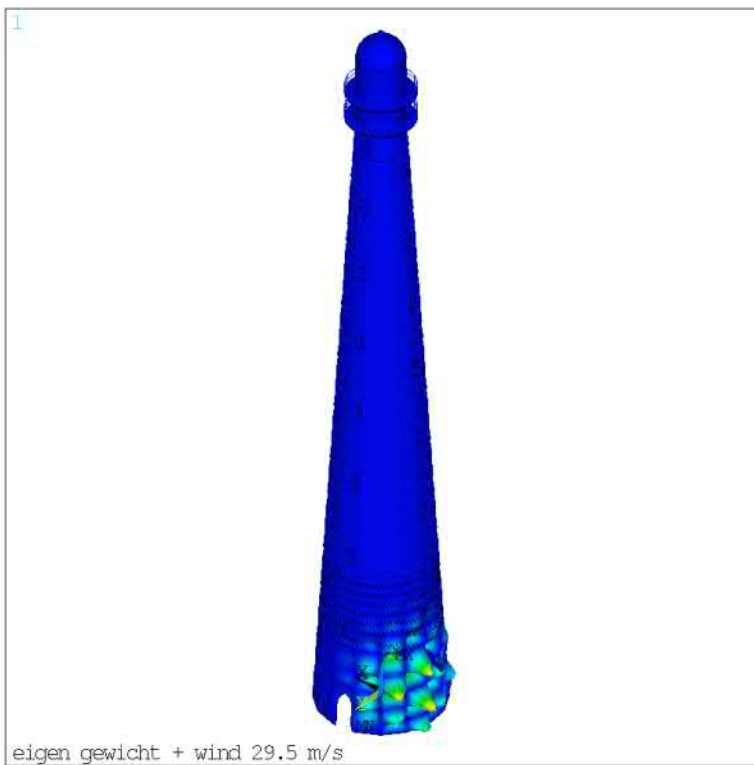
19.6.3 Buckling

set	n
1	17.144
2	19.399
3	20.527
4	21.725
5	22.646
6	23.026
7	24.111
8	24.534
9	25.031
10	25.356





ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 22 2022
19:19:33
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =2
FACT=19.4
USUM (AVG)
RSYS=1
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =1.06
SMX =1.06
0
.06
.11
.16
.21
.26
.31
.36
.41
.46
.51
.56
.61
.66
.71
.76
.81
.86
.91
.96
1.01
1.06



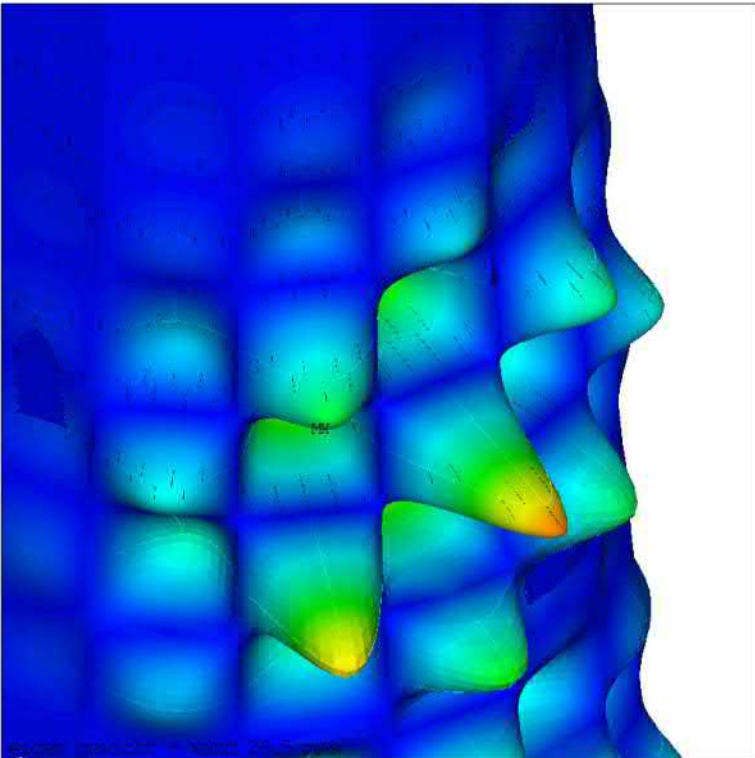
ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 22 2022
19:19:43
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =3
FACT=20.53
USUM (AVG)
RSYS=1
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =1.02
SMX =1.02
0
.06
.1
.15
.2
.25
.3
.34
.39
.44
.49
.53
.58
.63
.68
.73
.77
.82
.87
.92
.96
1.02

1.



eigen gewicht + wind 29.5 m/s

ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 22 2022
19:20:01
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =4
FACT=21.72
USUM (AVG)
RSYS=1
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =1.2
SMX =1.2
0
.07
.12
.18
.24
.29
.35
.4
.46
.52
.57
.63
.69
.74
.8
.86
.91
.97
1.02
1.08
1.14
1.2

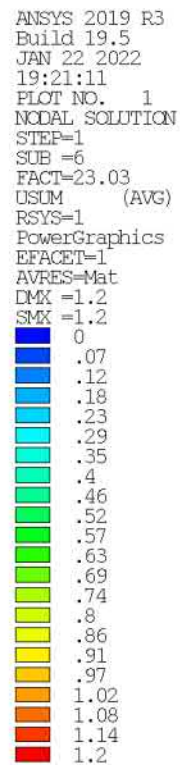


ANSYS 2019 R3
Build 19.5
JAN 22 2022
19:20:50
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =5
FACT=22.65
USUM (AVG)
RSYS=1
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =1.02
SMX =1.02
0
.06
.1
.15
.2
.25
.3
.34
.39
.44
.49
.53
.58
.63
.68
.73
.77
.82
.87
.92
.97
1.02

1.



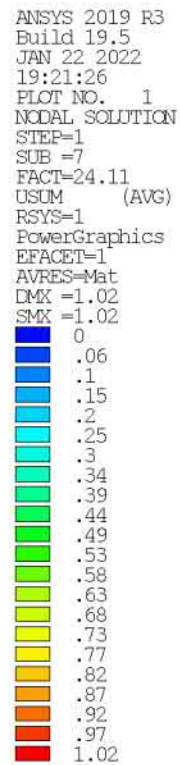
eigen gewicht + wind 29.5 m/s



1.



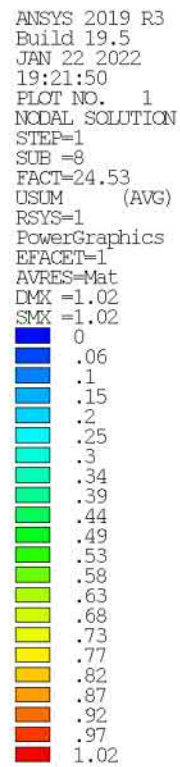
eigen gewicht + wind 29.5 m/s



1.



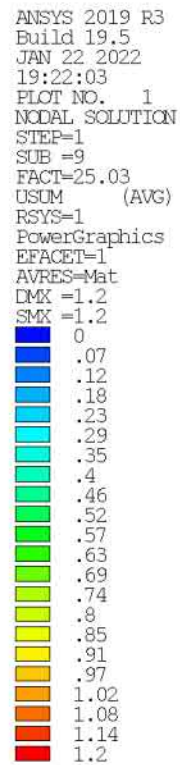
eigen gewicht + wind 29.5 m/s



1.



eigen gewicht + wind 29.5 m/s



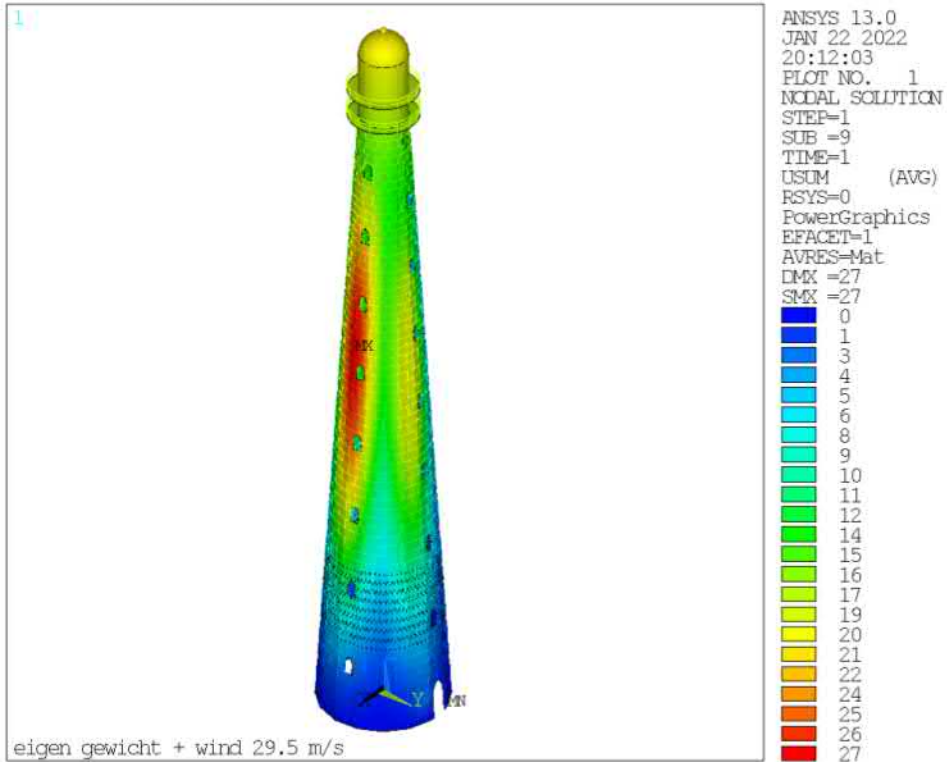
 Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 05
	Structural check	Datum : 04-02-2022 Pagina : 232

19.7 Globaal model, 15 vloeren scharnierend, 25mm vooropening, model met verticale scheur over 8 panelen, mesh laag 3 en 4 25 [mm], met steunen

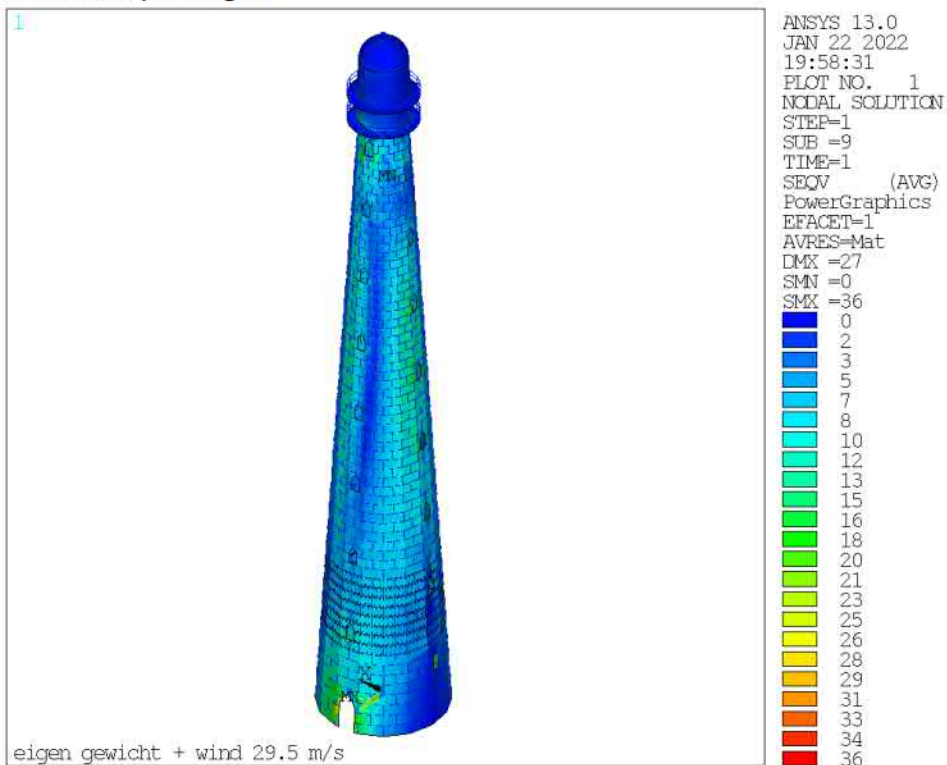
19.7.1 Model

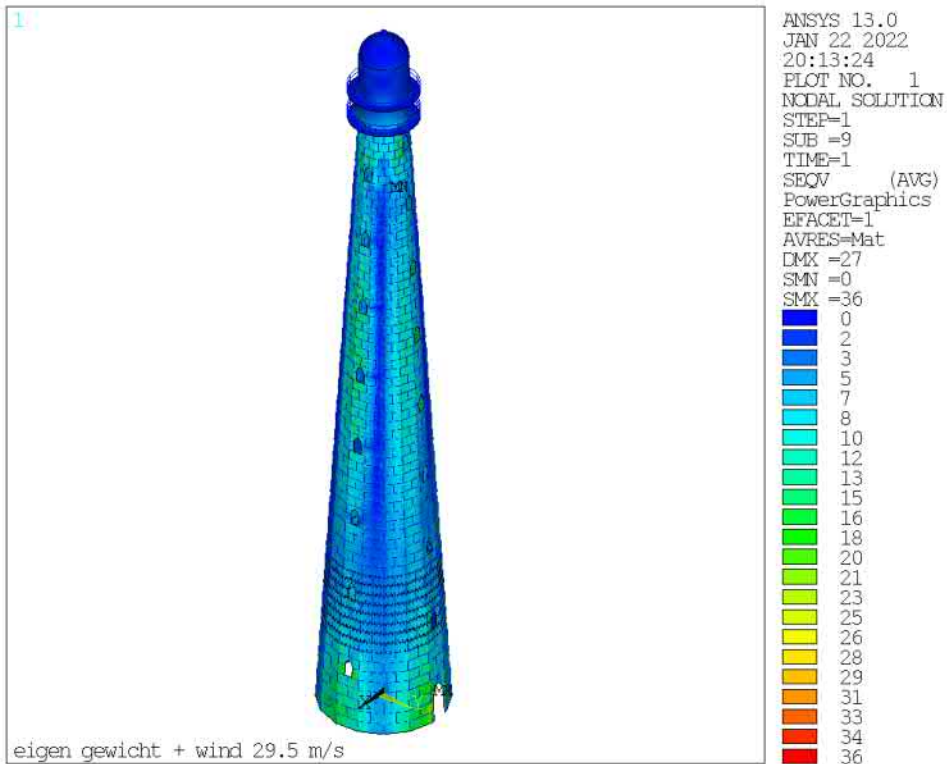


19.7.2 Vervormingen

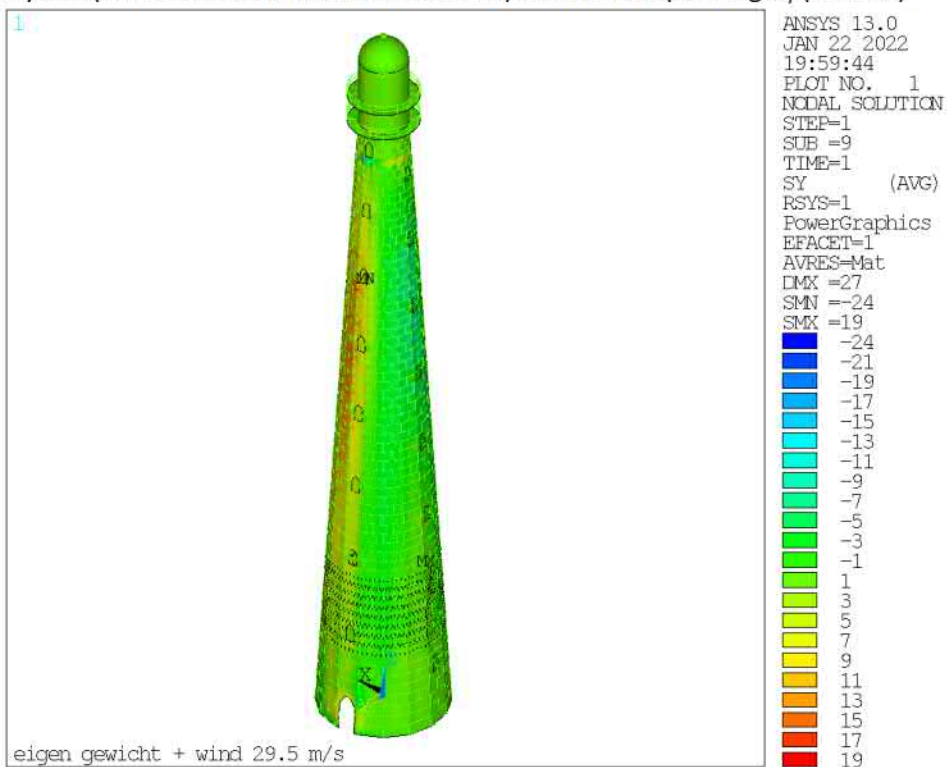


19.7.3 Spanningen von Mises spanningen

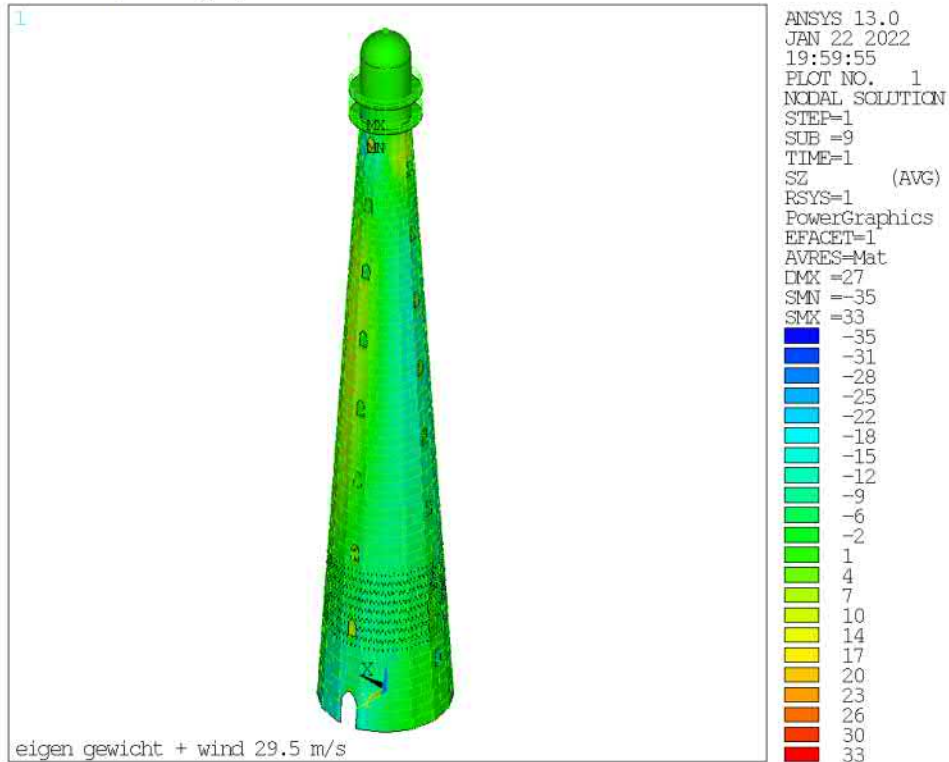




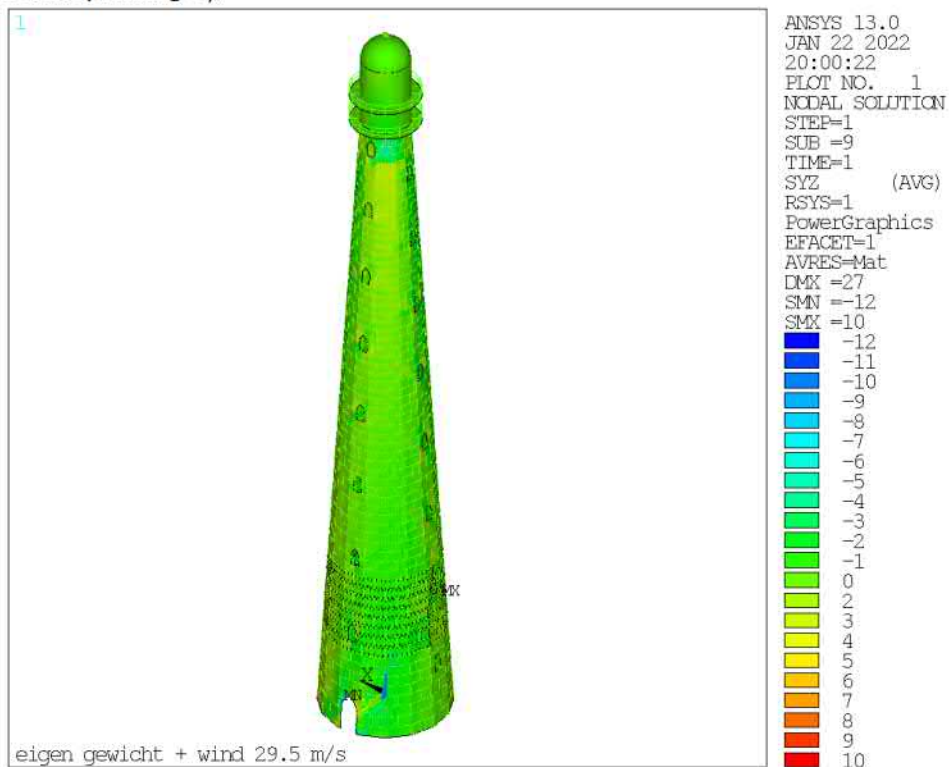
rsys =1 (cilindrisch assenstelsel om de z-as) horizontaalspanning σ_y (omtrek)



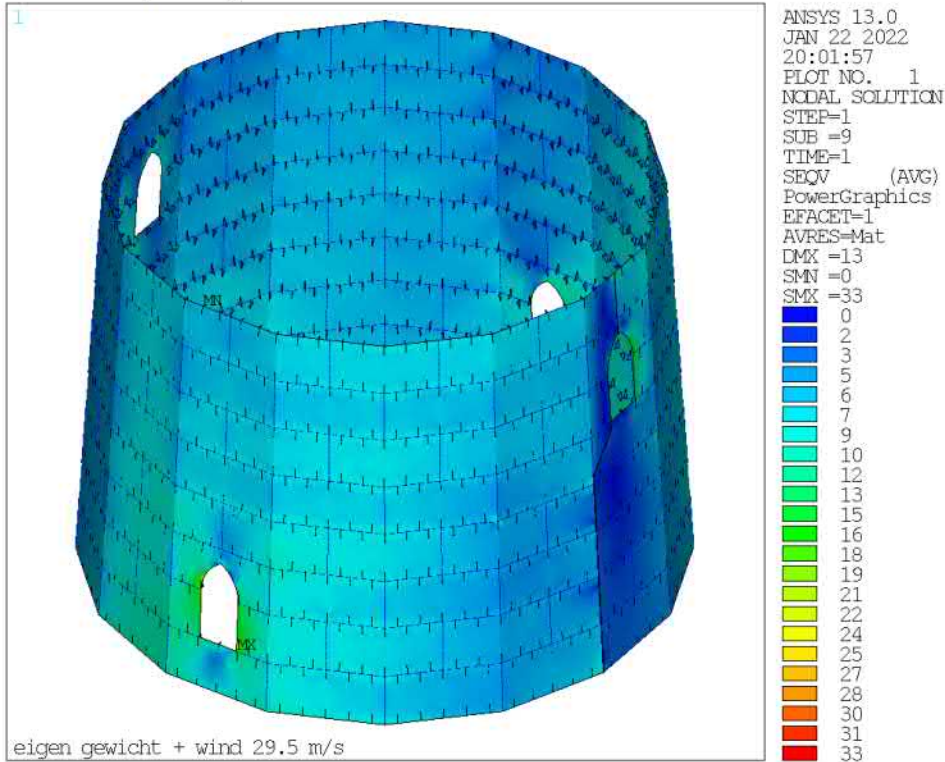
verticaalspanning σ_z



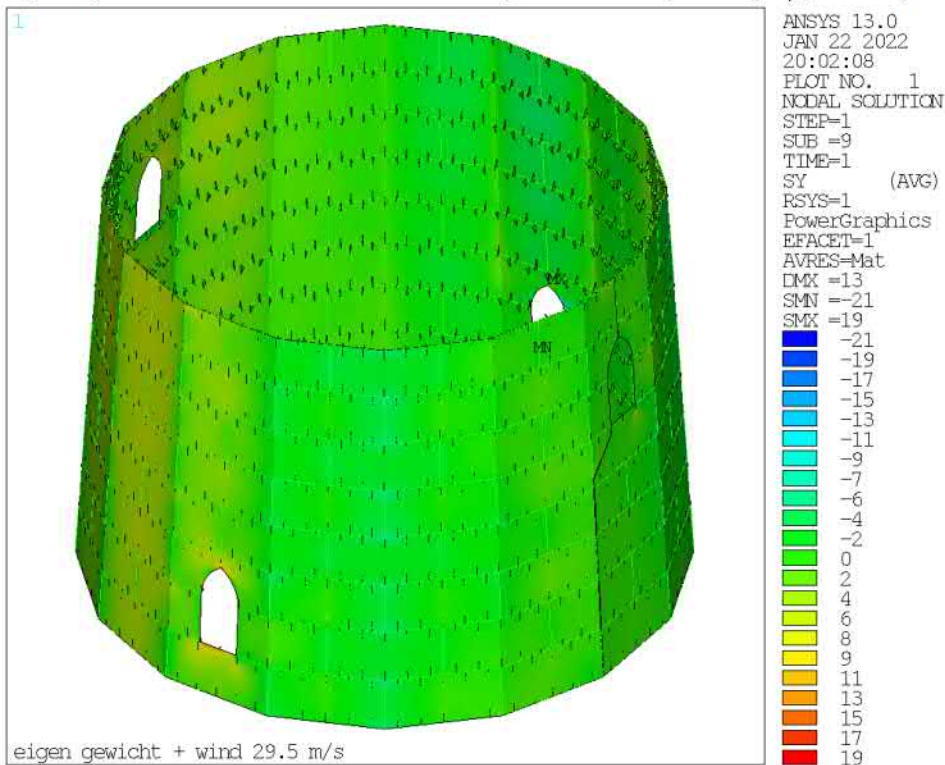
schuifspanning σ_{yz}



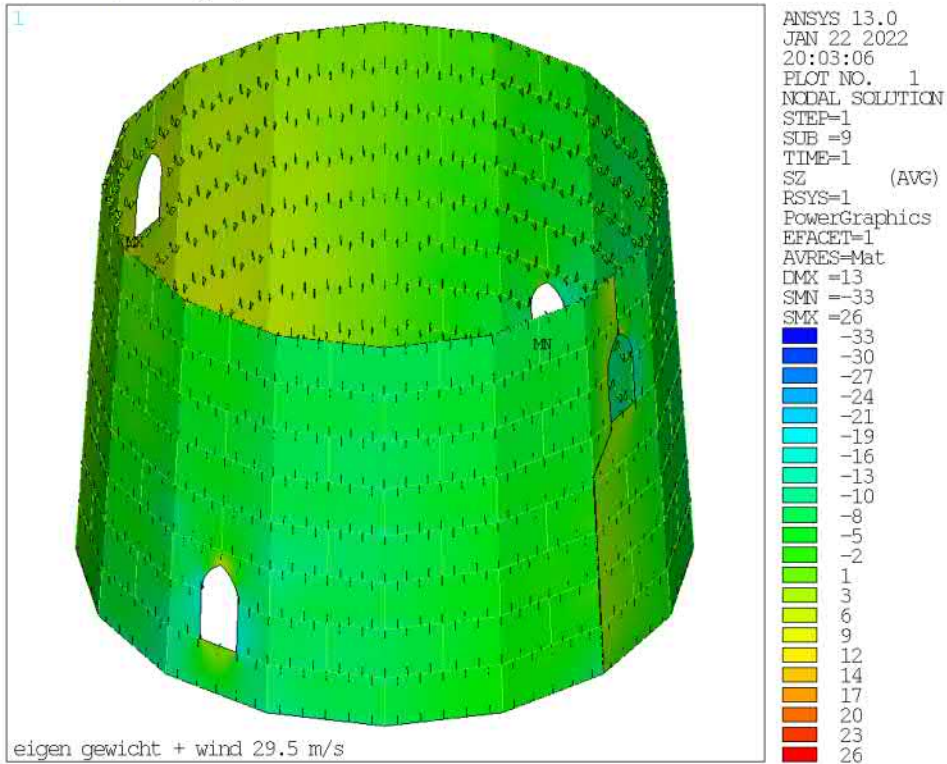
von Mises spanningen



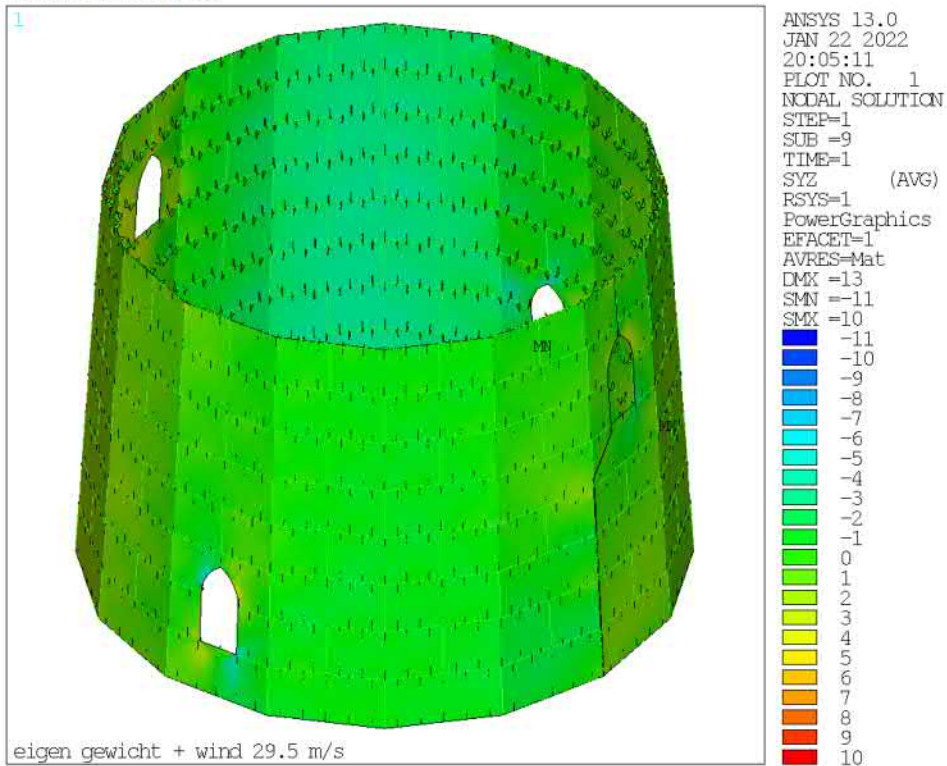
rsys =1 (cilindrisch assenstelsel om de z-as) horizontaalspanning σ_y (omtrek)



verticaalspanning σ_z



schuifspanning σ_{yz}



 Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01 Rev.nr. : 05
	Structural check	Datum : 04-02-2022 Pagina : 238

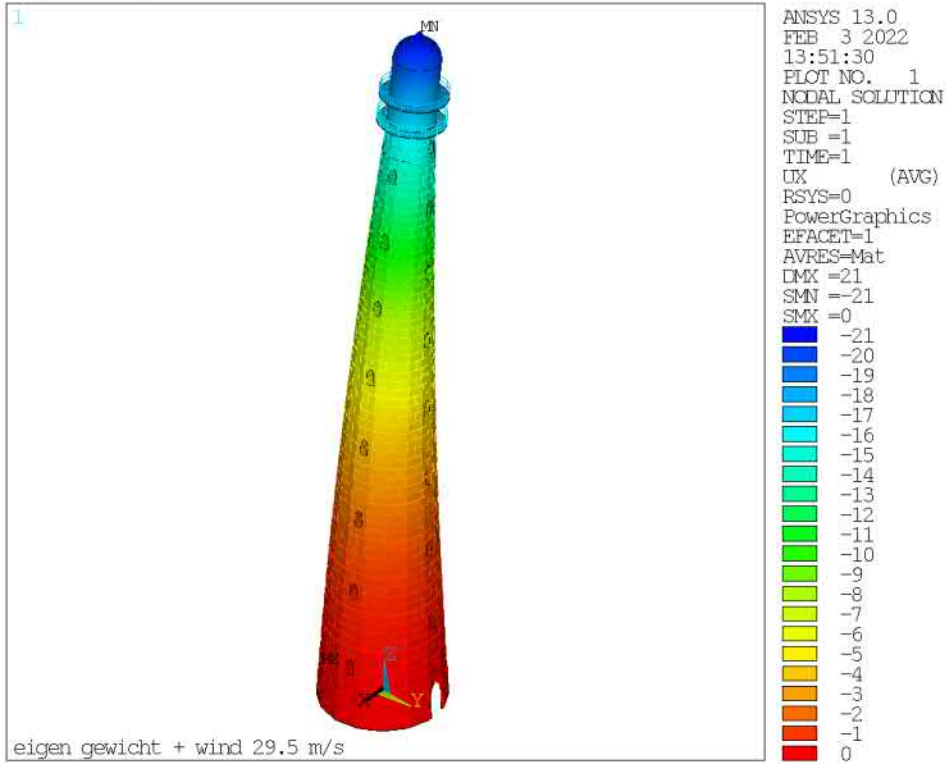
19.8 Globaal model, 15 vloeren scharnierend, geen vooropening, model met verticale scheur over 8 panelen, mesh laag 3 en 4 25 [mm], zonder steunen

19.8.1 Model

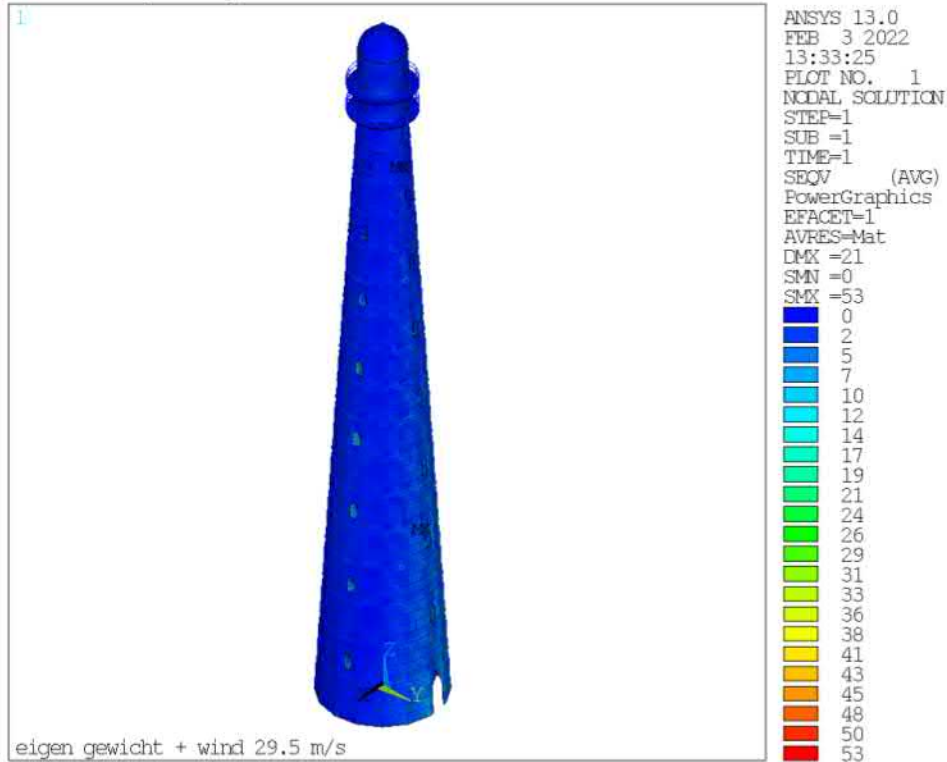


mesh verfijning

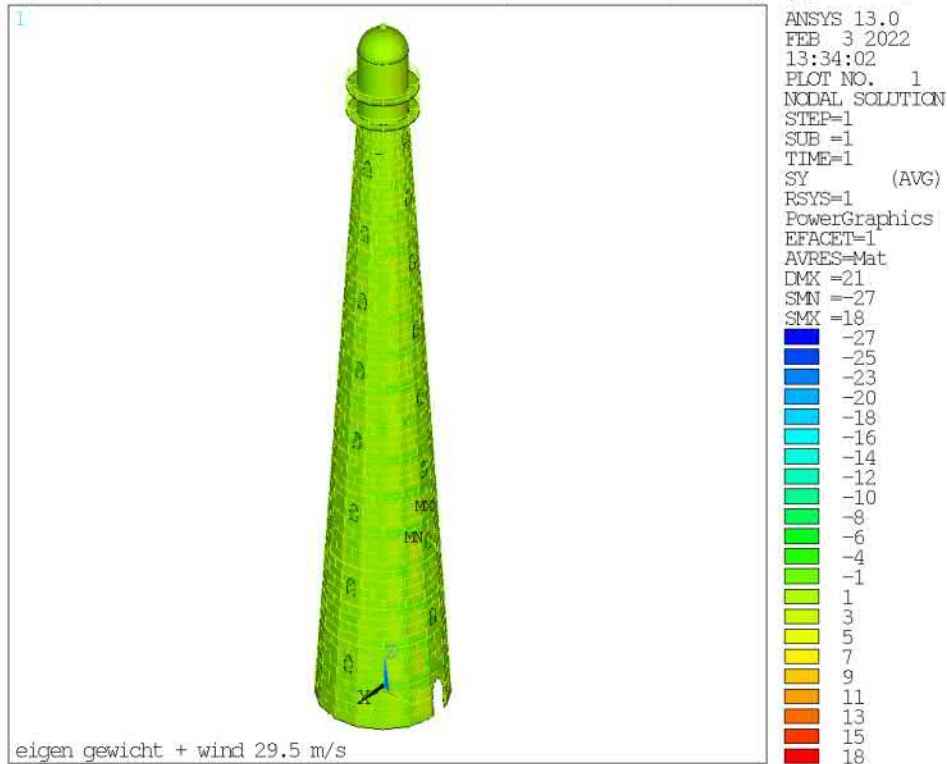
verplaatsing



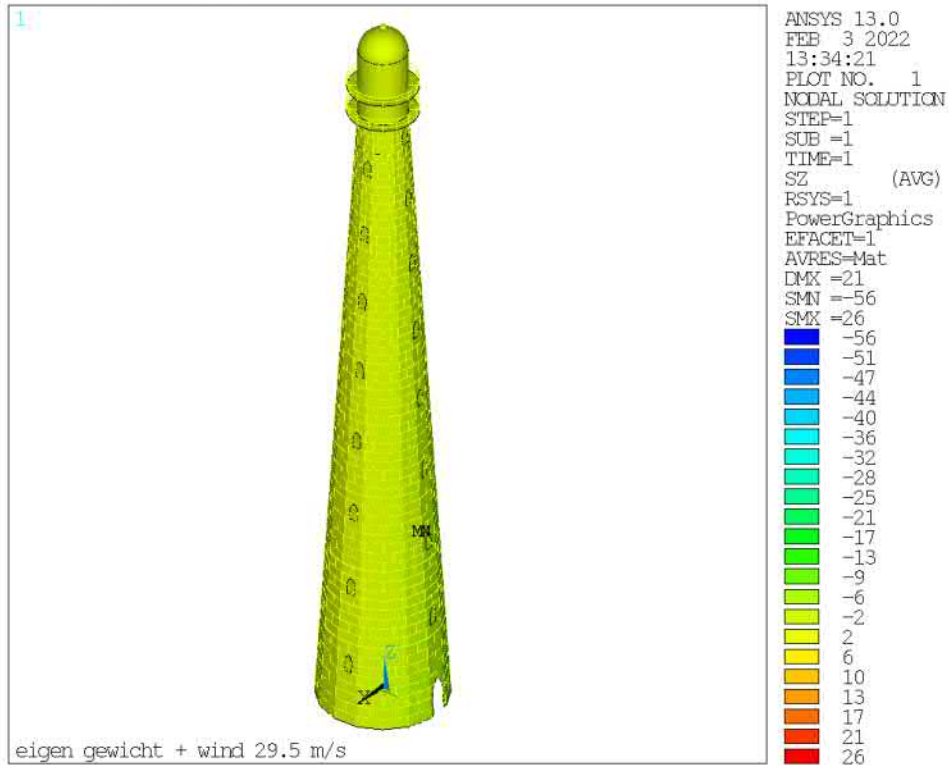
19.8.2 Spanningen
von Mises spanningen



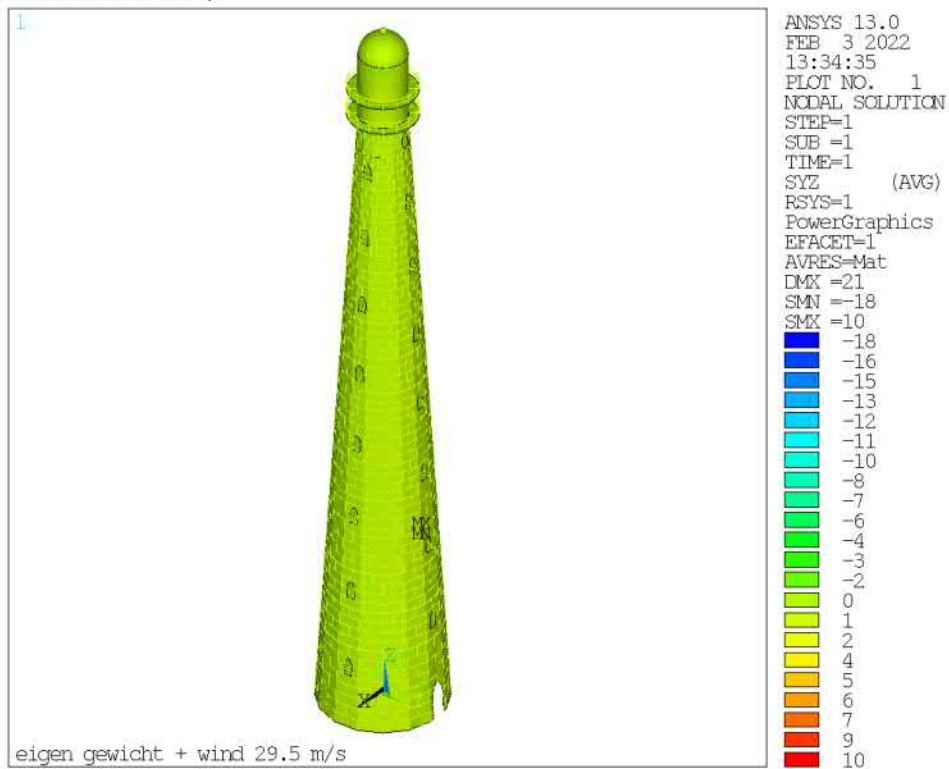
rsys =1 (cilindrisch assenstelsel om de z-as) horizontaalspanning σ_y (omtrek)



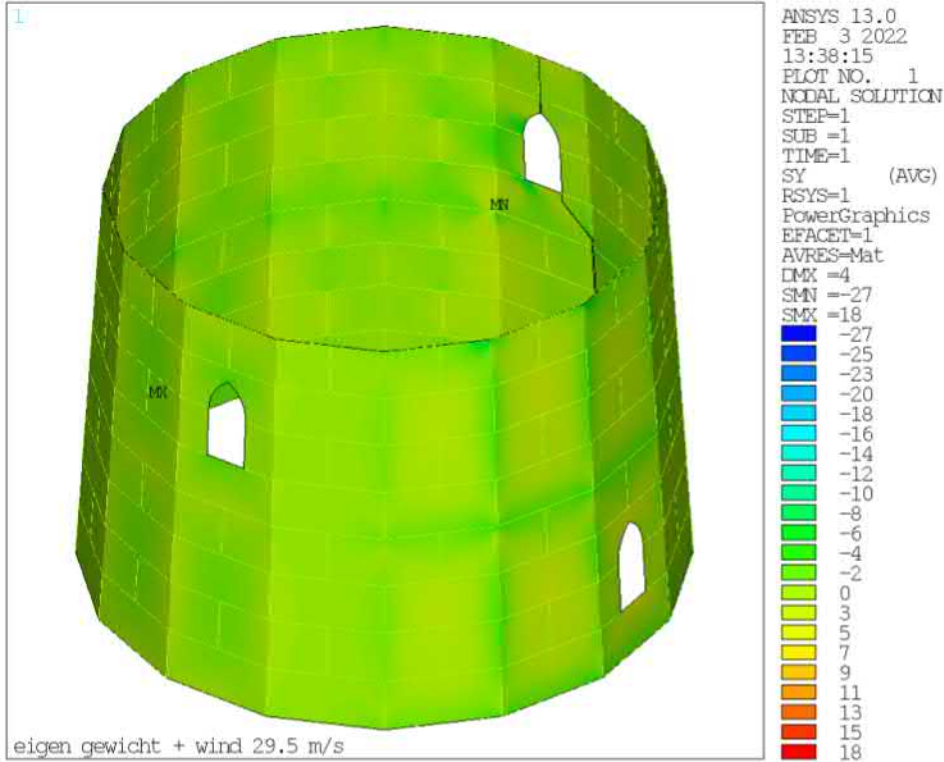
verticaalspanning σ_z



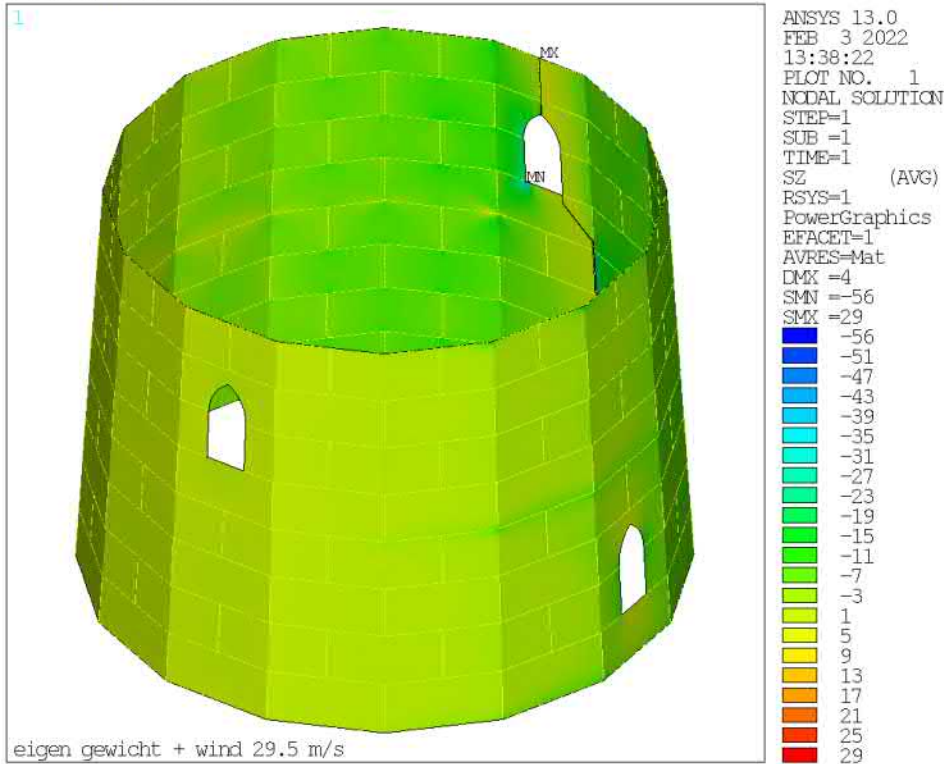
schuifspanning σ_{yz}



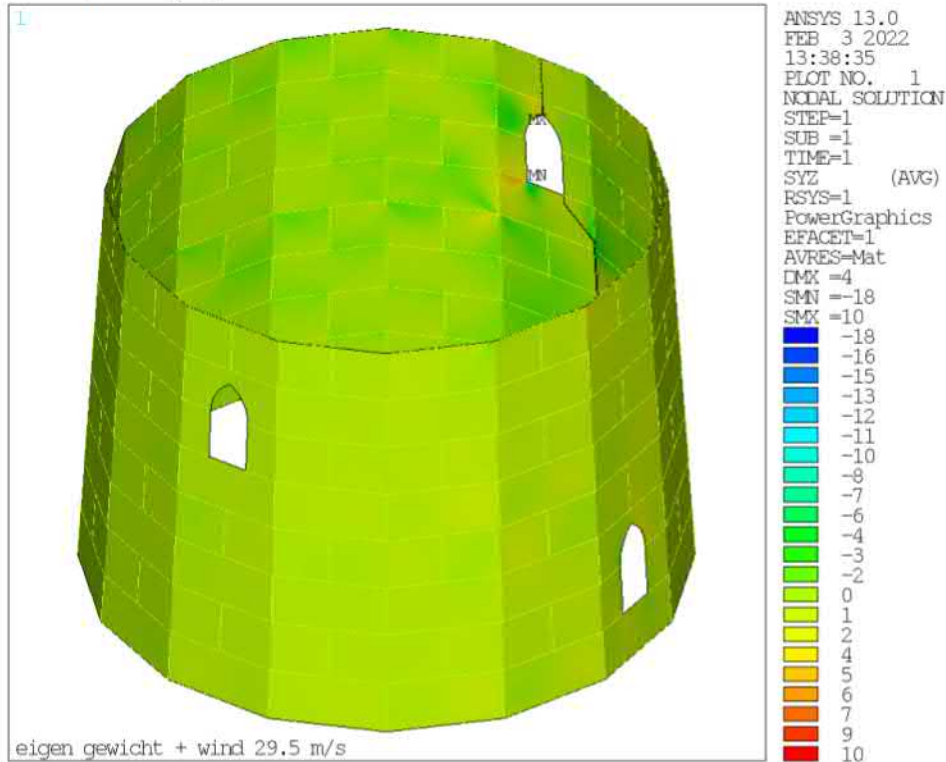
horizontaalspanning σ_y



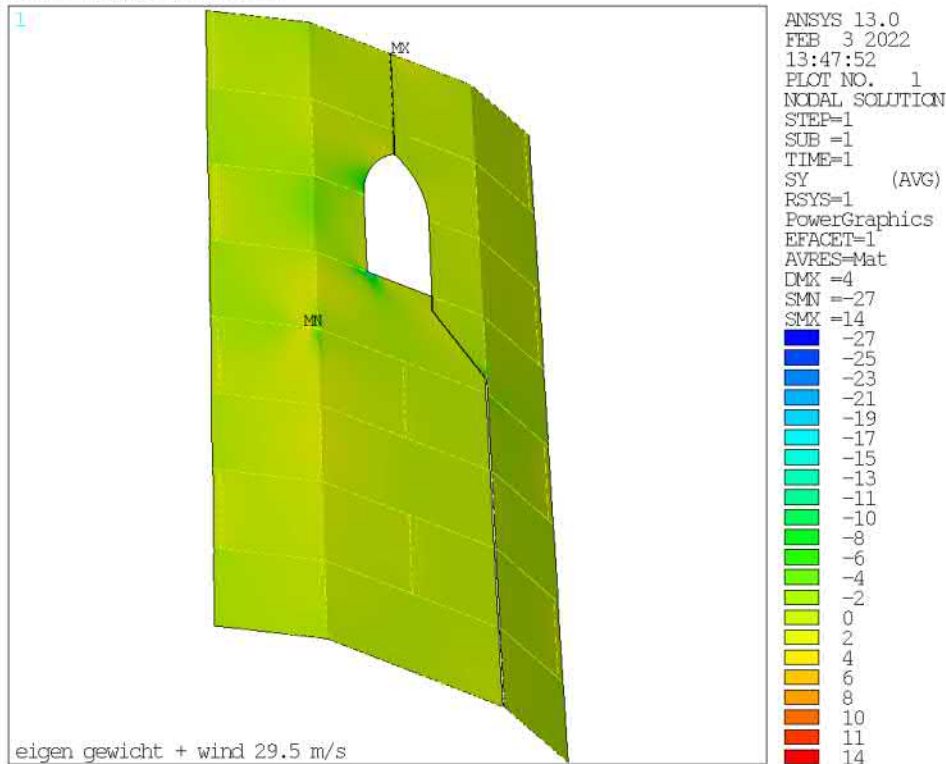
verticaalspanning σ_z



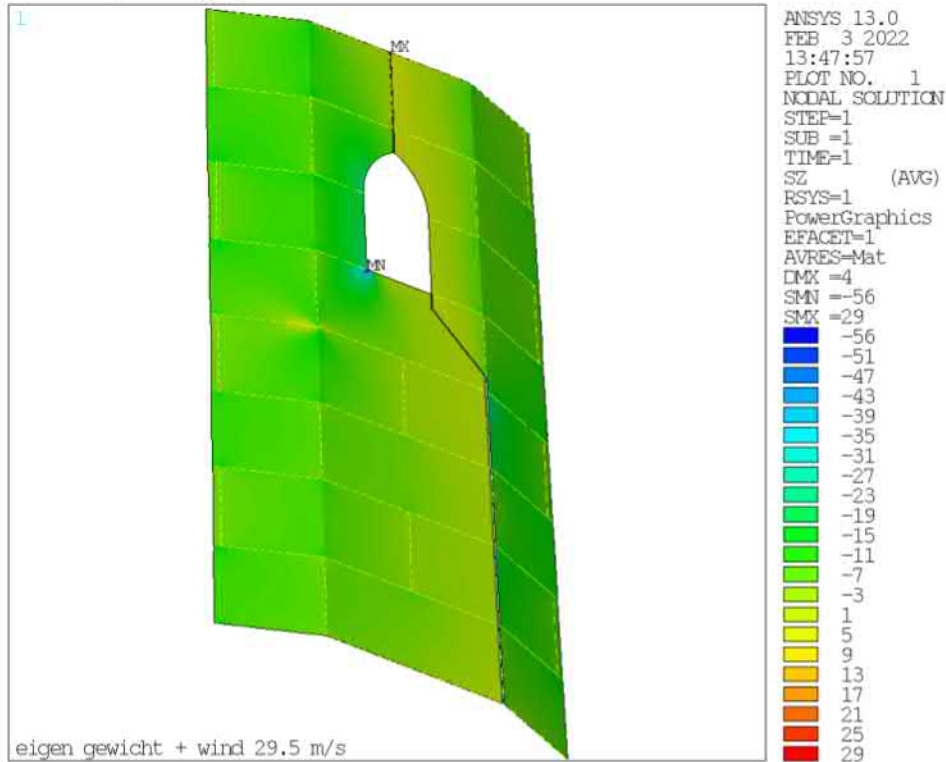
schuifspanning σ_{yz}



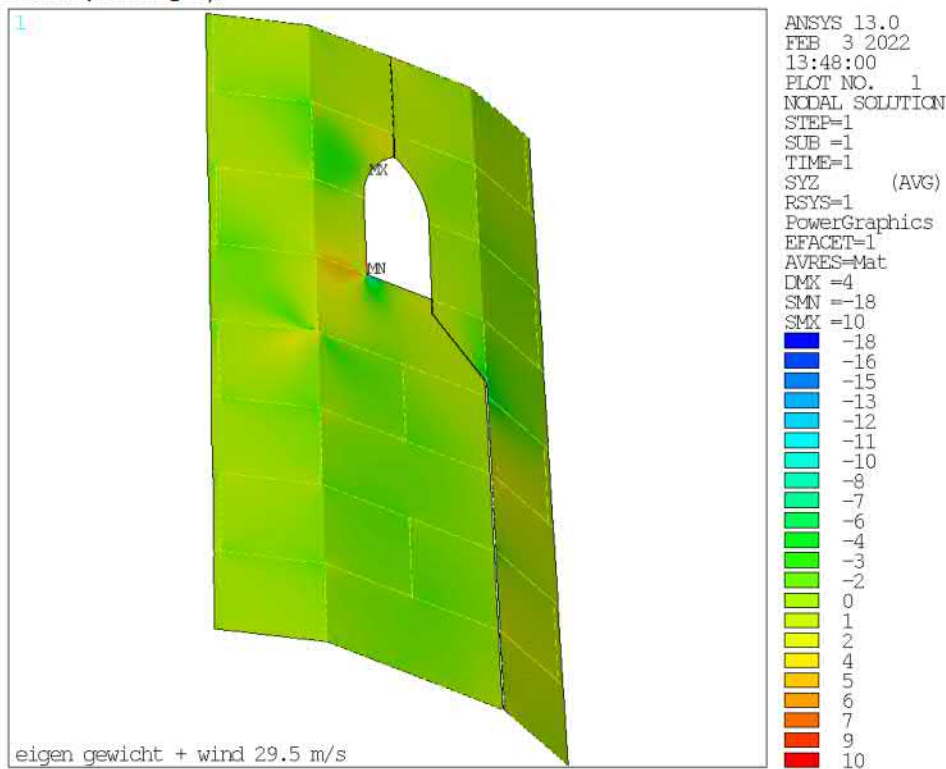
horizontaalspanning σ_y



verticaalspanning σ_z

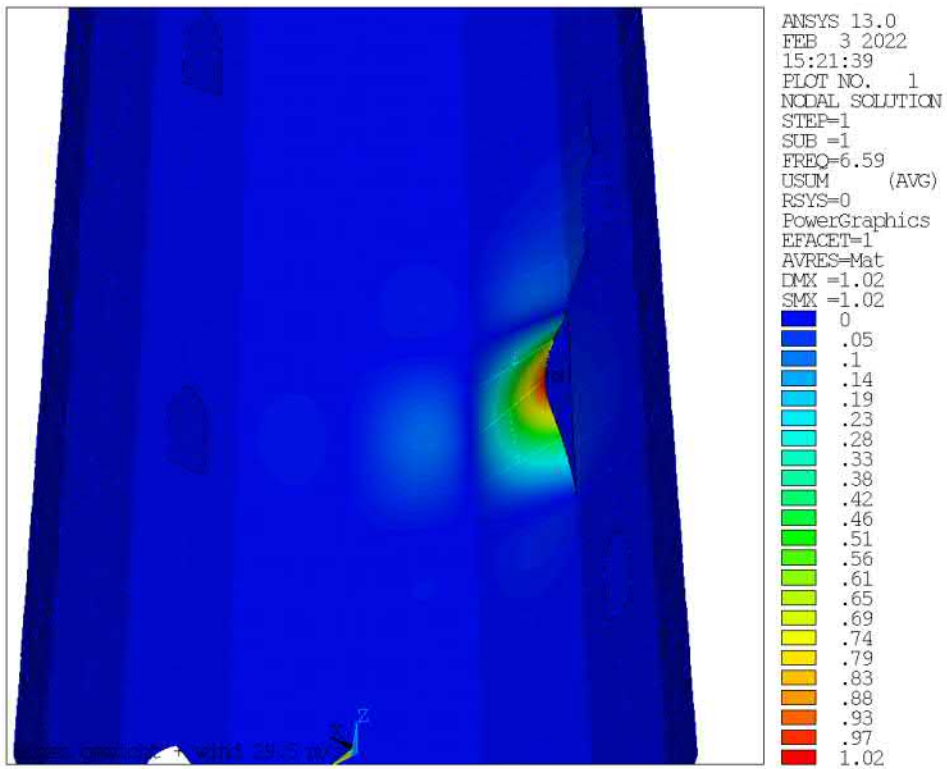


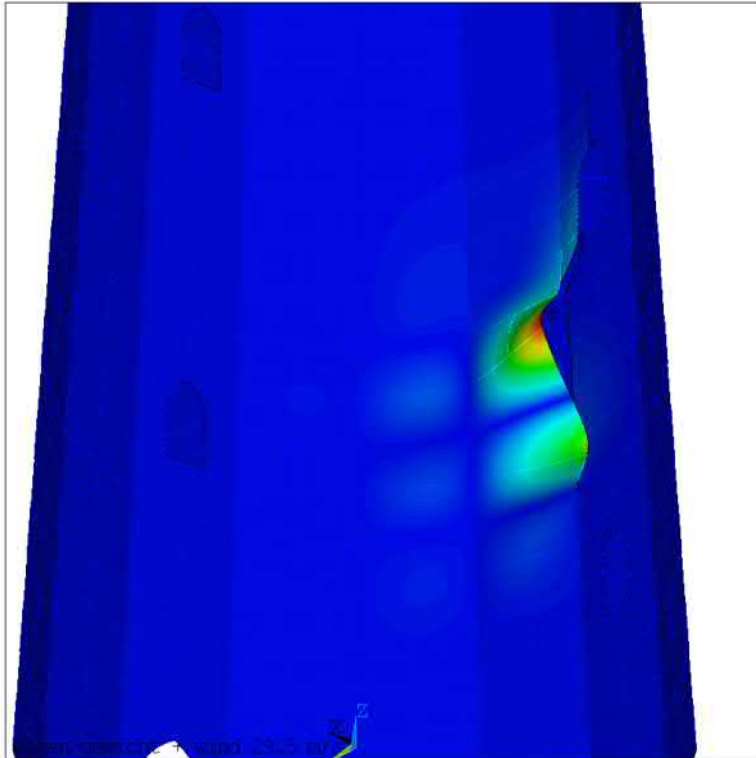
schuifspanning σ_{yz}



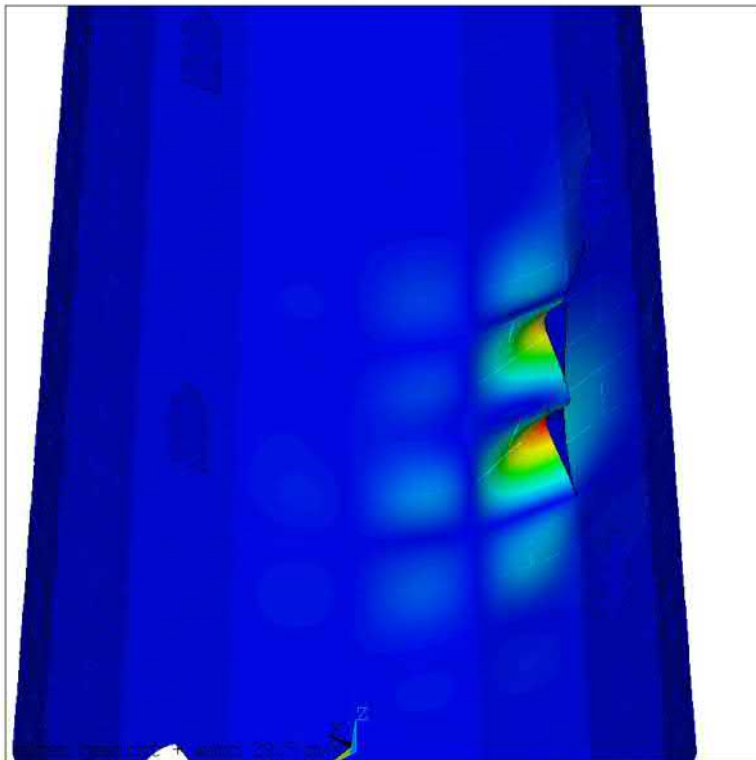
19.8.3 Buckling

set	n
1	6.5920
2	8.5642
3	14.292
4	17.028
5	18.061
6	19.289
7	19.626
8	20.245
9	21.286
10	21.576

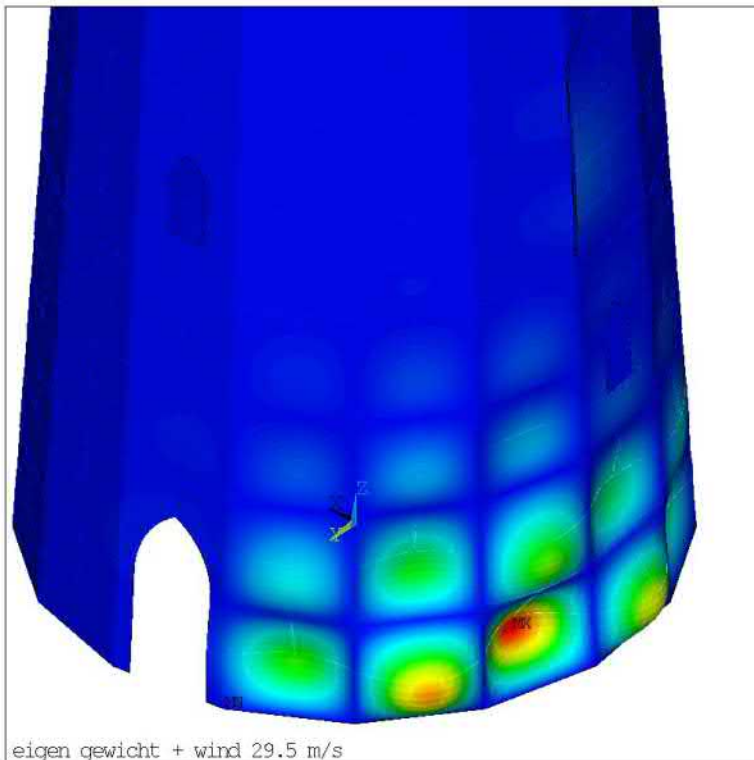




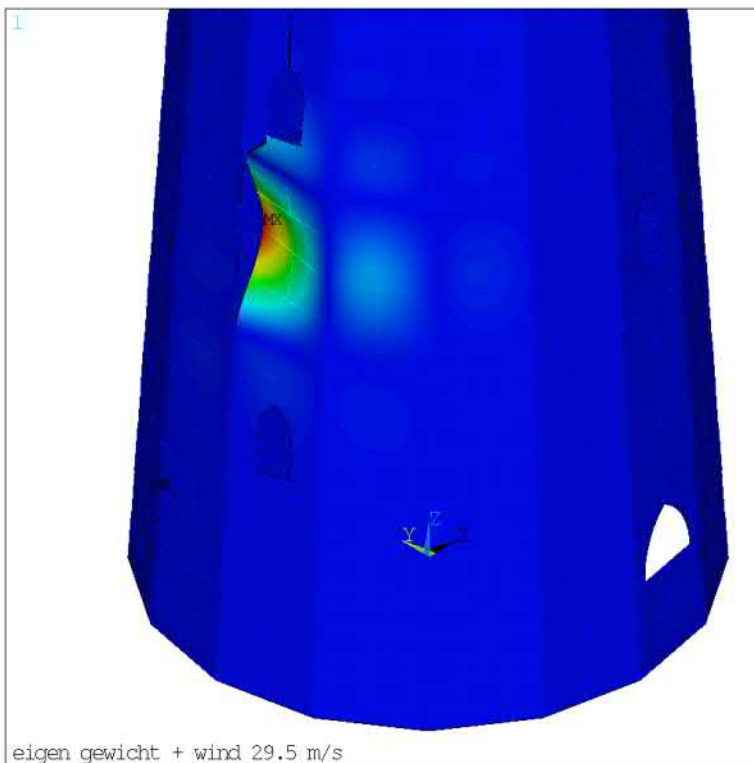
ANSYS 13.0
FEB 3 2022
15:21:55
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =2
FREQ=8.56
USUM (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =1.02
SMX =1.02
0
.05
.1
.14
.19
.23
.28
.33
.38
.42
.46
.51
.56
.61
.65
.7
.74
.79
.83
.88
.93
.97
1.02



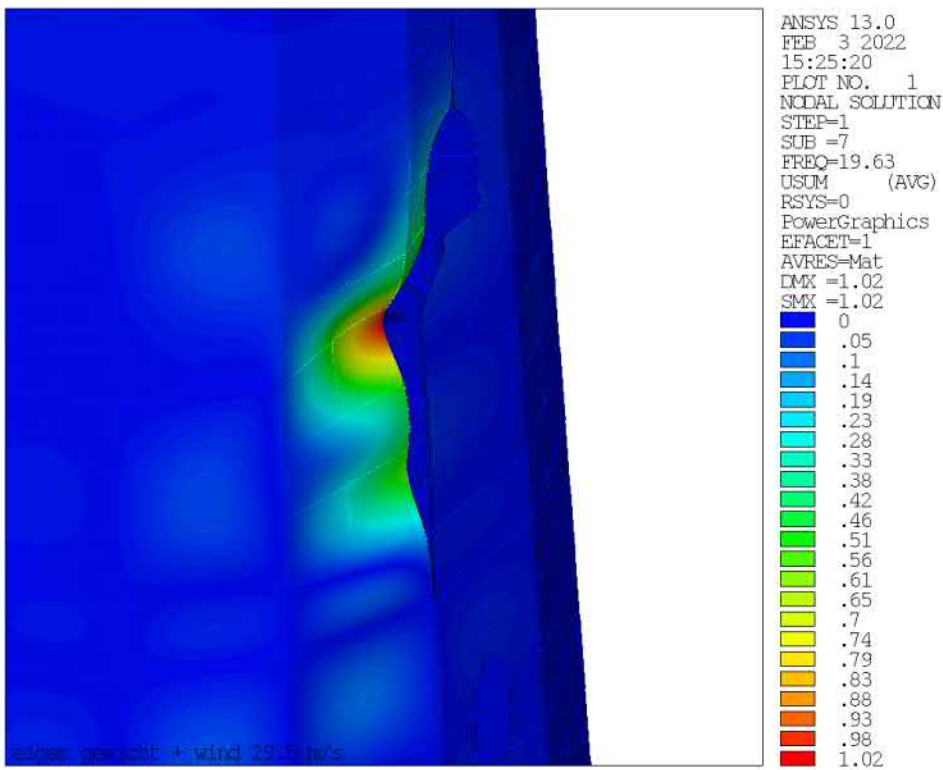
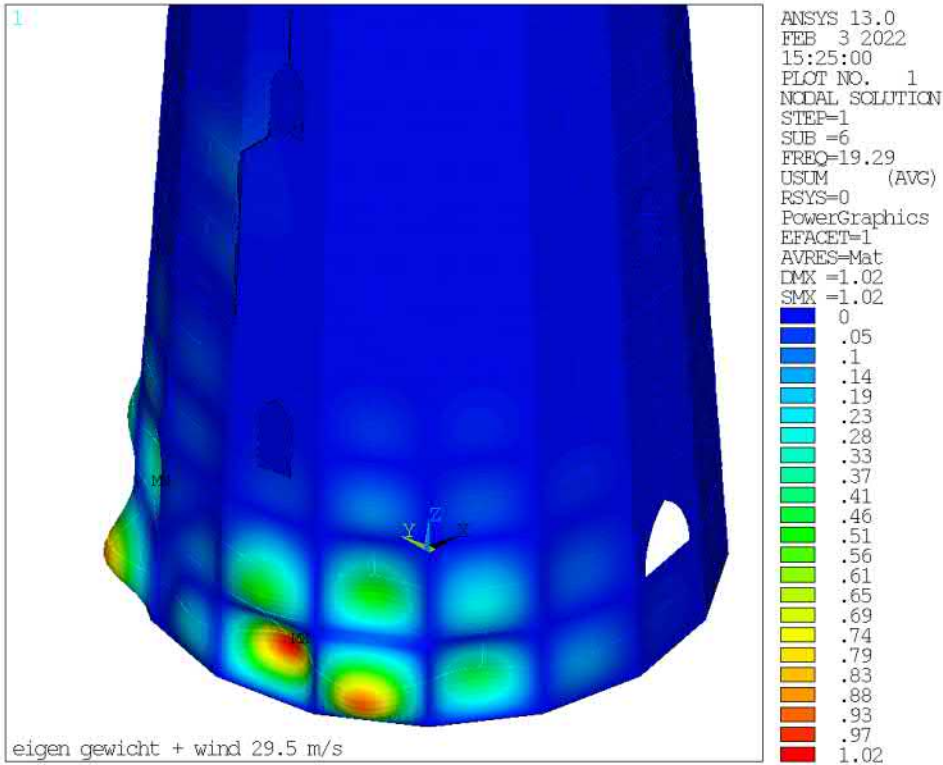
ANSYS 13.0
FEB 3 2022
15:22:06
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =3
FREQ=14.29
USUM (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =1.02
SMX =1.02
0
.05
.1
.14
.19
.23
.28
.33
.38
.42
.46
.51
.56
.61
.65
.69
.74
.79
.83
.88
.93
.97
1.02



ANSYS 13.0
FEB 3 2022
15:22:32
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =4
FREQ=17.03
USUM (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =1.02
SMX =1.02
0
.05
.1
.14
.19
.23
.28
.33
.37
.41
.46
.51
.56
.61
.65
.69
.74
.79
.83
.88
.93
.97
1.02



ANSYS 13.0
FEB 3 2022
15:24:51
PLOT NO. 1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =5
FREQ=18.06
USUM (AVG)
RSYS=0
PowerGraphics
EFACET=1
AVRES=Mat
DMX =1.02
SMX =1.02
0
.05
.1
.14
.19
.23
.28
.33
.38
.42
.46
.51
.56
.61
.65
.69
.74
.79
.83
.88
.93
.97
1.02



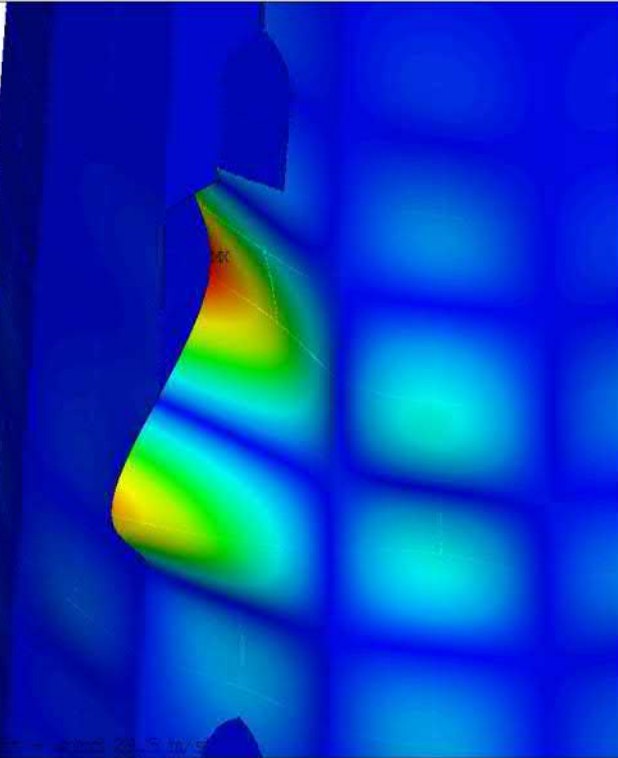
1.



eigen gewicht + wind 29.5 m/s

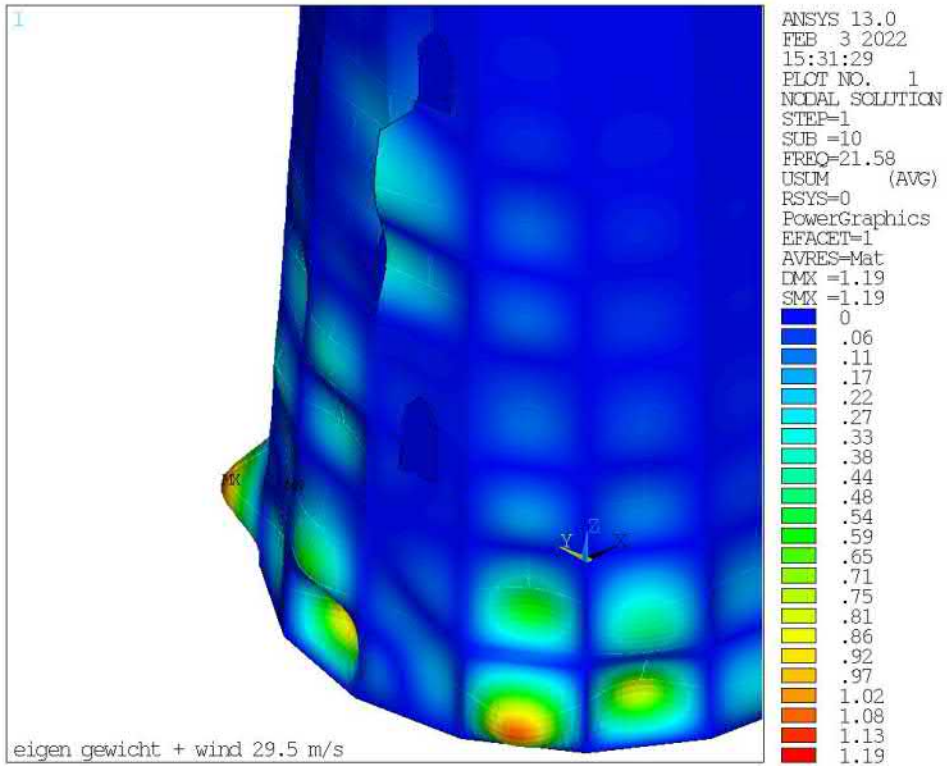


1.



eigen gewicht + wind 29.5 m/s





	RWS Scheurvorming Vuurtoren Lange Jaap Kijkduin, Den Helder	Doc.nr. : 01
		Rev.nr. : 05
Tel (0)10 - 482 68 50 www.PT-structural.com	Structural check	Datum : 04-02-2022
		Pagina : 251

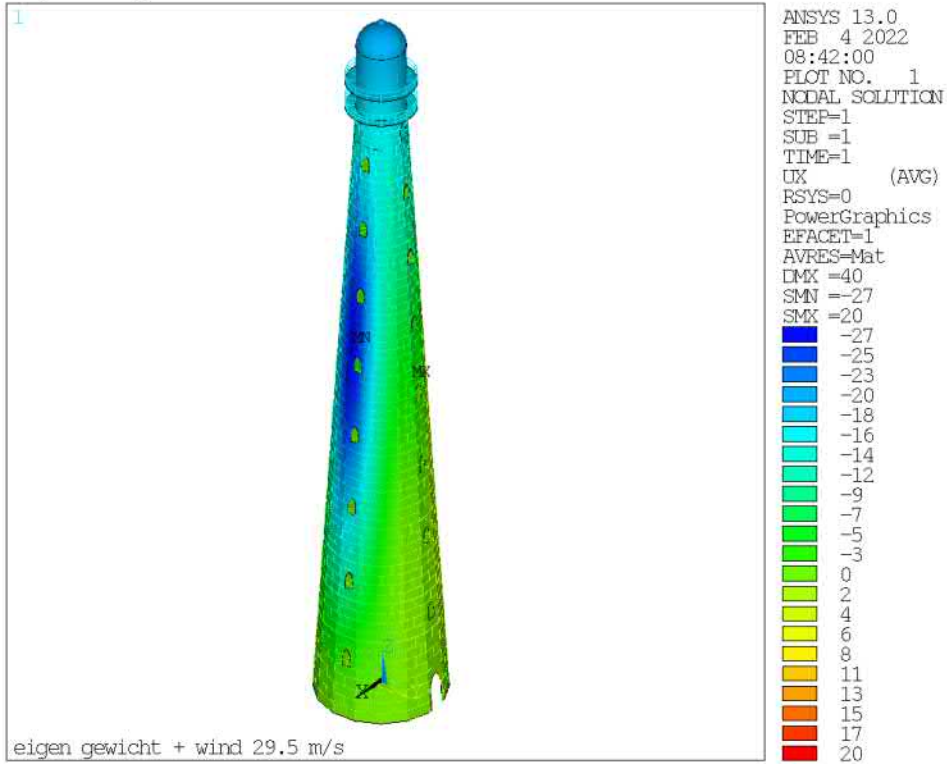
19.9 Globaal model, 15 Vloeren scharnierend, 25mm vooropening, model met verticale scheur over 8 panelen, mesh laag 3 en 4 25 [mm], zonder steunen

19.9.1 Model

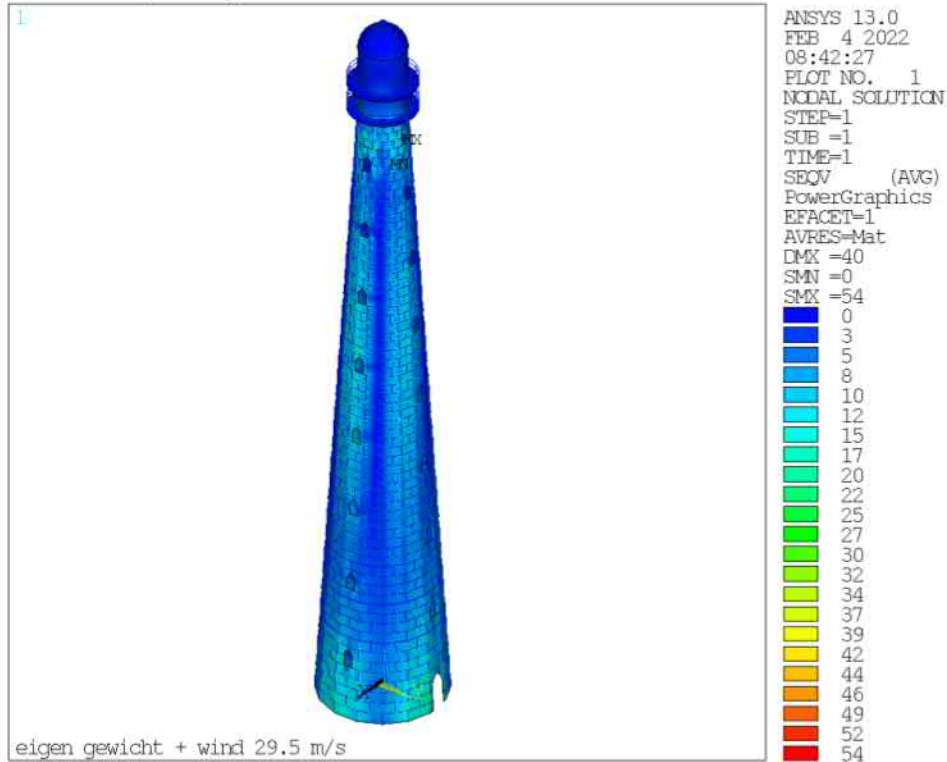


mesh verfijning

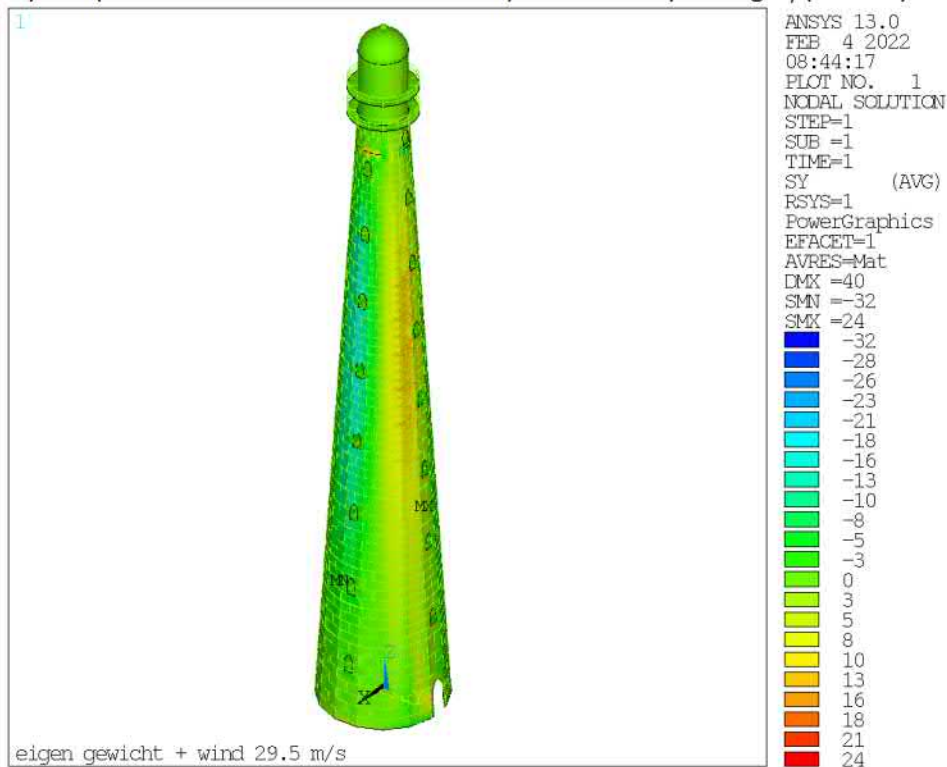
verplaatsing



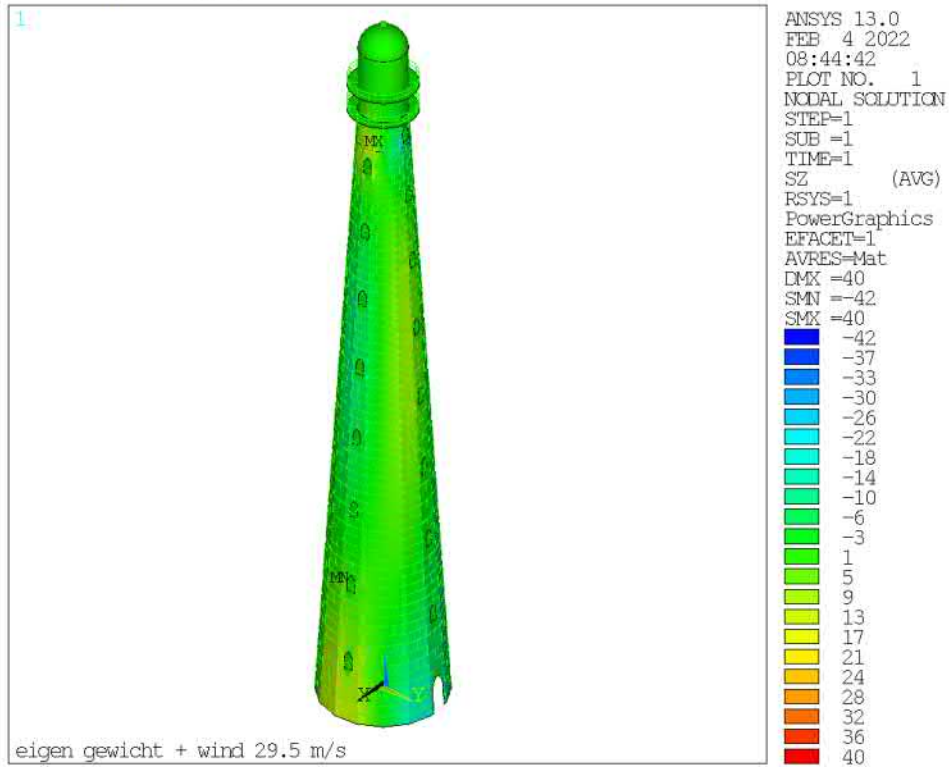
19.9.2 Spanningen
von Mises spanningen



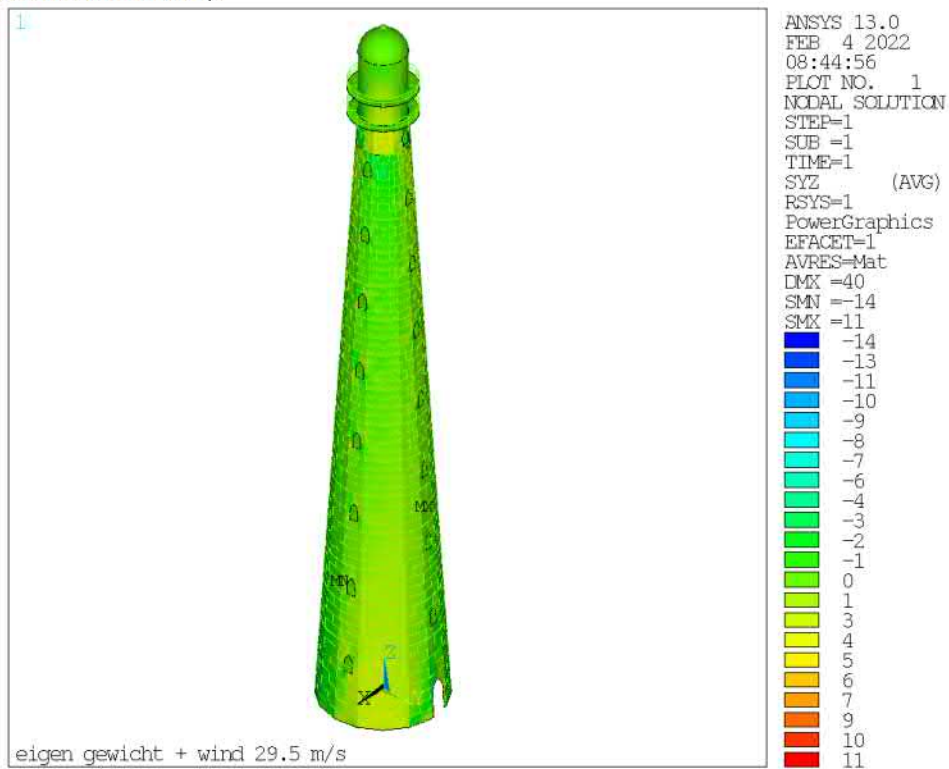
rsys =1 (cilindrisch assenstelsel om de z-as) horizontaalspanning σ_y (omtrek)



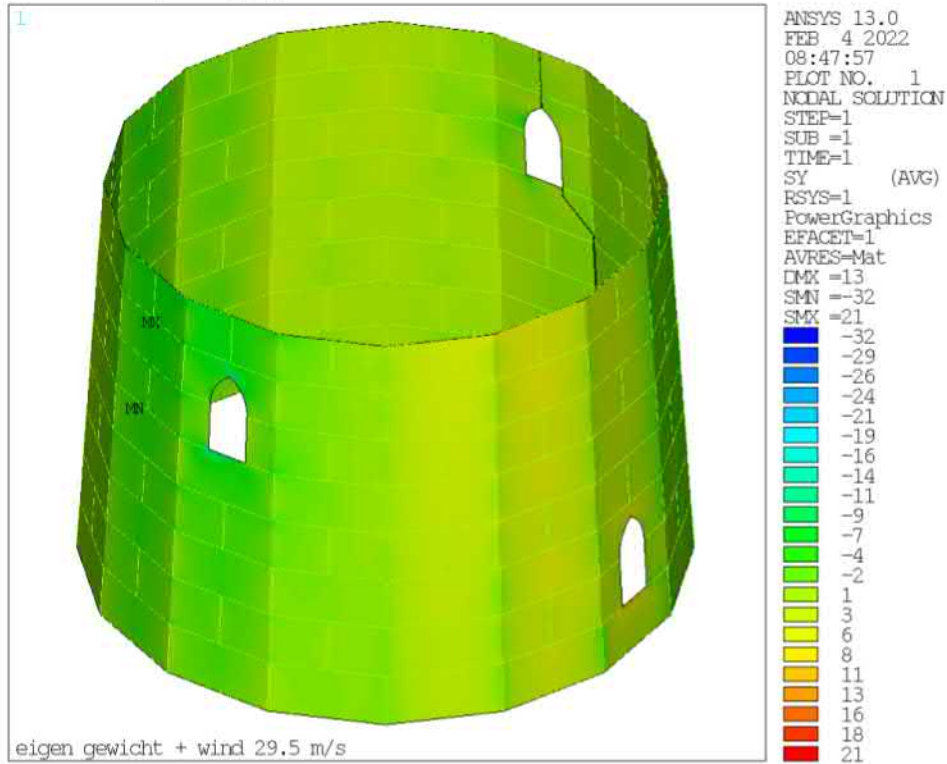
verticaalspanning σ_z



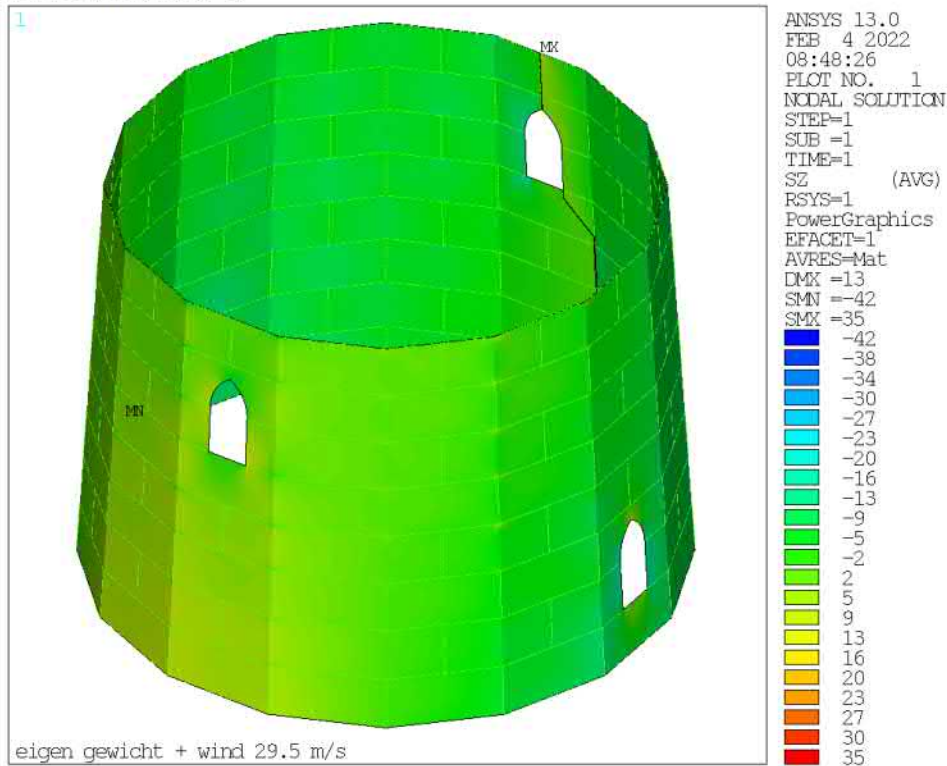
schuifspanning σ_{yz}



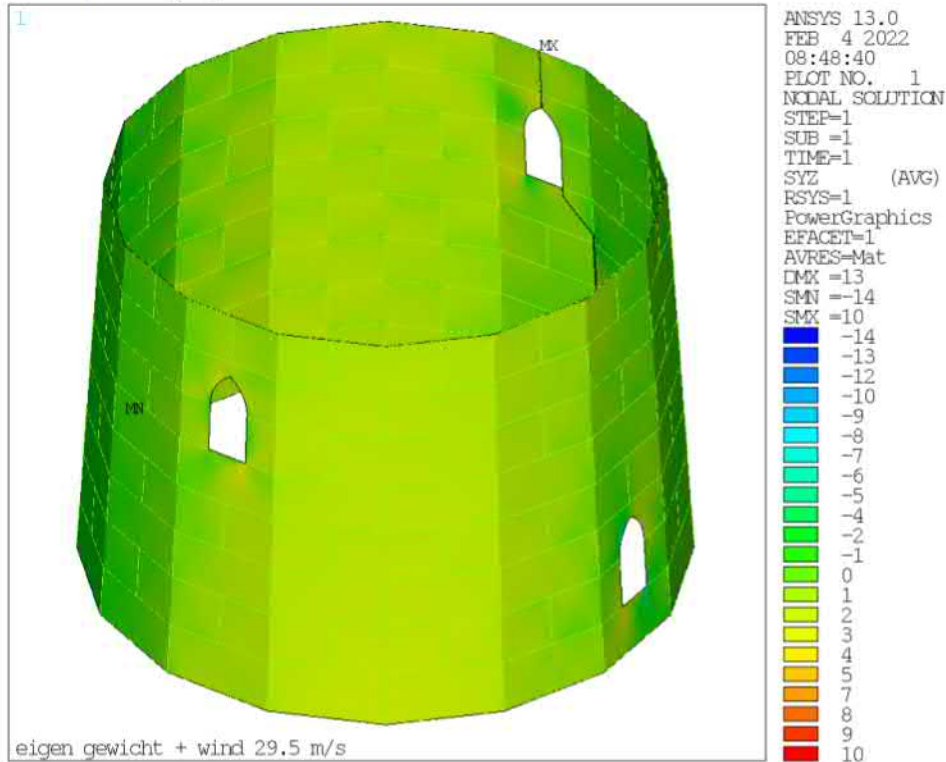
horizontaalspanning σ_y



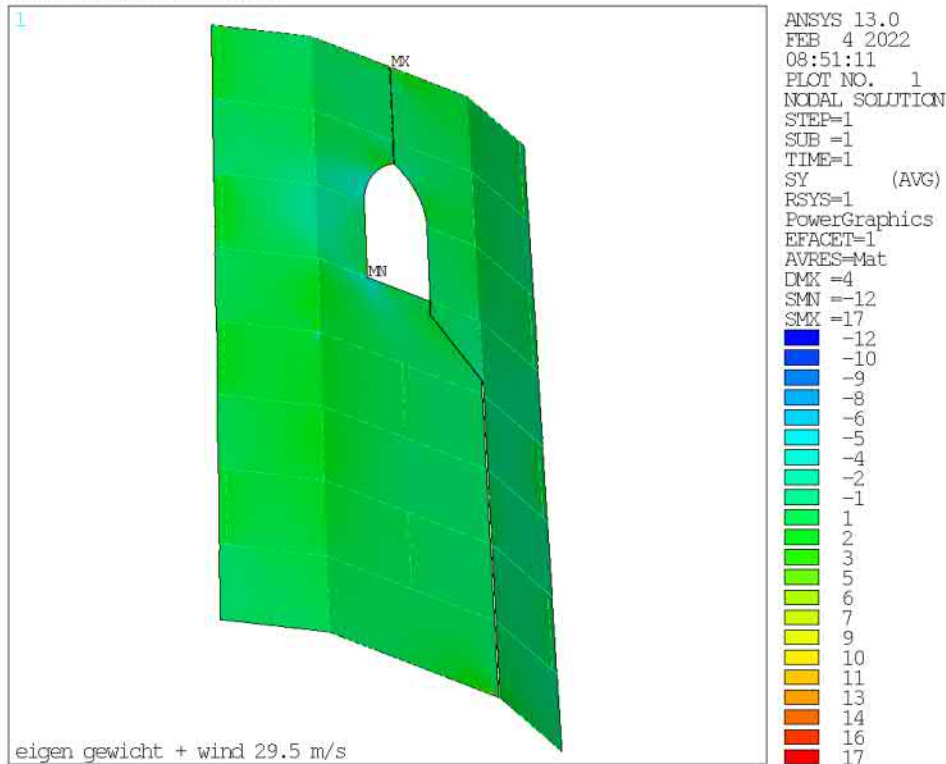
verticaalspanning σ_z



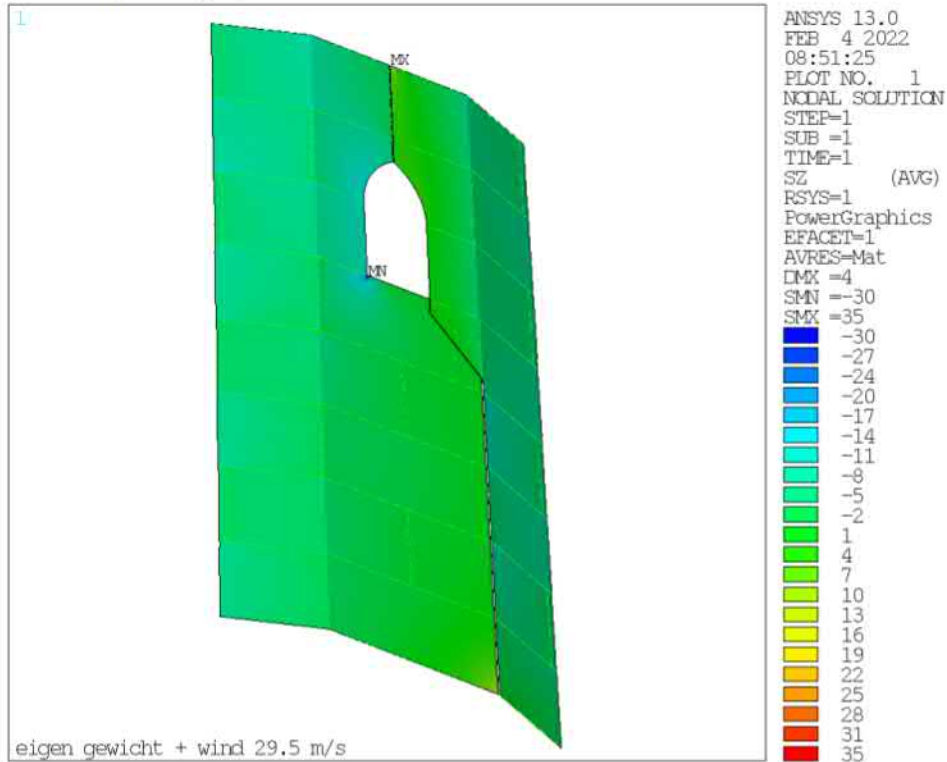
schuifspanning σ_{yz}



horizontaalspanning σ_y



verticaalspanning σ_z



schuifspanning σ_{yz}

