

# Agnietenhof Tiel



18082201 Werkomschrijving vervanging besturing toneelhijscinstallatie.

22 augustus 2018

## Inhoudsopgave

Colofon.....	- 3 -
Inleiding.....	- 4 -
De huidige installatie. ....	- 4 -
Planning .....	- 6 -
Keuring.....	- 7 -
Voorschriften en richtlijnen .....	- 7 -
Omvang van de opdracht.....	- 8 -
Inhoudelijke beoordeling .....	- 9 -
Vervanging besturing.....	- 9 -
Installatie.....	- 15 -
Remmen, encoders, gewichtsmeting, (nood) eindschakelaars etc. ....	- 16 -
Optioneel.....	- 17 -
Betalingschema.....	- 17 -
Betrouwbaarheid en garantie. ....	- 18 -
Overig.....	- 18 -

### Bijlagen:

- I. Reverse Engineering Rapport 30 -05-2018 met kenmerk 9277 Versie 1 Revisie A
- II. Encoderinformatie
- III. Encoderinformatie (deel 2)
- IV. Voorbeeld Schouwbewijs

## Colofon

Opdrachtgever:  
Cultuurbedrijf Tiel,  
Agnietenhof,  
dhr. T. Gennissen,  
St. Agnietenstraat 2  
4001 NB Tiel

Auteur:

Koen Koch  
Leusderweg 127  
3818 AB Amersfoort  
koen@koenkoch.nl  
KvK 66724945  
© Koen Koch

Status rapport: Definitief.

Onlosmakelijk verbonden met de aanbestedingdocumenten van de Gemeente Tiel - Regio  
Rivierenland met kenmerk: [TIRR-GS-192495](#)

## Inleiding

De besturing van de toneelhijsinstallatie te Tiel is aan het eind van zijn technische levensduur. Ten behoeve van veilige en adequate bedrijfsvoering dient de besturing vervangen te worden.

Doel van de ingreep is dat Schouwburg Agnietenhof beschikt over een complete en werkende toneelhijsinstallatie van 46 trekken die aansluit bij de huidige en toekomstige programmering- en verhuuractiviteiten en voldoet aan de veiligheidseisen die op het moment van oplevering geldend zijn, met als uitgangspunt de EN 17206.

Om verschil van inzicht en mogelijke faalkosten te vermijden is Liftinstituut (LI) als keurende en certificerende instantie vanaf de beslissing tot deze ingreep betrokken. Deze werkschrijving is door LI gelezen en becommentarieerd. Ook zal dat plaatsvinden bij de ontwerptekeningen zodat uiteindelijk de opleveringskeuring, als er zich geen onregelmatigheden voordoen, zonder meer leidt tot certificering van de installatie.

De server is in het voorjaar van 2018 vervangen om bedrijfsvoering middels de oude besturing tot de ingreep te garanderen.

Het is de bedoeling en verwachting dat met de aanvang van seizoen 2019/2020 de nieuwe installatie volledig ingezet kan worden. Dat houdt in dat operateurs opgeleid, ingewerkt en geoefend zijn met de bediening en restpunten volledig zijn weggewerkt.

Omdat in de beoogde situatie de besturingskasten op de rollenzolder of de omloop rechts geplaatst worden is het mogelijk om een aantal (installatie)werkzaamheden in overleg met de schouwburg buiten de zomerperiode uit te voeren. We gaan er van uit dat activiteiten voor het inregelen en in bedrijf stellen een aaneengesloten periode behoeven waarbij de volledige toneelvloer vrij is. Het kan onvermijdbaar zijn dat werkzaamheden in de (randen van de) zomerperiode moeten plaatsvinden.

De huidige installatie heeft een belastbaarheid van 300 kg per trek. In de nieuwe situatie dient de bruikbare belasting gelijk te zijn. Om de omvang van de werkzaamheden goed in te kunnen schatten heeft Schouwburg Agnietenhof door Trekwerk een "Reverse Engineering" laten uitvoeren. Voor de aannemer van deze opdracht zijn de gegevens en conclusies in de Reverse Engineering het technisch uitgangspunt voor de gevraagde werkzaamheden

## De huidige installatie.

De installatie van Schouwburg Agnietenhof is van bouwjaar 2001. De keuring door een onafhankelijke keuringsinstantie "Liftinstituut" heeft in maart 2002 plaatsgevonden. Doorgaans vindt een dergelijke keuring plaats aan het eind van een opleveringstraject en kunnen we ervan uit gaan dat de installatie rond deze periode in gebruik is genomen.

In Schouwburg Agnietenhof is de besturingstafel aan de rechterzijde van het toneel gesitueerd, samen met de serverkast en een uitgebreide voorziening om eenvoudiger bedieningen per trek aan te kunnen sluiten. In de praktijk worden deze aansluitingen nauwelijks meer gebruikt. Deze aansluitingen vervallen in de nieuwe situatie.

De kast met de besturingscomponenten (frequentieregelaar, veiligheidsrelais, remweerstand en cetera) is aan de linkerzijde van het toneel, op de eerste omloop geplaatst (zie foto). Deze kast bevindt zich niet in een afgesloten ruimte maar in het toneelhuis en moet gebruik maken van

geforceerde koeling. Het lawaai van de koeling is meer dan waarneembaar op het toneel. Een eenvoudige dB(A) meting met een niet gekalibreerde meter geeft een achtergrondgeluid van 37 dB(A) aan met uitgeschakelde installatie. Dit is een behoorlijk achtergrondgeluidsniveau voor een theaterzaal, maar nog wel acceptabel. Een ingeschakelde installatie (zonder bewegingen) resulteert in een achtergrondgeluidsniveau van 45 dB(A)! De technici geven aan dat artiesten meer dan regelmatig last hebben van dit geluid bij hun performance. Een dergelijk geluidsniveau is in de nieuwe situatie niet meer acceptabel. Het achtergrondgeluidsniveau van de besturingsonderdelen mag niet meer zijn dan 35 dB(A)





Op de foto ziet u dat de lieren niet keurig op een rij staan. Dit komt door het aanwezige "antiverseizingsmechanisme". De kabels lopen van boven via keerschijven haaks op de trommelgroef. De trommel verplaatst zich horizontaal, zodat het punt waar de kabel de trommel raakt altijd recht onder de uitloop van de bovenste keerschijf is. De verseizingshoek t.o.v. de trommel is daardoor altijd 0 graden.

De kabels lopen via verzamelkeerschijven (waar het gewicht gemeten wordt) over de vloer van de rollenzolder naar de keerschijven boven de trek. De trek bestaat uit een enkele roede met een diameter van 48,3 mm. Daardoor is er flink verschil in mogelijke belasting onder een kabel en belasting tussen de kabels.

De totale installatie bestaat in Schouwburg Agnietenhof uit 42 programmeerbare decortrekken, 2 spantrekken en 2 niet programmeerbare zijtrekken. De zijtrekken dienen na de ingreep in de centrale besturing opgenomen te zijn, en vergelijkbare functionaliteit met de decortrekken te hebben.

## Planning

De daadwerkelijke uitvoering van de werkzaamheden ligt tussen het geplande moment van definitieve opdrachtverlening en woensdag **4 september 2019**.(oplevering).

De inhoudelijke werkzaamheden zijn in overleg af te stemmen en overeen te komen, waarna de uiteindelijke planning bindend is en het nakomen van de planning verbonden is met de vast te stellen betalingstermijnen.

De laatste termijn (na wegwerken restpunten) is minimaal 15% van de opdrachtsom.

In de planning wordt getracht, daar waar het mogelijk is de hoogzomerperiode te mijden. De fysieke ruimte van de lierenkamers laat het toe dat vóór de zomer, in een theater in bedrijf, het overgrote deel, zo niet ál het installatiewerk gerealiseerd kan worden. De gebruiker zal binnen zijn mogelijkheden bijdragen aan een realistische planning en toegankelijkheid van de locatie.

## Keuring

De goedkeuring van de installatie is essentieel. Om er zorg voor te dragen dat discussies aangaande veiligheid, als die zich voordoen, zich niet voordoen als de installatie al is gerealiseerd, is de keurder betrokken bij de beoordeling van de uitvraag en bij de beoordeling van het ontwerp.

De leverancier is zonder uitzondering verantwoordelijk voor de juistheid van ontwerp en installatie. Het vaststellen of de installatie voldoet zal bij de oplevering geschieden.

Keuringen van de installatie op locatie vinden plaats bij het afronden van de werkzaamheden (opleverkeuring).

Criteria aangaande veiligheid zijn zogeheten "knock-out"- criteria. Een inschrijving zonder certificaat waarmee aangetoond is dat de besturing een veiligheidsniveau heeft dat met SIL3 gekenmerkt wordt én bijbehorende volledige achterliggende rapportage, zal als "niet bestekconform" worden uitgesloten.

Voor ingebruikname na fase 1 zal de installatie beproefd worden op de volgende veiligheidsfuncties:

- Stopfunctie
- Noodstop
- Startfunctie
- Snelheidsbewaking
- Over en onderlastbewaking
- Eindschakelaar
- Snelheidsveranderingen
- Overschrijding limieten bij synchroonbeweging
- Gelijkloop synchroonbeweging
- Curvebewaking
- Noodeindschakelaar
- Overbruggingsfuncties

De opleverkeuring zal een onderzoek en mogelijk verdere beproevingen inhouden van het totaal van de (vervangen en toegevoegde) installatie

## Voorschriften en richtlijnen

Zoals aangegeven is het Liftinstituut de keurende instantie. Uitgangspunt voor ontwerp en realisatie is de EN 17206.

User definition: **UC4**. Aanduidingen, waarschuwingen en instructies conform de EN 17206

Bij het beoordelen van de installatie op veiligheid wordt uitgegaan van de fundamentele eisen uit bijlage 1 van de Richtlijn Machines (2006/42/EG) en o.a. de volgende normen-brancheaafspraken:

- EN 17206
- DIN 56950
- Arbeidsomstandighedenwet
- Arbocatalogus Podiumkunsten
- Arbo informatieblad AI17
- T-normen
- VPLT
- EN 60204-1/32
- EN 61508
- EN 13849
- EN 13850
- EN 13857
- EN 349
- EN 14122
- NEN 1010
- NEN 3140
- Leidraad voor de Stand Der Techniek Theaterinstallaties.
- Richtlijn EMC (2004/108/EG)

In geval van onverenigbaarheid van genoemde normen bepaalt Liftinstituut welke norm of richtlijn maatgevend is voor dit project.

In een bij de installatiedocumenten gevoegde conformiteitsverklaring geeft de aannemer aan te voldoen aan alle hierboven genoemde normen en richtlijnen.

De aannemer van dit bestek zal op verzoek in contact gebracht worden met de bouwconstructeur van de Agnietenhof. Gezien de bouw- en ontwerpperiode van de Agnietenhof is niet aannemelijk dat er rekening gehouden is met een "load at failure" of "stopcatagorie 0". De noodstop dient een gecontroleerde stop te zijn die met een maximale vertraging van  $3,3 \text{ m/s}^2$  de last en roede tot stilstand brengt. Een "load at failure" of "stopcatagorie 0" dient ten alle tijden voorkomen te worden met het oog op minimale gebruikswensen aangaande gewicht/snelheid (300kg/1,7 m/s) en gelijktijdigheid (40%) in verhouding met de kwaliteiten van de gebouwconstructie. De leverancier dient de kosten voor een maatregel mee te nemen in de aanbieding van de besturing.

Mocht het opslaan en beschikbaar stellen van elektriciteit tot de benadering behoren om de "load at failure" of "stopcatagorie 0" te voorkomen, dan kunnen de dimensies beperkt worden tot de hoofdfunctie ("load at failure" of "stopcatagorie 0" voorkomen) Het uitnemen van decor op reservespanning is vanuit veiligheidsoverwegingen niet de bedoeling.

## Omvang van de opdracht

Tot de opdracht behoort minimaal het demonteren en verantwoord afvoeren van de huidige besturing en het installeren, inregelen en gebruiksklaar opleveren van een complete besturing voor 46 trekken van schouwburg Agnietenhof, inclusief aanpassingen en uitbreidingen van kabelwegen, voedingskabeltrajecten en andere mogelijk voor het beoogde doel noodzakelijke installatiewerkzaamheden en het opleiden en instrueren van de vaste technici van de schouwburg.

Bij de inschrijving voegt de aanbieder een "Open Begroting" (Bijlage SF3); een lijst van onderdelen die behoren tot de opdracht, per onderdeel van prijs voorzien en gesplitst in arbeid en materiaal. Het staat de Gemeente Tiel vrij om (delen van de) opdracht niet te gunnen. De open begroting dient ertoe om voor opdrachtverlening de definitieve keuzes te maken ten aanzien van de opdrachtomvang.

## Inhoudelijke beoordeling

De beoordeling bestaat uit een weging op prijs én op inhoud.

Tevens maakt een demonstratie en een opname van de huidige installatie onderdeel uit van de beoordeling. Veiligheid is een "knock-out" criterium, evenals een opname van de huidige situatie door de aanbieder.

Deze schouw dient plaats te vinden vóór het indienen van vragen voor de Nota van Inlichtingen. U krijgt schriftelijk een bewijs mee van de schouw. Na de schouw wordt de situatie ter plekke bij u als bekend verondersteld.

Als de inschrijving niet aantoonbaar voorziet in een adequaat veiligheidsniveau voor een toneelhijsinstallatie met het gebruiksoogmerk het changeren met de aanwezigheid van mensen in de gevarenzone (SIL3), zal de inschrijving worden uitgesloten.

De inhoudelijke beoordeling vindt vooraf plaats naar aanleiding van een lijst van functionaliteiten van de installatie. Bij de demonstratie zal een op dat moment ter beschikking gestelde standaardopdracht door een ervaren operateur in de besturing geprogrammeerd moeten worden. De indruk die de besturing wekt aangaande het bedieningsgemak, wordt in de waardering van de presentatie meegenomen.

Daarnaast kan de leverancier zijn besturing en de filosofie daarachter gedurende 30 minuten toelichten in het Nederlands, waarbij de toepassingsmogelijkheden voor het gebruiksdoel, eventuele voorbereiding op de voorstelbare toekomst en de toegankelijkheid van het systeem centraal staan. Op het moment van deze toelichting kan - en mag- het veiligheidsniveau geen discussie onderwerp meer zijn.

De aanbieder met de meeste punten komt in aanmerking voor de opdracht nadat een verificatiegesprek heeft plaatsgevonden om interpretatieverschillen omtrent ontwerp en realisatie uit te sluiten. Het verificatiegesprek vindt na voorlopige gunning plaats en kan leiden tot een herziende gunningsbeslissing.

## Vervanging besturing

In de bestaande situatie worden er 44 assen aangestuurd door de huidige Stalogic besturing. Deze besturing dient te worden vervangen, de twee zijtrekken worden in de besturing opgenomen.

De besturing dient een zogeheten "SIL3" certificaat te hebben. Dat wil zeggen dat de genoemde veiligheidsfuncties een aantoonbare betrouwbaarheid dienen te hebben overeenkomstig met het veiligheidsniveau:

- Stopfunctie
- Noodstop
- Startfunctie

- Snelheidsbewaking
- Over en onderlastbewaking
- Eindschakelaar
- Snelheidsveranderingen
- Overschrijding limieten bij synchroonbeweging
- Gelijkloop synchroonbeweging
- Curvebewaking
- Noodeindschakelaar
- Overbruggingsfuncties

Daarnaast dient de besturing geschikt te zijn om snel en adequaat bezoekende voorstellingen en verhuringen ten dienste te staan.

De console heeft minimaal 2 touchscreens waarvan het formaat passend is bij de informatie die ze weergeven, staat op een kar die in hoogte verstelbaar is en de bovenzijde van de bedieningstafel biedt naast de bediening zelf ruimte voor een aantekeningenblad op A4 formaat en plaats voor pennen/stiften, sleutels en aanverwanten.

De wielen zijn groot genoeg om makkelijk over kabels van 10 mm doorsnede te kunnen rijden. Voor iemand van normaal postuur moet het mogelijk zijn op de tafel te leunen zonder dat deze omvalt en de tafel is verrijdbaar en in hoogte verstelbaar zonder de bediening te moeten afnemen. De bedieningstafel heeft de mogelijkheid een extra scherm (bijvoorbeeld van video-weergave) aan de tafel te bevestigen.

Voor de bedieningsconsole is er een aansluiting links en rechts van het toneel. De console heeft een los te nemen kabel van 15 meter lengte. De nevenconsole dient tegelijkertijd op een aansluitkast te kunnen worden aangesloten.

Mochten er schermen uitvallen dan moet het mogelijk zijn om op één scherm een zijaanzicht van het gehele trekkenveld, de merken en decorstukken en het actuele gewicht af te lezen.

Naast de hoofdconsole wordt een nevenconsole geleverd waarop het mogelijk moet zijn de voorstelling met minimale onderbreking, met volledige functionaliteit, voort te zetten. Standen, merken, kapoverzichten zijn in beide panelen zichtbaar en bedienbaar. De noodstopvoorziening op een console blijft in alle gevallen werkzaam. De nevenconsole mag een vereenvoudigde versie zijn van de hoofdconsole, met slechts één scherm.

De servers zijn van industriële kwaliteit. Eventuele updates worden in regie uitgevoerd en na een herstart dienen alle "opstart routines" automatisch te worden uitgevoerd zodat de installatie zonder uitstel weer gebruikt kan worden.

Hieronder een opsomming van bedieningsfuncties. Tijdens de demonstratie kan gevraagd worden een aantal functies te demonstreren. Veel functies zijn vereist, voor gewenste functies is het aantal punten per functie in de lijst aangegeven.

		Eis	aanwezig?	aantal te behalen punten
1	Taal van de besturing in het Nederlands en Engels.	ja	ja / nee	nvt
2	Taal van de helpfuncties in het Nederlands en Engels.	ja	ja / nee	nvt
3	De besturingstafel moet 100 assen tegelijk kunnen aansturen.	ja	ja / nee	nvt
4	De gehele besturing is binnen 5 minuten opgestart.		ja / nee	20
5	De hoogte aangegeven in mm.	ja	ja / nee	nvt
6	Berichten en mededelingen kunnen invoeren voor andere gebruiker, zowel bij opstarten, afsluiten en per cue en trek of as.		ja / nee	20
7	Besturing is in gebruik bij meer dan 10% van de aan de VSCD verbonden theaters en podia.		ja / nee	90
8	Voorstellingen kunnen uitgewisseld worden tussen gelijke systemen.		ja / nee	50
9	Voorstellingen kunnen ingevoerd worden met een (standaard) exelsheet.		ja / nee	20
10	Ieder scherm en overzicht kan als leesbaar bestand (pdf) gedeeld worden via mail, usb of ander gangbaar medium.	ja	ja / nee	nvt
11	Het besturingssysteem kan communiceren met andere gangbare protocollen voor licht, geluid en projectie.		ja / nee	20
12	Voor lange changemenen is een alternatief voor de stuurknuppel aanwezig.	ja	ja / nee	nvt
13	De besturing heeft minimaal 2 stuurknuppels/joysticks.	ja	ja / nee	nvt
14	De volledige uitslag van de stuurknuppels regelbaar tussen 10 a 25% en 100 % (voor heel precieze bewegingen).	ja	ja / nee	nvt
15	De uitvoering is robuust en passend bij het beoogd gebruik.	ja	ja / nee	nvt
16	De bediening "voelt direct" aan - tijd tussen bediening en daadwerkelijke beweging is kort.	ja	ja / nee	nvt
17	Bij uitval van een scherm is op één scherm door te werken.	ja	ja / nee	nvt

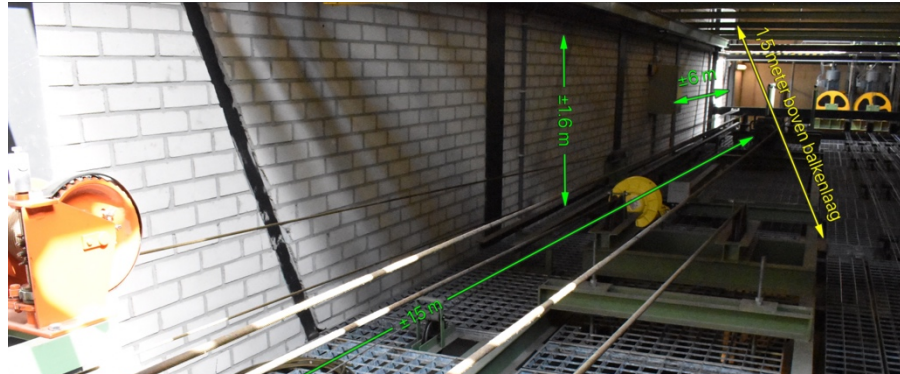
18	Een scherm kan zijaanzicht en bovenaanzicht weergeven.	ja	ja / nee	nvt
19	Standaard decorstukken (virtueel) aan trekken te hangen.	ja	ja / nee	nvt
20	Het systeem kan "voelen" of een decorstuk op de grond staat en met een bepaalde kracht neerzetten.		ja / nee	20
21	Het neerleggen van een decorstuk, en ook het accelereren kan niet tot underload waarschuwing leiden.		ja / nee	20
22	Het actuele gewicht altijd in beeld.	ja	ja / nee	nvt
23	Decor, kap en cuelijsten eenvoudig oproepbaar.	ja	ja / nee	nvt
24	Programmeren en in simulatie kunnen doorlopen van een (andere) voorstelling mogelijk tijdens opbouw (blind modus).	ja	ja / nee	nvt
25	Alle bewegingen, zonder ze uit te voeren in real time zichtbaar op het scherm.	ja	ja / nee	nvt
26	Een logische kleur en lijnweergave op het scherm - overzichtelijk voor bekenden in het theater, maar onbekend met dit systeem.	ja	ja / nee	nvt
27	Eenvoudig minimaal 5 tussenmerken, een blokkering, een hoog en laagmerk toe te voegen aan een trek.	ja	ja / nee	nvt
28	Eenvoudig in de geschiedenis opzoeken van (niet bewaarde) bewegingen.		ja / nee	20
29	Een vereenvoudigde weergave logboek toegankelijk voor gebruiker.		ja / nee	20
30	Decorstukken zelf te tekenen door gebruiker.		ja / nee	60
31	Decorstukken virtueel aan meerdere trekken te hangen.		ja / nee	80
32	Tussenliggende trekken houden rekening met decorstukken.		ja / nee	20
33	Toegang voor ervaren gebruikers en gebruikers met bescheiden rechten.	ja	ja / nee	nvt
34	Persoonlijke logins voor minimaal 30 gebruikers.		ja / nee	30
35	Rechtensets kopieerbaar van gebruiker naar gebruiker.		ja / nee	30
36	Alle merken, limieten en decorstukken zichtbaar op zowel zijaanzicht als kapoverzicht.	ja	ja / nee	nvt

37	Nieuwe - zelfgemaakte - virtuele decorstukken op te slaan voor toekomstig gebruik.		ja / nee	50
38	Bewegingen makkelijk instelbaar van exact tegelijk tot snel op elkaar volgend.	ja	ja / nee	nvt
39	De locatie van een noodstop zichtbaar op het scherm als deze is ingedrukt.	ja	ja / nee	nvt
40	Actuele hoogte per trek/groep zichtbaar op scherm.	ja	ja / nee	nvt
41	Hoogte van decorstuk tot toneelvloer zichtbaar op scherm.	ja	ja / nee	nvt
42	"Staande" decorstukken kunnen invoeren.		ja / nee	50
43	Afstand tussen decorstuk en obstakel zichtbaar op scherm (mits "staand" decorstuk is aangegeven in overzicht).		ja / nee	20
44	Eigen doeken en materiaal standaard in kunnen laten hangen.		ja / nee	40
45	3D weergave bewegingen, ook in "blind modus".		ja / nee	10
46	Overzichten aanpasbaar voor positie bedieningstafel (li-re-FOH).		ja / nee	50
47	Cue's willekeurige volgorde af kunnen spelen.	ja	ja / nee	nvt
48	Tussencues kunnen maken (9 per cuenummer).	ja	ja / nee	nvt
49	Tussenliggende cues kunnen verwijderen . Het bedieningspaneel geeft aan welke posities mogelijk niet meer aansluiten.	ja	ja / nee	nvt
50	Willekeurige cues kunnen oproepen.	ja	ja / nee	nvt
51	Cue's kunnen hernummeren, kopiëren, verplaatsen.	ja	ja / nee	nvt
52	Cues kunnen vrijgeven middels externe trigger of lichttafel.	ja	ja / nee	nvt
53	Eenvoudige externe trigger (maak- of breekcontact) middels microfoonkabel aan te kunnen sluiten.		ja / nee	40
54	Automatische logout-tijd in te kunnen stellen door gebruiker.		ja / nee	20
55	De machine geeft waarschuwingen als de grenzen van de mogelijkheden in zicht komen.	ja	ja / nee	nvt
56	Overzicht totale kaplast en per aan te geven sectie	ja	ja / nee	nvt
57	Acceleratie en deceleratie programmeerbaar.		ja / nee	50
58	Groepen kunnen fixeren in willekeurige positie t.o.v. elkaar.	ja	ja / nee	nvt

59	Limieten van een groep kiesbaar (onderkant decorstuk, ander decorstuk, staand decorstuk, willekeurige positie).	ja	ja / nee	nvt
60	Meer dan 15 groepen kunnen maken.	ja	ja / nee	nvt
61	Eenvoudig een sneeuwdoek kunnen programmeren.		ja / nee	50
62	Bewegingen sneeuwdoek eenvoudig willekeurig kunnen maken.		ja / nee	20
63	Wachttijden per beweging (deel van een beweging) kunnen maken.	ja	ja / nee	nvt
64	(Eindeloos) herhalend bewegingspatroon mogelijk.	ja	ja / nee	nvt
65	Positie afhankelijke beweging mogelijk.	ja	ja / nee	nvt
66	Kunnen kiezen tussen tijd en wegsychrone beweging.	ja	ja / nee	nvt
67	Willekeurige bewegingen mogelijk binnen aangegeven limieten.		ja / nee	20
68	Doelposities kunnen programmeren.	ja	ja / nee	nvt
69	Nagenoeg eindeloos cues en bewegingen kunnen programmeren.	ja	ja / nee	nvt
70	Een cue kunnen opdelen in meerdere gedeelten, het blijft echter 1 cue.	ja	ja / nee	nvt
71	Mogelijkheid om assen/trekken uit te schakelen zonder showonderbrekingen.	ja	ja / nee	nvt
72	Andere trekken kunnen kiezen en meenemen in de reeds bestaande programmering van de voorstelling (de eigenschappen van de eerdere trekken zonder meer kopiëren en in de voorstelling meenemen). De eigenschappen van meerdere trekken tegelijk wijzigen.	ja	ja / nee	nvt
73	Kantelbewegingen kunnen maken met meer dan twee trekken.		ja / nee	60

## Installatie

De in te brengen besturingskasten kunnen gemonteerd worden buiten de zomerstop en als de



huidige installatie nog gebruikt wordt. De besturingskasten kunnen gemonteerd worden op de rollenzolder of op de omloop rechts. De exacte plek in overleg met de schouwburg te bepalen. (zie foto's)



De leverancier van de (nieuwe) frequentieregelaars dient de levering van hetzelfde of een vervangingsonderdeel (zonder extra installatie inspanningen om deze in het systeem op te nemen) te garanderen voor de periode van 10 jaar.

Alle onderdelen in de besturingskasten bij de lieren dienen van industriële kwaliteit te zijn. De te gebruiken onderdelen (relais, zekeringautomaten en dergelijke) dienen bij het ontwerp aangegeven te worden.

Bij eventueel gebruik van remweerstand dienen deze buiten de besturingskasten geplaatst te worden.

De besturingskasten kunnen in gesloten toestand functioneren en zijn aan de buitenzijde voorzien van waarschuwings- en storingsindicatoren en een resetbutton.

Alle aansluitingen op de besturingskast zijn gestekerd, zodat bij een onverhoopte storing een besturingskast gewisseld kan worden en de voorstelling onverkort verder kan.

Besturingskasten zijn zo gemonteerd dat het verplaatsen en het vervangen door een mee te leveren reservekast met eenvoudig gereedschap binnen 5 minuten kan geschieden door een niet geroutineerde monteur met de vaardigheden passend bij het beroep van theatertechnicus.

De aanwezige voeding dient bij de schouw door de aanbieder bekeken te worden en bij inschrijving dient aangegeven te worden of deze afdoende is, beperkingen oplevert of gemodificeerd dient te worden.

Het noodstopcircuit dient volledig geïntegreerd te worden (voor waar deze van toepassing is). Het aanspreken van welke noodstop in de zaal dan ook laat alle bewegende machinerie in de zaal de beweging stoppen, zo snel en veilig als mogelijk is. Op de console(s) is aangegeven welke noodstop aangesproken is.

### Remmen, encoders, gewichtsmeting, (nood)eindschakelaars etc.

De huidige remmen zijn enkel uitgevoerd. Deze zullen vervangen moeten worden door dubbele remmen per trek.

Ook gaan we er van uit dat de huidige encoders niet meer bruikbaar zijn. In de aanbieding gaat u uit van het vervangen van de encoders. De gewichtsmeebouts kunnen waarschijnlijk hergebruikt worden of eventueel voorzien van signaalversterking.

(Nood)eindschakelaars dienen in de schouw bekeken te worden en als deze niet voldoen in de aanbieding opgenomen worden.

Mechanisch worden er een aantal maatregelen voorgesteld in de Reverse Engineering (bijlage 1 bladzijde 32). De geconstateerde tekortkomingen aan remmen, weegstoelen en verzamelschijven dienen in de aanbieding te worden benoemd en opgenomen.

De documentatie behorende bij de installatie wordt door de inschrijver, die na definitieve gunning de opdracht gegund heeft gekregen, in een serie mappen in 1 onderscheidende kleur geleverd. Tevens wordt de complete documentatie en de gebruiksinstructies op USB-stick in pdf formaat aan de gebruiker overhandigd. Alle benodigde certificaten zijn onderdeel van de documentatie.

Bij oplevering wordt er een lastenbord geleverd op A1 formaat. Het ontwerp wordt vooraf voorgelegd aan LI en opdrachtgever. Plaatsing op aanwijzing van LI in overleg met de gebruiker.

Het geheel van de installatie wordt voorzien van alle voorgeschreven waarschuwingen en bestickering.

## Optioneel.

Bij de aanbieding wordt u gevraagd optioneel een lichtere en sterkere roede aan te bieden voor de spantrekken zodat de eigenschappen aangaande belasting van de trek verbeteren.

Ook wordt u gevraagd optioneel een verbeterde uitvoering van de decortrekroedes aan te bieden of een voorstel te doen de huidige te verbeteren zodat de roede puntlasten van 150 kg onder de kabelaansluiting kan dragen.



Het secundair staal waarop de verzamelwielstoelen bevestigd zijn levert beperkingen op in het gebruik. We vragen de aannemer om de bestaande constructie te verstevigen zodat de beperking (twee vol belaste trekken in een groep van 6, dynamisch) wordt gereduceerd tot vier vol belaste trekken per veld, waarvan twee dynamisch.

Graag zien we in uw aanbieding een draadloze afstandsbediening of de kosten voor het draadloos uitvoeren van de tweede console terug.

Ook wordt u gevraagd 8 evenaars (geschikt voor trekken die niet helemaal een gelijke positie hebben) aan te bieden.

## Betalingschema.

Het betalingschema is er op gericht om het risico voor de opdrachtgever te beperken zonder dat er een bankgarantie afgegeven dient te worden door de aannemer.

In dit voorstel is het risico voor de gebruiker beperkt tot 20% en zijn alle onderdelen eigendom van de opdrachtgever bij aankomst op de locatie.

- 10 % opdrachtsom bij aanvaarding opdracht. (betalingstermijn 30 dagen.)
- 5 % opdrachtsom bij goedkeuring voorlopig ontwerp. (betalingstermijn 30 dagen.)
- 5 % opdrachtsom bij goedkeuring definitief ontwerp. (betalingstermijn 30 dagen.)
- max 40% opdrachtsom bij eigendomsoverdracht set onderdelen. Onderdelen worden na eigendomsoverdracht verrekend in stappen van 20%, 40, 60, 80 en of 100% compleet (betalingstermijn 30 dagen.)
- 25 % opdrachtsom bij oplevering (is o.a. certificering door LI). (betalingstermijn 30 dagen.)
- 15 % opdrachtsom 2 maanden na oplevering, na verwerken mogelijke restpunten. (betalingstermijn 30 dagen.)

Uw aanbieding is voorzien van een open begroting waarin per hoofdonderdeel de kosten worden aangegeven. Materiaal, ontwerp, arbeid en projectleiding worden separaat benoemd conform bijlage SF3.

## Betrouwbaarheid en garantie.

De garantie op alle door de aannemer geïnstalleerde en geleverde onderdelen is 1 jaar, inclusief voorrijkosten, arbeidsloon, software-updates en software-upgrades. Voor na die periode biedt de aanbieder een onderhoudscontract aan voor 10 jaar.

Daarin inbegrepen alle software-updates en -upgrades en onderdelen die vervangen zouden moeten kunnen worden bij beoogd gebruik van de installatie, een interval van beproevingen en keuringen en beschrijft de aanbieder zijn activiteiten op het gebied van preventief onderhoud.

Ook het onderhoudscontract is inclusief arbeidsloon en voorrijkosten.

Schade ten gevolge van vandalisme, onwaarschijnlijk misbruik en invloeden van buitenaf (wateroverlast, brand) is uitgesloten.

De opdrachtgever is niet verplicht het aangeboden onderhoudscontract af te nemen.

De aannemer levert de in de nabijheid van de machine te bewaren reserveonderdelen en componenten om de meest waarschijnlijke storingen direct te kunnen oplossen. Bij de aanbieding levert de leverancier een lijst van deze onderdelen. Deze onderdelen zijn onderdeel van de aanbieding. Tijdens de garantieperiode en bij het overeenkomen van het onderhoudscontract worden gebruikte onderdelen en componenten aangevuld tot de aantallen in de lijst.

Bij storingen is de storingsdienst van de leverancier 24/7 bereikbaar en kan de gebruiker direct doorverbonden worden met een ter zake kundige. Bij storingen waarbij een kundige monteur noodzakelijk is, is de aanrijtijd, ongeacht het tijdstip, maximaal 3 uur.

## Overig.

Aansluitend op keuring en oplevering van de installatie organiseert de aannemer training voor het gebruik van de machine, waaronder een rondgang langs de componenten van de machine. Door de gebruiker aangewezen personeel (maximaal 8 personen) krijgt gedurende 5 dagdelen uitleg over de werking van de machine en de mogelijkheden voor dramatisch gebruik. Van uw

besturingstechnicus en 1ste monteur krijgt de gebruiker uitleg over de werkingsprincipes van de verschillende onderdelen. Er is gelegenheid tot het stellen van vragen. Doel van de rondleiding is het vermogen van aanwezig personeel om problemen te vermijden en op te lossen en storingsmeldingen adequater te kunnen doorgeven.

Onderdeel van de rondgang is het doornemen van de aanwezige volledige documentatie, het logboek en het omschrijven van de technische grenzen van de machine.

De training wordt in overleg gepland. De mogelijkheid wordt opgehouden om 2 van de 5 dagdelen enkele weken na de eerste 3 de plannen.

Ten behoeve van de keuring door Liftinstituut voorziet de aannemer in testgewichten en andere hulpmiddelen om de door de keurder gewenste beproevingen uit te voeren. Herkeuring door ontbreken van testhulpmiddelen vindt plaats op kosten van de aannemer. Bij de beoordeling van het Door de keurder zal deze aangeven welke beproevingen beoogd zijn tijdens de keuring. De keuring zal ongeveer 1 dag in beslag nemen. De aannemer voorziet in de aanwezigheid en beschikbaarheid van zijn projectleider, een monteur en een besturingstechnicus

De aannemer kan in overleg op afspraak, onder regie van de gebruiker, na opdrachtverlening toegang krijgen tot het gebouw en de installaties.

De aannemer beschikt over aanwezige bouwstroom (vermogen op te geven en gelimiteerd tot beschikbare vermogens) en verlichting.

De aannemer kan tijdens de uitvoeringsperiode gebruik maken van een door de gebruiker aangewezen toiletvoorziening.

De aannemer voert alle te demonteren materialen af conform vigerende milieuregelgeving. In overleg wordt bepaald of de onderdelen (o.a. in 2018 vervangen computer) nog restwaarde bezitten en hoe daar mee omgegaan wordt.

De aannemer voert alle verpakkingen en hulpconstructies af conform vigerende milieuregelgeving.

De aannemer ontvangt een ontruimingsplan van de gebruiker voor zijn VG-plan, in te dienen bij het definitief ontwerp.



Member of the  
**SHOW**  
CANADA  
group

Clïent:	Agnietenhof
	Tiel
	Nederland
Project #:	9277
File:	Reverse engineering
versie:	1
Datum:	30-05-2018

Reverse engineering lieren - Agnietenhof



Schrijver(s)  M. vd Park (STE Trekwerk BV)  S. Hummel (STE Trekwerk BV)	Distributie:  O. Nobel (STE Trekwerk BV)  T. Gennissen (Cultuurbedrijf Tiel)  K. Koch (Adviseur)	Gecontroleerd:
---	---	----------------



## Open issues

Hoofdstuk	Item	Status

## Document geschiedenis

Datum	Revisie	Wat is gewijzigd / toegevoegd	Bewerker
14-05-2018	-	Opzet document	M. vd Park
30-05-2018	-	Vrijgave document	M. vd Park/S. Hummel
17-08-2018	A	Diverse opmerkingen aangepast	M. vd Park

## Inhoudsopgave

1	Inleiding .....	6
2	Aanpak van reverse engineering .....	6
3	Uitgangspunten en randvoorwaarden .....	7
3.1	Uitgangspunten prestatie lier .....	7
3.2	Toegepaste normen .....	8
4	Beoordeling van de lier .....	9
4.1	Algemeen .....	9
4.2	Hoofdframe .....	10
4.2.1	Wijze van berekenen .....	10
4.2.2	Maximaal toegestane spanning .....	10
4.2.3	Resultaten .....	10
4.3	Aandrijflijn excl. motorreductor .....	11
4.3.1	Uitgangspunten en specificaties .....	11
4.3.2	Berekening Trommel .....	11
4.3.3	Berekening Flenslager .....	11
4.3.4	Vermoeiingsberekening trommelas .....	12
4.3.5	Resultaten .....	12
4.4	Motorreductor .....	13
4.4.1	Gegevens motorreductor .....	13
4.4.2	Berekening .....	14
4.4.3	Resultaten .....	14
4.5	Remmen .....	15
4.5.1	Uitgangspunten en specificatie .....	15
4.5.2	Berekening spanttrek .....	15
4.5.3	Berekening decortrek .....	15
4.5.4	Berekening zijtrek .....	15
4.5.5	Resultaten .....	16
4.6	Bevestiging kabel aan liertrommel .....	17
4.6.1	Uitgangspunten en specificatie .....	17
4.6.2	Berekening .....	17
4.6.3	Resultaten .....	18
4.7	Beoordeling van staalkabel .....	18
4.7.1	Wijze van berekenen .....	18
4.7.2	Berekening staalkabel .....	18

4.7.3	Resultaten .....	18
5	Beoordeling Weegstoel en Dropwielen .....	19
5.1	Weegstoelen .....	19
5.1.1	Uitgangspunten en specificatie .....	19
5.1.2	Wijze van berekenen .....	20
5.1.3	Berekening as weegschijf decortrek .....	20
5.1.4	Berekening as weegschijf spanttrek .....	20
5.1.5	Berekening lager weegschijf .....	21
5.1.6	Berekening weegframe decortrek .....	22
5.1.7	Berekening weegframe spanttrek .....	22
5.1.8	Resultaten .....	22
5.2	Dropwielen .....	23
5.2.1	Uitgangspunten en specificatie .....	23
5.2.2	Berekening lager .....	24
5.2.3	Berekening as dropwielen .....	25
5.2.4	Berekening Frame Wielstoel .....	26
5.2.5	Resultaten .....	26
6	Beoordeling van roede en truss .....	27
6.1	Wijze van berekenen .....	27
6.2	Kabelbevestiging roede .....	28
6.3	Resultaten truss .....	29
6.4	Resultaten roede .....	29
7	Beoordeling van verzamelschijven .....	30
7.1	Algemene informatie .....	30
7.2	Berekening frame verzamelschijf .....	30
7.3	Berekening fundatiebalken verzamelschijven .....	30
7.3	Resultaten .....	31
8	Conclusie .....	32
9	Bijlage overzicht .....	33
	Bijlage A: Berekening lierframe .....	35
	Bijlage B: Berekening liertrommel .....	45
	Bijlage C: Motorreductoren zij-, spant- en decortrekken .....	73
	Bijlage C1: Motorreductor decortrek .....	73
	Bijlage C2: Motorreductor spanttrek .....	74
	Bijlage C3: Motorreductor zijtrek .....	75

---

Bijlage D: Berekeningen frame weegstoelen .....	76
Bijlage D1: Frame decortrek weegstoel .....	76
Bijlage D2: Frame spanttrek weegstoel .....	87
Bijlage E: Berekeningen assen weegschijven .....	101
Bijlage E1: As decortrek weegschijf.....	101
Bijlage E2: As spanttrek weegschijf.....	102
Bijlage F: Staalkabel certificaat Ø5 [mm] .....	103
Bijlage G: Berekeningen roede en truss .....	105
Bijlage G1: Berekening roede decortrek .....	105
Situatie 1: 3x 100 [kg] puntlast tussen ophangpunten .....	105
Situatie 2: 3x 90 [kg] puntlast tussen ophangpunten .....	106
Situatie 3: 2x 100 [kg] puntlast tussen ophangpunten .....	107
Situatie 4: 2x 150 [kg] puntlast tussen ophangpunten .....	108
Handberekening bij situatie 4: .....	109
Bijlage G2: Berekening truss spanttrek .....	110
Bijlage H: Handberekeningen bij trommel.....	145
Bijlage H1: Handberekening spiebaan trommel .....	145
Bijlage H2: Handberekening afschuiving t.g.v. wringmoment in las trommel-as.....	147
Bijlage I: Excel berekeningen motoren.....	149
Bijlage I1: Spanttrek motorberekening .....	149
Bijlage I2: Decortrek motorberekening.....	158
Bijlage I3: Zijtrek motorberekening.....	167
Bijlage J: Berekening verzamelschijven .....	176
Bijlage J1: Frame verzamelschijven.....	176
Bijlage J1: Fundatiebalken verzamelschijven .....	185
Bijlage K: Omschrijving lastenbord in CWA-normering .....	200
Bijlage L: Rapport breekkracht ketting.....	203
Bijlage M: Vermoeiingsberekening trommelas.....	204

## 1 Inleiding

In opdracht van Agnietenhof te Tiel heeft STE Trekwerk BV middels reverse engineering de capaciteit en geschiktheid van de huidige spant-, zij- en decortrekken, welke geleverd zijn door Stakebrand BV, onderzocht door een toetsing op de hedendaagse normering. Deze normering was nog niet geldig ten tijde van de levering van de installatie. Het besturingssysteem wordt in dit rapport niet nader bekeken en beoordeeld. Tevens is niet gekeken of de installatie voldeed aan de normering die geldend was ten tijde van ontwerp. In dit rapport treft u de resultaten aan van de toetsing aan de normering die vandaag de dag gehanteerd dient te worden

## 2 Aanpak van reverse engineering

De reverse engineering hebben wij verricht door gebruik te maken van de originele samenstellings- en werkplaatstekeningen van de firma Stakebrand, welke in ons bezit zijn. Ook is een locatiebezoek gedaan voor verificatie of de beschikbare tekeningen overeen komen met de daadwerkelijke situatie. Doelstelling van deze rapportage is om te bepalen welke last de huidige lieren kunnen hijsen terwijl ze voldoen aan de relevante normen. In hoofdstuk 3.1 worden hiervoor de uitgangspunten opgesomd.

In dit onderzoek is o.a. gebruik gemaakt van het 3D berekeningsprogramma Inventor FEA simulation, Nastran NX en AutoCAD Mechanical FEA. Hierin worden de maximale spanningen en doorbuigingen vastgesteld. Een aantal componenten zijn middels handberekeningen gecontroleerd. Een destructief onderzoek om de sterkte van componenten te bepalen behoort niet tot deze opdracht.

## 3 Uitgangspunten en randvoorwaarden

### 3.1 Uitgangspunten prestatie lier

Onderstaande geeft een overzicht van de gevraagde specificaties.

#### Algemene specificaties:

Hijs snelheid:	1,6	[m/s]
Maximale last onder de staalkabel:	150	[kg]
Maximale last tussen twee staalkabels:	100	[kg]
Versnelling / vertraging:	1	[m/s <sup>2</sup> ] (normaal bedrijf)
Versnellingsfactor:	1,1	(normaal bedrijf)
Vertraging (noodstop):	3,33	[m/s <sup>2</sup> ]
Vertragingsfactor (noodstop):	1,34	[-]
Veiligheidsfactor (Failure):	1,0	[DIN-56950]
Veiligheidsfactor (normaal bedrijf):	2	[DIN-56950]
Valversnelling:	9,81	[m/s <sup>2</sup> ]

#### Specificaties Spanttrek:

Werklast:	500	[kg]
Massa truss:	140	[kg]
Aantal ophangpunten truss:	7	stuks
Systeemlast:	$500 + 140 =$	640 [kg]
Dynamische last:	$640 * 1,1 =$	704 [kg]
Last bij noodstop:	$640 * 1,34 =$	858 [kg]

#### Specificaties Decortrek:

Werklast:	300	[kg]
Massa truss:	70	[kg]
Aantal ophangpunten truss:	7	stuks
Systeemlast:	$300 + 70 =$	370 [kg]
Dynamische last:	$370 * 1,1 =$	407 [kg]
Last bij noodstop:	$370 * 1,34 =$	495 [kg]

#### Specificaties Zijtrek:

Werklast:	300	[kg]
Massa truss:	60	[kg]
Aantal ophangpunten truss:	3	stuks
Systeemlast:	$300 + 60 =$	360 [kg]
Dynamische last:	$360 * 1,1 =$	396 [kg]
Last bij noodstop:	$360 * 1,34 =$	483 [kg]



Figuur 1 Lastenbord

In figuur 1 is het lastenbord weergegeven, met daarop de toegestane belastingen toentertijd dat de installatie in werking werd genomen. De lasten voor de Decortrekken zijn gelijk aan die van de Zijtrekken. Volgens de CWA 15902-1:2008 normering is het noodzakelijk dat het lastenbord op een duidelijk zichtbare plaats weergegeven is. Voorkeur is hierbij de combinatie tussen tekst en afbeeldingen, ons voorstel is dus om een nieuw lastenbord te maken met daarop de lasten bij de verschillende roedes en trussen weer te geven (zie bijlage K voor de omschrijving van het lastenbord in de CWA normering).

### 3.2 Toegepaste normen

Bij de toetsing van de lier dient rekening gehouden te worden met onderstaande normen.

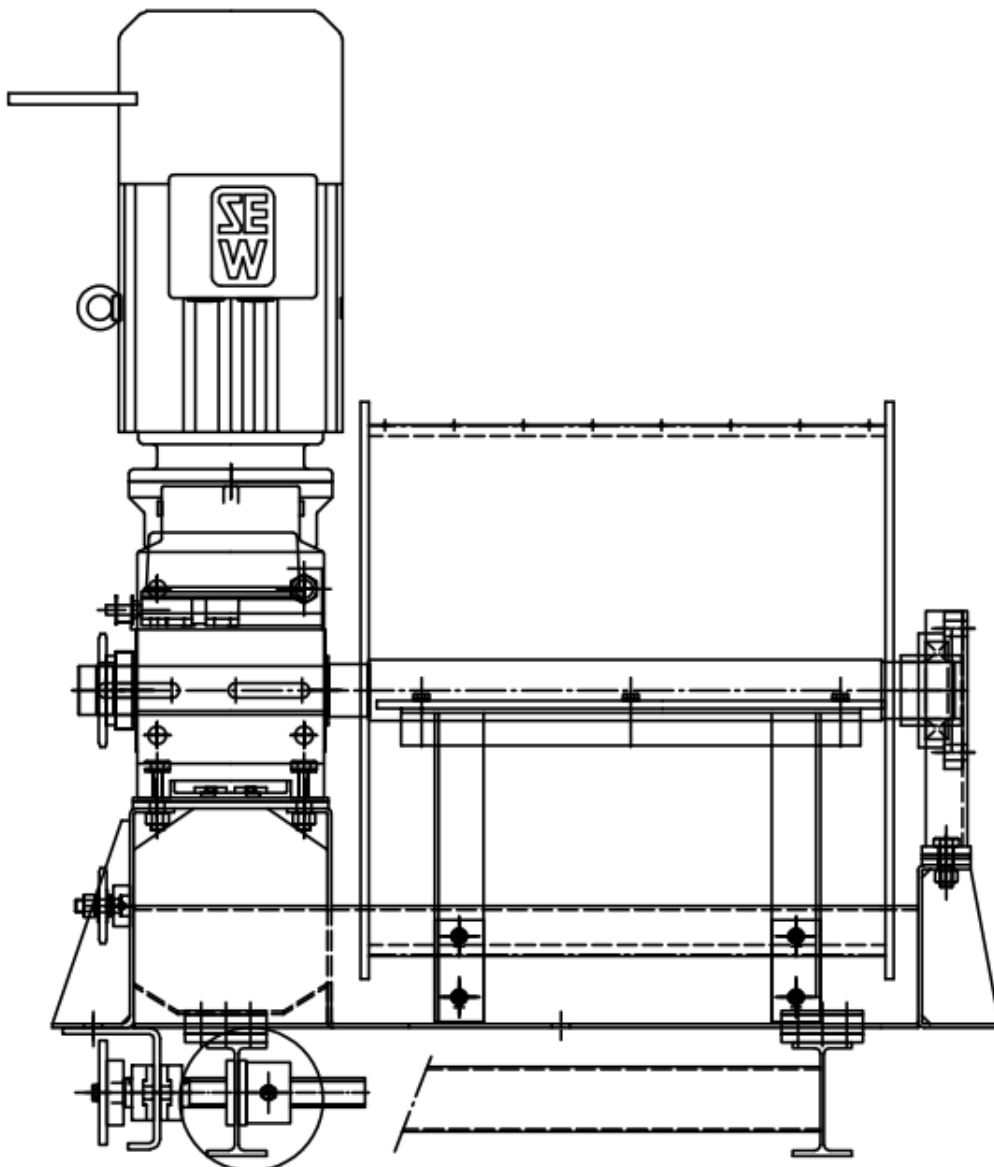
- Machine Richtlijn 2006/42/EC
- BGV-C1 - Veranstaltungs- und Produktionsstätten für szenische Darstellung
- DIN 56950-1:2012-05 - Entertainment technology - Machinery installations
- DIN 15061-2 - Cranes; groove profiles for wire rope drums
- CWA 15902-1:2008 (alleen voor het lastenbord toegepast)

## 4 Beoordeling van de lier

### 4.1 Algemeen

In dit hoofdstuk worden de onderstaande onderdelen van de lier doorgerekend en beoordeeld.

- Hoofdframe
- Aandrijflijn excl. motorreductor
- Motorreductor
- Bevestiging kabel aan liertrommel



Figuur 2 lier

## 4.2 Hoofdframe

### 4.2.1 Wijze van berekenen

Het frame van de lier is middels het programma Inventor berekend (zie rapport bijlage A). In deze berekening zullen we de lier doorrekenen tijdens normaal bedrijf. Hierbij wordt de totale belasting gedragen door alle kabels. We gaan bij de berekening uit van de belastingen zoals vermeld in hoofdstuk 3.1. Aangezien voor de spant-, decor- en zijtrekken dezelfde lierframes en trommels zijn gebruikt wordt hier de hoogst belaste situatie doorgerekend (spanttrek). De verhouding tussen de optredende spanning en de toegestane spanning dient twee te zijn (veiligheidsfactor).

### 4.2.2 Maximaal toegestane spanning

Bij de berekening is gekeken naar de vloeï- en breeksterkte. Indien een spanning boven de vloeïgrens uitkomt zal deze blijvend vervormen. De vloeïgrens geldt als maximale grens voor de spanning in materialen.

### 4.2.3 Resultaten

In het berekeningsrapport zijn de resultaten weergegeven. Uitkomst is dat het hoofdframe van de lier **voldoet** aan de maximale belasting in normaal bedrijf met de huidige eisen.

Max. optredende spanning:	99,2 [MPa]
Max. vervorming:	0,2 [mm]
Veiligheidsfactor op spanning:	$235 / 99,2 = 2,37$ [-]

## 4.3 Aandrijflijn excl. motorreductor

### 4.3.1 Uitgangspunten en specificaties

De norm stelt dat alle componenten van de aandrijflijn minimaal moeten voldoen aan een  $VF > 2$  op de maximaal toegestane spanning voor 400 uur.

“Between the load carrying and the securing device; all components of the drive system shall be designed for loads twice the size of the nominal load, taking 400 operating hours as the basis of calculations”

### 4.3.2 Berekening Trommel

De onderdelen van de aandrijflijn: liertrommel met as zijn berekend adhv. Inventor FEA simulation het berekeningsrapport is te vinden in bijlage B. Zoals vermeld bij het frame zijn de trommels bij de spant-, decor- en zijtrekken gelijk, waardoor de hoogst belaste situatie alleen doorgerekend hoeft te worden (spanttrek). Er zijn twee situaties doorgerekend, namelijk:

- Situatie 1: Belasting van 500 [kg] en trussgewicht 140 [kg], verdeelt over 7 kabels (met versnellingsfactor van 1,1).
- Situatie 2: Puntlast van 150 [kg] op de buitenste drie kabels, trussgewicht verdeelt over 7 kabels (met versnellingsfactor van 1,1). Aan motorzijde.
- Situatie 3: Puntlast van 150 [kg] op de buitenste drie kabels, trussgewicht verdeelt over 7 kabels (met versnellingsfactor van 1,1). Aan lagerblok zijde.

Verder zijn er van een aantal kritische punten handberekeningen gemaakt. Deze berekeningen zijn opgenomen in het berekeningsrapport zie bijlage I. Dit omdat bepaalde punten slecht op een realistische wijze te berekenen zijn. Een voorbeeld hiervan is de spie in een trommel-as. De handberekening geeft hier de doorslag.

### 4.3.3 Berekening Flenslager

De as aan de niet-motorzijde van de trommel is gelagerd d.m.v. een flenslager van het type UCF 214. Uit de berekeningsrapport in (Bijlage B:) volgt een reactiekracht van 3903 [N]. Hierbij is gerekend met drie keer een puntlast van 150 [kg] onder de kabels aan de niet motorzijde. Daar de trommel alleen met dynamische krachten is doorgerekend, is de reactiekracht dus ook dynamisch. Deze reactiekracht wordt vergeleken met het statisch draaggetal van het lager, is het draaggetal hoog genoeg, dan voldoet het lager zowel statisch als dynamisch aan de eisen. In tabel 1 zijn de eigenschappen van het lager weergegeven.

Tabel 1: Eigenschappen UCF 214

Attributes	Values
Bearing type	UC214
Dynamic load rating (Cr)	62,2 kN
Static load rating (Cor)	44,1 kN
Shaft diameter	Ø70 mm

Statisch draaggetal UCF214: 44,1 [kN]  
De flenslager voldoet aan de eis  $VF > 2$

#### 4.3.4 Vermoeiingsberekening trommelas

Van de trommelas is een vermoeiingsberekening gemaakt, aangezien dat deze as wisselend belast wordt. De berekening is gemaakt door middel van Inventor Shaft Generator. In bijlage M is de uitgewerkte berekening weergegeven. De belastingen van de spanttrek zijn genomen voor de berekening, waaraan de as al voldoet.

#### 4.3.5 Resultaten

Uit de berekeningen in de vorige paragrafen en de bijlage blijkt dat de trommel met as en het lager voldoen. De detailberekeningen die zijn gemaakt van de spiebanen en verschillende lassen voldoen aan de huidige normeringen. De detailberekeningen zijn gemaakt nadat er volgens de Inventor berekeningen piekspanningen optraden rond de spiebanen (een onvolkomenheid in de software), echter blijken de spanning adhv. handberekeningen binnen de normering uit te komen (zie Bijlage H:). De lassen die berekend zijn bevinden zich tussen de zijflenzen en de trommelbuis en tussen de zijflenzen en de trommel-as zie Bijlage H2: Handberekening afschuiving t.g.v. wringmoment in las trommel-as voor de uitwerking. Conclusie is dat de aandrijflijn **voldoet** aan de gestelde eisen bij de opgegeven belastingen zowel voor de spant-, decor- en zijtrekken.

## 4.4 Motorreductor

### 4.4.1 Gegevens motorreductor

De volgende motorreductoren zijn aangetroffen in het theater, voor de uitgebreide specificaties van de motorreductoren zie bijlage C. In de onderstaande figuren zijn de typeplaatjes van de motorreductoren weergegeven.



Figuur 3 Type plaat motorreductor decortrek



Figuur 4: Type plaat motorreductor spantrek



Figuur 5: Type plaat motorreductor zijtrek



## 4.4.2 Berekening

Middels een Excel-programma, welke door ons is geschreven in samenwerking met de motorleveranciers SEW & NORD, bepalen we waaraan de benodigde motorreductor moet voldoen. De uitdraai van de berekening is te zien in bijlage I. De motorreductor is door de Excel-sheet doorgerekend conform de gestelde eisen en rekening houdend met de normen waaraan deze dient te voldoen.

## 4.4.3 Resultaten

Indien we de cataloguswaarden gebruiken in onze Excel sheet blijkt dat de zijtrek voldoet en de decor- en spanttrek niet. Echter uit ervaring weten we dat indien SEW (de fabrikant van de motoreductor), conform de DIN 56950 de motor doorberekent, het toegestane koppel hoger mag zijn. Dit komt door het feit dat in de DIN 56950 uitgegaan wordt van een bedrijfstijd van 400 uur. We hebben daarom SEW gevraagd deze motorreductor door te rekenen, waarbij de motorreductor doorgerekend is, als zijnde het een nieuwe aandrijving. Hieruit blijkt dat de motorreductor wat betreft het benodigd koppel en toerental voldoet aan de gestelde normen, dit geldt voor de decortrek. Voor de spanttrek geldt dit niet, daar dient een zwaardere reductorkast gekozen te worden. Tot slot geeft SEW geeft echter aan dat de motor niet voldoet aan de DIN 56950 aangezien deze niet beschikt over een dubbele rem.

## 4.5 Remmen

### 4.5.1 Uitgangspunten en specificatie

De norm stelt dat de lier uitgerust moet zijn met een 2-tal, onafhankelijk van elkaar werkende remmen. Verder dienen de remmen elk in staat te zijn om 125% van de last plus eigen gewicht van de truss vast te houden.

### 4.5.2 Berekening spanttrek

Uitgaande van het houden van de "last" dient het remkoppel minimaal te voldoen aan:

$$T_{\text{rem}} = \frac{((500 \cdot 1,25) + 140) \cdot 1,1 \cdot 9,81 \cdot \frac{0,654}{2}}{31,39} = 86 \text{ [Nm]}$$

Waarin:	Last =	500 [kg]
	Trussgewicht =	140 [kg]
	Versnellingsfactor =	1,1 [-]
	Diameter trommel =	654 [mm]
	Reductie verhouding reductor =	31,39 [-]

In de motorberekening (zie bijlage J) komen we uit op een max. benodigd remkoppel van 223 [Nm] om de last tijdens noodstop te vertragen met de gewenste 3,33 [m/s<sup>2</sup>]. De motor beschikt over een rem met een maximaal koppel van 150 [Nm], hiermee wordt voldaan aan de statische eis. Echter volgt er uit de berekening dat dit koppel te laag is om te voldoen aan de gestelde 3,33 [m/s<sup>2</sup>], de huidige rem levert een vertraging van 1,8 [m/s<sup>2</sup>]. Daarbij bedraagt de remafstand iets meer dan 0,6 [meter].

### 4.5.3 Berekening decortrek

Uitgaande van het houden van de "last" dient het remkoppel minimaal te voldoen aan:

$$T_{\text{rem}} = \frac{((300 \cdot 1,25) + 70) \cdot 1,1 \cdot 9,81 \cdot \frac{0,654}{2}}{40,64} = 38,6 \text{ [Nm]}$$

Waarin:	Last =	300 [kg]
	Trussgewicht =	70 [kg]
	Versnellingsfactor =	1,1 [-]
	Diameter trommel =	654 [mm]
	Reductie verhouding reductor =	40,64 [-]

In de motorberekening (Bijlage I: Excel berekeningen motoren) komen we uit op een max. benodigd remkoppel van 162 [Nm] om de last tijdens noodstop te vertragen met de gewenste 3,33 [m/s<sup>2</sup>]. De motor beschikt over een rem met een maximaal koppel van 150 [Nm], hiermee wordt voldaan aan de statische eis. Echter volgt er uit de berekening dat dit koppel te laag is om te voldoen aan de gestelde 3,33 [m/s<sup>2</sup>], de huidige rem levert een vertraging van 2,8 [m/s<sup>2</sup>]. Daarbij bedraagt de remafstand 0,4 [meter].

#### 4.5.4 Berekening zijtrek

Uitgaande van het houden van de “last” dient het remkoppel minimaal te voldoen aan:

$$T_{\text{rem}} = \frac{((300 \cdot 1,25) + 60) \cdot 1,1 \cdot 9,81 \cdot \frac{0,654}{2}}{174,2} = 9[\text{Nm}]$$

Waarin:	Last =	300 [kg]
	Trussgewicht =	60 [kg]
	Versnellingsfactor=	1,1 [-]
	Diameter trommel =	654 [mm]
	Reductie verhouding reductor =	174,2 [-]

In de motorberekening (Bijlage I: Excel berekeningen motoren) komen we uit op een max. benodigd remkoppel van 26 [Nm] om de last tijdens noodstop te vertragen met de gewenste  $0,9 \text{ [m/s}^2\text{]}$ . De motor beschikt over een rem met een maximaal koppel van 20 [Nm], hiermee wordt voldaan aan de statische eis. Echter volgt er uit de berekening dat dit koppel te laag is om te voldoen aan de gestelde  $0,9 \text{ [m/s}^2\text{]}$ , de huidige rem levert een vertraging van  $0,63 \text{ [m/s}^2\text{]}$ . Daarbij bedraagt de remafstand minder dan 0,1 [meter].

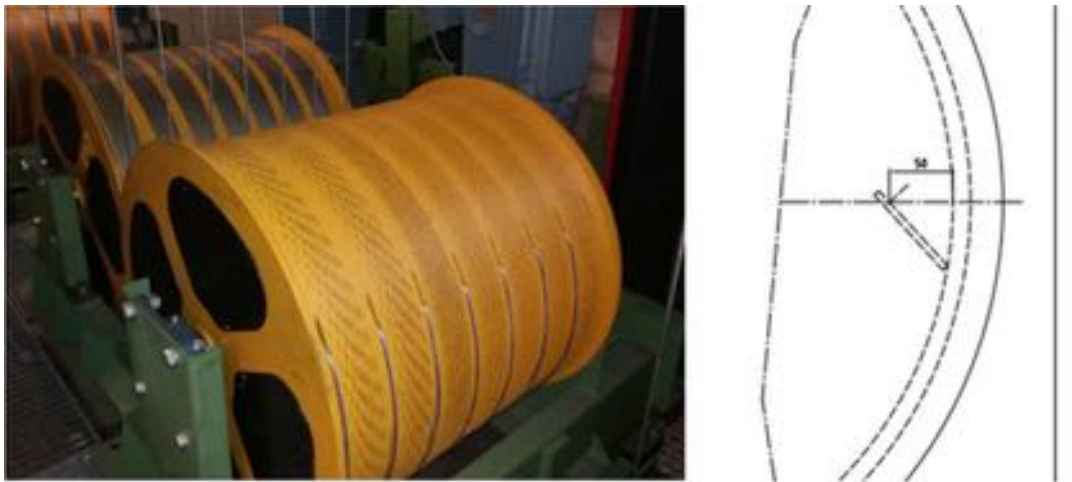
#### 4.5.5 Resultaten

Volgens de berekeningen voldoen de remmen aan de statische eis. Echter blijkt dat de dynamische vertraging lager ligt dan de gestelde eisen m.b.t. de vertraging bij noodstop. Het is echter niet mogelijk om een zwaardere rem op dezelfde motor te plaatsen, aangezien de onderdelen in de motorreductor niet sterk genoeg zijn om een grotere vertraging te weerstaan (tandwielen kunnen afbreken etc.). Indien er om veiligheidsredenen een kortere remafstand benodigd is, zal de motorreductor vervangen moeten worden voor één met een hoger remkoppel. Tot slot moeten alle trekken uitgevoerd worden met een dubbele rem om te voldoen aan de DIN 56950.

## 4.6 Bevestiging kabel aan liertrommel

### 4.6.1 Uitgangspunten en specificatie

De kabel zit aan de binnenzijde van de trommel middels een D-sluiting aan een stalen strip, welke vastgelast is aan de trommelbuis, bevestigd. In Figuur 6 is een afgewikkelde trommel en doorsnede van de trommel schematisch weergegeven (vanuit Stakebrand tekening W-25-112). Wij controleren hier de eindverbinding controleren dus de harp (d-sluiting) want de kabel wordt in de volgende paragraaf getoetst.



Figuur 6: Kabelbevestiging op trommel

### 4.6.2 Berekening

Volgens de norm moet de bevestiging van de staaldraad aan de trommel minimaal 80% van de MBL van de kabel kunnen opnemen.

$$MBL_{\text{kabel}} = 16,07 \text{ [kN]}$$

Dit betekent dat de verbinding van de kabel een kracht moet kunnen opnemen van:

$$F_k = 0,8 \cdot 16,07 = 12,9 \text{ [kN]}$$

Omdat de resterende wikkelingen, middels wrijving tussen kabel en trommel zorgen voor een afname van de benodigde kracht op de eindverbinding. Uitgaande van de halve resterende winding kunnen we de resterende trekkracht op kabelbevestiging berekenen volgens onderstaande formule:  $F_{\text{eind}} = F_{\text{Last}} \cdot e^{-\mu \cdot l_{\text{boog}}} \text{ [N]}$

Waarin:  $\mu$  = wrijvingscoëfficiënt staal – staal  $\approx 0,3$   
 $l_{\text{boog}}$  = booglengte in radialen van resterende wikkelingen

$$F_{\text{eind}} = 170 \cdot 9,81 \cdot e^{-0,3 \cdot \pi} \text{ [N]}$$

$$F_{\text{eind}} = 649,8 \text{ [N]}$$



### 4.6.3 Resultaten

De gebruikte harp is de Greenpin [6 mm] met een WLL van [0,33 ton]. De leverancier rekent standaard met een veiligheidsfactor van 6, zonder veiligheidsfactor kan de harp een last van  $0,33 \cdot 6 = 1,98$  ton aan belasting verdragen. Wij rekenen volgens de norm met een veiligheidsfactor van 8, hierdoor komen we op een maximale belasting van  $((6 \cdot 0,33) / 8) = 0,248$  ton (ongeveer 250 kg). De maximale last onder de kabel is 170 kg, echter door de halve restwinding is de kracht op het uiteinde gereduceerd tot 649,8 [N] (wat ongeveer gelijk staat aan 66,2 [kg]). Hier wordt dus ruim aan voldaan. Er kan dus gesteld worden dat de verbinding van de kabel aan de liertrommel voldoet aan de eisen bij de opgegeven waarden.

## 4.7 Beoordeling van staalkabel

### 4.7.1 Wijze van berekenen

Van de huidig toegepast staalkabels hebben wij een certificaat gevonden. Aan de hand van de huidige last en het bijgeleverde certificaat (zie bijlage F) worden de kabels getoetst aan de hand van de hedendaagse normeringen.

### 4.7.2 Berekening staalkabel

Volgens de norm dient er op de staalkabel een veiligheidsfactor van 10 aanwezig te zijn gerekend met de dynamische last per kabel. Hieronder worden voor de spant-, decor en zijtrekken de MBL's uitgerekend.

$$MBL_{spant} = \left( 150 + \frac{140}{7} \right) \cdot 9,81 \cdot 1,1 \cdot 10 = 18345 \text{ [N]} = 18,34 \text{ [kN]}$$

$$MBL_{decor} = \left( 150 + \frac{70}{7} \right) \cdot 9,81 \cdot 1,1 \cdot 10 = 17266 \text{ [N]} = 17,27 \text{ [kN]}$$

$$MBL_{zijtrek} = \left( 150 + \frac{60}{3} \right) \cdot 9,81 \cdot 1,1 \cdot 10 = 18345 \text{ [N]} = 18,34 \text{ [kN]}$$

### 4.7.3 Resultaten

Volgens het certificaat heeft de gebruikte staalkabel een MBL van 16,07 [kN]

De benodigde MBL voor de zij- en spanttrekken zijn echter 18,34 kN tijdens versnelling met vollast en bij de decortrekken is de benodigde MBL 17,27 kN. De huidige veiligheidsfactoren bedragen daarbij 8,76 [-] (voor zij- en spanttrek) en 9,42 [-] (decortrek). De normering stelt dat de kabel een veiligheidsfactor van 10 heeft, om deze reden voldoen de kabels niet aan de normering. Wel is er kijkend naar de veiligheidsfactoren van 8,76 [-] en 9,42 [-] geen (acuut) gevaar voor de personen die onder de installatie werken. De kabel voldoet echter niet aan de norm dus dient vervangen te worden om aan de hedendaagse normering te voldoen. De puntlast bij de zij- en spanttrekken dient verlaagd te worden naar 135 [kg], bij de decortrekken is de maximaal mogelijke puntlast 145 [kg]. Mochten deze waarden aangenomen worden, dan voldoet de staalkabel aan de normering. De genomen keuze dient meegenomen te worden in de werkschrijving.

## 5 Beoordeling Weegstoel en Dropwielen

### 5.1 Weegstoelen

In dit deze paragraaf worden de verschillende weegstoelen en dropwielen onderzocht en berekend, aan de hand van Autocad, Inventor en Nastran NX (In CAD calculatieprogramma in Inventor). In Figuur 7 zijn de weegstoelen van de decor- en zijtrekken weergegeven, in Figuur 8 de weegstoel van de spanttrek.

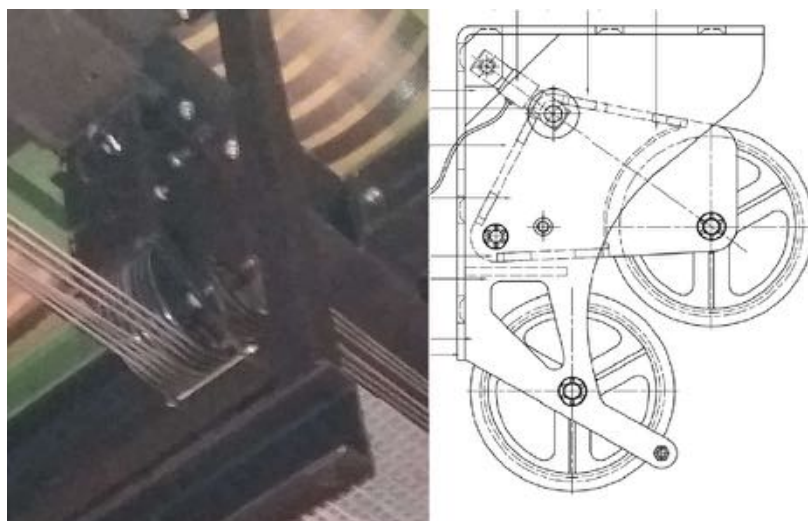
#### 5.1.1 Uitgangspunten en specificatie

Technische eigenschappen weegstoel:

- Diameter weegwiel:  $\varnothing 200$  [mm]
- Diameter kabel HOH:  $\varnothing 180$  [mm]
- Materiaal weegwiel: Gietijzer
- Diameter as weegwiel:  $\varnothing 17$  [mm]
- Materiaal as weegwiel: 17 - 4ph ( weegas van Lorijn en Loos)
- Gebruikte lagers weegwiel: Kogellager 6003 2RS



Figuur 7: Weegstoel decortrek en weegstoel zijtrek



Figuur 8: Weegstoel spanttrek

### 5.1.2 Wijze van berekenen

In het theater komen drie type weegstoelen voor, echter lijken de weegstoelen van de decor- en zijtrekken erg op elkaar, waardoor er maar een doorgerekend hoeft te worden. Het verschil tussen de zij- en decortrekken is dat de weegstoelen van de decortrekken uitgerust zijn met 2 schijven (1x 3 groefs, 1x 4 groefs), terwijl de zijtrekken 1x een 3 groefs schijf hebben. Voor de berekening worden alleen de schijven van de decortrek en de spanttrek doorgerekend (aangezien er bij de decortrekken twee schijven gebruikt zijn per weegstoel, grijpt de kracht via de lagers ook in het midden van de as aan, waardoor deze ongunstiger belast wordt dan bij de zijtrekken). Tussen de spanttrek en decortrek zit een aanzienlijk verschil qua framework, daardoor worden beide frames adhv. Inventor FEA berekend. Rapportages van deze berekeningen zijn te vinden in Bijlage D:. Het gebruikte materiaal voor de meetas is 17-4 PH, wat een treksterkte heeft van  $765 \text{ N/mm}^2$ , in Figuur 9 zijn de materiaaleigenschappen weergegeven.

### 5.1.3 Berekening as weegschijf decortrek

De berekening is gedaan aan de hand van de worst-case scenario. In het geval van de decortrek gaat dat om een puntlast van 150 [kg] onder twee kabels (op het 3-groefs schijf), met trussgewicht 70 [kg] verdeelt over 7 kabels. De uitwerking is gedaan in Autocad en te vinden in bijlage E1Bijlage E2: As spanttrek weegschijf. Zoals eerder vermeld heeft het materiaal een treksterkte van  $765 \text{ N/mm}^2$ , de maximale spanning die uit de berekening volgt is 212 MPa. Hierdoor valt vast te stellen dat de as voldoet.

### 5.1.4 Berekening as weegschijf spanttrek

De berekening is wederom gedaan aan de hand van de worst-case scenario. In het geval van de spanttrek gaat dat om een puntlast van 150 [kg] onder drie kabels, puntlast van 50 [kg] onder de vierde kabel, met trussgewicht 140 [kg] verdeelt over 7 kabels. De uitwerking is gedaan in Autocad en te vinden in bijlage E2. De maximale spanning die uit de berekening volgt is 253 MPa. Hierdoor valt vast te stellen dat de as voldoet.

**TABLE 2 – TYPICAL MECHANICAL PROPERTIES**

Property	Condition						
	A	H 900	H 925	H 1025	H 1075	H 1150	H 1150-M
UTS, ksi. (MPa)	160 (1103)	200 (1379)	190 (1310)	170 (1172)	165 (1138)	150 (1034)	137 (945)
0.2% YS, ksi. (MPa)	115 (793)	185 (1275)	175 (1207)	165 (1138)	160 (1103)	130 (896)	111 (765)
Elongation, % in 2" (50.8 mm)	5	9	9	10	11	12	17
Rockwell Hardness C	35	45	43	38	37	33	31

Figuur 9: Materiaaleigenschappen 17-4 PH

### 5.1.5 Berekening lager weegschijf

Voor de lagerberekening zijn 2 situaties gesimuleerd, welke hieronder zijn weergegeven. Voor de berekening van de last op het lager wordt gekeken naar de max omspannen boog van de kabel over de schijf welke 90° is, om daarmee tot de resultante kracht te komen wordt de kracht in de kabel \* factor 1,41 ( $\sqrt{2}$ ) gedaan. In Figuur 10 zijn de specificaties van het lager weergegeven.

#### Spanttrek lagering:

**Situatie 1: Bij 3x 150 [kg] puntlast en 1x 50 [kg] puntlast onder de kabels + 4\*140/7 [kg] trussgewicht op het 4 groefs schijf.**

Statisch:  $580 * 1,41 = 820,2$  [kg] -> 8,05 [kN]

Dynamisch:  $580 * 1,1 * 1,41 = 902,3$  [kg] -> 8,85 [kN]

#### Decor- en zijtrek lagering:

**Situatie 2: Bij 2x 150 [kg] puntlast + 4\*70/7 [kg] trussgewicht, op het 4 groefs schijf.**

Statisch:  $340 * 1,41 = 480,8$  [kg] -> 4,72 [kN]

Dynamisch:  $340 * 1,1 * 1,41 = 528,9$  [kg] -> 5,19 [kN]

Met de bovenstaande gegevens komen we op de volgende veiligheidsfactoren:

$$VF = \frac{\text{aantal lagers } C_r \text{ of } 0r}{\text{Resulterende kracht}} > 2$$

#### **Situatie 1:**

Statisch:  $VF = 2 * 3,25 / 8,05 = 0,81$

Dynamisch:  $VF = 2 * 6,40 / 8,85 = 1,45$

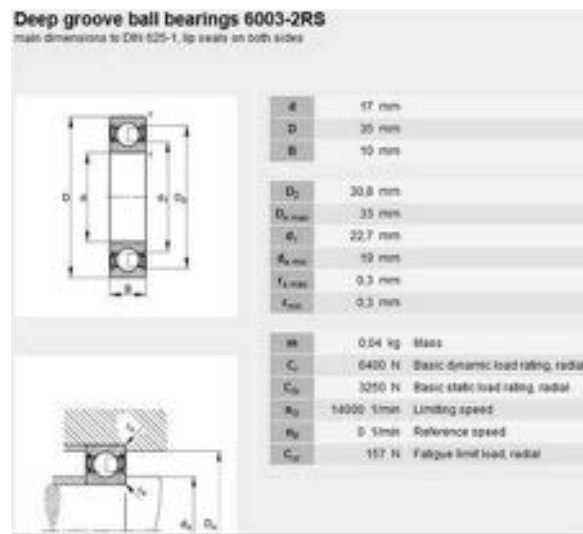
Het lager **voldoet niet** aan de statische en dynamische eis.

#### **Situatie 2:**

Statisch:  $VF = 2 * 3,25 / 4,72 = 1,38$

Dynamisch:  $VF = 2 * 6,40 / 5,19 = 2,51$

Het lager **voldoet niet** aan de statische eis.



Figuur 10: Lager 6003-2RS



### **5.1.6 Berekening weegframe decortrek**

Voor de berekening van het weegframe is gebruik gemaakt van Nastran NX. De belasting is gehaald uit de H3.1 Uitgangspunten prestatie lier. Waaruit een belasting van 407 kg tijdens versnelling mogelijk is. Er is gekeken naar de kabelloop en aan de hand hiervan zijn de belastingen in het rekenmodel ingevoerd. Er blijkt dat een maximale spanning van 102,5 [MPa] optreedt, samen met een vervorming van 0,9 [mm]. Uitgaande van S235 voldoet het materiaal wel aan veiligheidsfactor 2.

### **5.1.7 Berekening weegframe spanttrek**

Voor de berekening van het weegframe is gebruik gemaakt van Nastran NX. De belasting is gehaald uit de H3.1 Uitgangspunten prestatie lier. Waaruit een belasting van 704 kg tijdens versnelling mogelijk is. Er is gekeken naar de kabelloop en aan de hand hiervan zijn de belastingen in het rekenmodel ingevoerd. Er blijkt dat een maximale spanning van 206 [MPa] optreedt, samen met een vervorming van 0,5 [mm]. Uitgaande van S235 voldoet het materiaal niet aan veiligheidsfactor 2, er bevinden zich rond de boutgaten te hoge spanningen. Mits het materiaal een sterkte heeft van S355 of hoger voldoet het, anders niet.

### **5.1.8 Resultaten**

Uit de bovenstaande berekeningen komt naar voren dat de lagers niet voldoen aan de huidige eisen, geldend voor de decor-, zij- en spanttrekken. Het zal daarom noodzakelijk zijn om beide schijven inclusief lagers te vervangen. Verder voldoet het frame van de spanttrek niet, wat tot gevolg heeft dat de weegstoel van het spanttrek her-ontworpen moet worden, of geproduceerd van S355. Voor de zij- en decortrekken geldt het advies vervang de schijven en lagers.

## 5.2 Dropwielen

### 5.2.1 Uitgangspunten en specificatie

Technische eigenschappen van de dropwielen:

- Diameter weegwiel:  $\text{Ø}200$  [mm]
- Diameter kabel HOH:  $\text{Ø}170$  [mm]
- Materiaal verzamelwiel: Gietijzer
- Materiaal dropwiel: Kunststof
- Diameter assen: 15 [mm]
- Materiaal assen: S235 (aanname dit niet is gespecificeerd op tekening)
- Gebruikte lagers: Kogellager 6002-2RSR.

Daar de lagers en de as de meest kritische onderdelen zijn en dezelfde afmetingen hebben bij zowel de verzamelwielen als de dropwielen, worden de berekeningen één keer uitgevoerd. Hieronder in figuur 11 is een dropwiel weergegeven.

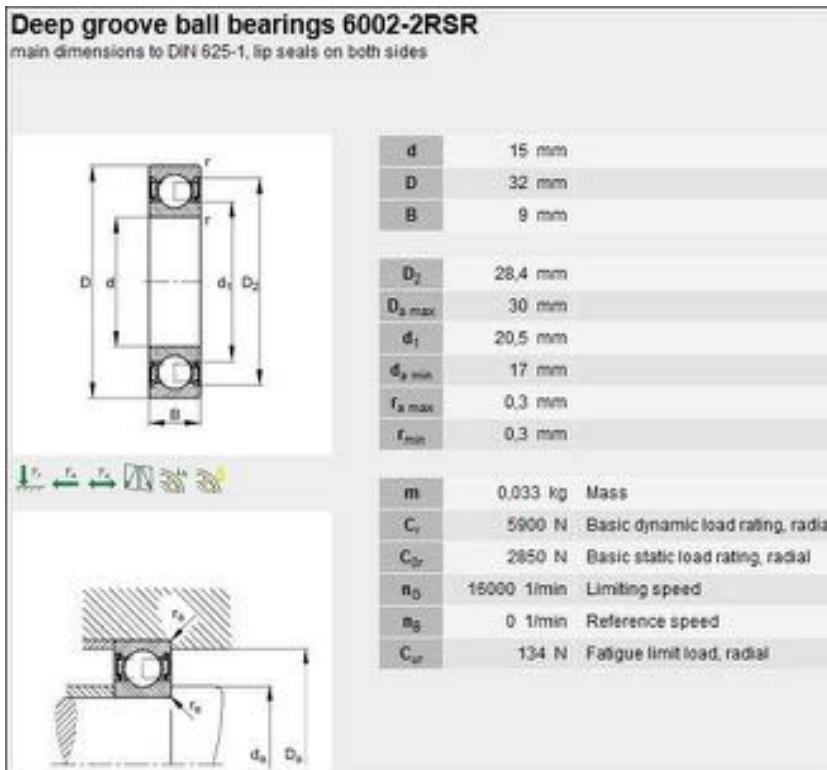


Figuur 11: Dropwielen trekken

### 5.2.2 Berekening lager

Omdat het enkel 1-groefschijven betreft dienen we hier te rekenen met de maximale last aan 1 kabel. Deze hebben we gesteld op 150 puntlast + (140 / 7) trussgewicht = 170 [kg] per kabel. Deze kracht wordt evenredig door twee lagers opgenomen. In figuur 12 zijn de eigenschappen van het lager weergegeven.

Max omspannen boog: 90°  
 Resulterende kracht:  $170 * 1,41 = 239,7$  [kg] -> 2,35 [kN] (statisch)  
 $170 * 1,1 * 1,41 = 263,7$  [kg] -> 2,59 [kN] (dynamisch)



Figuur 12: 6002-2RSR specificaties

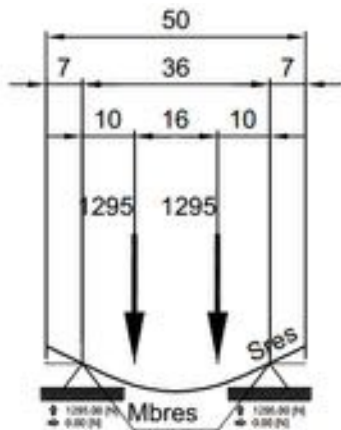
Statisch:  $VF = 2 * 2,85 / 2,35 = 2,43$  [-]

Dynamisch:  $VF = 2 * 5,90 / 2,59 = 4,56$  [-]

Kijkend naar bovenstaande veiligheidsfactoren kan gesteld worden dat de lagers voldoen aan de veiligheidsfactor van 2. Hiermee is duidelijk dat de lagers voldoen aan de hedendaagse normering, zowel statisch als dynamisch.

### 5.2.3 Berekening as dropwielen

De hierboven berekende resulterende kracht wordt door de lagers overgedragen op de as, welke ondersteund wordt door het frame van de dropstoel. De HOH afstand tussen de lagers bedraagt 16 mm. De resulterende dynamische last wordt door de beide lagers overgedragen op de as. Er hoeft maar één berekening gemaakt te worden, aangezien de maximale puntlast bij alle trekken hetzelfde is. Hieronder in Figuur 13 is de Autocad berekening weergegeven.



Dropschijf 170 kg (Puntlast+Truss/kabels)			
Moment of Inertia	I1	[mm <sup>4</sup> ]	2485.04
Moment of Inertia	I2	[mm <sup>4</sup> ]	2485.04
Moment of Inertia	Ieff	[mm <sup>4</sup> ]	2485
Max. Border Dist.		[mm]	7.5
Safety Factor			6.0127
Yield Point		[N/mm <sup>2</sup> ]	235
E-Modulus		[N/mm <sup>2</sup> ]	210000
Material			S235JR
Max. Deflection	S1	[mm]	0
Max. Bending Moment	Mb1	[Nm]	0
Max. Deflection	S2	[mm]	3.60647 E-3
Max. Bending Moment	Mb2	[Nm]	12.95
Max. Stress	Res.	[N/mm <sup>2</sup> ]	39.083
Max. Deflection	Sres	[mm]	3.60647 E-3
Max. Bending Moment	Mbres	[Nm]	12.95
Scale for Defl. Line			1500:1
Scale for Bending Mom. Line			1:1



as Ø15 mm	
I <sub>1</sub> [mm <sup>4</sup> ]	2485.04
I <sub>2</sub> [mm <sup>4</sup> ]	2485.04
S <sub>c</sub> [mm]	7.5
S <sub>t</sub> [mm]	7.5
A [mm <sup>2</sup> ]	176.71458

Figuur 13: Berekening as dropwielen

Maximale spanning:  $\sigma_{\max} = 39,1 \text{ MPa}$

Toelaatbare spanning  $\sigma_{\text{toel}} = 235 \text{ MPa}$

De as voldoet aan de  $VF \geq 2$ .

### 5.2.4 Berekening Frame Wielstoel

De frames van de dropwielen zijn nagenoeg hetzelfde als die van de weegschijven (er zit een smaller wiel in waardoor de frames compacter en sterker blijven). Aangezien de weegschijven voldoen aan de gestelde normen voor de decortrekken (en de puntlast voor de andere trekken gelijke is). Is het niet nodig om de frames opnieuw door te rekenen. Deze voldoen aan de normering.

### 5.2.5 Resultaten

Uit de bovenstaande berekeningen komt naar voren dat de lagers voldoen aan de huidige eisen. Kijkend naar de frames van de dropwielen voldoen deze ook aan de eisen. Er valt hieruit te concluderen dat de dropwielen voldoen aan de hedendaagse normering. Echter was er wel op locatie te zien dat niet alle dropwielen voorzien waren van een roll-off safety buis (zorgt er voor dat de kabel niet uit de schijf kan lopen ook wel afloopbeveiliging genoemd). Deze dienen wel geplaatst te worden op alle schijven. Hieronder in figuur 14 is met de rode pijl weergegeven waar de afloop beveiliging geplaatst dient te worden.



Figuur 14: Dropwiel zonder afloopbeveiliging



## 6 Beoordeling van roede en truss

### 6.1 Wijze van berekenen

De twee-pijps truss is middels het programma Inventor berekend (rapport zie bijlage G2). De roede is adhv. Autocad berekend (zie bijlage G1). We gaan bij de berekening uit van de belastingen zoals vermeld in hoofdstuk 3.1. Hieronder zijn de situaties voor de roede en truss weergegeven. Tot slot wordt er ook een berekening gemaakt van de bevestiging tussen de kabel en de roede, aangezien hier gebruik gemaakt is van een ketting.

#### Truss

- Situatie 1: Hierbij wordt 5x een puntlast van 100 kg tussen twee ophangpunten geplaatst.
- Situatie 2: Onder drie van de zeven kabels wordt een (opeenvolgend) een puntlast van 150 [kg] geplaatst en 1x een 50 [kg] puntlast onder de kabel.

#### Roede

- Situatie 1: Hierbij wordt 3x een puntlast van 100 kg tussen twee ophangpunten geplaatst.
- Situatie 2: Onder twee van de zeven kabels wordt een (opeenvolgend) een puntlast van 150 [kg] geplaatst . Hierbij is een handberekening gemaakt om te kijken of de koker voldoet aan de gestelde belasting (bijlage G1)

## 6.2 Kabelbevestiging roede

Zoals al eerder vermeld is er voor de kabelbevestiging gebruik gemaakt van een ketting, welke ook aan veiligheidsfactor 8 dient te voldoen. Hiernaast in figuur 15 is de ketting weergegeven. In figuur 16 staan de eigenschappen van de ketting, hieruit valt af te lezen dat bij normaal gebruik de ketting een maximale belasting van 16 kN kan weerstaan (1600 [kg]). Echter is de bevestiging van de ketting niet genormaliseerd en is er gekeken naar een vergelijkbaar project waar een ketting toegepast werd. Hier is tijdens een trekproef gebleken dat bij een kracht van 1240 [kg] de ketting breekt (zie bijlage L voor het rapport).



Figuur 15: Kabelbevestiging roede

In het huidige geval is er een puntlast van 150 [kg] onder de kabel en 10 [kg] per kabel aan trussgewicht, waarmee de last uitkomt op 160 [kg]. Dit vermenigvuldigen met de benodigde veiligheidsfactor van 8 resulteert in een belasting van 1280 [kg]. Hier wordt niet aan voldaan, waarna het niet mogelijk is om te voldoen aan de hedendaagse normering. Het vervangen van de kabelbevestiging is hierbij nodig. Een andere optie is het verlagen van de puntlast bij de decortrekken van 150 [kg] naar 145 [kg], hierna voldoet de ketting wel aan een veiligheidsfactor van 8. De genomen keuze dient meegenomen te worden in de werkschrijving.

Simplex rollenketting															
DIN 8187															
Nr.	Art.Nr.	inch	p mm	b <sub>1</sub> mm min.	b <sub>2</sub> mm max.	d <sub>1</sub> mm h <sub>g</sub>	d <sub>2</sub> mm max.	F <sub>1</sub> mm	F <sub>2</sub> mm	h mm max.	s <sub>1</sub> mm	s <sub>2</sub> mm	f cm <sup>2</sup>	F <sub>b</sub> N min.	q kg/m
084-1	11050000	1/2"x3/16"	12,7	4,88	8,8	4,09	7,75	14,5	15,9	11,1	1,9	1,8	0,36	10000	0,59

Figuur 16: Simplex ketting 1/2" x 3/16"

### 6.3 Resultaten truss

Uitkomst is dat de truss bij alle situaties voldoet aan veiligheidsfactor 2 (zie bijlage .  
Uitgaande van S195T als gebruikt buismateriaal. Hieruit volgt dat de spanttrek truss voldoet aan de hedendaagse normering.

- Situatie 1: 5 \* 100 [kg] puntlast tussen de ophangpunten.  
Max. spanning: 32,9 [MPa] -> VF = 5,9 -> OK  
Max doorbuiging: 0,17 [mm] -> 20 (1/200) -> OK
  
- Situatie 2: 3\* 150 [kg] + 1x 50 [kg] puntlast tussen de ophangpunten.  
Max. spanning: 33,4 [MPa] -> SF = 5,8 -> OK  
Max doorbuiging: 0,32 [mm] < 20 (1 / 200) -> OK

### 6.4 Resultaten roede

Uitkomst is dat de roede bij situatie 1 niet voldoet aan veiligheidsfactor 2 qua spanningen.  
Uitgaande van S195T als gebruikt buismateriaal. De handberekening van de koker voldoet hierbij wel. Een ander onderdeel van de roede wat niet voldoet aan de normering is de ketting (verbinding tussen koker en staalkabel), deze voldoet niet aan veiligheidsfactor 8.  
Hierdoor voldoet de roede niet aan de hedendaagse normering en zal de bevestiging van de staalkabel vervangen moeten worden en de roede vervangen moeten worden. Mocht het vervangen van de roede geen optie zijn, dan dient de puntlast verlaagd te worden naar 90 [kg]. Volgens de berekeningen uit bijlage G voldoet de roede ook niet bij een 2x 100 [kg] puntlast tussen de kabels.

- Situatie 1: 3 \* 100 [kg] puntlast tussen twee ophangpunten.  
Max. spanning: 105,3 [MPa] -> VF = 1,85 -> NIET OK  
Max doorbuiging: 14,3 [mm] -> 20 (1/200) -> OK
  
- Situatie 2: 2 \* 150 [kg] puntlast onder twee opeenvolgende ophangpunten.  
Max. spanning: 13,5 [MPa] -> SF = 14,4 -> OK  
Max doorbuiging: 2,5 [mm] < 20 (1 / 200) -> OK

## 7 Beoordeling van verzamelschijven

### 7.1 Algemene informatie

De verzamelschijven zijn bij de decor- en spanttrekken geplaatst boven de trommel. De functie is om de versizing vanaf de trommel naar de weegstoelen op te vangen. In dit hoofdstuk worden de frames van de verzamelschijven en de fundatiebalken waarop de verzamelschijven gemonteerd zijn berekend en gecontroleerd. Hieronder in Figuur 17 is een verzamelschijf weergegeven.



Figuur 17: Verzamelschijf

### 7.2 Berekening frame verzamelschijf

Het frame van de verzamelschijven is doorgerekend dmv. Nastran NX, waarbij de belastingen van de spanttrekken zijn genomen voor de toetsing. In bijlage J zijn de resultaten van de berekeningsrapporten weergegeven.

### 7.3 Berekening fundatiebalken verzamelschijven

De draagconstructie bestaat uit verschillende velden. In dit geval is het veld met de meest extreme situatie (lees: de grootste overspanning met zes verzamelschijven) in Nastran NX berekend. In de berekeningen worden twee verzamelschijven gelijkmatig maximaal dynamisch belast (dit betekent een belasting van 407 [kg] dynamisch per verzamelschijf, wat resulteert in een belasting van 814 [kg] dynamisch).



### 7.3 Resultaten

Het frame van de verzamelschijven voldoet bij de spanttrekken niet aan veiligheidsfactor 2. De maximale spanning in het frame bedraagt namelijk 166 MPa, er wordt namelijk uitgegaan van S235 als gebruikt materiaal. De verzamelschijven van de decortrekken voldoen wel, de belasting is namelijk een factor 1,7 lager ( $704 \text{ [kg]}/407 \text{ [kg]}$ ), wat betekent dat de spanning zal verlagen tot ongeveer 100 MPa. Hier zal de veiligheidsfactor dus wel meer dan 2 bedragen. In bijlage J1 staat het rapport weergegeven van het frame.

De berekening met twee maximaal dynamisch belaste decortrekken resulteert in een maximale spanning van 175,6 MPa in de frames van de verzamelschijven. Hier is echter al een detail berekening van gemaakt welke voldoet bij de decortrekken. De maximale spanning in de balken komt uit op 102,1 MPa. Hier wordt dus voldaan aan veiligheidsfactor 2. Er is verder vanuit gegaan dat in de overige 4 trekken alleen de lege roedes hangen.

Er kan hierna gesteld worden dat de verzamelschijven frames van de decortrekken voldoen aan de hedendaagse normering. De fundatiebalken voldoen indien er niet meer dan 2 decortrekken tegelijkertijd maximaal belast worden. Tot slot dienen de verzamelschijven bij de spanttrekken vervangen te worden, aangezien de frames niet voldoen aan veiligheidsfactor 2, aangeraden is om deze van S355 of een sterker materiaal te maken.

## 8 Conclusie

Uit bovenstaande berekeningen blijkt dat op diverse punten de installatie niet voldoet aan de huidige normering. We willen benadrukken dat deze normering niet geldig was ten tijde van het ontwerp en levering van deze installatie. Uit dit rapport kan geen conclusie getrokken worden of de installatie al dan niet voldeed aan de normering ten tijde van installatie.

Overzicht componenten en adviezen			
Componenten	Soort	Goedkeur/ Afkeur	Advies/Controle
<b>Lieren</b>			
Motorframe	allen	ok	
Trommel as staande lier	allen	ok	
Flenslager staande lier	allen	ok	
Motorreductor	spanttrek	X	Max. last is 230 [kg]+140 [kg] truss*
	decortrek	ok	
	zijtrek	ok	
Remmen	allen	X	Verplicht tweede rem + bij spant- en zijtrek het maximale remkoppel verhogen
Verbinding kabel trommel	allen	ok	
<b>Weegstoel</b>			
Frame	spanttrek	X	Frame her-ontwerpen of produceren van S355
	decortrek	ok	
	zijtrek	ok	
Lager	allen	X	Nieuwe schijven en lagers produceren
As	allen	ok	
<b>Dropstoel</b>			
Frame	allen	ok	
Lager	allen	ok	
As	allen	ok	
<b>Kabel</b>	spanttrek	X	Puntlast verlagen tot 135 [kg]
	decortrek	X	Puntlast verlagen tot 145 [kg]
	zijtrek	X	Puntlast verlagen tot 135 [kg]
<b>Truss/Roede</b>	spanttrek	X	Bij situatie met puntlast tussen ophangpunten, maximale puntlast verlagen naar 90 [kg]
	decortrek	X	Kabelbevestiging (ketting) voldoet niet aan veiligheidsfactor 8, roede her-ontwerpen of puntlast verlagen naar 145[kg]
	zijtrek	ok	
<b>Verzamelschijven</b>	spanttrek	X	Frame her-ontwerpen of produceren van S355
	decortrek	ok	
<b>Fundatie verzamelschijven</b>	decortrek	ok	max. twee decortrekken maximaal belast

\* De last moet verlaagd worden, naar de maximale last van de decortrekken, welke 300 [kg] + 70 [kg] bedraagt. Het trussgewicht is 70 [kg] hoger dan het roedegewicht, waardoor de last op de truss 230 [kg] wordt.

## 9 Bijlage overzicht

Bijlage	Onderwerp
<b>A</b>	Berekening lierframe
<b>B</b>	Berekening liertrommel
<b>C</b>	Motorreductoren zij-, spant- en decortrekken
<b>D</b>	Berekeningen frame weegstoelen
<b>E</b>	Berekeningen assen weegschijven
<b>F</b>	Staalkabel certificaat Ø5 [mm]
<b>G</b>	Berekening roede en truss
<b>H</b>	Handberekeningen bij trommel
<b>I</b>	Excel berekening motoren
<b>J</b>	Berekening verzamelschijven
<b>K</b>	Omschrijving lastenbord in CWA-normering
<b>L</b>	Rapport breekkracht ketting

---

# BIJLAGEN

---

## Bijlage A: Berekening lierframe

### Calculation frame lier

Analyzed File:	TWI-9277-027-001.ipt
Autodesk Inventor Version:	2018.3 (Build 223284000, 284)
Creation Date:	23-5-2018, 14:02
Study Author:	MP
Summary:	Belasting vanuit trommelberekening + de verticale last van de kabels (500 [kg] SWL en 140 [kg] trussgewicht* versnellingsfactor 1,1) als verticale kracht. Optredend moment vanuit trommelberekening eveneens meegenomen (M=2089 [Nm]). De massa van de motorreductor vanuit de datasheet (=185 [kg]) en massa van de trommel+as (gehaald uit het 3D model, 220 [kg]).

### Project Info (iProperties)

#### Project

Part Number	TWI-9277-027-001
Revision Number	-

#### Physical

Material	S235JR
Density	7,85 g/cm <sup>3</sup>
Mass	67,1772 kg
Area	3325730 mm <sup>2</sup>
Volume	8557600 mm <sup>3</sup>
Center of Gravity	x=0 mm y=-96,5873 mm z=118,424 mm

Note: Physical values could be different from Physical values used by FEA reported below.

## Belasting vanuit trommel op het frame

### General objective and settings:

Design Objective	Single Point
Study Type	Static Analysis
Last Modification Date	23-5-2018, 14:00
Detect and Eliminate Rigid Body Modes	No

### Mesh settings:

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0,1
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0,2
Grading Factor	1,5
Max. Turn Angle	60 deg
Create Curved Mesh Elements	Yes

### Material(s)

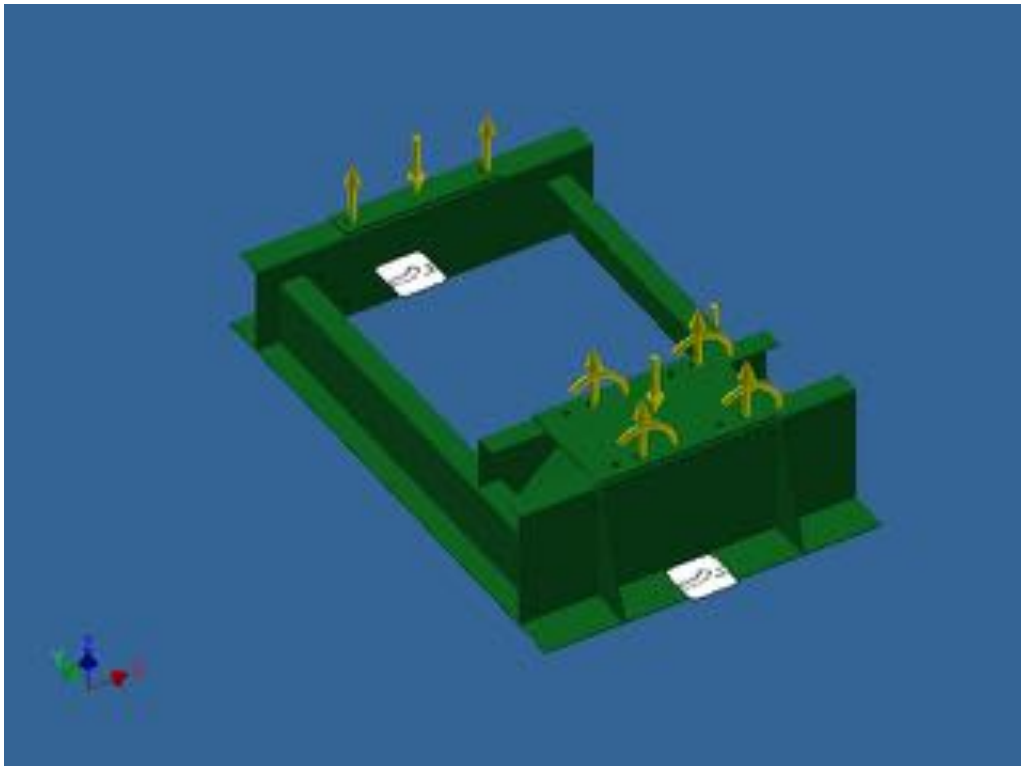
Name	S235JR	
General	Mass Density	7,85 g/cm <sup>3</sup>
	Yield Strength	235 MPa
	Ultimate Tensile Strength	340 MPa
Stress	Young's Modulus	210 GPa
	Poisson's Ratio	0,3 ul
	Shear Modulus	80,7692 GPa
Part Name(s)	TWI-9277-027-001	

## Operating conditions

### Gravity

Load Type	Gravity
Magnitude	9810,000 mm/s <sup>2</sup>
Vector X	0,000 mm/s <sup>2</sup>
Vector Y	0,000 mm/s <sup>2</sup>
Vector Z	-9810,000 mm/s <sup>2</sup>

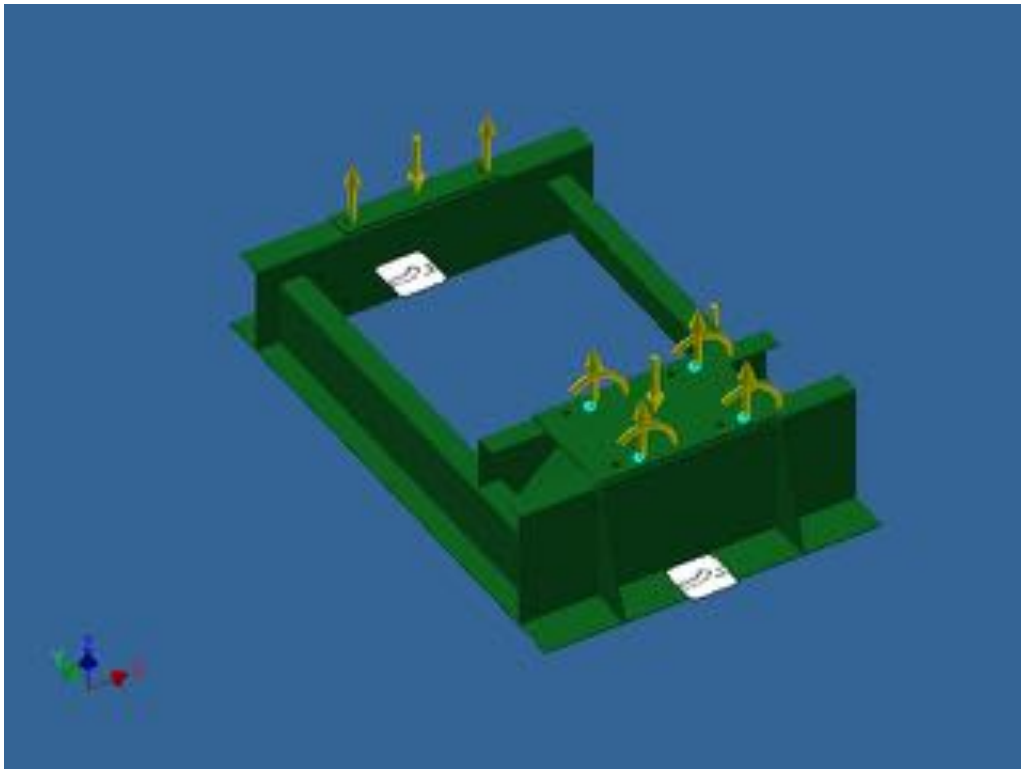
Selected Face(s)



*Moment vanuit trommelberekening*

Load Type	Moment
Magnitude	2089000,000 N mm
Vector X	0,000 N mm
Vector Y	2089000,000 N mm
Vector Z	0,000 N mm

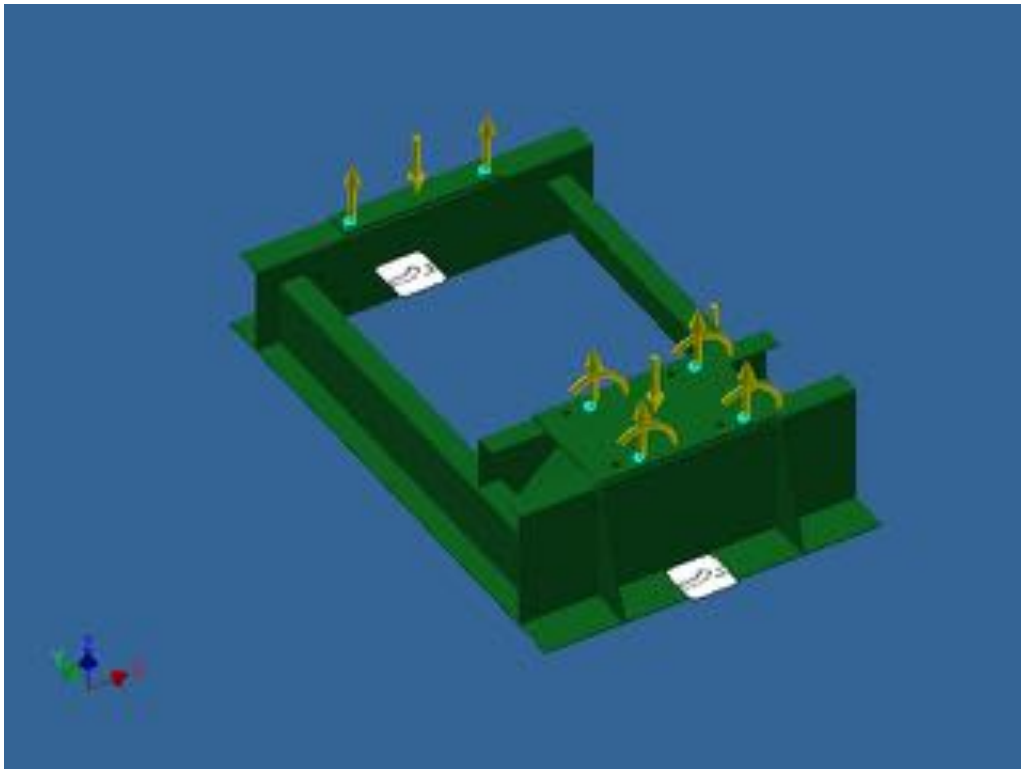
Selected Face(s)



*Kracht ten gevolge van kabellast*

Load Type	Force
Magnitude	6906,240 N
Vector X	0,000 N
Vector Y	0,000 N
Vector Z	6906,240 N

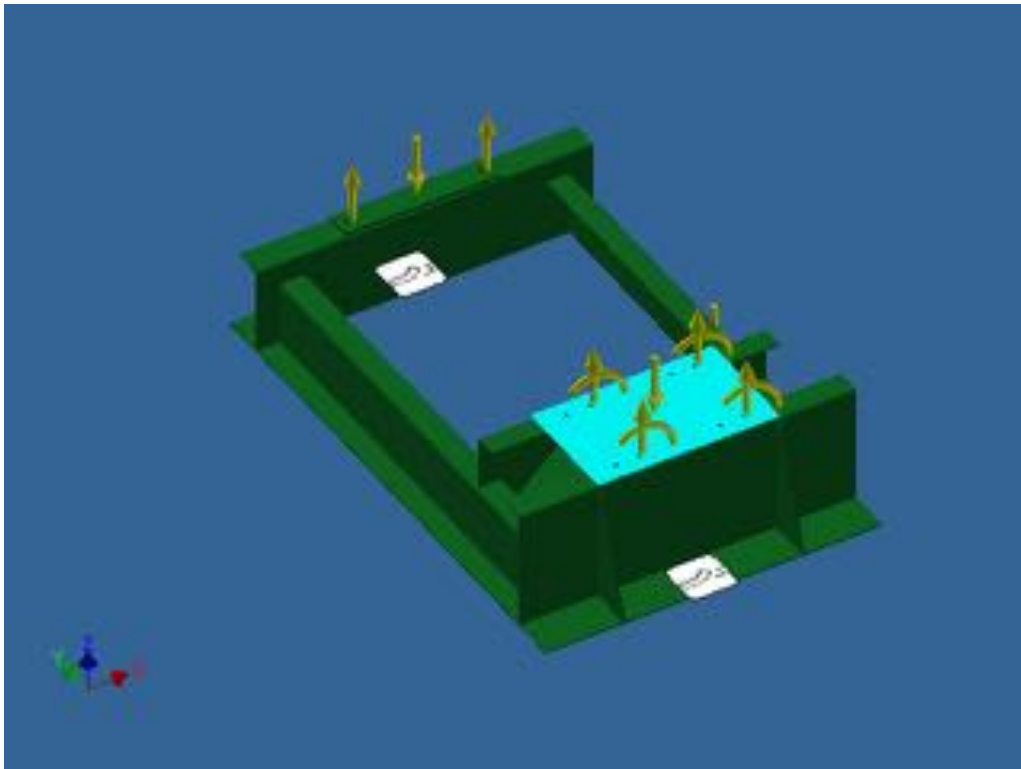
Selected Face(s)



*Eigen massa reductor*

Load Type	Force
Magnitude	1814,850 N
Vector X	0,000 N
Vector Y	0,000 N
Vector Z	-1814,850 N

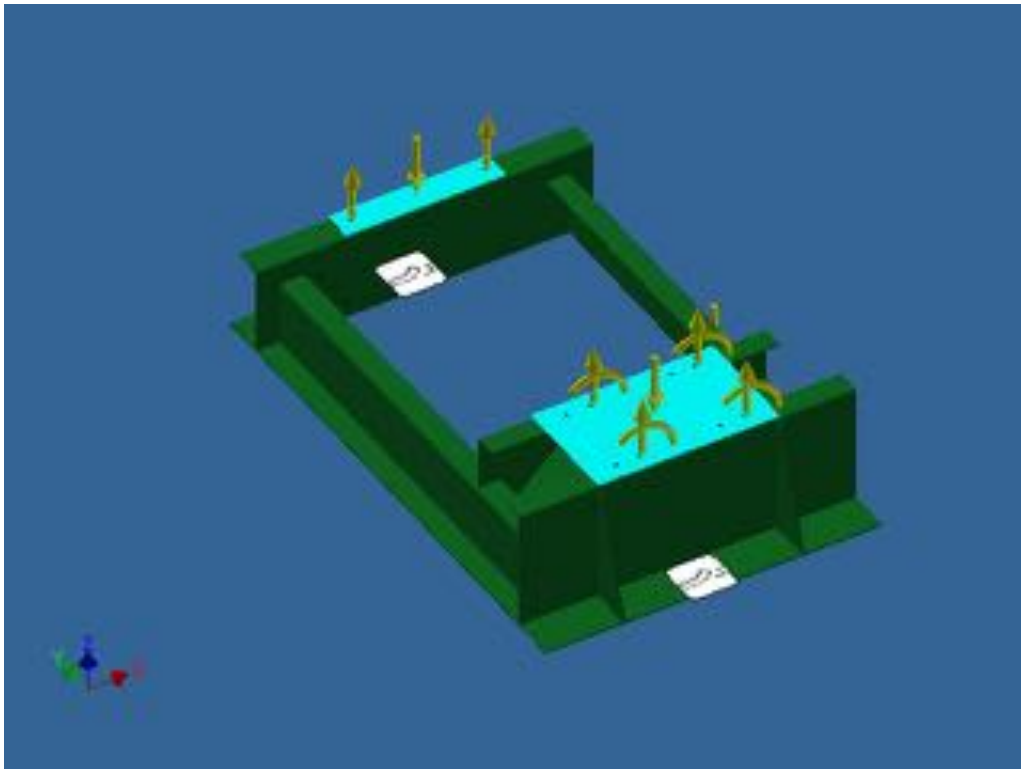
Selected Face(s)



*Eigen massa trommel+as*

Load Type	Force
Magnitude	1962,000 N
Vector X	0,000 N
Vector Y	0,000 N
Vector Z	-1962,000 N

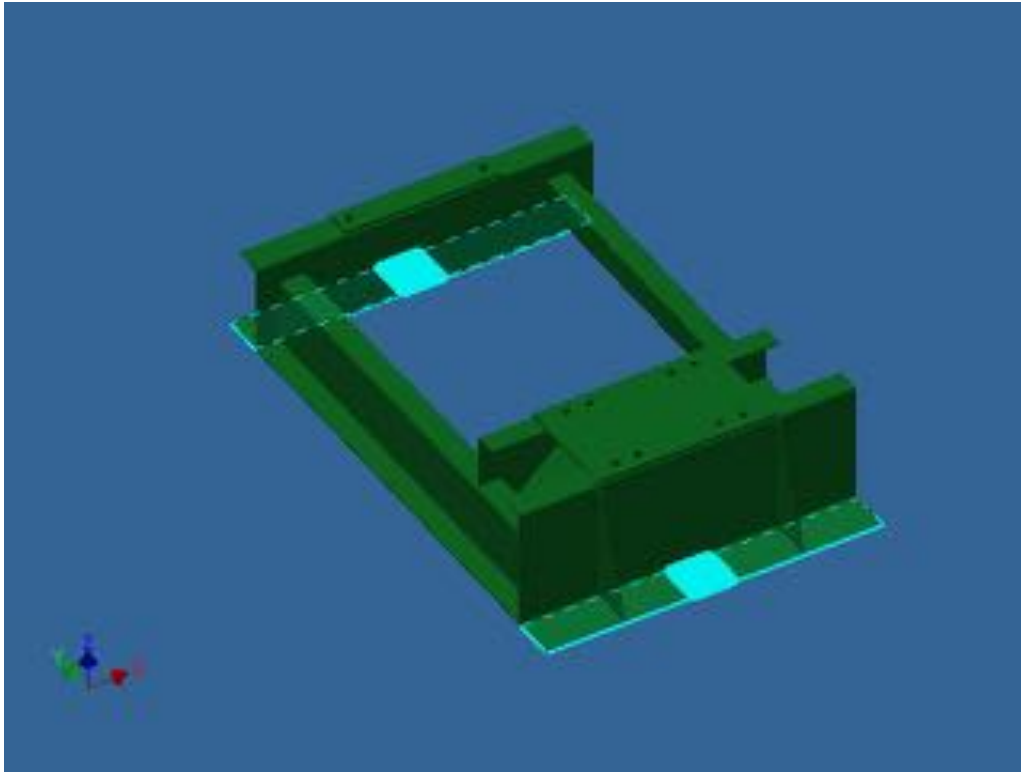
Selected Face(s)



*Fixed Constraint:1*

Constraint Type Fixed Constraint

Selected Face(s)



## Results

### Reaction Force and Moment on Constraints

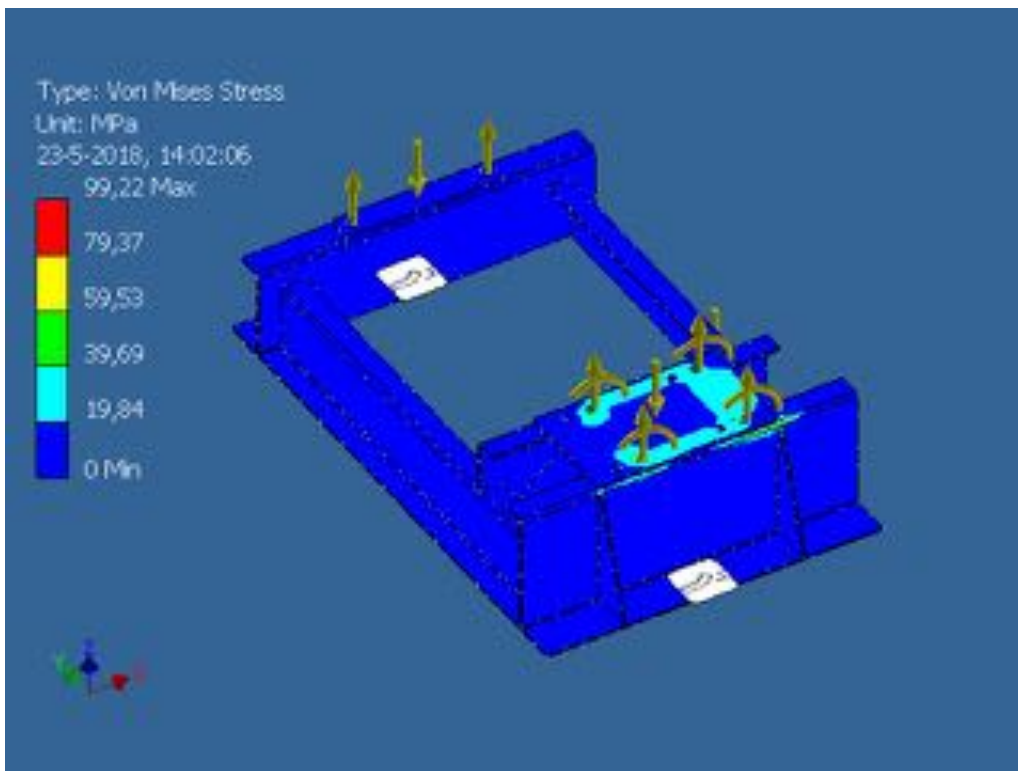
Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Fixed Constraint:1	2470,42 N	0 N	2401,74 N m	-1343,14 N m
		0 N		-1991,06 N m
		-2470,42 N		0 N m

### Result Summary

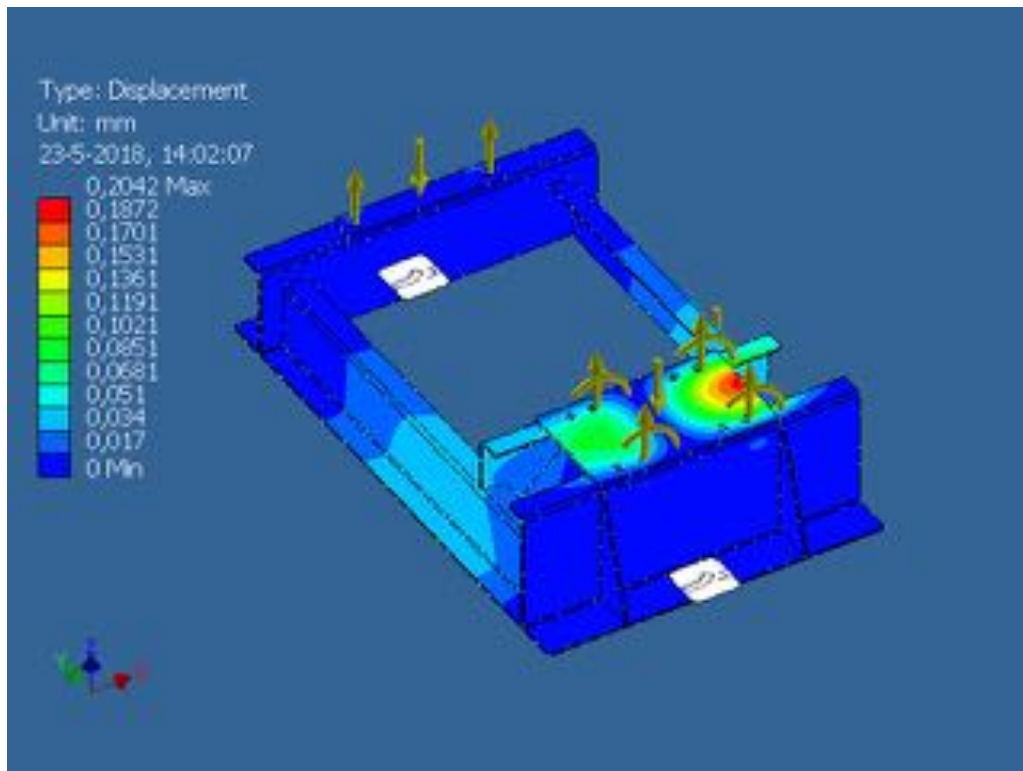
Name	Minimum	Maximum
Volume	8557600 mm <sup>3</sup>	
Mass	67,1772 kg	
Von Mises Stress	0,000403409 MPa	99,2176 MPa
Displacement	0 mm	0,204167 mm
Safety Factor	2,36853 ul	15 ul

### Figures

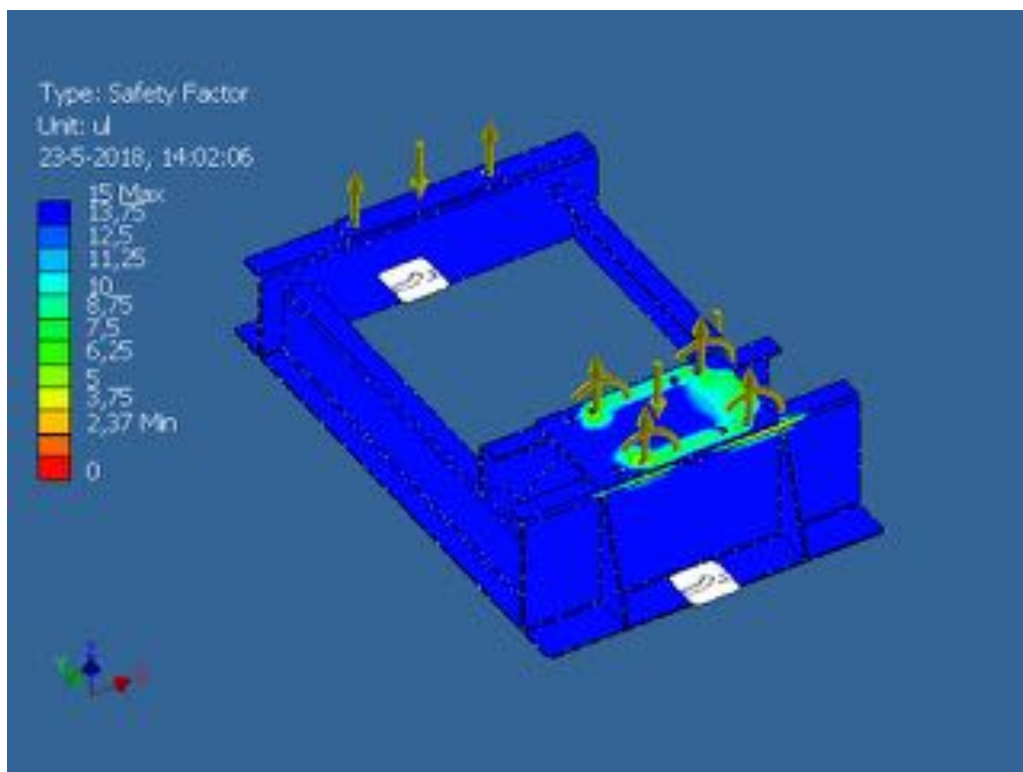
#### Von Mises Stress



### Displacement



### Safety Factor



C:\VaultWS\Projecten\9277 - Agnietenhof - Tiel\027\TWI-9277-027-001.ipt

## Bijlage B: Berekening liertrommel

### Calculation trommel lier

Analyzed File:	TWI-9277-027-002.ipt
Autodesk Inventor Version:	2018.3 (Build 223284000, 284)
Creation Date:	23-5-2018, 13:40
Study Author:	MP
Summary:	<p>Bij beide situaties is de versnellingsfactor meegenomen (1,1)</p> <p>Situatie 1: 500 [kg] last, 140 [kg] truss, verdeeld over 7 kabels.</p> <p>Situatie 2: 150 [kg] puntlast op de buitenste drie kabels, 140 [kg] truss, verdeeld over 7 kabels.</p>

### Project Info (iProperties)

#### *Project*

Part Number	TWI-9277-027-002
Revision Number	-

#### *Physical*

Material	S355JOH
Density	7,85 g/cm <sup>3</sup>
Mass	205,451 kg
Area	3766940 mm <sup>2</sup>
Volume	26172000 mm <sup>3</sup>
Center of Gravity	x=-149,394 mm y=-0,0226966 mm z=-0,626818 mm

Note: Physical values could be different from Physical values used by FEA reported below.



## 500 [kg] last, 140 [kg] truss, verdeelt over 7 kabels

### General objective and settings:

Design Objective	Single Point
Study Type	Static Analysis
Last Modification Date	23-5-2018, 13:39
Detect and Eliminate Rigid Body Modes	No

### Mesh settings:

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0,1
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0,2
Grading Factor	1,5
Max. Turn Angle	80 deg
Create Curved Mesh Elements	No

### Material(s)

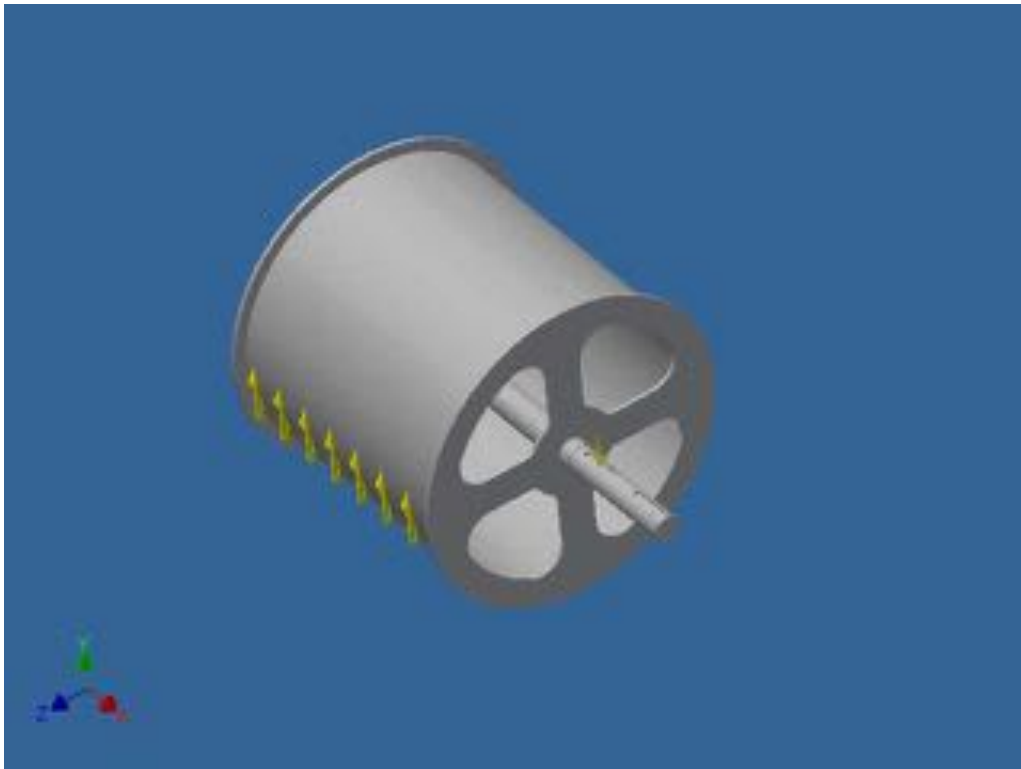
Name	S355JOH	
General	Mass Density	7,85 g/cm <sup>3</sup>
	Yield Strength	355 MPa
	Ultimate Tensile Strength	510 MPa
Stress	Young's Modulus	210 GPa
	Poisson's Ratio	0,29 ul
	Shear Modulus	81,3953 GPa
Part Name(s)	TWI-9277-027-002	

## Operating conditions

### *Gravity*

Load Type	Gravity
Magnitude	9810,000 mm/s <sup>2</sup>
Vector X	0,000 mm/s <sup>2</sup>
Vector Y	-9810,000 mm/s <sup>2</sup>
Vector Z	0,000 mm/s <sup>2</sup>

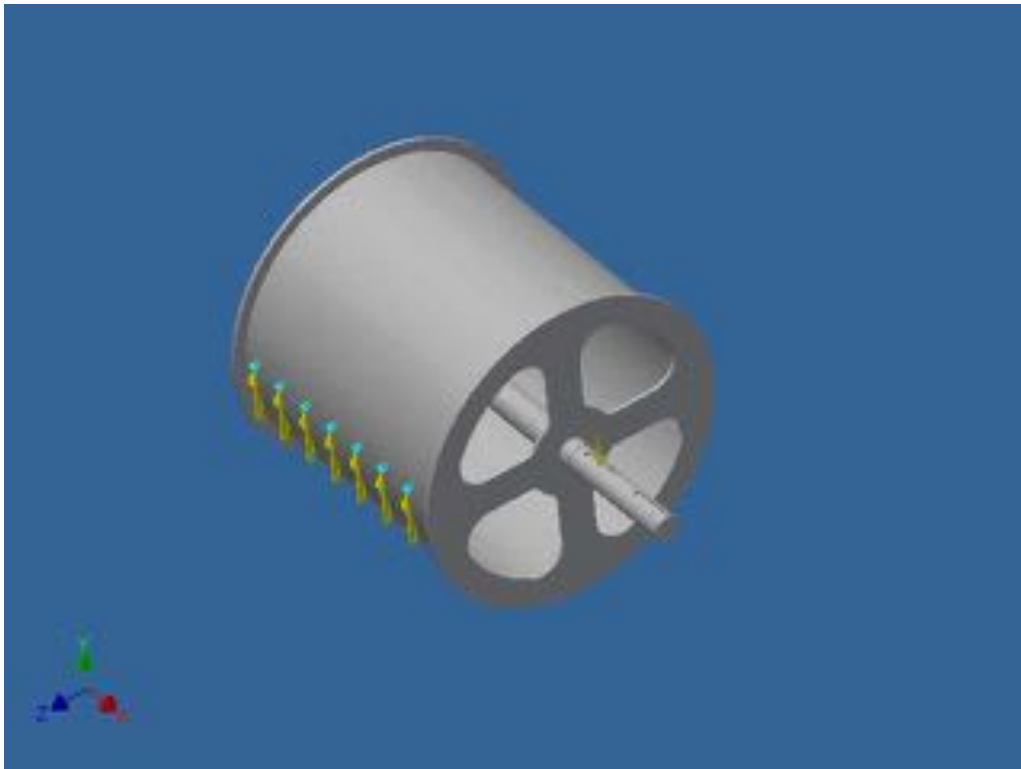
Selected Face(s)



*Kabelkracht (spantrek met versnelling)*

Load Type	Force
Magnitude	6906,240 N
Vector X	0,000 N
Vector Y	6906,240 N
Vector Z	0,000 N

Selected Face(s)



*Pin Constraint:2*

Constraint Type	Pin Constraint
Fix Radial Direction	Yes
Fix Axial Direction	Yes
Fix Tangential Direction	No

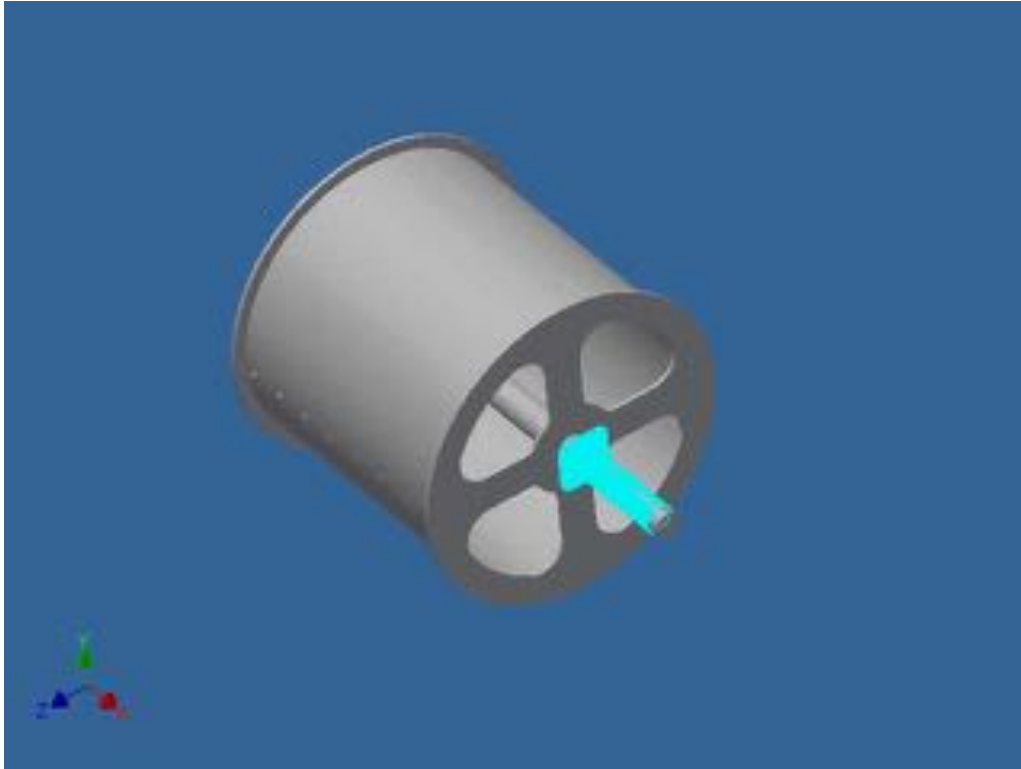
Selected Face(s)



*Pin Constraint:1*

Constraint Type	Pin Constraint
Fix Radial Direction	Yes
Fix Axial Direction	Yes
Fix Tangential Direction	No

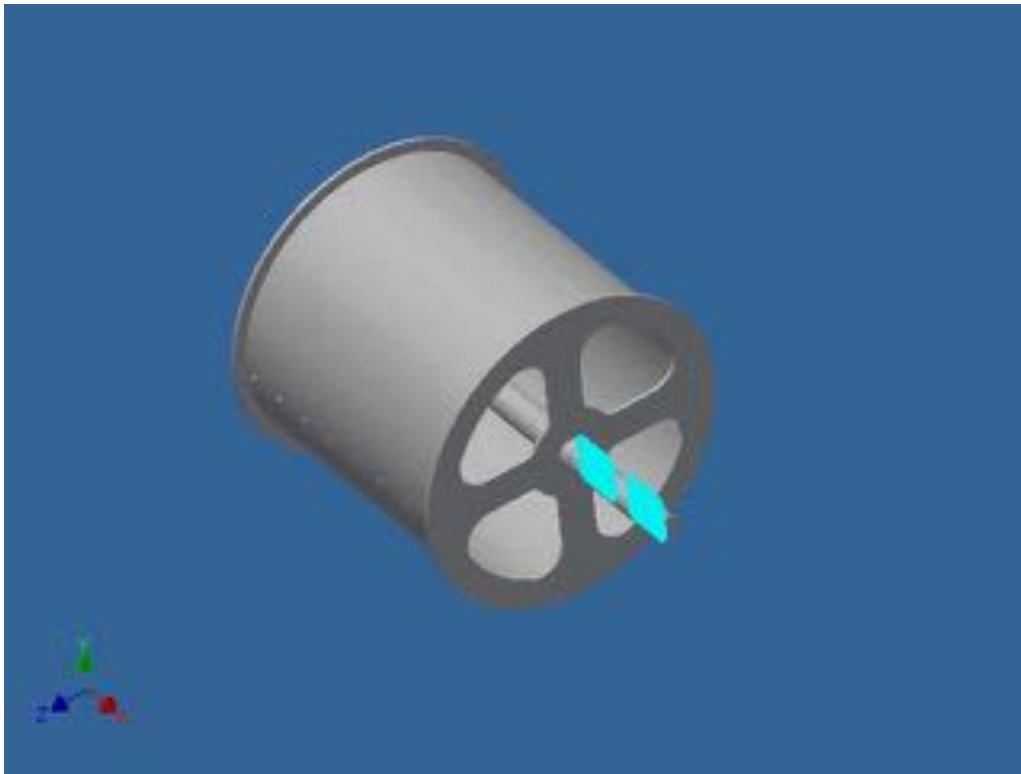
Selected Face(s)



*Frictionless Constraint:2*

Constraint Type | Frictionless Constraint

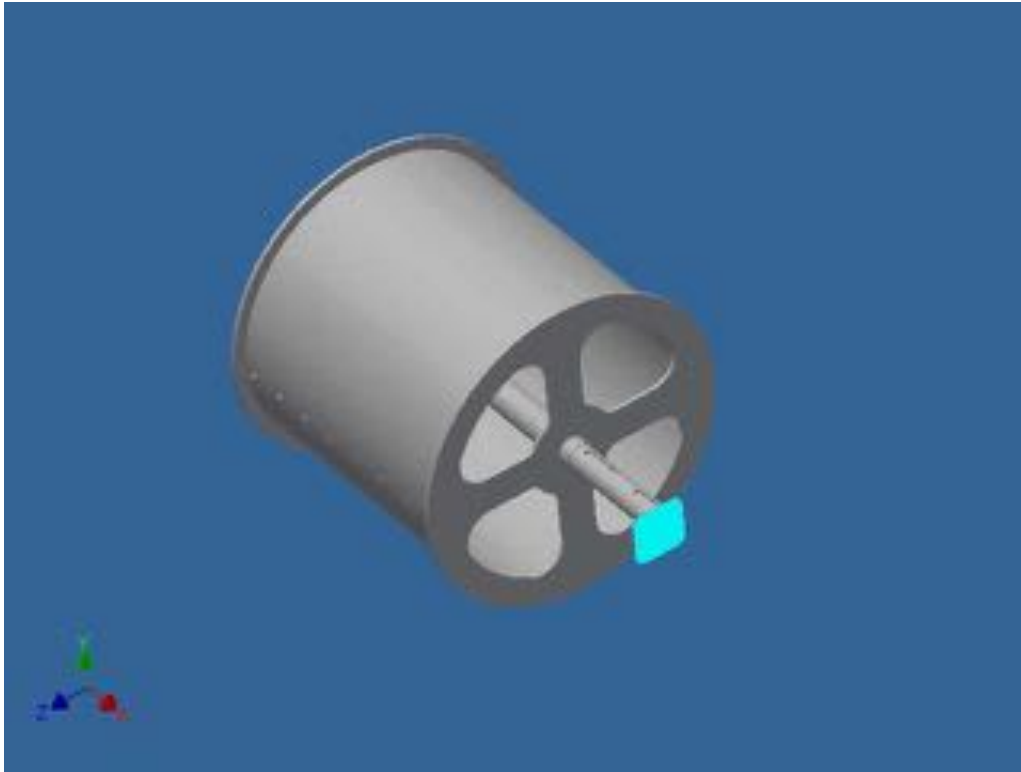
Selected Face(s)



### Frictionless Constraint:3

Constraint Type	Frictionless Constraint
-----------------	-------------------------

Selected Face(s)



## Results

### Reaction Force and Moment on Constraints

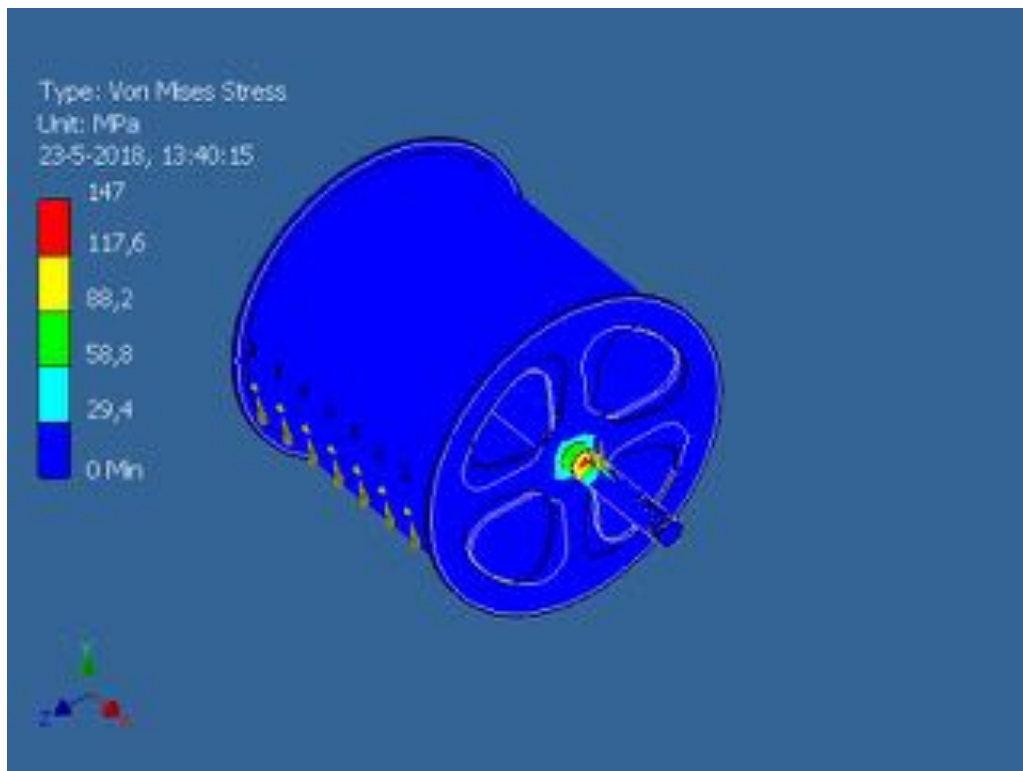
Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Pin Constraint:2	2963,85 N	-24,2821 N	120,889 N m	-0,0028865 N m
		-2963,74 N		-2,29687 N m
		9,04776 N		-120,867 N m
Pin Constraint:1	91320,7 N	713,205 N	6552,17 N m	-151,618 N m
		4345,24 N		-6549,58 N m
		-91214,5 N		-104,964 N m
Frictionless Constraint:2	91552 N	-641,516 N	1801,57 N m	-199,806 N m
		-6232,17 N		1788,92 N m
		91337,4 N		74,2909 N m
Frictionless Constraint:3	142,539 N	-53,9579 N	3,39372 N m	-1,38528 N m
		-33,8674 N		-2,95749 N m
		-127,511 N		-0,922813 N m

## Result Summary

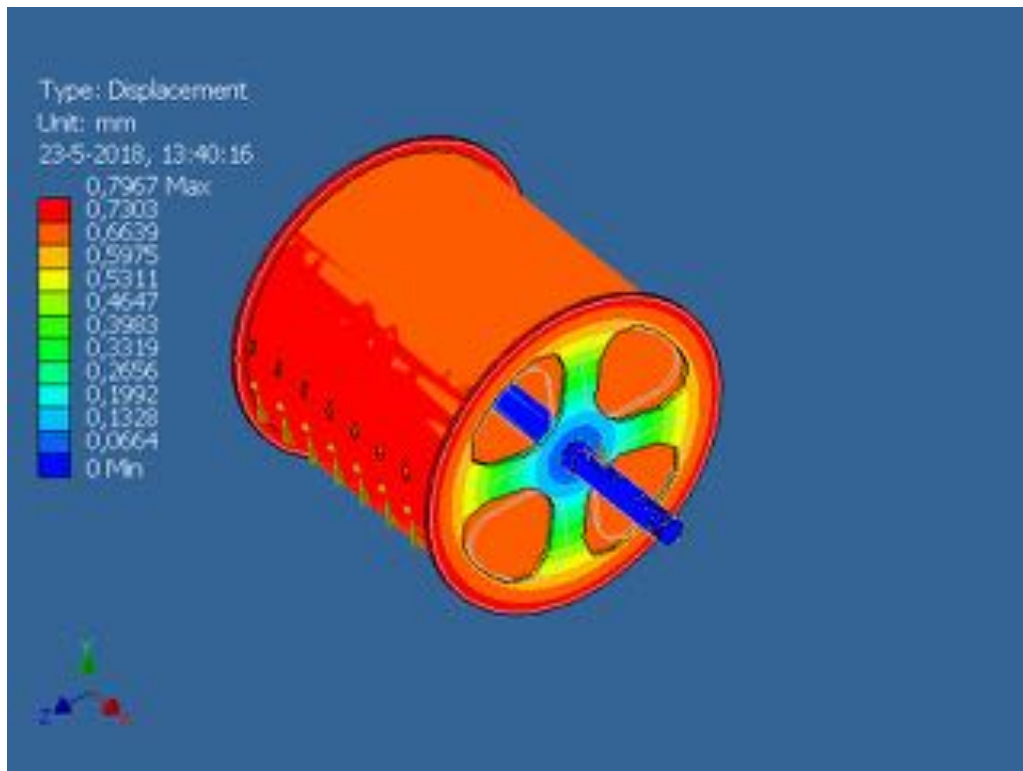
Name	Minimum	Maximum
Volume	26172000 mm <sup>3</sup>	
Mass	205,45 kg	
Von Mises Stress	0,00385584 MPa	419,669 MPa
Displacement	0 mm	0,796668 mm
Safety Factor	0,845906 ul	15 ul

### Figures

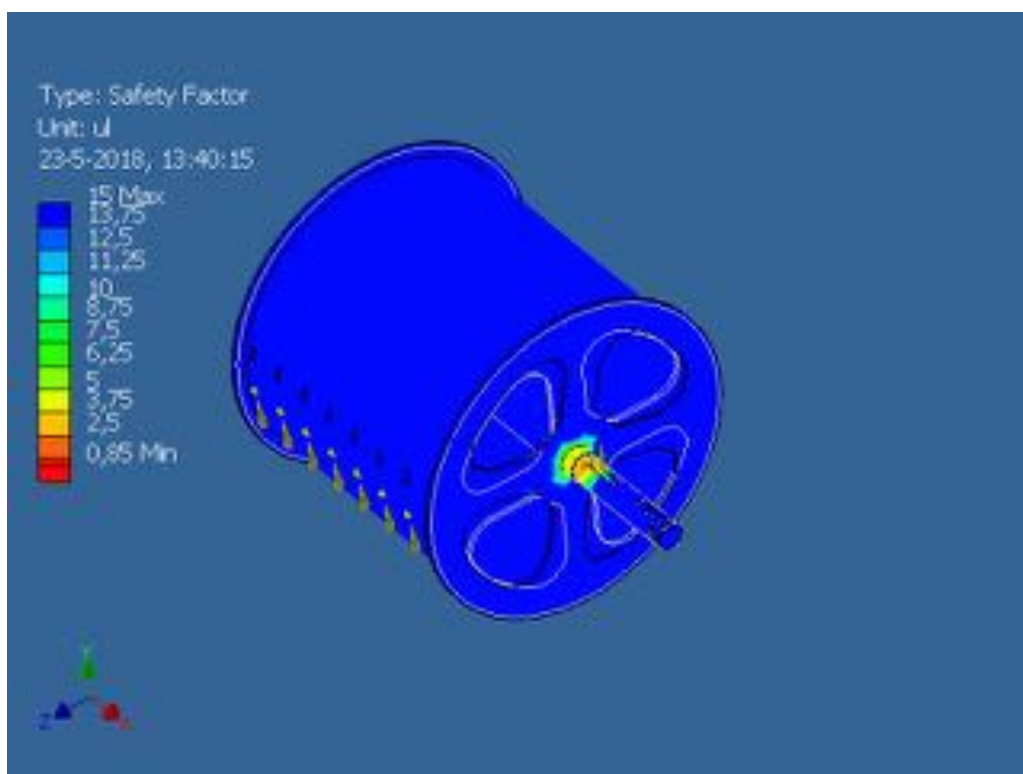
#### Von Mises Stress



### Displacement



### Safety Factor





## 3x150 [kg] puntlast op de buitenste drie kabels

### General objective and settings:

Design Objective	Single Point
Study Type	Static Analysis
Last Modification Date	23-5-2018, 13:39
Detect and Eliminate Rigid Body Modes	No

### Mesh settings:

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0,1
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0,2
Grading Factor	1,5
Max. Turn Angle	60 deg
Create Curved Mesh Elements	Yes

### Material(s)

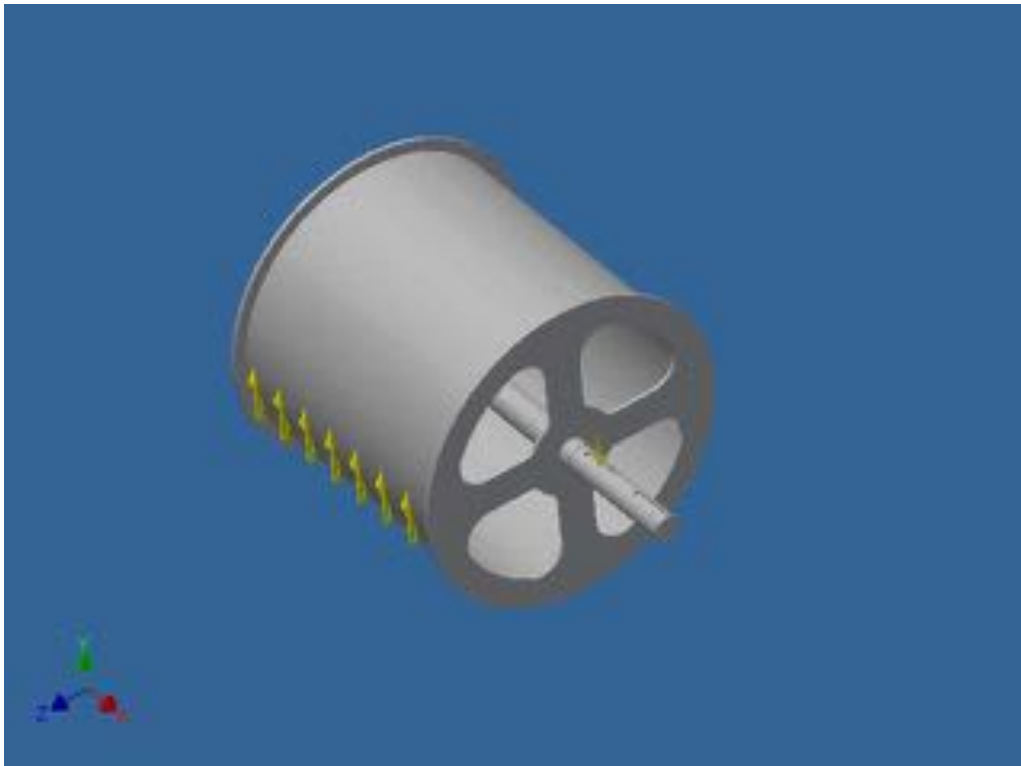
Name	S355JOH	
General	Mass Density	7,85 g/cm <sup>3</sup>
	Yield Strength	355 MPa
	Ultimate Tensile Strength	510 MPa
Stress	Young's Modulus	210 GPa
	Poisson's Ratio	0,29 ul
	Shear Modulus	81,3953 GPa
Part Name(s)	TWI-9277-027-002	

## Operating conditions

### Gravity

Load Type	Gravity
Magnitude	9810,000 mm/s <sup>2</sup>
Vector X	0,000 mm/s <sup>2</sup>
Vector Y	-9810,000 mm/s <sup>2</sup>
Vector Z	0,000 mm/s <sup>2</sup>

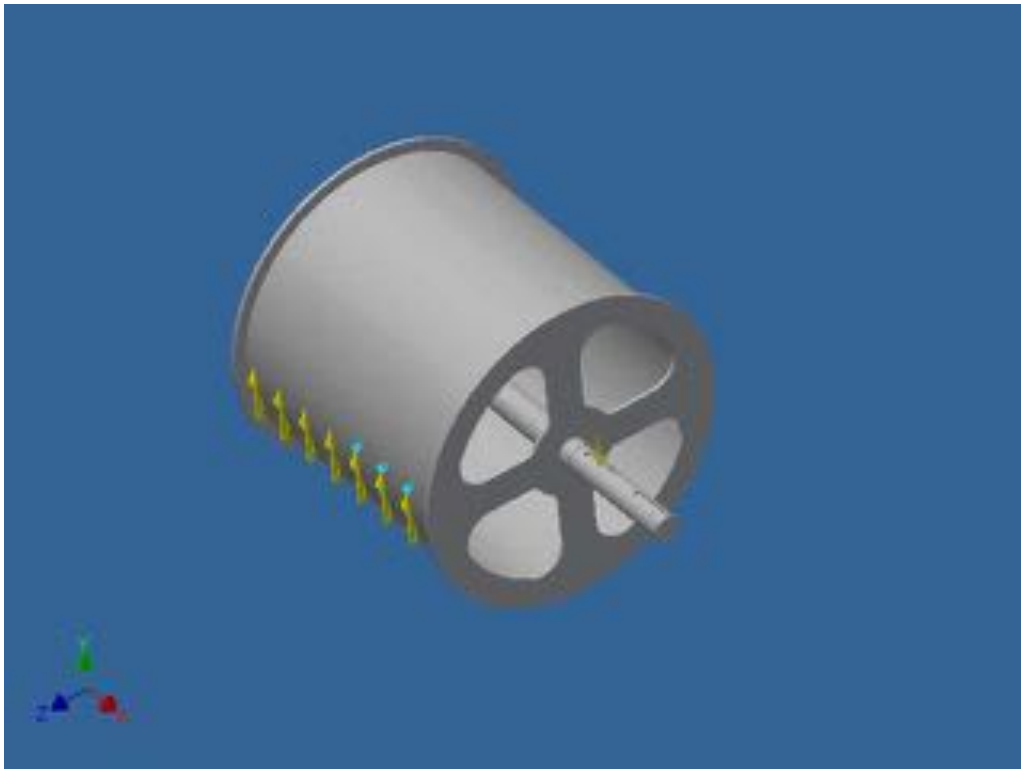
Selected Face(s)



*Force:1*

Load Type	Force
Magnitude	4855,950 N
Vector X	0,000 N
Vector Y	4855,950 N
Vector Z	0,000 N

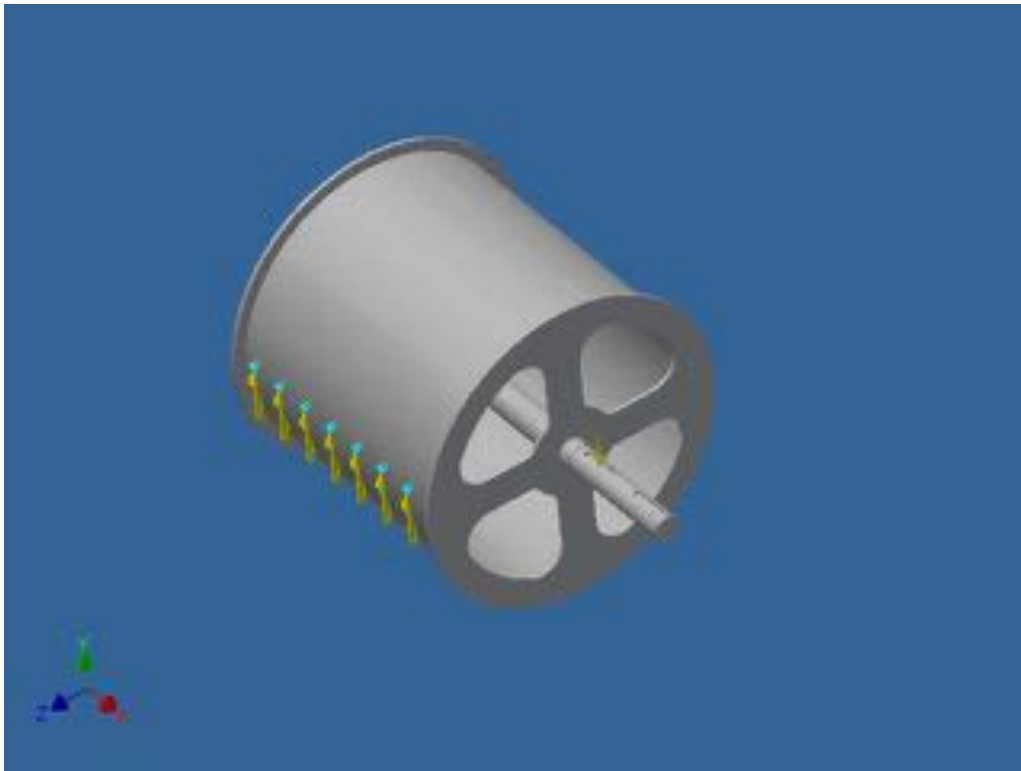
Selected Face(s)



*Force:2*

Load Type	Force
Magnitude	1510,740 N
Vector X	0,000 N
Vector Y	1510,740 N
Vector Z	0,000 N

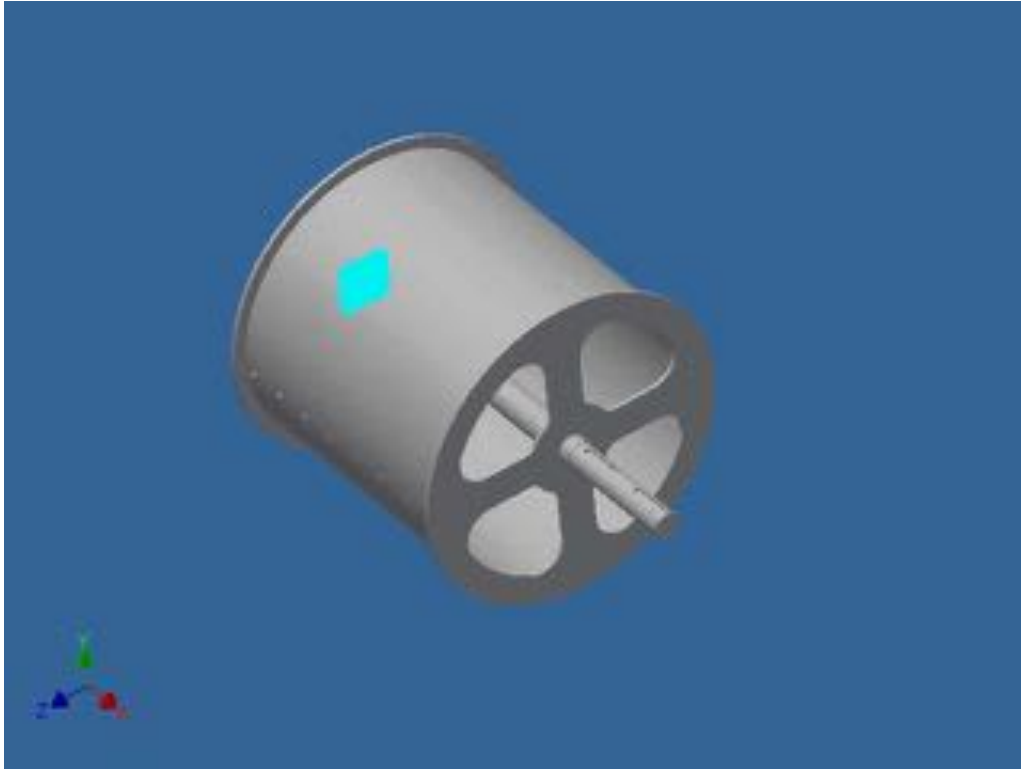
Selected Face(s)



*Pin Constraint:2*

Constraint Type	Pin Constraint
Fix Radial Direction	Yes
Fix Axial Direction	Yes
Fix Tangential Direction	No

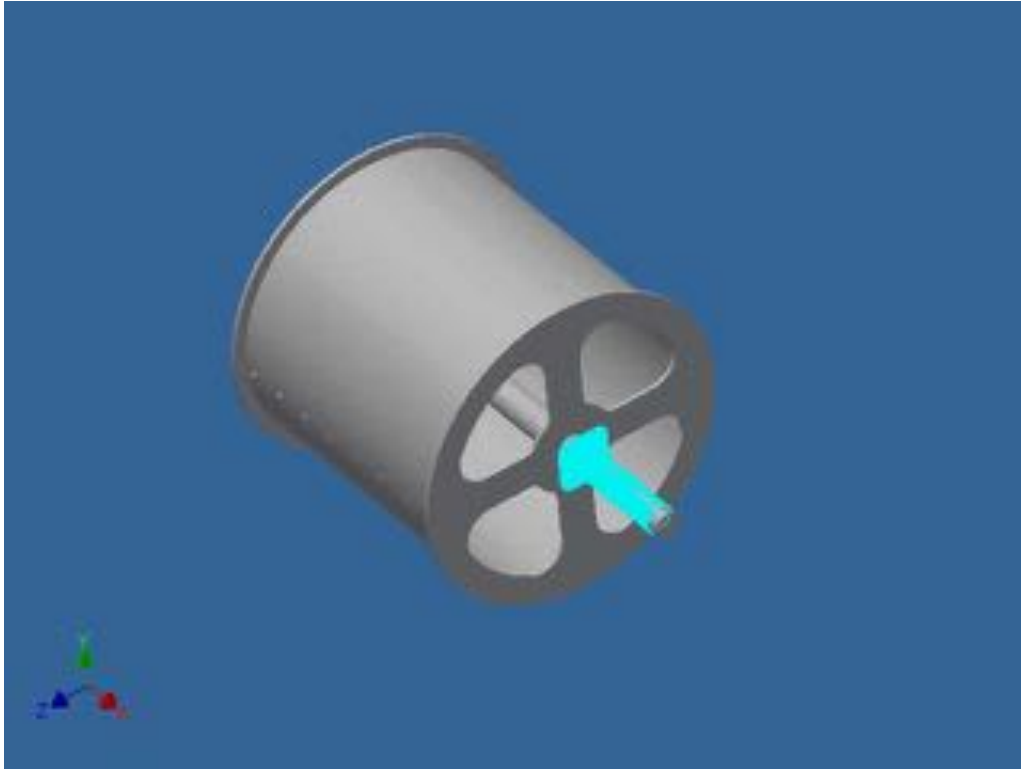
Selected Face(s)



*Pin Constraint:1*

Constraint Type	Pin Constraint
Fix Radial Direction	Yes
Fix Axial Direction	Yes
Fix Tangential Direction	No

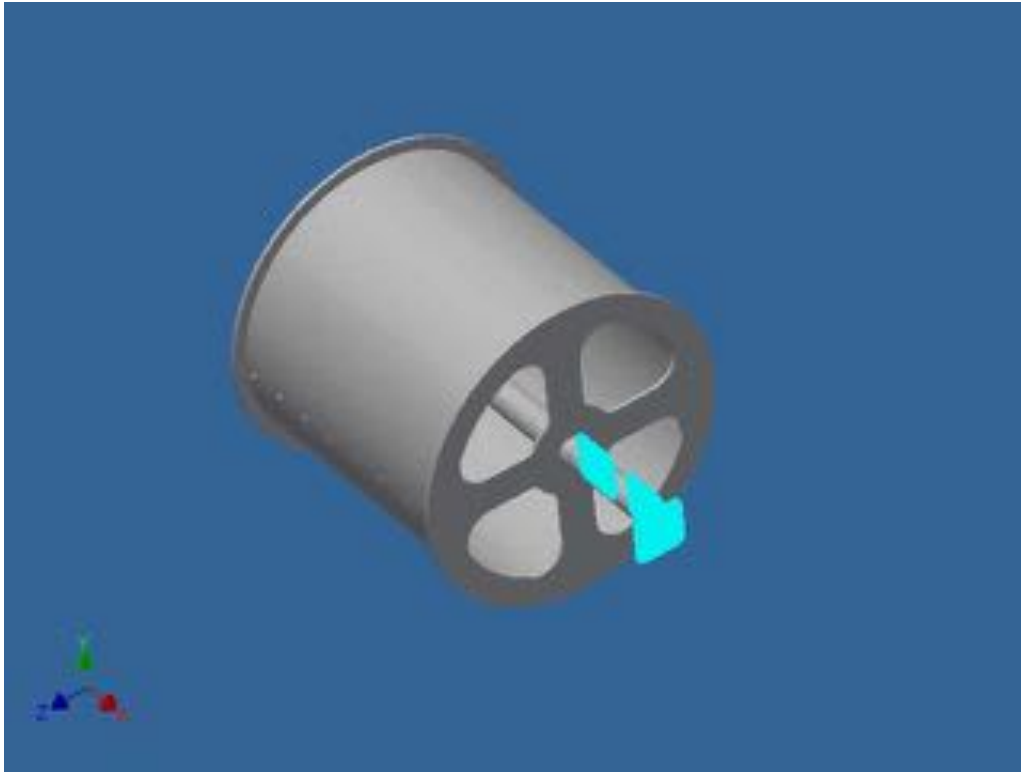
Selected Face(s)



### Frictionless Constraint:1

Constraint Type	Frictionless Constraint
-----------------	-------------------------

Selected Face(s)



## Results

### Reaction Force and Moment on Constraints

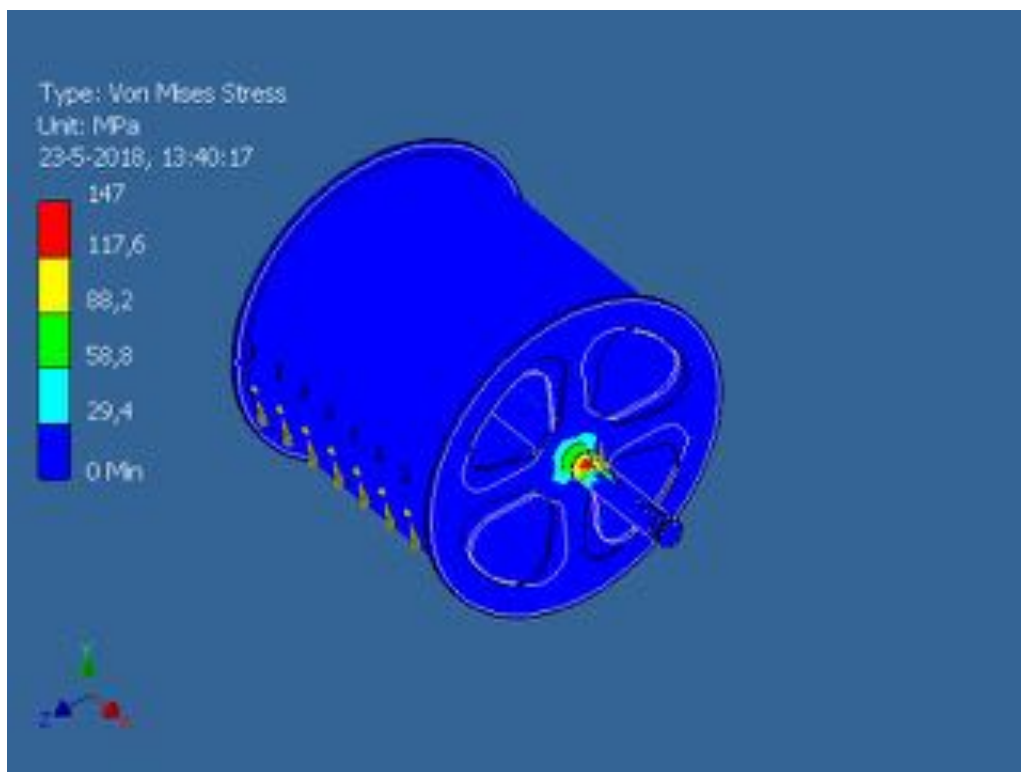
Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Pin Constraint:2	1390,34 N	6,11716 N	57,854 N m	-0,102203 N m
		-1390,31 N		-1,76044 N m
		6,37454 N		-57,8271 N m
Pin Constraint:1	79648,7 N	888,493 N	5740,9 N m	-64,9423 N m
		2297,73 N		-5740,01 N m
		-79610,6 N		77,3812 N m
Frictionless Constraint:1	79781,9 N	-895,476 N	1504,64 N m	-160,093 N m
		-5260,65 N		1494,01 N m
		79603,3 N		79,0635 N m

*Result Summary*

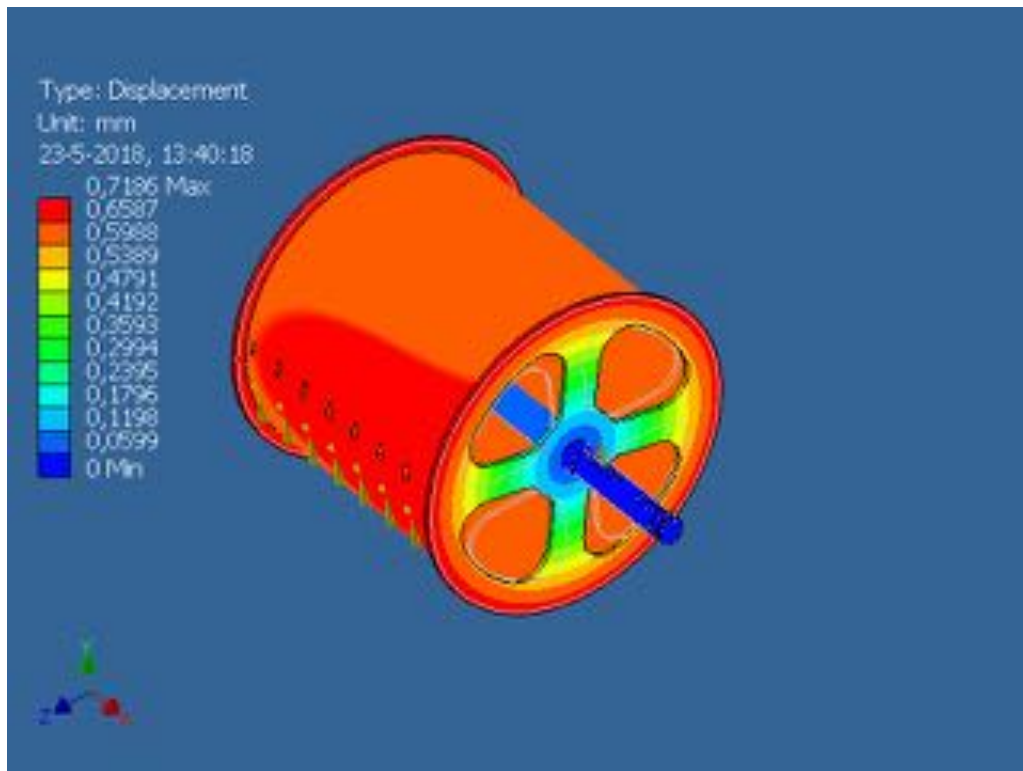
Name	Minimum	Maximum
Volume	26172000 mm <sup>3</sup>	
Mass	205,45 kg	
Von Mises Stress	0,00151196 MPa	503,874 MPa
Displacement	0 mm	0,718597 mm
Safety Factor	0,704542 ul	15 ul

*Figures*

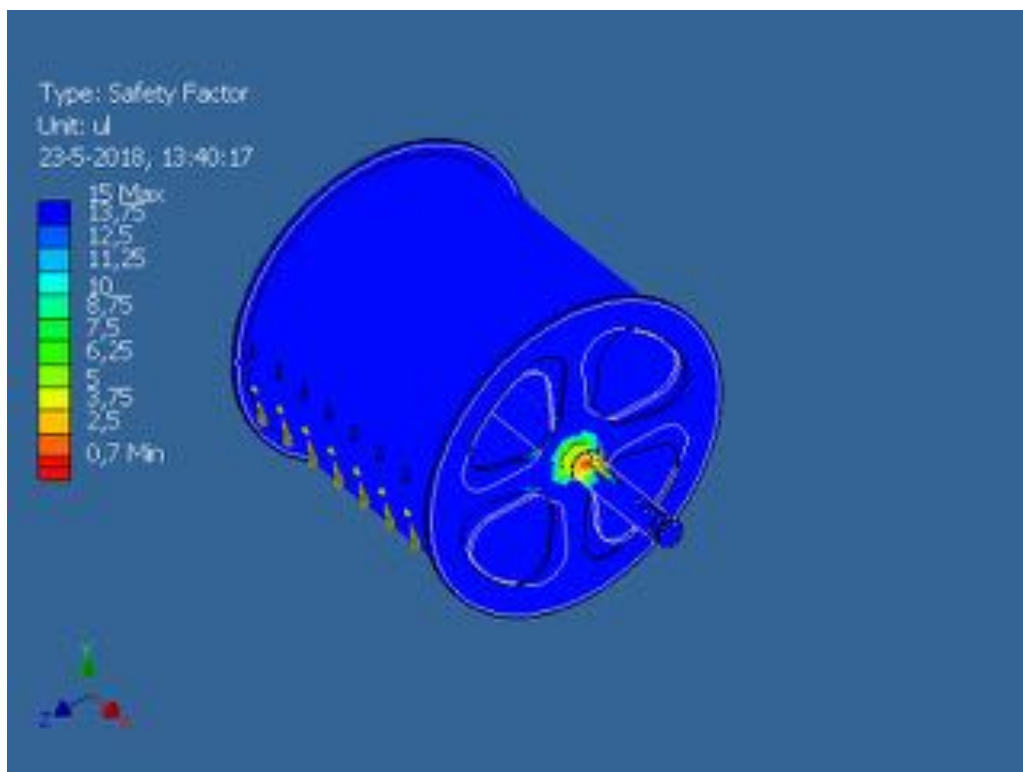
Von Mises Stress



### Displacement



### Safety Factor



C:\VaultWS\Projecten\9277 - Agnietenhof - Tiel\027\TWI-9277-027-002.ipt



## 3x150 [kg] puntlast op de buitenste drie kabels (lagerkracht)

### General objective and settings:

Design Objective	Single Point
Study Type	Static Analysis
Last Modification Date	23-5-2018, 13:31
Detect and Eliminate Rigid Body Modes	No

### Mesh settings:

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0,1
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0,2
Grading Factor	1,5
Max. Turn Angle	60 deg
Create Curved Mesh Elements	Yes

### Material(s)

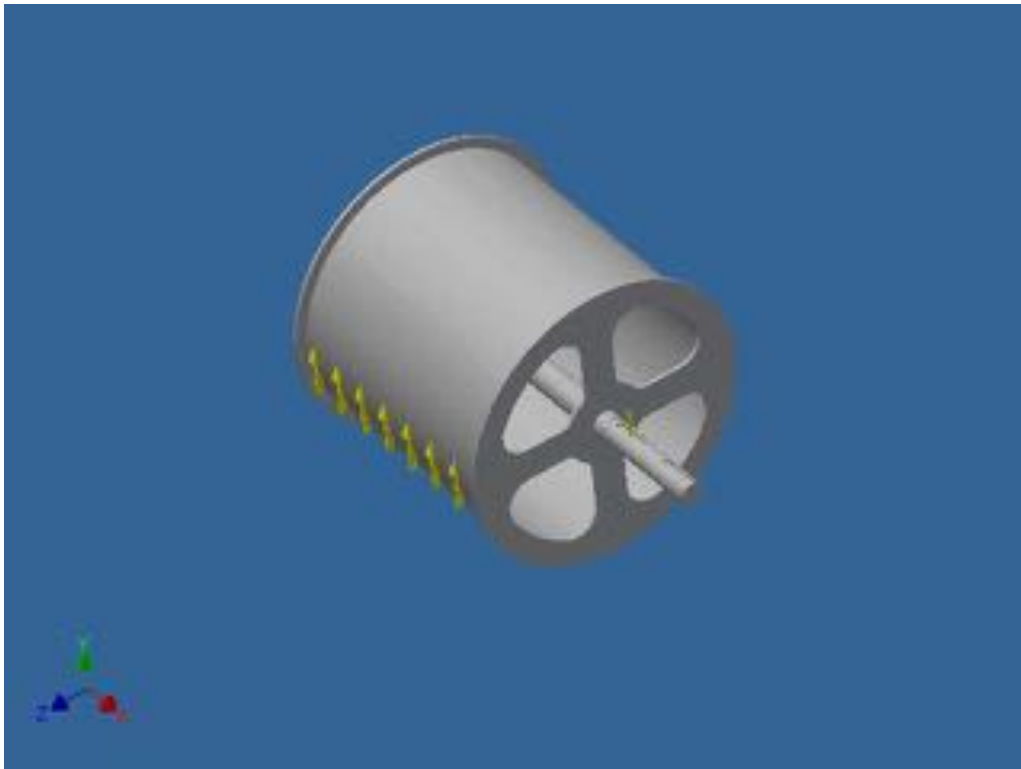
Name	S355JOH	
General	Mass Density	7,85 g/cm <sup>3</sup>
	Yield Strength	355 MPa
	Ultimate Tensile Strength	510 MPa
Stress	Young's Modulus	210 GPa
	Poisson's Ratio	0,29 ul
	Shear Modulus	81,3953 GPa
Part Name(s)	TWI-9277-027-002	

## Operating conditions

### *Gravity*

Load Type	Gravity
Magnitude	9810,000 mm/s <sup>2</sup>
Vector X	0,000 mm/s <sup>2</sup>
Vector Y	-9810,000 mm/s <sup>2</sup>
Vector Z	0,000 mm/s <sup>2</sup>

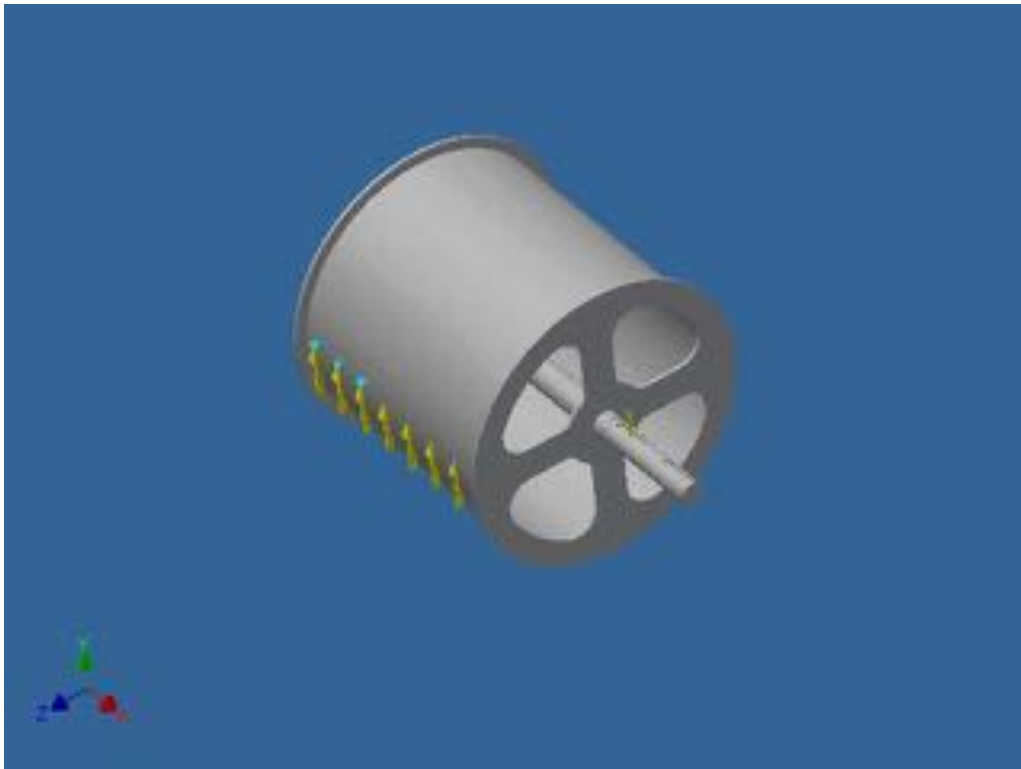
Selected Face(s)



*Force:1*

Load Type	Force
Magnitude	4855,950 N
Vector X	0,000 N
Vector Y	4855,950 N
Vector Z	0,000 N

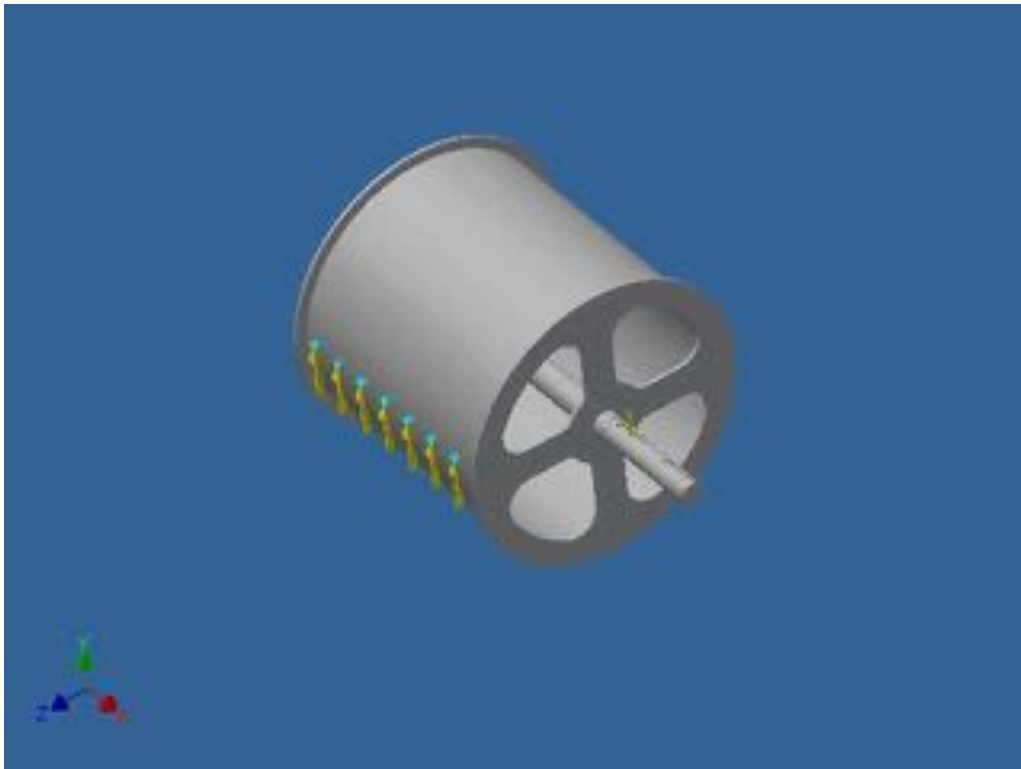
Selected Face(s)



*Force:2*

Load Type	Force
Magnitude	1510,740 N
Vector X	0,000 N
Vector Y	1510,740 N
Vector Z	0,000 N

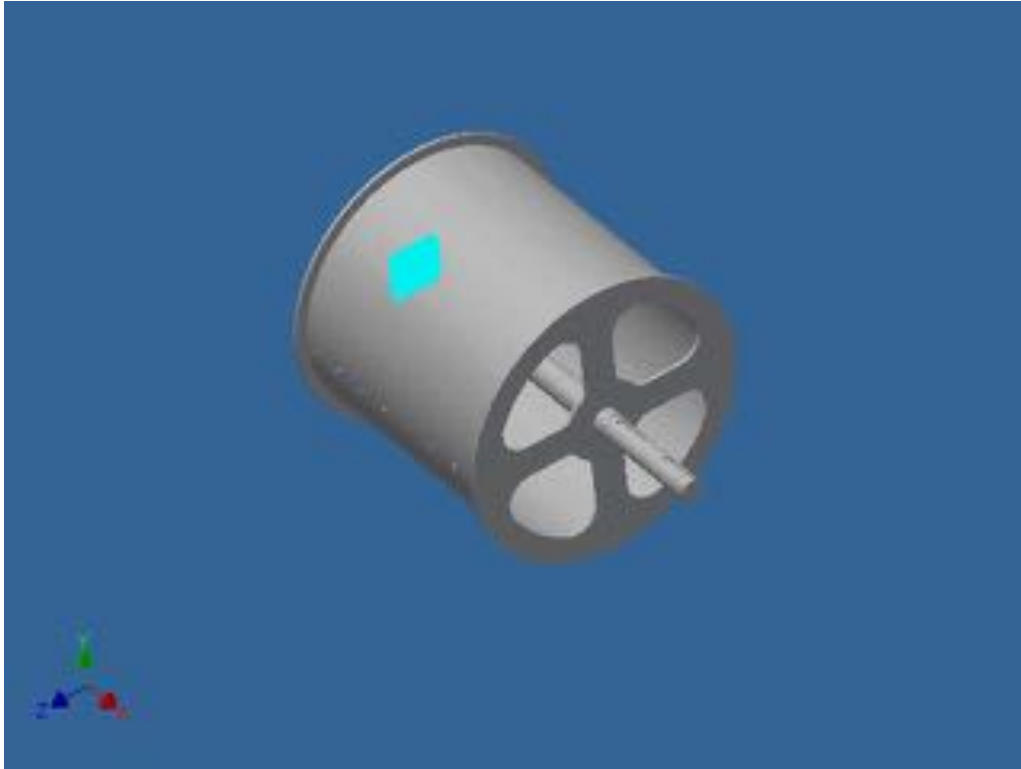
Selected Face(s)



*Pin Constraint:2*

Constraint Type	Pin Constraint
Fix Radial Direction	Yes
Fix Axial Direction	Yes
Fix Tangential Direction	No

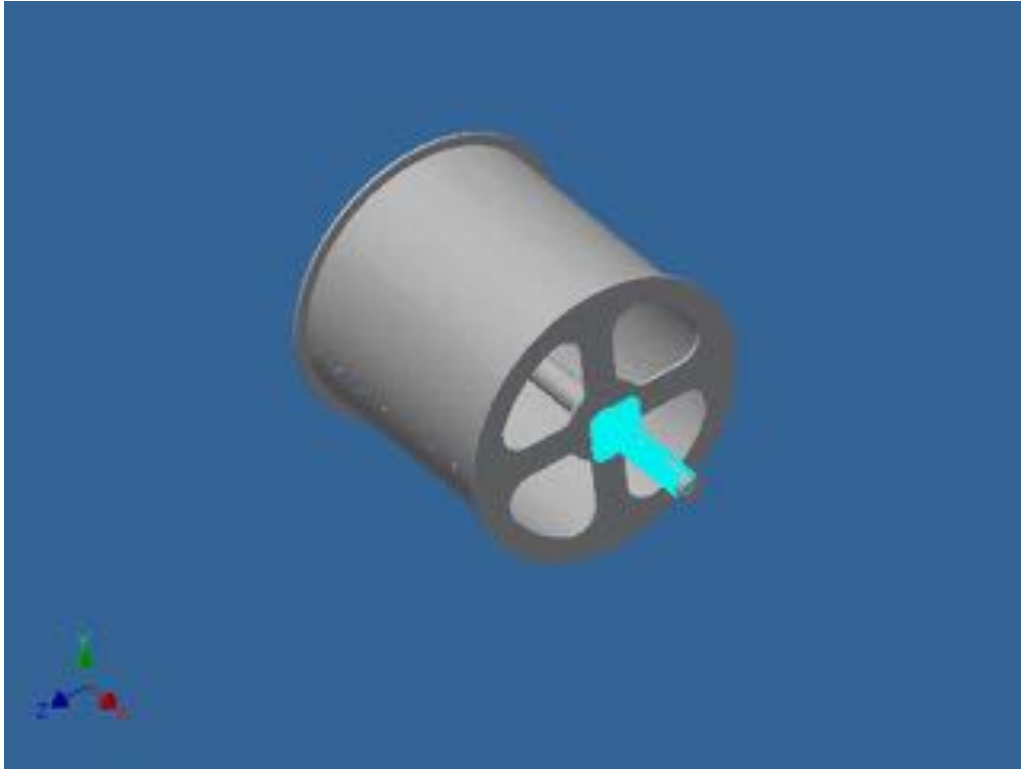
Selected Face(s)



*Pin Constraint:1*

Constraint Type	Pin Constraint
Fix Radial Direction	Yes
Fix Axial Direction	Yes
Fix Tangential Direction	No

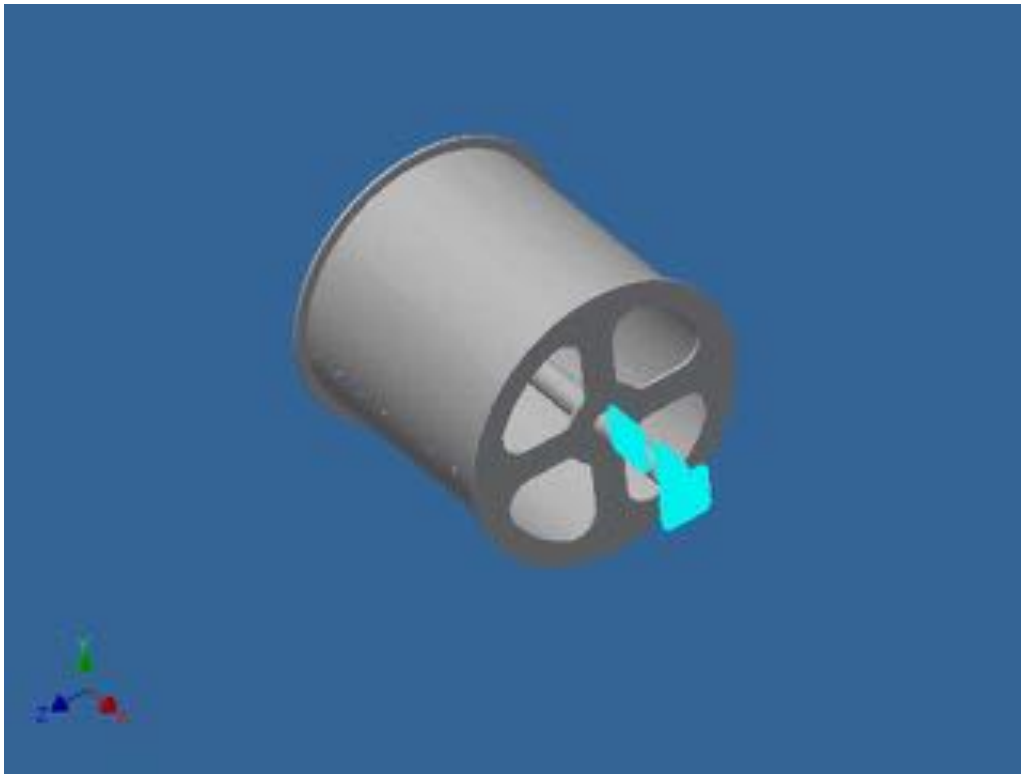
Selected Face(s)



*Frictionless Constraint:1*

Constraint Type | Frictionless Constraint

Selected Face(s)



**Results**

*Reaction Force and Moment on Constraints*

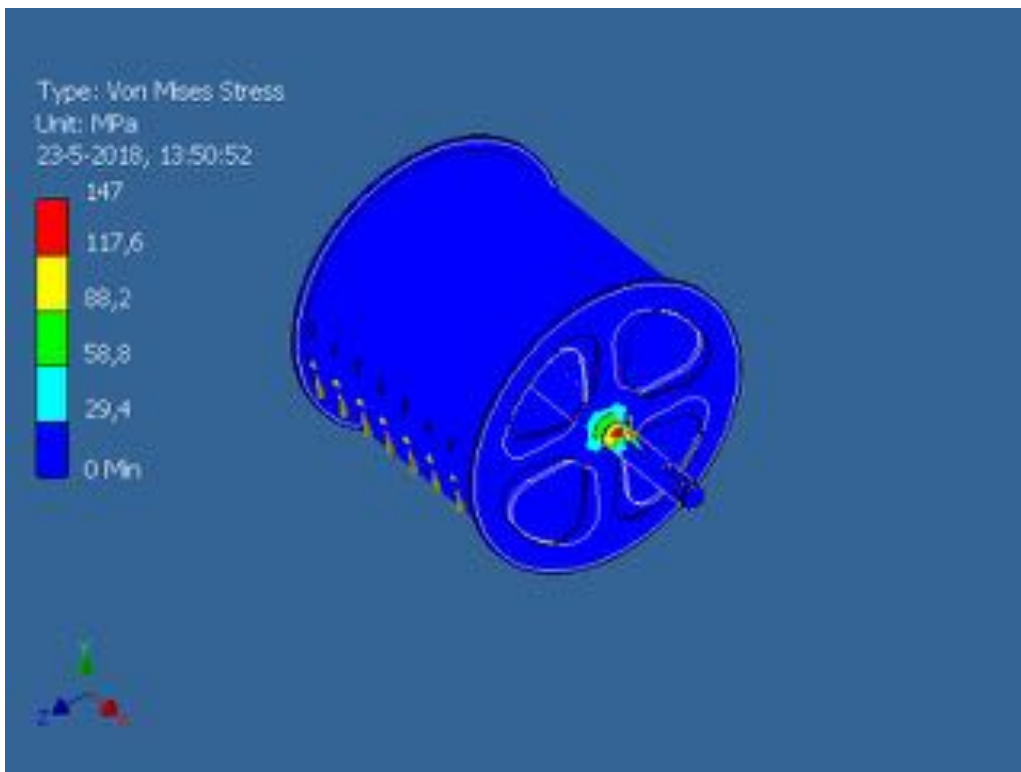
Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Pin Constraint:2	3903,98 N	7,70196 N	151,539 N m	-0,100717 N m
		-3903,96 N		-1,80902 N m
		8,46208 N		-151,528 N m
Pin Constraint:1	79761,8 N	885,553 N	5748,87 N m	-64,9916 N m
		4812,33 N		-5739,87 N m
		-79611,6 N		-314,982 N m
Frictionless Constraint:1	79783 N	-894,111 N	1504,53 N m	-160,1 N m
		-5260,13 N		1493,9 N m
		79604,4 N		79,0276 N m

*Result Summary*

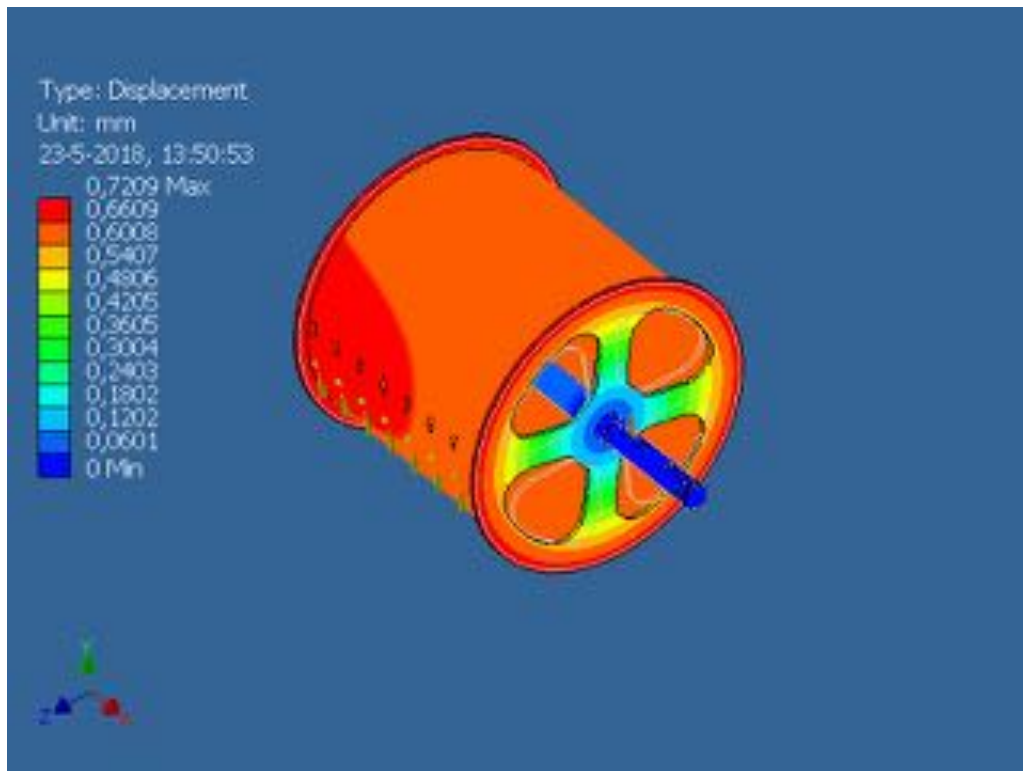
Name	Minimum	Maximum
Volume	26172000 mm <sup>3</sup>	
Mass	205,45 kg	
Von Mises Stress	0,00268306 MPa	503,569 MPa
Displacement	0 mm	0,720941 mm
Safety Factor	0,704969 ul	15 ul

*Figures*

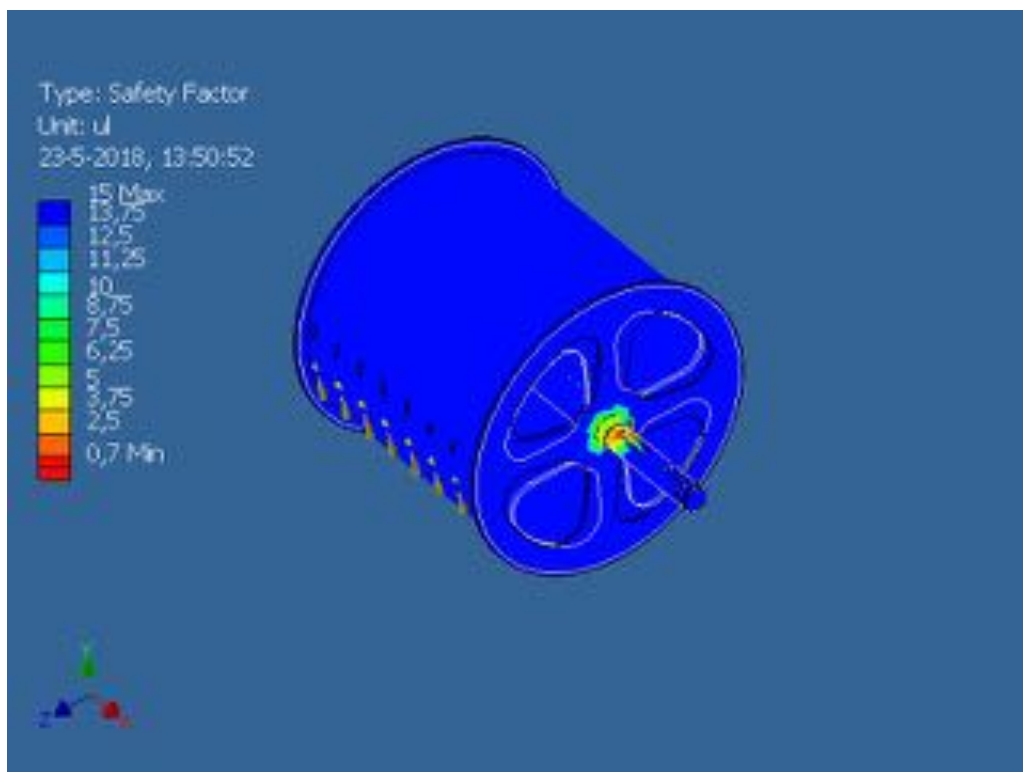
Von Mises Stress



### Displacement



### Safety Factor



C:\VaultWS\Projecten\9277 - Agnietenhof - Tiel\027\TWI-9277-027-002.ipt

## Bijlage C: Motorreductoren zij-, spant- en decortrekken

### Bijlage C1: Motorreductor decortrek

<b>KA87B/R DV132M4/BM/HR/TH/U/XV4A</b>	
Serial number	01.3320980601.0019.00
Mounting position	
Construction Date	2000
Speed [r/min]	1430 / 35
Total ratio [i]	40,64
Output torque [Nm]	2040
Service factor SEW-FB	1,25 / 0,00
Drive with special feature	Yes
Lubricant volume [l]	10,40
Motor power [kW]	7.5
Motor frequency [Hz]	50
Cyclic duration factor S1-S10	S3/15
Motor voltage [V] / conn. type	400/690 delta/star
Rated current [A]	15,50 / 9,00
cos phi	0,85
Thermal class/Enclosure[IP]	F / 54
Ambient temperature motor [°C]	-25 BIS +40
Brake type+size	BM15
Brake voltage [V]-torque [Nm]	400 AC / 100
Multi range-voltage brake [V]	400 AC
Brake rectifier nameplate	BGE1.5
Nameplate (sets per unit)	1 set of nameplates
Nameplate	German / Laser stainless steel
Part number 1st nameplate	01818686.13

## Bijlage C2: Motorreductor spanttrek

<b>KA87B DV160M4BM/HR/TH/U/XGA</b>	
Serial number	01.3313114901.0001.98
Mounting position	
Construction Date	1998
Speed [r/min]	1440 / 46
Total ratio [i]	31,39
Output torque [Nm]	2280
Service factor SEW-FB	1,20 / 0,00
Lubricant volume [l]	10,40
Motor power [kW]	11
Motor frequency [Hz]	50
Cyclic duration factor S1-S10	S3/15
Motor voltage [V] / conn. type	400/690 delta/star
Rated current [A]	22,50 / 13,00
cos phi	0,83
Thermal class/Enclosure[IP]	F / 54
Ambient temperature motor [°C]	-25 BIS +40
Brake type+size	BM15
Brake voltage [V]-torque [Nm]	400 AC / 150
Multi range-voltage brake [V]	400 AC
Brake rectifier nameplate	BGE1.5
Nameplate (sets per unit)	1 set of nameplates
Nameplate	German / Laser stainless steel
Part number 1st nameplate	01818686.13



## Bijlage D: Berekeningen frame weegstoelen

### Bijlage D1: Frame decortrek weegstoel

# Decortrek weegstoel frame calculation

---

**Date:** 05/28/18  
**Author:** STE Trekwerk  
**Subject:** 9277 - Agnietenhof  
**Prepared For:** Agnietenhof Theater  
**Software Used:** Autodesk Nastran Version 12.1.0.925

## 1. Summary

---

Sterkteberekening van de decortrek weegstoel frame. Gebruikte belasting = 300 [kg] last + 70 [kg] truss + versnellingsfactor (1,1).

The report documents design and analysis using Autodesk Nastran engineering simulation software. A linear static analysis was performed using the finite element model shown in the figure below. The model is divided into 1 property group(s). The units system is mm-N-s. The model consists of a total of 121012 nodes and 71325 elements.

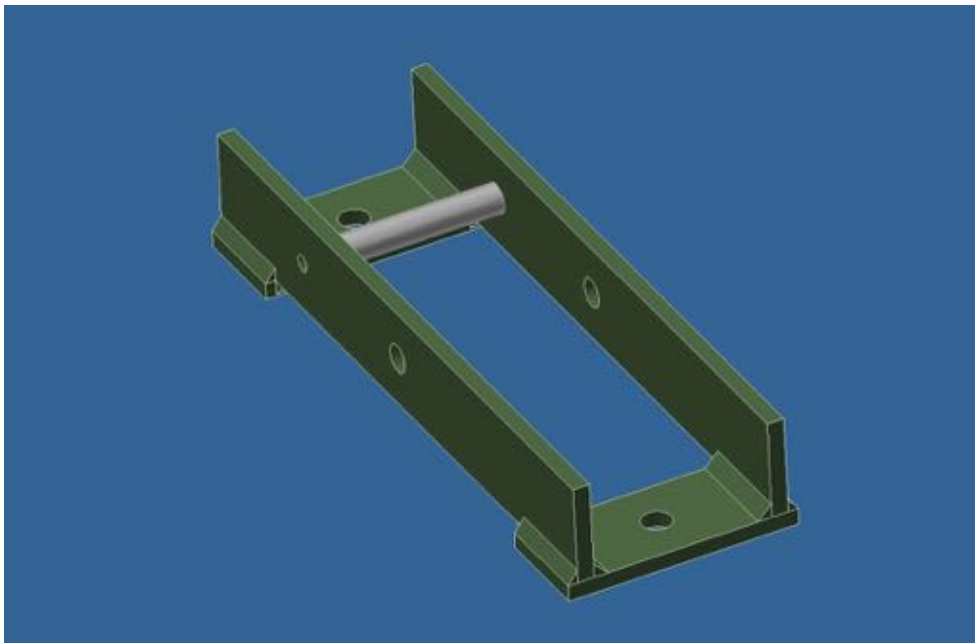


Figure 1 - Finite Element Model

## 2. Assumptions

---

1. Displacements are small.
2. [Follower forces](#) are ignored.

## 3. Model Definition

### 3.1 Group Definition

---

The model is divided into 1 property group(s). Details for each group are given in Table 3.1.1.

1. The [bounding box](#) for all positioned bodies in the model measures 140,0 by 400,0 by 70,0mm along the basic coordinate system x, y and z axes, respectively.
2. The total mass of the model is 5,103E-3 t.
3. The model center of mass is located at (-1,639E-3, 1,887, -8,78) mm.

Table 3.1.1 Group Definition

Property Group	Material	<a href="#">Bounding Box</a> (mm)	Mass (t)	Volume (mm <sup>3</sup> )	Nodes	Elements
SOLID 1	MAT 1	140,0, 400,0, 70,0	5,103E-3	6,501E+5	118498	71325

Table 3.1.2 Part Mass Properties

Property Group	Material	Mass (t)	Center of Mass (mm)	Moments of Inertia (mm)
SOLID 1	MAT 1	5,103E-3	-1,639E-3, 1,887, -8,78	90,96, 17,56, 103,9

### 3.2 Contact Definition

---

The model contains 6 contact region(s).  
 - Adaptive stiffness scaling is enabled.

Table 3.2.1 Contact Definition

Name	Type	Contact Surface	Normal Stiffness	Penetration
Contact Region 24	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 26, Surface 25	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 27	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 29, Surface 28	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 30	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 32,	Stiffness	Symmetric

		Surface 31	Controlled	
Contact Region 33	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 35, Surface 34	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 36	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 38, Surface 37	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 39	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 41, Surface 40	Stiffness Controlled	Symmetric

## 3.3 Material Properties

---

### 3.3.1 Isotropic Material Definition

Material ID	E	G	NU	RHO	ALPHA	T-REF
1	2,1E+5	8,077E+4	0,3	7,85E-9	1,2E-5	0,0

## 3.4 Mesh

The finite element mesh is shown in the figure below. The model consists of a total of 121012 nodes and 71325 elements.

Table 3.4.1 Element Initial Distortion Summary

Property Group	Property Type	Aspect Ratio	Recommended Limit	Taper Ratio	Recommended Limit	Skeleton Angle	Recommended Limit	Warping Angle	Recommended Limit
SOLID 1	TET	2,281	100,0	0,0	0,0	123,5	80,0	0,0	0,0

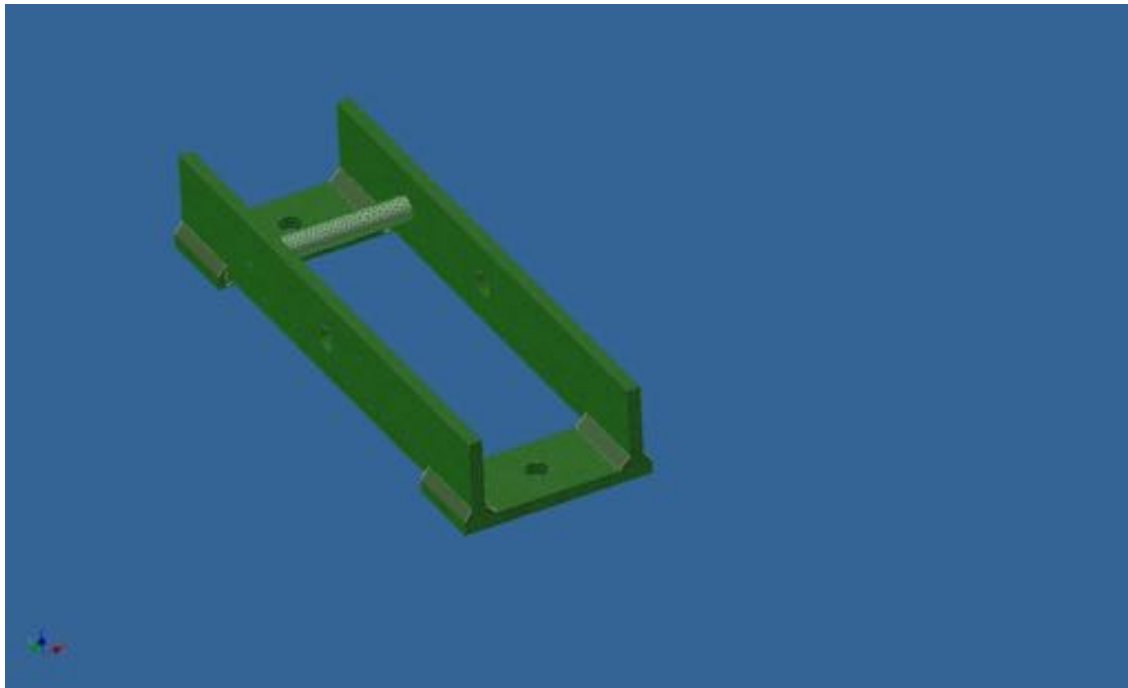


Figure 2 - Finite Element Mesh

## 4. Environment

### 4.1 Structural Loading

The finite element environments are shown in the figures below. Applied structural loading is summarized in Table 4.1.1. Applied load vector resultants are defined in the basic coordinate system. Moments are summed about location (0.0,0.0,0.0).

Table 4.1.1 Applied Load Vector Resultant

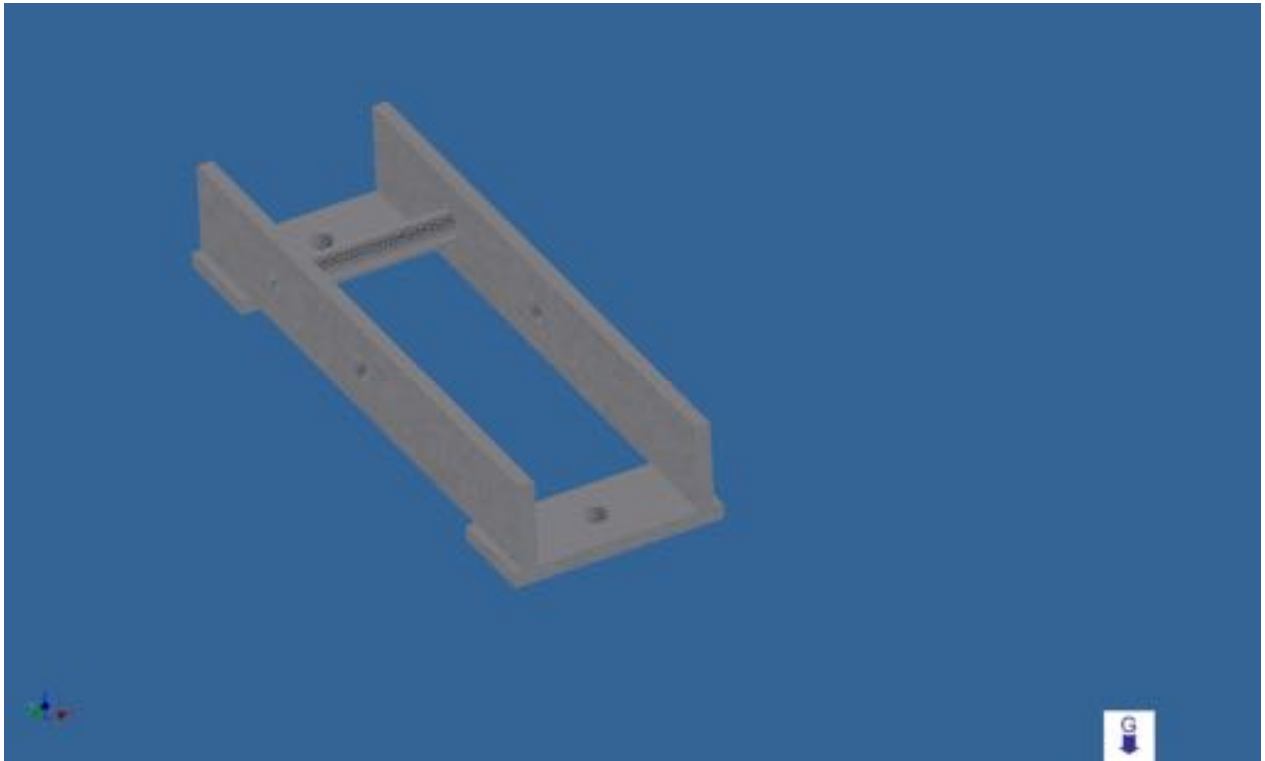
Subcase	Resultant Force(N)			Resultant Moment(N mm)		
	XT	YT	ZT	XR	YR	ZR
SUBCASE 1	0,0	-3992,0	-3992,0	-9,391	0,2166	-0,2167

### 4.2 Structural Support

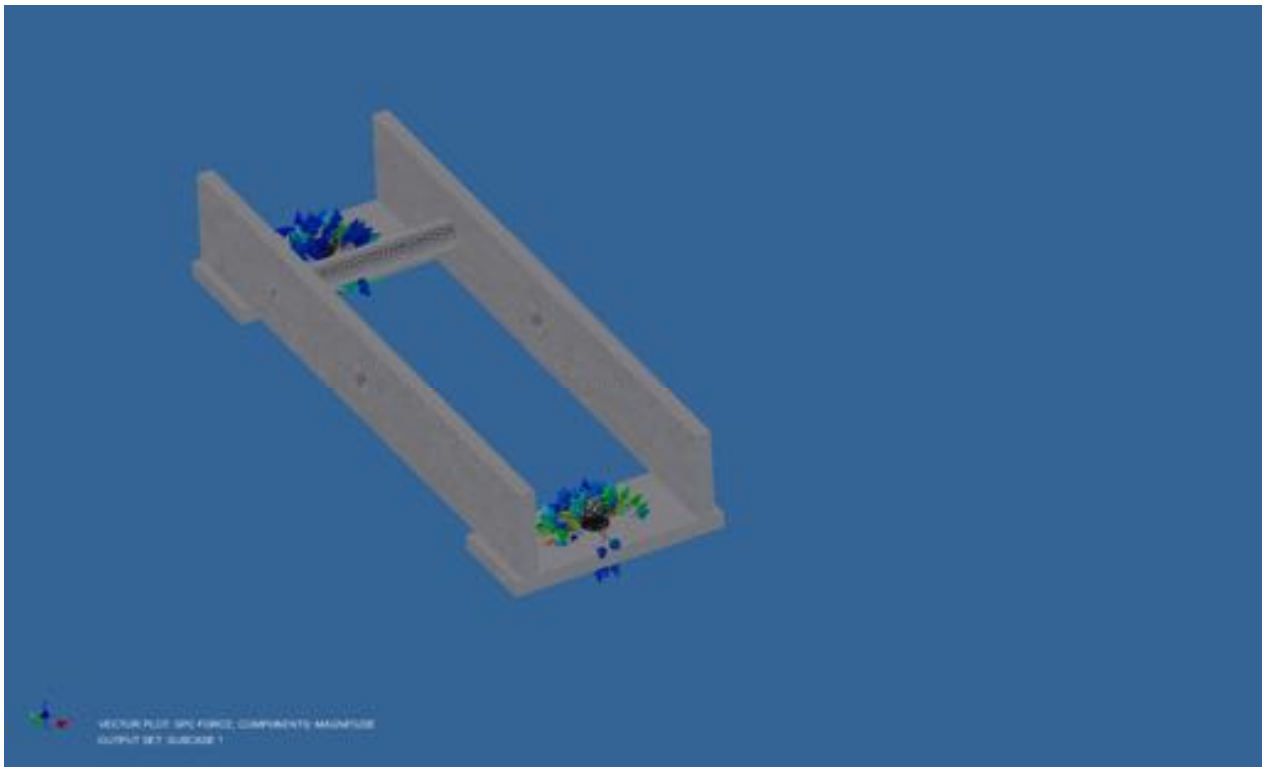
Reaction loads are summarized in Table 4.2.1. Reaction load vector resultants are defined in the basic coordinate system. Moments are summed about location (0.0,0.0,0.0).

Table 4.2.1 Reaction Load Vector Resultant

Subcase	Resultant Force (N)			Resultant Moment(N mm)		
	XT	YT	ZT	XR	YR	ZR
SUBCASE 1	1,44E-4	3992,0	3992,0	9,329	-0,2245	0,3351



**Figure 3 - Applied Load**



**Figure 4 - Reaction Load**

## 5. Solution

The solution to the Environment defined in Section 4 applied to the Model defined in Section 3 is given below. The program selected the PCGLSS linear solver. Total solution time was 41.7 seconds. The largest [solution error measure](#) was 9,266E-10 for SUBCASE 1. The largest solid element [relative stress error](#) was 3,137E-2 for SUBCASE 1. The results are summarized in the table(s) and figure(s) below.

**Table 5.1.1 Displacement Summary**

Subcase	Minimum Displacement (mm)	Property Group	Maximum Displacement (mm)	Property Group
Subcase 1	3,076E-2	Run off safety pipe - Ø18x2,5 x 108 - Steel:1	4,237E-2	Run off safety pipe - Ø18x2,5 x 108 - Steel:1
Subcase 1	1,176E-2	EN 10058 - S235JR Cert 2.2 - 60x10 x 400:2	9,649E-2	EN 10058 - S235JR Cert 2.2 - 60x10 x 400:2
Subcase 1	1,194E-2	EN 10058 - S235JR Cert 2.2 - 60x10 x 400:1	9,637E-2	EN 10058 - S235JR Cert 2.2 - 60x10 x 400:1
Subcase 1	0,0	EN 10058 - S235JR Cert 2.2 - 60x10 x 130:2	3,494E-2	EN 10058 - S235JR Cert 2.2 - 60x10 x 130:2
Subcase 1	0,0	EN 10058 - S235JR Cert 2.2 - 60x10 x 130:1	6,581E-2	EN 10058 - S235JR Cert 2.2 - 60x10 x 130:1
Subcase 1	0,0		0,0	

**Table 5.1.2 Peak Displacement Component Summary**

Subcase	Displacement Components (mm)			Rotation Components (mm)		
	XT	YT	ZT	XR	YR	ZR
SUBCASE 1	7,911E-2	1,883E-2	6,552E-2	0,0	0,0	0,0

**Table 5.1.3 Stress Results Summary**

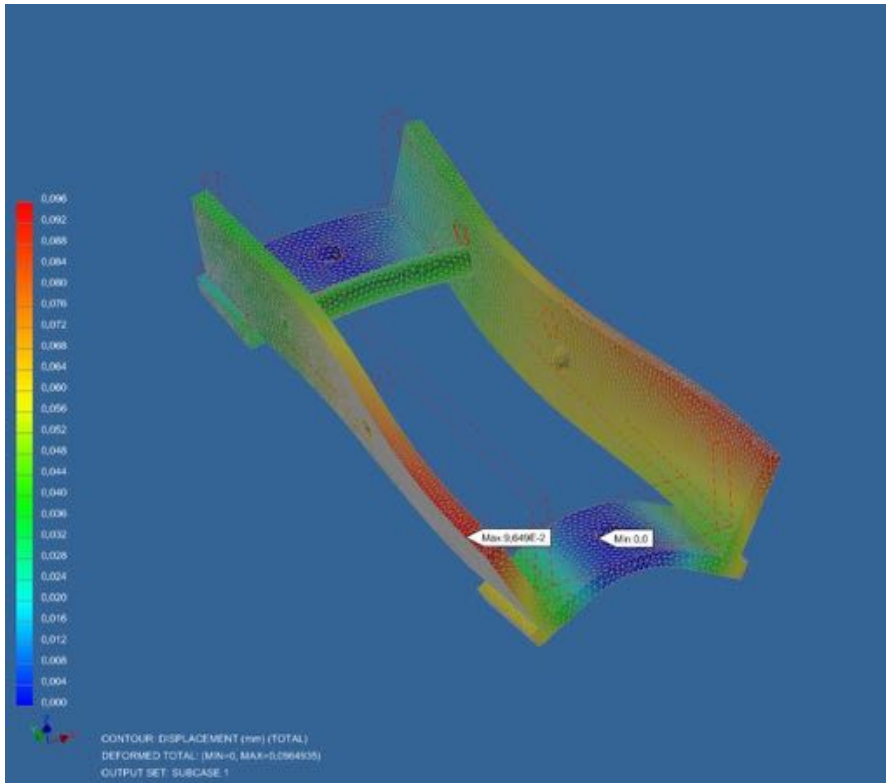
Subcase	Minimum Principal Stress (MPa)	Property Group	Maximum Principal Stress (MPa)	Property Group	Maximum Von Mises Stress (MPa)	Property Group
Subcase 1	-8,843	Run off safety pipe - Ø18x2,5 x	26,06	Run off safety pipe - Ø18x2,5 x	17,62	Run off safety pipe - Ø18x2,5 x



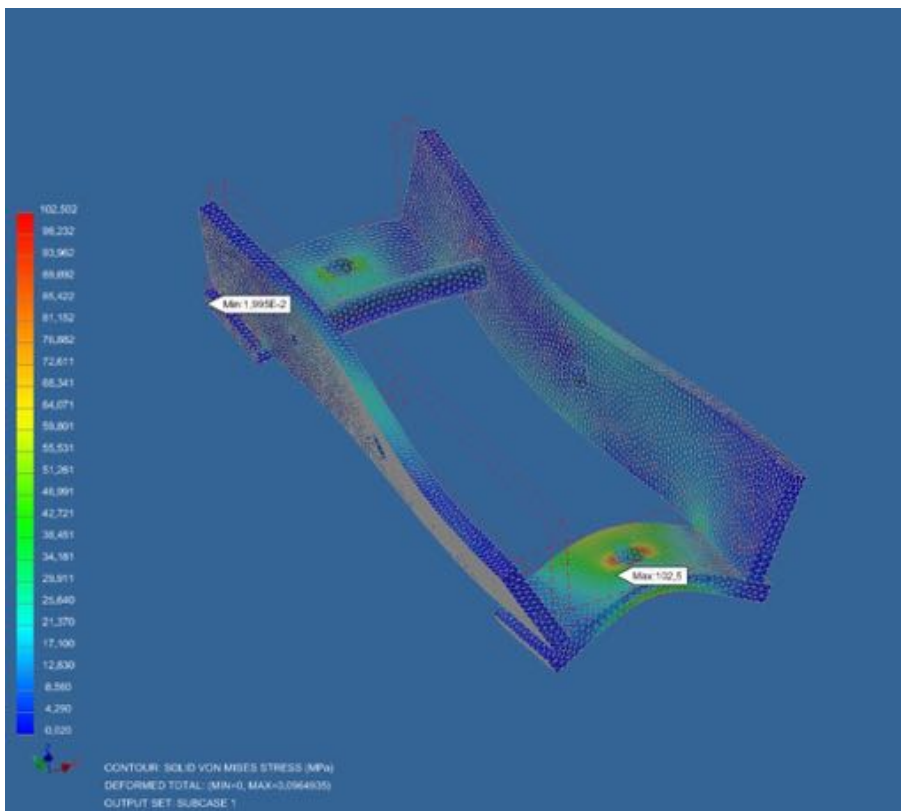
		108 - Steel:1		108 - Steel:1		108 - Steel:1
Subcase 1	-66,71	EN 10058 - S235JR Cert 2.2 - 60x10 x 400:2	57,07	EN 10058 - S235JR Cert 2.2 - 60x10 x 400:2	46,48	EN 10058 - S235JR Cert 2.2 - 60x10 x 400:2
Subcase 1	-81,65	EN 10058 - S235JR Cert 2.2 - 60x10 x 400:1	32,53	EN 10058 - S235JR Cert 2.2 - 60x10 x 400:1	62,25	EN 10058 - S235JR Cert 2.2 - 60x10 x 400:1
Subcase 1	-88,24	EN 10058 - S235JR Cert 2.2 - 60x10 x 130:2	81,2	EN 10058 - S235JR Cert 2.2 - 60x10 x 130:2	60,1	EN 10058 - S235JR Cert 2.2 - 60x10 x 130:2
Subcase 1	-150,0	EN 10058 - S235JR Cert 2.2 - 60x10 x 130:1	134,6	EN 10058 - S235JR Cert 2.2 - 60x10 x 130:1	102,5	EN 10058 - S235JR Cert 2.2 - 60x10 x 130:1
Subcase 1	0,0		0,0		0,0	

Table 5.1.4 [Solution Error Measure](#) and the [Relative Stress Error](#) Summary

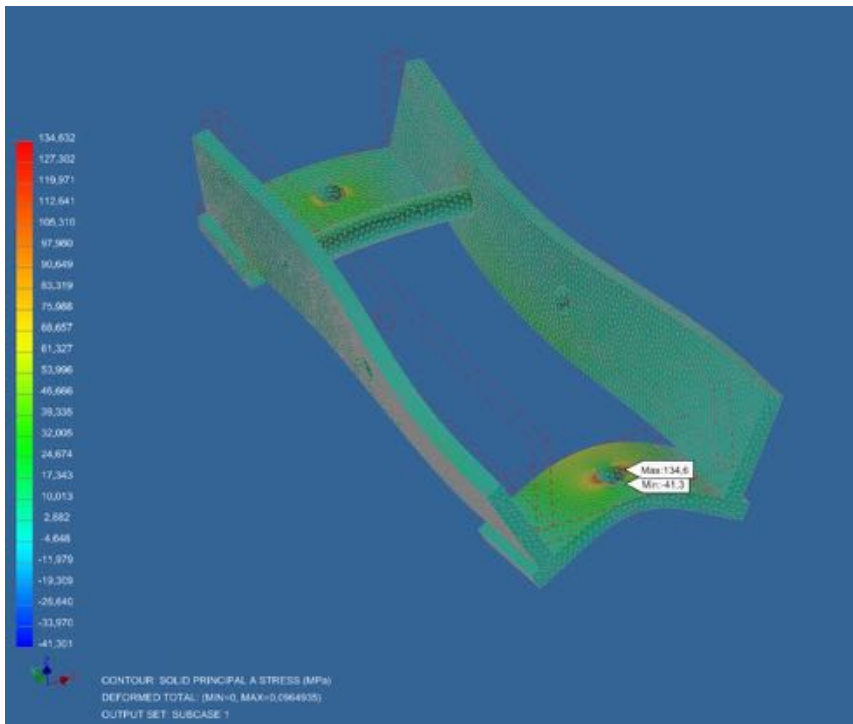
Subcase	<a href="#">Solution Error Measure</a>	Shell Element <a href="#">Relative Stress Error</a>	Solid Element <a href="#">Relative Stress Error</a>
SUBCASE 1	9,266E-10	n/a	3,137E-2



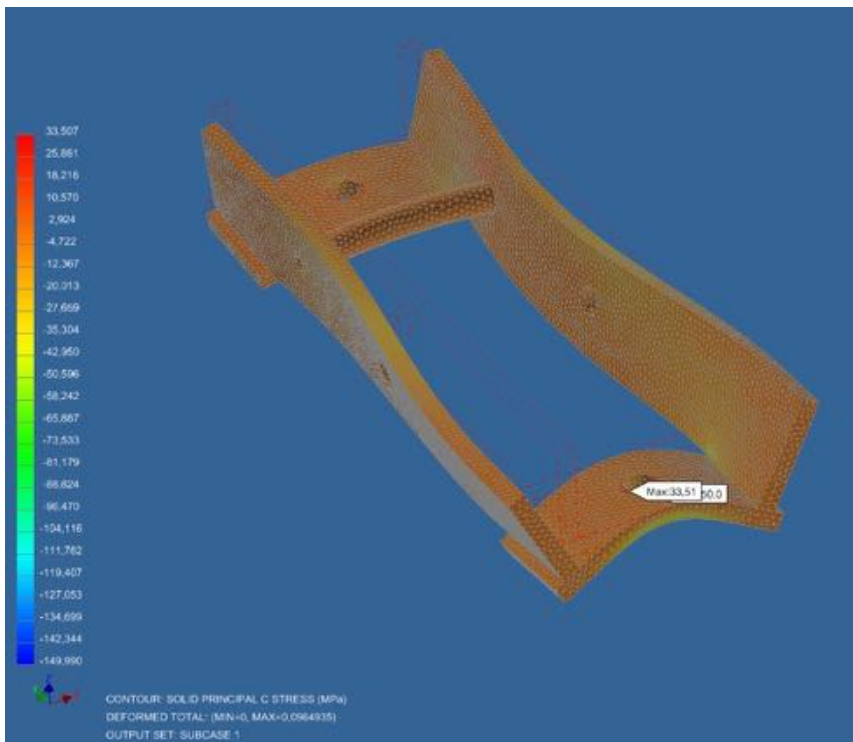
**Figure 5 - OUTPUT SET: SUBCASE 1 -- DEFORMED TOTAL: (MIN=0, MAX=0,0964935) -- CONTOUR: DISPLACEMENT (mm) (TOTAL)**



**Figure 6 - OUTPUT SET: SUBCASE 1 -- DEFORMED TOTAL: (MIN=0, MAX=0,0964935) -- CONTOUR: SOLID VON MISES STRESS (MPa)**



**Figure 7 - OUTPUT SET: SUBCASE 1 -- DEFORMED TOTAL: (MIN=0, MAX=0,0964935) -- CONTOUR: SOLID PRINCIPAL A STRESS (MPa)**



**Figure 8 - OUTPUT SET: SUBCASE 1 -- DEFORMED TOTAL: (MIN=0, MAX=0,0964935) -- CONTOUR: SOLID PRINCIPAL C STRESS (MPa)**

## 6. Conclusion:

---

A linear static analysis was performed using the Autodesk Nastran Version 12.1.0.925 finite element solver on the erupn6v5t structure. The finite element model contained mainly EN 10058 - S235JR Cert 2.2 - 60x10 x 400:2 elements and consisted of 373449 degrees of freedom. 1 loading condition was analyzed. The maximum displacement was 4,237E-2 mm (load case Subcase 1). The maximum von Mises stress was 17,62 (load case Subcase 1).

## 7. Glossary:

---

### **Aspect Ratio**

Ratio of an element's longest side to its adjacent side.

### **Bi-Directional Slide**

Prevents contacting regions from separating or closing but permits sliding (zero coefficient of friction)

### **Bounding Box**

A three-dimensional cube aligned to the global x,y and z axes that exactly contains a body or assembly.

### **Follower Force**

Loads that follow the motion of the structure as it deforms.

### **General Contact**

Models standard nonlinear surface contact with friction if specified.

### **Relative Stress Error**

A measure of mesh convergence (values greater than 0.01 may indicate that further mesh refinement is required in areas with large stress gradients over a few elements).

### **Rough Contact**

Nonlinear contact that allows separation and closure but does not permit sliding (infinite friction).

### **Skew Angle**

The angle between the lines that join opposite midsides of a quadrilateral face.

### **Solution Error Measure**

A measure of solution quality (values less than 1.0E-07 are generally considered acceptable).

### **Taper Ratio**

The ratio of the areas on the two sides of a diagonal of a quadrilateral face.

### **Warping Angle**

The extent to which a quadrilateral face deviates from being planar.

### **Welded Contact**

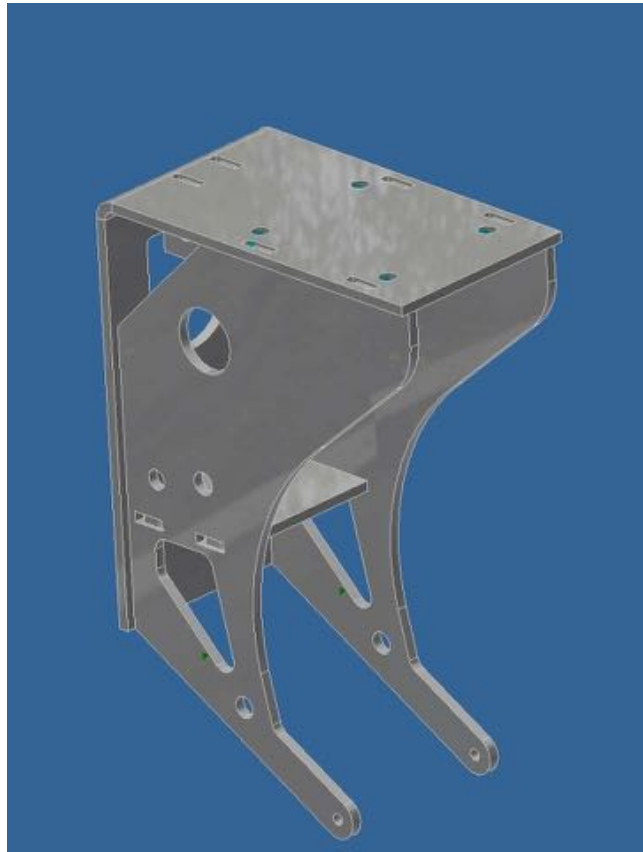
Prevents contacting regions from sliding, separating, or closing.

## Bijlage D2: Frame spantrek weegstoel

# Spantrek weegstoel calculation

---

**Date:** 05/28/18  
**Author:** STE Trekwerk  
**Subject:** 9277 - Agnietenhof  
**Prepared For:** Agnietenhof Theater  
**Software Used:** Autodesk Nastran Version 12.1.0.925



## 1. Summary

---

Sterkteberekening van de spantrek weegstoel frame. Gebruikte belasting = 500 [kg] last + 140 [kg] truss + versnellingsfactor (1,1).

The report documents design and analysis using Autodesk Nastran engineering simulation software. A linear static analysis was performed using the finite element model shown in the figure below. The model is divided into 1 property group(s). The units system is mm-N-s. The model consists of a total of 204432 nodes and 114373 elements.

## 2. Assumptions

---

1. Displacements are small.
2. [Follower forces](#) are ignored.

## 3. Model Definition

### 3.1 Group Definition

---

The model is divided into 1 property group(s). Details for each group are given in Table 3.1.1.

1. The [bounding box](#) for all positioned bodies in the model measures 301,0 by 160,0 by 442,4mm along the basic coordinate system x, y and z axes, respectively.
2. The total mass of the model is 1,39E-2 t.

Table 3.1.1 Group Definition

Property Group	Material	<a href="#">Bounding Box</a> (mm)	Mass (t)	Volume (mm <sup>3</sup> )	Nodes	Elements
SOLID 1	MAT 1	301,0, 160,0, 442,4	1,39E-2	1,771E+6	197219	114373

### 3.2 Contact Definition

---

The model contains 39 contact region(s).  
 - Adaptive stiffness scaling is enabled.

Table 3.2.1 Contact Definition

Name	Type	Contact Surface	Normal Stiffness	Penetration
Contact Region 591	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 593, Surface 592	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 594	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 596, Surface 595	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 597	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 599, Surface 598	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 600	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 602, Surface 601	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 603	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 605, Surface 604	Stiffness Controlled	Symmetric



Contact Region 606	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 608, Surface 607	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 609	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 611, Surface 610	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 612	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 614, Surface 613	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 615	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 617, Surface 616	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 618	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 620, Surface 619	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 621	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 623, Surface 622	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 624	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 626, Surface 625	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 627	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 629, Surface 628	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 630	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 632, Surface 631	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 633	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 635, Surface 634	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 636	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 638, Surface 637	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 639	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 641, Surface 640	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 642	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 644, Surface 643	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 645	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 647, Surface 646	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 648	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 650, Surface 649	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 651	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 653, Surface 652	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 654	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 656, Surface 655	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 657	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 659, Surface 658	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 660	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 662, Surface 661	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 663	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 665, Surface 664	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 666	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 668, Surface 667	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 669	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 671, Surface 670	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 672	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 674, Surface 673	Stiffness Controlled	Symmetric

Contact Region 675	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 677, Surface 676	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 678	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 680, Surface 679	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 681	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 683, Surface 682	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 684	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 686, Surface 685	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 687	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 689, Surface 688	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 690	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 692, Surface 691	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 693	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 695, Surface 694	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 696	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 698, Surface 697	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 699	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 701, Surface 700	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 702	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 704, Surface 703	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 705	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 707, Surface 706	Stiffness Controlled	Symmetric

## 3.3 Material Properties

### 3.3.1 Isotropic Material Definition

Material ID	E	G	NU	RHO	ALPHA	T-REF
1	2,1E+5	8,077E+4	0,3	7,85E-9	1,2E-5	0,0

## 3.4 Mesh

---

The finite element mesh is shown in the figure below. The model consists of a total of 204432 nodes and 114373 elements.



**Figure 2 - Finite Element Mesh**

## 4. Environment

### 4.1 Structural Loading

The finite element environments are shown in the figures below. Applied structural loading is summarized in Table 4.1.1. Applied load vector resultants are defined in the basic coordinate system. Moments are summed about location (0.0,0.0,0.0).

Table 4.1.1 Applied Load Vector Resultant

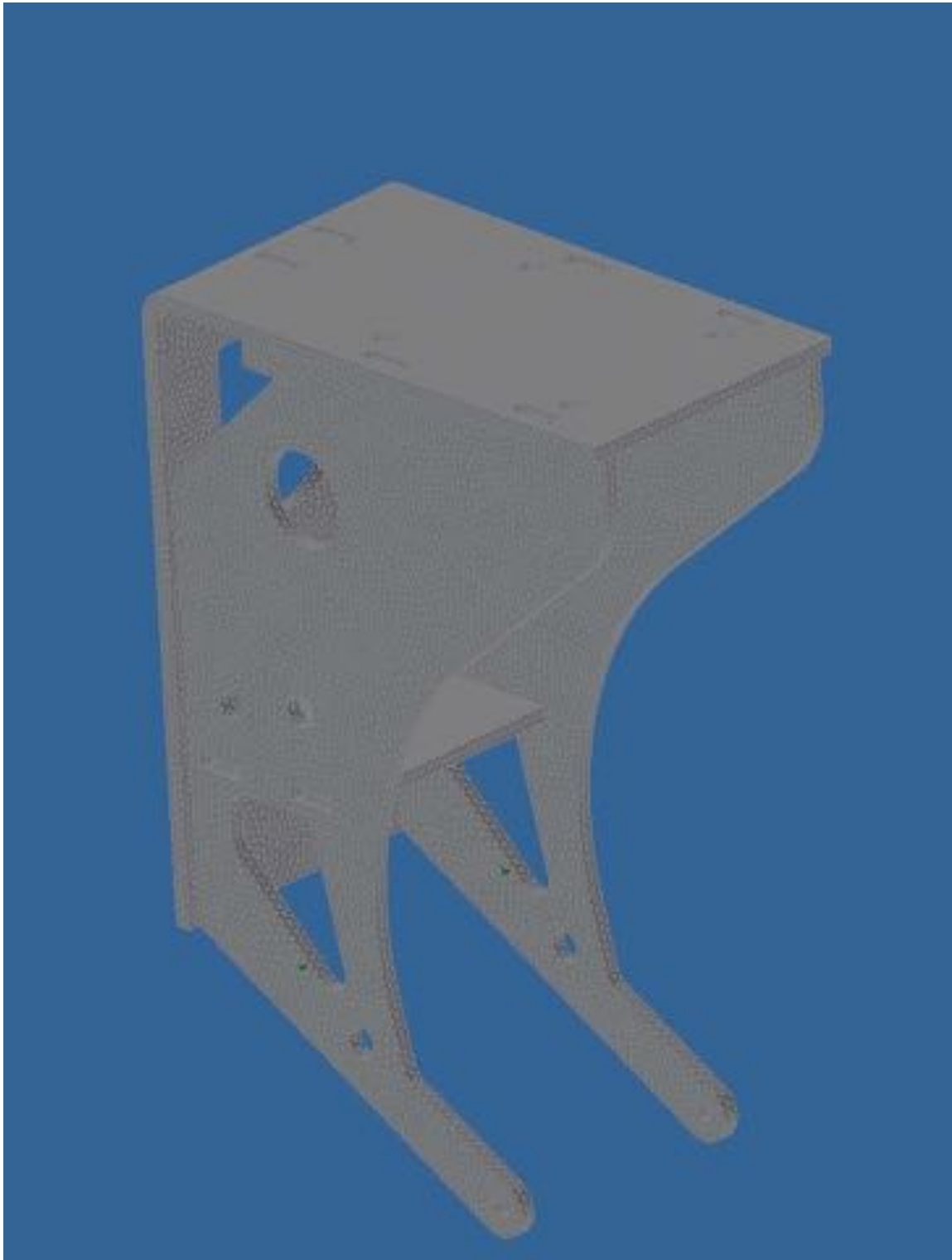
Subcase	Resultant Force(N)			Resultant Moment(N mm)		
	XT	YT	ZT	XR	YR	ZR
SUBCASE 2	0,717	0,0	1,012	13,3	1,668E+6	14,83

### 4.2 Structural Support

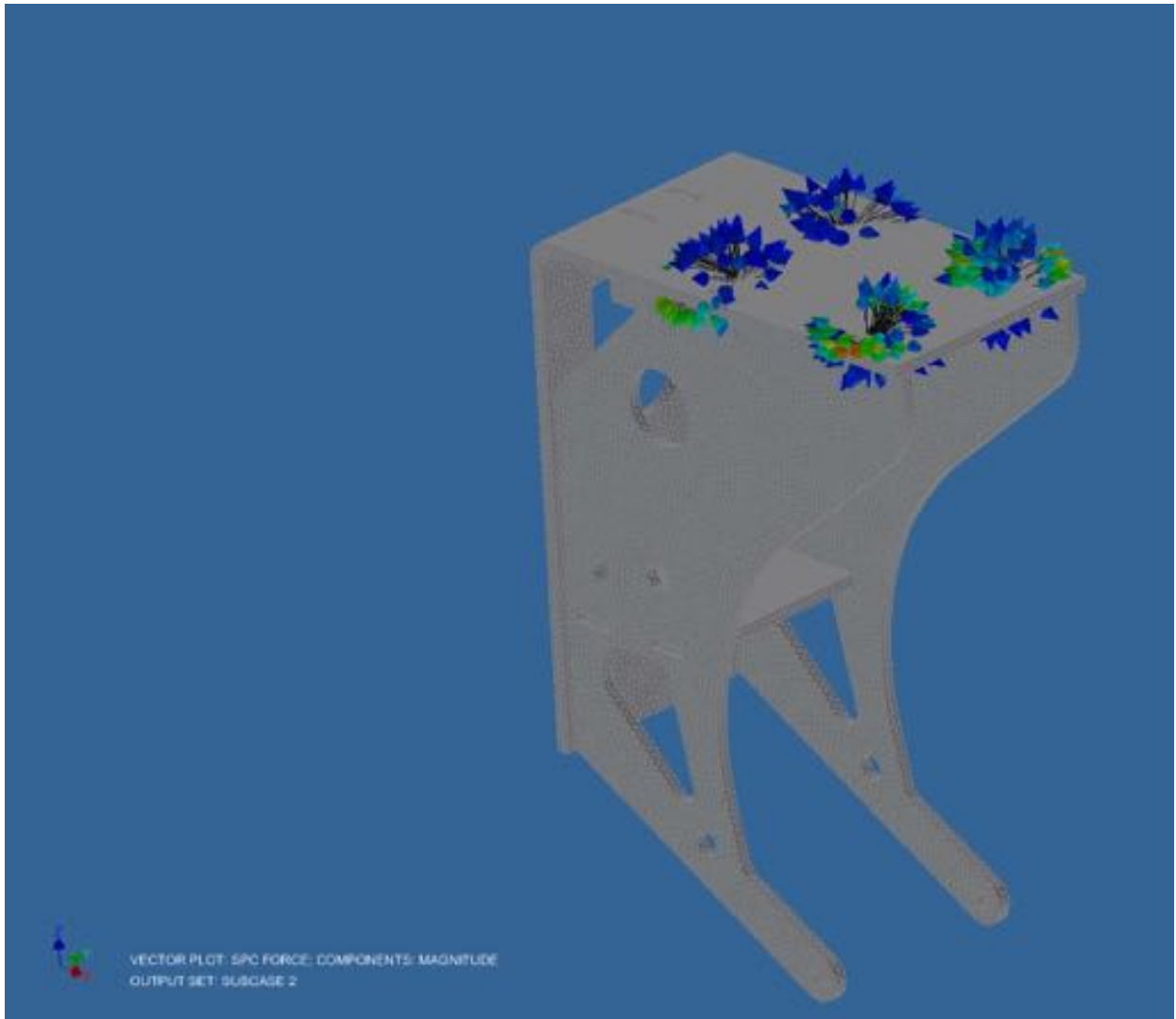
Reaction loads are summarized in Table 4.2.1. Reaction load vector resultants are defined in the basic coordinate system. Moments are summed about location (0.0,0.0,0.0).

Table 4.2.1 Reaction Load Vector Resultant

Subcase	Resultant Force (N)			Resultant Moment(N mm)		
	XT	YT	ZT	XR	YR	ZR
SUBCASE 2	-0,7158	3,529E-4	-1,012	-1582,0	-1,667E+6	-277,5



**Figure 3 - Applied Load**



**Figure 4 - Reaction Load**

## 5. Solution

The solution to the Environment defined in Section 4 applied to the Model defined in Section 3 is given below. The program selected the PCGLSS linear solver. Total solution time was 78.5 seconds. The largest [solution error measure](#) was 1,498E-9 for SUBCASE 2. The largest solid element [relative stress error](#) was 6,536E-2 for SUBCASE 2. The results are summarized in the table(s) and figure(s) below.

**Table 5.1.1 Displacement Summary**

Subcase	Minimum Displacement (mm)	Property Group	Maximum Displacement (mm)	Property Group
Subcase 2	4,908E-2	TWI-9277-017-006:2	5,63E-2	TWI-9277-017-006:2
Subcase 2	4,604E-2	TWI-9277-017-006:1	5,638E-2	TWI-9277-017-006:1
Subcase 2	0,1009	TWI-9277-017-005:1	0,1345	TWI-9277-017-005:1
Subcase 2	0,0	TWI-9277-017-003:1	0,1938	TWI-9277-017-003:1
Subcase 2	1,804E-3	TWI-9277-017-002:2	0,2327	TWI-9277-017-002:2
Subcase 2	1,504E-3	TWI-9277-017-002:1	0,2174	TWI-9277-017-002:1
Subcase 2	0,0		0,2327	

**Table 5.1.2 Peak Displacement Component Summary**

Subcase	Displacement Components (mm)			Rotation Components (mm)		
	XT	YT	ZT	XR	YR	ZR
SUBCASE 2	0,2293	5,776E-2	8,477E-2	0,0	0,0	0,0

**Table 5.1.3 Stress Results Summary**

Subcase	Minimum Principal Stress (MPa)	Property Group	Maximum Principal Stress (MPa)	Property Group	Maximum Von Mises Stress (MPa)	Property Group
Subcase 2	-215,6	TWI-9277-017-006:2	147,5	TWI-9277-017-006:2	206,4	TWI-9277-017-006:2
Subcase 2	-199,2	TWI-9277-017-006:1	126,7	TWI-9277-017-006:1	258,5	TWI-9277-017-006:1
Subcase 2	-69,62	TWI-9277-017-005:1	46,79	TWI-9277-017-005:1	70,38	TWI-9277-017-005:1

Subcase 2	-291,3	TWI-9277-017-003:1	344,4	TWI-9277-017-003:1	287,5	TWI-9277-017-003:1
Subcase 2	-138,3	TWI-9277-017-002:2	174,3	TWI-9277-017-002:2	155,0	TWI-9277-017-002:2
Subcase 2	-86,09	TWI-9277-017-002:1	130,7	TWI-9277-017-002:1	99,05	TWI-9277-017-002:1
Subcase 2	-291,3		344,4		287,5	

Table 5.1.4 [Solution Error Measure](#) and the [Relative Stress Error Summary](#)

Subcase	<a href="#">Solution Error Measure</a>	Shell Element <a href="#">Relative Stress Error</a>	Solid Element <a href="#">Relative Stress Error</a>
SUBCASE 2	1,498E-9	n/a	6,536E-2

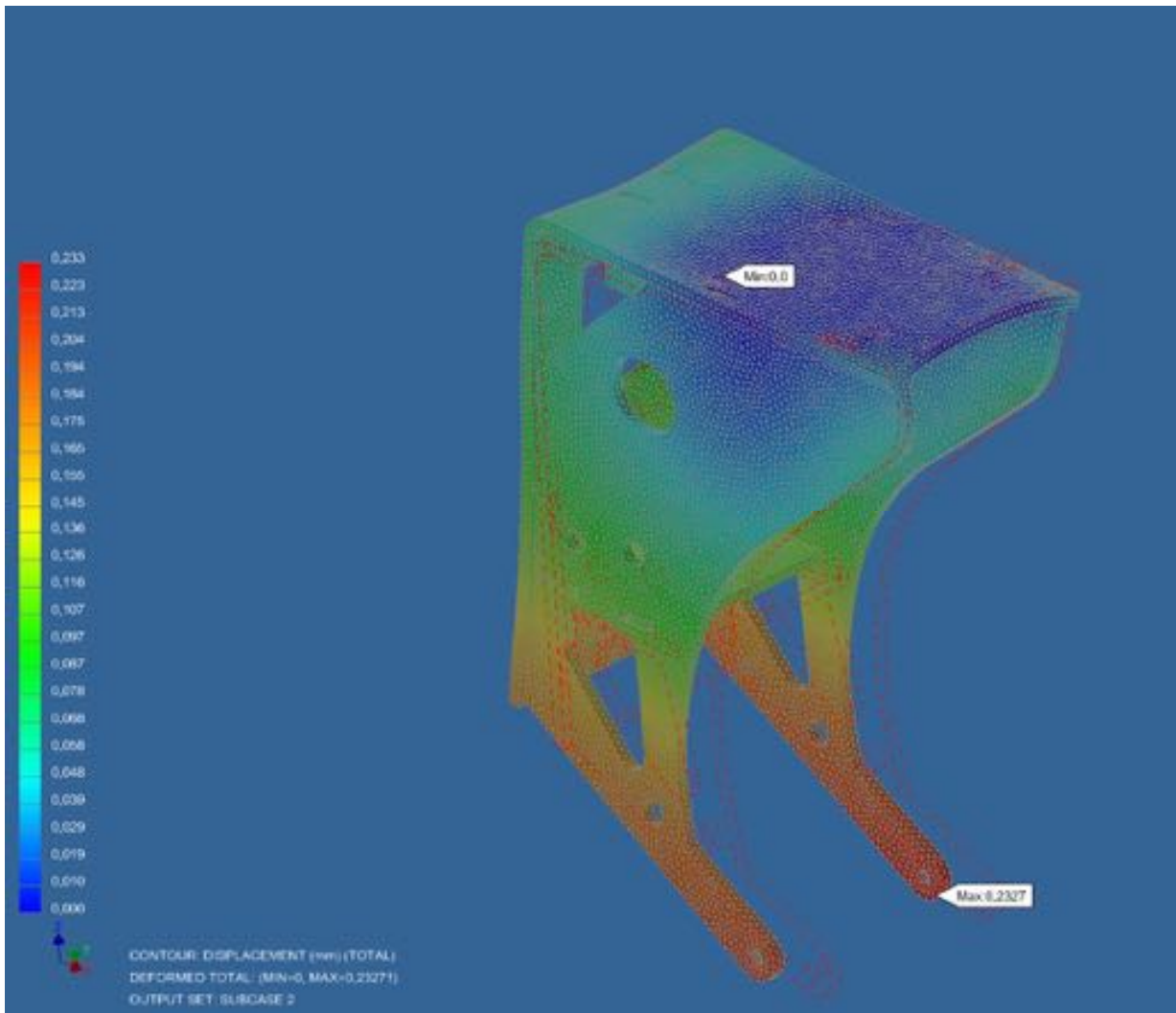


Figure 5 - OUTPUT SET: SUBCASE 2 -- DEFORMED TOTAL: (MIN=0, MAX=0,23271) -- CONTOUR: DISPLACEMENT (mm) (TOTAL)

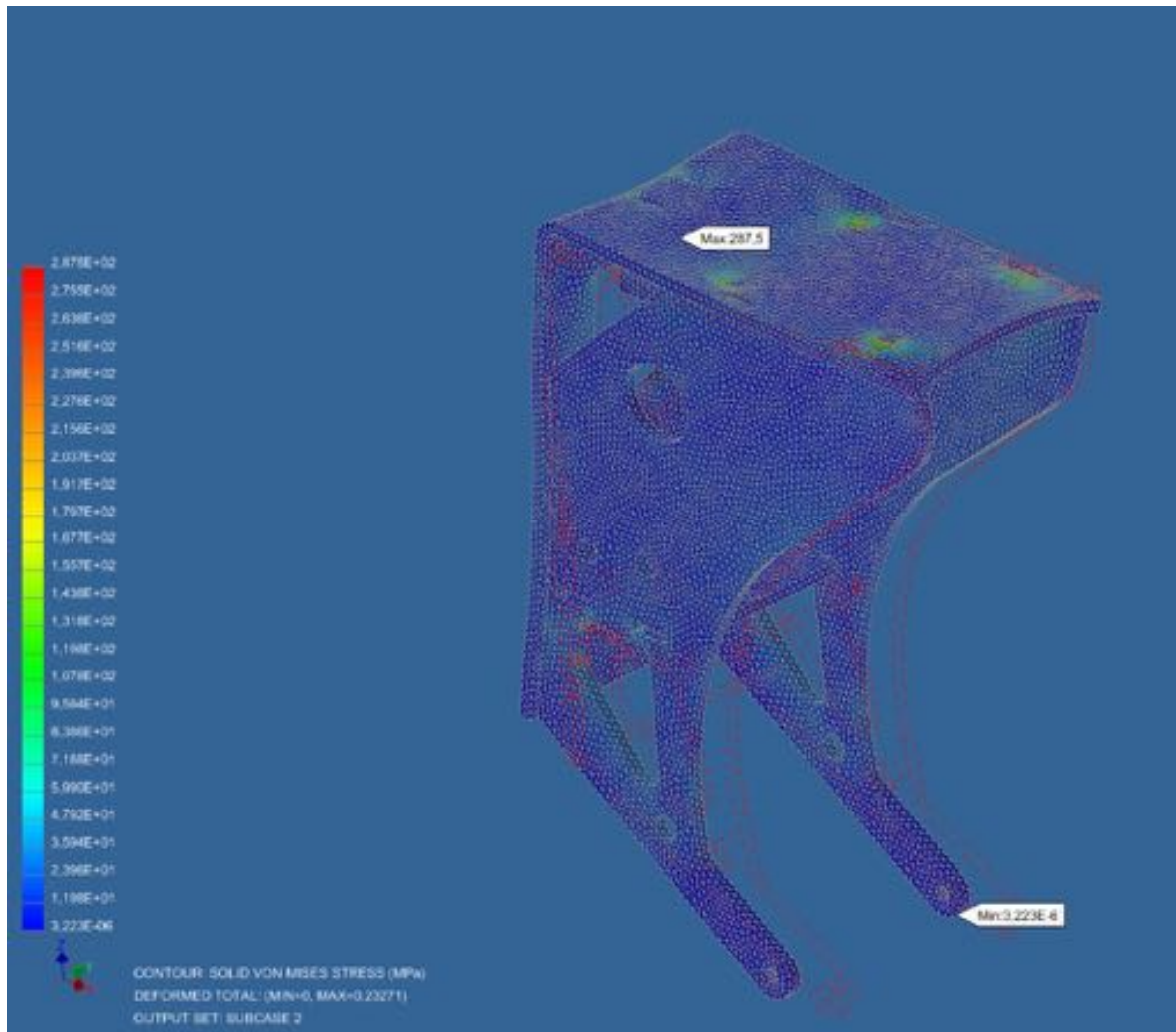
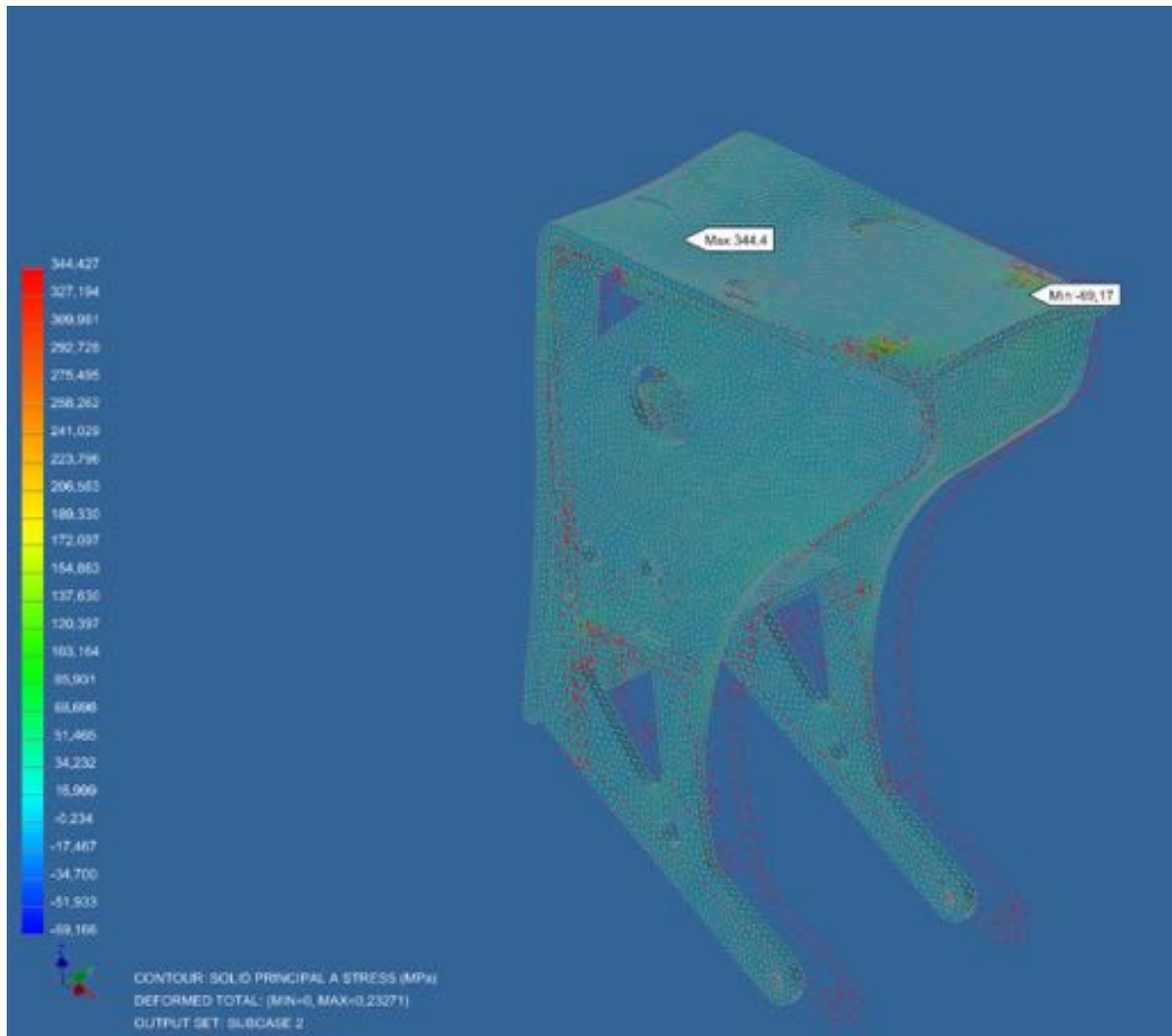
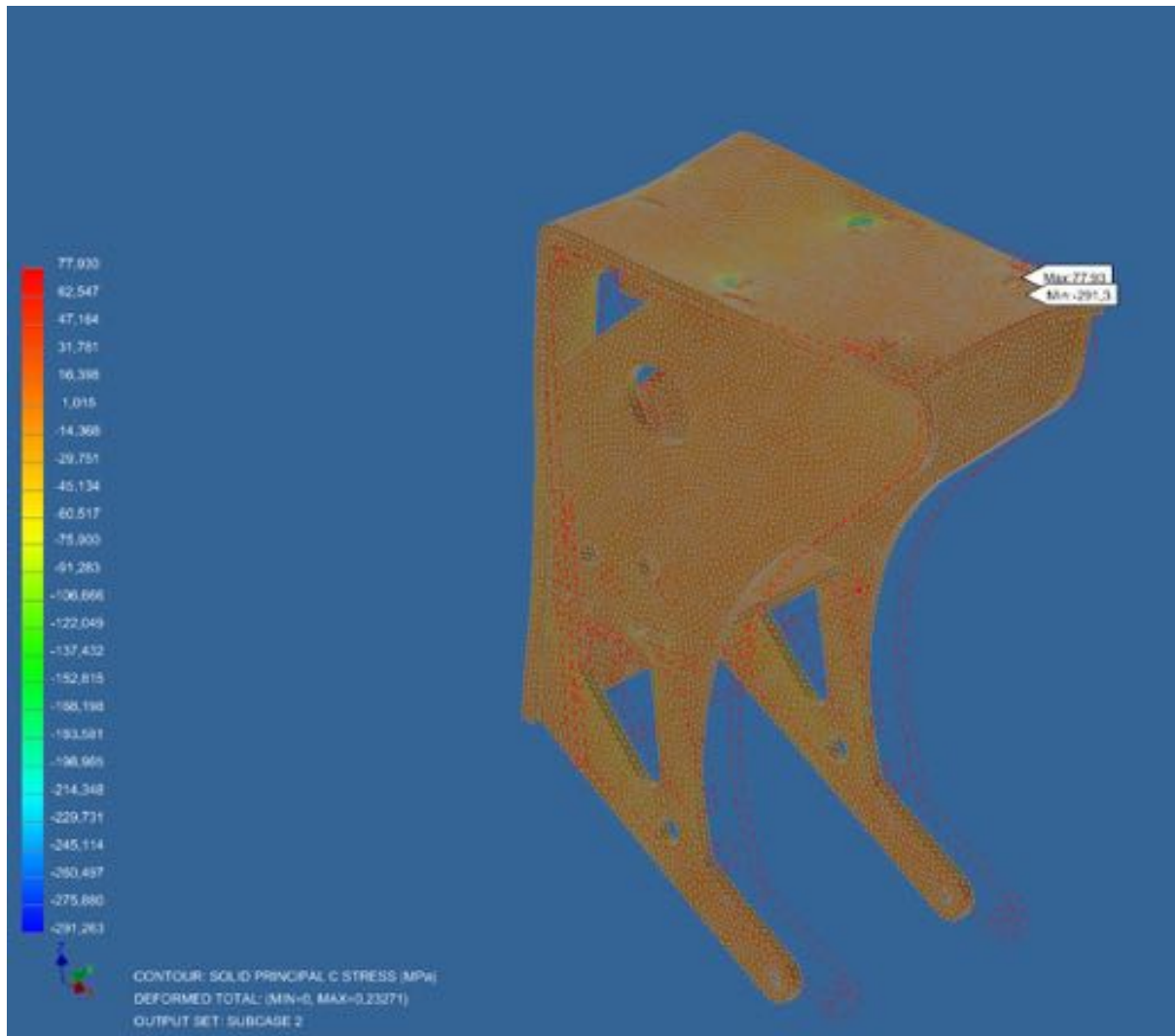


Figure 6 - OUTPUT SET: SUBCASE 2 -- DEFORMED TOTAL: (MIN=0, MAX=0,23271) --  
CONTOUR: SOLID VON MISES STRESS (MPa)



**Figure 7 - OUTPUT SET: SUBCASE 2 -- DEFORMED TOTAL: (MIN=0, MAX=0,23271) --  
CONTOUR: SOLID PRINCIPAL A STRESS (MPa)**



**Figure 8 - OUTPUT SET: SUBCASE 2 -- DEFORMED TOTAL: (MIN=0, MAX=0,23271) -- CONTOUR: SOLID PRINCIPAL C STRESS (MPa)**

## 6. Conclusion:

---

A linear static analysis was performed using the Autodesk Nastran Version 12.1.0.925 finite element solver on the bpdzn2zss structure. The finite element model contained mainly TWI-9277-017-003:1 elements and consisted of 643290 degrees of freedom. 1 loading condition was analyzed. The maximum displacement was 5,63E-2 mm (load case Subcase 2) The maximum von Mises stress was 206,4 (load case Subcase 2).

## 7. Glossary:

---

### **Aspect Ratio**

Ratio of an element's longest side to its adjacent side.

### **Bi-Directional Slide**

Prevents contacting regions from separating or closing but permits sliding (zero coefficient of friction)

### **Bounding Box**

A three-dimensional cube aligned to the global x,y and z axes that exactly contains a body or assembly.

### **Follower Force**

Loads that follow the motion of the structure as it deforms.

### **General Contact**

Models standard nonlinear surface contact with friction if specified.

### **Relative Stress Error**

A measure of mesh convergence (values greater than 0.01 may indicate that further mesh refinement is required in areas with large stress gradients over a few elements).

### **Rough Contact**

Nonlinear contact that allows separation and closure but does not permit sliding (infinite friction).

### **Skew Angle**

The angle between the lines that join opposite midsides of a quadrilateral face.

### **Solution Error Measure**

A measure of solution quality (values less than 1.0E-07 are generally considered acceptable).

### **Taper Ratio**

The ratio of the areas on the two sides of a diagonal of a quadrilateral face.

### **Warping Angle**

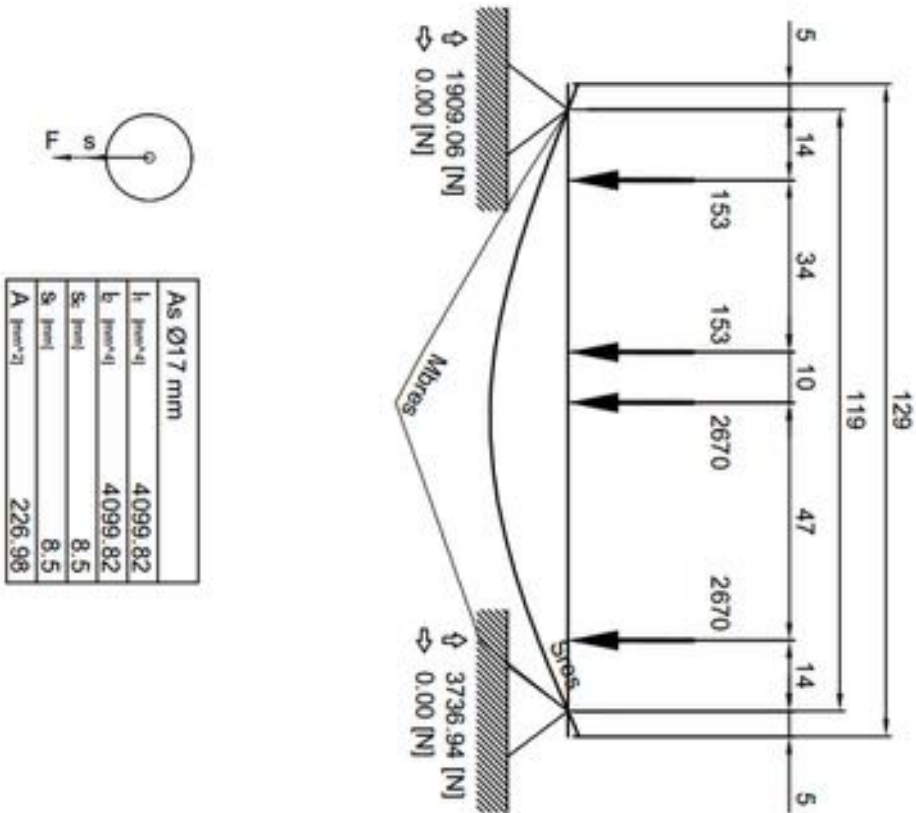
The extent to which a quadrilateral face deviates from being planar.

### **Welded Contact**

Prevents contacting regions from sliding, separating, or closing.

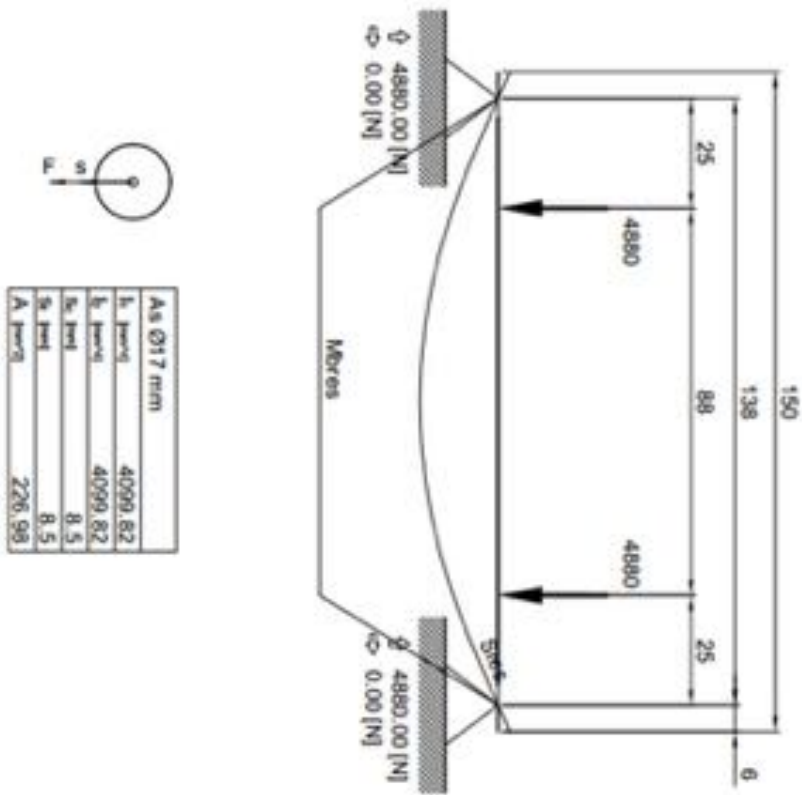
## Bijlage E: Berekeningen assen weegschijven

### Bijlage E1: As decortrek weegschijf



Weegschijf decortrek 407 kg (SWL +truss+versnelling)		
Moment of Inertia	$I_1$	[mm <sup>4</sup> ] 4099.82
Moment of Inertia	$I_2$	[mm <sup>4</sup> ] 4099.82
Moment of Inertia	$I_{eff}$	[mm <sup>4</sup> ] 4100
Max. Border Dist		[mm] 8.5
Safety Factor		1.1062
Yield Point		[N/mm <sup>2</sup> ] 235
E-Modulus		[N/mm <sup>2</sup> ] 210000
Material		S235JR
Max. Deflection	S1	[mm] 0
Max. Bending Moment	Mb1	[Nm] 0
Max. Deflection	S2	[mm] 0.154637
Max. Bending Moment	Mb2	[Nm] 102.46
Max. Stress	Res.	[N/mm <sup>2</sup> ] 212.43
Max. Deflection	Sres	[mm] 0.154637
Max. Bending Moment	Mbres	[Nm] 102.46
Scale for Defl. Line		100:1
Scale for Bending Mom. Line		1:3

## Bijlage E2: As spantrek weegschijf



Weegtas spantrek calculator (last+versnelling)	
Moment of inertia I1	[mm <sup>4</sup> ] 4099.82
Moment of inertia I2	[mm <sup>4</sup> ] 4099.82
Moment of inertia Ioff	[mm <sup>4</sup> ] 4100
Max. Border Dist.	[mm] 8.5
Safety Factor	3.0245
Yield Point	[N/mm <sup>2</sup> ] 765
E-Modulus	[N/mm <sup>2</sup> ] 285000
Material	17-4 PH
Max. Deflection S-1	[mm] 0
Max. Bending Moment MB1	[Nm] 0
Max. Deflection S-2	[mm] 0.237676
Max. Bending Moment MB2	[Nm] 122
Max. Stress	[N/mm <sup>2</sup> ] 252.93
Max. Deflection	[mm] 0.237676
Max. Bending Moment	[Nm] 122
Scale for Defl. Line	75:1
Scale for Bending Mom. Line	1:3

## Bijlage F: Staalkabel certificaat Ø5 [mm]

### Roodenberg Staalkabels BV

 Zandvoortstraat 80, 1976 BN IJMUIDEN, Nederland  
 Tel. 0255-534634 Fax 0255-530239

#### CERTIFICAAT STAALKABELS

CERTIFICATE OF WIRE ROPES

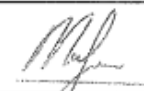
Certificaat nummer: Certificate number	FKQU000	Staalkabel geleverd aan: Wire rope supplied to
Registratie merk en nummer: Distinguishing mark and number	FKQU	Show Theatre Equipment Trekwerk BV Pampuslaan 212 1382 JS WEESP
Opdrachtnummer: Order number	VR17-02925	
Orderreferentie: Order reference	43405S/EV	
Referentie klant: Reference customer		

Aantal / Omschrijving : 13.000 meter(s) / 5mm 18x7 +SE vz LSR compacted  
 Quantity / Description

Afwerking van de kabeleinden :  
 Confectioning of rope ends

Overige gebruikte onderdelen samenstel :  
 Other used parts of complete gear

Werklast in kg of T Working load limit		WLL : 0,00 ton
Afmetingen Dimensions	Nominale kabelmiddellijn Nominal wire rope diameter	: 5,00 mm
	Lengte geleverde staalkabel Length of supplied wire rope	: 0,00 m
Constructie Construction	Aantal strengen x aantal draden + kernen Number of strands x number of wires + cores	: 18x7 rotating resistant Steel
	Slagrichting en slagwijze Direction and type of lay	: Lang lay right
	Vorgevormd Preformed	: Ja
Materiaal Material	Treksterkteklasse Tensile grade	: 1960 N/mm2
	Afwerking draadoppervlak Surface finishing of wires	: Galvanized greased
Sterkte Strength	Minimum breekkracht van de kabel in kN Minimum breaking strength of wire rope	BL : 16,07 kN
	Datum beproeving / Herkeuring aanbevolen Date of test / Date of re-examination recommended	: 04-09-2017 / 04-09-2018
Toepassing Application		:
	Staalkabel vervaardigd volgens norm Wire rope manufactured according standard	: EN 12385
	Kenmerk/Fabrieks/Haspelnummer Identification/Production number/Reel number	: IR17-00769
	Naam en adres fabrikant Name and address of manufacturer	: 100

Print datum Print date	Naam en adres leverancier Name and address of supplier	Gegevens betreffende levering Notes of delivery	Handtekening deskundige Signature of competent person
04-09-2017	Roodenberg Staalkabels BV Zandvoortstraat 80 1976 BN IJMUIDEN	New delivery	

Ondergetekende verklaart namens zijn firma, dat bovenstaande gegevens juist zijn en dat de omschreven staalkabel of het staalkabel samenstel overeenkomen met de bepalingen van de EG Machine Richtlijn 2006/42/EG, bijlage II-A. Het samenstellen, het onderzoek en de beproeving is uitgevoerd door een bevoegd persoon onder zijn toezicht, volgens de EKH-Werkvoorschriften.

The undersigned certifies on behalf of his company, that above particulars are correct and that the described wire rope or complete gear are according to the regulations of the EG Machinery Directive 2006/42/EG, appendix II-A. The assembling, examination and test was carried out under his supervision by a competent person, according to the EKH-Code of practice.



## Roodenberg Staalkabels BV

Zandvoortstraat 80, 1976 BN IJMUIDEN, Nederland  
Tel. 0255-534634 Fax 0255-530239

### CERTIFICAAT STAALKABELS

CERTIFICATE OF WIRE ROPES

Certificaat nummer: <i>Certificate number</i>	FKQU000	Staal kabel geleverd aan: <i>Wire rope supplied to</i>
Registratie merk en nummer: <i>Distinguishing mark and number</i>	FKQU	Show Theatre Equipment Trekwerk BV Pampuslaan 212 1382 JS WEESP
Opdrachtnummer: <i>Order number</i>	VR17-02925	
Orderreferentie: <i>Order reference</i>	43405S/EV	
Referentie klant: <i>Reference customer</i>		

Aantal / Omschrijving  
*Quantity / Description* : 13.000 meter(s) / 5mm 18x7 +SE vz LSR compacted

Afwerking van de kabelinden  
*Confectioning of rope ends* :

Overige gebruikte onderdelen samenstel  
*Other used parts of complete gear* :

Werklast in kg of T <i>Working load limit</i>	WLL : 0,00 ton		
Afmetingen <i>Dimensions</i>	Nominale kabelmiddellijn <i>Nominal wire rope diameter</i>	: 5,00	mm
	Lengte geleverde staalkabel <i>Length of supplied wire rope</i>	: 0,00	m
Constructie <i>Construction</i>	Aantal strengen x aantal draden + kernen <i>Number of strands x number of wires + cores</i>	: 18x7 rotating resistant Steel	
	Slagrichting en slagwijze <i>Direction and type of lay</i>	: Lang lay right	
	Voorgevormd <i>Preformed</i>	: Ja	
Materiaal <i>Material</i>	Treksterkteklasse <i>Tensile grade</i>	: 1960	N/mm2
	Afwerking draadoppervlak <i>Surface finishing of wires</i>	: Galvanized greased	
Sterkte <i>Strength</i>	Minimum breekkracht van de kabel in kN <i>Minimum breaking strength of wire rope</i>	BL : 16,07	kN
	Datum beproeving / Herkeuring aanbevolen <i>Date of test / Date of re-examination recommended</i>	: 06-09-2017 / 06-09-2018	
Toepassing <i>Application</i>	:		
Staal kabel vervaardigd volgens norm <i>Wire rope manufactured according standard</i>	: EN 12385		
Kenmerk/Fabrieks/Haspelnummer <i>Identification/Production number/Reel number</i>	: IR17-00769		
Naam en adres fabrikant <i>Name and address of manufacturer</i>	: 100		

Print datum <i>Print date</i>	Naam en adres leverancier <i>Name and address of supplier</i>	Gegevens betreffende levering <i>Notes of delivery</i>	Handtekening deskundige <i>Signature of competent person</i>
06-09-2017	Roodenberg Staalkabels BV Zandvoortstraat 80 1976 BN IJMUIDEN	New delivery	

Ondertekende verklaart namens zijn firma, dat bovenstaande gegevens juist zijn en dat de omschreven staalkabel of het staalkabel samenstel overeenkomen met de bepalingen van de EG Machine Richtlijn 2006/42/EG, bijlage II-A. Het samenstellen, het onderzoek en de beproeving is uitgevoerd door een bevoegd persoon onder zijn toezicht, volgens de EKH-Werkvoorschriften.

*The undersigned certifies on behalf of his company, that above particulars are correct and that the described wire rope or complete gear are according to the regulations of the EG Machinery Directive 2006/42/EG, appendix II-A. The assembling, examination and test was carried out under his supervision by a competent person, according to the EKH-Code of practice.*

Document : 2141A Rev. : 001 Rev.datum : 22-4-2006

© GNB BV

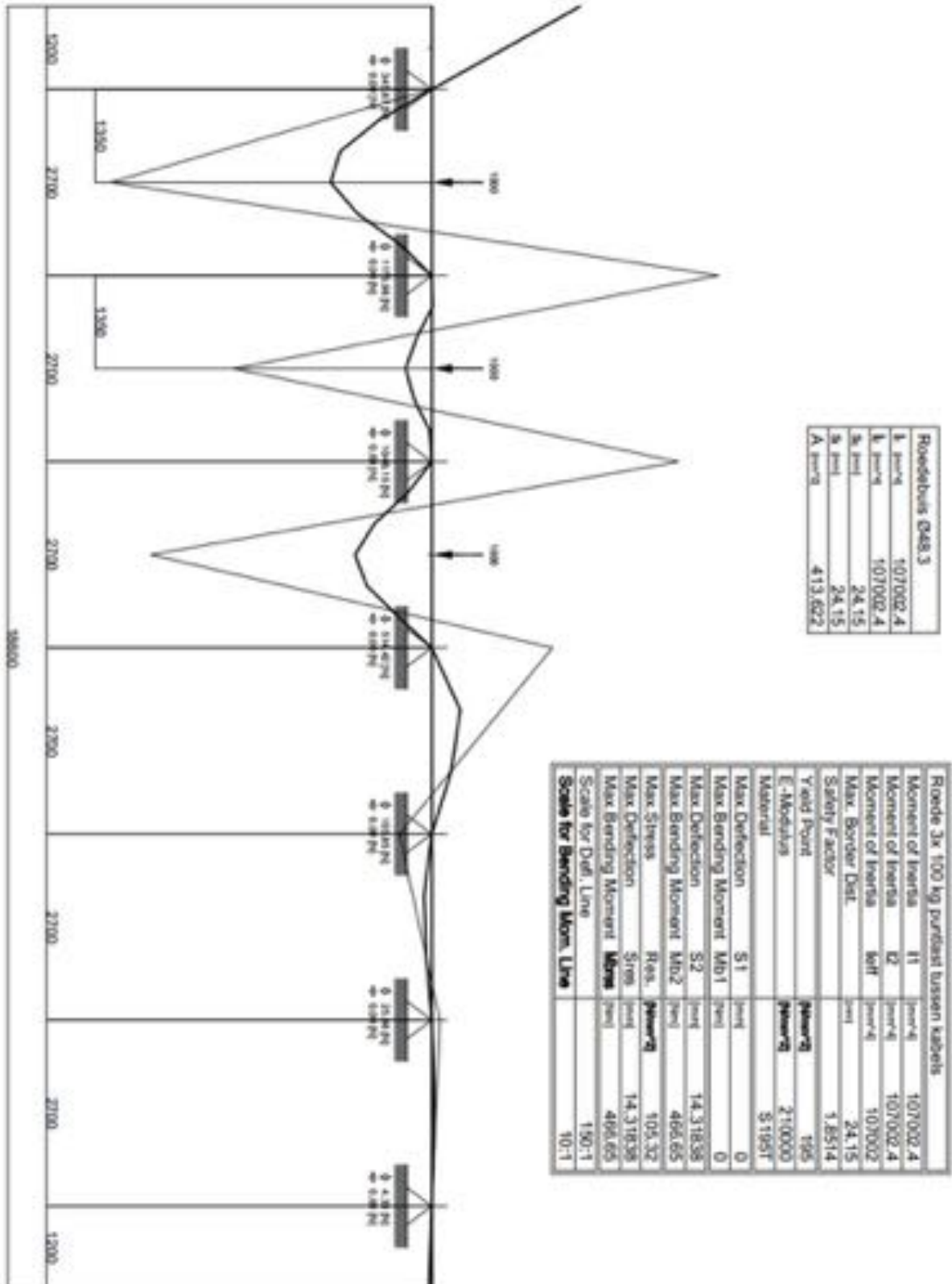
© 2004 EKH'Sdu - nadruk verboden

702001

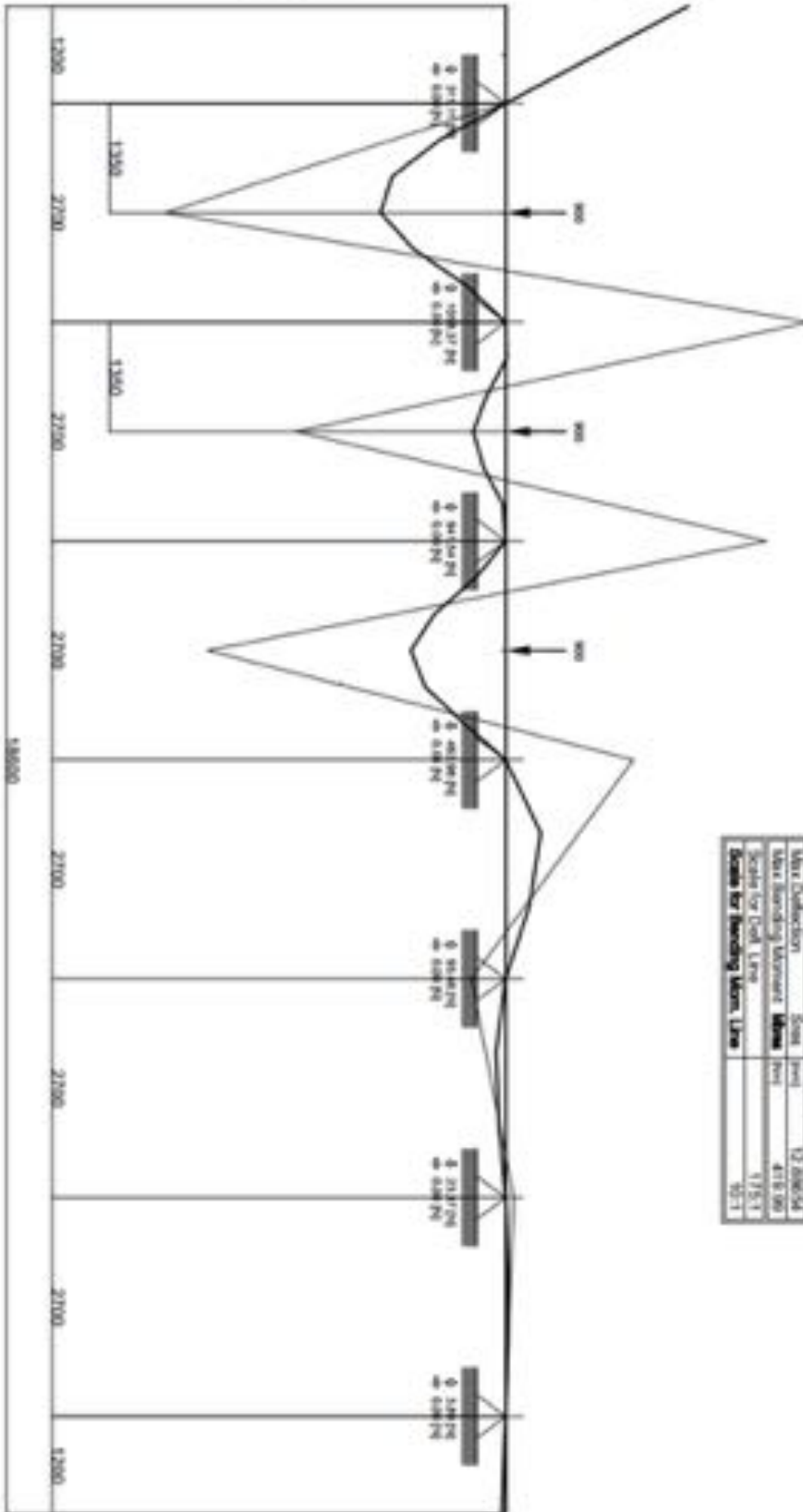
## Bijlage G: Berekeningen roede en truss

### Bijlage G1: Berekening roede decortrek

#### Situatie 1: 3x 100 [kg] puntlast tussen ohangpunten



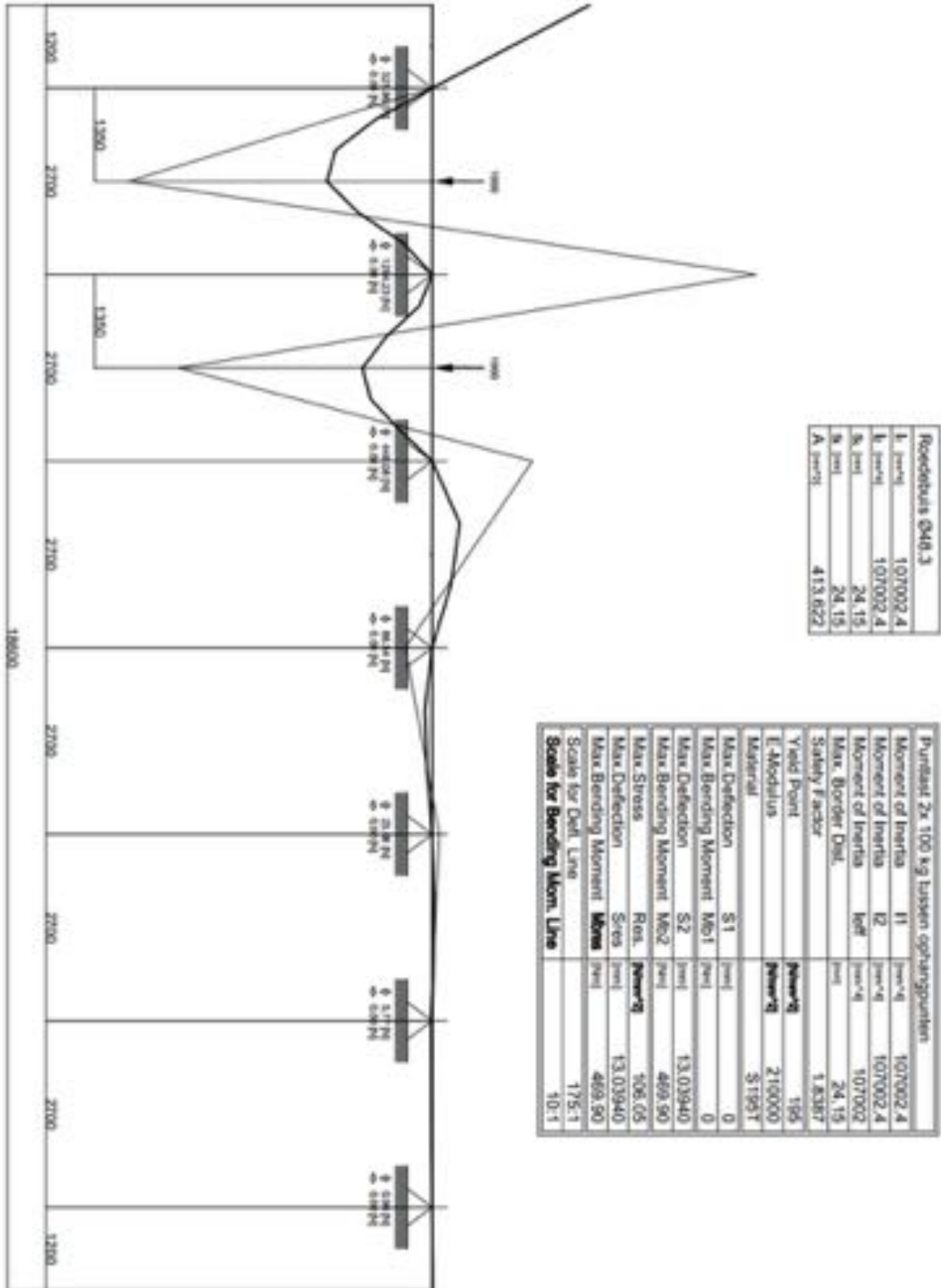
### Situatie 2: 3x 90 [kg] puntlast tussen ophangpunten



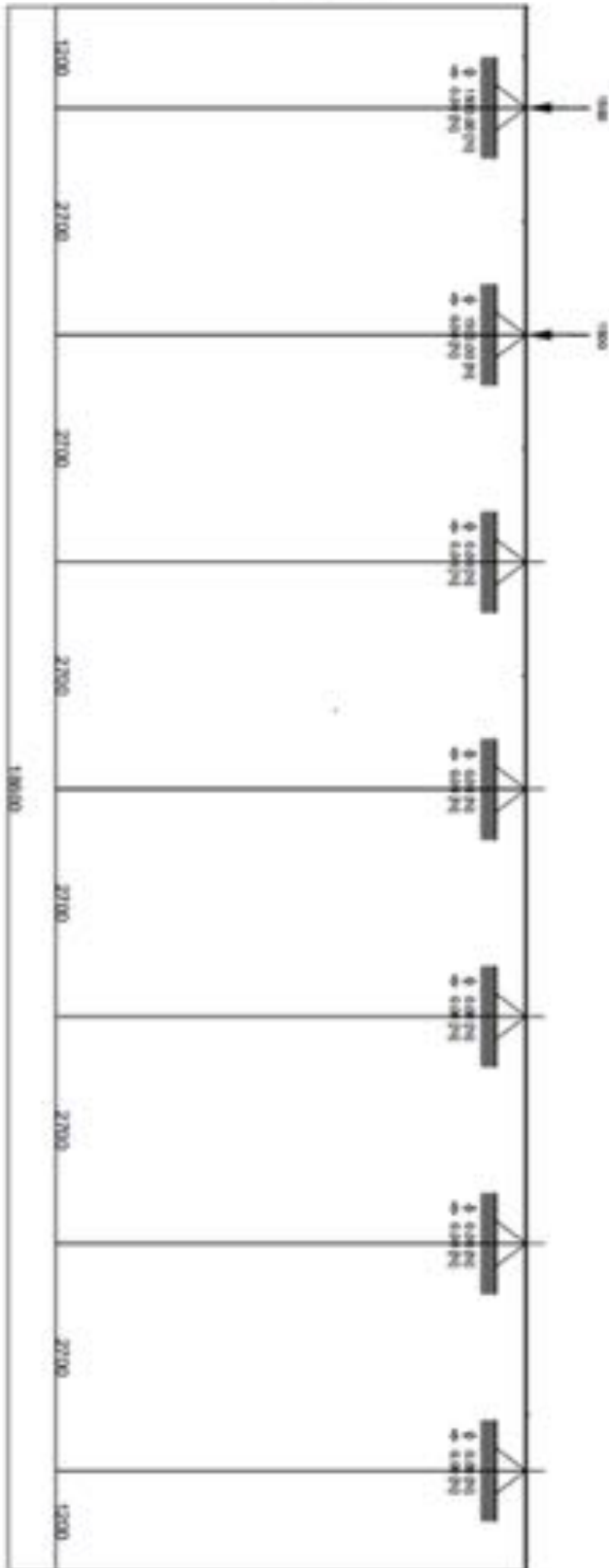
Breedtebus 048.3	
B. I-profiel	107002.4
B. I-profiel	107002.4
B. I-profiel	24.15
B. I-profiel	24.15
A. I-profiel	413.622

Puntlast 3x 90 kg tussen ophangpunten	
Moment of inertia	15
Moment of inertia	12
Moment of inertia	107002.4
Moment of inertia	107002.4
Moment of inertia	24.15
Moment of inertia	24.15
Moment of inertia	2.0572
Moment of inertia	1.88
Moment of inertia	2.0000
Moment of inertia	5.1957
Moment of inertia	5.1
Moment of inertia	0
Moment of inertia	0
Moment of inertia	12.89624
Moment of inertia	413.96
Moment of inertia	64.7907
Moment of inertia	12.89624
Moment of inertia	413.96
Moment of inertia	17.57
Moment of inertia	10.7

### Situatie 3: 2x 100 [kg] puntlast tussen ophangpunten



**Situatie 4: 2x 150 [kg] puntlast tussen ophangpunten**



Roedibus Q48.3	
B. Ixxx	107002.4
B. Iyy	107002.4
B. Izz	24.15
A. Ixxx	24.15
A. Iyy	24.15
A. Izz	413.622

Puntlast 2x150 kg onder de ophangpunten	
Moment of Inertia I1	107002.4
Moment of Inertia I2	107002.4
Moment of Inertia Izz	107002.4
Max. Bander Dist.	24.15
Safety factor	Save
Yield Point	195
E-Modulus	210000
Material	S195T
Max Deflection	S1
Max Bending Moment Mb1	0
Max Deflection	S2
Max Bending Moment Mb2	0
Max Sloops	flank. <b>Power2</b>
Max Deflection	Stress
Max Bending Moment	Mbms
Scale for Defl. Line	1:1
Scale for Bending Mom. Line	1:1



## Handberekening bij situatie 4:

De verticale puntlast wordt direct door de koker overgebracht naar de kabel, wat betekent dat de last van 150 kg op het oppervlakte van de koker gezet dient te worden. De massa van de roede wordt geschat op 70 kg (gekeken naar het gewicht van de buis  $\varnothing 48,3$  mm en hierbij 10 kg gevoegd voor de ophangpunten etc.). Het betreft een koker 25x15x1,5 (informatie gehaald uit Stakebrand tekening).

$$A = (25 - 15) \cdot (22 - 12) = 111 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{((150 + \left(\frac{70}{7}\right)) \cdot 9,81 \cdot 1,1)}{111} = 15,6 \text{ [MPa]}$$

Waarin: F = kracht bij normaal bedrijf tijdens versnellen  
A = Oppervlakte koker

De materiaalsoort van de koker is gesteld op S235J2.

Maximale optredende spanning = 15,6 [MPa].

Veiligheidsfactor =  $235/15,6 = 15,1$  [-].

De koker voldoet aan de norm bij de opgegeven belasting.

## Bijlage G2: Berekening truss spanttrek

### Calculation truss spanttrek

Analyzed File:	TWI-9277-031-014.iam
Version:	2018.3 (Build 223284000, 284)
Creation Date:	22-5-2018, 14:45
Simulation Author:	MP
Summary:	<p>Trussen van spanttrekken, berekend adhv. 2 simulaties.</p> <p>Simulatie 1: 3x150 [kg] + 1x50 [kg] puntlast onder ohangpunten, met versnellingsfactor 1,1.</p> <p>Simulatie 2: 5x100 [kg] puntlast tussen ohangpunten, met versnellingsfactor 1,1.</p>

### Project Info (iProperties)

#### Summary

Company	Trekwerk bv
---------	-------------

#### Project

Part Number	TWI-9277-031-014
Revision Number	-

#### Physical

Mass	141,37 kg
Area	118768,31 mm <sup>2</sup>
Volume	18009,33 mm <sup>3</sup>
Center of Gravity	x=-2990,64 mm y=-0,00 mm z=2,08 mm

## 3x 150 [kg] + 1x 50 [kg] puntlast onder ophangpunt

### General objective and settings:

Simulation Type	Static Analysis
Last Modification Date	22-5-2018, 14:33

### Material(s)

Name	S195T	
General	Mass Density	7,85 g/cm <sup>3</sup>
	Yield Strength	195,00 MPa
	Ultimate Tensile Strength	320,00 MPa
Stress	Young's Modulus	210,00 GPa
	Poisson's Ratio	0,29 ul
Part Name(s)	TWI-9277-031-010.ipt TWI-9277-031-008.ipt	

Name	S235JRH	
General	Mass Density	7,85 g/cm <sup>3</sup>
	Yield Strength	225,00 MPa
	Ultimate Tensile Strength	340,00 MPa
Stress	Young's Modulus	210,00 GPa
	Poisson's Ratio	0,29 ul
Part Name(s)	TWI-9277-031-006.ipt	

Name	S235JR	
General	Mass Density	7,85 g/cm <sup>3</sup>
	Yield Strength	235,00 MPa
	Ultimate Tensile Strength	340,00 MPa
Stress	Young's Modulus	210,00 GPa
	Poisson's Ratio	0,30 ul
Part Name(s)	TWI-9277-031-011.ipt	

### Cross Section(s)

Geometry Properties	Section Area (A)	413,62 mm <sup>2</sup>
	Section Width	48,30 mm
	Section Height	48,30 mm
	Section Centroid (x)	24,15 mm
	Section Centroid (y)	24,15 mm
Mechanical Properties	Moment of Inertia (I <sub>x</sub> )	107002,48 mm <sup>4</sup>
	Moment of Inertia (I <sub>y</sub> )	107002,48 mm <sup>4</sup>
	Torsional Rigidity Modulus (J)	214004,97 mm <sup>4</sup>
	Section Modulus (W <sub>x</sub> )	4430,74 mm <sup>3</sup>
	Section Modulus (W <sub>y</sub> )	4430,74 mm <sup>3</sup>
	Torsional Section Modulus (W <sub>z</sub> )	8861,49 mm <sup>3</sup>



	Reduced Shear Area ( $A_x$ )	207,37 mm <sup>2</sup>
	Reduced Shear Area ( $A_y$ )	207,37 mm <sup>2</sup>
Part Name(s)	TWI-9277-031-010.ipt TWI-9277-031-008.ipt	

Geometry Properties	Section Area (A)	213,70 mm <sup>2</sup>
	Section Width	30,00 mm
	Section Height	30,00 mm
	Section Centroid (x)	15,00 mm
	Section Centroid (y)	15,00 mm
Mechanical Properties	Moment of Inertia ( $I_x$ )	27219,42 mm <sup>4</sup>
	Moment of Inertia ( $I_y$ )	27219,42 mm <sup>4</sup>
	Torsional Rigidity Modulus (J)	42175,60 mm <sup>4</sup>
	Section Modulus ( $W_x$ )	1814,63 mm <sup>3</sup>
	Section Modulus ( $W_y$ )	1814,63 mm <sup>3</sup>
	Torsional Section Modulus ( $W_z$ )	0,00 mm <sup>3</sup>
	Reduced Shear Area ( $A_x$ )	98,74 mm <sup>2</sup>
Reduced Shear Area ( $A_y$ )	98,74 mm <sup>2</sup>	
Part Name(s)	TWI-9277-031-006.ipt	

Geometry Properties	Section Area (A)	120,00 mm <sup>2</sup>
	Section Width	4,00 mm
	Section Height	30,00 mm
	Section Centroid (x)	2,00 mm
	Section Centroid (y)	15,00 mm
Mechanical Properties	Moment of Inertia ( $I_x$ )	9000,00 mm <sup>4</sup>
	Moment of Inertia ( $I_y$ )	160,00 mm <sup>4</sup>
	Torsional Rigidity Modulus (J)	586,06 mm <sup>4</sup>
	Section Modulus ( $W_x$ )	600,00 mm <sup>3</sup>
	Section Modulus ( $W_y$ )	80,00 mm <sup>3</sup>
	Torsional Section Modulus ( $W_z$ )	146,52 mm <sup>3</sup>
	Reduced Shear Area ( $A_x$ )	80,00 mm <sup>2</sup>
Reduced Shear Area ( $A_y$ )	80,00 mm <sup>2</sup>	
Part Name(s)	TWI-9277-031-011.ipt	

## Operating conditions

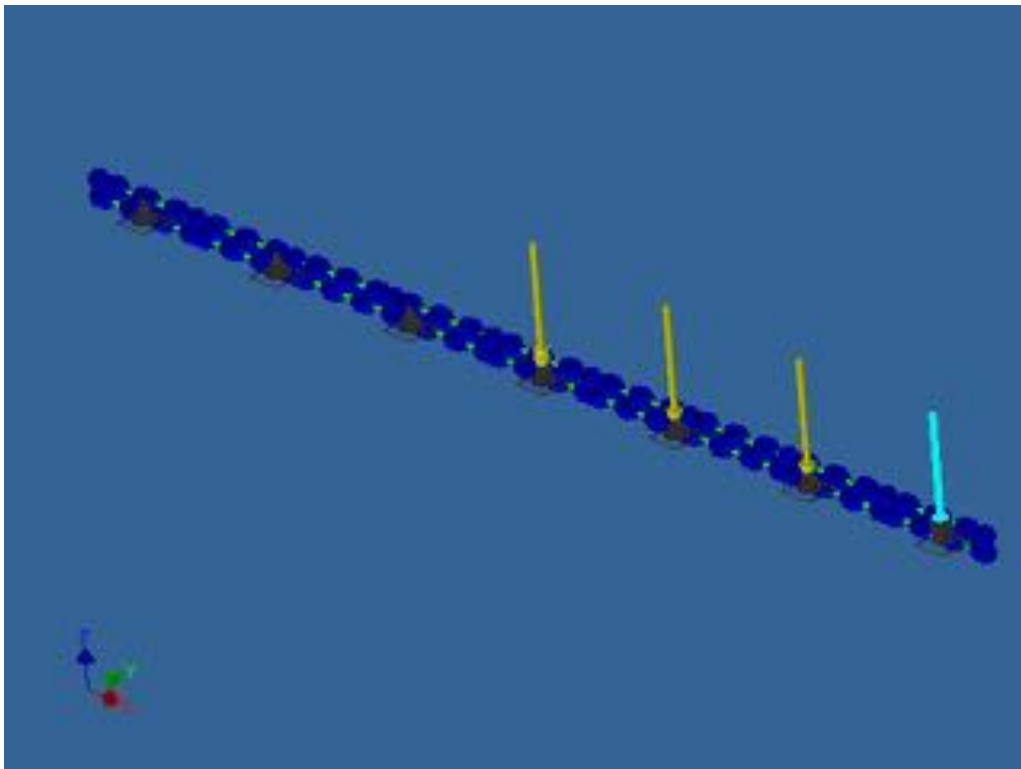
### *Gravity*

Load Type	Gravity
Magnitude	9810,00 mm/s <sup>2</sup>
Direction	Z-

### *Force:1*

Load Type	Force
Magnitude	1618,65 N
Beam Coordinate System	No
Angle of Plane	0,0 deg
Angle in Plane	180,0 deg
Fx	0,00 N
Fy	0,00 N
Fz	-1618,65 N

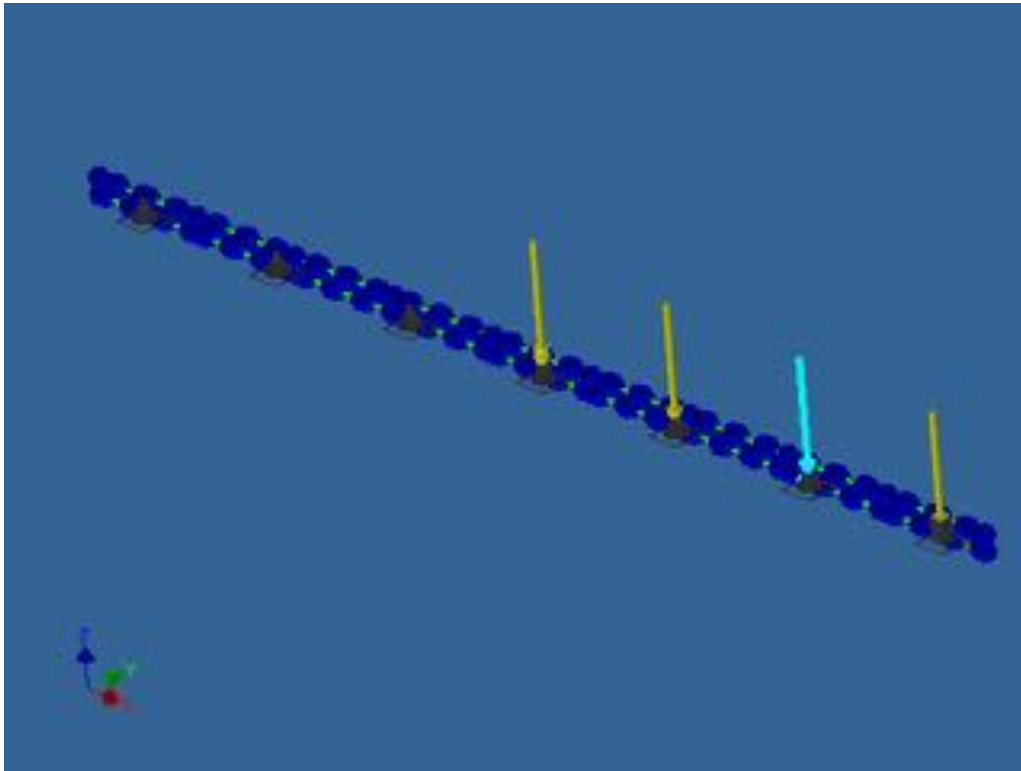
Selected Reference(s)



*Force:2*

Load Type	Force
Magnitude	1618,65 N
Beam Coordinate System	No
Angle of Plane	0,0 deg
Angle in Plane	180,0 deg
Fx	0,00 N
Fy	-0,00 N
Fz	-1618,65 N

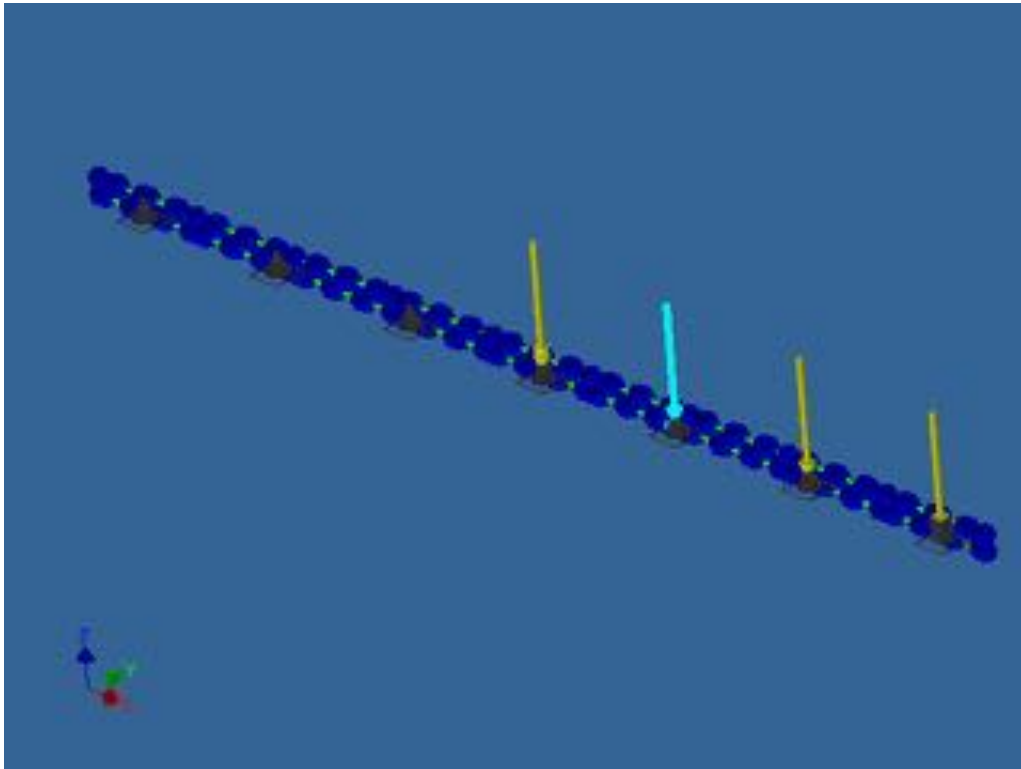
Selected Reference(s)



*Force:3*

Load Type	Force
Magnitude	1618,65 N
Beam Coordinate System	No
Angle of Plane	0,0 deg
Angle in Plane	180,0 deg
Fx	0,00 N
Fy	-0,00 N
Fz	-1618,65 N

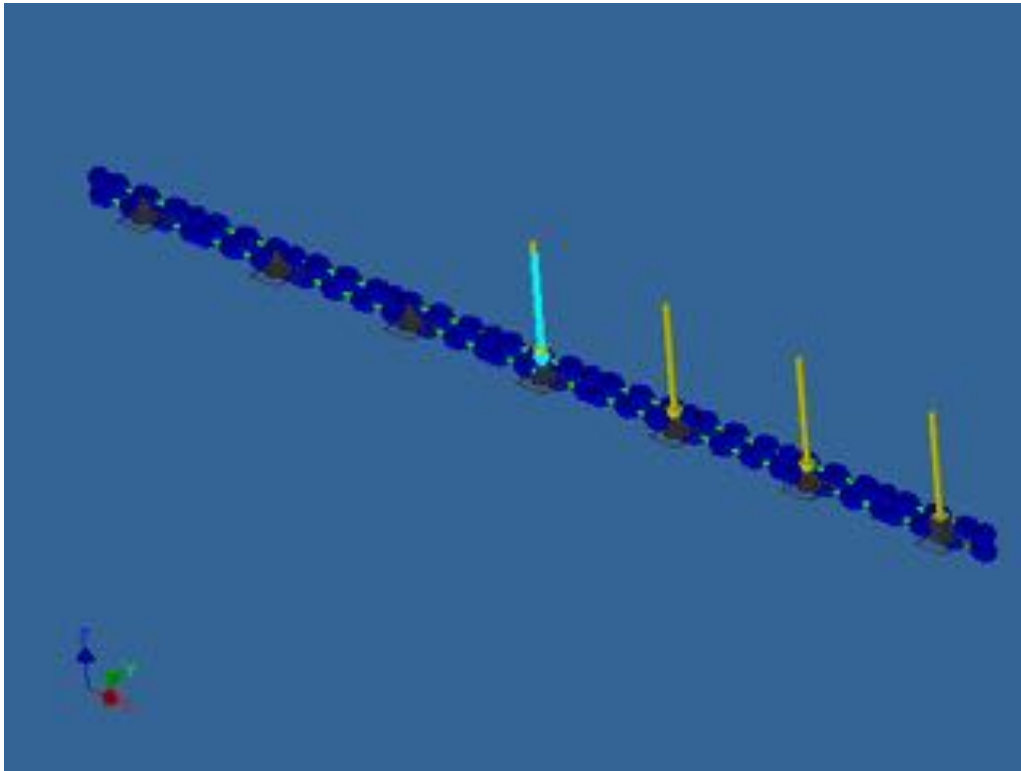
Selected Reference(s)



*Force:4*

Load Type	Force
Magnitude	539,55 N
Beam Coordinate System	No
Angle of Plane	0,0 deg
Angle in Plane	180,0 deg
Fx	0,00 N
Fy	0,00 N
Fz	-539,55 N

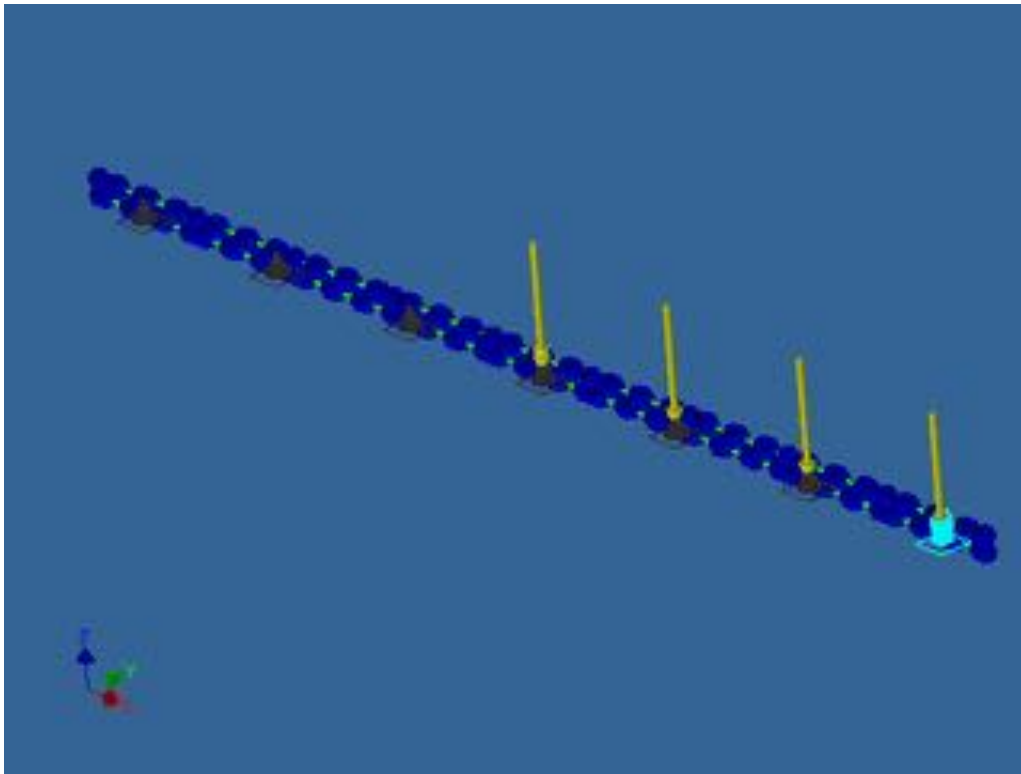
Selected Reference(s)



*Fixed Constraint:1*

Constraint Type Fixed

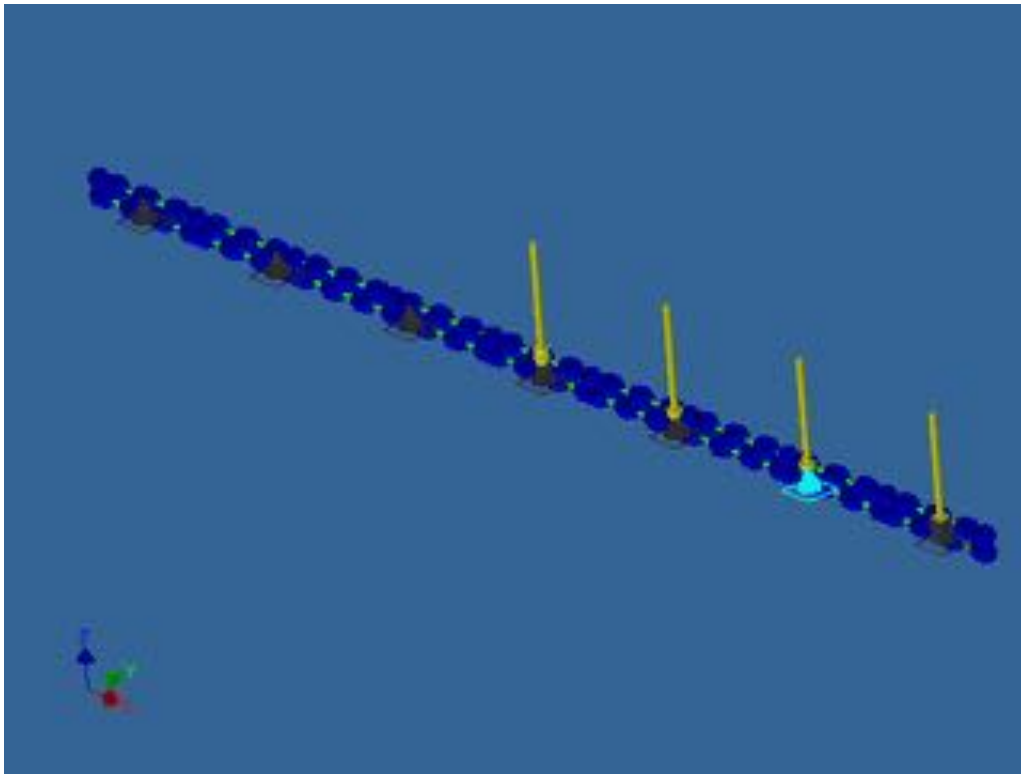
Selected Reference(s)



*Pinned Constraint:1*

Constraint Type Pinned

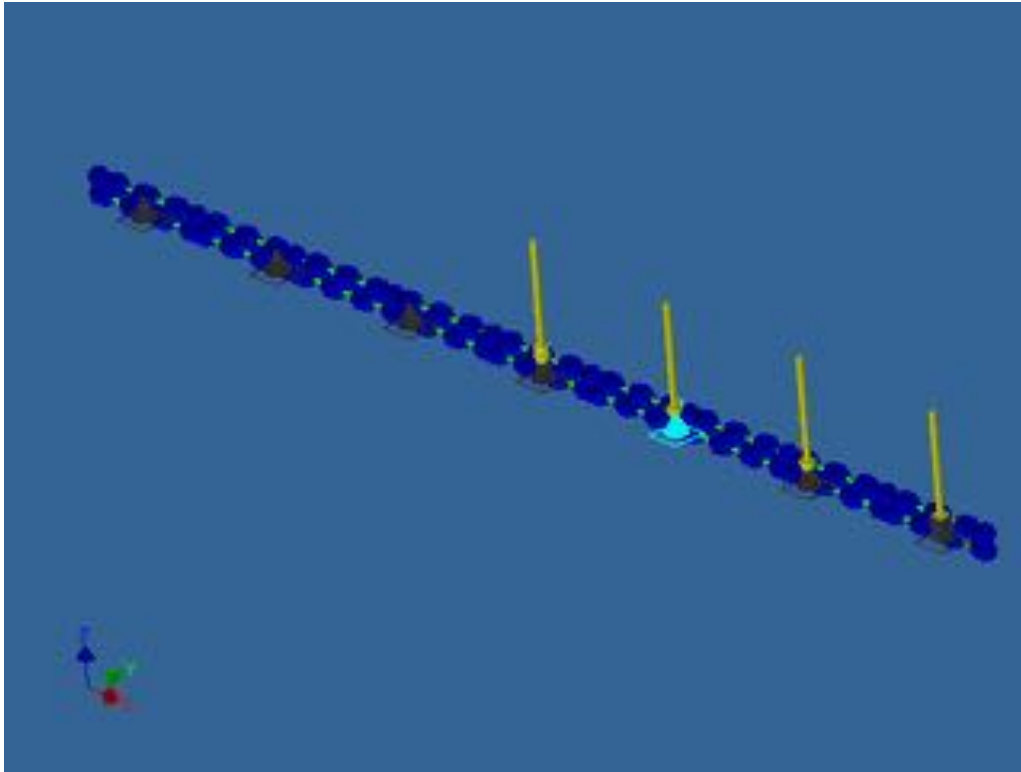
Selected Reference(s)



*Pinned Constraint:2*

Constraint Type Pinned

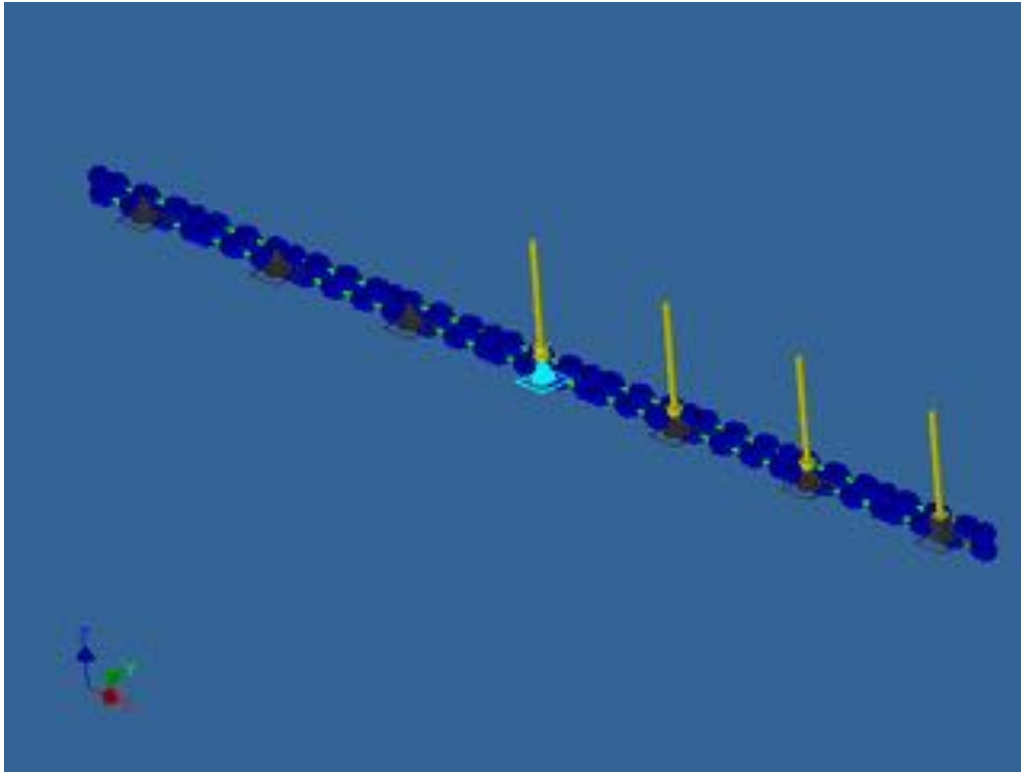
Selected Reference(s)



*Pinned Constraint:3*

Constraint Type Pinned

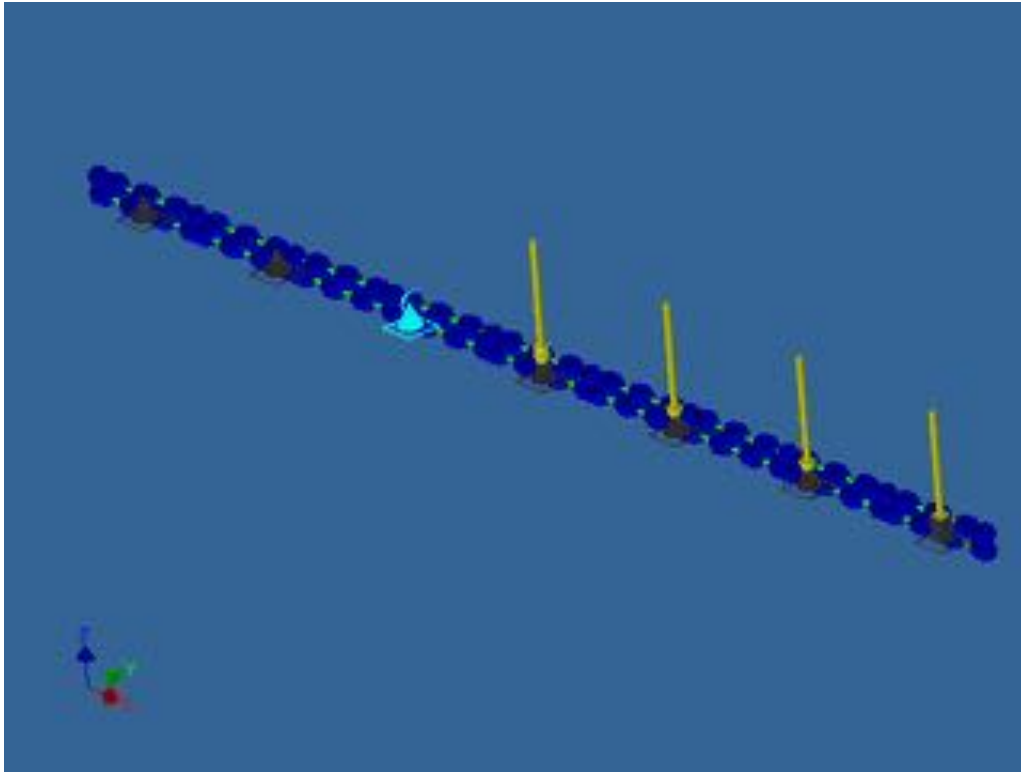
Selected Reference(s)



*Pinned Constraint:4*

Constraint Type Pinned

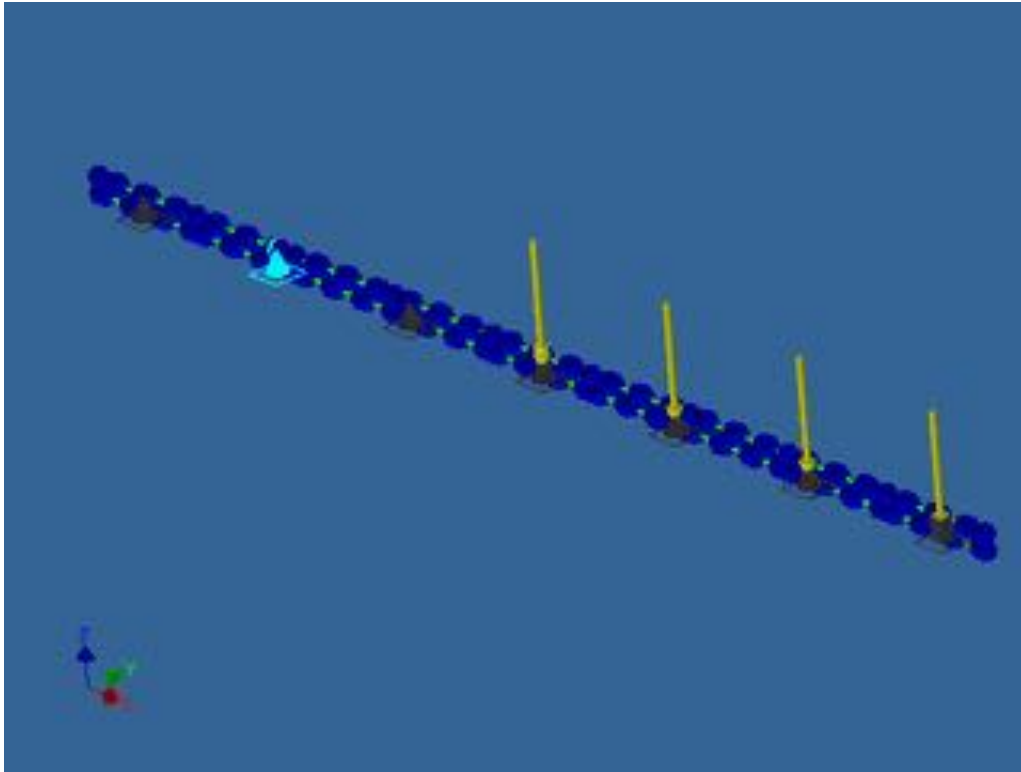
Selected Reference(s)



*Pinned Constraint:5*

Constraint Type Pinned

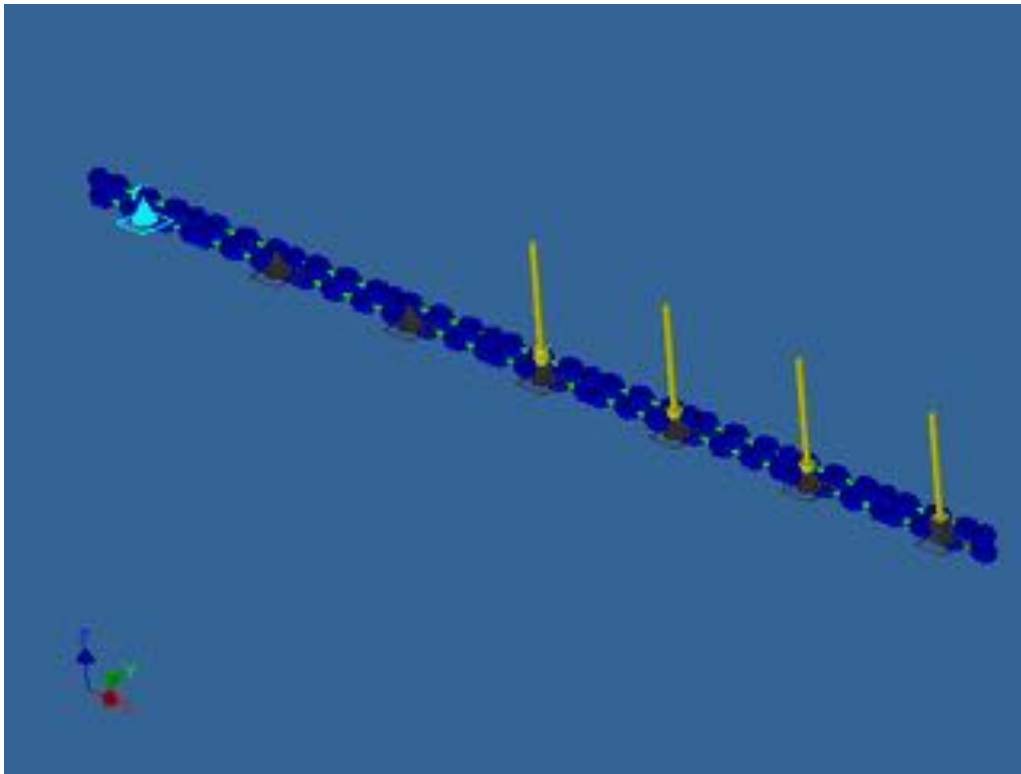
Selected Reference(s)



*Pinned Constraint:6*

Constraint Type Pinned

Selected Reference(s)



## Results

### *Reaction Force and Moment on Constraints*

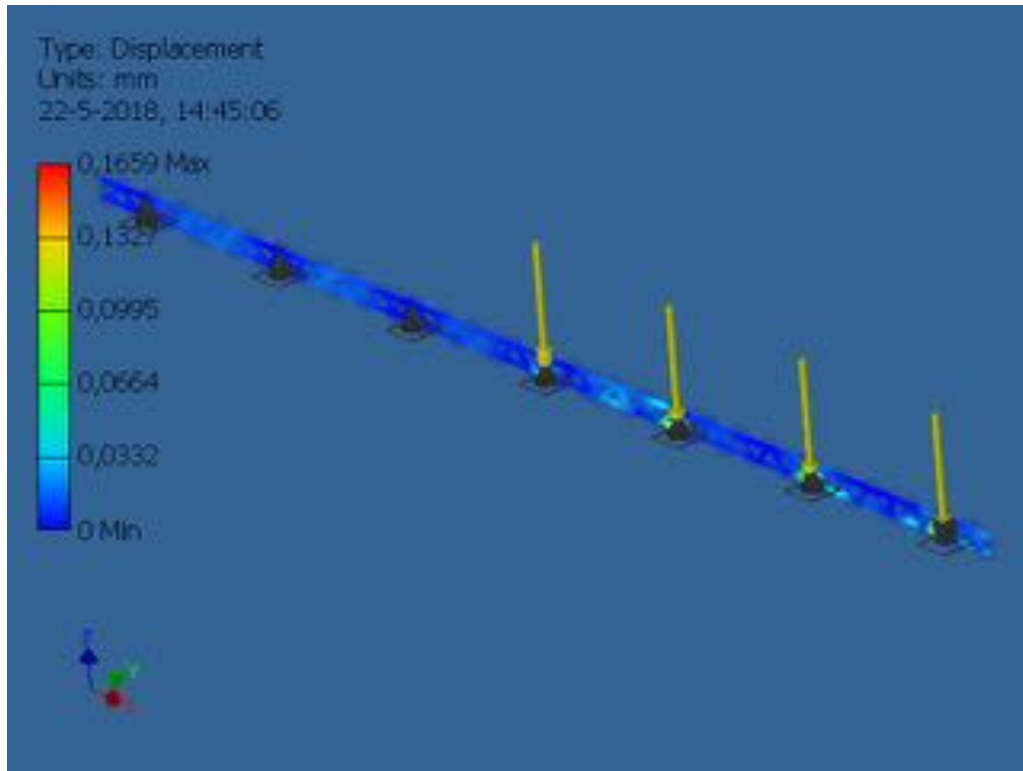
Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Components (Fx,Fy,Fz)	Magnitude	Components (Mx,My,Mz)
Pinned Constraint:6	166,15 N	-48,05 N	0,00 N mm	0,00 N mm
		-0,00 N		-0,00 N mm
		159,06 N		0,00 N mm
Pinned Constraint:5	202,56 N	51,12 N	0,00 N mm	0,00 N mm
		0,00 N		0,00 N mm
		196,00 N		-0,00 N mm
Pinned Constraint:4	204,73 N	-4,20 N	0,00 N mm	-0,00 N mm
		-0,00 N		-0,00 N mm
		204,69 N		-0,00 N mm
Pinned Constraint:3	756,70 N	-118,62 N	0,00 N mm	-0,00 N mm
		0,00 N		0,00 N mm
		747,34 N		0,00 N mm
Pinned Constraint:2	1784,10 N	31,61 N	0,00 N mm	-0,00 N mm
		0,00 N		0,00 N mm
		1783,82 N		-0,00 N mm
Pinned Constraint:1	1830,25 N	218,53 N	0,00 N mm	-0,00 N mm
		0,00 N		0,00 N mm
		1817,15 N		0,00 N mm
Fixed Constraint:1	1800,29 N	-130,40 N	100850,27 N mm	0,00 N mm
		0,00 N		100850,27 N mm
		1795,56 N		-0,00 N mm

### Static Result Summary

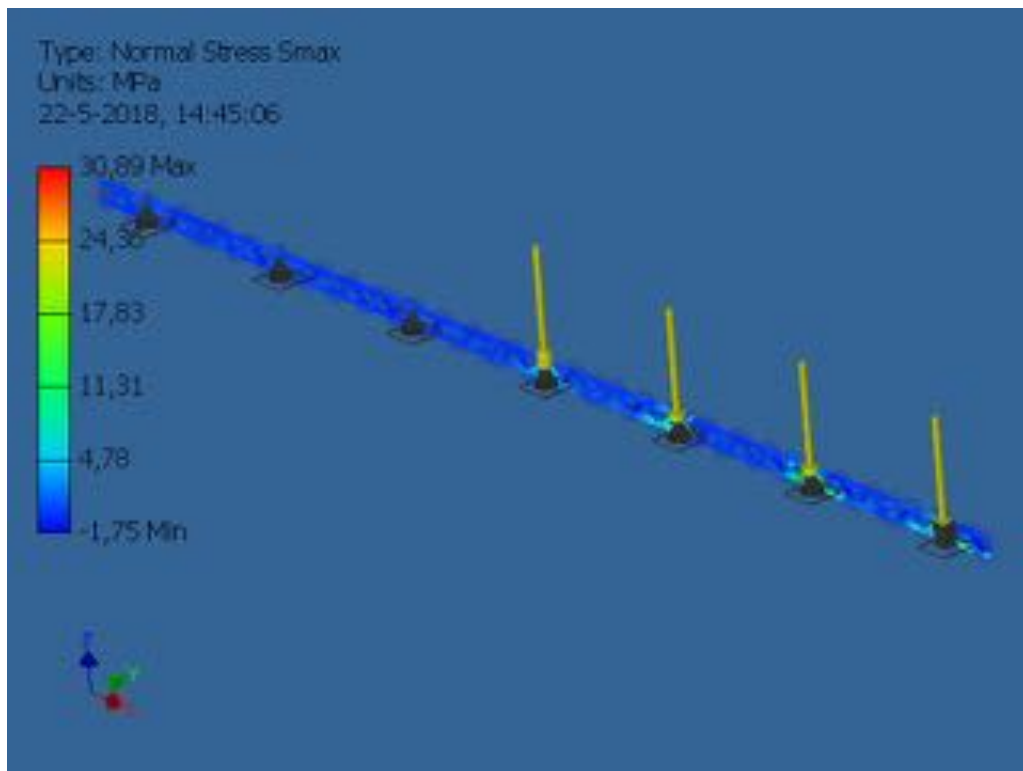
Name		Minimum	Maximum
Displacement		0,00 mm	0,17 mm
Forces	Fx	-70,88 N	200,63 N
	Fy	-929,70 N	1082,95 N
	Fz	-1510,95 N	856,66 N
Moments	Mx	-125874,99 N mm	145543,52 N mm
	My	-15714,48 N mm	25013,40 N mm
	Mz	-0,00 N mm	0,00 N mm
Normal Stresses	Smax	-1,75 MPa	30,89 MPa
	Smin	-34,81 MPa	12,52 MPa
	Smax(Mx)	-0,00 MPa	32,85 MPa
	Smin(Mx)	-32,85 MPa	0,00 MPa
	Smax(My)	-0,00 MPa	13,78 MPa
	Smin(My)	-13,78 MPa	0,00 MPa
	Saxial	-2,07 MPa	12,59 MPa
Shear Stresses	Tx	-2,03 MPa	0,72 MPa
	Ty	-5,22 MPa	4,48 MPa
Torsional Stresses	T	-0,00 MPa	0,00 MPa

*Figures*

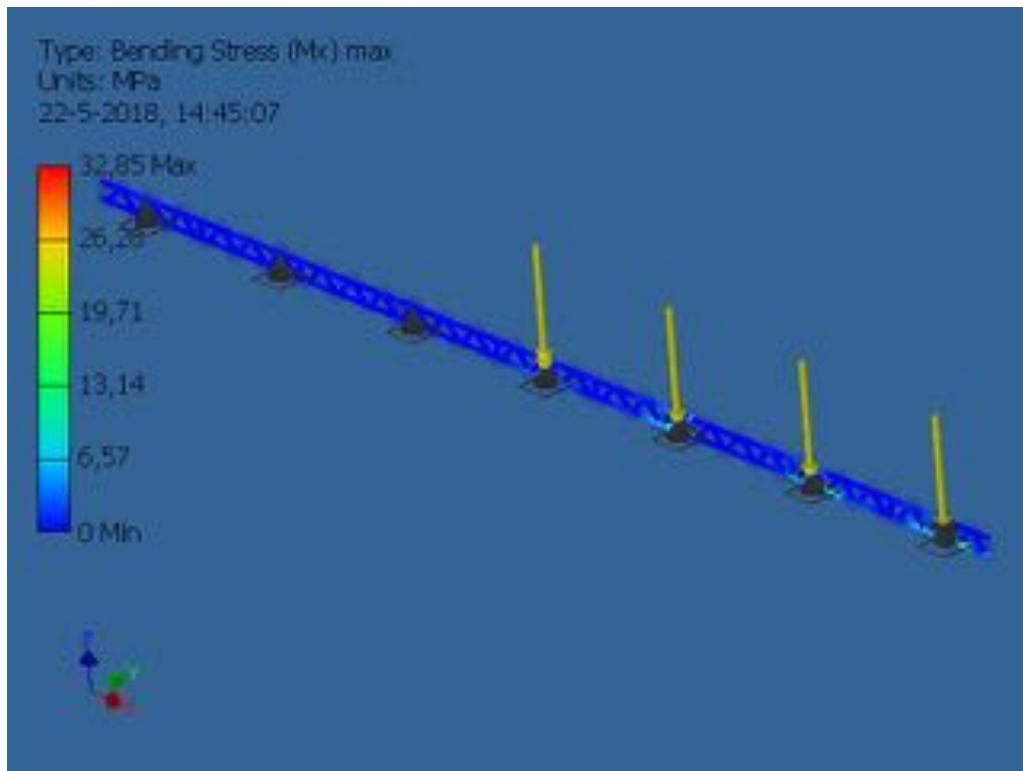
Displacement



Smax



Smax(Mx)





## 5x 100 [kg] tussen ophangpunt:1

### General objective and settings:

Simulation Type	Static Analysis
Last Modification Date	22-5-2018, 14:35

### Material(s)

Name	S195T	
General	Mass Density	7,85 g/cm <sup>3</sup>
	Yield Strength	195,00 MPa
	Ultimate Tensile Strength	320,00 MPa
Stress	Young's Modulus	210,00 GPa
	Poisson's Ratio	0,29 ul
Part Name(s)	TWI-9277-031-010.ipt TWI-9277-031-008.ipt	

Name	S235JRH	
General	Mass Density	7,85 g/cm <sup>3</sup>
	Yield Strength	225,00 MPa
	Ultimate Tensile Strength	340,00 MPa
Stress	Young's Modulus	210,00 GPa
	Poisson's Ratio	0,29 ul
Part Name(s)	TWI-9277-031-006.ipt	

Name	S235JR	
General	Mass Density	7,85 g/cm <sup>3</sup>
	Yield Strength	235,00 MPa
	Ultimate Tensile Strength	340,00 MPa
Stress	Young's Modulus	210,00 GPa
	Poisson's Ratio	0,30 ul
Part Name(s)	TWI-9277-031-011.ipt	

### Cross Section(s)

Geometry Properties	Section Area (A)	413,62 mm <sup>2</sup>
	Section Width	48,30 mm
	Section Height	48,30 mm
	Section Centroid (x)	24,15 mm
	Section Centroid (y)	24,15 mm
Mechanical Properties	Moment of Inertia (I <sub>x</sub> )	107002,48 mm <sup>4</sup>
	Moment of Inertia (I <sub>y</sub> )	107002,48 mm <sup>4</sup>
	Torsional Rigidity Modulus (J)	214004,97 mm <sup>4</sup>
	Section Modulus (W <sub>x</sub> )	4430,74 mm <sup>3</sup>
	Section Modulus (W <sub>y</sub> )	4430,74 mm <sup>3</sup>
	Torsional Section Modulus (W <sub>z</sub> )	8861,49 mm <sup>3</sup>
	Reduced Shear Area (A <sub>x</sub> )	207,37 mm <sup>2</sup>



	Reduced Shear Area ( $A_y$ )	207,37 mm <sup>2</sup>
Part Name(s)	TWI-9277-031-010.ipt TWI-9277-031-008.ipt	

Geometry Properties	Section Area (A)	213,70 mm <sup>2</sup>
	Section Width	30,00 mm
	Section Height	30,00 mm
	Section Centroid (x)	15,00 mm
	Section Centroid (y)	15,00 mm
Mechanical Properties	Moment of Inertia ( $I_x$ )	27219,42 mm <sup>4</sup>
	Moment of Inertia ( $I_y$ )	27219,42 mm <sup>4</sup>
	Torsional Rigidity Modulus (J)	42175,60 mm <sup>4</sup>
	Section Modulus ( $W_x$ )	1814,63 mm <sup>3</sup>
	Section Modulus ( $W_y$ )	1814,63 mm <sup>3</sup>
	Torsional Section Modulus ( $W_z$ )	0,00 mm <sup>3</sup>
	Reduced Shear Area ( $A_x$ )	98,74 mm <sup>2</sup>
	Reduced Shear Area ( $A_y$ )	98,74 mm <sup>2</sup>
Part Name(s)	TWI-9277-031-006.ipt	

Geometry Properties	Section Area (A)	120,00 mm <sup>2</sup>
	Section Width	4,00 mm
	Section Height	30,00 mm
	Section Centroid (x)	2,00 mm
	Section Centroid (y)	15,00 mm
Mechanical Properties	Moment of Inertia ( $I_x$ )	9000,00 mm <sup>4</sup>
	Moment of Inertia ( $I_y$ )	160,00 mm <sup>4</sup>
	Torsional Rigidity Modulus (J)	586,06 mm <sup>4</sup>
	Section Modulus ( $W_x$ )	600,00 mm <sup>3</sup>
	Section Modulus ( $W_y$ )	80,00 mm <sup>3</sup>
	Torsional Section Modulus ( $W_z$ )	146,52 mm <sup>3</sup>
	Reduced Shear Area ( $A_x$ )	80,00 mm <sup>2</sup>
	Reduced Shear Area ( $A_y$ )	80,00 mm <sup>2</sup>
Part Name(s)	TWI-9277-031-011.ipt	

**Operating conditions**

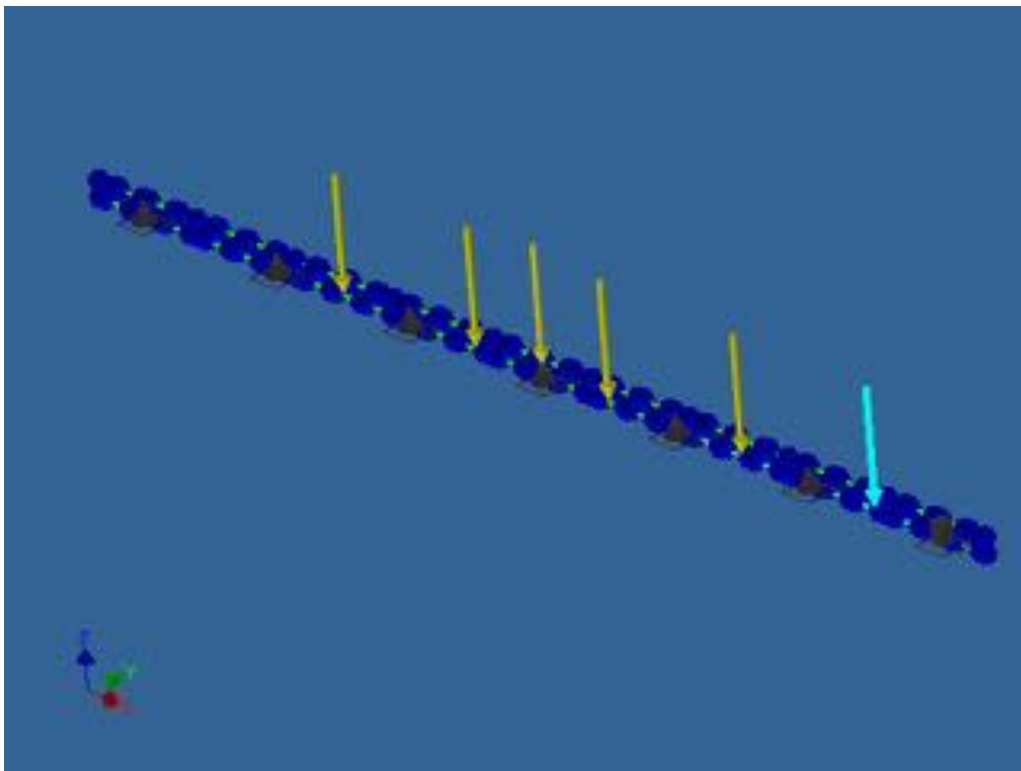
*Gravity*

Load Type	Gravity
Magnitude	9810,00 mm/s <sup>2</sup>
Direction	Z-

*Force:1*

Load Type	Force
Magnitude	1079,10 N
Beam Coordinate System	No
Angle of Plane	0,0 deg
Angle in Plane	180,0 deg
Fx	0,00 N
Fy	0,00 N
Fz	-1079,10 N
Offset	2250,00 mm

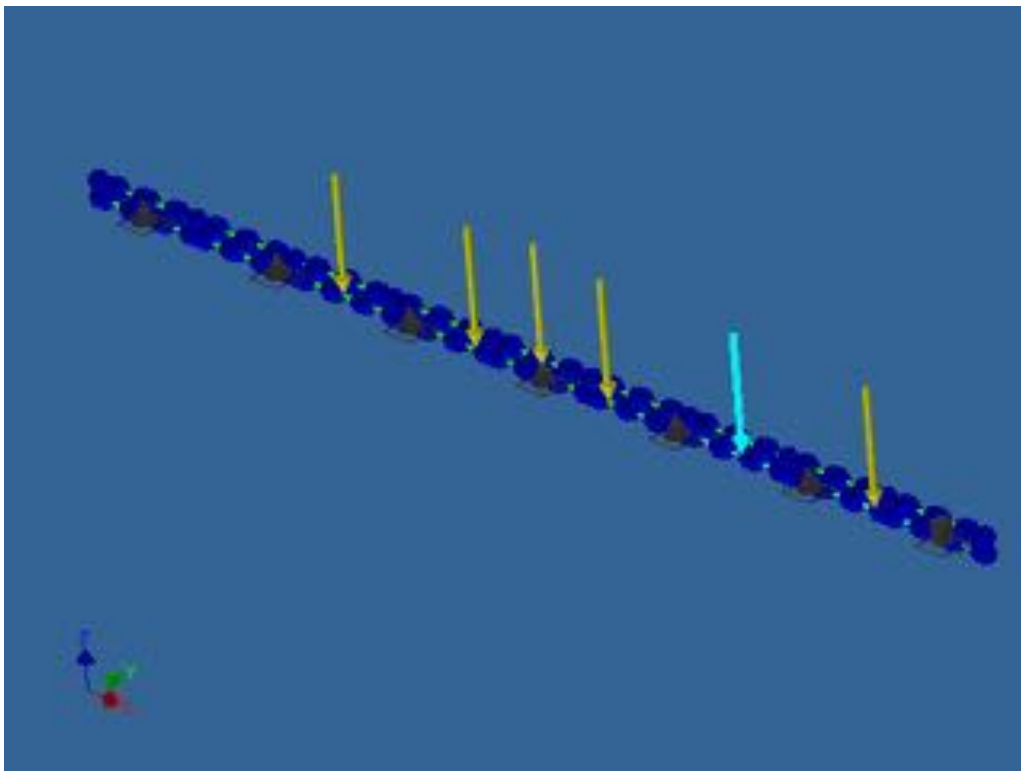
Selected Reference(s)



*Force:2*

Load Type	Force
Magnitude	1079,10 N
Beam Coordinate System	No
Angle of Plane	0,0 deg
Angle in Plane	180,0 deg
Fx	0,00 N
Fy	0,00 N
Fz	-1079,10 N
Offset	4950,00 mm

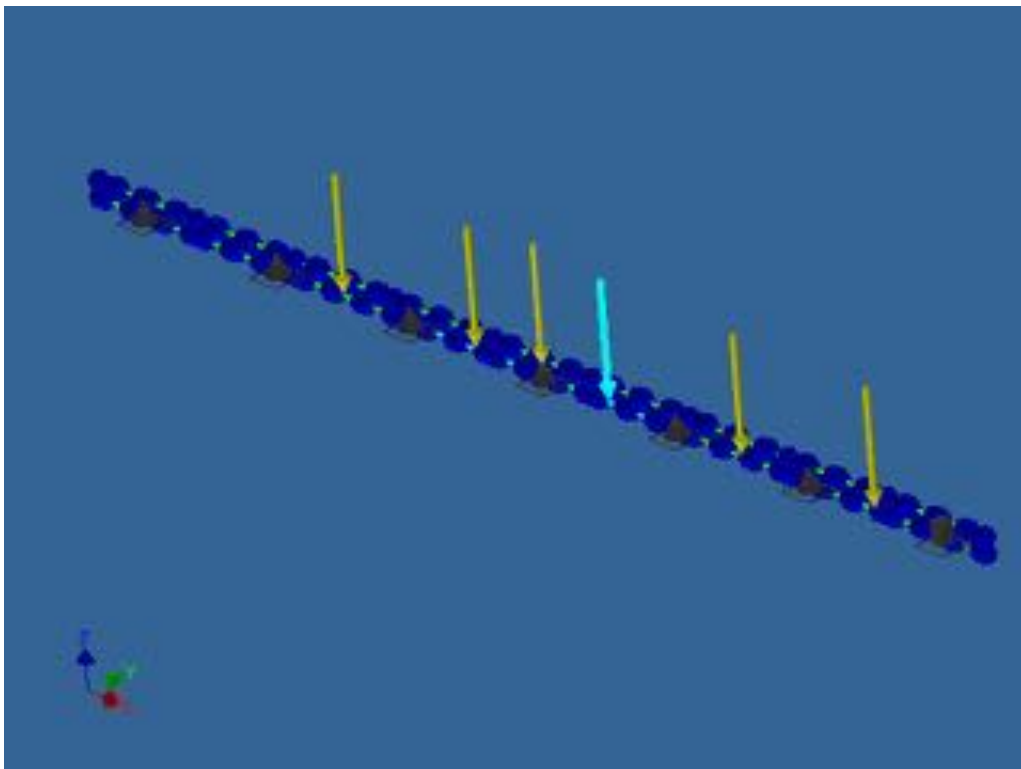
Selected Reference(s)



**Force:3**

Load Type	Force
Magnitude	1079,10 N
Beam Coordinate System	No
Angle of Plane	0,0 deg
Angle in Plane	180,0 deg
Fx	0,00 N
Fy	0,00 N
Fz	-1079,10 N
Offset	1650,00 mm

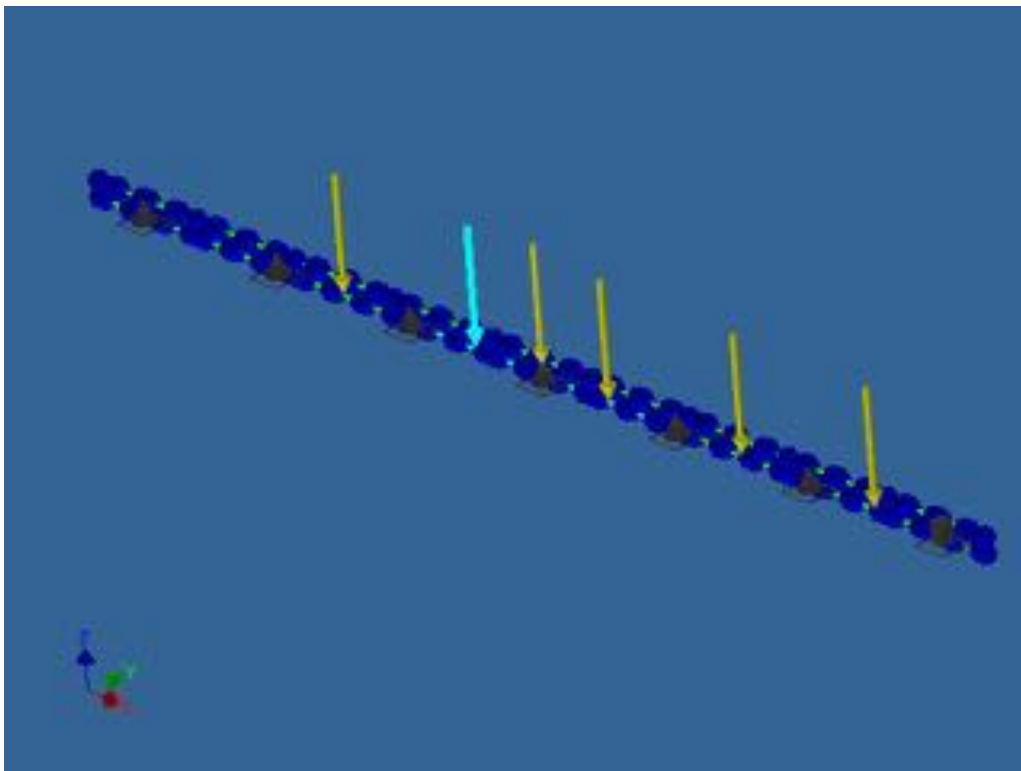
## Selected Reference(s)



## Force:4

Load Type	Force
Magnitude	1079,10 N
Beam Coordinate System	No
Angle of Plane	0,0 deg
Angle in Plane	180,0 deg
Fx	0,00 N
Fy	0,00 N
Fz	-1079,10 N
Offset	4350,00 mm

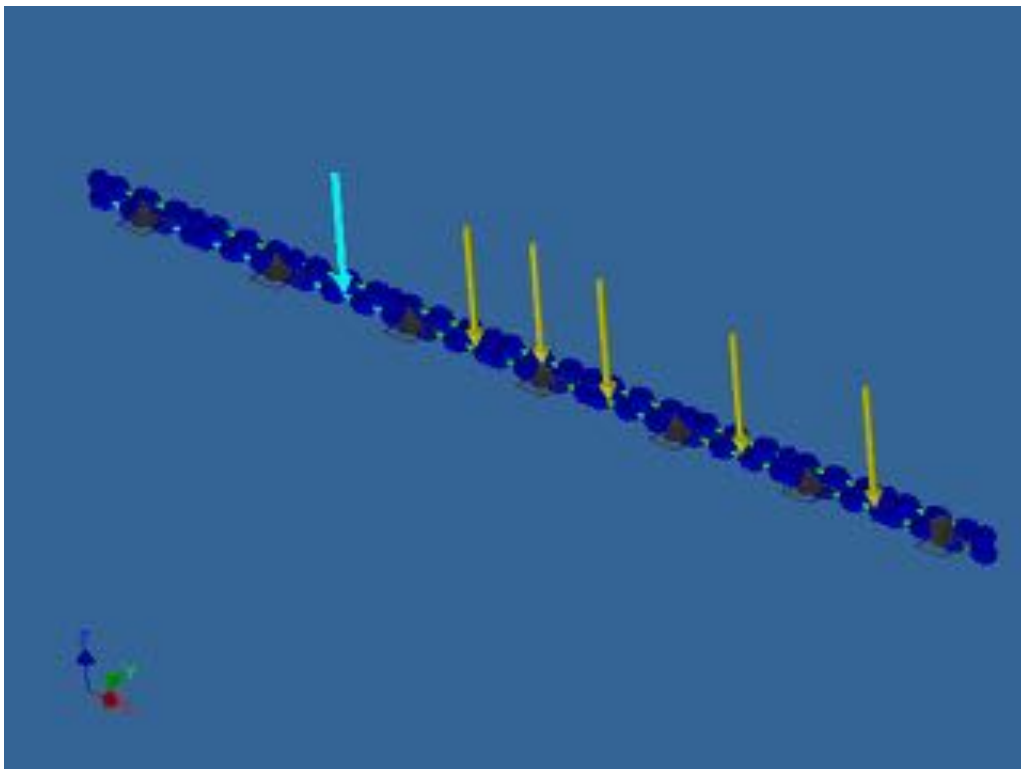
## Selected Reference(s)



**Force:5**

Load Type	Force
Magnitude	1079,10 N
Beam Coordinate System	No
Angle of Plane	0,0 deg
Angle in Plane	180,0 deg
Fx	0,00 N
Fy	0,00 N
Fz	-1079,10 N
Offset	4950,00 mm

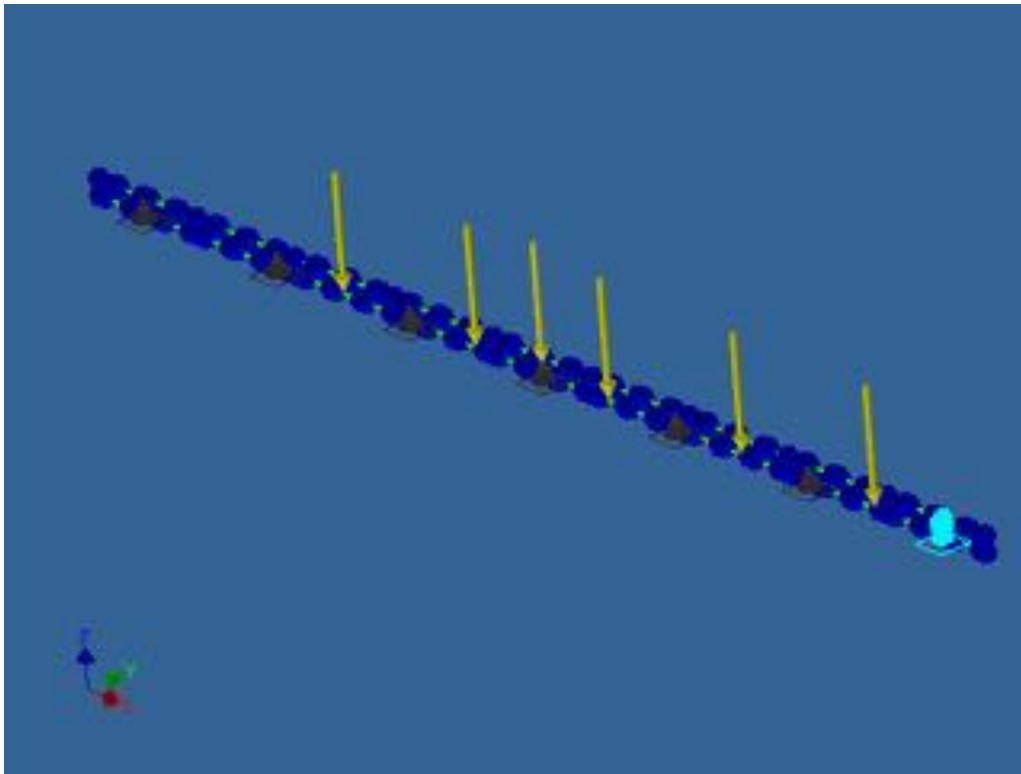
## Selected Reference(s)



*Fixed Constraint:1*

Constraint Type Fixed

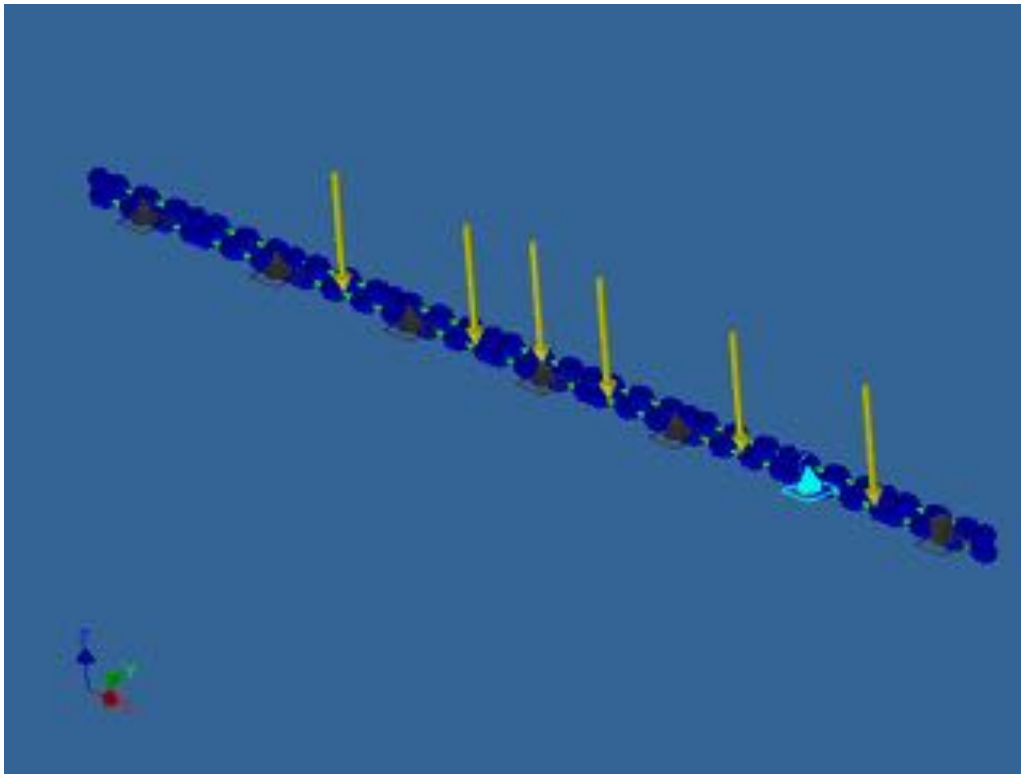
Selected Reference(s)



*Pinned Constraint:1*

Constraint Type Pinned

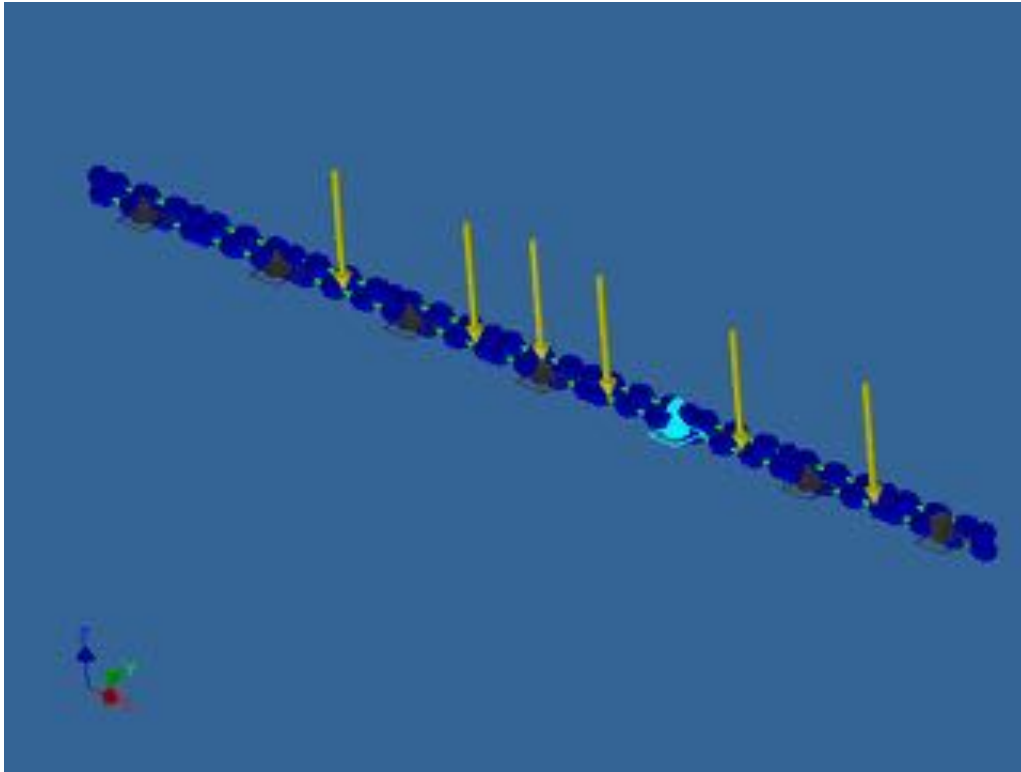
Selected Reference(s)



*Pinned Constraint:2*

Constraint Type Pinned

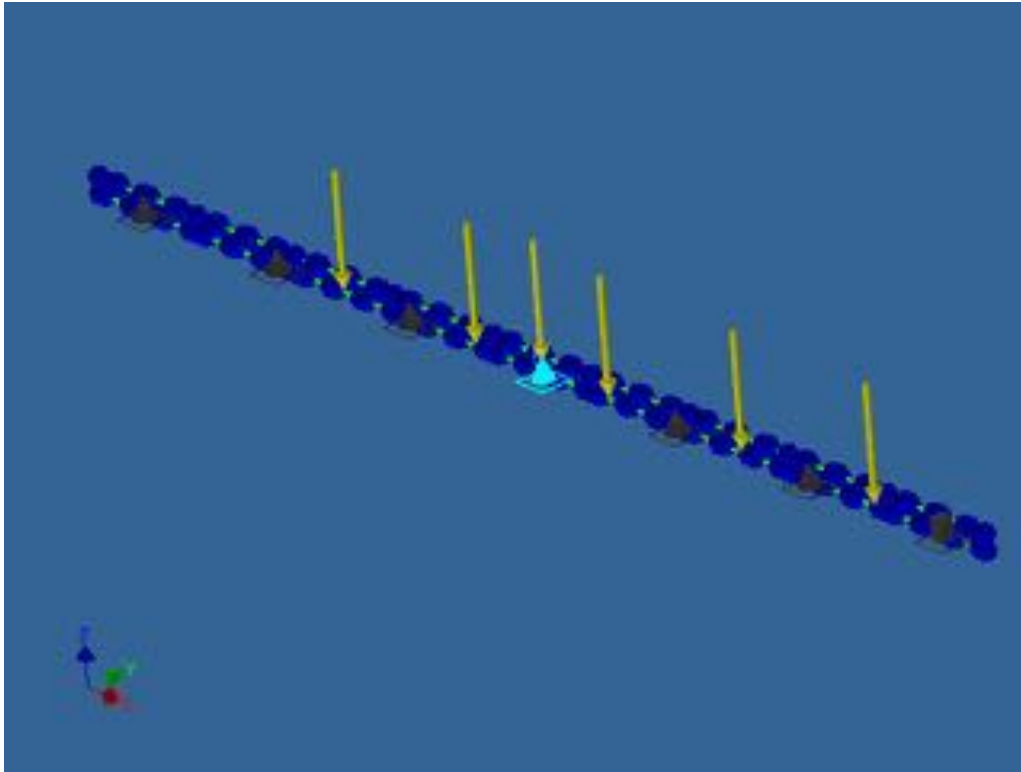
Selected Reference(s)



*Pinned Constraint:3*

Constraint Type Pinned

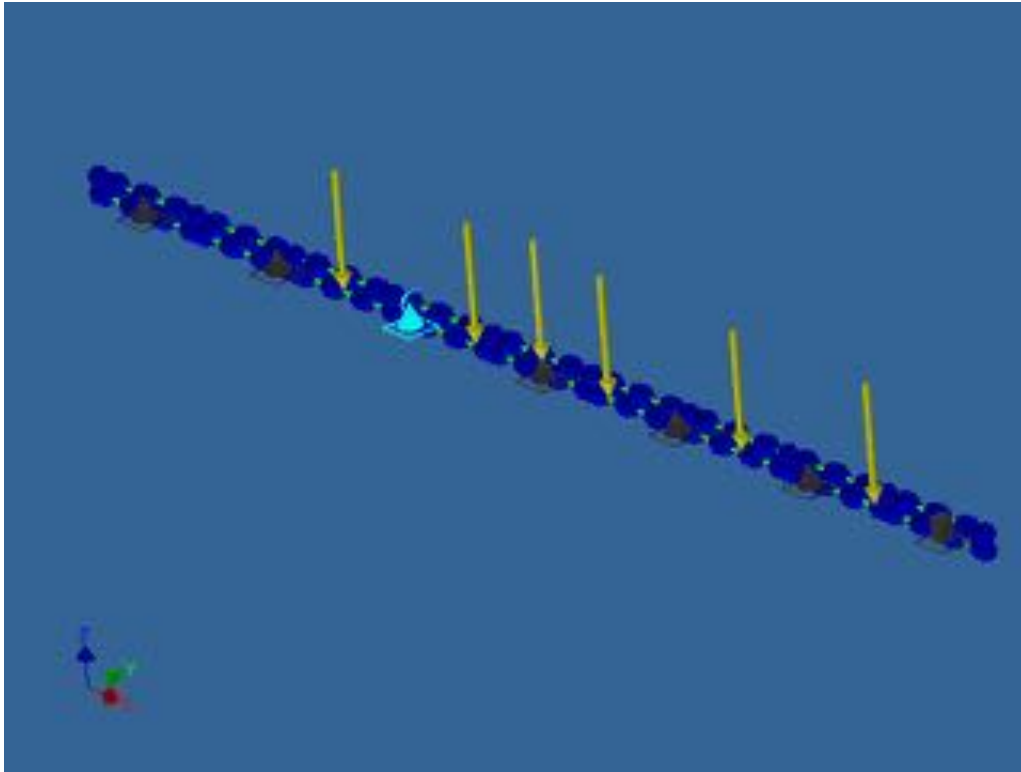
Selected Reference(s)



*Pinned Constraint:4*

Constraint Type Pinned

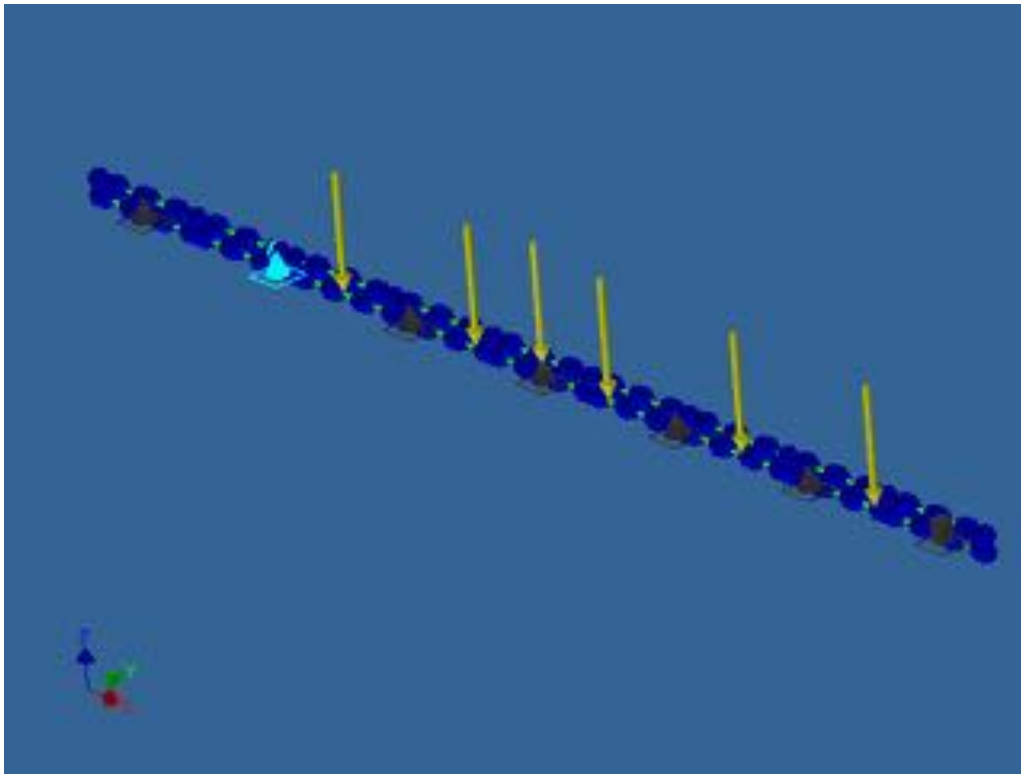
Selected Reference(s)



*Pinned Constraint:5*

Constraint Type Pinned

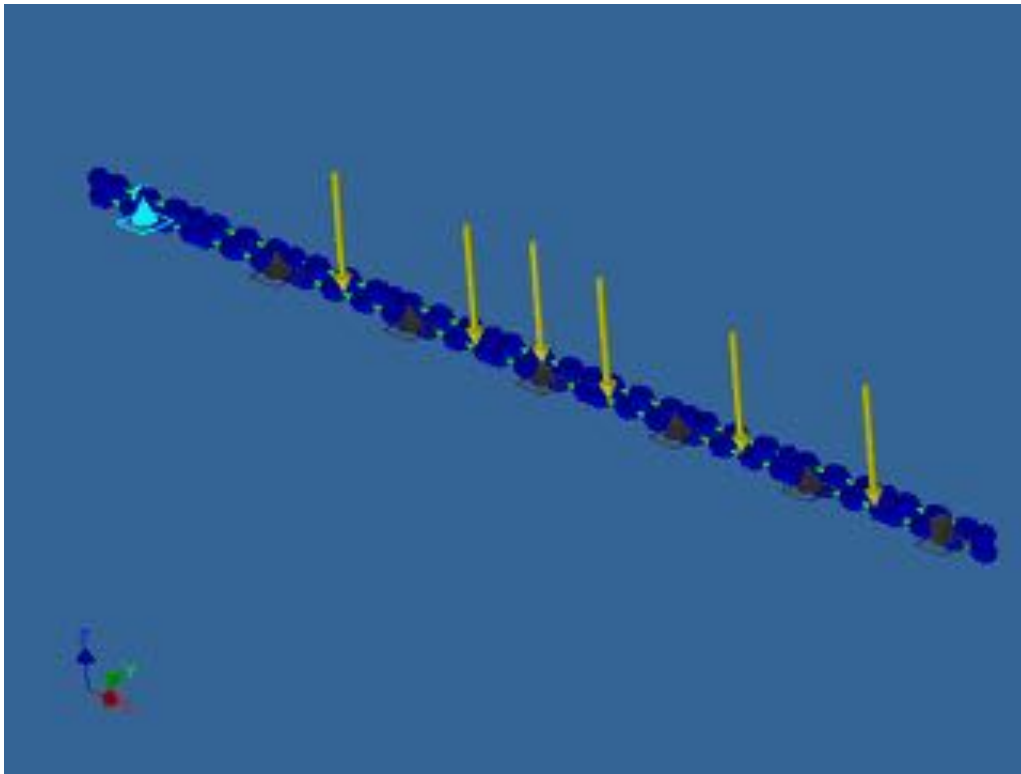
Selected Reference(s)



*Pinned Constraint:6*

Constraint Type Pinned

Selected Reference(s)



**Results**

*Reaction Force and Moment on Constraints*

Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Components (Fx,Fy,Fz)	Magnitude	Components (Mx,My,Mz)
Pinned Constraint:6	209,52 N	173,81 N	0,00 N mm	-0,00 N mm
		-0,00 N		0,00 N mm
		117,00 N		0,00 N mm
Pinned Constraint:5	786,51 N	-463,43 N	0,00 N mm	-0,00 N mm
		0,00 N		-0,00 N mm
		635,47 N		0,00 N mm
Pinned Constraint:4	1542,51 N	212,73 N	0,00 N mm	0,00 N mm
		-0,00 N		-0,00 N mm
		1527,77 N		0,00 N mm
Pinned Constraint:3	1073,06 N	-7,33 N	0,00 N mm	0,00 N mm
		0,00 N		-0,00 N mm
		1073,04 N		-0,00 N mm
Pinned Constraint:2	1455,29 N	254,25 N	0,00 N mm	-0,00 N mm
		-0,00 N		0,00 N mm
		1432,91 N		-0,00 N mm



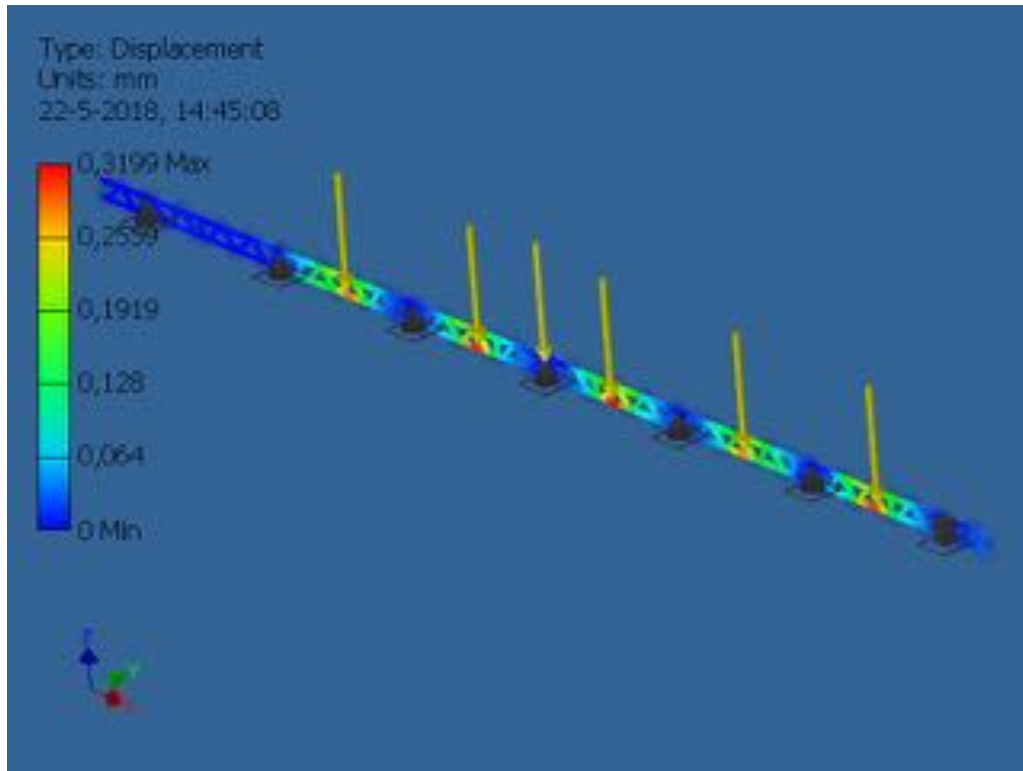
Pinned Constraint:1	1616,29 N	-920,12 N	0,00 N mm	0,00 N mm
		0,00 N		0,00 N mm
		1328,82 N		0,00 N mm
Fixed Constraint:1	953,48 N	750,10 N	57429,51 N mm	0,00 N mm
		-0,00 N		57429,51 N mm
		588,62 N		0,00 N mm

### Static Result Summary

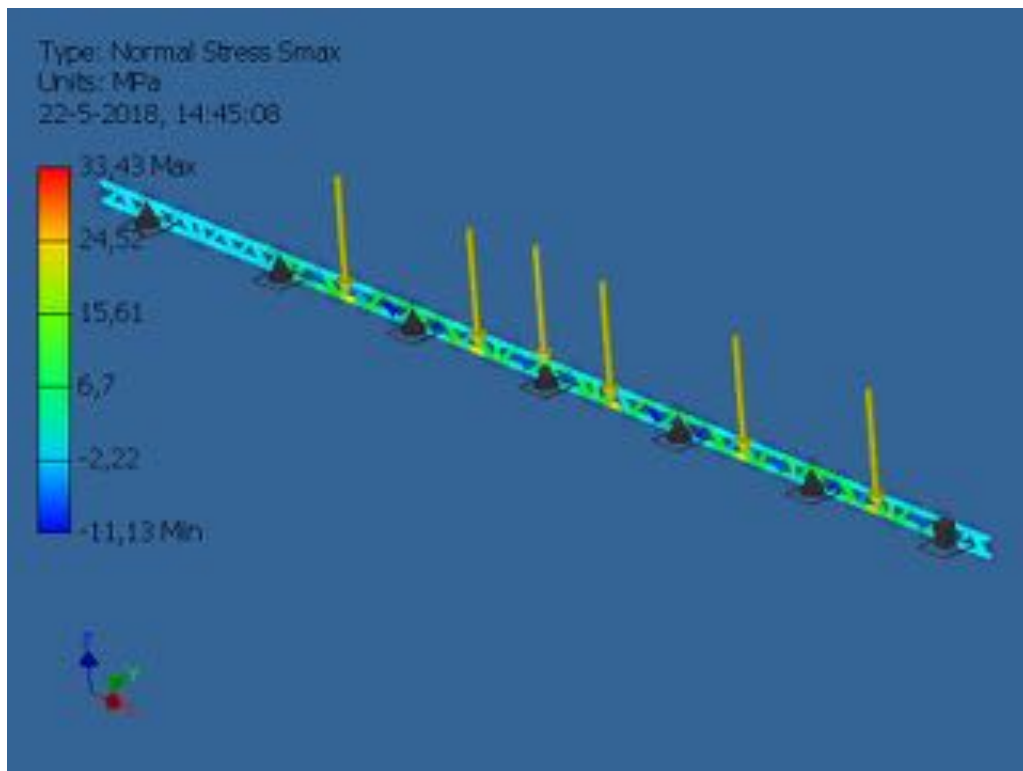
Name		Minimum	Maximum
Displacement		0,00 mm	0,32 mm
Forces	Fx	-458,77 N	502,66 N
	Fy	-844,56 N	841,01 N
	Fz	-2088,51 N	1970,55 N
Moments	Mx	-64418,49 N mm	106235,15 N mm
	My	-55723,24 N mm	61909,73 N mm
	Mz	-0,00 N mm	0,00 N mm
Normal Stresses	Smax	-11,13 MPa	33,43 MPa
	Smin	-34,80 MPa	10,40 MPa
	Smax(Mx)	-0,00 MPa	23,98 MPa
	Smin(Mx)	-23,98 MPa	0,00 MPa
	Smax(My)	-0,00 MPa	34,12 MPa
	Smin(My)	-34,12 MPa	0,00 MPa
	Saxial	-11,14 MPa	10,41 MPa
Shear Stresses	Tx	-5,09 MPa	4,65 MPa
	Ty	-4,06 MPa	4,07 MPa
Torsional Stresses	T	-0,00 MPa	0,00 MPa

*Figures*

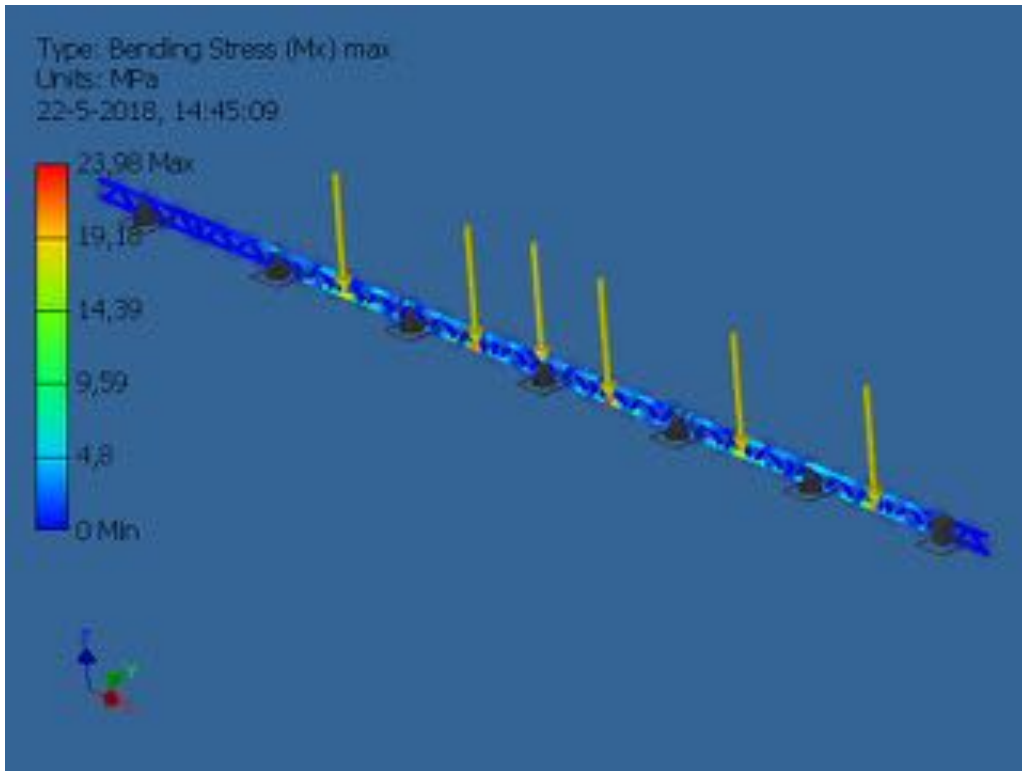
Displacement



Smax



Smax(Mx)



C:\VaultWS\Projecten\9277 - Agnietenhof - Tiel\031\TWI-9277-031-014.iam

## Bijlage H: Handberekeningen bij trommel

### Bijlage H1: Handberekening spiebaan trommel

Uit de simulatie is gebleken dat er bij de verbinding van de as met de trommel (lasverbinding) een te hoge piekspanning optreedt. Ter controle worden de lassen handmatig beoordeeld zowel de afschuiving ten gevolge van het wringmoment in de as. De controle van de spiebaan zal ook handmatig gemaakt worden, zie hiervoor onder kopje "Spanning spiebaan". De handberekeningen zullen de doorslag geven op de bovenstaande segmenten.

#### Spanning spiebaan (spanttrek):

De spanning op het contactoppervlak in de spiebaan is als volgt (er bevinden zich twee spiebanen op de as).

Maximale koppel in as:

$$M = F \cdot r_{\text{trommel}} = (704 \text{ [kg]} \cdot 9,81) \cdot \frac{0,654}{2} = 2258 \text{ [Nm]}$$

Kracht op spiebanen:

$$F_{n_{\text{spie}}} = \frac{M}{r_{\text{as}} \cdot \frac{h_{\text{spiebaan}}}{2}} = \frac{2258000}{35 \cdot \frac{12}{2}} = 77874 \text{ [N]}$$

Oppervlakte spiebaan:

$$A = L \cdot H = 82 \cdot 7,5 = 615 \text{ [mm]}$$

Oppervlaktespanning op spiebanen:

$$\sigma_{\text{opp}} = \frac{F_{n_{\text{spie}}}}{2 \cdot (A)} = \frac{77874}{2 \cdot (615)} = 63,3 \text{ [MPa]}$$

Houd hierbij rekening dat de diepte van de spiebaan vanuit de 'standaard' is genomen. Op aanwezige tekeningen staat geen diepte aangegeven. De maximaal toegestane spanning die op mag treden voordat het materiaal (S235JR) plastisch begint te vervormen is 235 MPa. Dit betekent dat de spanning van 63,3 MPa die optreedt bij normaalbedrijf voldoet met een veiligheidsfactor van  $235 / 63,3 = 3,7 > 2$  **Spiebaan voldoet**.



## Spanning spiebaan (decor- en zijtrek):

De spanning op het contactoppervlak in de spiebaan is als volgt (er bevinden zich twee spiebanen op de as).

Maximale koppel in as:

$$M = F \cdot r_{\text{trommel}} = (407 \text{ [kg]} \cdot 9,81) \cdot \frac{0,654}{2} = 1306 \text{ [Nm]}$$

Kracht op spiebanen:

$$F_{\text{nspie}} = \frac{M}{r_{\text{as}} \cdot \frac{h_{\text{spiebaan}}}{2}} = \frac{1306000}{35 \cdot \frac{12}{2}} = 45034 \text{ [N]}$$

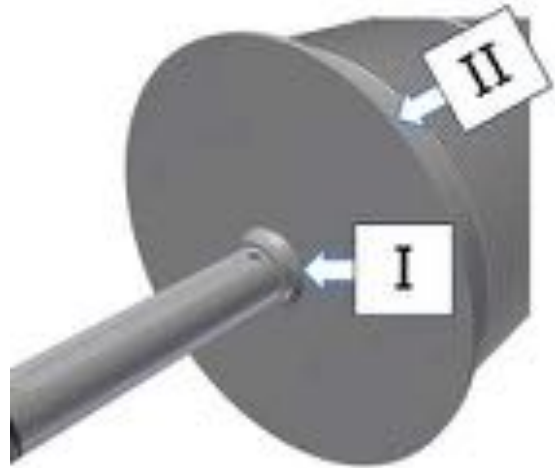
Oppervlaktespanning op spiebanen (A is gelijke met de spanttrek):

$$\sigma_{\text{opp}} = \frac{F_{\text{nspie}}}{2 \cdot (A)} = \frac{45034}{2 \cdot (615)} = 36,6 \text{ [MPa]}$$

Houd hierbij rekening dat de diepte van de spiebaan vanuit de 'standaard' is genomen. Op aanwezige tekeningen staat geen diepte aangegeven. De maximaal toegestane spanning die op mag treden voordat het materiaal (S235JR) plastisch begint te vervormen is 235 MPa. Dit betekent dat de spanning van 36,6 MPa die optreed bij normaalbedrijf voldoet met een veiligheidsfactor van  $235 / 36,6 = 6,4 < 2$  **Spiebaan voldoet.**

## Bijlage H2: Handberekening afschuiving t.g.v. wringmoment in las trommel-as

De lasten waarmee gerekend wordt, komen voort uit de huidige eisen aan de spanttrekken. De schuifspanning in de las wordt op twee plaatsen berekend. Positie I, waar de zij-flens aan de as  $\varnothing 70\text{mm}$  is gelast. En positie II, waar de buis aan de flens is gelast. Hierbij rekenen we naar een maximale belasting op de verbinding bij een vermoeingswaarde van 50 MPa. Dit vergelijken we met de optredende belasting, uit de berekening. Las I, is een hoek-las met een a-hoogte van 6 mm. Las II, een hoek-las met een a van 3 mm. Beide lassen zijn rondom volledig doorgetrokken. Las I, is een hoek-las met een a-hoogte van 6 mm. Las II, een hoek-las met een a van 3 mm. Aan beide zijden van de trommel zitten de lassen dus de oppervlakte mag met factor twee vermenigvuldigd worden.



### Las I:

Lengte van de las I:

$$L = \pi \cdot d = \pi \cdot 70 = 220 \text{ [mm]}$$

Oppervlakte van las I:

$$A = L \cdot a = 220 \cdot 6 = 1320 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Maximale afschuifkracht op de las I:

$$F = 2 \cdot A \cdot \text{FAT}_{71} = 2 \cdot 1320 \cdot 50 = 132000 \text{ [N]} = 132 \text{ [kN]}$$

Maximale moment op de las I:

$$T = F \cdot 0,5 \cdot d = 132000 \cdot 0,5 \cdot 0,070 = 4620 \text{ [Nm]}$$

Het maximale moment, dat (fluctuerend in richting) op deze verbinding zou mogen komen te staan is 4620 [Nm]. Het maximale koppel tijdens normaal bedrijf is 2258 [Nm]<sup>1</sup>. Dit resulteert in een veiligheidsfactor van 2,05 [-] op deze verbinding, waar minimaal 2 wordt geëist, dus de **verbinding voldoet**.

<sup>1</sup> De waarde van 2258 [Nm] volgt uit de berekening gemaakt in Bijlage I1.

## Las II:

Lengte van de las II:

$$L = \pi \cdot d = \pi \cdot 654 = 2054,6 \text{ [mm]}$$

Oppervlakte van de las I:

$$A = L \cdot a = 2054,6 \cdot 3 = 6164 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Maximale afschuifkracht op de las I:

$$F = 2 \cdot A \cdot \text{FAT}_{71} = 2 \cdot 6164 \cdot 50 = 616400 \text{ [N]} = 616,4 \text{ [kN]}$$

Maximale moment op de las I:

$$T = F \cdot 0,5 \cdot d = 616400 \cdot 0,5 \cdot 0,654 = 201,6 \text{ [kNm]}$$

Het maximale moment, dat (fluctuerend in richting) op deze verbinding zou mogen komen te staan is 201600 [Nm]. Het maximale koppel tijdens normaal bedrijf is 2258 [Nm]. Een veiligheidsfactor van 89,3 [-] is er op deze verbinding. Tevens zijn deze belastingen altijd in 1 richting, waardoor er van fluctuatie in de spanning weinig sprake is. Daaruit volgt dat de **verbinding voldoet**.

## Las I: (decor- en zijtrek)

Lengte van de las I:

$$L = \pi \cdot d = \pi \cdot 70 = 220 \text{ [mm]}$$

Oppervlakte van las I:

$$A = L \cdot a = 220 \cdot 6 = 1320 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Maximale afschuifkracht op de las I:

$$F = 2 \cdot A \cdot \text{FAT}_{71} = 2 \cdot 1320 \cdot 71 = 132000 \text{ [N]} = 132 \text{ [kN]}$$

Maximale moment op de las I:

$$T = F \cdot 0,5 \cdot d = 132000 \cdot 0,5 \cdot 0,070 = 4620 \text{ [Nm]}$$

Het maximale moment, dat (fluctuerend in richting) op deze verbinding zou mogen komen te staan is 4620 [Nm]. Het maximale koppel tijdens normaal bedrijf is 1306 [Nm]<sup>2</sup>. Dit resulteert in een veiligheidsfactor van 3,53 [-] op deze verbinding. Wel zijn deze belastingen altijd in 1 richting, waardoor er van fluctuatie in de spanning weinig sprake is. Hieruit volgt dat de **verbinding voldoet**.

## Conclusie:

Alle lassen bij zowel de spant-, decor- als zijtrekken voldoen aan de hedendaagse normering. Uitgaande van S235 als materiaalsoort, samen met een maximaal toelaatbare vermoeiingsspanning van 50 MPa.

---

<sup>2</sup> De waarde van 1306 [Nm] volgt uit de berekening gemaakt in Bijlage I1.

# Bijlage I: Excel berekeningen motoren

## Bijlage I1: Spantrek motorberekening

Trekwerk B.V.

9277 Agnietenhof - Spantrek



Drive train evaluation

Doc id: 9277-20180529-huctd5

Ver : 2.08

**Common**

Project Code :	9277	Project :	Agnietenhof
Date :	28-5-2018	Created by :	MvdP
Load bearing equipment type :	1: Drum Winch	Control System :	n/a
Units requested :	1		
Machine description :	Spantrek		

**Drive equipment requirements**

Max. sound pressure level :	65 dB(A)		
Motor control :	External Inverter		
Brake voltage :	230 VAC	Brake wear detection :	No
Motor cooling :	Standard	Manual brake release handles :	Yes
Feedback system :	Yes (part of offer)	Motor temperature sensor :	PTC
Color :	RAL		
Reductor type :	Helical-Bevel	Reductor axis diameter :	ntb mm
Mounting position :	M4	Reductor axis length :	ntb mm
Secondary motor axis :	Yes		

This document contains both design data of a winch or lifting platform and preliminary calculations of the required power, torque and speed on the input side of the load bearing equipment. For drive train suppliers only the design data is of importance, all other data is indicative only. All design data is marked with boxes.

Drive train suppliers should always refer to the DocId (see top of this page) in their offers to enquiries based on this document.

**Review Log**

Reviewer	Date	Comments / Status	Signature

Trekwerk B.V.

9277 Agnietenhof - Spantrek

**Drive load requirements**
*(all data is for input side of the load bearing equipment)*

Number of motors :	1	
Rated power :	11162 W	<i>(when accelerating and decelerating )</i>
Rated axis speed :	43,8 rpm	
Rated working torque :	2433 Nm	
Peak power :	12222 W	<i>(at active E-Stop)</i>
Peak axis speed :	43,8 rpm	
Peak torque :	2664 Nm	<i>(at E-Stop or mechanical braking)</i>
Maximal static torque :	2053 Nm	<i>(at standstill, a single brake has to provide this)</i>
Movement up duration :	14,17 s	Movement down duration : 14,17 s

**Estimates**

estimated gearbox I :	33,10	<i>(When using a 4 pole motor)</i>
	45,66	<i>(When using a permanent magnet servomotor)</i>

**DIN56950 Data**

Rated mechanical torque :	4867 Nm	<i>(choose motor and gearbox based on this torque. The safety factor of the mechanical components should be at least 1 after this torque has been applied during 400hours of nominal load speed)</i>
---------------------------	---------	--

**Lifting device calculation (design and load bearing equipment, winch)**
**Usage data (load)**

This section contains the user requirements. All numbers are expressed with regard to the load. This means cable reeving has not to be taken into account here.

Maximal travel :	19 m	Overload :	100 %
Maximal static net load :	500 kg	E-Stop deceleration :	3,33 $m/s^2$
Dynamic net load at nominal speed :	500 kg	Dynamic net load at max. speed :	500 kg
Nominal speed up :	90 m/min	Maximal speed up :	90 m/min
Nominal speed down :	90 m/min	Maximal speed down :	90 m/min
Acc. time (wrt nom. speed up) :	1,5 sec	Cycles per hour :	1
Dec. time (wrt nom. speed down) :	1,5 sec		

**Design data (load bearing equipment)**

This section contains the data that can be expressed from the design of the winch

drum diameter :	654 mm	fixed load (truss) :	140 kg
drum moment of inertia :	17 $kg\ m^2$	number of motors :	1
number of wire ropes :	7	suspension lines(reeving factor) :	1
number of drums :	1	cable diameter :	5 mm
fixed load (counterweight) :	0 kg	Efficiency :	0,95

**Normalized load data**

Maximal speed up :	1,5 m/s	Maximal speed down :	1,5 m/s
Acceleration :	1 $m/s^2$	Deceleration :	1 $m/s^2$
E-Stop deceleration :	3,33 $m/s^2$	Minimal speed :	1,5 m/s
Dynamic net load :	500 kg	Dynamic gross load :	640 kg
Static net load :	500 kg	Static gross load :	640 kg
Dynamic net test load :	500 kg	Dynamic gross test load :	640 kg
Dynamic fixed system mass :	140 kg		

**Normalised equipment data**

All data in this section describes the characteristics of the wire rope at the circumference of the drum. Loads etc. are considered as if only one wire rope would be used.

Reeving factor :	1	speed down :	1,500 m/s
speed up :	1,500 m/s	deceleration :	1,000 $m/s^2$
acceleration :	1,000 $m/s^2$	Travel :	19 m
E-Stop deceleration :	3,33 $m/s^2$	dynamic gross load :	640 kg
dynamic net load :	500 kg	static gross load :	640 kg
static net load :	500 kg	Dynamic gross test load :	640 kg
Dynamic net test load :	500 kg	Efficiency :	95%
linear to rotational factor :	0,327 $m/rad$	number of motors :	1
Equipment mass inertia :	17 $kg\ m^2$	Cycle down duration :	14,1667 s
Cycle up duration :	14,17 s		
Dynamic fixed system mass :	140 kg		

### Lifting device calculation (torque and power)

#### Loads and forces

Total dynamic gross load :	640 kg	Test dynamic gross load :	640 kg
Total static gross load :	640 kg		
Total dynamic mass :	640 kg	Test total dynamic mass :	640 kg

#### at normal load

##### forces in equilibrium (speed is constant)

Force dynamic equilibrium :	6278 N	Force dynamic equilibrium :	6278 N
Force static equilibrium :	6278 N		

##### forces during speed deviation (acceleration and deceleration)

Acceleration force :	640 N	Acceleration force :	640 N
Deceleration force :	640 N	Deceleration force :	640 N
E-stop deceleration force :	2133 N	E-stop deceleration force :	2133 N
Total acceleration up :	6918 N	Total acceleration up :	6918 N
Total deceleration down :	6918 N	Total deceleration down :	6918 N
Total E-Stop down :	8410 N	Total E-Stop down :	8410 N
Maximal force (no E-Stop) :	6918 N	Maximal force (no E-Stop) :	6918 N

#### at specified overload

reeving factor : 1

linear to rotational ratio : 0,327 m/rot

#### On axis of load bearing equipment

##### speed and speed deviation

Speed up :	4,59E+00 rad/s	Speed down :	4,59E+00 rad/s
Speed up :	44 rpm	Speed down :	44 rpm
Acceleration :	3,06E+00 rad/s <sup>2</sup>	Deceleration :	3,06E+00 rad/s <sup>2</sup>
		E-Stop deceleration :	1,02E+01 rad/s <sup>2</sup>

##### mass inertia torque

during acceleration :	5,20E+01 Nm	during deceleration :	5,20E+01 Nm
		during E-Stop deceleration :	5,20E+01 Nm

##### torques in equilibrium (speed is constant)

#### at normal load

Moving up :	2161 Nm	Moving up :	2161 Nm
Moving down :	1950 Nm	Moving down :	1950 Nm
Static :	2053 Nm		

#### at specified overload

##### torques during speed deviation (acceleration and deceleration)

#### at normal load

Accelerating up :	2433 Nm	Accelerating up :	2433 Nm
Decelerating down :	2201 Nm	Decelerating down :	2201 Nm
E-stop deceleration :	2664 Nm	E-stop deceleration :	2664 Nm

#### at specified overload

##### power transfer

#### at normal load

Moving up :	9913 W	Moving up :	9913 W
Moving down :	8947 W	Moving down :	8947 W
Accelerating up :	11162 W	Accelerating up :	11162 W
Decelerating down :	10097 W	Decelerating down :	10097 W
E-Stop :	12222 W	E-Stop :	12222 W
Max. delivered :	11162 W	Max. delivered :	11162 W
Max. dissipated :	10097 W	Max. dissipated :	10097 W

#### at specified overload

**Per motor requirements**
*(all data is for the low-speed/high-torque axis of the gear-motor)*

Number of motors :	1	
Rated power :	11162 W	<i>(this is when accelerating and decelerating )</i>
Peak power :	12222 W	<i>(during active E-Stop)</i>
Rated axis speed :	44 rpm	
Peak axis speed :	44 rpm	
Rated working torque :	2433 Nm	
Peak torque :	2664 Nm	<i>(during active E-Stop)</i>
Maximal static torque :	2053 Nm	<i>(during standstill, brake should be able to hold this)</i>
Movement up duration :	14,17 s	Movement down duration : 14,17 s
<b>Estimates</b>		
estimated gearbox I :	33	<i>(When using a 4 pole motor)</i>
estimated gearbox I :	46	<i>(when using a synchronous servomotor)</i>
<b>DIN56950 Data</b>		
Rated mechanical torque :	4867 Nm	<i>(choose motor and gearbox based on this torque. The safety factor of the mechanical components should be at least 1 after this torque has been applied during 400hours of nominal load speed)</i>

Trekwerk B.V.

9277 Agnietenhof - Spantrek

### Lifting device calculation (backup calculation)

#### Selected motor and gear

Type code: KA87B Dv160M4 8M/HR/TH/U/XGA	
gearbox :	
ratio :	31,36
rated output torque :	2280 Nm
gear stages :	3
Service factor :	1,2
Maximal output torque :	2736 Nm
efficiency :	94%
motor :	
Nominal power :	11000 W
Nominal speed :	1440 rpm
Nominal torque :	72,9 Nm
Breakdown torque :	182,3 Nm
moment of mass inertia :	0,448 kg m <sup>2</sup>
Motor max. allowed brake torque :	150 Nm
efficiency :	0,89
Nominal current :	22,5 A
Breakdown torque factor :	2,5
Nominal power factor :	0,83

#### Gearbox check

Requested working (rated) torque :	4867 Nm	Safety factor :	0,94
Failure mode torque :	2664 Nm	Safety factor failure mode :	1,05
Static torque :	2053 Nm	Safety factor static mode :	1,33

#### Motor check

Maximal speed up :	44 rpm	Maximal speed down :	44 rpm
Requested working torque :	155,2 Nm	Rated torque safety factor :	1,37
Requested failure mode torque :	85,0 Nm	Failure mode torque safety factor :	2,35
Allowable motor axis torque :	165,0 Nm	Dynamic mechanical safety factor :	1,06
Static torque :	65,47 Nm	Static mechanical safety factor :	2,52

#### Brake check

dynamic forward calculation :		mass inertia is a virtual mass inertia including the system load	
Low speed axis mass inertia :	261,64 kg m <sup>2</sup>	High speed axis mass inertia :	0,2827 kg m <sup>2</sup>
Brake mass inertia :	0,7307 kg m <sup>2</sup>	High speed brake deceleration :	319 rad/s <sup>2</sup>
rated braking torque :	233 Nm		
dynamic reverse calculation :		(from supplier catalogue)	
Chosen brake torque :	150 Nm	Deviation from specification :	96%
cable deceleration on brake :	1,79 m/s <sup>2</sup>		
load deceleration on brake :	0,79 m/s <sup>2</sup>		
E-stop standstill delay :	0,88 s		
E-stop overshoot :	0,877 m		
static calculation :			
required static brake torque :	65 Nm		
safety factor chosen brake :	2,29		

#### Motor power check

rated relative breakdown torque :	2,35	Permissible motor load :	16148 W
Max output increase factor :	1,47		

#### total load

Output power fixed speed up :	9913 W
Input power fixed speed down :	8947 W
Output power acceleration up :	11162 W
Input power deceleration down :	10097 W

#### per motor

Output power fixed speed up :	9913 W
Input power fixed speed down :	8947 W
Output power acceleration up :	11162 W
Input power deceleration down :	10097 W

9277-20180529-huctd5

page 7 of 10

Trekwerk B.V.

9277 Agnietenhof - Spantrek

Output power E-Stop down : 12222 W

Output power E-Stop down : 12222 W

Maximal motor load : 12222 W

Motor overload complies to supplier specifications

**Required drive**
Required electrical power

Output power fixed speed up :	11834 W	stationary :	11834 W
Input power fixed speed down :	7494 W	dynamic :	13326 W
Output power acceleration up :	13326 W	E-stop :	10238 W
Input power deceleration down :	8458 W		
Output power E-Stop down :	10238 W	Rated power :	13326 W

 Estimated motor K<sub>T</sub> factor : 3,90361 Nm/A

Magnetising current : 12,55 A

Required current (torque producing)

Fixed speed up :	21,07 A
Fixed speed down :	13,35 A
Acceleration up :	23,73 A
Deceleration down :	15,06 A
E-Stop down :	18,23 A

Required current (total)

Fixed speed up :	24,53 A
Fixed speed down :	18,32 A
Acceleration up :	26,84 A
Deceleration down :	19,61 A
E-Stop down :	22,13 A

Continuous Current : 24,53 A

Peak current : 26,84 A

**Unidrive SP selection (backup calculation)**

Rated power : 13,33 kW  
 Continuous current : 24,53 A  
 Peak current : 26,84 A

**Unidrive SP 400V drives**

Size	Model	Normal Duty			Heavy Duty		
		I <sub>max_c</sub> A	P <sub>nom</sub> kW	I <sub>peak</sub> A	I <sub>max_c</sub> A	P <sub>nom</sub> kW	I <sub>peak</sub> A
0	0401				1,3	0,37	2,2
0	0402				1,7	0,55	2,9
0	0403				2,1	0,75	3,6
0	0404				3,0	1,10	5,2
0	0405				4,2	1,50	7,3
1	1401	2,8	1,1	3,0	2,1	0,75	3,6
1	1402	3,8	1,5	4,1	3,0	1,10	5,2
1	1403	5,0	2,2	5,5	4,2	1,50	7,3
1	1404	6,9	3,0	7,5	5,8	2,20	10,1
1	1405	8,8	4,0	9,6	7,6	3,00	13,3
1	1406	11,0	5,5	12,1	9,5	4,00	16,6
2	2401	15,3	7,5	16,8	13,0	5,50	22,7
2	2402	21,0	11,0	23,0	16,5	7,50	28,8
2	2403	29,0	15,0	31,0	25,0	11,00	40,2
2	2404				29,0	15,00	50,7
3	3401	35,0	18,5	38,0	32,0	15,00	56,0
3	3402	43,0	22,0	47,0	40,0	18,50	70,0
3	3403	56,0	30,0	61,0	46,0	22,00	80,5
4	4401	68,0	37,0	74,0	60,0	30,00	105,0
4	4402	83,0	45,0	91,0	74,0	37,00	129,5
4	4403	104,0	55,0	114,0	96,0	45,00	168,0
5	5401	138,0	75,0	151,0	124,0	55,00	217,0
5	5402	168,0	90,0	184,0	156,0	75,00	273,0
6	6401	205,0	110,0	225,0	180,0	90,00	269,0
6	6402	236,0	132,0	259,0	210,0	110,00	315,0

**Commander SK selection (backup calculation)**

Rated power : 13,33 kW  
 Continuous current : 24,53 A  
 Peak current : 26,84 A

**Commander SK 400V drives**

Size	Model	Normal Duty			Heavy Duty		
		I <sub>max_c</sub> A	P <sub>nom</sub> kW	I <sub>peak</sub> A	I <sub>max_c</sub> A	P <sub>nom</sub> kW	I <sub>peak</sub> A
SKB34	00037	1,3	0,37	2,0			
	00055	1,7	0,55	2,6			
	00075	2,1	0,75	3,2			
	00110	2,8	1,1	4,2			
	00150	3,8	1,5	5,7			
SKC34	00220	5,1	2,2	7,7			
	00300	7,2	3,0	10,8			
	00400	9,0	4,0	13,5			
SKD34	00550	13,0	5,5	19,5			
	00750	16,5	7,5	24,75			
SK2	401	15,3	7,5	19,5	13,0	5,5	19,5
	402	21,0	11,0	24,7	16,5	7,5	24,7
	403	29,0	15,0	34,5	25,0	11,0	34,5
	404				29,0	15,0	43,5
SK3	401	35,0	18,5	48,0	32,0	15,0	48,0
	402	43,0	22,0	60,0	40,0	18,5	60,0
	403	46,0	30,0	69,0	46,0	22,0	69,0
SK4	401	68,0	37,0	90,0	60,0	30,0	90,0
	402	83,0	45,0	111,0	74,0	37,0	111,0
	403	104,0	55,0	144,0	96,0	45,0	144,0
SK5	401	138,0	75,0	186,0	124,0	55,0	186,0
	402	168,0	90,0	234,0	156,0	75,0	234,0
SK6	401	205,0	110,0	231,0	180,0	90,0	231,0
	402	236,0	132,0	270,0	210,0	110,0	270,0

## Bijlage I2: Decortrek motorberekening

Trekwerk B.V.

9277 Agnietenhof - Decortrek



Drive train evaluation

Doc id: 9277-20180529-ok0pq7

Ver : 2.08

Common

Project Code :	9277	Project :	Agnietenhof
Date :	28-5-2018	Created by :	MvdP
Load bearing equipment type :	1: Drum Winch	Control System :	n/a
Units requested :	1		
Machine description :	Decortrek		

Drive equipment requirements

Max. sound pressure level :	65 dB(A)		
Motor control :	External Inverter		
Brake voltage :	230 VAC	Brake wear detection :	No
Motor cooling :	Standard	Manual brake release handles :	Yes
Feedback system :	Yes (part of offer)	Motor temperature sensor :	PTC
Color :	RAL		
Reductor type :	Helical-Bevel	Reductor axis diameter :	ntb mm
Mounting position :	M4	Reductor axis length :	ntb mm
Secondary motor axis :	Yes		

This document contains both design data of a winch or lifting platform and preliminary calculations of the required power, torque and speed on the input side of the load bearing equipment. For drive train suppliers only the design data is of importance, all other data is indicative only. All design data is marked with boxes.

Drive train suppliers should always refer to the DocId (see top of this page) in their offers to enquiries based on this document.

Review Log

Reviewer	Date	Comments / Status	Signature

Trekwerk B.V.

9277 Agnietenhof - Decortrek

**Drive load requirements**
*(all data is for input side of the load bearing equipment)*

Number of motors :	1	
Rated power :	6690 W	<i>(when accelerating and decelerating )</i>
Rated axis speed :	43,8 rpm	
Rated working torque :	1458 Nm	
Peak power :	6850 W	<i>(at active E-Stop)</i>
Peak axis speed :	43,8 rpm	
Peak torque :	1493 Nm	<i>(at E-Stop or mechanical braking)</i>
Maximal static torque :	1187 Nm	<i>(at standstill, a single brake has to provide this)</i>
Movement up duration :	14,17 s	Movement down duration : 14,17 s

**Estimates**

estimated gearbox I :	33,10	<i>(When using a 4 pole motor)</i>
	45,66	<i>(When using a permanent magnet servomotor)</i>

**DIN56950 Data**

Rated mechanical torque :	2917 Nm	<i>(choose motor and gearbox based on this torque. The safety factor of the mechanical components should be at least 1 after this torque has been applied during 400hours of nominal load speed)</i>
---------------------------	---------	--

Trekwerk B.V.

9277 Agnietenhof - Decortrek

**Lifting device calculation (design and load bearing equipment, winch)**
**Usage data (load)**

This section contains the user requirements. All numbers are expressed with regard to the load. This means cable reeving has not to be taken into account here.

Maximal travel :	19 m	Overload :	100 %
Maximal static net load :	300 kg	E-Stop deceleration :	3 m/s <sup>2</sup>
Dynamic net load at nominal speed :	300 kg	Dynamic net load at max. speed :	300 kg
Nominal speed up :	90 m/min	Maximal speed up :	90 m/min
Nominal speed down :	90 m/min	Maximal speed down :	90 m/min
Acc. time (wrt nom. speed up) :	1,5 sec		
Dec. time (wrt nom. speed down) :	1,5 sec	Cycles per hour :	1

**Design data (load bearing equipment)**

This section contains the data that can be expressed from the design of the winch

drum diameter :	654 mm	fixed load (truss) :	70 kg
drum moment of inertia :	17 kg m <sup>2</sup>	number of motors :	1
number of wire ropes :	7	suspension lines(reeving factor) :	1
number of drums :	1	cable diameter :	5 mm
fixed load (counterweight) :	0 kg	Efficiency :	0,93

**Normalized load data**

Maximal speed up :	1,5 m/s	Maximal speed down :	1,5 m/s
Acceleration :	1 m/s <sup>2</sup>	Deceleration :	1 m/s <sup>2</sup>
E-Stop deceleration :	3,00 m/s <sup>2</sup>	Minimal speed :	1,5 m/s
Dynamic net load :	300 kg	Dynamic gross load :	370 kg
Static net load :	300 kg	Static gross load :	370 kg
Dynamic net test load :	300 kg	Dynamic gross test load :	370 kg
Dynamic fixed system mass :	70 kg		

**Normalized equipment data**

All data in this section describes the characteristics of the wire rope at the circumference of the drum. Loads etc. are considered as if only one wire rope would be used.

Reeving factor :	1	speed down :	1,500 m/s
speed up :	1,500 m/s	deceleration :	1,000 m/s <sup>2</sup>
acceleration :	1,000 m/s <sup>2</sup>	Travel :	19 m
E-Stop deceleration :	3 m/s <sup>2</sup>	dynamic gross load :	370 kg
dynamic net load :	300 kg	static gross load :	370 kg
static net load :	300 kg	Dynamic gross test load :	370 kg
Dynamic net test load :	300 kg	Efficiency :	93%
linear to rotational factor :	0,327 m/rot	number of motors :	1
Equipment mass inertia :	17 kg m <sup>2</sup>	Cycle down duration :	14,1667 s
Cycle up duration :	14,17 s		
Dynamic fixed system mass :	70 kg		

Trekwerk B.V.

9277 Agnietenhof - Decortrek

**Lifting device calculation (torque and power)**
**Loads and forces**

Total dynamic gross load :	370 kg	Test dynamic gross load :	370 kg
Total static gross load :	370 kg		
Total dynamic mass :	370 kg	Test total dynamic mass :	370 kg

at normal load
forces in equilibrium (speed is constant)

Force dynamic equilibrium :	3630 N	Force dynamic equilibrium :	3630 N
Force static equilibrium :	3630 N		

forces during speed deviation (acceleration and deceleration)

Acceleration force :	370 N	Acceleration force :	370 N
Deceleration force :	370 N	Deceleration force :	370 N
E-stop deceleration force :	1110 N	E-stop deceleration force :	1110 N
Total acceleration up :	4000 N	Total acceleration up :	4000 N
Total deceleration down :	4000 N	Total deceleration down :	4000 N
Total E-Stop down :	4740 N	Total E-Stop down :	4740 N
Maximal force (no E-Stop) :	4000 N	Maximal force (no E-Stop) :	4000 N

at specified overload

reeving factor : 1

linear to rotational ratio : 0,327 m/rad

**On axis of load bearing equipment**
speed and speed deviation

Speed up :	4,59E+00 rad/s	Speed down :	4,59E+00 rad/s
Speed up :	44 rpm	Speed down :	44 rpm
Acceleration :	3,06E+00 rad/s <sup>2</sup>	Deceleration :	3,06E+00 rad/s <sup>2</sup>
		E-Stop deceleration :	9,17E+00 rad/s <sup>2</sup>

mass inertia torque

during acceleration :	5,20E+01 Nm	during deceleration :	5,20E+01 Nm
		during E-Stop deceleration :	5,20E+01 Nm

torques in equilibrium (speed is constant)
at normal load

Moving up :	1276 Nm	Moving up :	1276 Nm
Moving down :	1104 Nm	Moving down :	1104 Nm
Static :	1187 Nm		

at specified overload
torques during speed deviation (acceleration and deceleration)
at normal load

Accelerating up :	1458 Nm	Accelerating up :	1458 Nm
Decelerating down :	1268 Nm	Decelerating down :	1268 Nm
E-stop deceleration :	1493 Nm	E-stop deceleration :	1493 Nm

at specified overload
power transfer
at normal load

Moving up :	5854 W	Moving up :	5854 W
Moving down :	5063 W	Moving down :	5063 W
Accelerating up :	6690 W	Accelerating up :	6690 W
Decelerating down :	5818 W	Decelerating down :	5818 W
E-Stop :	6850 W	E-Stop :	6850 W
Max. delivered :	6690 W	Max. delivered :	6690 W
Max. dissipated :	5818 W	Max. dissipated :	5818 W

at specified overload

**Per motor requirements**
*(all data is for the low-speed/high-torque axis of the gear-motor)*

Number of motors :	1	
Rated power :	6690 W	<i>(this is when accelerating and decelerating )</i>
Peak power :	6850 W	<i>(during active E-Stop)</i>
Rated axis speed :	44 rpm	
Peak axis speed :	44 rpm	
Rated working torque :	1458 Nm	
Peak torque :	1493 Nm	<i>(during active E-Stop)</i>
Maximal static torque :	1187 Nm	<i>(during standstill, brake should be able to hold this)</i>
Movement up duration :	14,17 s	Movement down duration : 14,17 s
Estimates		
estimated gearbox I :	33	<i>(When using a 4 pole motor)</i>
estimated gearbox I :	46	<i>(when using a synchronous servomotor)</i>
DIN56950 Data		
Rated mechanical torque :	2917 Nm	<i>(choose motor and gearbox based on this torque. The safety factor of the mechanical components should be at least 1 after this torque has been applied during 400hours of nominal load speed)</i>

Trekwerk B.V.

9277 Agnietenhof - Decortrek

**Lifting device calculation (backup calculation)**
**Selected motor and gear**

Type code:	KA87B/R DV132M4 BM/HR/TH/LI/XV4A	
gearbox :	ratio : 40,64	Service factor : 1,25
	rated output torque : 2040 Nm	Maximal output torque : 2550 Nm
	gear stages : 3	efficiency : 94%
motor :	Nominal power : 7500 W	Motor max. allowed brake torque : 100 Nm
	Nominal speed : 1430 rpm	efficiency : 0,88
	Nominal torque : 50,1 Nm	Nominal current : 15,5 A
	Breakdown torque : 105,2 Nm	Breakdown torque factor : 2,1
	moment of mass inertia : 0,33 kg m <sup>2</sup>	Nominal power factor : 0,85

**Gearbox check**

Requested working (rated) torque :	2917 Nm	Safety factor :	0,87
Failure mode torque :	1493 Nm	Safety factor failure mode :	1,71
Static torque :	1187 Nm	Safety factor static mode :	2,15

**Motor check**

Maximal speed up :	44 rpm	Maximal speed down :	44 rpm
Requested working torque :	71,8 Nm	Rated torque safety factor :	1,47
Requested failure mode torque :	36,7 Nm	Failure mode torque safety factor :	2,86
Allowable motor axis torque :	110,0 Nm	Dynamic mechanical safety factor :	1,53
Static torque :	29,21 Nm	Static mechanical safety factor :	3,77

**Brake check**

dynamic forward calculation :		mass inertia is a virtual mass inertia including the system load	
Low speed axis mass inertia :	162,78 kg m <sup>2</sup>	High speed axis mass inertia :	0,1047 kg m <sup>2</sup>
Brake mass inertia :	0,4347 kg m <sup>2</sup>	High speed brake deceleration :	373 rad/s <sup>2</sup>
rated braking torque :	163 Nm		
dynamic reverse calculation :		(from supplier catalogue)	
Chosen brake torque :	150 Nm	Deviation from specification :	7%
cable deceleration on brake :	2,80 m/s <sup>2</sup>		
load deceleration on brake :	2,80 m/s <sup>2</sup>		
E-stop standstill delay :	0,54 s		
E-stop overshoot :	0,400 m		
static calculation :			
required static brake torque :	29 Nm		
safety factor chosen brake :	5,14		

**Motor power check**

rated relative breakdown torque :	2,93	Permissible motor load :	11743 W
Max output increase factor :	1,83		

**total load**

Output power fixed speed up :	5854 W
Input power fixed speed down :	5063 W
Output power acceleration up :	6690 W
Input power deceleration down :	5818 W

**per motor**

Output power fixed speed up :	5854 W
Input power fixed speed down :	5063 W
Output power acceleration up :	6690 W
Input power deceleration down :	5818 W

9277-20180529-ok0pg7

page 7 of 10

Trekwerk B.V.

9277 Agnietenhof - Decortrek

Output power E-Stop down : 6850 W

Output power E-Stop down : 6850 W

Maximal motor load : 6850 W

Motor overload complies to supplier specifications

**Required drive**
Required electrical power

Output power fixed speed up :	7068 W	stationary :	7068 W
Input power fixed speed down :	4194 W	dynamic :	8077 W
Output power acceleration up :	8077 W	E-stop :	5674 W
Input power deceleration down :	4819 W		
Output power E-Stop down :	5674 W	Rated power :	8077 W

Estimated motor K <sub>t</sub> factor :	3,80266 Nm/A	Magnetising current :	8,17 A
---	--------------	-----------------------	--------

Required current (torque producing)

Fixed speed up :	9,97 A
Fixed speed down :	5,92 A
Acceleration up :	11,39 A
Deceleration down :	6,80 A
E-Stop down :	8,00 A

Required current (total)

Fixed speed up :	12,89 A
Fixed speed down :	10,08 A
Acceleration up :	14,02 A
Deceleration down :	10,62 A
E-Stop down :	11,43 A

Continuous Current : 12,89 A

Peak current : 14,02 A

**Unidrive SP selection (backup calculation)**

Rated power : 8,08 kW  
 Continuous current : 12,89 A  
 Peak current : 14,02 A

**Unidrive SP 400V drives**

Size	Model	Normal Duty			Heavy Duty		
		I <sub>max_c</sub> A	P <sub>nom</sub> kW	I <sub>peak</sub> A	I <sub>max_c</sub> A	P <sub>nom</sub> kW	I <sub>peak</sub> A
0	0401				1,3	0,37	2,2
0	0402				1,7	0,55	2,9
0	0403				2,1	0,75	3,6
0	0404				3,0	1,10	5,2
0	0405				4,2	1,50	7,3
1	1401	2,8	1,1	3,0	2,1	0,75	3,6
1	1402	3,8	1,5	4,1	3,0	1,10	5,2
1	1403	5,0	2,2	5,5	4,2	1,50	7,3
1	1404	6,9	3,0	7,5	5,8	2,20	10,1
1	1405	8,8	4,0	9,6	7,6	3,00	13,3
1	1406	11,0	5,5	12,1	9,5	4,00	16,6
2	2401	15,3	7,5	16,8	13,0	5,50	22,7
2	2402	21,0	11,0	23,0	16,5	7,50	28,8
2	2403	29,0	15,0	31,0	25,0	11,00	40,2
2	2404				29,0	15,00	50,7
3	3401	35,0	18,5	38,0	32,0	15,00	56,0
3	3402	43,0	22,0	47,0	40,0	18,50	70,0
3	3403	56,0	30,0	61,0	46,0	22,00	80,5
4	4401	68,0	37,0	74,0	60,0	30,00	105,0
4	4402	83,0	45,0	91,0	74,0	37,00	129,5
4	4403	104,0	55,0	114,0	96,0	45,00	168,0
5	5401	138,0	75,0	151,0	124,0	55,00	217,0
5	5402	168,0	90,0	184,0	156,0	75,00	273,0
6	6401	205,0	110,0	225,0	180,0	90,00	269,0
6	6402	236,0	132,0	259,0	210,0	110,00	315,0

**Commander SK selection (backup calculation)**

Rated power : 8,08 kW  
 Continuous current : 12,89 A  
 Peak current : 14,02 A

**Commander SK 400V drives**

Size	Model	Normal Duty			Heavy Duty		
		I <sub>max_c</sub> A	P <sub>nom</sub> kW	I <sub>peak</sub> A	I <sub>max_c</sub> A	P <sub>nom</sub> kW	I <sub>peak</sub> A
SKB34	00037	1,3	0,37	2,0			
	00055	1,7	0,55	2,6			
	00075	2,1	0,75	3,2			
	00110	2,8	1,1	4,2			
	00150	3,8	1,5	5,7			
SKC34	00220	5,1	2,2	7,7			
	00300	7,2	3,0	10,8			
	00400	9,0	4,0	13,5			
SKD34	00550	13,0	5,5	19,5			
	00750	16,5	7,5	24,75			
SK2	401	15,3	7,5	19,5	13,0	5,5	19,5
	402	21,0	11,0	24,7	16,5	7,5	24,7
	403	29,0	15,0	34,5	25,0	11,0	34,5
	404				29,0	15,0	43,5
SK3	401	35,0	18,5	48,0	32,0	15,0	48,0
	402	43,0	22,0	60,0	40,0	18,5	60,0
	403	46,0	30,0	69,0	46,0	22,0	69,0
SK4	401	68,0	37,0	90,0	60,0	30,0	90,0
	402	83,0	45,0	111,0	74,0	37,0	111,0
	403	104,0	55,0	144,0	96,0	45,0	144,0
SK5	401	138,0	75,0	186,0	124,0	55,0	186,0
	402	168,0	90,0	234,0	156,0	75,0	234,0
SK6	401	205,0	110,0	231,0	180,0	90,0	231,0
	402	236,0	132,0	270,0	210,0	110,0	270,0

## Bijlage I3: Zijtrek motorberekening

Trekwerk B.V.

9277 Agnietenhof - Zijtrek



# Trekwerk R&D

Drive train evaluation

Doc id: 9277-20180528-a9idrr

Ver : 2.08

**Common**

Project Code :	9277	Project :	Agnietenhof
Date :	28-5-2018	Created by :	MvdP
Load bearing equipment type :	1: Drum Winch	Control System :	n/a
Units requested :	1		
Machine description :	Zijtrek		

**Drive equipment requirements**

Max. sound pressure level :	65 dB(A)		
Motor control :	External Inverter		
Brake voltage :	230 VAC	Brake wear detection :	No
Motor cooling :	Standard	Manual brake release handles :	Yes
Feedback system :	Yes (part of offer)	Motor temperature sensor :	PTC
Color :	RAL		
Reductor type :	Helical-Bevel	Reductor axis diameter :	ntb mm
Mounting position :	M4	Reductor axis length :	ntb mm
Secondary motor axis :	Yes		

This document contains both design data of a winch or lifting platform and preliminary calculations of the required power, torque and speed on the input side of the load bearing equipment. For drive train suppliers only the design data is of importance, all other data is indicative only. All design data is marked with boxes.

Drive train suppliers should always refer to the DocId (see top of this page) in their offers to enquiries based on this document.

**Review Log**

Reviewer	Date	Comments / Status	Signature

Trekwerk B.V.

9277 Agnietenhof - Zijtrek

**Drive load requirements**
*(all data is for input side of the load bearing equipment)*

Number of motors :	1	
Rated power :	1120 W	<i>(when accelerating and decelerating )</i>
Rated axis speed :	8,3 rpm	
Rated working torque :	1292 Nm	
Peak power :	1029 W	<i>(at active E-Stop)</i>
Peak axis speed :	8,3 rpm	
Peak torque :	1187 Nm	<i>(at E-Stop or mechanical braking)</i>
Maximal static torque :	1155 Nm	<i>(at standstill, a single brake has to provide this)</i>
Movement up duration :	68,06 s	Movement down duration : 68,06 s

**Estimates**

estimated gearbox I :	175,25	<i>(When using a 4 pole motor)</i>
	241,72	<i>(When using a permanent magnet servomotor)</i>

**DIN56950 Data**

Rated mechanical torque :	2585 Nm	<i>(choose motor and gearbox based on this torque. The safety factor of the mechanical components should be at least 1 after this torque has been applied during 400hours of nominal load speed)</i>
---------------------------	---------	--

### Lifting device calculation (design and load bearing equipment, winch)

#### Usage data (load)

This section contains the user requirements. All numbers are expressed with regard to the load. This means cable reeving has not to be taken into account here.

Maximal travel :	19 m	Overload :	100 %
Maximal static net load :	300 kg	E-Stop deceleration :	0,9 m/s <sup>2</sup>
Dynamic net load at nominal speed :	300 kg	Dynamic net load at max. speed :	300 kg
Nominal speed up :	17 m/min	Maximal speed up :	17 m/min
Nominal speed down :	17 m/min	Maximal speed down :	17 m/min
Acc. time (wrt nom. speed up) :	1 sec		
Dec. time (wrt nom. speed down) :	1 sec	Cycles per hour :	1

#### Design data (load bearing equipment)

This section contains the data that can be expressed from the design of the winch

drum diameter :	654 mm	fixed load (truss) :	60 kg
drum moment of inertia :	17 kg m <sup>2</sup>	number of motors :	1
number of wire ropes :	3	suspension lines(reeving factor) :	1
number of drums :	1	cable diameter :	5 mm
fixed load (counterweight) :	0 kg	Efficiency :	0,93

#### Normalized load data

Maximal speed up :	0,283333 m/s	Maximal speed down :	0,28333 m/s
Acceleration :	0,283333 m/s <sup>2</sup>	Deceleration :	0,28333 m/s <sup>2</sup>
E-Stop deceleration :	0,90 m/s <sup>2</sup>	Minimal speed :	0,28333 m/s
Dynamic net load :	300 kg	Dynamic gross load :	360 kg
Static net load :	300 kg	Static gross load :	360 kg
Dynamic net test load :	300 kg	Dynamic gross test load :	360 kg
Dynamic fixed system mass :	60 kg		

#### Normalized equipment data

All data in this section describes the characteristics of the wire rope at the circumference of the drum. Loads etc. are considered as if only one wire rope would be used.

Reeving factor :	1	speed down :	0,283 m/s
speed up :	0,283 m/s	deceleration :	0,283 m/s <sup>2</sup>
acceleration :	0,283 m/s <sup>2</sup>	Travel :	19 m
E-Stop deceleration :	0,9 m/s <sup>2</sup>	dynamic gross load :	360 kg
dynamic net load :	300 kg	static gross load :	360 kg
static net load :	300 kg	Dynamic gross test load :	360 kg
Dynamic net test load :	300 kg	Efficiency :	93%
linear to rotational factor :	0,327 m/rad	number of motors :	1
Equipment mass inertia :	17 kg m <sup>2</sup>	Cycle down duration :	68,0588 s
Cycle up duration :	68,06 s		
Dynamic fixed system mass :	60 kg		

Trekwerk B.V.

9277 Agnietenhof - Zijtrek

**Lifting device calculation (torque and power)**
**Loads and forces**

Total dynamic gross load :	360 kg	Test dynamic gross load :	360 kg
Total static gross load :	360 kg		
Total dynamic mass :	360 kg	Test total dynamic mass :	360 kg

at normal load
**forces in equilibrium (speed is constant)**

Force dynamic equilibrium :	3532 N
Force static equilibrium :	3532 N

**forces during speed deviation (acceleration and deceleration)**

Acceleration force :	102 N
Deceleration force :	102 N
E-stop deceleration force :	324 N
Total acceleration up :	3634 N
Total deceleration down :	3634 N
Total E-Stop down :	3856 N
Maximal force (no E-Stop) :	3634 N

at specified overload

Force dynamic equilibrium :	3532 N
-----------------------------	--------

Acceleration force :	102 N
Deceleration force :	102 N
E-stop deceleration force :	324 N
Total acceleration up :	3634 N
Total deceleration down :	3634 N
Total E-Stop down :	3856 N
Maximal force (no E-Stop) :	3634 N

reeving factor : 1

linear to rotational ratio : 0,327 m/rod

**On axis of load bearing equipment**
speed and speed deviation

Speed up :	8,66E-01 rod/s
Speed up :	8 rpm
Acceleration :	8,66E-01 rod/s <sup>2</sup>

Speed down :	8,66E-01 rod/s
Speed down :	8 rpm
Deceleration :	8,66E-01 rod/s <sup>2</sup>
E-Stop deceleration :	2,75E+00 rod/s <sup>2</sup>

mass inertia torque

during acceleration : 1,47E+01 Nm

 during deceleration : 1,47E+01 Nm  
 during E-Stop deceleration : 1,47E+01 Nm

**torques in equilibrium (speed is constant)**
at normal load

Moving up :	1242 Nm
Moving down :	1074 Nm
Static :	1155 Nm

at specified overload

Moving up :	1242 Nm
Moving down :	1074 Nm

**torques during speed deviation (acceleration and deceleration)**
at normal load

Accelerating up :	1292 Nm
Decelerating down :	1120 Nm
E-stop deceleration :	1187 Nm

at specified overload

Accelerating up :	1292 Nm
Decelerating down :	1120 Nm
E-stop deceleration :	1187 Nm

**power transfer**
at normal load

Moving up :	1076 W
Moving down :	931 W
Accelerating up :	1120 W
Decelerating down :	970 W
E-Stop :	1029 W
Max. delivered :	1120 W
Max. dissipated :	970 W

at specified overload

Moving up :	1076 W
Moving down :	931 W
Accelerating up :	1120 W
Decelerating down :	970 W
E-Stop :	1029 W
Max. delivered :	1120 W
Max. dissipated :	970 W

9277-20180528-a9idrr

page 5 of 10

**Per motor requirements**
*(all data is for the low-speed/high-torque axis of the gear-motor)*

Number of motors :	1	
Rated power :	1120 W	<i>(this is when accelerating and decelerating )</i>
Peak power :	1029 W	<i>(during active E-Stop)</i>
Rated axis speed :	8 rpm	
Peak axis speed :	8 rpm	
Rated working torque :	1292 Nm	
Peak torque :	1187 Nm	<i>(during active E-Stop)</i>
Maximal static torque :	1155 Nm	<i>(during standstill, brake should be able to hold this)</i>
Movement up duration :	68,06 s	Movement down duration : 68,06 s
<b>Estimates</b>		
estimated gearbox I :	175	<i>(When using a 4 pole motor)</i>
estimated gearbox II :	242	<i>(when using a synchronous servomotor)</i>
<b>DIN56950 Data</b>		
Rated mechanical torque :	2585 Nm	<i>(choose motor and gearbox based on this torque. The safety factor of the mechanical components should be at least 1 after this torque has been applied during 400hours of nominal load speed)</i>

### Lifting device calculation (backup calculation)

#### Selected motor and gear

Type code:	KA878 DT90L4 BMG/Z			
gearbox :	ratio :	174,19	Service factor :	1,55
	rated output torque :	1770 Nm	Maximal output torque :	2743,5 Nm
	gear stages :	3	efficiency :	94%
motor :	Nominal power :	1500 W	Motor max. allowed brake torque :	20 Nm
	Nominal speed :	1410 rpm	efficiency :	0,8
	Nominal torque :	10,2 Nm	Nominal current :	3,7 A
	Breakdown torque :	26,5 Nm	Breakdown torque factor :	2,6
	moment of mass inertia :	0,04 kg m <sup>2</sup>	Nominal power factor :	0,78

#### Gearbox check

Requested working (rated) torque :	2585 Nm	Safety factor :	1,06
Failure mode torque :	1187 Nm	Safety factor failure mode :	2,31
Static torque :	1155 Nm	Safety factor static mode :	2,38

#### Motor check

Maximal speed up :	8 rpm	Maximal speed down :	8 rpm
Requested working torque :	14,8 Nm	Rated torque safety factor :	1,79
Requested failure mode torque :	6,8 Nm	Failure mode torque safety factor :	3,89
Allowable motor axis torque :	22,0 Nm	Dynamic mechanical safety factor :	1,48
Static torque :	6,63 Nm	Static mechanical safety factor :	3,32

#### Brake check

dynamic forward calculation :		mass inertia is a virtual mass inertia including the system load	
Low speed axis mass inertia :	431,37 kg m <sup>2</sup>	High speed axis mass inertia :	0,0251 kg m <sup>2</sup>
Brake mass inertia :	0,0551 kg m <sup>2</sup>	High speed brake deceleration :	479 rad/s <sup>2</sup>
rated braking torque :	24 Nm		
dynamic reverse calculation :		(from supplier catalogue)	
Chosen brake torque :	20 Nm	Deviation from specification :	30%
cable deceleration on brake :	0,63 m/s <sup>2</sup>		
load deceleration on brake :	0,83 m/s <sup>2</sup>		
E-stop standstill delay :	0,41 s		
E-stop overshoot :	0,08 m		
static calculation :			
required static brake torque :	7 Nm		
safety factor chosen brake :	1,02		

#### Motor power check

rated relative breakdown torque :	3,57	Permissible motor load :	3000 W
Max output increase factor :	2,00		

#### total load

Output power fixed speed up :	1076 W
Input power fixed speed down :	931 W
Output power acceleration up :	1120 W
Input power deceleration down :	970 W

#### per motor

Output power fixed speed up :	1076 W
Input power fixed speed down :	931 W
Output power acceleration up :	1120 W
Input power deceleration down :	970 W

Trekwerk B.V.

9277 Agnietenhof - Zijtrek

Output power E-Stop down : 1029 W

Output power E-Stop down : 1029 W

Maximal motor load : 1120 W

Motor overload complies to supplier specifications

**Required drive**
Required electrical power

Output power fixed speed up :	1429 W	stationary :	1429 W
Input power fixed speed down :	701 W	dynamic :	1487 W
Output power acceleration up :	1487 W	E-stop :	775 W
Input power deceleration down :	731 W		
Output power E-Stop down :	775 W	Rated power :	1487 W

Estimated motor Kt factor : 3,5343 Nm/A

Magnetising current : 2,32 A

Required current (torque producing)

Fixed speed up :	2,68 A
Fixed speed down :	1,31 A
Acceleration up :	2,79 A
Deceleration down :	1,37 A
E-Stop down :	1,45 A

Required current (total)

Fixed speed up :	3,54 A
Fixed speed down :	2,66 A
Acceleration up :	3,62 A
Deceleration down :	2,69 A
E-Stop down :	2,73 A
Continuous Current :	3,54 A
Peak current :	3,62 A

**Unidrive SP selection (backup calculation)**


---

Rated power : 1,49 kW  
 Continuous current : 3,54 A  
 Peak current : 3,62 A

**Unidrive SP 400V drives**

Size	Model	Normal Duty			Heavy Duty		
		I <sub>max,c</sub> A	P <sub>nom</sub> kW	I <sub>peak</sub> A	I <sub>max,c</sub> A	P <sub>nom</sub> kW	I <sub>peak</sub> A
0	0401				1,3	0,37	2,2
0	0402				1,7	0,55	2,9
0	0403				2,1	0,75	3,6
0	0404				3,0	1,10	5,2
0	0405				4,2	1,50	7,3
1	1401	2,8	1,1	3,0	2,1	0,75	3,6
1	1402	3,8	1,5	4,1	3,0	1,10	5,2
1	1403	5,0	2,2	5,5	4,2	1,50	7,3
1	1404	6,9	3,0	7,5	5,8	2,20	10,1
1	1405	8,8	4,0	9,6	7,6	3,00	13,3
1	1406	11,0	5,5	12,1	9,5	4,00	16,6
2	2401	15,3	7,5	16,8	13,0	5,50	22,7
2	2402	21,0	11,0	23,0	16,5	7,50	28,8
2	2403	29,0	15,0	31,0	25,0	11,00	40,2
2	2404				29,0	15,00	50,7
3	3401	35,0	18,5	38,0	32,0	15,00	56,0
3	3402	43,0	22,0	47,0	40,0	18,50	70,0
3	3403	56,0	30,0	61,0	46,0	22,00	80,5
4	4401	68,0	37,0	74,0	60,0	30,00	105,0
4	4402	83,0	45,0	91,0	74,0	37,00	129,5
4	4403	104,0	55,0	114,0	96,0	45,00	168,0
5	5401	138,0	75,0	151,0	124,0	55,00	217,0
5	5402	168,0	90,0	184,0	156,0	75,00	273,0
6	6401	205,0	110,0	225,0	180,0	90,00	269,0
6	6402	236,0	132,0	259,0	210,0	110,00	315,0

**Commander SK selection (backup calculation)**

Rated power : 1,49 kW  
 Continuous current : 3,54 A  
 Peak current : 3,62 A

**Commander SK 400V drives**

Size	Model	Normal Duty			Heavy Duty		
		I <sub>max_c</sub> A	P <sub>nom</sub> kW	I <sub>peak</sub> A	I <sub>max_c</sub> A	P <sub>nom</sub> kW	I <sub>peak</sub> A
SKB34	00037	1,3	0,37	2,0			
	00055	1,7	0,55	2,6			
	00075	2,1	0,75	3,2			
	00110	2,8	1,1	4,2			
	00150	3,8	1,5	5,7			
SKC34	00220	5,1	2,2	7,7			
	00300	7,2	3,0	10,8			
	00400	9,0	4,0	13,5			
SKD34	00550	13,0	5,5	19,5			
	00750	16,5	7,5	24,75			
SK2	401	15,3	7,5	19,5	13,0	5,5	19,5
	402	21,0	11,0	24,7	16,5	7,5	24,7
	403	29,0	15,0	34,5	25,0	11,0	34,5
	404				29,0	15,0	43,5
SK3	401	35,0	18,5	48,0	32,0	15,0	48,0
	402	43,0	22,0	60,0	40,0	18,5	60,0
	403	46,0	30,0	69,0	46,0	22,0	69,0
SK4	401	68,0	37,0	90,0	60,0	30,0	90,0
	402	83,0	45,0	111,0	74,0	37,0	111,0
	403	104,0	55,0	144,0	96,0	45,0	144,0
SK5	401	138,0	75,0	186,0	124,0	55,0	186,0
	402	168,0	90,0	234,0	156,0	75,0	234,0
SK6	401	205,0	110,0	231,0	180,0	90,0	231,0
	402	236,0	132,0	270,0	210,0	110,0	270,0

## Bijlage J: Berekening verzamelschijven

### Bijlage J1: Frame verzamelschijven

# Verzamelschijf frame calculation

---

**Date:** 05/28/18  
**Author:** STE Trekwerk  
**Subject:** 9277 - Agnietenhof  
**Prepared For:** Agnietenhof Theater  
**Software Used:** Autodesk Nastran Version 12.1.0.925

## 1. Summary

---

Sterkteberekening van het verzamelschijven frame. Gebruikte belasting maximale belasting bij versnellen van de spanttrek (704 kg). The report documents design and analysis using Autodesk Nastran engineering simulation software. A linear static analysis was performed using the finite element model shown in the figure below. The model is divided into 1 property group(s). The units system is mm-N-s. The model consists of a total of 82727 nodes and 41393 elements.

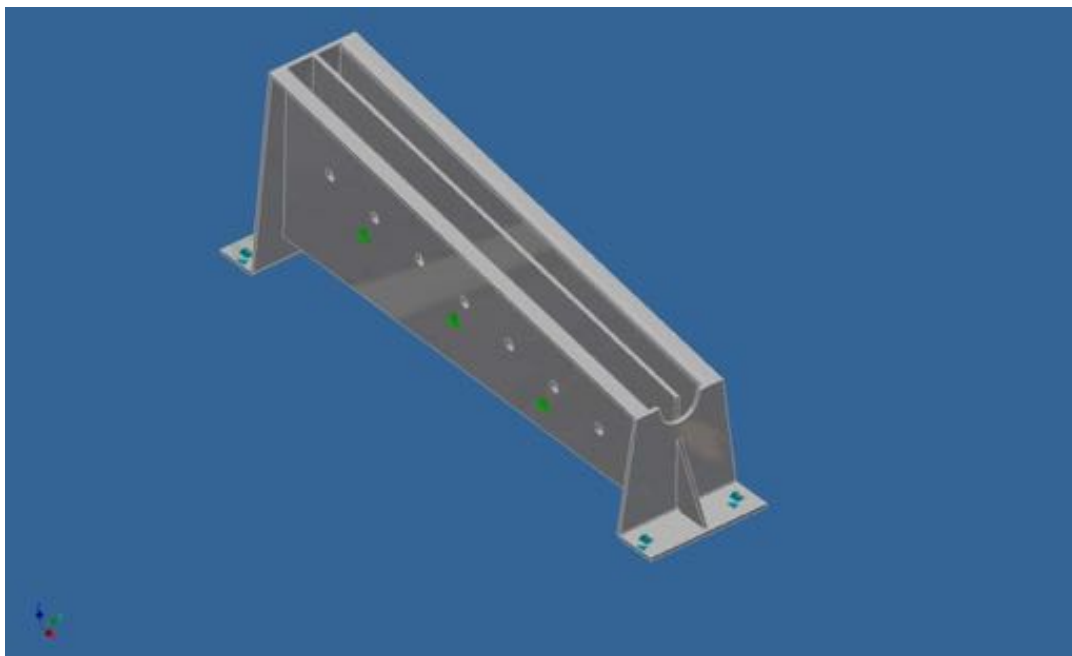


Figure 1 - Finite Element Model

## 2. Assumptions

---

1. Displacements are small.
2. [Follower forces](#) are ignored.

## 3. Model Definition

### 3.1 Group Definition

---

The model is divided into 1 property group(s). Details for each group are given in Table 3.1.1.

1. The [bounding box](#) for all positioned bodies in the model measures 838,1 by 160,0 by 290,7mm along the basic coordinate system x, y and z axes, respectively.
2. The total mass of the model is 1,875E-2 t.
3. The model center of mass is located at (-7,729, 9,332E-4, 135,9) mm.

Table 3.1.1 Group Definition

Property Group	Material	<a href="#">Bounding Box</a> (mm)	Mass (t)	Volume (mm <sup>3</sup> )	Nodes	Elements
SOLID 2	MAT 1	838,1, 160,0, 290,7	1,875E-2	2,388E+6	82727	41393

Table 3.1.2 Part Mass Properties

Property Group	Material	Mass (t)	Center of Mass (mm)	Moments of Inertia (mm)
SOLID 2	MAT 1	1,875E-2	-7,729, 9,332E-4, 135,9	116,3, 1130,0, 1060,0

### 3.2 Contact Definition

---

The model contains 0 contact region(s).  
 - Adaptive stiffness scaling is enabled.

### 3.3 Material Properties

---

#### 3.3.1 Isotropic Material Definition

Material ID	E	G	NU	RHO	ALPHA	T-REF
1	2,1E+5	8,077E+4	0,3	7,85E-9	1,2E-5	0,0

## 3.4 Mesh

The finite element mesh is shown in the figure below. The model consists of a total of 82727 nodes and 41393 elements.

Table 3.4.1 Element Initial Distortion Summary

Property Group	Property Type	Aspect Ratio	Recommended Limit	Taper Ratio	Recommended Limit	Skeleton Angle	Recommended Limit	Warping Angle	Recommended Limit
SOLID 2	TET	5,798	100,0	0,0	0,0	124,3	80,0	0,0	0,0

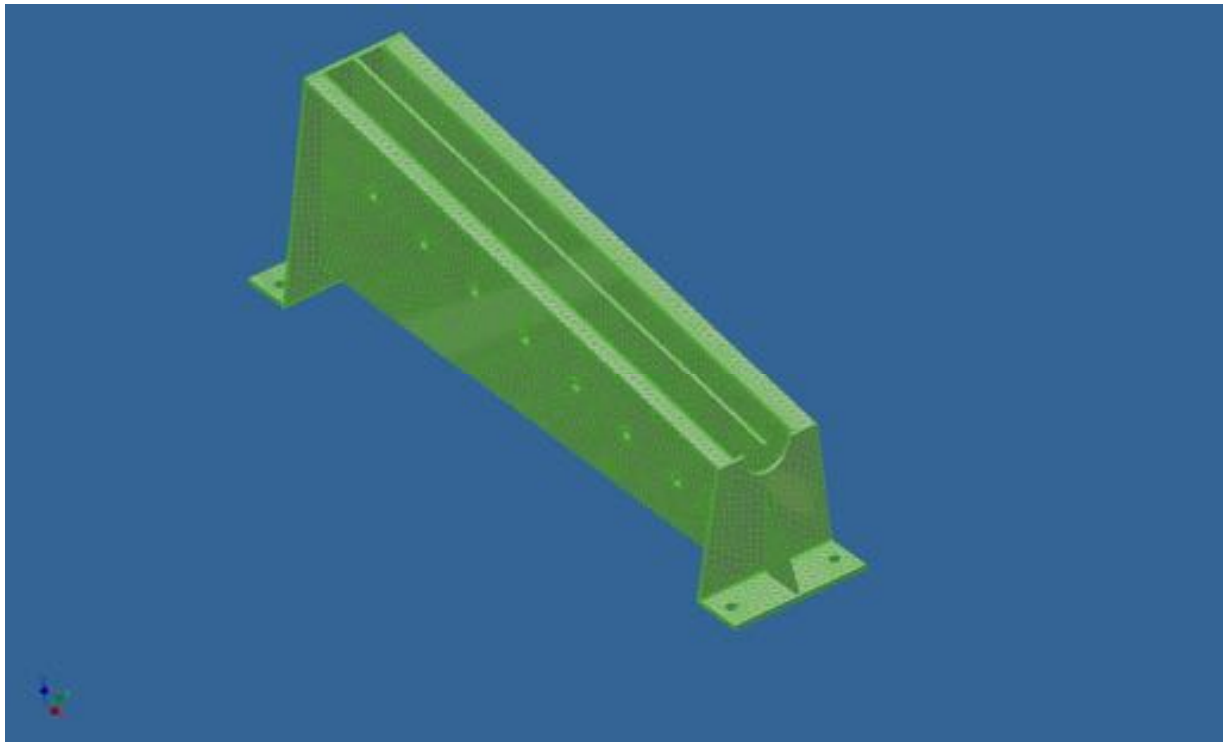


Figure 2 - Finite Element Mesh

## 4. Environment

### 4.1 Structural Loading

---

The finite element environments are shown in the figures below. Applied structural loading is summarized in Table 4.1.1. Applied load vector resultants are defined in the basic coordinate system. Moments are summed about location (0.0,0.0,0.0).

Table 4.1.1 Applied Load Vector Resultant

Subcase	Resultant Force(N)			Resultant Moment(N mm)		
	XT	YT	ZT	XR	YR	ZR
SUBCASE 1	6906,0	0,0	-6905,0	1,825E+4	1,049E+6	1,825E+4

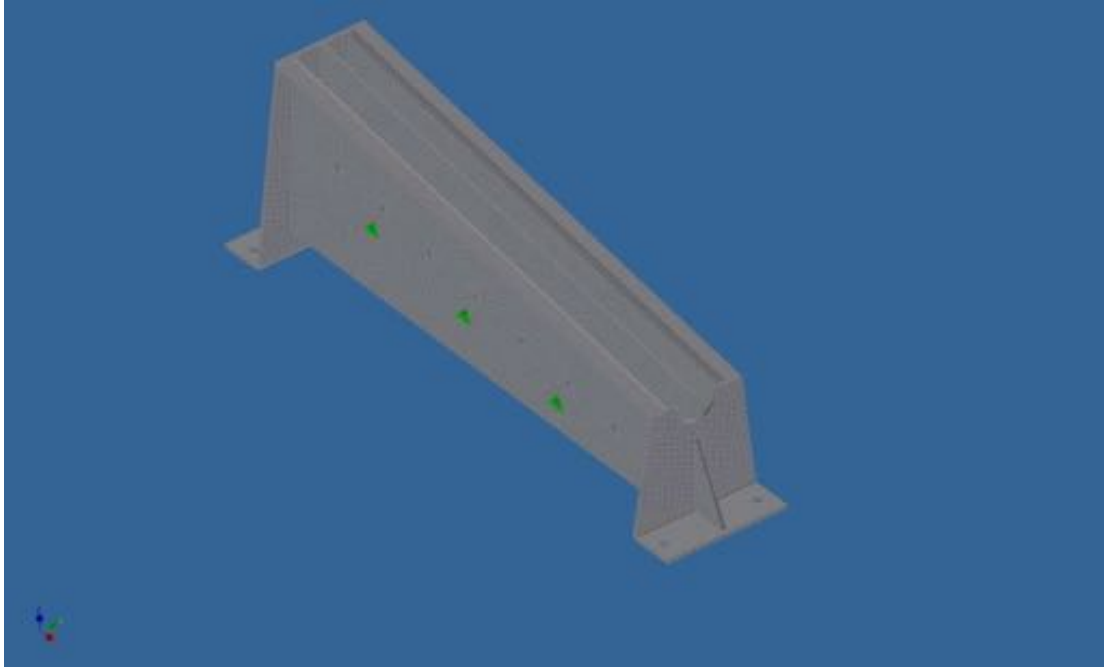
## 4.2 Structural Support

---

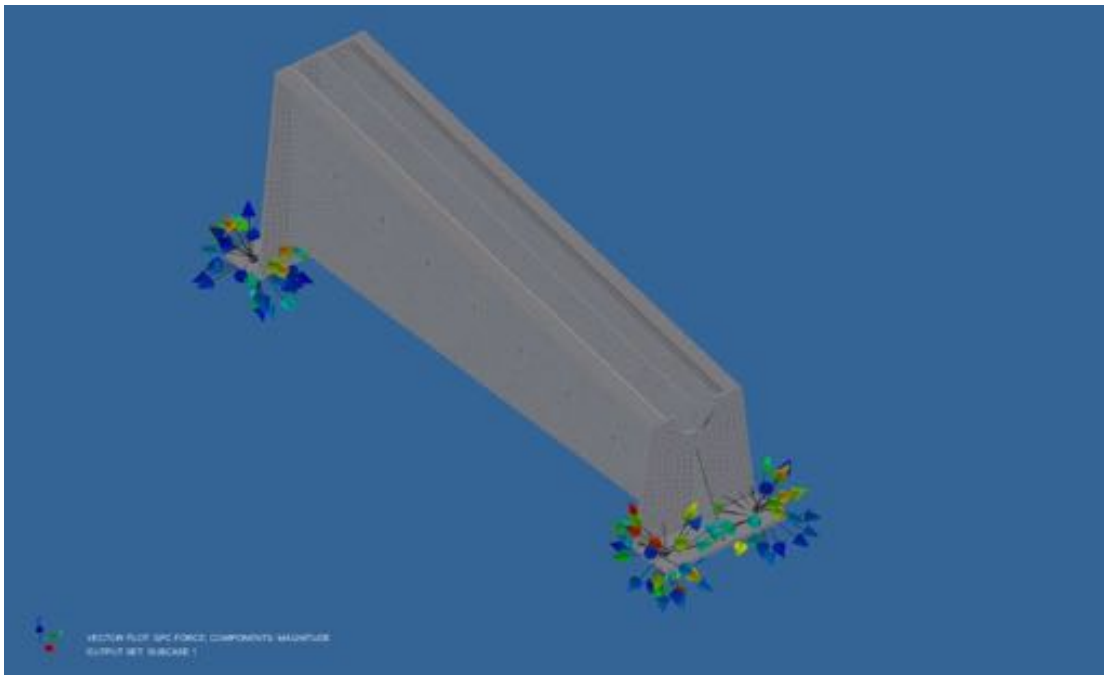
Reaction loads are summarized in Table 4.2.1. Reaction load vector resultants are defined in the basic coordinate system. Moments are summed about location (0.0,0.0,0.0).

Table 4.2.1 Reaction Load Vector Resultant

Subcase	Resultant Force (N)			Resultant Moment(N mm)		
	XT	YT	ZT	XR	YR	ZR
SUBCASE 1	-6906,0	1,447E-4	6905,0	-1,825E+4	-1,049E+6	-1,825E+4



**Figure 3 - Applied Load**



**Figure 4 - Reaction Load**

## 5. Solution

The solution to the Environment defined in Section 4 applied to the Model defined in Section 3 is given below. The program selected the PCGLSS linear solver. Total solution time was 18.5 seconds. The largest [solution error measure](#) was 2,613E-9 for SUBCASE 1. The largest solid element [relative stress error](#) was 9,329E-2 for SUBCASE 1. The results are summarized in the table(s) and figure(s) below.

**Table 5.1.1 Displacement Summary**

Subcase	Minimum Displacement (mm)	Property Group	Maximum Displacement (mm)	Property Group
Subcase 1	0,0		0,101	

**Table 5.1.2 Peak Displacement Component Summary**

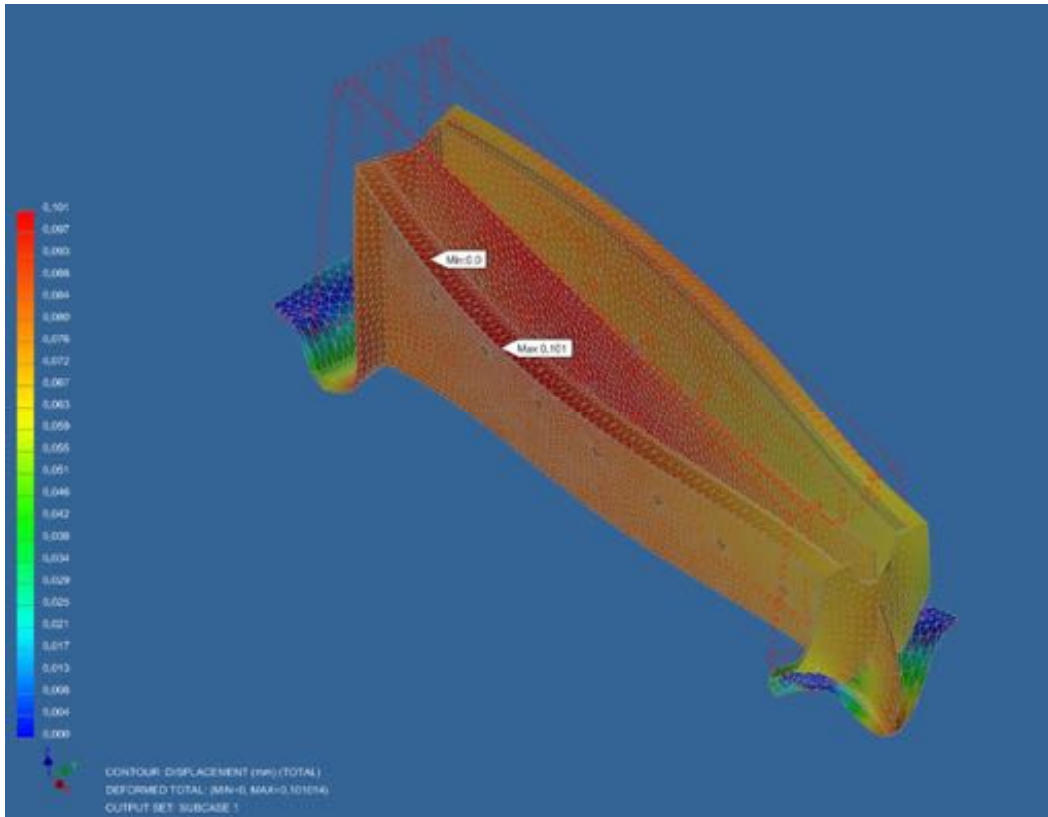
Subcase	Displacement Components (mm)			Rotation Components (mm)		
	XT	YT	ZT	XR	YR	ZR
SUBCASE 1	6,695E-2	5,278E-2	8,657E-2	0,0	0,0	0,0

**Table 5.1.3 Stress Results Summary**

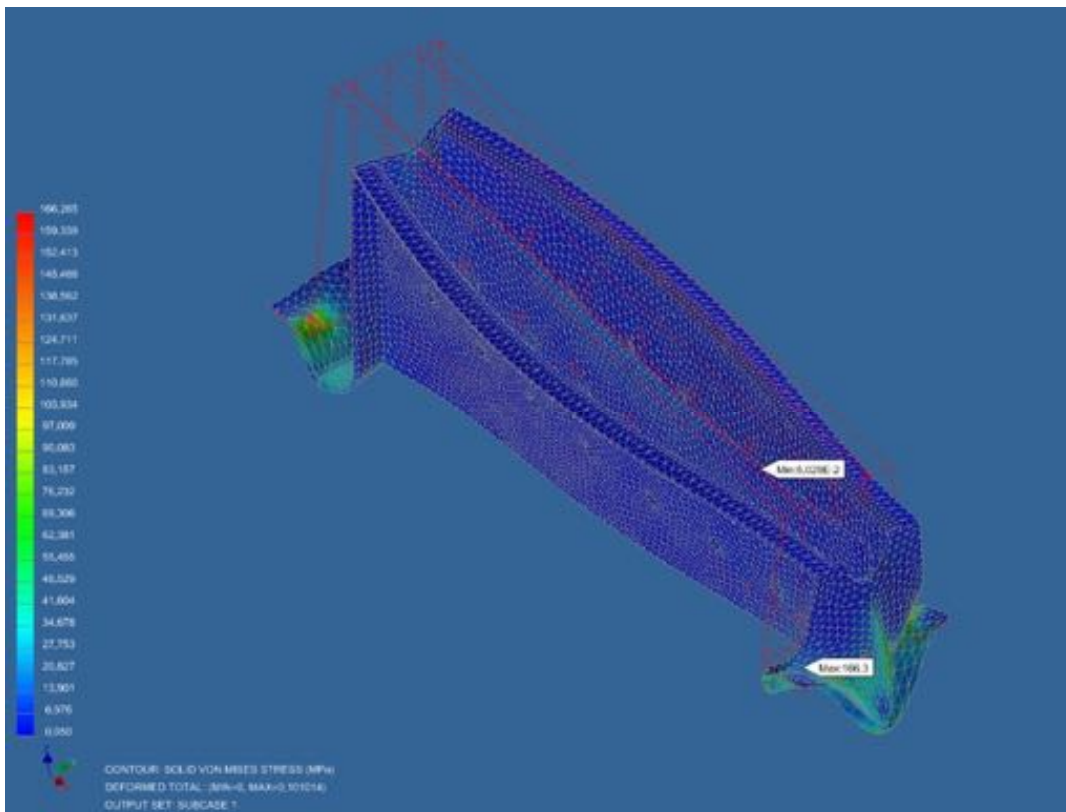
Subcase	Minimum Principal Stress (MPa)	Property Group	Maximum Principal Stress (MPa)	Property Group	Maximum Von Mises Stress (MPa)	Property Group
Subcase 1	-249,1		187,9		166,3	

**Table 5.1.4 [Solution Error Measure](#) and the [Relative Stress Error](#) Summary**

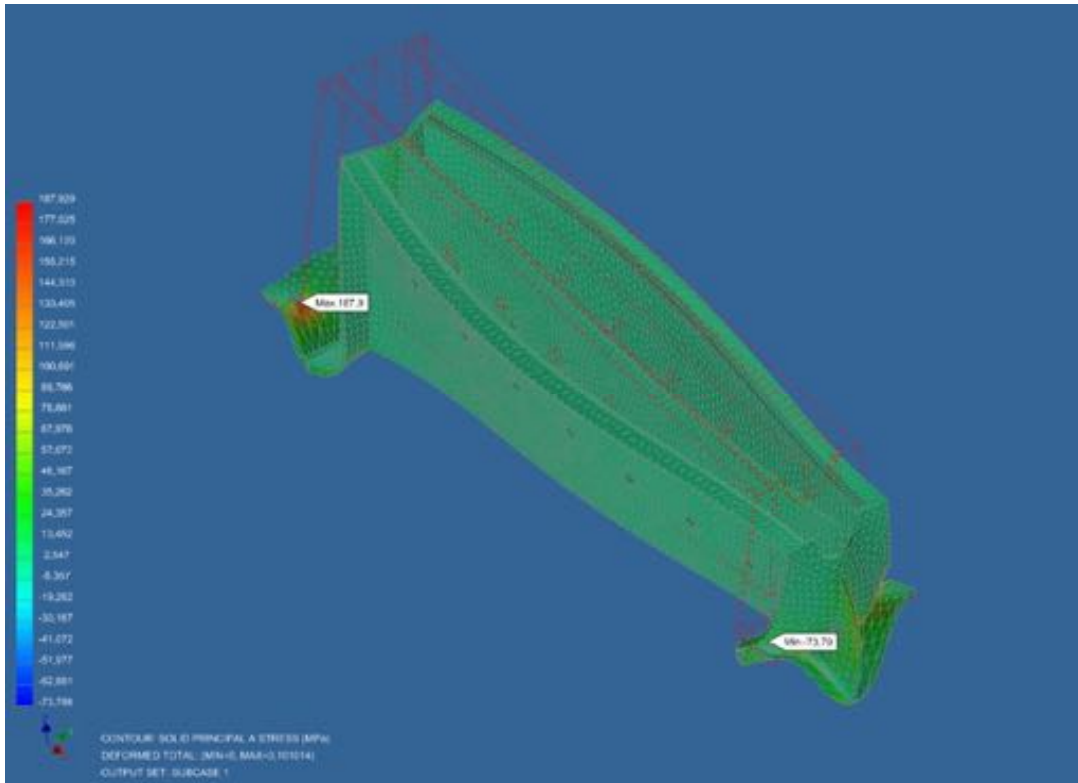
Subcase	<a href="#">Solution Error Measure</a>	Shell Element <a href="#">Relative Stress Error</a>	Solid Element <a href="#">Relative Stress Error</a>
SUBCASE 1	2,613E-9	n/a	9,329E-2



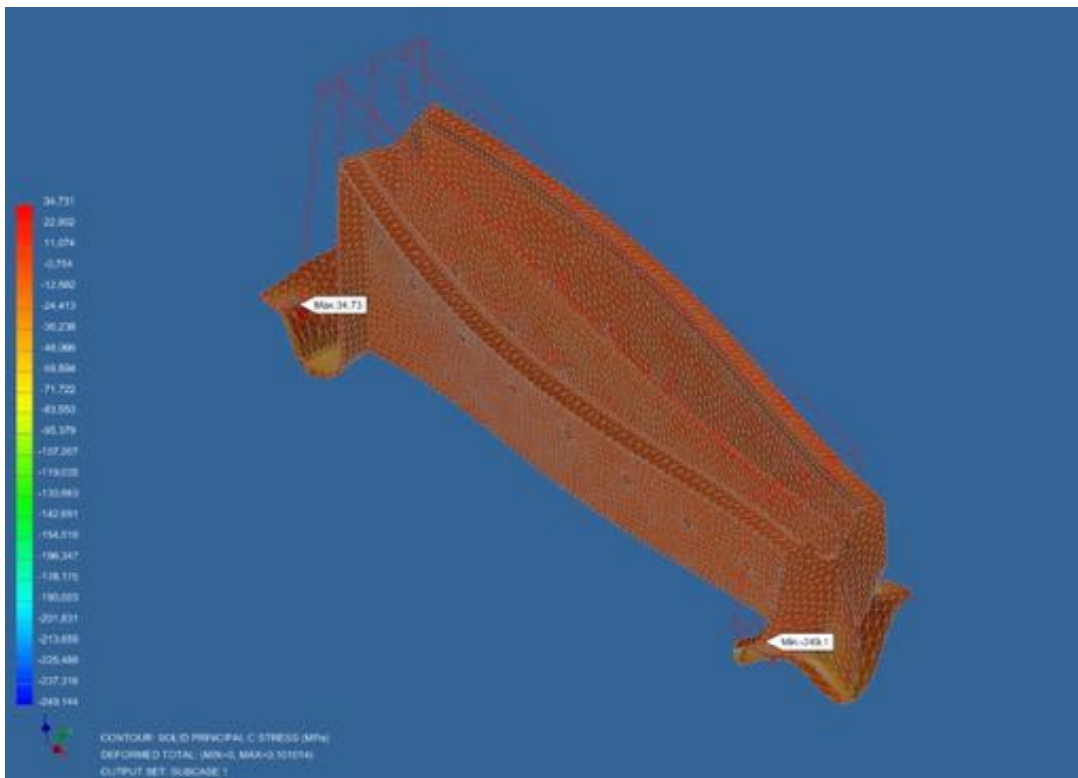
**Figure 5 - OUTPUT SET: SUBCASE 1 -- DEFORMED TOTAL: (MIN=0, MAX=0,101014) -- CONTOUR: DISPLACEMENT (mm) (TOTAL)**



**Figure 6 - OUTPUT SET: SUBCASE 1 -- DEFORMED TOTAL: (MIN=0, MAX=0,101014) -- CONTOUR: SOLID VON MISES STRESS (MPa)**



**Figure 7 - OUTPUT SET: SUBCASE 1 -- DEFORMED TOTAL: (MIN=0, MAX=0,101014) -- CONTOUR: SOLID PRINCIPAL A STRESS (MPa)**



**Figure 8 - OUTPUT SET: SUBCASE 1 -- DEFORMED TOTAL: (MIN=0, MAX=0,101014) -- CONTOUR: SOLID PRINCIPAL C STRESS (MPa)**

## 6. Conclusion:

---

A linear static analysis was performed using the Autodesk Nastran Version 12.1.0.925 finite element solver on the 7yj0j1n2v structure. The finite element model contained mainly elements and consisted of 248181 degrees of freedom. 1 loading condition was analyzed. The maximum displacement was 0,101 mm (load case Subcase 1) The maximum von Mises stress was 166,3 (load case Subcase 1).

## 7. Glossary:

---

### **Aspect Ratio**

Ratio of an element's longest side to its adjacent side.

### **Bi-Directional Slide**

Prevents contacting regions from separating or closing but permits sliding (zero coefficient of friction)

### **Bounding Box**

A three-dimensional cube aligned to the global x,y and z axes that exactly contains a body or assembly.

### **Follower Force**

Loads that follow the motion of the structure as it deforms.

### **General Contact**

Models standard nonlinear surface contact with friction if specified.

### **Relative Stress Error**

A measure of mesh convergence (values greater than 0.01 may indicate that further mesh refinement is required in areas with large stress gradients over a few elements).

### **Rough Contact**

Nonlinear contact that allows separation and closure but does not permit sliding (infinite friction).

### **Skew Angle**

The angle between the lines that join opposite midsides of a quadrilateral face.

### **Solution Error Measure**

A measure of solution quality (values less than 1.0E-07 are generally considered acceptable).

### **Taper Ratio**

The ratio of the areas on the two sides of a diagonal of a quadrilateral face.

### **Warping Angle**

The extent to which a quadrilateral face deviates from being planar.

### **Welded Contact**

Prevents contacting regions from sliding, separating, or closing.

## Bijlage J1: Fundatiebalken verzamelschijven

# Fundatiebalken verzamelschijven

---

**Date:** 05/29/18  
**Author:** STE Trekwerk  
**Subject:** 9277 - Agnietenhof  
**Prepared For:** Agnietenhof Theater  
**Software Used:** Autodesk Nastran Version 12.1.0.925

## 1. Summary

---

Twee decortrekken op maximale dynamische belasting (407 [kg]) per stuk. De andere vier decortrekken hebben alleen de roede als belasting. The report documents design and analysis using Autodesk Nastran engineering simulation software. A linear static analysis was performed using the finite element model shown in the figure below. The model is divided into 1 property group(s). The units system is mm-N-s. The model consists of a total of 398463 nodes and 199244 elements.

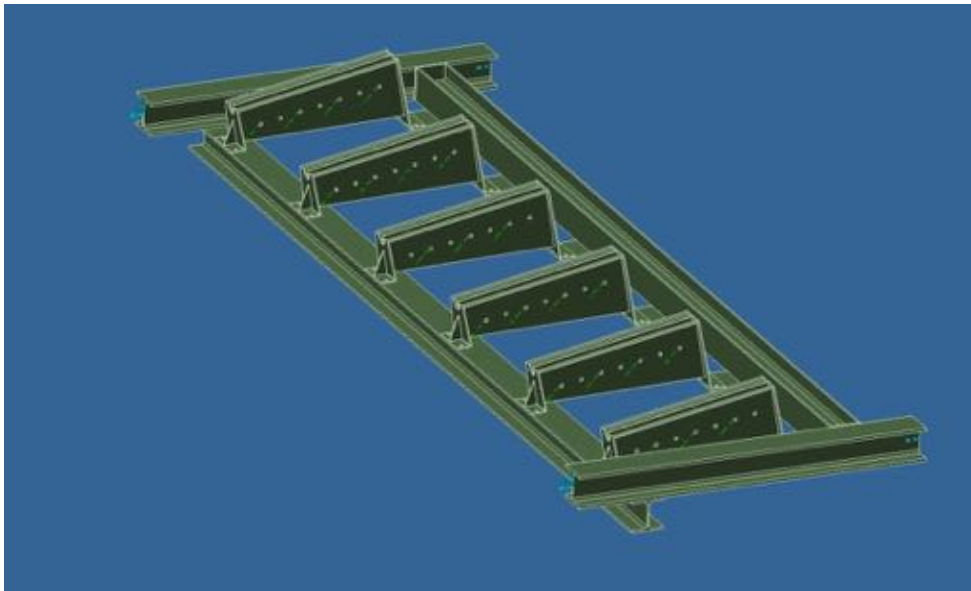


Figure 1 - Finite Element Model

## 2. Assumptions

---

1. Displacements are small.
2. [Follower forces](#) are ignored.

## 3. Model Definition

### 3.1 Group Definition

---

The model is divided into 1 property group(s). Details for each group are given in Table 3.1.1.

1. The [bounding box](#) for all positioned bodies in the model measures 423,7 by 1500,0 by 4420,0mm along the basic coordinate system x, y and z axes, respectively.
2. The total mass of the model is 0,4467 t.
3. The model center of mass is located at (20,08, -472,3, 2060,0) mm.

*Table 3.1.1 Group Definition*

Property Group	Material	<a href="#">Bounding Box</a> (mm)	Mass (t)	Volume (mm <sup>3</sup> )	Nodes	Elements
SOLID 1	MAT 1	423,7, 1500,0, 4420,0	0,4467	5,69E+7	389319	199244

*Table 3.1.2 Part Mass Properties*

Property Group	Material	Mass (t)	Center of Mass (mm)	Moments of Inertia (mm)
SOLID 1	MAT 1	0,4467	20,08, -472,3, 2060,0	1,091E+6, 1,02E+6, 7,817E+4

### 3.2 Contact Definition

---

The model contains 32 contact region(s).  
 - Adaptive stiffness scaling is enabled.

*Table 3.2.1 Contact Definition*

Name	Type	Contact Surface	Normal Stiffness	Penetration
Contact Region 294	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 296, Surface 295	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 297	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 299, Surface 298	Stiffness Controlled	Symmetric

Contact Region 300	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 302, Surface 301	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 303	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 305, Surface 304	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 306	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 308, Surface 307	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 309	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 311, Surface 310	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 312	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 314, Surface 313	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 315	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 317, Surface 316	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 318	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 320, Surface 319	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 321	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 323, Surface 322	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 324	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 326, Surface 325	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 327	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 329, Surface 328	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 330	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 332, Surface 331	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 333	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 335, Surface 334	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 336	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 338, Surface 337	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 339	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 341, Surface 340	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 342	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 344, Surface 343	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 345	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 347, Surface 346	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 348	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 350, Surface 349	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 351	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 353, Surface 352	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 354	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 356, Surface 355	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 357	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 359, Surface 358	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 360	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 362, Surface 361	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 363	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 365, Surface 364	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 366	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 368, Surface 367	Stiffness Controlled	Symmetric



Contact Region 369	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 371, Surface 370	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 372	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 374, Surface 373	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 375	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 377, Surface 376	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 378	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 380, Surface 379	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 381	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 383, Surface 382	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 384	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 386, Surface 385	Stiffness Controlled	Symmetric
Contact Region 387	<a href="#">Welded Contact</a>	Surface 389, Surface 388	Stiffness Controlled	Symmetric

## 3.3 Material Properties

### 3.3.1 Isotropic Material Definition

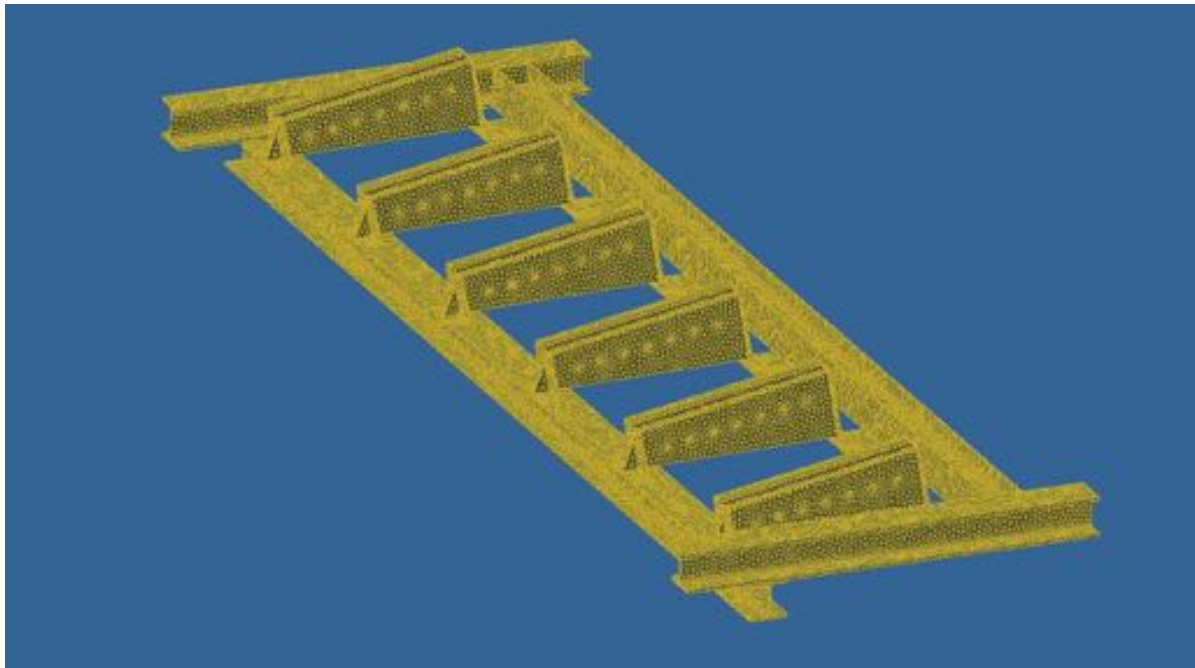
Material ID	E	G	NU	RHO	ALPHA	T-REF
1	2,1E+5	8,077E+4	0,3	7,85E-9	1,2E-5	0,0

## 3.4 Mesh

The finite element mesh is shown in the figure below. The model consists of a total of 398463 nodes and 199244 elements.

*Table 3.4.1 Element Initial Distortion Summary*

Property Group	Property Type	Aspect Ratio	Recommended Limit	Taper Ratio	Recommended Limit	Skew Angle	Recommended Limit	Warping Angle	Recommended Limit
SOLID 1	TET	9,586	100,0	0,0	0,0	154,2	80,0	0,0	0,0



**Figure 2 - Finite Element Mesh**

## 4. Environment

### 4.1 Structural Loading

The finite element environments are shown in the figures below. Applied structural loading is summarized in Table 4.1.1. Applied load vector resultants are defined in the basic coordinate system. Moments are summed about location (0.0,0.0,0.0).

*Table 4.1.1 Applied Load Vector Resultant*

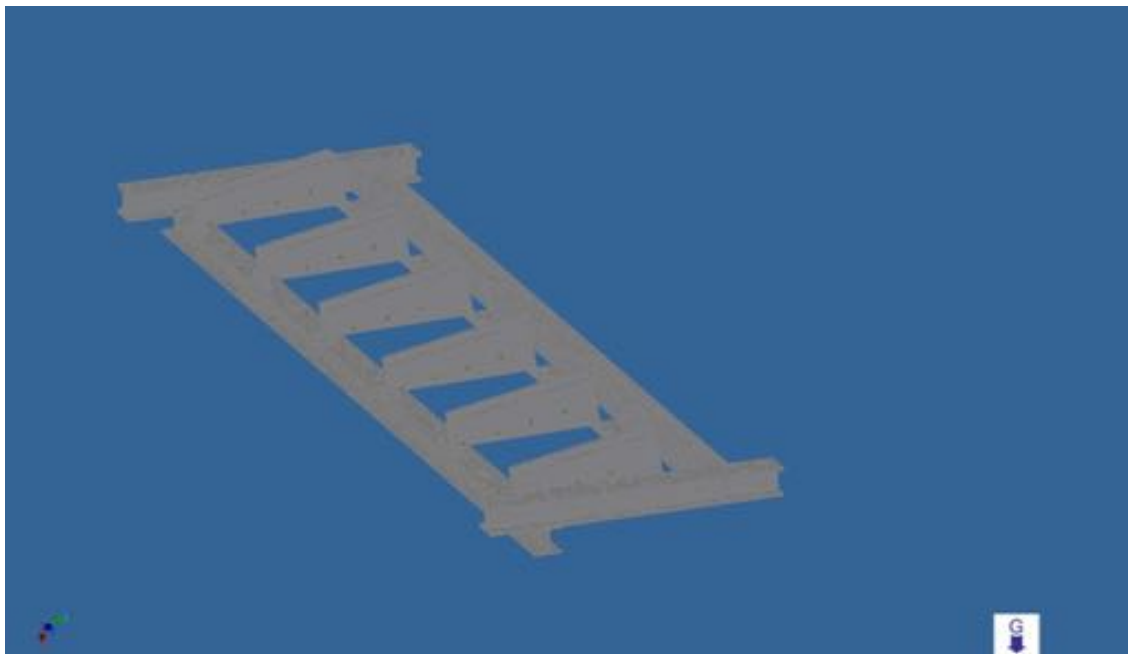
Subcase	Resultant Force(N)			Resultant Moment(N mm)		
	XT	YT	ZT	XR	YR	ZR
SUBCASE 1	1,539E+4	-1,1E+4	0,0	2,267E+7	3,17E+7	9,162E+6

## 4.2 Structural Support

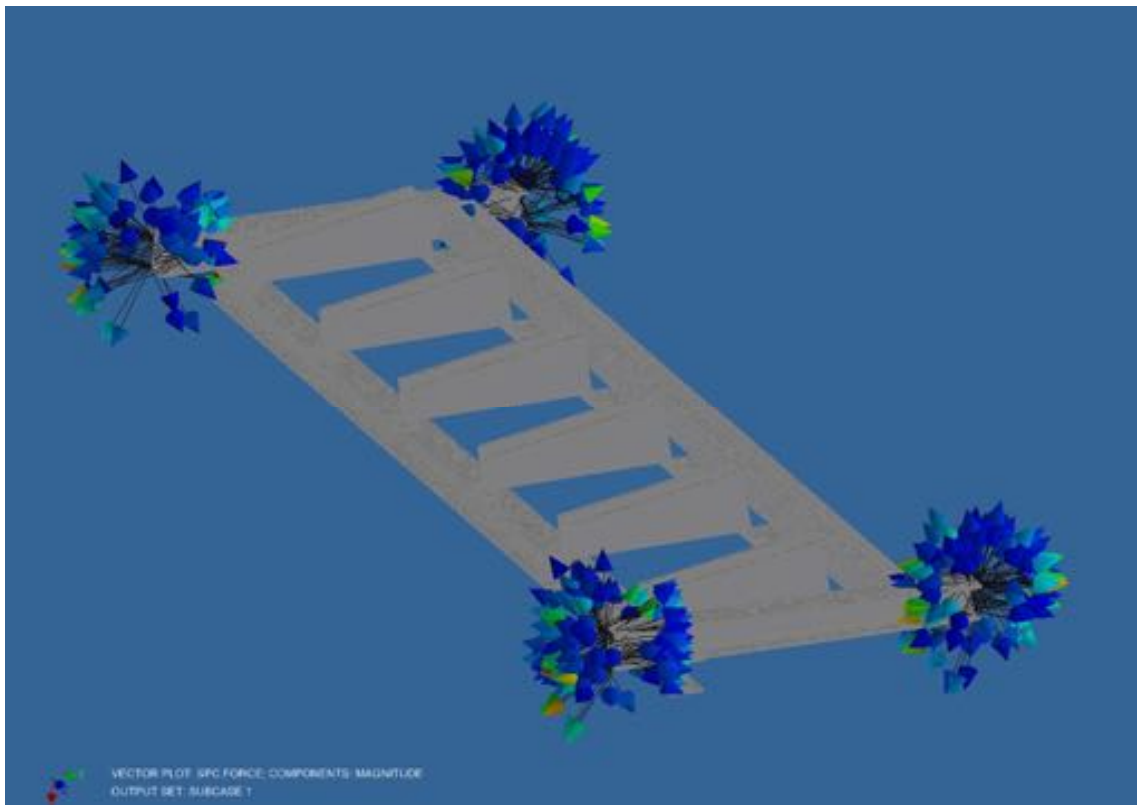
Reaction loads are summarized in Table 4.2.1. Reaction load vector resultants are defined in the basic coordinate system. Moments are summed about location (0.0,0.0,0.0).

*Table 4.2.1 Reaction Load Vector Resultant*

Subcase	Resultant Force (N)			Resultant Moment(N mm)		
	XT	YT	ZT	XR	YR	ZR
SUBCASE 1	-1,539E+4	1,1E+4	-4,915E-3	-2,267E+7	-3,17E+7	-9,162E+6



**Figure 3 - Applied Load**



**Figure 4 - Reaction Load**

## 5. Solution

The solution to the Environment defined in Section 4 applied to the Model defined in Section 3 is given below. The program selected the PCGLSS linear solver. Total solution time was 145.6 seconds. The largest [solution error measure](#) was 4,119E-7 for SUBCASE 1. The largest solid element [relative stress error](#) was 6,738E-2 for SUBCASE 1. The results are summarized in the table(s) and figure(s) below.

**Table 5.1.1 Displacement Summary**

Subcase	Minimum Displacement (mm)	Property Group	Maxmium Displacement (mm)	Property Group
Subcase 1	0,0	DIN 1025-2 - S235JR Cert 2.2 - HE-B 140 x 1500:2	0,2185	DIN 1025-2 - S235JR Cert 2.2 - HE-B 140 x 1500:2
Subcase 1	0,0	DIN 1025-2 - S235JR Cert 2.2 - HE-B 140 x 1500:1	0,2196	DIN 1025-2 - S235JR Cert 2.2 - HE-B 140 x 1500:1
Subcase 1	9,19E-2	TWI-9277-013- 017:1\TWI-9277- 013-021:2	0,1541	TWI-9277-013- 017:1\TWI-9277- 013-021:2

Subcase 1	9,4E-2	TWI-9277-013-017:1\TWI-9277-013-021:1	0,1558	TWI-9277-013-017:1\TWI-9277-013-021:1
Subcase 1	0,2248	TWI-9277-013-017:1\TWI-9277-013-016:6	0,6967	TWI-9277-013-017:1\TWI-9277-013-016:6
Subcase 1	1,322	TWI-9277-013-017:1\TWI-9277-013-016:5	2,302	TWI-9277-013-017:1\TWI-9277-013-016:5
Subcase 1	2,282	TWI-9277-013-017:1\TWI-9277-013-016:4	3,715	TWI-9277-013-017:1\TWI-9277-013-016:4
Subcase 1	2,287	TWI-9277-013-017:1\TWI-9277-013-016:3	3,728	TWI-9277-013-017:1\TWI-9277-013-016:3
Subcase 1	1,332	TWI-9277-013-017:1\TWI-9277-013-016:2	2,315	TWI-9277-013-017:1\TWI-9277-013-016:2
Subcase 1	0,2291	TWI-9277-013-017:1\TWI-9277-013-016:1	0,7053	TWI-9277-013-017:1\TWI-9277-013-016:1
Subcase 1	0,1041	TWI-9277-013-017:1\DIN 1025-3 - S235JR Cert 2.2 - HE-A 140 x 4120:1	3,184	TWI-9277-013-017:1\DIN 1025-3 - S235JR Cert 2.2 - HE-A 140 x 4120:1
Subcase 1	0,0	TWI-9277-013-017:1	0,0	TWI-9277-013-017:1
Subcase 1	0,3658	TWI-9277-013-014:6	0,909	TWI-9277-013-014:6
Subcase 1	1,787	TWI-9277-013-014:5	2,64	TWI-9277-013-014:5
Subcase 1	3,157	TWI-9277-013-014:4	3,853	TWI-9277-013-014:4
Subcase 1	3,164	TWI-9277-013-014:3	3,866	TWI-9277-013-014:3
Subcase 1	1,795	TWI-9277-013-014:2	2,642	TWI-9277-013-014:2
Subcase 1	0,3656	TWI-9277-013-014:1	0,911	TWI-9277-013-014:1
Subcase 1	2,662E-3	DIN 1025-3 - S235JR Cert 2.2 - HE-A 140 x 4400:1	3,964	DIN 1025-3 - S235JR Cert 2.2 - HE-A 140 x 4400:1
Subcase 1	0,0		3,964	

**Table 5.1.2 Peak Displacement Component Summary**

Subcase	Displacement Components (mm)			Rotation Components (mm)		
	XT	YT	ZT	XR	YR	ZR
SUBCASE 1	3,726	1,659	0,5191	0,0	0,0	0,0

**Table 5.1.3 Stress Results Summary**

Subcase	Minimum Principal Stress (MPa)	Property Group	Maximum Principal Stress (MPa)	Property Group	Maximum Von Mises Stress (MPa)	Property Group
Subcase 1	-140,4	DIN 1025-2 - S235JR Cert 2.2 - HE-B 140 x 1500:2	119,3	DIN 1025-2 - S235JR Cert 2.2 - HE-B 140 x 1500:2	102,1	DIN 1025-2 - S235JR Cert 2.2 - HE-B 140 x 1500:2
Subcase 1	-150,9	DIN 1025-2 - S235JR Cert 2.2 - HE-B 140 x 1500:1	166,8	DIN 1025-2 - S235JR Cert 2.2 - HE-B 140 x 1500:1	144,6	DIN 1025-2 - S235JR Cert 2.2 - HE-B 140 x 1500:1
Subcase 1	-121,4	TWI-9277-013-017:1\TWI-9277-013-021:2	68,58	TWI-9277-013-017:1\TWI-9277-013-021:2	91,88	TWI-9277-013-017:1\TWI-9277-013-021:2
Subcase 1	-124,8	TWI-9277-013-017:1\TWI-9277-013-021:1	88,38	TWI-9277-013-017:1\TWI-9277-013-021:1	88,37	TWI-9277-013-017:1\TWI-9277-013-021:1
Subcase 1	-21,46	TWI-9277-013-017:1\TWI-9277-013-016:6	15,55	TWI-9277-013-017:1\TWI-9277-013-016:6	26,34	TWI-9277-013-017:1\TWI-9277-013-016:6
Subcase 1	-19,43	TWI-9277-013-017:1\TWI-9277-013-016:5	24,69	TWI-9277-013-017:1\TWI-9277-013-016:5	24,34	TWI-9277-013-017:1\TWI-9277-013-016:5
Subcase 1	-58,09	TWI-9277-013-017:1\TWI-9277-013-016:4	70,76	TWI-9277-013-017:1\TWI-9277-013-016:4	70,98	TWI-9277-013-017:1\TWI-9277-013-016:4
Subcase 1	-53,17	TWI-9277-013-017:1\TWI-9277-013-016:3	66,75	TWI-9277-013-017:1\TWI-9277-013-016:3	73,54	TWI-9277-013-017:1\TWI-9277-013-016:3
Subcase 1	-22,92	TWI-9277-013-017:1\TWI-	25,56	TWI-9277-013-017:1\TWI-	23,75	TWI-9277-013-017:1\TWI-



		9277-013-016:2		9277-013-016:2		9277-013-016:2
Subcase 1	-31,45	TWI-9277-013-017:1\TWI-9277-013-016:1	17,65	TWI-9277-013-017:1\TWI-9277-013-016:1	39,69	TWI-9277-013-017:1\TWI-9277-013-016:1
Subcase 1	-95,29	TWI-9277-013-017:1\DIN 1025-3 - S235JR Cert 2.2 - HE-A 140 x 4120:1	133,1	TWI-9277-013-017:1\DIN 1025-3 - S235JR Cert 2.2 - HE-A 140 x 4120:1	97,4	TWI-9277-013-017:1\DIN 1025-3 - S235JR Cert 2.2 - HE-A 140 x 4120:1
Subcase 1	0,0	TWI-9277-013-017:1	0,0	TWI-9277-013-017:1	0,0	TWI-9277-013-017:1
Subcase 1	-28,31	TWI-9277-013-014:6	40,06	TWI-9277-013-014:6	31,35	TWI-9277-013-014:6
Subcase 1	-55,95	TWI-9277-013-014:5	89,83	TWI-9277-013-014:5	83,29	TWI-9277-013-014:5
Subcase 1	-136,3	TWI-9277-013-014:4	175,6	TWI-9277-013-014:4	159,2	TWI-9277-013-014:4
Subcase 1	-148,6	TWI-9277-013-014:3	166,5	TWI-9277-013-014:3	150,6	TWI-9277-013-014:3
Subcase 1	-65,93	TWI-9277-013-014:2	77,49	TWI-9277-013-014:2	68,19	TWI-9277-013-014:2
Subcase 1	-28,39	TWI-9277-013-014:1	37,48	TWI-9277-013-014:1	29,62	TWI-9277-013-014:1
Subcase 1	-43,32	DIN 1025-3 - S235JR Cert 2.2 - HE-A 140 x 4400:1	107,5	DIN 1025-3 - S235JR Cert 2.2 - HE-A 140 x 4400:1	107,0	DIN 1025-3 - S235JR Cert 2.2 - HE-A 140 x 4400:1
Subcase 1	-150,9		175,6		159,2	

*Table 5.1.4 Solution Error Measure and the Relative Stress Error Summary*

Subcase	<u>Solution Error Measure</u>	Shell Element <u>Relative Stress Error</u>	Solid Element <u>Relative Stress Error</u>
SUBCASE 1	4,119E-7	n/a	6,738E-2

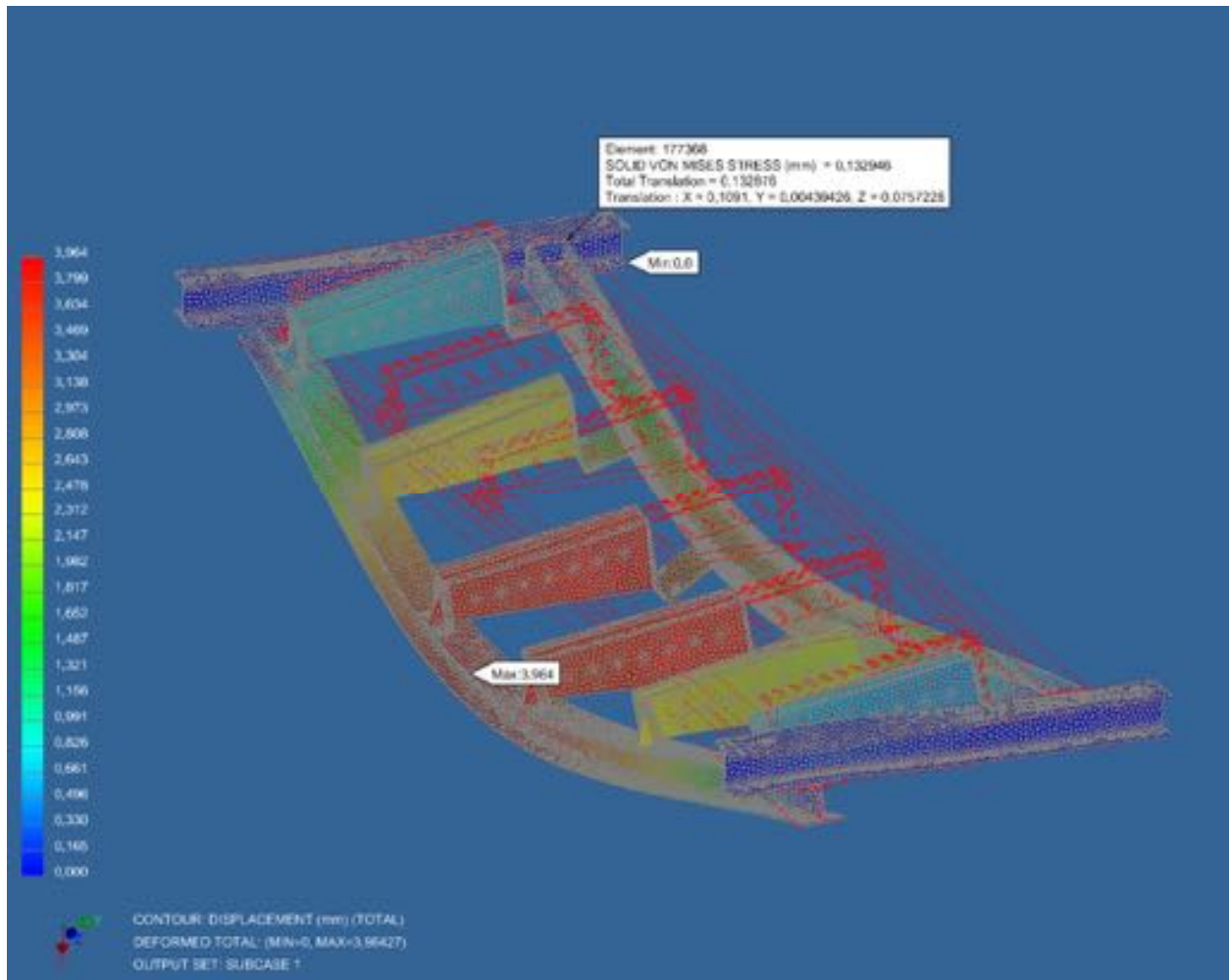


Figure 5 - OUTPUT SET: SUBCASE 1 -- DEFORMED TOTAL: (MIN=0, MAX=3,96427) --  
CONTOUR: DISPLACEMENT (mm) (TOTAL)

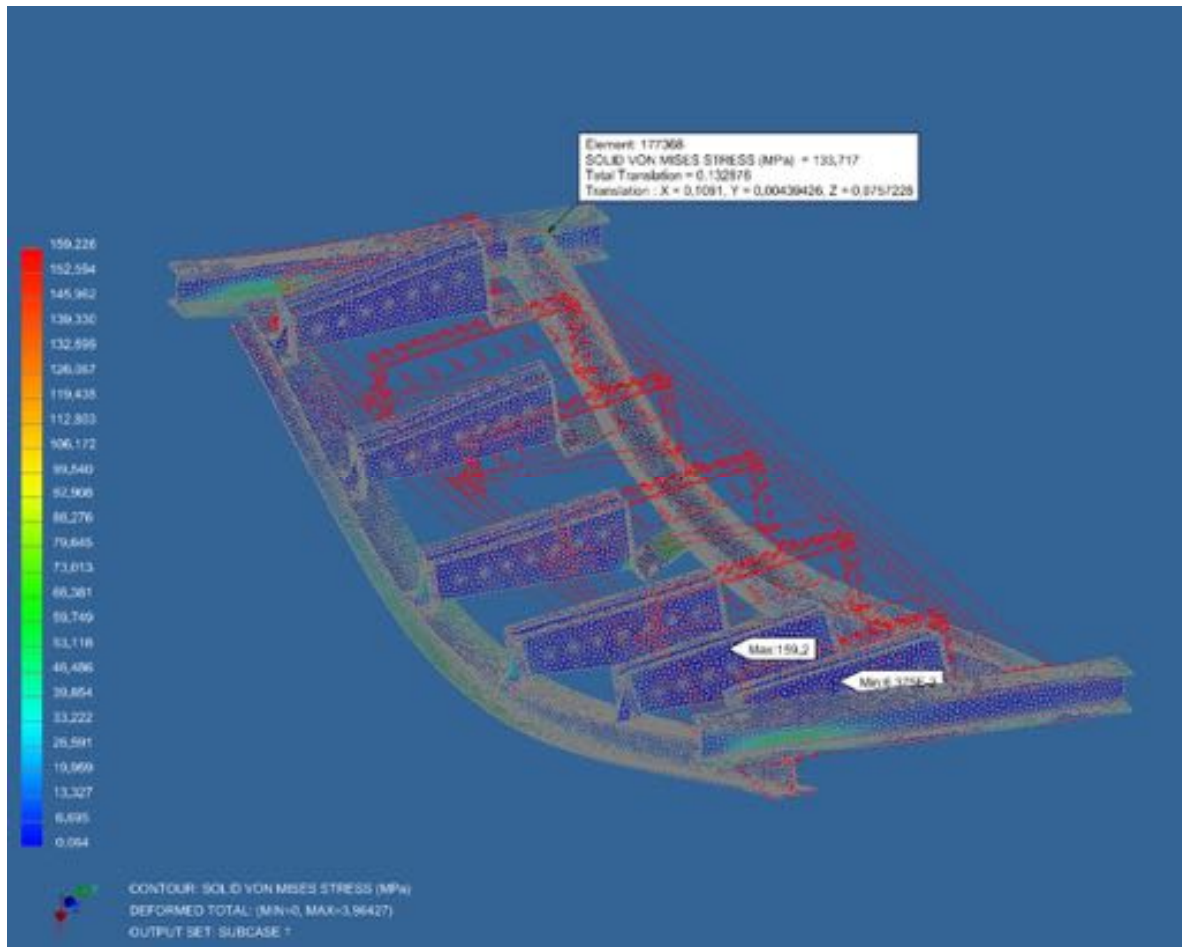
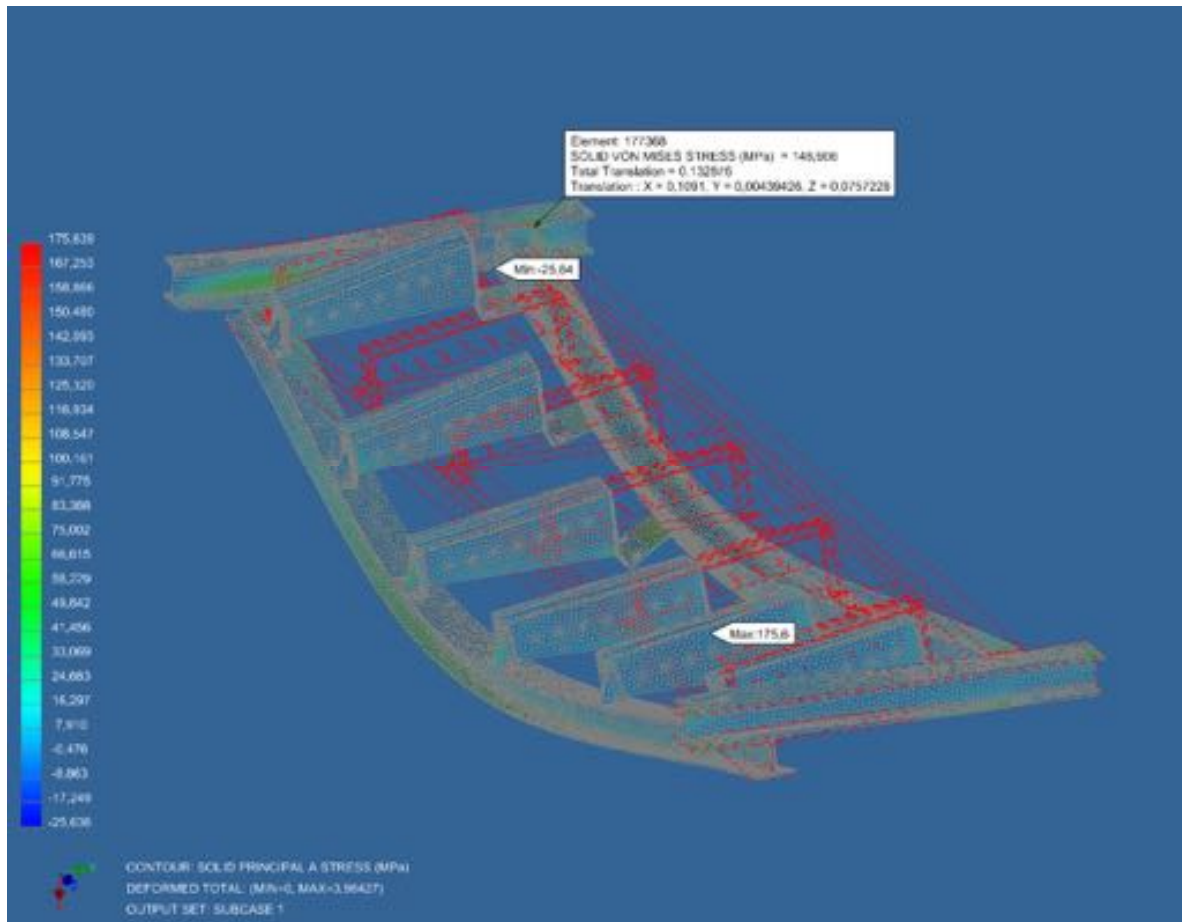
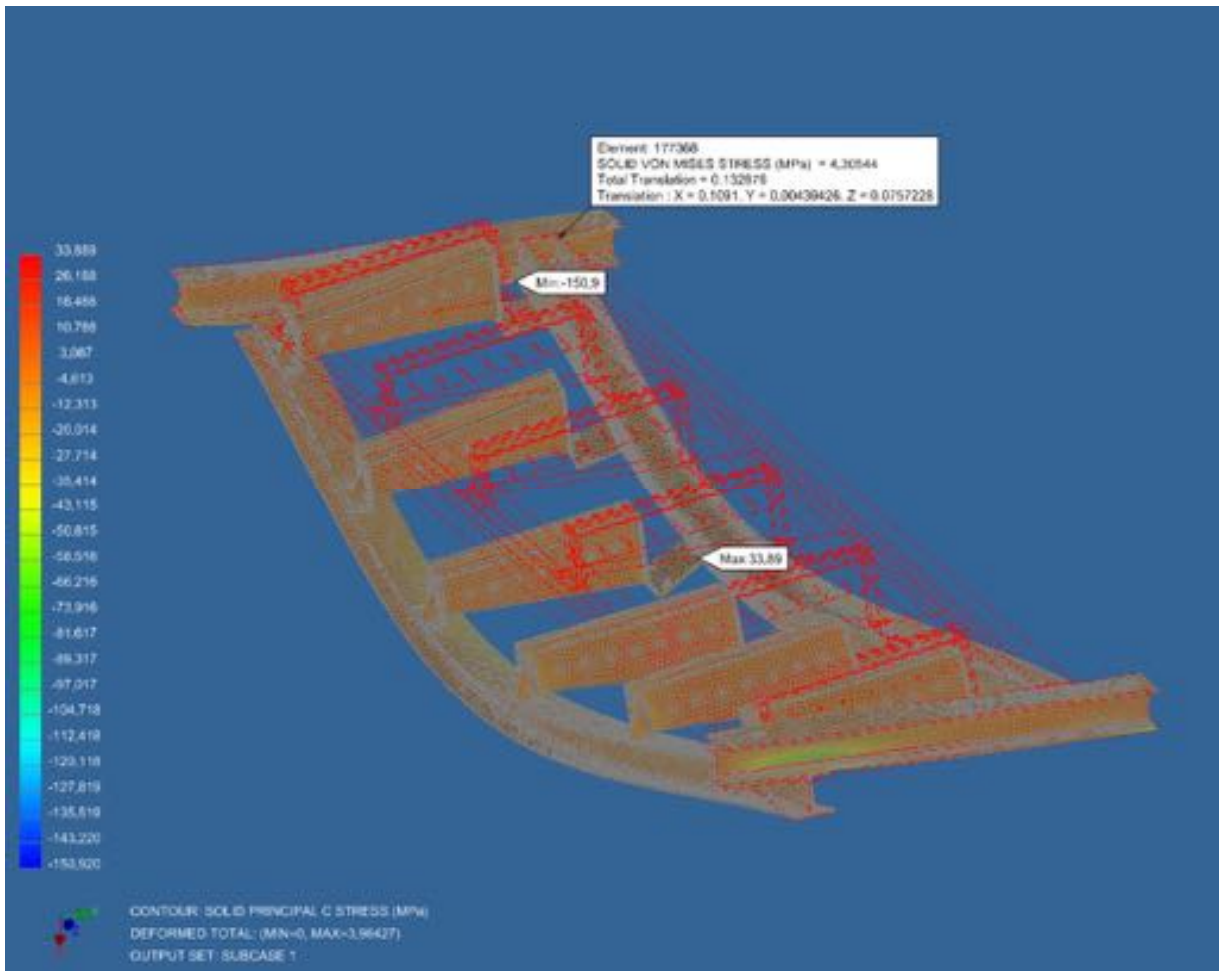


Figure 6 - OUTPUT SET: SUBCASE 1 -- DEFORMED TOTAL: (MIN=0, MAX=3,96427) --  
CONTOUR: SOLID VON MISES STRESS (MPa)



**Figure 7 - OUTPUT SET: SUBCASE 1 -- DEFORMED TOTAL: (MIN=0, MAX=3,96427) -- CONTOUR: SOLID PRINCIPAL A STRESS (MPa)**



**Figure 8 - OUTPUT SET: SUBCASE 1 -- DEFORMED TOTAL: (MIN=0, MAX=3,96427) -- CONTOUR: SOLID PRINCIPAL C STRESS (MPa)**

## 6. Conclusion:

A linear static analysis was performed using the Autodesk Nastran Version 12.1.0.925 finite element solver on the 5y4r2iyx5 structure. The finite element model contained mainly DIN 1025-3 - S235JR Cert 2.2 - HE-A 140 x 4400:1 elements and consisted of 1233504 degrees of freedom. 1 loading condition was analyzed. The maximum displacement was 0,2185 mm (load case Subcase 1) The maximum von Mises stress was 102,1 (load case Subcase 1).

## 7. Glossary:

---

### **Aspect Ratio**

Ratio of an element's longest side to its adjacent side.

### **Bi-Directional Slide**

Prevents contacting regions from separating or closing but permits sliding (zero coefficient of friction)

### **Bounding Box**

A three-dimensional cube aligned to the global x,y and z axes that exactly contains a body or assembly.

### **Follower Force**

Loads that follow the motion of the structure as it deforms.

### **General Contact**

Models standard nonlinear surface contact with friction if specified.

### **Relative Stress Error**

A measure of mesh convergence (values greater than 0.01 may indicate that further mesh refinement is required in areas with large stress gradients over a few elements).

### **Rough Contact**

Nonlinear contact that allows separation and closure but does not permit sliding (infinite friction).

### **Skew Angle**

The angle between the lines that join opposite midsides of a quadrilateral face.

### **Solution Error Measure**

A measure of solution quality (values less than 1.0E-07 are generally considered acceptable).

### **Taper Ratio**

The ratio of the areas on the two sides of a diagonal of a quadrilateral face.

### **Warping Angle**

The extent to which a quadrilateral face deviates from being planar.

### **Welded Contact**

Prevents contacting regions from sliding, separating, or closing.

# Bijlage K: Omschrijving lastenbord in CWA-normering

CWA 15902-1:2008 (E)

## 9 Information for use

### 9.1 General

Instructions for use shall be prepared in accordance with the machine directive and EN 62079 - Preparation of instructions - Structuring, content and presentation (IEC 62079).

### 9.2 Technical data to be included

Data from the following technical list shall be included in the specification of the machinery installation as far as is applicable in this document:

- a) Intended use;
- b) operating conditions;
- c) duty type of drive system, as in EN 60034-1 - Rotating electrical machines - Part 1: Rating and performance;
- d) (IEC 60034-1:2004);
- e) Safe Working Load at rest and in motion;
- f) maximum concentrated and area loads;
- g) travel speeds;
- h) acceleration and deceleration values under normal operating conditions and under failure conditions;
- i) travel path;
- j) operating mode (synchronisation tolerances and overtravel limits);
- k) tolerances in the event of failure;
- l) type of group travel;
- m) type of control system;
- n) independent third party certification of safety functions and their SIL levels;
- o) Operating and ambient temperature limits;
- p) Maximum allowable deflection of elevators.

This information is to be included in the user's instructions and recorded in a test log.

### 9.3 Marking

#### 9.3.1 General

All marking shall be clear, legible and located in a place where it can be easily seen. Markings shall not significantly reduce the safety or strength of a component. Markings shall not easily disappear as a result of wear and tear.

#### 9.3.2 Safe working load

Lifting machines and lifting accessories shall be marked with their safe working load (SWL).

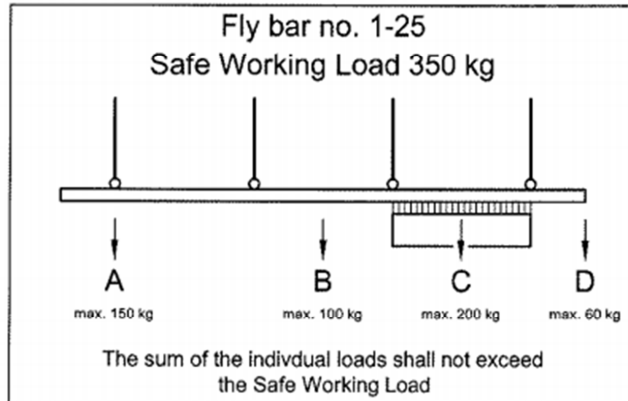
When the SWL is reduced to a lower level than the calculated SWL for operational reasons, the completed installation shall be labelled accordingly.

Machinery that is installed shall be marked with the SWL near to where the load is attached.

45

**CWA 15902-1:2008 (E)**

Where the load is applied as other than a single vertical point load, a loading notice shall be provided to indicate the SWL under the different permitted distribution conditions.



**Key**

- A max. concentrated load under one wire rope, depending on rope dimensions
- B max. concentrated load between two wire ropes, at mid-span, depending on bar dimensions and max. load A
- C max. uniformly distributed load between two wire ropes, depending on bar dimensions and max. load A
- D max. concentrated load at bar end, depending on bar dimensions and max. load A

**Figure 11 — Loading Notice giving maximum allowable loads (example)**

**9.3.3 Anchorages**

All anchorages shall be clearly marked with their SWL and the direction in which the load may be applied.

NOTE For the marking of anchorages for use with personal protective equipment see EN 795.

**9.3.4 Loading notices**

Loading notices shall be displayed prominently.

NOTE 1 Typically notices should be provided on the stage/studio floor, on any galleries/gantries, on the grid, adjacent to anchorages and at any load control point.

The loading notice shall detail the loading limitations. Detailed design information shall be obtained from the structural engineer responsible for the building and a competent mechanical engineer or the suppliers of the lifting equipment. The loading notice shall also reflect any controls or limitations that may have been applied to the system by independent testers and or local authorities.

NOTE 2 Ideally the information should be detailed in both written form and via pictorial representation which should include any terminology specific to the area. For example if there is a maximum load in any one bay (or section) of the grid, then the pictorial representation should show what a bay is.

The loading notice shall include the following information:

- a) where counterweights are stored, the floor loading including the distribution of weights. This shall state the safe point loading in kg and safe distributed loading in kg/m<sup>2</sup>;
- b) maximum SWL for each different type of hoist or counterweight set;
- c) details as to whether the load on the bar is allowable as a point load or a uniformly distributed load;

- d) the parts of the structure upon which the load may be applied;

NOTE 3 For example, it may be appropriate to paint certain parts of the structure a different colour if loads are permitted. In the converse case if it is not permitted to suspend loads on any general parts of the structure this should be clearly indicated on the loading notice with a suitable disclaimer e.g. loads may not be applied to any part of the building structure unless painted yellow.

- e) where the load is permanently installed, and no additional loading is allowed, the total load suspended shall be prominently marked on the load with a notice forbidding any additional loading.

### 9.3.5 Lifting accessories

Lifting accessories shall be marked in accordance with the requirements of their relevant standards, e.g. CE mark.

NOTE 1 These markings usually include the SWL, classification mark, manufacturer and a distinguishing mark to allow identification with the manufacturer's certificate of test and examination. Markings shall consider requirements set out in clause 7.5.

For lifting accessories with one SWL, this value shall be marked on the accessory.

NOTE 2 Where this is not possible, a coding system should be used which allows the user to determine the SWL, examples of such systems include colour coding or attaching some form of label. Care should be exercised to avoid confusion with other colour coding systems.

Where the configuration of an accessory affects the SWL it shall be clearly marked by a tag or a plate, or a notice shall be readily available providing the user with information on the SWL for each configuration. Lifting accessories shall be marked in such a way that it is possible to identify the characteristics necessary for their safe use.

Where a number of lifting accessories are assembled to form one lifting assembly or part of a lifting system which is not dismantled after use, the assembly shall be marked to indicate its safety characteristics to users.

Where the weight of a lifting accessory is significant in relation to the SWL of the machine with which it is to be used, the accessory shall be clearly marked with its weight.

Where there are other characteristics that make the use of a lifting accessory unsuitable in a particular application, then this information shall be marked or otherwise be available to the user.

A unique number or a batch number shall identify wire rope and termination assemblies and be quoted on the accompanying certification.

All chain slings and bridle chains shall be marked in accordance with EN 818-4.

### 9.3.6 Machinery

Every machine, whether manually or power operated, shall carry a "rating label" as set in 3.2 legibly marked with the following minimum particulars:

- a) name and address of manufacturer or importer where relevant;
- b) CE mark (where relevant);
- c) designation of series or type;
- d) serial number;
- e) year of construction or manufacture;
- f) SWL;
- g) correct power supplies;

And where relevant:

## Bijlage L: Rapport breekkracht ketting



KSC  
Kabel Service Center b.v.



# KSC

Kabel Service Center b.v.  
Woensdrechtstraat 23  
3045 PZ Rotterdam-NL

Stakebrand BV  
Industrieweg 52  
5591 JL Heeze

Ref **██████████** Rotterdam, 20 Oktober 1993

Ons order nr **██████████**  
Faktuurnr **██████████**

Hiermede verklaren wij dat KSC Kabel Service Center BV te Rotterdam, voor u te hebben getest op onze goedgekeurde HAI toestbank:

### T Y P E B

Datum : 18-Okt-93

Tijd : 12:10:46

Code 1 : 0

Code 2 : 0

Code 3 : 0

Code 4 : 0

Breuk Waarde: 12.4 kN

0.6 N/mm<sup>2</sup>

KSC - Kabel Service Center BV

K.S.C. Kabel Service Center B.V.  
Woensdrechtstraat 23  
3045 PZ ROTTERDAM  
phone 010 - 422 14 66  
fax 010 - 418 45 91  
AUTHORIZED SWIPRIGGERS  
AND TESTING FACILITIES

Telefoon (010) 4221466 - Telefax 25393 - Telefax (010) 4184591

Handelsregister Rotterdam 85785. Bankier: Société Générale, Blaak 22, Rotterdam, rekeningnummer: 2702 47 211. Giro van de bank 4416800  
Voor al onze leveringen gelden onze leverings- en verkoopvoorwaarden oecdoconcord op 27 juli 1981 bij de Griffie van de arrondissementsrechtbank te Rotterdam.

## Bijlage M: Vermoeiingsberekening trommelas

### Shaft Component Generator (Version: 2018.3 (Build 223284000, 284))

17-8-2018

#### Material

Material		User material
Modulus of Elasticity	E	206000 MPa
Modulus of Rigidity	G	80000 MPa
Density	$\rho$	7860 kg/m <sup>3</sup>

#### Loads

Index	Location	Radial Force				Bending Moment				Continuous Load				Axial Force	Torque	Deflection				Deflection Angle
		Y	X	Size	Direction	Y	X	Size	Direction	Y	X	Size	Direction			Length	Y	X	Size	
1	80 mm	3400,00 N		3400,00 N												-30,96 microm	30,96 microm	180,0 deg	0,0 deg	
2	80 mm													-570,00 N m		-30,96 microm	30,96 microm	180,0 deg	0,0 deg	
3	725 mm	3400,00 N		3400,00 N												-139,99 microm	139,99 microm	180,0 deg	0,0 deg	
4	725 mm													-570,00 N m		-139,99 microm	139,99 microm	180,0 deg	0,0 deg	
5	902 mm													1140,00 N m		-0,00 microm	0,00 microm	180,0 deg	0,1 deg	

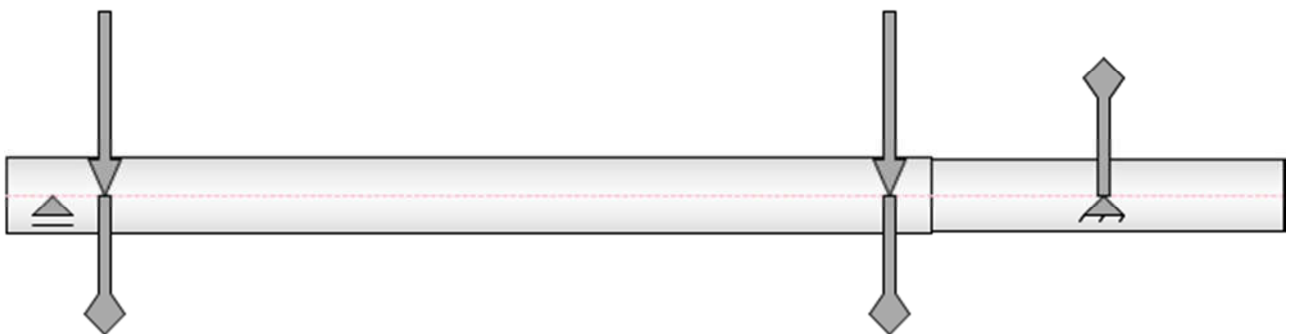
☐ **Supports**

Index	Type	Location	Reaction Force					Yielding	Type	Deflection				Deflection Angle
			Y	X	Size	Direction	Axial Force			Y	X	Size	Direction	
1	Free	37,5 mm	4046,13 N		4046,13 N				User	-0,00 microm		0,00 microm	180,0 deg	0,0 deg
2	Fixed	902 mm	3011,46 N		3011,46 N				User	-0,00 microm		0,00 microm	180,0 deg	0,1 deg

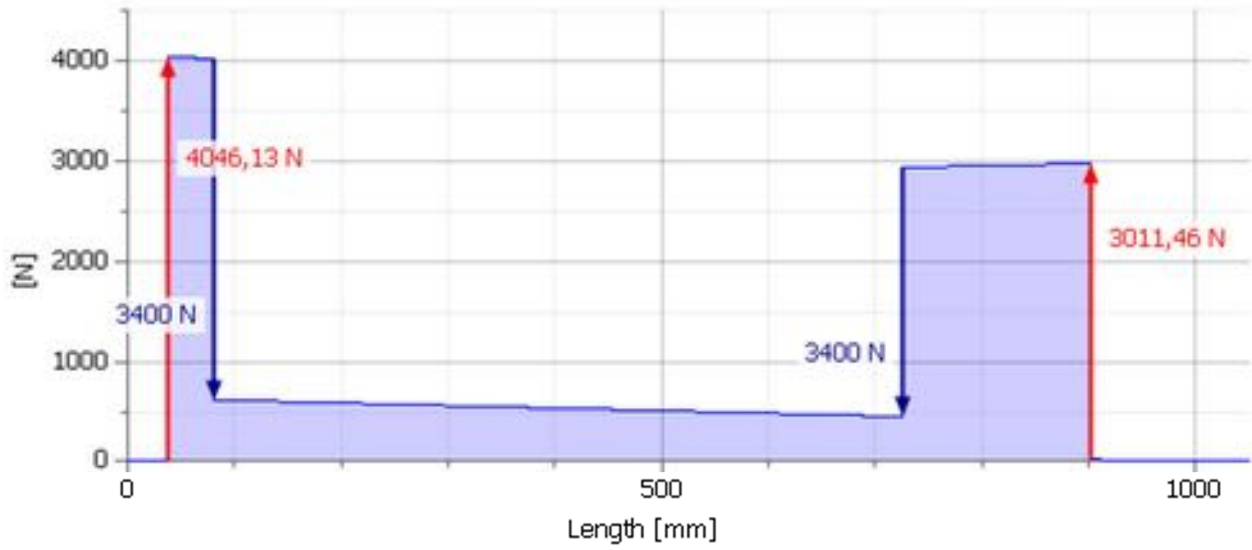
☐ **Results**

Length	L	1050,00 mm
Mass	Mass	26,27 kg
Maximal Bending Stress	$\sigma_B$	19,73 MPa
Maximal Shear Stress	$\tau_S$	1,22 MPa
Maximal Torsional Stress	$\tau$	26,88 MPa
Maximal Tension Stress	$\sigma_T$	0,00 MPa
Maximal Reduced Stress	$\sigma_{red}$	50,60 MPa
Maximal Deflection	$f_{max}$	200,17 microm
Angle of Twist	$\varphi$	-0,3 deg

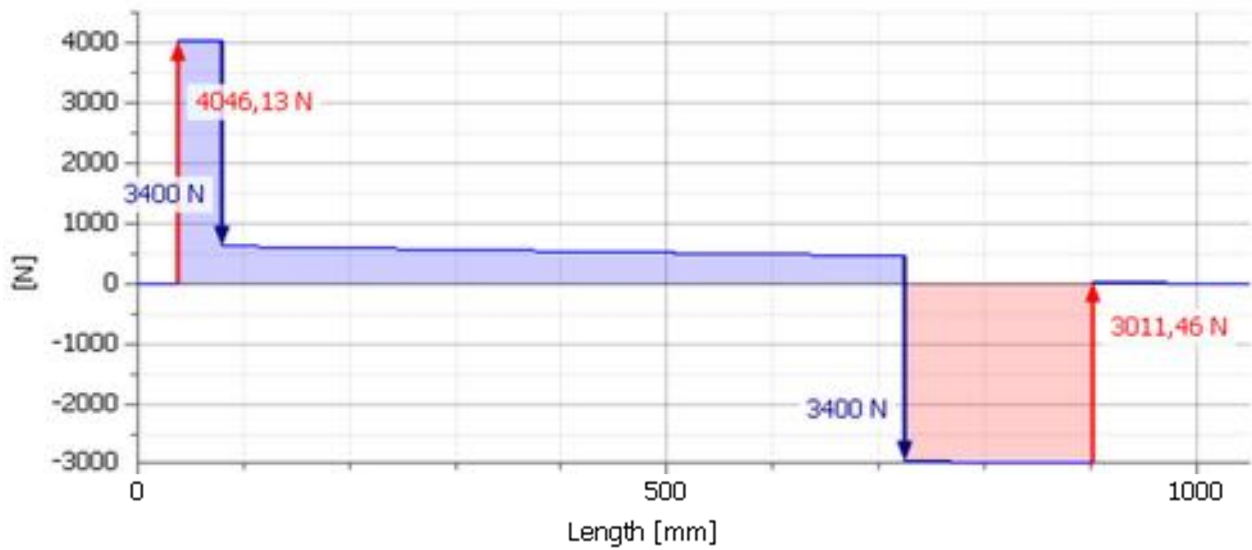
☐ **Preview**



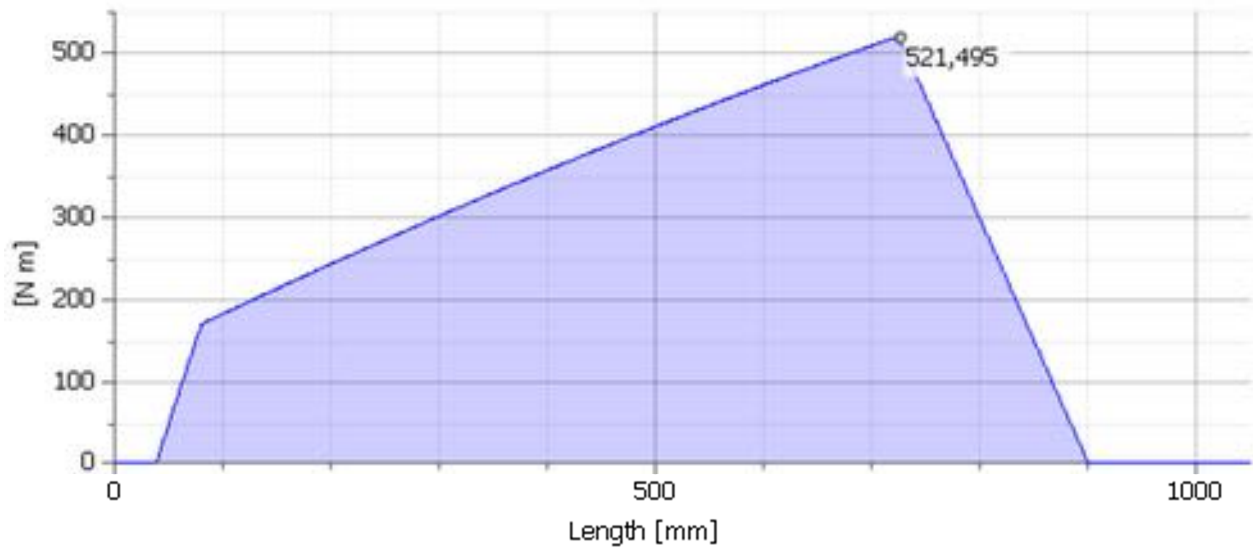
☐ Shear Force



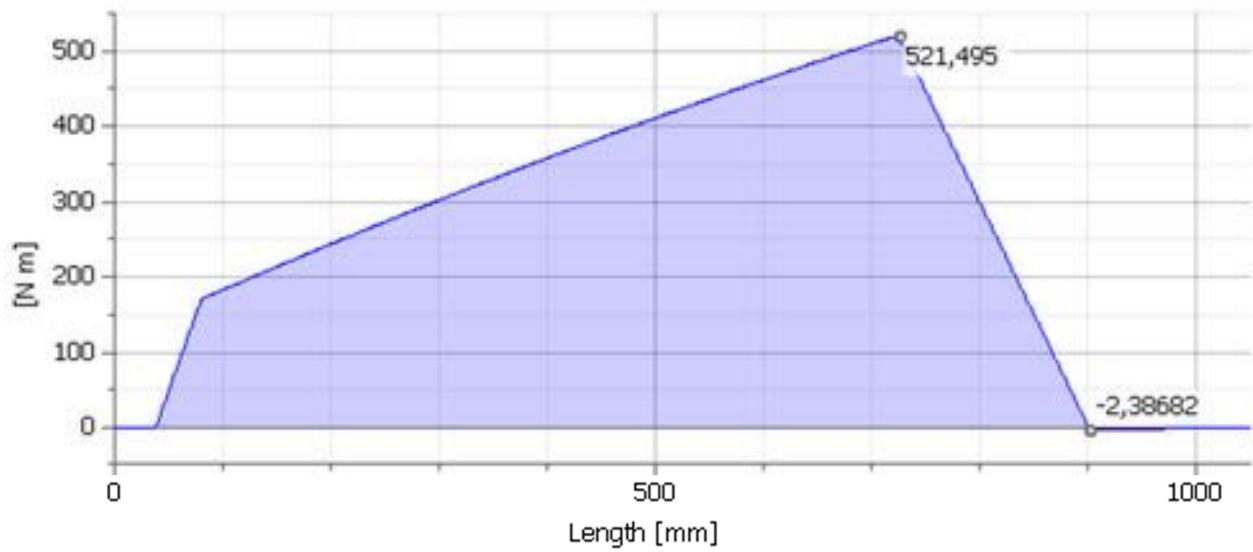
☐ Shear Force, YZ Plane



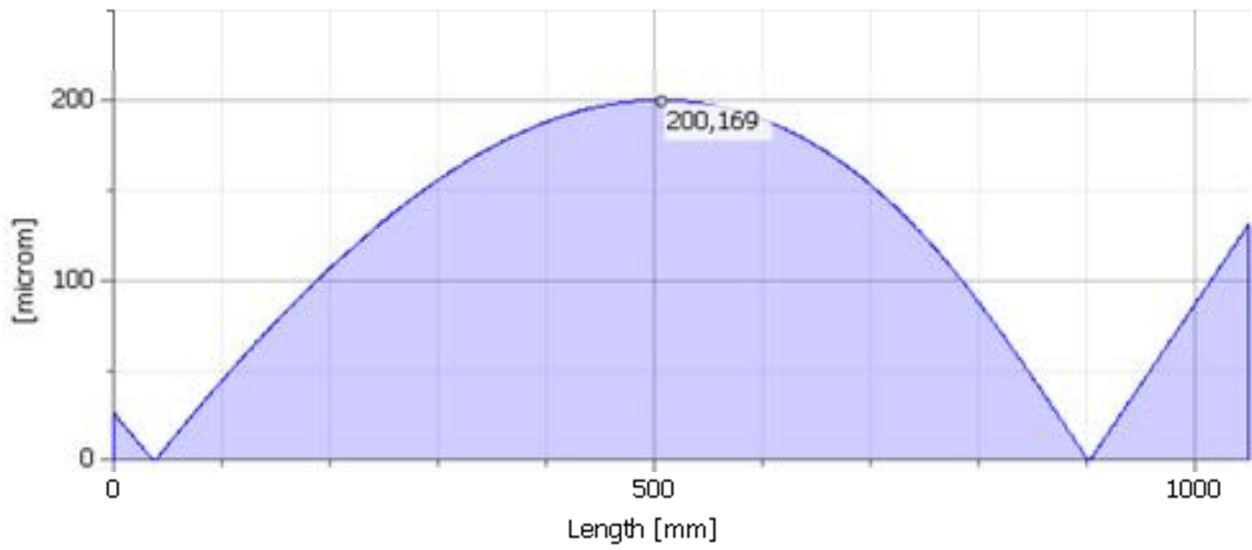
☐ Bending Moment



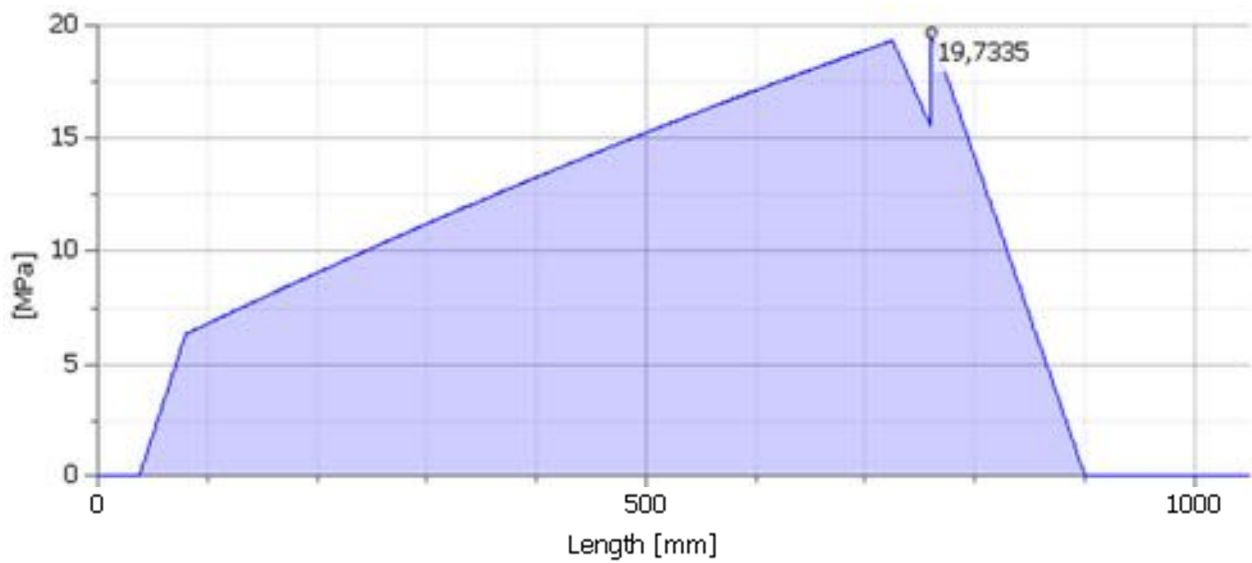
☐ Bending Moment, YZ Plane



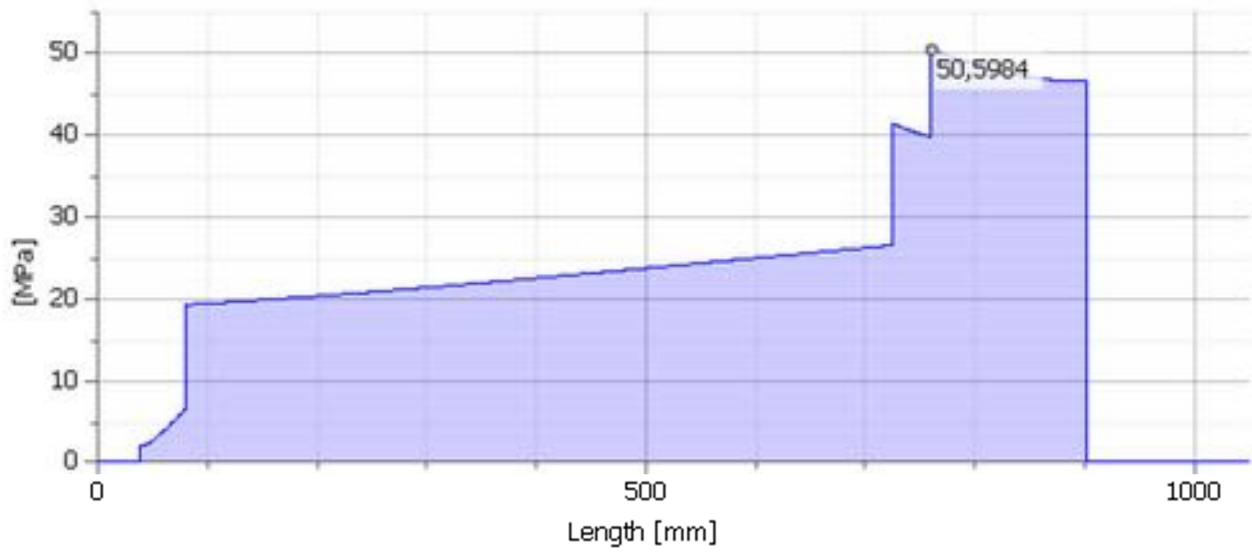
☐ Deflection



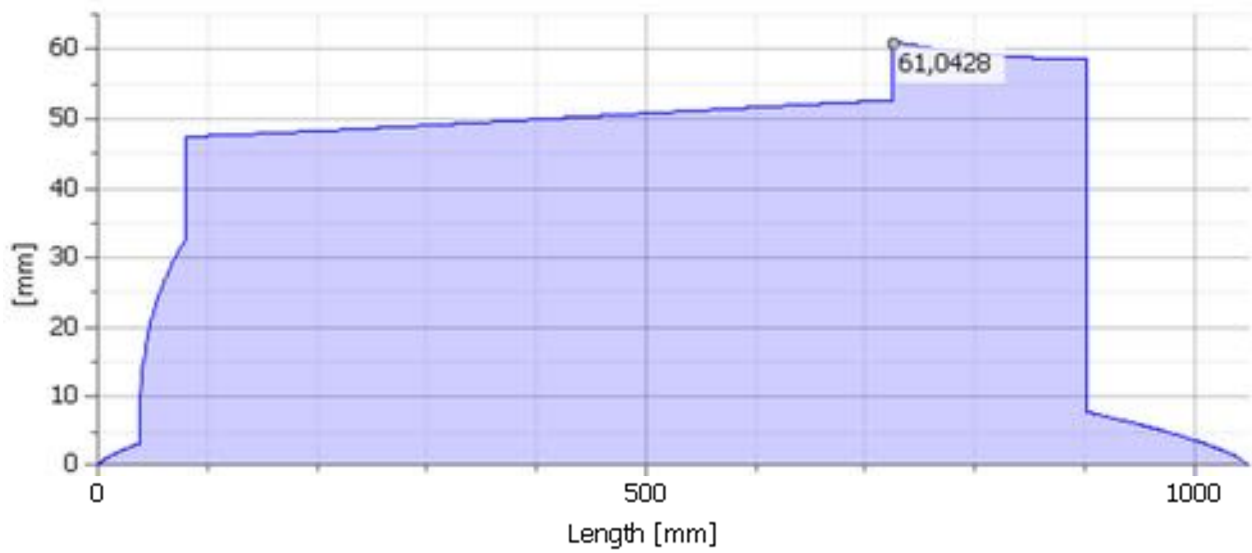
☐ Bending Stress



☐ **Reduced Stress**



☐ **Ideal Diameter**





Programmierbar  
Programmable

## AMG 81 Absolutgeber *Absolute Encoder*



# AMG 81

## Programmierbarer Absolutgeber mit SSI-, PROFIBUS- oder CANopen-Schnittstelle und Inkrementalsignalen als Option

## Programmable Absolute Encoder with SSI, PROFIBUS or CANopen interface and incremental signals as option

Der **AMG 81** ist ein programmierbarer **Absolutgeber**, konzipiert für den Einsatz im Maschinen- und Anlagenbau, wo hohe Anforderungen an die Robustheit gestellt werden, denen übliche Absolutgeber mit Getriebe nicht gewachsen sind. Seine Bauform mit **EURO-Flansch B10** und **Welle Ø 11 mm** ist zu den Drehgebern POG 9, POG 10 und POG 11 anbaukompatibel.

The **AMG 81** is a programmable **Absolute Encoder** that has been designed for applications in machinery and plant with demanding mechanical specifications for robustness that cannot be fulfilled by the usual geared absolute encoders. Its construction with **EURO flange B10** and **11 mm diameter shaft** is mounting compatible to the incremental encoders POG 9, POG 10 and POG 11.

### Besondere Eigenschaften:

- **Singleturn:** Optische Abtastung
- **Multiturn:** Zählverfahren ohne Getriebe
- Schnittstellen: **SSI, PROFIBUS DP** oder **CANopen**
- **2048 Rechteckperioden** pro Umdrehung mit HTL- oder TTL-Pegel für Motorregelungen (Option)
- **PROFIBUS DP** und **CANopen** lassen sich über den Master programmieren, die **SSI**-Schnittstelle mit Hilfe der Hübner-Interface-Box **HEAG 182** über PC.
- Spezieller **Korrosionsschutz**
- Zertifizierung nach **ISO 9001**, Zulassung nach **UL**
- Version mit Hohlwelle: **HMG 11**

### Special features:

- **Singleturn:** optical sensing
- **Multiturn:** counting procedure without gearbox
- Interfaces: **SSI, PROFIBUS DP** or **CANopen**
- **2048 square-wave cycles** per turn with HTL or TTL level for motor control systems (optional)
- **PROFIBUS DP** and **CANopen** can be programmed through the master, the **SSI** interface via PC using the Hübner interface box **HEAG 182**.
- Special **corrosion protection**
- **ISO 9001** certified, **UL** approved
- Version with hollow shaft: **HMG 11**

### Allgemeine Daten / General data

<b>Singleturn</b>	13 Bit = 8192 Schritte pro Umdrehung/ <i>steps per turn</i>	Alle elektrischen Daten gelten im gesamten zulässigen Temperaturbereich. <i>All electrical data apply over the entire permissible temperature range.</i>
<b>Multiturn</b>	max. 16 Bit = 65536 Umdrehungen/ <i>revolutions</i>	
<b>Betriebsspannung</b> <i>Supply voltage</i>	U <sub>B</sub> +9 ... +30 V DC	
<b>max. Betriebsdrehzahl</b> <i>Maximum speed</i>	3500 min <sup>-1</sup> / <i>rpm</i>	
<b>Belastbarkeit der Welle</b> <i>Maximum shaft load</i>	axial 50 N      radial 60 N	
<b>Schwingungsfestigkeit (10 Hz ... 2 kHz)</b> <i>Vibration resistance (10 Hz ... 2 kHz)</i>	≤ 100 m/s <sup>2</sup> ≈ 10 g	IEC 60068-2-6
<b>Schockfestigkeit (6 ms)</b> <i>Shock resistance (6 ms)</i>	≤ 1000 m/s <sup>2</sup> ≈ 100 g	IEC 60068-2-27
<b>zulässige Temperatur am Geber</b> <i>Permissible encoder temperature</i>	T -20 °C ... +85 °C	
<b>Schutzart</b> <i>Protection class</i>	IP 55	IEC 60529
<b>Gewicht</b> <i>Weight</i>	≈ 1,7 kg      je nach Ausführung <i>depending on the version</i>	

### CANopen (Device Class 2, CAN 2.0B)

<b>Baudrate</b> <i>Baud rate</i>	10 kBit/s ... 1 MBit/s
<b>Adresse</b> <i>Address</i>	einstellbar 1 - 99 <i>adjustable 1 - 99</i>
<b>Parameter</b> <i>Parameter</i>	Drehrichtung, Voreinstellung (Preset), Auflösung (Umdrehung), Gesamt-Auflösung <i>Direction of rotation, preset, resolution, total resolution</i>
<b>Stromaufnahme ohne Last</b> <i>Current consumption at no-load</i>	≈ 250 mA
<b>Anschluss</b> <i>Connection</i>	Bushaube mit 3 Kabelverschraubungen <i>Bus cover with 3 cable fittings</i>

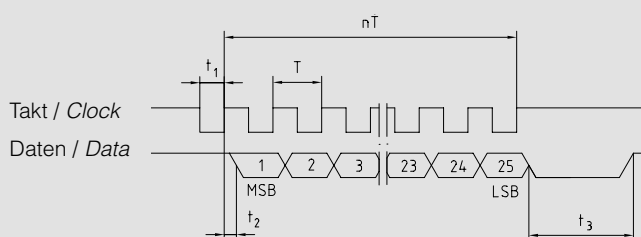
## SSI-Schnittstelle / SSI Interface

<b>Taktfrequenz</b> <i>Clock frequency</i>	100 ... 800 kHz Tastverhältnis 1:1 <i>Mark space ratio 1:1</i>
<b>Programmierung über PC und Hübner Interface-Box HEAG 182</b> <i>Parameter setting via PC using Hübner interface box HEAG 182</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Drehrichtung (default: rechts) / <i>Direction of rotation (default: right)</i></li> <li>• Nullstellung / <i>Reset</i></li> <li>• Voreinstellung / <i>Preset</i></li> <li>• Gray- (default) oder Binärkode / <i>Gray (default) or binary code</i></li> <li>• Auslesen des Fehlerstatus / <i>Readout of error code</i></li> </ul>
<b>Fehlerausgang (Error)</b> <i>Error output</i>	OpenCollector-Ausgang mit internem 10k-PullUp-Widerstand <i>Open-collector output with internal 10k pull-up resistor</i>
<b>Stromaufnahme ohne Last</b> <i>Current consumption at no-load</i>	≈ 100 mA
<b>Anschluss</b> <i>Connection</i>	12-poliger Rundsteckverbinder <i>12 pin mating connector</i>

### Zyklus für eine vollständige SSI Datenübertragung:

*Serial word for a complete SSI data transmission:*

- $T = 1,25 \dots 10 \mu\text{s}$
- $t_1 = 0,63 \dots 5 \mu\text{s}$
- $t_2 \leq 0,4 \mu\text{s}$  (ohne Kabel / *without cable*)
- $t_3 = 12 \dots 30 \mu\text{s}$



## PROFIBUS DP (Klasse 1 und 2) / PROFIBUS DP (Class 1 and 2)

<b>Ein- und Ausgänge</b> <i>Inputs and outputs</i>	potenzialgetrennt <i>electrically insulated</i>
<b>Baudrate</b> <i>Baud rate</i>	9,6 kBit/s ... 12 MBit/s
<b>Adresse</b> <i>Address</i>	einstellbar 1 - 99 <i>adjustable 1 - 99</i>
<b>Parameter, Klasse 2</b> <i>Parameter, class 2</i>	Drehrichtung, Voreinstellung (Preset), Auflösung (Umdrehung), Gesamt-Auflösung <i>Direction of rotation, preset, resolution, total resolution</i>
<b>Stromaufnahme ohne Last</b> <i>Current consumption at no-load</i>	≈ 250 mA
<b>Anschluss</b> <i>Connection</i>	Bushaube mit 3 Kabelverschraubungen <i>Bus cover with 3 cable fittings</i>

### Inkrementalteil / Incremental part

<b>Rechteckperioden pro Umdrehung</b> <i>Square-wave cycles per turn</i>	2048
<b>Tastverhältnis</b> <i>Mark space ratio</i>	1:1 ± 20%
<b>Impulsversatz</b> <i>Square wave displacement</i>	90° ± 20°
<b>Logikpegel</b> <i>Logic level</i>	HTL oder/or TTL (RS-422)
<b>Ausgabefrequenz</b> <i>Output frequency</i>	$f_{\text{max}}$ 120 kHz

K1

$\bar{K}1$

K2

$\bar{K}2$

Signalfolge bei Rechtslauf,  
Blick auf die Antriebsseite  
*Sequence for clockwise rotation,  
viewing mounting face*

### Bestellschlüssel / Ordering key

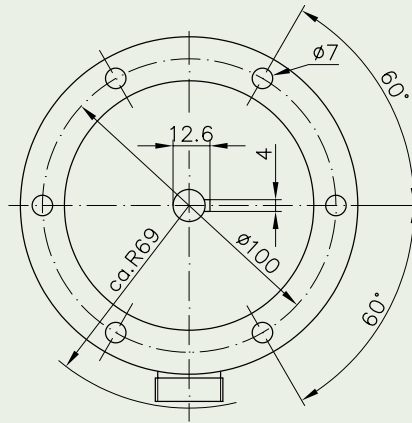
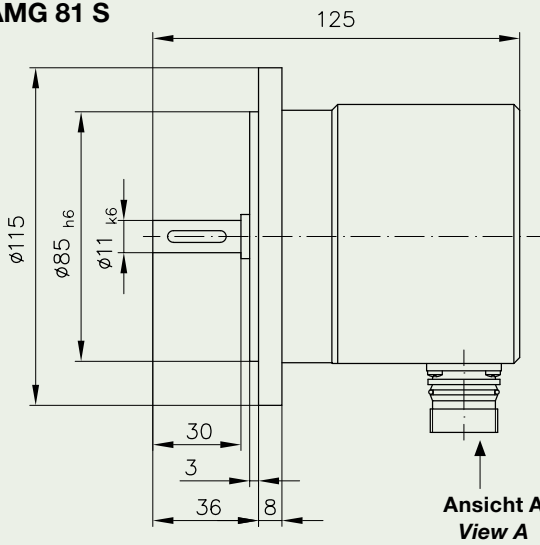
	Absolutteil / <i>Absolute part</i>			Inkrementalteil / <i>Incremental part</i>
	Schnittstelle <i>Interface</i>	Singleturn	Multiturn	H = HTL, T = TTL Z0 = kein Inkrementalausgang/ <i>no incremental output</i>
S = SSI	S	13 Bit	25 Bit	2048 oder/or Z0
P = PROFIBUS DP	P	13 Bit	29 Bit	2048 oder/or Z0
C = CANopen	C	13 Bit	29 Bit	2048 oder/or Z0

### Beispiele / *Examples*

- AMG 81 C 13 H2048** Singleturn-Absolutgeber mit CANopen-Schnittstelle und zusätzlichem HTL-Ausgang  
*Singleturn absolute encoder with CANopen interface and additional HTL output*
- AMG 81 P 29 Z0** Multiturn-Absolutgeber mit PROFIBUS-Schnittstelle ohne Inkrementalausgang  
*Multiturn absolute encoder with PROFIBUS interface without incremental output*

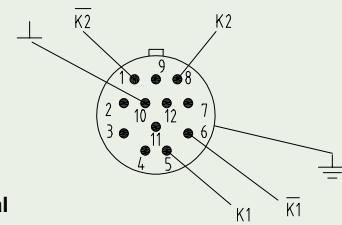
# AMG 81

## AMG 81 S

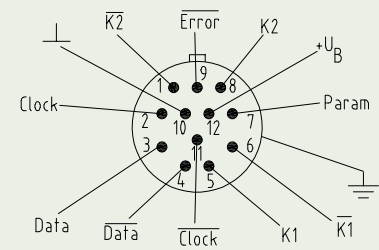


### Anschlussbelegung/Pin connection

#### Ansicht A/View A

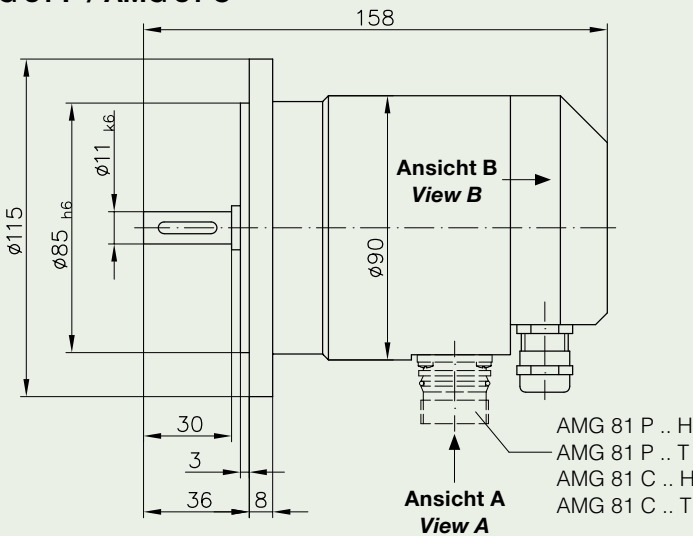


#### Inkremental Incremental



#### Inkremental und SSI Incremental and SSI

## AMG 81 P / AMG 81 C



AMG 81 P .. H  
AMG 81 P .. T  
AMG 81 C .. H  
AMG 81 C .. T

### Zubehör:

Kupplung K35

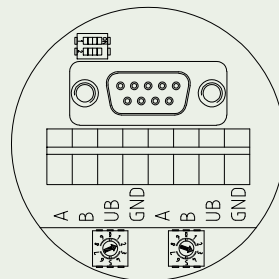
HEAG 182

### Accessories:

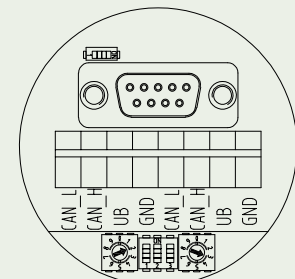
Coupling K35

HEAG 182

### Ansicht B in die abgenommene Haube View B in detached cover



#### PROFIBUS DP PROFIBUS DP

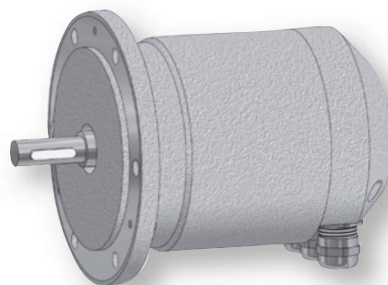
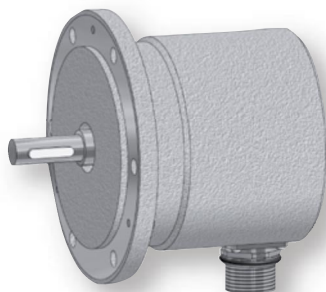
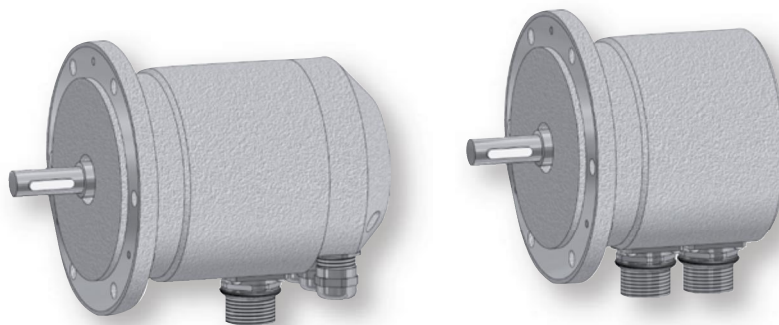


#### CANopen CANopen

All dimensions in millimeters (unless otherwise stated)

Weitere ausführliche Informationen finden Sie als Download unter [www.huebner-berlin.de](http://www.huebner-berlin.de)  
Additional information can be found in our download section on [www.huebner-berlin.de](http://www.huebner-berlin.de)

**Montage- und Betriebsanleitung**  
*Installation and operating instructions*



**AMG 81**  
**Absolutgeber**  
*Absolute Encoder*

MB50 | amg81\_mb (07A2)

Motion Control




## Inhaltsverzeichnis

1	<b>Allgemeine Hinweise</b> .....	1
2	<b>Betrieb in explosionsgefährdeten Bereichen</b> .....	3
3	<b>Sicherheitshinweise</b> .....	5
4	<b>Vorbereitung</b> .....	7
	4.1 Lieferumfang .....	7
	4.2 zur Montage erforderlich bzw. empfohlen (nicht im Lieferumfang enthalten) .....	8
5	<b>Montage</b> .....	9
	5.1 Schritt 1 .....	9
	5.2 Schritt 2 .....	9
	5.3 Schritt 3 .....	10
	5.4 Schritt 4 .....	10
	5.5 Max. zulässige Anbaufehler unter Verwendung der Baumer Hübner Federscheiben-Kupplung K 35 .....	11
	5.6 Schritt 5 - Rundsteckverbinder .....	12
	5.7 Schritt 6 - Profibus- bzw. CANopen-Haube .....	12
	5.8 Schritt 7 - Profibus- bzw. CANopen-Haube .....	13
	5.9 Anbauhinweis .....	13
6	<b>Maßzeichnungen</b> .....	14
	6.1 Ausführung AMG 81 S .....	14
	6.2 Ausführung AMG 81 SS .....	14
	6.3 Ausführung AMG 81 P/C ... Z0 .....	15
	6.4 Ausführung AMG 81 P/C ... H/T 2048 .....	15
7	<b>Elektrischer Anschluss</b> .....	16
	7.1 SSI und/oder Inkremental .....	16
	7.1.1 Steckerbelegung .....	16
	7.1.2 Ausgangssignale .....	16
	7.1.2.1 Ausgangstreiber inkremental .....	16
	7.1.2.2 SSI-Telegramm (Voreinstellung) .....	17
	7.1.3 Kabel HEK 8 (Zubehör) .....	17
	7.2 Profibus .....	18
	7.2.1 Klemmenbelegung und Schalterstellung .....	18
	7.2.2 Funktionen .....	19
	7.3 CANopen .....	20
	7.3.1 Klemmenbelegung und Schalterstellung .....	20
	7.2.3 Funktionen .....	21
8	<b>Demontage</b> .....	22
9	<b>Zubehör</b> .....	24
10	<b>Technische Daten</b> .....	25
11	<b>Anhang: EU-Konformitätserklärung</b> .....	29

**Table of contents**


<b>1</b>	<b>General notes</b>	2
<b>2</b>	<b>Operation in potentially explosive environments</b>	4
<b>3</b>	<b>Security indications</b>	6
<b>4</b>	<b>Preparation</b>	7
	4.1 Scope of delivery	7
	4.2 required resp. recommended for mounting (not included in scope of delivery)	8
<b>5</b>	<b>Mounting</b>	9
	5.1 Step 1	9
	5.2 Step 2	9
	5.3 Step 3	10
	5.4 Step 4	10
	5.5 Max. permissible mounting tolerance when the Baumer Hübner K 35 spring disk coupling is used	11
	5.6 Step 5 - Mating connector	12
	5.7 Step 6 - Profibus or CANopen cover	12
	5.8 Step 7 - Profibus or CANopen cover	13
	5.9 Mounting instruction	13
<b>6</b>	<b>Dimension drawings</b>	14
	6.1 Version AMG 81 S	14
	6.2 Version AMG 81 SS	14
	6.2 Version AMG 81 P/C ... Z0	15
	6.4 Version AMG 81 P/C ... H/T 2048	15
<b>7</b>	<b>Electrical connection</b>	16
	7.1 SSI and/or incremental	16
	7.1.1 Pin assignment	16
	7.1.2 Output signals	16
	7.1.2.1 Incremental line drivers	16
	7.1.2.2 SSI telegram (default setting)	17
	7.1.3 Cable HEK 8 (accessory)	17
	7.2 Profibus	18
	7.2.1 Terminal assignment and switch settings	18
	7.2.2 Functions	19
	7.3 CANopen	20
	7.3.1 Terminal assignment and switch settings	20
	7.3.2 Functions	21
<b>8</b>	<b>Dismounting</b>	22
<b>9</b>	<b>Accessories</b>	24
<b>10</b>	<b>Technical data</b>	27
<b>11</b>	<b>Appendix: EU Declaration of conformity</b>	30

## 1 Allgemeine Hinweise

- 1.1 Der **Absolutgeber AMG 81** ist ein opto-elektronisches **Präzisionsmessgerät**, das mit Sorgfalt nur von technisch qualifiziertem Personal gehandhabt werden darf.
- 1.2 Die zu erwartende **Lebensdauer** des Gerätes hängt von den **Kugellagern** ab, die mit einer Dauerschmierung ausgestattet sind.
- 1.3  Der **Lagertemperaturbereich** des Gerätes liegt zwischen  $-15\text{ °C}$  bis  $+70\text{ °C}$ , bedingt durch die Styroporverpackung.
- 1.4  Der **Betriebstemperaturbereich** des Gerätes liegt zwischen  $-20\text{ °C}$  bis  $+85\text{ °C}$ , am Gehäuse gemessen.
- 1.5  **EG Konformitätserklärung** gemäß Richtlinie 89/336/EWG Artikel 10 - sowie Anhang 1 (EMV-Richtlinie).
- 1.6 Das Gerät ist **zugelassen nach UL** (gilt nicht für Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen).
- 1.7 Wir gewähren **2 Jahre Gewährleistung** im Rahmen der Bedingungen des Zentralverbandes der Elektroindustrie (ZVEI).
- 1.8 **Reparaturen oder Wartungsarbeiten**, die das Öffnen des Gebers erfordern, sind beim Hersteller durchzuführen.
- 1.9 Bei **Rückfragen** bzw. **Nachlieferungen** sind die auf dem Typenschild des Gerätes angegebenen Daten, insbesondere Typ und Seriennummer, unbedingt anzugeben.






### Achtung!

Beschädigung des auf dem Gerät befindlichen Siegels  führt zu Gewährleistungsverlust.




## 1 General notes

- 1.1 The **Absolute Encoder AMG 81** is an opto electronic **precision measurement device** which must be handled with care by skilled personnel only.
- 1.2 The expected **operating life** of the device depends on the **ball bearings**, which are equipped with a permanent lubrication.
- 1.3  The **storage temperature range** of the device is between  $-15\text{ °C}$  and  $+70\text{ °C}$ , conditioned by the styrofoam packing.
- 1.4  The **operating temperature range** of the device is between  $-20\text{ °C}$  and  $+85\text{ °C}$ , measured at the housing.
- 1.5  **EU Declaration of Conformity** meeting Council Directive 89/336/EEC art. 10 and annex 1 (EMC Directive).
- 1.6 The device is **UL approved** (not applicable for operation in potentially explosive atmospheres).
- 1.7 We offer a **2-year warranty** in accordance with the regulations of the ZVEI (Central Association of the German Electrical Industry).
- 1.8 **Repair or maintenance work** that requires opening the encoder must be carried out by the manufacturer.
- 1.9 In the event of **queries** or **subsequent deliveries**, the data on the device type label must be quoted, especially the type designation and the serial number.



### Warning!

Damaging the seal  on the device invalidates warranty.



## 2 Betrieb in explosionsgefährdeten Bereichen

Das Gerät entspricht der **Norm EG-Richtlinie 94/9/EG** für explosionsgefährdete Bereiche. Der Einsatz ist gemäß den **Geräte kategorien 3 G** (Ex-Atmosphäre Gas) und **3 D** (Ex-Atmosphäre Staub) zulässig.

<b>Geräte kategorie 3 G:</b>	- Ex-Kennzeichnung:	<b>II3G Ex nA T4 X</b>
	- Normenkonformität:	DIN EN 60079-15: 2004
	- Zündschutzart:	nA
	- Temperaturklasse:	T4
	- Gerätegruppe:	II

<b>Geräte kategorie 3 D:</b>	- Ex-Kennzeichnung:	<b>II3D Ex tD IP55 A22 T120°C X</b>
	- Normenkonformität:	DIN EN 61241-1: 2004 DIN EN 61241-14: 2004
	- Schutzprinzip:	Schutz durch Gehäuse
	- max. Oberflächentemperatur:	+120 °C
	- Gerätegruppe:	II

Der Einsatz in anderen explosionsgefährdeten Bereichen ist **nicht** zulässig.

- 2.1 Der maximale **Umgebungstemperaturbereich** für den Einsatz des Gerätes im Ex-Bereich beträgt -20 °C bis +40 °C.
- 2.2 Der Anlagenbetreiber hat zu gewährleisten, dass eine mögliche **Staubablagerung** eine maximale Schichtdicke von 5 mm nicht überschreitet (gemäß DIN EN 61241-14: 2004).
- 2.3 Eine gegebenenfalls an anderen Stellen aufgeführte **UL-Listung gilt nicht für den Einsatz im Ex-Bereich**.
- 2.4 Das Gerät darf nur in Betrieb genommen werden, wenn ...
  - die Angaben auf dem Typenschild des Gerätes mit dem zulässigen Ex-Einsatzbereich vor Ort übereinstimmen (Gerätegruppe, Kategorie, Zone, Temperaturklasse bzw. maximale Oberflächentemperatur),
  - die Angaben auf dem Typenschild des Gerätes mit dem Spannungsnetz übereinstimmen,
  - das Gerät unbeschädigt ist (keine Schäden durch Transport und Lagerung) und
  - sichergestellt ist, dass keine explosionsfähige Atmosphäre, Öle, Säure, Gase, Dämpfe, Strahlungen etc. bei der Montage vorhanden sind.
- 2.5 An Betriebsmitteln, die in explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt werden, darf keine Veränderung vorgenommen werden. Reparaturen dürfen nur von autorisierten Stellen ausgeführt werden.



**Das Gerät ist entsprechend den Angaben in der Montage- und Betriebsanleitung zu betreiben. Die für die Verwendung bzw. den geplanten Einsatzzweck zutreffenden Gesetze, Richtlinien und Normen sind zu beachten.**

## 2 Operation in potentially explosive environments

The device complies with the **EU standard 94/9/EG** for potentially explosive atmospheres. It can be used in accordance with **equipment categories 3 G** (explosive gas atmosphere) and **3 D** (explosive dust atmosphere).

**Equipment category 3 G:**

- Ex labeling: **II3G Ex nA T4 X**
- Conforms to standard: (DIN) EN 60079-15: 2004
- Type of protection: nA
- Temperature class: T4
- Group of equipment: II

**Equipment category 3 D:**

- Ex labeling: **II3D Ex tD IP55 A22 T120°C X**
- Conforms to standard: (DIN) EN 61241-1: 2004  
(DIN) EN 61241-14: 2004
- Protective principle: Protection by enclosure
- max. surface temperature: +120 °C
- Group of equipment: II

The operation in other explosive atmospheres is **not** permissible.

- 2.1** In Ex areas the device must only be used within the **ambient temperature** range from -20 °C to +40 °C.
- 2.2** The plant operator must ensure that any possible **dust deposit** does not exceed a thickness of 5 mm, in accordance with (DIN) EN 61241-14: 2004.
- 2.3** An **UL listing** that may be stated elsewhere is **not valid for use in explosive environments**.
- 2.4** Operation of the device is only permissible when ...
- the details on the type label of the device match the on-site conditions for the permissible Ex area in use (group of equipment, equipment category, zone, temperature class or maximum surface temperature),
  - the details on the type label of the device match the electrical supply network,
  - the device is undamaged (no damage resulting from transport or storage), and
  - it has been checked that there is no explosive atmosphere, oils, acids, gases, vapors, radiation etc. present during installation.
- 2.5** It is not permissible to make any alteration to equipment that is used in potentially explosive environments. Repairs may only be carried out by authorized authorities.



**The device must be operated in accordance with the stipulations of the installation and operating instructions. The relevant laws, regulations and standards for the planned application must be observed.**

## 3 Sicherheitshinweise



### 3.1 Verletzungsgefahr durch rotierende Wellen

Haare und Kleidungsstücke können von rotierenden Wellen erfasst werden.

- Vor allen Arbeiten alle Betriebsspannungen ausschalten und Maschinen stillsetzen.

### 3.2 Zerstörungsgefahr durch elektrostatische Aufladung

Die elektronischen Bauteile im Absolutgeber sind empfindlich gegen hohe Spannungen.

- Steckkontakte und elektronische Komponenten nicht berühren.
- Ausgangsklemmen vor Fremdspannungen schützen.
- Max. Betriebsspannung nicht überschreiten.

### 3.3 Zerstörungsgefahr durch mechanische Überlastung

Eine starre Befestigung kann zu Überlastung durch Zwangskräfte führen.

- Die Beweglichkeit des Absolutgebers niemals einschränken. Unbedingt die Montagehinweise beachten.
- Die vorgegebenen Abstände und/oder Winkel unbedingt einhalten.

### 3.4 Zerstörungsgefahr durch mechanischen Schock

Starke Erschütterungen, z. B. Hammerschläge, können zur Zerstörung der Abtastung führen.

- Niemals Gewalt anwenden. Bei sachgemäßer Montage lässt sich alles leichtgängig zusammenfügen.
- Für die Demontage geeignetes Abziehwerkzeug benutzen.

### 3.5 Zerstörungsgefahr durch Verschmutzung

Schmutz kann im Absolutgeber zu Kurzschlüssen und zur Beschädigung der optischen Abtastung führen.

- Während aller Arbeiten am geöffneten Klemmenkasten auf absolute Sauberkeit achten.
- Bei der Demontage niemals Öl oder Fett in das Innere des Absolutgebers gelangen lassen.

### 3.6 Zerstörungsgefahr durch klebende Flüssigkeiten

Klebende Flüssigkeiten können die optische Abtastung und die Lager beschädigen. Die Demontage eines mit der Achse verklebten Absolutgebers kann zu dessen Zerstörung führen.

### 3.7 Explosionsgefahr

Der Absolutgeber darf in explosionsgefährdeten Bereichen der Kategorien 3 D und 3 G eingesetzt werden. Der Betrieb in anderen explosionsgefährdeten Bereichen ist nicht zulässig.

## 3 Security indications



### 3.1 Risk of injury due to rotating shafts

*Hair and clothes may become tangled in rotating shafts.*

- Before all work switch off all operating voltages and ensure machinery is stationary.

### 3.2 Risk of destruction due to electrostatic charge

*Electronic parts contained in the absolute encoder are sensitive to high voltages.*

- Do not touch plug contacts or electronic components.
- Protect output terminals against external voltages.
- Do not exceed max. operating voltage.

### 3.3 Risk of destruction due to mechanical overload

*Rigid mounting may give rise to constraining forces.*

- Never restrict the freedom of movement of the absolute encoder. The installation instructions must be followed.
- It is essential that the specified clearances and/or angles are observed.

### 3.4 Risk of destruction due to mechanical shock

*Violent shocks, e. g. due to hammer impacts, can lead to the destruction of the optical sensing system.*

- Never use force. Assembly is simple when correct procedure is followed.
- Use suitable puller for disassembly.

### 3.5 Risk of destruction due to contamination

*Dirt penetrating inside the absolute encoder can cause short circuits and damage the optical sensing system.*

- Absolute cleanliness must be maintained when carrying out any work on the open terminal box.
- When dismantling, never allow lubricants to penetrate the absolute encoder.

### 3.6 Risk of destruction due to adhesive fluids

*Adhesive fluids can damage the optical sensing system and the bearings. Dismounting an absolute encoder, secured to a shaft by adhesive may lead to the destruction of the unit.*

### 3.7 Explosion risk

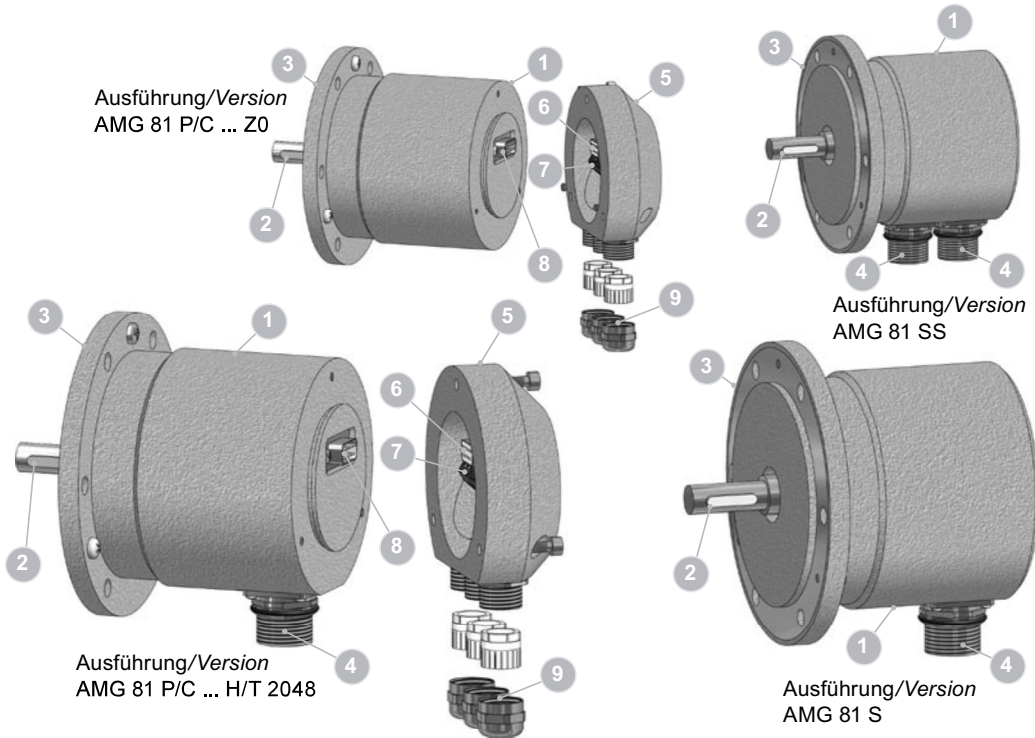
*You can use the absolute encoder in areas with explosive atmospheres of category 3 D and 3 G. The operation in other explosive atmospheres is not permissible.*

**4 Vorbereitung**

**4.1 Lieferumfang**

**4 Preparation**

**4.1 Scope of delivery**

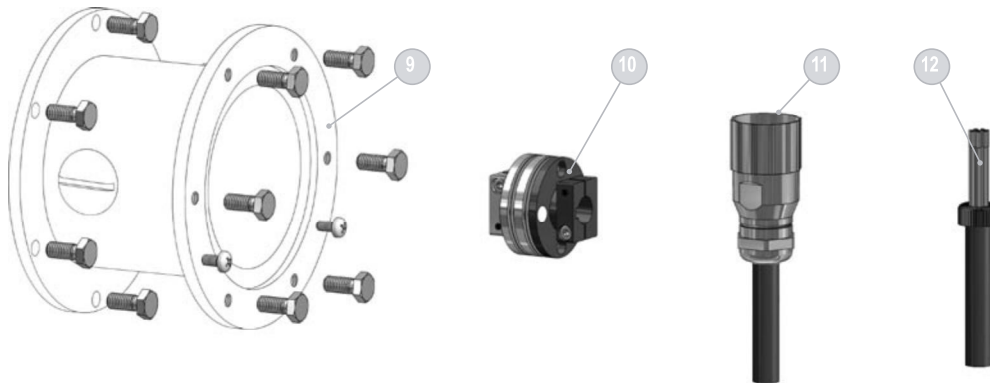


- 1 Gehäuse
- 2 Vollwelle Ø11 mm mit Passfeder
- 3 EURO-Flansch
- 4 Flanschdose, Stiftkontakte, 12polig, linksdrehend (siehe Abschnitt 7.1.1)
- 5 Profibus- bzw. CANopen-Haube (je nach Bestellung)
- 6 SUB-D Buchse 9polig zum Anschluss an SUB-D Stecker 9polig am Gebergehäuse
- 7 Anschlussklemmen (siehe Abschnitt 7.2.1 und 7.3.1)
- 8 SUB-D Stecker am Gebergehäuse
- 9 Kabelverschraubung M16x1,5 für Kabel Ø 5-9 mm

- 1 Housing
- 2 Solid shaft Ø11 mm with key
- 3 EURO flange
- 4 Flange socket, male contacts, 12 pin, counter-clockwise (see section 7.1.1)
- 5 Profibus or CANopen cover (like precised on order)
- 6 SUB D connector (female) 9 pin for connection to the SUB D connector (male) 9 pin on the encoder housing
- 7 Connecting terminal (see section 7.2.1 and 7.3.1)
- 8 SUB D connector (male) on the encoder housing
- 9 Screwed gland M16x1,5 for cable Ø 5-9 mm

**4.2 zur Montage erforderlich bzw. empfohlen  
(nicht im Lieferumfang enthalten)**

**4.2 required resp. recommended for mounting  
(not included in scope of delivery)**



- 9 Anbauvorrichtung mit Befestigungsschrauben
- 10 Federscheiben-Kupplung K 35  
(als Zubehör erhältlich)
- 11 Rundsteckverbinder 12polig, Buchsenkon-  
takte, rechtsdrehend mit Anschlusskabel  
(für Ausführung S, SS und P/C ... H/T2048)
- 12 Anschlusskabel HEK 8  
(als Zubehör erhältlich, eingeschränkt geeignet  
für Ausführung mit SSI, siehe Abschnitt 7.1.3)

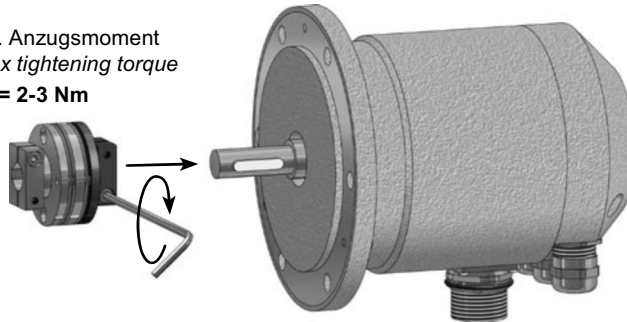
- 9 *Installation fitting with fixing screws*
- 10 *Spring disk coupling K 35  
(available as accessory)*
- 11 *Mating connector 12 pin, female contacts,  
clockwise with connecting cable  
(for version S, SS and P/C ... H/T2048)*
- 12 *Connecting cable HEK 8  
(available as accessory, restricted fit for ver-  
sion with SSI, see section 7.1.3)*

5 Montage / Mounting

5 Montage

5.1 Schritt 1

zul. Anzugsmoment  
Max tightening torque  
 $M_t = 2-3 \text{ Nm}$

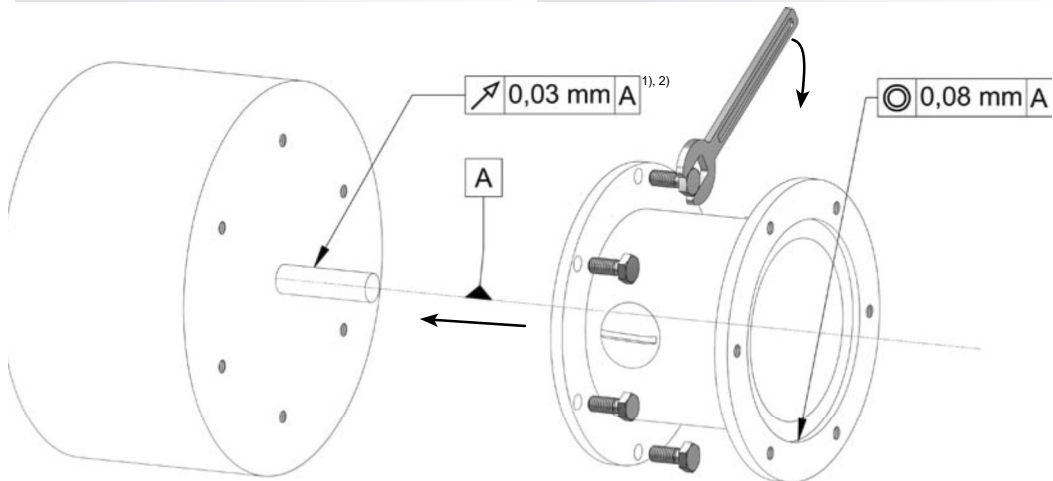


5.2 Schritt 2

5 Mounting

5.1 Step 1


5.2 Step 2





All dimensions in millimeters (unless otherwise stated)


 **Motorwelle einfetten!**

 **Lubricate motor shaft!**

 <sup>1)</sup> Sollte die Rundlaufabweichung mehr als 0,03 mm betragen, so kontaktieren Sie bitte unsere Hotline:  
**+49 (0)30/69003-111**

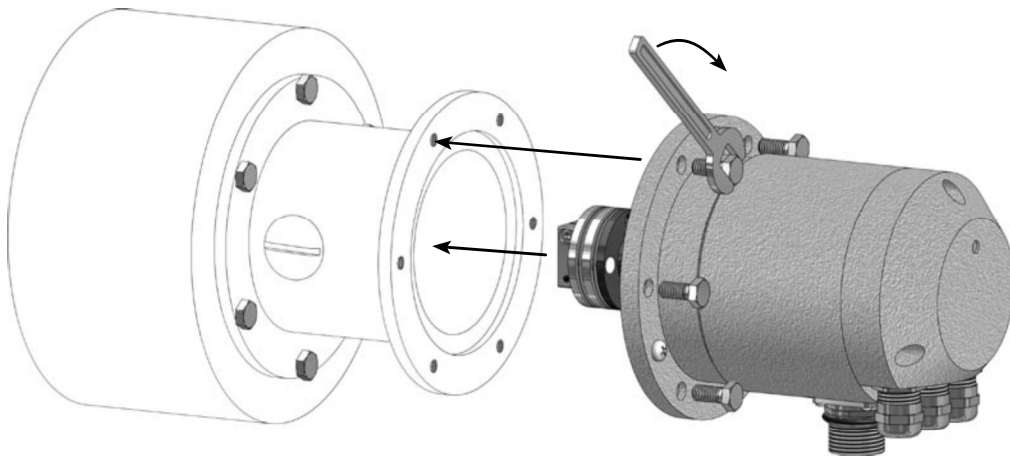
 <sup>1)</sup> If the radial run-out is more than 0.03 mm, please contact our hotline:  
**+49 (0)30/69003-111**

 <sup>2)</sup> Zusätzliche Einschränkungen beachten, falls Federscheibenkupplung K35 mit isolierender Kunststoffnabe benutzt wird (siehe Abschnitt 5.5).

 <sup>2)</sup> Note additional restrictions in case insulated hub version of the spring disk coupling K 35 is used (see section 5.5).

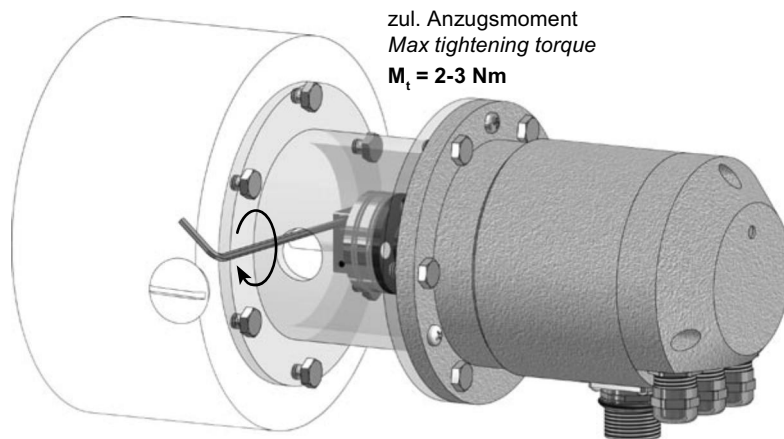
5.3 Schritt 3

5.3 Step 3



5.4 Schritt 4

5.4 Step 4

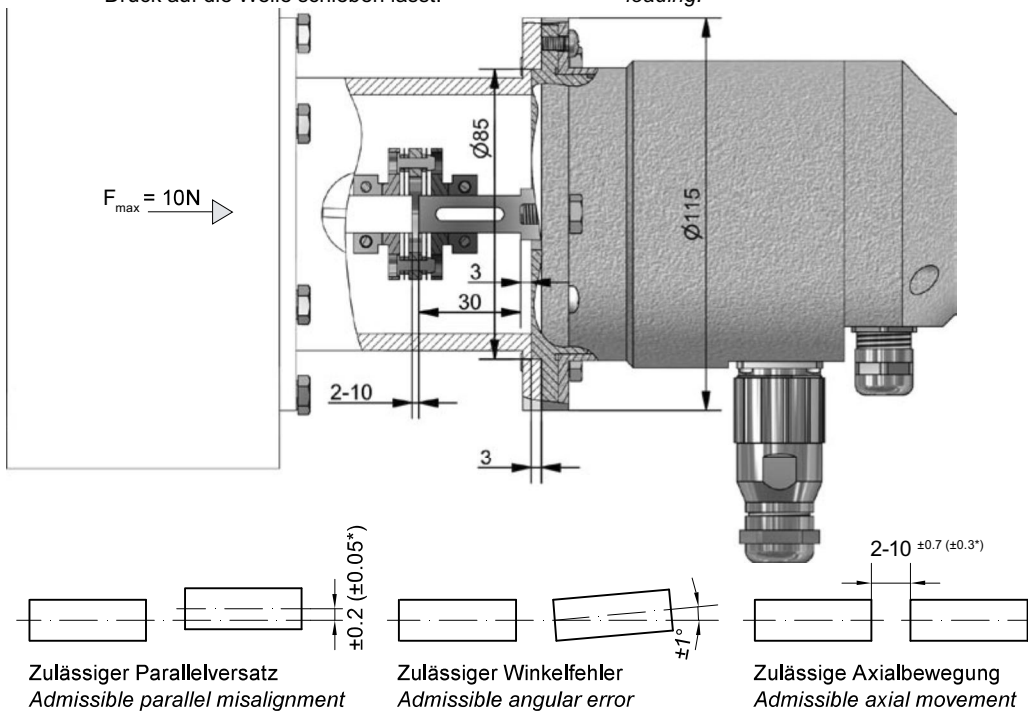


**5.5 Max. zulässige Anbaufehler unter Verwendung der Baumer Hübner Federscheiben-Kupplung K 35**

**5.5 Max. permissible mounting tolerance when the Baumer Hübner K 35 spring disk coupling is used**

Absolutgeber mit Vollwelle sollten unter Verwendung der Baumer Hübner Federscheiben-Kupplung K 35 (Zubehör) angetrieben werden, die sich ohne axialen Druck auf die Welle schieben lässt.

Absolute encoders with a solid shaft should be driven through the Baumer Hübner K 35 spring disk coupling (accessory), that can be pushed onto the shaft without axial loading.



\* für Ausführung mit isolierender Kunststoffnabe  
for insulated hub version

**Der Anbau an den Antrieb muss mit möglichst geringem Winkelfehler und Parallelversatz erfolgen.**

**The absolute encoder must be mounted on the drive with the least possible angular error and parallel misalignment.**

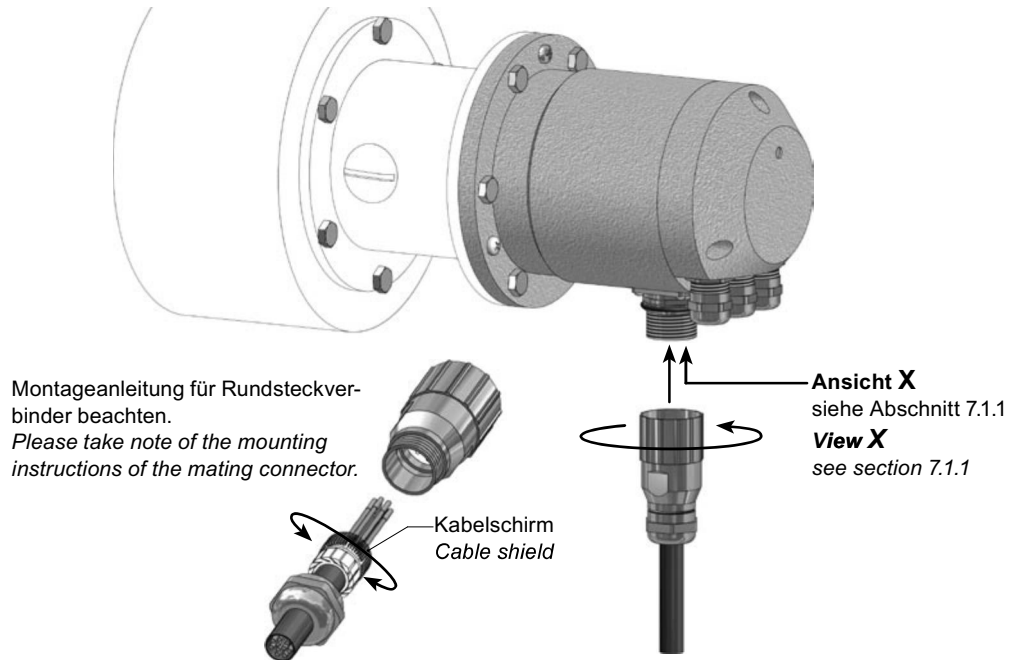
**Das harte Aufschlagen von Kupplungsteilen auf die Welle ist wegen der Gefahr von Kugellagerbeschädigungen nicht zulässig.**

**Coupling components must not be driven onto the shaft with improper force (e. g. hammer impacts), because of the risk of damaging the ball bearings.**

All dimensions in millimeters (unless otherwise stated)

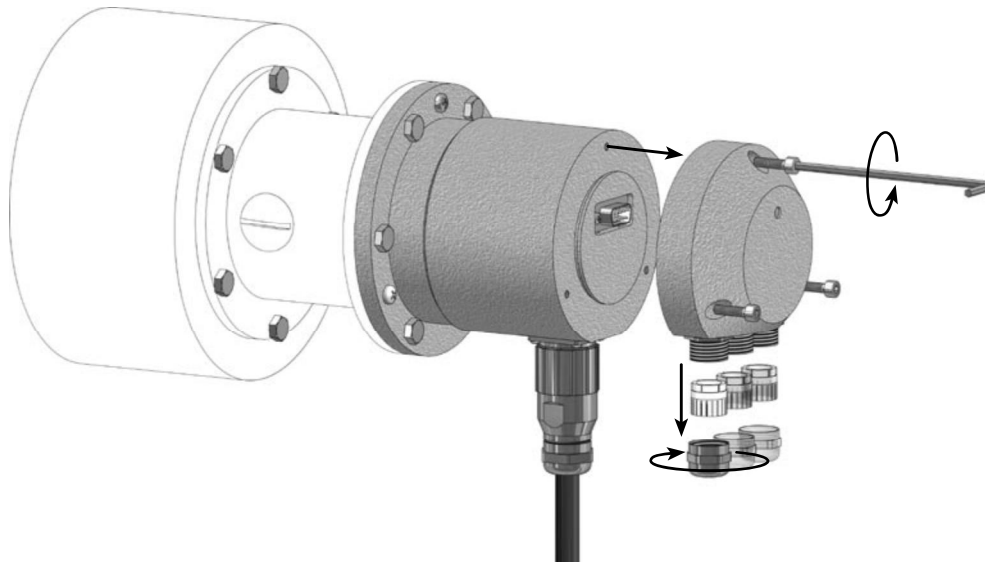
5.6 Schritt 5 - Rundsteckverbinder

5.6 Step 5 - Mating connector



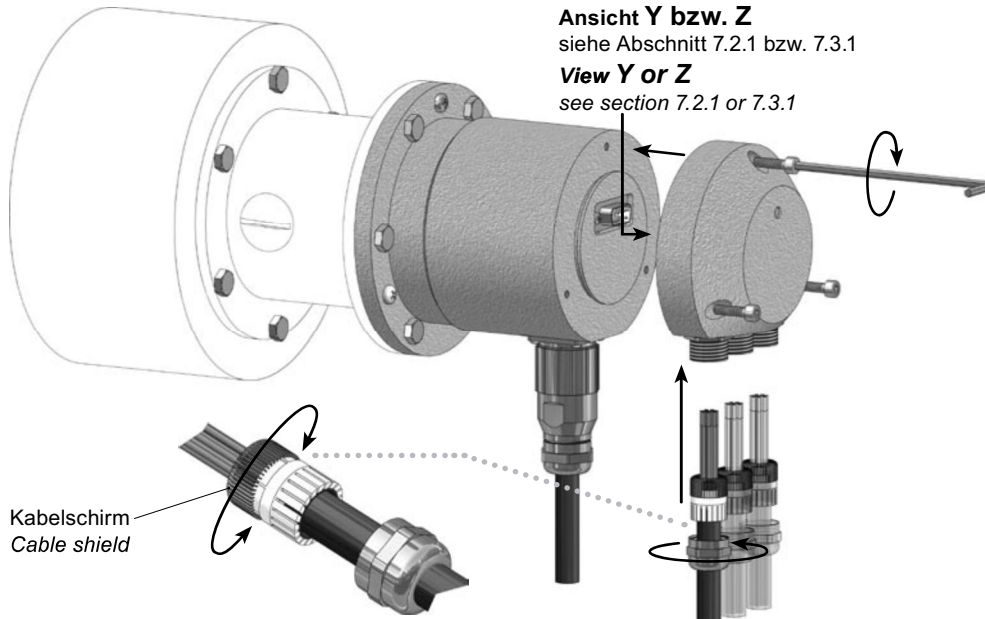
5.7 Schritt 6 - Profibus- bzw. CANopen-Haube

5.7 Step 6 - Profibus or CANopen cover



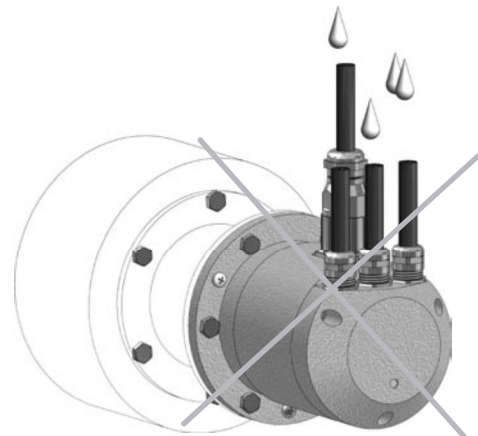
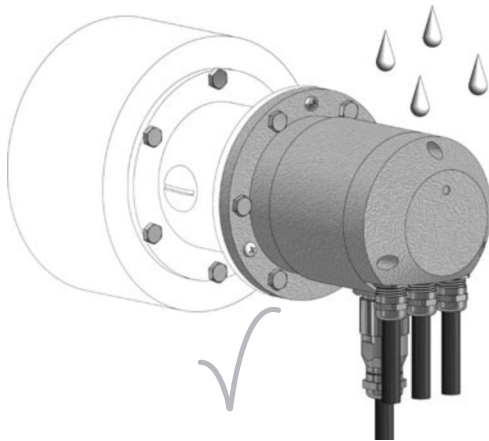
5.8 Schritt 7 - Profibus- bzw. CANopen-Haube

5.8 Step 7 - Profibus or CANopen cover



5.9 Anbauhinweis

5.9 Mounting instruction



**i** Wir empfehlen, den Geber so zu montieren, dass der Kabelanschluss keinem direkten Wassereintritt ausgesetzt ist.

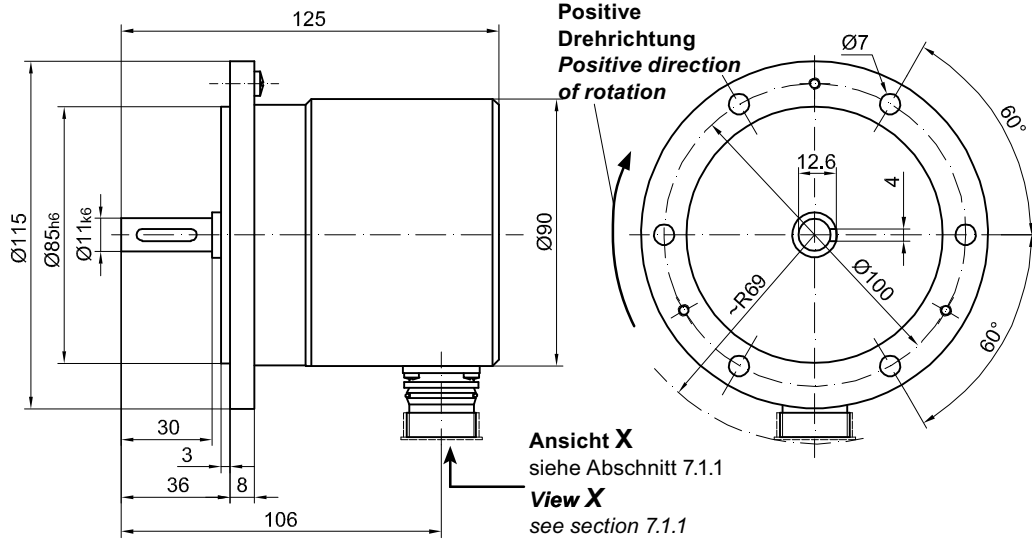
**i** We recommend to mount the encoder in such a manner that the cable connection is not directly exposed to water.

**6 Maßzeichnungen**

**6 Dimension drawings**

**6.1 Ausführung AMG 81 S**

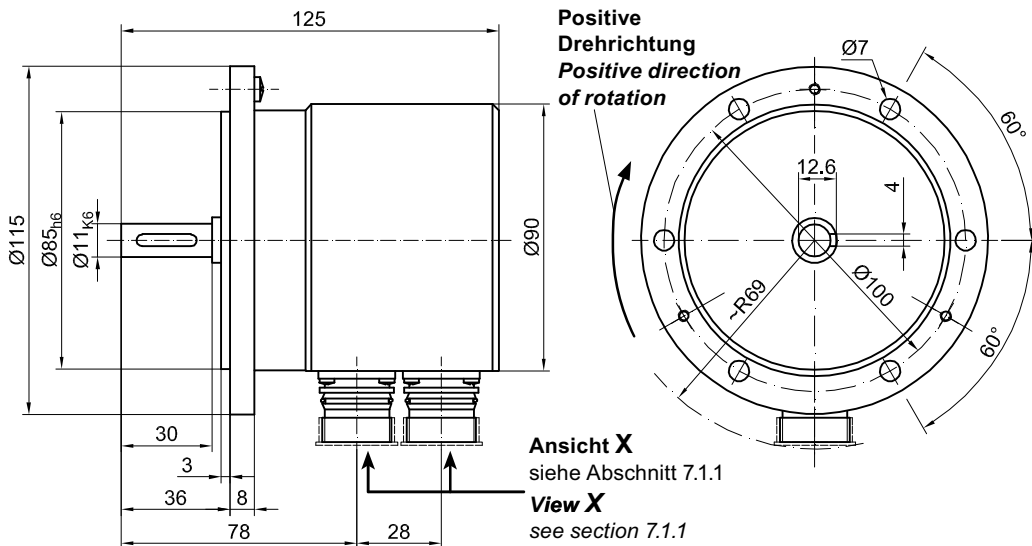
**6.1 Version AMG 81 S**



All dimensions in millimeters (unless otherwise stated)

**6.2 Ausführung AMG 81 SS**

**6.2 Version AMG 81 SS**

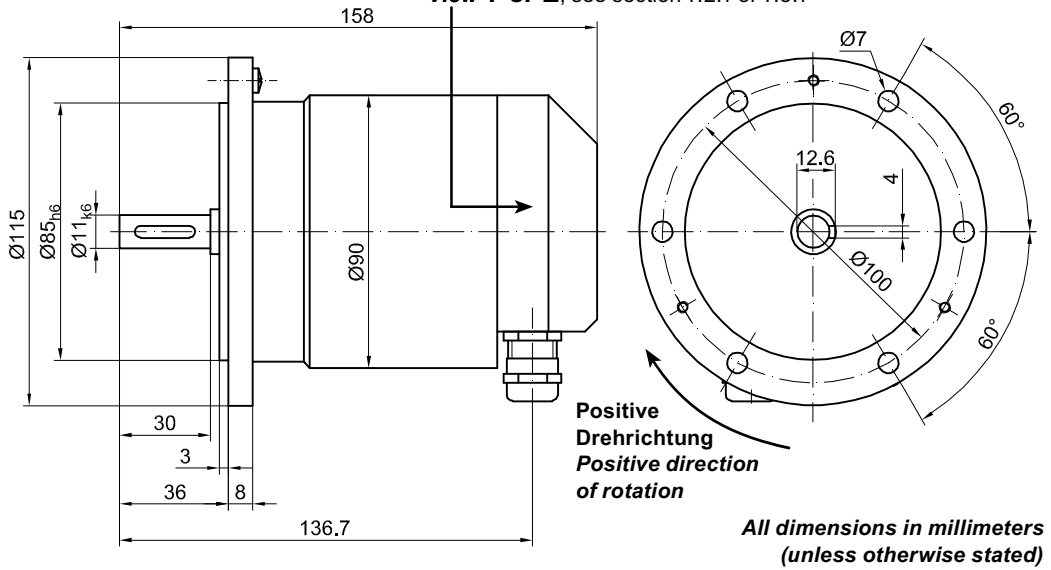


All dimensions in millimeters (unless otherwise stated)

6.3 Ausführung AMG 81 P/C ... Z0

6.2 Version AMG 81 P/C ... Z0

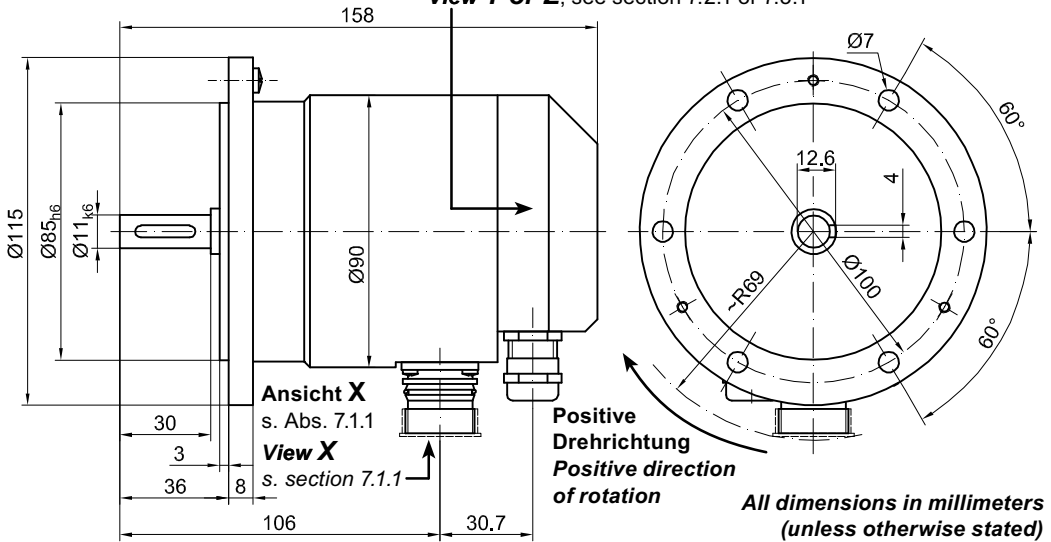
Ansicht Y bzw. Z, siehe Abschnitt 7.2.1 bzw. 7.3.1  
 View Y or Z, see section 7.2.1 or 7.3.1



6.4 Ausführung AMG 81 P/C ... H/T 2048

6.4 Version AMG 81 P/C ... H/T 2048

Ansicht Y bzw. Z, siehe Abschnitt 7.2.1 bzw. 7.3.1  
 View Y or Z, see section 7.2.1 or 7.3.1



**7 Elektrischer Anschluss**

**7 Electrical connection**

**7.1 SSI und/oder Inkremental**

**7.1 SSI and/or incremental**

**7.1.1 Steckerbelegung**

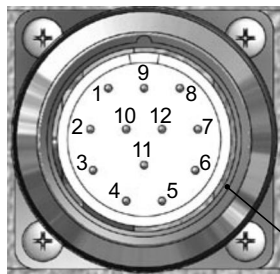
**7.1.1 Pin assignment**

**Ansicht X**

Flanschdose 12polig, Stiftkontakte, linksdrehend  
siehe Abschnitt 5.6, 6.1, 6.2 und 6.4

**View X**

Flange socket 12 pole, male contacts, counter-clockwise  
see section 5.6, 6.1, 6.2 and 6.4



Pin	Signal*	Pin	Signal*
1	$\overline{K2}$ (B-)	7	Param
2	Cl (Cl+)	8	K2 (B+)
3	Da (Da+)	9	$\overline{\text{Error}}$
4	$\overline{Da}$ (Da-)	10	$\perp$
5	K1 (A+)	11	$\overline{Cl}$ (Cl-)
6	$\overline{K1}$ (A-)	12	+U <sub>B</sub>

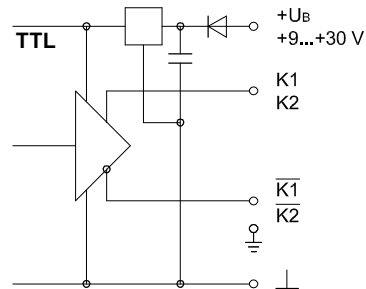
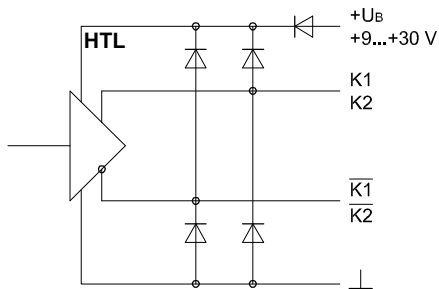
\* Hinweis: Je nach Geberausführung stehen gegebenenfalls nicht alle Signale zur Verfügung  
Note: Depending on the version of the encoder not all signals may be available

**7.1.2 Ausgangssignale**

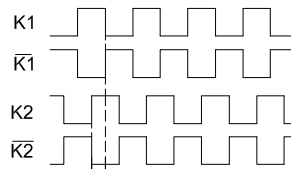
**7.1.2 Output signals**

**7.1.2.1 Ausgangstreiber inkremental**

**7.1.2.1 Incremental line drivers**



Signalfolge bei positiver Drehrichtung.  
(siehe Abschnitt 6)  
Sequence for positive direction of rotation.  
(see section 6)



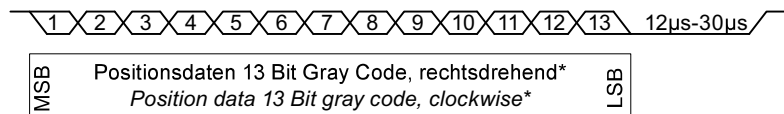
## 7.1.2.2 SSI-Telegramm (Voreinstellung)

## 7.1.2.2 SSI telegram (default setting)

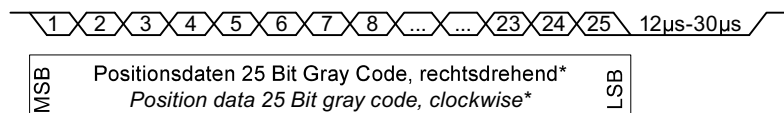
SSI-Clock / SSI clock  
100 kHz - 800 kHz



SSI-Daten, Singleturn / SSI data, singleturn



SSI-Daten, Multiturn / SSI data, multiturn



\* Voreinstellung, kann mit HEAG 182 geändert werden (Zubehör)  
Default, can be changed with HEAG 182 (accessory)

## 7.1.3 Kabel HEK 8 (Zubehör)

## 7.1.3 Cable HEK 8 (accessory)

Es wird empfohlen, das **Baumer Hübner Kabel HEK 8** (eingeschränkt geeignet für Ausführung mit SSI) zu verwenden oder ersatzweise ein geschirmtes, paarig verdrilltes Kabel. Das Kabel sollte in einem Stück und getrennt von Motorkabeln verlegt werden.

Kabelabschluss:

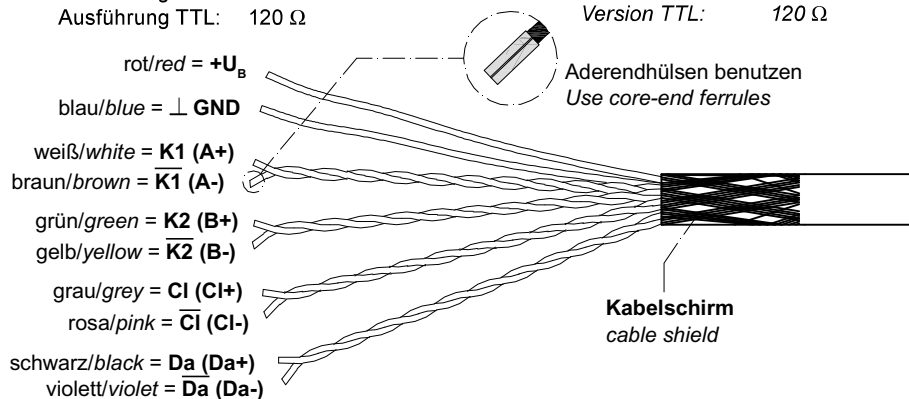
Ausführung HTL: 1 ... 3 k $\Omega$

Ausführung TTL: 120  $\Omega$

Cable terminating resistance:

Version HTL: 1 ... 3 k $\Omega$

Version TTL: 120  $\Omega$



Zur Gewährleistung der angegebenen Schutzart sind nur geeignete Kabel-durchmesser zu verwenden.



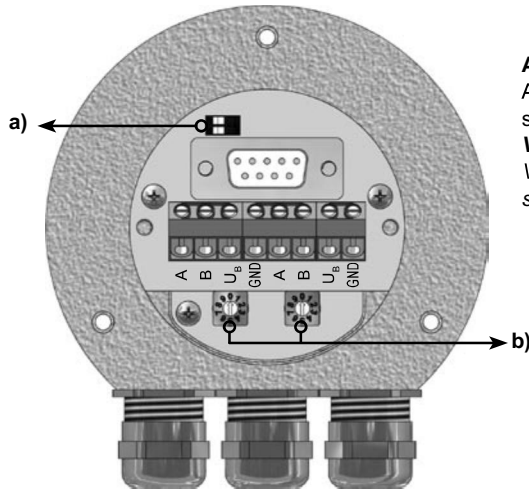
To ensure the specified protection class of the device the correct cable diameter must be used.

7.2 Profibus

7.2 Profibus

7.2.1 Klemmenbelegung und Schalterstellung

7.2.1 Terminal assignment and switch settings

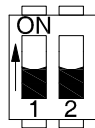


**Ansicht Y**  
Ansicht in Profibus-Haube  
siehe Abschnitt 5.8, 6.3 und 6.4  
**View Y**  
View into Profibus cover  
see section 5.8, 6.3 and 6.4

<b>A</b>	Negative serielle Datenleitung, Paar 1 und Paar 2	(Klemmen mit gleicher Bezeichnung sind intern miteinander verbunden)	<b>A</b>	Negative serial data transmission, pair 1 and pair 2	(Terminals with the same label are internally connected)
<b>B</b>	Positive serielle Datenleitung, Paar 1 und Paar 2		<b>B</b>	Positive serial data transmission, pair 1 and pair 2	
<b>U<sub>B</sub></b>	Versorgungsspannung +9 ... +30 VDC		<b>U<sub>B</sub></b>	Supply voltage +9 ... +30 VDC	
<b>GND</b>	Masseanschluss für U <sub>B</sub>		<b>GND</b>	Ground connection for U <sub>B</sub>	

a) Einstellungen der Abschlusswiderstände

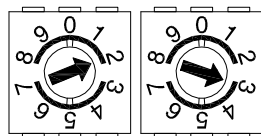
a) Settings for the termination resistors



ON = Letzter Teilnehmer  
last device  
OFF = Teilnehmer xx  
device xx

b) Einstellungen der Teilnehmeradresse

b) Settings for the device address





Adresse über Drehschalter einstellbar.  
Beispiel: Teilnehmeradresse 23  
Address can be set by rotary switch.  
Example: device address 23

7.2.2 Funktionen

7.2.2 *Functions*

<b>Bus-Protokoll</b>	Profibus-DP	<b>Bus-Protokoll</b>	<i>Profibus-DP</i>
<b>Profibus Features</b>	Device Class 1 und 2	<b>Profibus Features</b>	<i>Device Class 1 und 2</i>
<b>Data Exch. Funktionen</b>	Input: Positionswert Output: Preset-Wert	<b>Data exch. functions</b>	<i>Input: Position value Output: Preset value</i>
<b>Preset-Wert</b>	Mit dem Parameter „Preset“ kann der Geber auf einen gewünschten Istwert gesetzt werden, der einer definierten Achsposition des Systems entspricht.	<b>Preset value</b>	<i>The „Preset“ parameter can be used to set the encoder to a predefined value that corresponds to a specific axis position of the system.</i>
<b>Parameter Funktionen</b>	Drehrichtung: Über den Betriebsparameter kann die Drehrichtung, bei welcher der Ausgangswert steigen bzw. fallen soll, parametrisiert werden. Skalierung: Es können die Schritte pro Umdrehung und die Gesamtauflösung parametrisiert werden.	<b>Parameter functions</b>	<i>Direction of rotation: The relationship between the direction of rotation and rising or falling output code values can be set in the operating parameter. Scaling: The parameter values set the number of steps per turn and the overall resolution.</i>
<b>Diagnose</b>	Der Geber unterstützt folgende Fehlermeldungen: - Positionsfehler	<b>Diagnostic</b>	<i>The encoder supports the following error messages: - Position error</i>
<b>Defaulteinstellung</b>	Teilnehmeradresse 00	<b>Default settings</b>	<i>Device address 00</i>

 Eine ausführliche Anleitung für den Profibus-DP und die GSD-Datei finden Sie im Handbuch auf der mit dem Gerät mitgelieferten CD.

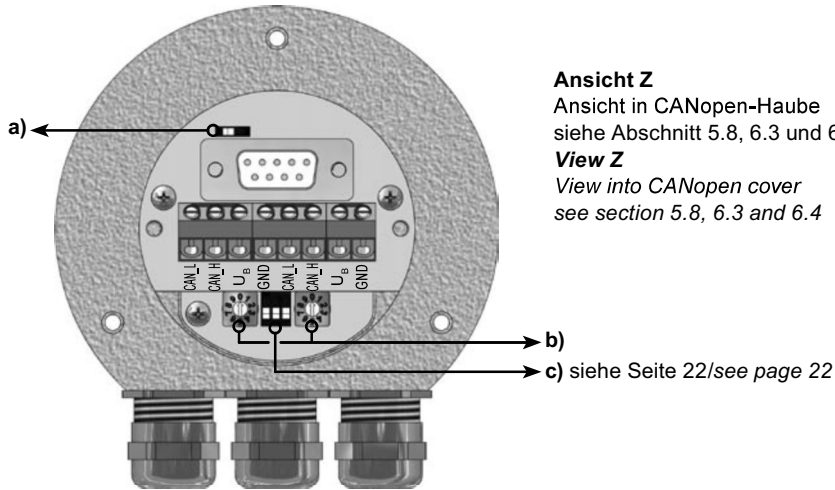
 *You can find a detailed instruction for the Profibus DP and the device description file in the manual on the CD provided with the device.*

7.3 CANopen

7.3 CANopen

7.3.1 Klemmenbelegung und Schalterstellung

7.3.1 Terminal assignment and switch settings

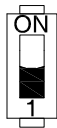


**Ansicht Z**  
 Ansicht in CANopen-Haube  
 siehe Abschnitt 5.8, 6.3 und 6.4  
**View Z**  
 View into CANopen cover  
 see section 5.8, 6.3 and 6.4

<b>CAN_L</b>	CAN Bus Signal (dominant Low)	(Klemmen mit gleicher Bezeichnung sind intern miteinander verbunden)	<b>CAN_L</b>	CAN Bus signal (dominant low)	(Terminals with the same label are internally connected)
<b>CAN_H</b>	CAN Bus Signal (dominant High)		<b>CAN_H</b>	CAN Bus signal (dominant high)	
<b>U<sub>B</sub></b>	Versorgungsspannung +9 ... +30 VDC		<b>U<sub>B</sub></b>	Supply voltage +9 ... +30 VDC	
<b>GND</b>	Masseanschluss für U <sub>B</sub>		<b>GND</b>	Ground connection for U <sub>B</sub>	

a) Einstellungen der Abschlusswiderstände

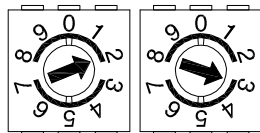
a) Settings for the termination resistors



ON = Letzter Teilnehmer  
 last device  
 OFF = Teilnehmer xx  
 device xx

b) Einstellungen der Teilnehmeradresse

b) Settings for the device address

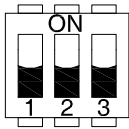


Adresse über Drehschalter einstellbar.  
 Beispiel: Teilnehmeradresse 23  
 Address can be set by rotary switch.  
 Example: device address 23

## 7.3.1 Klemmenbelegung und Schalterstellung

7.2.2 *Terminal assignment and switch settings*

## c) Einstellungen der CANopen-Baudrate

c) *Settings CANopen baud rate*

Baudrate <i>baud rate</i>	Einstellung DIP Schalter <i>Setting dip switch</i>		
	1	2	3
10 kBit/s	OFF	OFF	OFF
20 kBit/s	OFF	OFF	ON
50 kBit/s*	OFF	ON	OFF
125 kBit/s	OFF	ON	ON
250 kBit/s	ON	OFF	OFF
500 kBit/s	ON	OFF	ON
800 kBit/s	ON	ON	OFF
1 MBit/s	ON	ON	ON

\* Werkseinstellung/Default

## 7.2.3 Funktionen

7.2.3 *Functions*

<b>Bus-Protokoll</b>	CANopen	<b>Bus-Protokoll</b>	<i>CANopen</i>
<b>CANopen Features</b>	Device Class 2 CAN 2.0B	<b>CANopen features</b>	<i>Device Class 2 CAN 2.0B</i>
<b>Geräteprofil</b>	CANopen CiA DSP 406, V 3.0	<b>Device profile</b>	<i>CANopen CiA DSP 406, V 3.0</i>
<b>Betriebsarten</b>	Anfrage (asynchron, mit SDO) Zyklisch (asynchron-zyklisch) Synchron (synchron-zyklisch) Azyklisch (synchron-azyklisch)	<b>Operation modes</b>	<i>Polling mode (asynch, via SDO) Cyclic mode (asynch-cyclic) Synch mode (synch-cyclic) Acyclic mode (synch-acyclic)</i>
<b>Diagnose</b>	Der Geber unterstützt folgende Fehlermeldungen: - Positionsfehler	<b>Diagnostic</b>	<i>The encoder supports the following error messages: - Position error</i>
<b>Defaulteinstellung</b>	Teilnehmeradresse 00	<b>Default settings</b>	<i>Device address 00</i>



Eine ausführliche Anleitung für das CANopen-Profil und die EDS-Datei finden Sie im Handbuch auf der mit dem Gerät mitgelieferten CD.



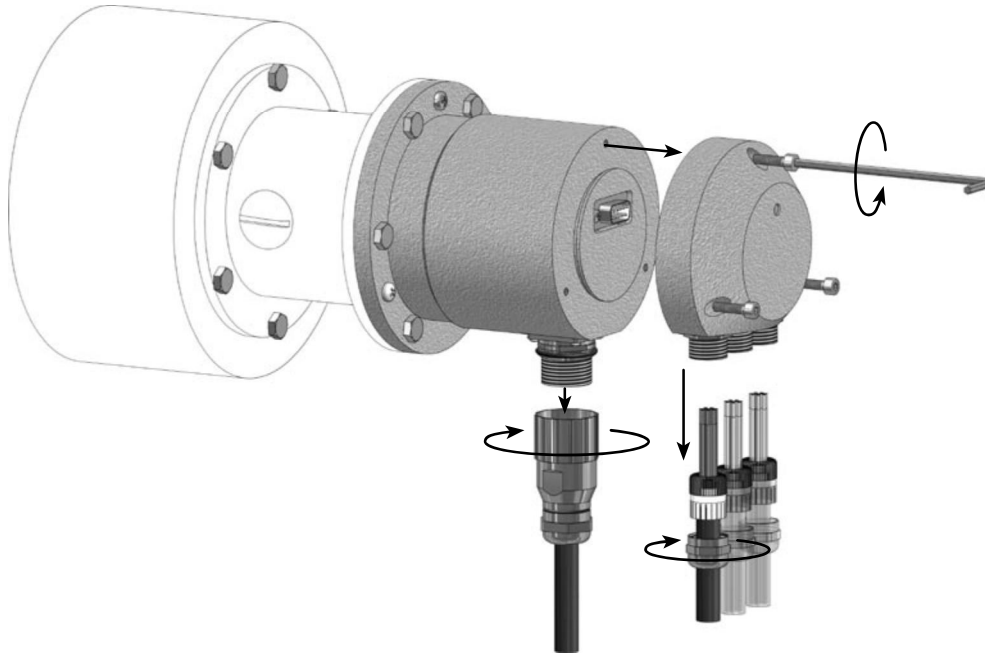
You can find a detailed instruction for the CANopen profile and the device description file in the manual on the CD provided with the device.

**8 Demontage**

**8 Dismounting**

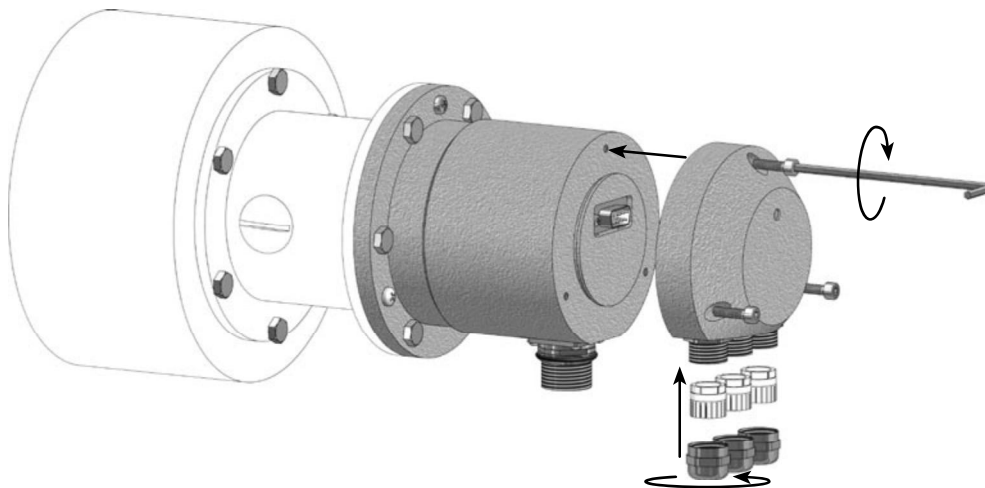
**8.1 Schritt 1**

**8.1 Step 1**



**8.2 Schritt 2**

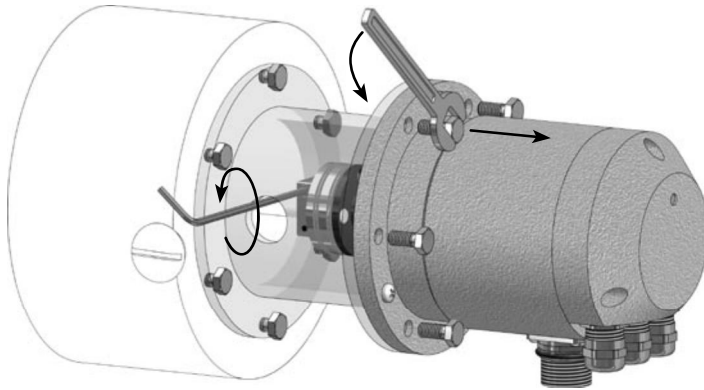
**8.2 Step 2**



**8** Demontage / Dismounting

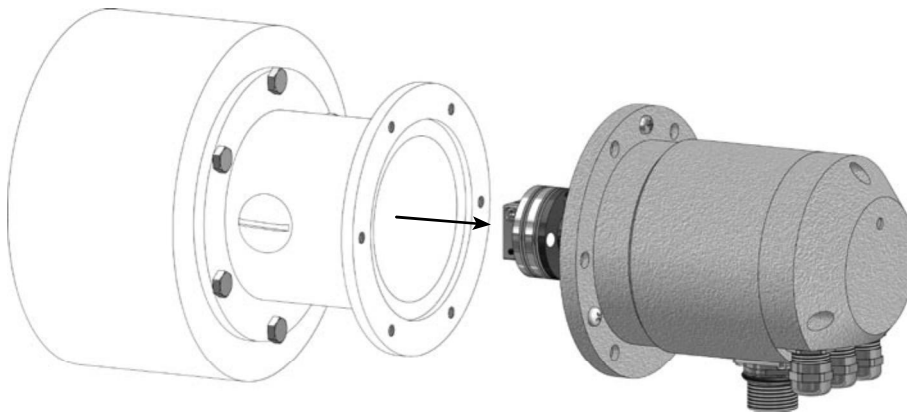
**8.3** Schritt 3

**8.3** Step 3



**8.4** Schritt 4

**8.4** Step 4



**8.5** Schritt 5

**8.5** Step 5



**9 Zubehör**

- Federscheiben-Kupplung  
K 35
- Anschlusskabel  
HEK 8
- Frequenz-Analog-Wandler:  
HEAG 121 P
- Digital-Konverter:  
HEAG 151 - 154
- LWL-Übertrager:  
HEAG 171 - 176
- Interface-Box  
HEAG 182
- Digitaler Drehzahlshalter:  
DS 93

**9 Accessories**

- *Spring disk coupling*  
*K 35*
- *Connecting cable*  
*HEK 8*
- *Frequency-analogue converter:*  
*HEAG 121 P*
- *Digital converters:*  
*HEAG 151 - 154*
- *Fiber optic links:*  
*HEAG 171 - 176*
- *Interface box*  
*HEAG 182*
- *Digital speed switch:*  
*DS 93*

## 10 Technische Daten

---

### 10.1 Allgemeine Daten

---

• Singleturn:	13 Bit = 8.192 Schritte pro Umdrehung	
• Multiturn:	max. 16 Bit = 65.536 Umdrehungen	
• Betriebsspannung:	$U_B = +9 \text{ V} \dots +30 \text{ V DC}$	
• max. Betriebsdrehzahl:	3.500 min <sup>-1</sup>	
• Belastbarkeit der Welle:	axial 50 N      radial 60 N	
• Schwingungsfestigkeit: (10 Hz ... 2 kHz)	$\leq 100 \text{ m/s}^2 \approx 10 \text{ g}$	IEC 60068-2-6
• Schockfestigkeit (6 ms):	$\leq 1.000 \text{ m/s}^2 \approx 100 \text{ g}$	IEC 60068-2-27
• Schutzart:	IP 55	IEC 60529
• zulässige Temperatur am Geber:	-20° C ... +85 °C	
• Gewicht:	$\approx 1,7 \text{ kg}$ (je nach Ausführung)	

### 10.2 PROFIBUS DP (Klasse 1 und 2)

---

• Ein- und Ausgänge:	potenzialgetrennt
• Baudrate:	9,6 kBit/s ... 12 MBit/s
• Adresse:	einstellbar 1 - 99
• Parameter, Klasse 2:	Drehrichtung, Preset-Wert, Schritte pro Umdrehung, Gesamtauflösung
• Stromaufnahme ohne Last:	$\approx 250 \text{ mA}$ pro Schnittstelle
• Anschluss:	Bushaube mit 3 Kabelverschraubungen

### 10.3 CANopen (Device Class 2, CAN 2.0B)

- Baudrate: 10 kBit/s ... 1 MBit/s
- Adresse: einstellbar 1 - 99
- Parameter: Drehrichtung, Preset-Wert, Schritte pro Umdrehung, Gesamtauflösung
- Stromaufnahme ohne Last:  $\approx$  250 mA pro Schnittstelle
- Anschluss: Bushaube mit 3 Kabelverschraubungen

### 10.4 SSI-Schnittstelle

- Taktfrequenz: 100 kHz ... 800 kHz Tastverhältnis 1:1
- Programmierung über PC und Hübner Interface-Box HEAG 182:
  - Drehrichtung (default: rechts)
  - Nullstellung
  - Voreinstellung
  - Gray- (default) oder Binärcode
  - Auslesen des Fehlerstatus
- Fehlerausgang (Error): Open-Collector-Ausgang mit internem 10k-Pull-up-Widerstand
- Stromaufnahme ohne Last:  $\approx$  100 mA pro Schnittstelle
- Anschluss: 12-polige Flanschdose

### 10.5 Inkrementalteil

- Logikpegel: HTL oder TTL (RS-422)
- Rechteckperioden pro Umdrehung: 2.048
- Tastverhältnis: 40:60 ... 60:40
- Impulsversatz: 70° ... 110°
- Ausgabefrequenz:  $f_{\max}$ : 120 kHz
- Anschluss: 12-polige Flanschdose

## 10 Technical data

---

### 10.1 General data

---

• <i>Singleturn:</i>	13 Bit = 8,192 steps per turn	
• <i>Multiturn:</i>	max. 16 Bit = 65,536 revolutions	
• <i>Supply voltage:</i>	$U_B = +9 \text{ V} \dots +30 \text{ V DC}$	
• <i>Maximum speed:</i>	3,500 rpm	
• <i>Maximum shaft load:</i>	axial 50 N	radial 60 N
• <i>Vibration resistance:</i> (10 Hz ... 2 kHz)	$\leq 100 \text{ m/s}^2 \approx 10 \text{ g}$	IEC 60068-2-6
• <i>Shock resistance (6 ms):</i>	$\leq 1,000 \text{ m/s}^2 \approx 100 \text{ g}$	IEC 60068-2-27
• <i>Protection class:</i>	IP 55	IEC 60529
• <i>Permissible encoder temperature:</i>	-20 °C ... +85 °C	
• <i>Weight:</i>	$\approx 1,7 \text{ kg}$ (depending on the version)	

### 10.2 PROFIBUS DP (Class 1 and 2)

---

• <i>Inputs and outputs:</i>	electrically insulated
• <i>Baud rate:</i>	9.6 kBit/s ... 12 MBit/s
• <i>Address:</i>	adjustable 1 - 99
• <i>Parameter, class 2:</i>	Direction of rotation, preset value, steps per turn, overall resolution
• <i>Current consumption at no-load:</i>	$\approx 250 \text{ mA}$ per interface
• <i>Connection:</i>	Bus cover with 3 screwed glands

### 10.3 CANopen (Device class 2, CAN 2.0B)

- *Baud rate:* 10 kBit/s ... 1 MBit/s
- *Address:* adjustable 1 - 99
- *Parameter:* Direction of rotation, preset value, steps per turn, overall resolution
- *Current consumption at no-load:* ≈ 250 mA per interface
- *Connection:* Bus cover with 3 screwed glands


### 10.4 SSI Interface

- *Clock frequency:* 100 kHz ... 800 kHz *Mark space ratio 1:1*
- *Parameter setting via PC using Hübner interface box HEAG 182:*
  - Direction of rotation (default: right)
  - Reset
  - Preset
  - Gray (default) or binary code
  - Readout of error code
- *Error output:* Open-collector output with internal 10k pull-up resistor
- *Current consumption at no-load:* ≈ 100 mA per interface
- *Connection:* 12 pin flange socket

### 10.5 Incremental part

- *Logic level:* HTL or TTL
- *Square-wave cycles per turn:* 2,048
- *Mark space ratio:* 40:60 ... 60:40
- *Square-wave displacement:* 70° ... 110°
- *Output frequency:*  $f_{max}$ : 120 kHz
- *Connection:* 12 pin flange socket

11 Anhang: EU-Konformitätserklärung



**BaumerHübner**

Motion Control

**EU-Konformitätserklärung**

**Hersteller:** Baumer Hübner GmbH  
Planufer 92 b  
D-10967 Berlin

**Produktbezeichnung:** **Absolutwertgeber** der Typenreihe  
- AMG 81  
- AMG 11  
- HMG 11 / HMG 111  
- HMG 161

Wir bestätigen die Übereinstimmung unserer Produkte mit den Europäischen Richtlinien

<b>89/336/EWG</b>	<i>Richtlinie über die elektromagnetische Verträglichkeit</i>
<b>94/9/EG</b>	<i>ATEX-Richtlinie - Gerätekategorie 3 D und 3 G</i>

durch die Einhaltung folgender Normen:

<b>EN 61000-6-2</b>	<i>Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) Fachgrundnorm Störfestigkeit, Industriebereich</i>
<b>EN 61000-6-4</b>	<i>Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) Fachgrundnorm Störaussendung, Industriebereich</i>

sowie

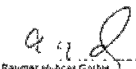
<b>EN 60079-0</b>	<i>Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche</i>
<b>EN 60079-15</b>	<i>Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche - Zündschutzart „n“</i>
<b>EN 61241-1</b>	<i>Elektrische Betriebsmittel zur Verwendung in Bereichen mit brennbarem Staub Schutz durch Gehäuse „ID“</i>
<b>EN 61241-14</b>	<i>Elektrische Betriebsmittel zur Verwendung in Bereichen mit brennbarem Staub Auswahl und Errichten</i>

Diese Erklärung beinhaltet keine Zusicherung von Eigenschaften im Sinne des Produkthaftungsgesetzes

Weitere Normen, die den Produkten zugrundegelegt werden:

<b>IEC 60068-2-6</b>	<i>Grundlegende Umweltprüfverfahren Prüfung Fc und Leifaden: Schwingen, sinusförmig</i>
<b>IEC 60068-2-27</b>	<i>Grundlegende Umweltprüfverfahren Prüfung Ea und Leifaden: Schocken.</i>

Berlin, den 31.05.2007  
Ort, Datum


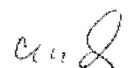
  
Baumer Hübner GmbH  
Leiter Konstruktion

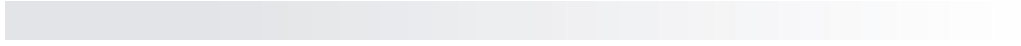
Alle Produkte der Baumer Hübner GmbH sind als Komponenten zum Einbau in / Anbau an Maschinen bestimmt (siehe dazu auch die entsprechenden Montage- und Betriebshinweise).

EX\_KONF\_3D\_3G\_AMG-HMG\_11-161

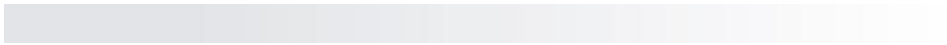
31.05.2007

## 11 Appendix: EU Declaration of conformity

	<b>BaumerHübner</b>	Motion Control
<b>EU-Declaration of conformity</b>		
<b>Manufacturer:</b> Baumer Hübner GmbH Planufer 92 b D-10967 Berlin		
<b>Type of product:</b>	<b>Absolute encoders of types</b> - AMG 81 - AMG 11 - HMG 11 / HMG 111 - HMG 161	
We declare our products conform with the European Council Directives		
<b>89/336/EEC</b>	<i>Directive for electromagnetic compatibility</i>	
<b>94/9/EG</b>	<i>ATEX-Standard</i>	
meeting the following standards:		
<b>EN 61000-6-2</b>	<i>Elektromagnetische compatibilität: Generic immunity standard - Industrial environment</i>	
<b>EN 61000-6-4</b>	<i>Elektromagnetische compatibilität: Generic emission standard - Industrial environment</i>	
and		
<b>EN 60079-0</b>	<i>Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche</i>	
<b>EN 60079-15</b>	<i>Elektrische Betriebsmittel für explosionsgefährdete Bereiche - Zündschutzart „n“</i>	
<b>EN 61241-1</b>	<i>Elektrische Betriebsmittel zur Verwendung in Bereichen mit brennbarem Staub Schutz durch Gehäuse „ID“</i>	
<b>EN 61241-14</b>	<i>Elektrische Betriebsmittel zur Verwendung in Bereichen mit brennbarem Staub Auswahl und Errichten</i>	
This declaration is not a confirmation of specifications with regard to product liability.		
Further standards, which are taken as a basis for the products		
<b>IEC 60068-2-6</b>	<i>Basic environmental testing procedures Test Fc and guidance: Vibration, sinusoidal</i>	
<b>IEC 60068-2-27</b>	<i>Basic environmental testing procedures Test Ea and guidance: Shock</i>	
Berlin, 31th of May 2007 <small>Place, Date</small>	 Baumer Hübner GmbH Director of Mechanical Engineering	
All products of Baumer Hübner GmbH are components for mounting in / on machinery (see the corresponding installation and operating instructions).		
EX_KONF_3D_3G_AMG-HMG_11-161		31 05 2007







**Baumer Hübner GmbH**  
P.O. Box 61 02 71 · D-10924 Berlin, Germany  
Phone: +49 (0)30/69003-0 · Fax: +49 (0)30/69003-104  
info@baumerhuebner.com · www.baumerhuebner.com

Technische Änderungen vorbehalten.  
*Technical modifications reserved.*

# Agnietenhof Tiel

vervanging Besturing Toneelhijsinstallaties

Datum: .. ..... .....

De inschrijver:.....

Heeft de toneelhijsinstallatie van Agnietenhof Tiel t.b.v. inschrijving op de aanbesteding van

"Vervanging Besturing Toneelhijsinstallatie" onderzocht op [datum]

van [uu:mm] tot [uu:mm].

handtekening namens Agnietenhof:

naam:

Een (kopie van) deze ondertekende brief bij uw inschrijving bijsluiten.