

NEM ENERGY B.V.

Onderzoeksrapport

Hijs en transport equipment

Zandbergen, Wiebe

3/20/2015

Onderzoeksrapport

Hijs en transport equipment

Auteur: Wiebe Zandbergen

Plaats: Zoeterwoude

Datum: 20-03-2015

Organisatie: NEM energy bv.

Voorwoord

Dit rapport is geschreven als eindrapportage voor mijn opleiding Werktuigbouwkunde aan de Haagse Hogeschool te Delft. Het betreft mijn afstudeeronderzoek waar ik zeventien weken bij NEM Energy B.V. aan gewerkt heb.

Het rapport is gericht aan NEM Energy B.V. Met in het bijzonder Raymond Gunnewijk, opdrachtgever van het project en aanspreekpunt.

Ik wil Raymond Gunnewijk bedanken voor de uitdagende opdracht. Mijn dank gaat ook uit naar de docentcoach Wouter van Tiel voor de bijdrage.

Ook de input van verschillende andere personen binnen het bedrijf heeft geholpen dit verslag tot stand te brengen, mijn dank gaat uit naar:

- Jins Houdijk
- Marc Mornout
- Erwin Ouwerkerk
- Peter van Paassen
- Thijs van Paridon
- Niels Veldkamp
- Nico Schaap

Last but not least gaat mijn dank uit naar mijn medestudent Tom Evertse en Joris van der Ploeg, voor continu overleg over de kwaliteit van de rapportage en kritische kijk op de oplossingen.

Wiebe Zandbergen

Zoeterwoude, Maart 2015



Inhoudsopgave

Voorwoord	2
Samenvatting	5
Afkortingen	6
Symbolenlijst.....	6
Verklarende woordenlijst	7
Inleiding	8
Achtergrond	8
De projectopdracht.....	9
Doelstelling	9
Methode	9
1. Verdieping	10
1.1 Het equipment	10
1.2 De methode	11
1.3 Hijsen	16
1.4 Afronding	16
1.5 Problemen.....	17
1.6 Concurrenten	18
2. Onderzoek	19
2.1 functieanalyse	19
2.2 Kostenanalyse	20
2.3 Besparingen	21
2.4 SWOT analyse	22
3. Ontwerp	23
3.1 Bundels	23
3.2 Norm	25
3.3Pakket van eisen	26
3.4 Functievervullers en oplossingen.....	27
3.5 Morfologische kaart.....	28
3.6 Concepten	29
3.7 Keuzetabel	31
4. Uitwerking	32
4.1 Frame	32
4.2 Verbindingen.....	37
4.3 Tail hijs oog	42
4.3 Haak	43
4.4 Kosten	48
5.Conclusie.....	50
5.1 Aanbevelingen	50
Literatuurlijst	51
Grafiekenlijst.....	51

Tabellenlijst	51
Bronnen	51
Bijlagen	53
I. Tekeningen	53
II. Berekeningen	54
III. Afwegingen transportframe's	73
IV. Gestandaardiseerd equipment hijsbedrijven	75
Competentieterugkoppeling	76



Samenvatting

Gedurende het afstudeerproject zijn de huidige transport en hijsvoorzieningen voor de bundels van de horizontale HRSG onderzocht. Met als doel om te besparen op de kosten die per project gemaakt worden om de bundels vanaf de fabriek te vervoeren en te plaatsen naar en in de HRSG.

Een van de fundamentele onderdelen van de HRSG zijn de harpen, de harpen hangen verticaal in de horizontale HRSG en zorgen voor de overdracht van warmte energie uit de rookgassen van een gasturbine naar water. Het water wordt omgezet in stoom voor een stoomturbine, zodat er extra elektrische energie opgewerkt wordt. Dit wordt ook wel de combined cycle genoemd. Het koppelen van een gasturbine aan een stroomturbine verbeterd het procesrendement aanzienlijk.

De harpen kunnen op verschillende manieren vervoerd en in de HRSG geplaatst worden, een daarvan is door gebruik te maken van harpbundels. In de fabriek worden afzonderlijke harpen gebundeld en verbonden met piping in een speciaal transport frame. Ook wordt de ophanging van de bundel geplaatst in het frame, het zogeheten suspension frame. De transportframes worden gehesen met een op maat gemaakte hijsbalk, zodat de bundels met frame als breakbulk in het transport schip geladen kunnen worden. Waarna ze vervoerd worden naar een haven in de buurt van de bouwplaats. Vanaf de haven wordt dezelfde balk weer gebruikt om de bundels op vrachtwagens te laden. Door de maten en gewichten van de bundels dienen ze als oversized load vervoerd te worden, hier komt het aanvragen van vergunningen bij kijken. Eenmaal aangekomen op de bouwplaats dienen de bundels gekanteld te worden tot ze verticaal hangen en dus in de HRSG geplaatst kunnen worden. Omdat de harpen uit lange pijpen met vinnen bestaan dienen deze tegen doorbuigen ondersteund te worden, als dit niet het geval is beschadigen de pijpen en vinnen en zal de warmteoverdracht van de harpen drastisch dalen. Om de bundels te kantelen wordt dus een apart frame gebruikt, het strongback frame met een top hijs frame. De bundel inclusief transportframe wordt in de strongback geplaatst door middel van een tweede hijsbalk. Het strongback frame wordt verticaal gehesen en aan de goal post bevestigd. Met het top hijs frame wordt de bundel uit de strongback gehesen en in de HRSG geplaatst, waarna de volgende bundel in het strongback frame gehesen kan worden.

Omdat het transport van de lege frames terug naar de fabriek niet rendabel is worden er nieuwe frames gefabriceerd. Wel wordt er gekeken of de strongback hergebruikt kan worden bij een volgend project, dit hangt volledig af van de specificaties van de HRSG bundels en de kosten van het transport naar de andere bouwplaats.

Uit overleg met een aantal betrokkenen bij NEM is er voor elke voorziening een pakket van eisen opgesteld. Aan de hand van deze eisen zijn er enkele concepten opgesteld. Welke door middel van de Kesselring methode aan de variabele eisen gemeten zijn om tot de beste keuze te komen. Uit Kesselring en verschillende afwegingen over de beschikbare tijd binnen het project. Is de keuze gemaakt om de transportkosten van de strongback te verlagen, door deze uit te voeren als delen ter grootte van containers. Zodat het economisch gezien rendabel wordt om de strongback te vervoeren naar een volgende bouwplaats en dus te hergebruiken. Voorwaarde hiervoor is wel dat de strongback dusdanig universeel uitgevoerd dient te worden dat deze daadwerkelijk gebruikt kan worden bij de verschillende HRSG's.

Uit de keuze om het concept van de strongback ter grote van containers uit te voeren, is een vakwerk gemaakt. Het vakwerk is zo gedimensioneerd dat deze in delen ter grote van containers opgedeeld kan worden. Een twintig voet en twee veertig voet containers. Aan de hand van het vakwerk zijn de resultante krachten bij een lading van 310 ton berekend. Het vakwerk is uitgewerkt in het programma Femap om de profielen te dimensioneren. Hieruit is een frame ontstaan. Met de kennis dat het vakwerk in evenwicht is, zijn de krachten op de verbindingstukken bij maximale belasting berekend. Het frame is uitgewerkt in het 3D programma Autodesk Inventor, waarin de verbindingen tussen de framedelen en de hoekdelen van containers ontworpen en gemodelleerd zijn.

Naast het container-sized frame is een nieuwe verbinding tussen de strongback en de bundel ontworpen. Door middel van een vormgesloten haak kan de bundel overeind gehesen worden. Als de bundel en het frame geheel gekanteld zijn is het mogelijk om de bundel uit de haak te laten zakken. Door de mogelijkheid om het frame te hergebruiken kan er aanzienlijk op de kosten voor het plaatsen van de bundels bespaard worden.



Afkortingen

Afkorting	Betekenis
AISC	American institute of steel construction
ASME	American society of mechanical engineers
CIP	Cost improvement project
DNV	Det Norske Veritas
HRSG	Heat recovery steam generator
IKZ	Integrale kwaliteitszorg
ILO	International labour organisation

Symbolenlijst

Symbol	Eenheid	Grootheid
σ	N/mm ² MPa GPa	spanning
F	kN	Kracht
I	mm ⁴	Oppervlaktetraagheidsmoment
L	mm	Lengte
f	mm	Doorbuiging
E	GPa	Elasticiteitsmodulus
M	Nm of Nmm	Moment

Aanduiding	Eenheid	Maat
Dh	mm	Diameter van een gat
Dp	mm	Diameter van een pen
L.cl	mm	Afstand tussen de centerlines van twee platen
TP	mm	Dikte van een plaat
L1	mm	Kortste afstand tussen de rand van een gat en de buitenkant van de plaat
φ		Impulsfactor
α	Graden	Hoek
γ		Veiligheidsfactor



Verklarende woordenlijst

Woord	Betekenis
Bundel	Een aantal harpen gebundeld, inclusief piping
Drukdelen	De onderdelen in de HRSG welke onder druk staan
Goal post	Het stuk frame van de HRSG waar de strongback aan vastgezet wordt
Spreader beam	Een balk die ervoor zorgt dat de hijspunten op een bepaalde maat van elkaar verwijderd zijn zonder dat hier nog horizontale krachten op komen
Harp	Een set met vinpijpen met aan de uiteindes een header waar de vinpijpen op aangesloten zijn
Header	Een pijp waar de vinpijpen op uitkomen, welke gebruikt wordt als toe of afvoer van water en of stoom
Heat recovery steam generator	Een systeem dat door middel van restwarmte stoom opwekt
Hijs punt	Oog waar aan een schackle en sling bevestigd kan worden om te hijsen
inlaat duct	Het kanaal waarmee de warmte van de turbine in de HRSG gevoerd wordt
Multiwheeler	Een platform met meerdere wielen dat (een zware) lading kan verplaatsen
Module	Een deel van de HRSG waarin de harpen, isolatie en main steel al is geassembleerd
Transport frame	Het frame waar de losse harpen in worden opgebouwd tot bundels en worden vervoerd
Strongback	Een frame die gebruikt wordt om de bundel te ondersteunen tijdens het kantelen
Tail side	De onderkant van het frame in verticale stand
Top hijs frame	Het frame dat de verbinding tussen de ophanging van de bundel, strongback en kraan maakt
Vinpijpen	Een pijp met vinnen om een groot oppervlak te creëren voor betere warmteoverdracht
Vrachtton	Eenheid die aangegeven wordt voor het verschepen van een onderdeel, waarin het de grootste specificatie van volume of gewicht van het onderdeel aangegeven wordt
Wrap-around	Een onderlinge bevestiging van de vinpijpen in een harp



Inleiding

Om kosten te besparen en concurrerend te blijven is het noodzaak voor NEM en de afnemer dat de kosten van de producten zo laag mogelijk zijn. Om dit te bereiken worden er bij NEM verschillende Cost Improvement Projects (CIP) uitgevoerd. Het CIP 13 over transport en hijsvoorzieningen resulteerde in enkele besparingen op het transport en hijs gereedschap voor de bundels voor horizontale HRSG's. Er is echter niet verdiept in de mogelijkheid en effectiviteit van een nieuw ontwerp voor één of meerdere hijsgereedschappen.

In dit rapport wordt het onderzoek naar het gereedschap en het proces om de bundels te transporteren, hijsen en te plaatsen gerapporteerd. Daaruit is gebleken dat er mogelijkheden zijn om kosten te besparen op de hijsgereedschappen en de manier van werken. De mogelijkheden zijn uitgewerkt in een nieuw ontwerp.

Met behulp van methodisch ontwerpen, een veelgebruikte ontwerpmethodiek binnen de Werktuigbouwkunde is een ontwerp gerealiseerd. Dit is bereikt door het verdiepen in de huidige voorzieningen en dit op functie, kansen en kosten te analyseren. Hieruit is, uit overleg, een pakket van eisen opgesteld voor een nieuw ontwerp. Aan de hand van dit pakket zijn er concepten uitgewerkt, waar tussen een onderbouwde keuze door middel van Kesselring is gemaakt. Het gekozen concept is uitgewerkt tot een ontwerp.

Achtergrond

NEM Energy B.V.

NEM is de grootste leverancier in Nederland voor oplossingen op het gebied van energieopwekking met stoomtechnologie. De specialisatie van NEM zit in Heat Recovery Steam Generators (HRSG's) en Industrial & Utility Boilers. Ook levert de organisatie diverters, dampers, special products en de service: high energy piping risk assessments. Enkele concurrenten van NEM in Nederland zijn HKB ketelbouw en Aalborg Industries(Alfa laval). Enkele concurrenten wereldwijd zijn: CMI group, Doosan Engineering & Construction, Nooter/Eriksen, China Western Power Company en Vogt/Babcock power.

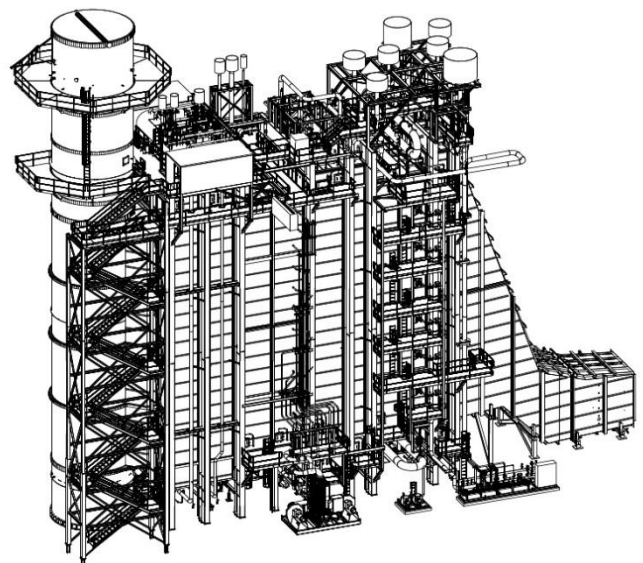
HRSG's kunnen ingezet worden om restwarmte van een turbine om te zetten in stoom. De stoom kan weer gebruikt worden om energie op te wekken. Door een HRSG te plaatsen kan er een aanzienlijk hoger rendement behaald worden.

NEM Energy

NEM Energy is een business unit in Zoeterwoude, het is het hoofdkantoor van NEM group en een van de locaties waar de HRSG's en special products ontworpen worden. De afdelingen Supply, Sales, Engineering, Projectmanagement & Constructie, Quality Control, HR, Communicatie, Finance, ICT en Marketing & Business Development zijn gelegen in het hoofdkantoor in Zoeterwoude.

Voorgaande projecten

Het afstudeerproject komt voort uit een Cost Improvement Project (CIP), een voorgaand project van Niels Veldkamp en enkele ideeën en opmerkingen van medewerkers en klanten van NEM.



De projectopdracht

De afstudeeropdracht wordt uitgevoerd voor NEM Energy b.v. De opdrachtgever is Raymond Gunnewijk. De uitvoerder Wiebe Zandbergen.

Opdracht:

“Ontwerp een nieuw hijsequipment voor horizontale HRSG’s, dat concurrerender (ofwel goedkoper) is. Per project nu ongeveer 300 K euro aan kosten; is dit te halveren?”

Doelstelling

Probleemstelling: *“Hoe kunnen er kosten bespaard worden op hijs en transport equipment”*

SMART doel:

Specifiek	: Binnen de tijd van het afstudeerproject een alternatief voor hijs en transport voorzieningen voor de bundels van de horizontale Heat Recovery Steam Generators te creëren voor de helft van de huidige kosten.
Meetbaar	: Door middel van een kostencalculatie
Acceptabel	: Door ontwerpen en nieuwe ideeën
Relevant	: Voor de concurrentiepositie van NEM Energy b.v.
Tijdsgebonden	: Voor 20 maart 2015

Resultaat:

Als het project tot zijn einde loopt is er een nieuw ontwerp voor een van de of meerdere van de transport en hijsvoorzieningen gerealiseerd, dit hangt af van de kansen om te besparen op het ontwerp. Het nieuwe ontwerp is in 3D uitgewerkt en gerapporteerd in dit onderzoeksrapport.

De helft van de kosten besparen is geen eis voor het project, dit is als doelstelling gesteld. Als de besparing minder is betekend dit niet dat het project mislukt is.

Methode

De methode die gebruikt is voor dit project is methodisch ontwerpen. Een veelgebruikte methode in Nederland en in de Werktuigbouwkunde. De methode is bedacht door prof. H.H Van den Kroonenberg. In feite bestaat het proces uit drie hoofdfasen: De probleem definiëring, werkwijze bepaling en de vormgeving vastleggen. In de probleem definiëring fase wordt er een doelstelling vastgelegd, aan de hand van de doelstelling worden er verschillende eisen voor het ontwerp opgesteld. De eisen zijn onder te verdelen in functionele en variabele eisen. Deze eisen worden weer onderverdeeld in vaste eisen, variabele eisen en wensen. Aan de vaste eisen dient het ontwerp te voldoen om te kunnen functioneren. De variabele eisen kunnen in een bepaalde mate vervuld worden, aan de hand van deze eisen kan er gemeten worden in welke mate het concept voldoet. Evenals het verschil tussen de concepten.

Een bestaand ontwerp kan worden verdeeld in een of meerdere functies, deze functies bestaan meestal weer uit deelfuncties. Door dit goed in kaart te brengen kunnen er functievervullers bedacht worden. De functievervullers worden door middel van een morfologisch overzicht in kaart gebracht, dit is een tabel met de functies en eenvoudige schetsen van de functievervullers.

Door verschillende functievervullers te kiezen en samen te stellen komen er meerdere concepten tot stand.

De keuze tussen de verschillende concepten kan gemaakt worden door middel van een tabel met variabele eisen. Aan de variabele eisen worden verschillende weegfactoren gesteld, deze worden gekozen aan de hand van de onderlinge belangrijkheid van de eisen. In de tabel dient een onderscheid gemaakt te worden tussen de fabricage en functionele eisen.

Door middel van de Kesselring methode, een methode waarin een onderscheid gemaakt wordt tussen de fabricage en functionele eisen. Kunnen de scores van de concepten grafisch weergegeven worden.

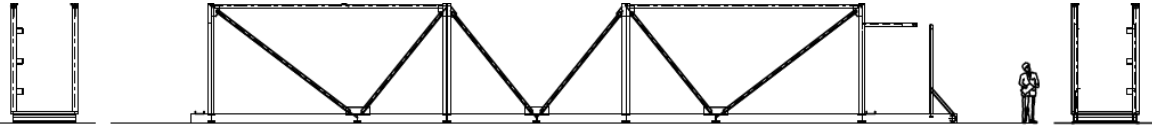
Het concept dat het beste uit de kesselring grafiek komt kan worden vormgegeven.



1. Verdieping

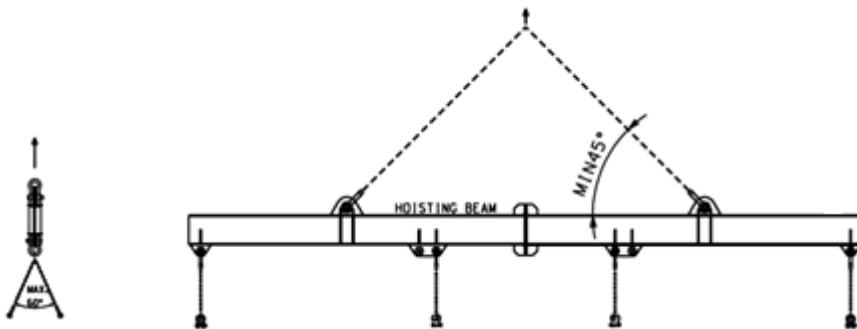
1.1 Het equipment

NEM gebruikt op dit moment vier verschillende hoofdvoorzieningen voor het hijsen en transporteren van de bundels. In dit hoofdstuk is uitgewerkt welke voorzieningen er gebruikt worden en waarvoor deze precies dienen. Naast deze voorzieningen wordt er ook nog ander hijsequipment gebruikt zoals slings, chains, shackels en spreader beams, hier wordt niet op ingegaan tijdens het project.



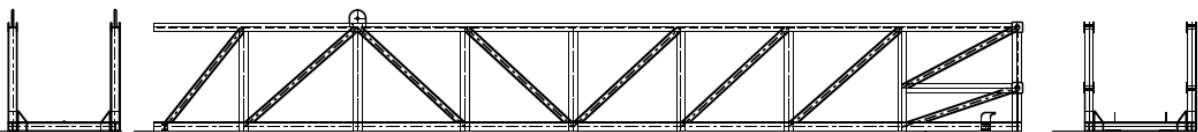
Afbeelding 1: Een leeg transportframe

Het transport frame dient de bundels te kunnen hijsen en te verankeren tijdens het transporteren. Het frame is op maat gemaakt voor een enkele bundel. Bij vijftien bundels per HRSG worden er dus ook vijftien frames ontworpen en gefabriceerd.



Afbeelding 2: De hijsbalk

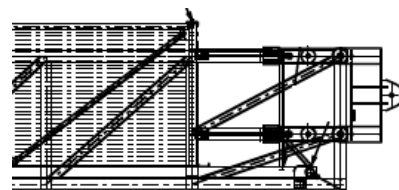
De hijsbalk is op maat gemaakt voor het transport frame. De balk zorgt dat er in de lengterichting geen krachten op het frame komen te staan. De horizontale krachten ten gevolge van de kabels naar de haak worden geneutraliseerd in de balk. Daarnaast wordt de balk gebruikt om de last over het transport frame te spreiden, zo is het buigmoment kleiner en kan het frame lichter uitgevoerd worden.



Afbeelding 3: De strongback

De strongback in afbeelding 3 dient als verstijving van het transport frame en de bundel tijdens het kantelen. Ook wordt hier het top hijs frame aan verbonden.

Het top hijs frame dient de bundels te hijsen van het transport en strongback frame. Door middel van dit top hijs frame wordt de bundel met het ophang frame in de HRSG geplaatst.



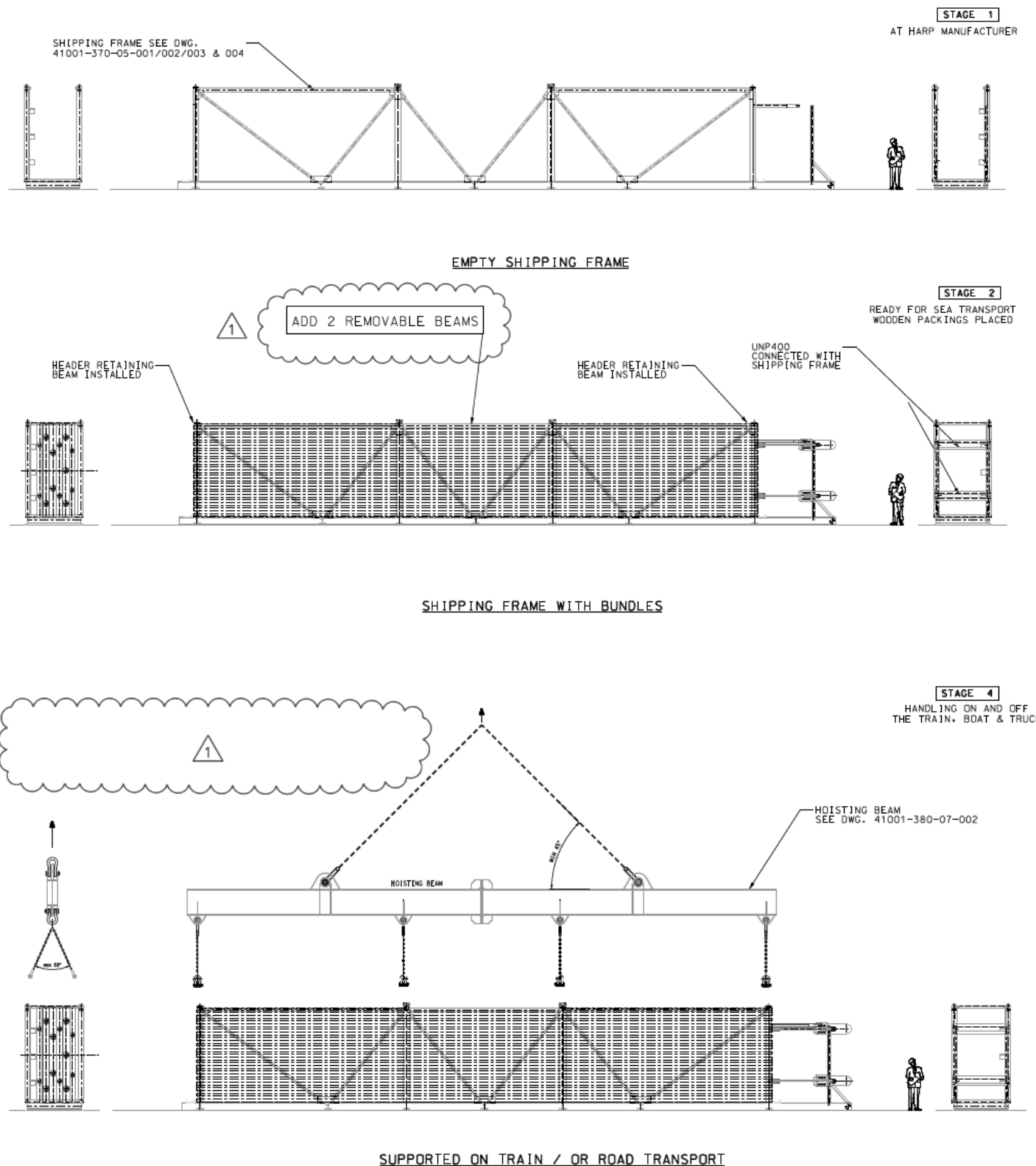
Afbeelding 4: Het top hijs frame

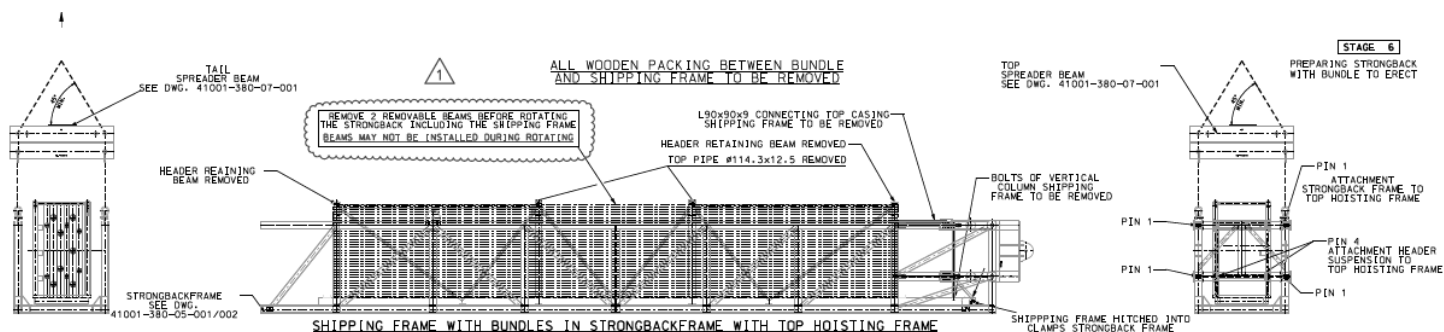
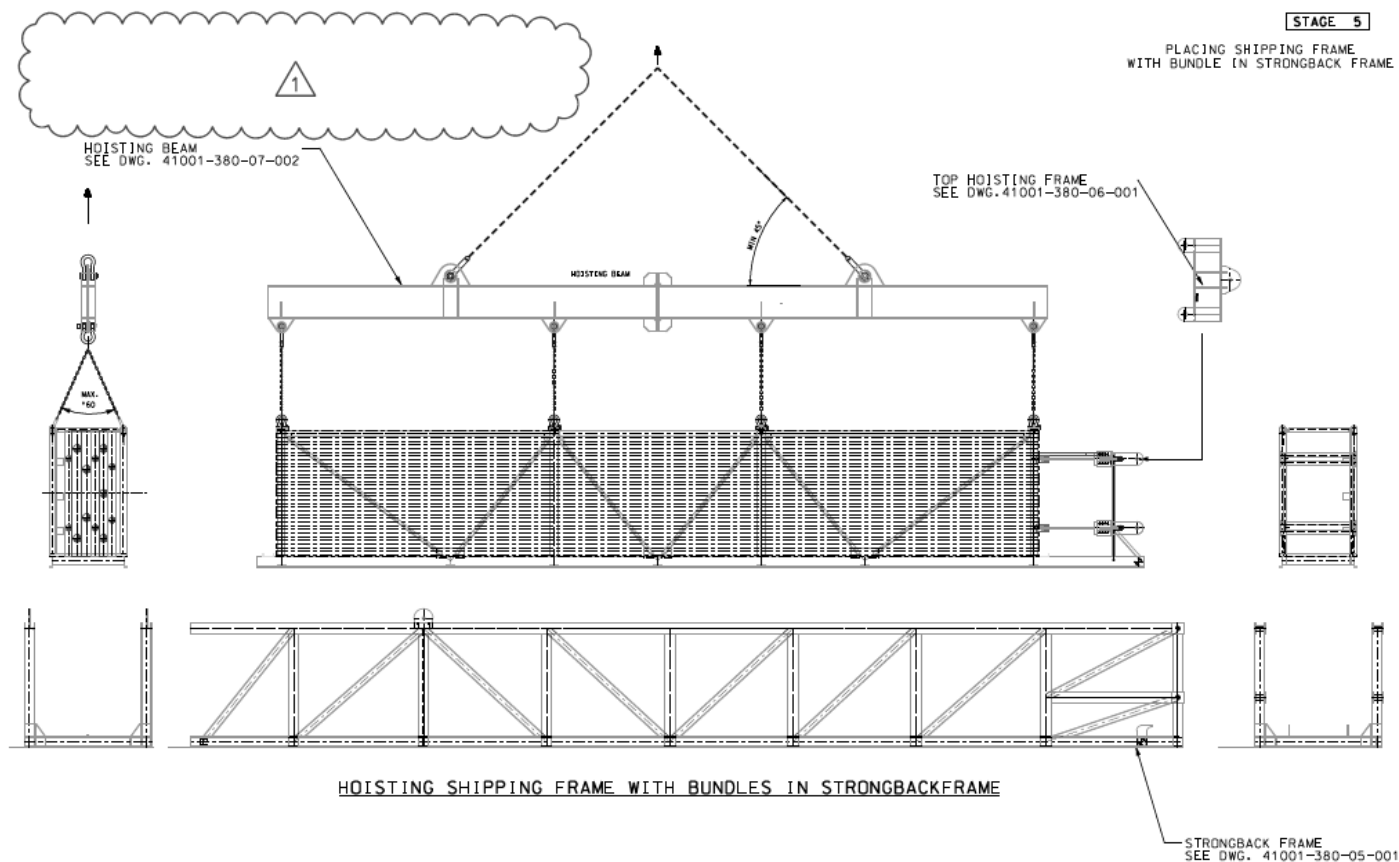


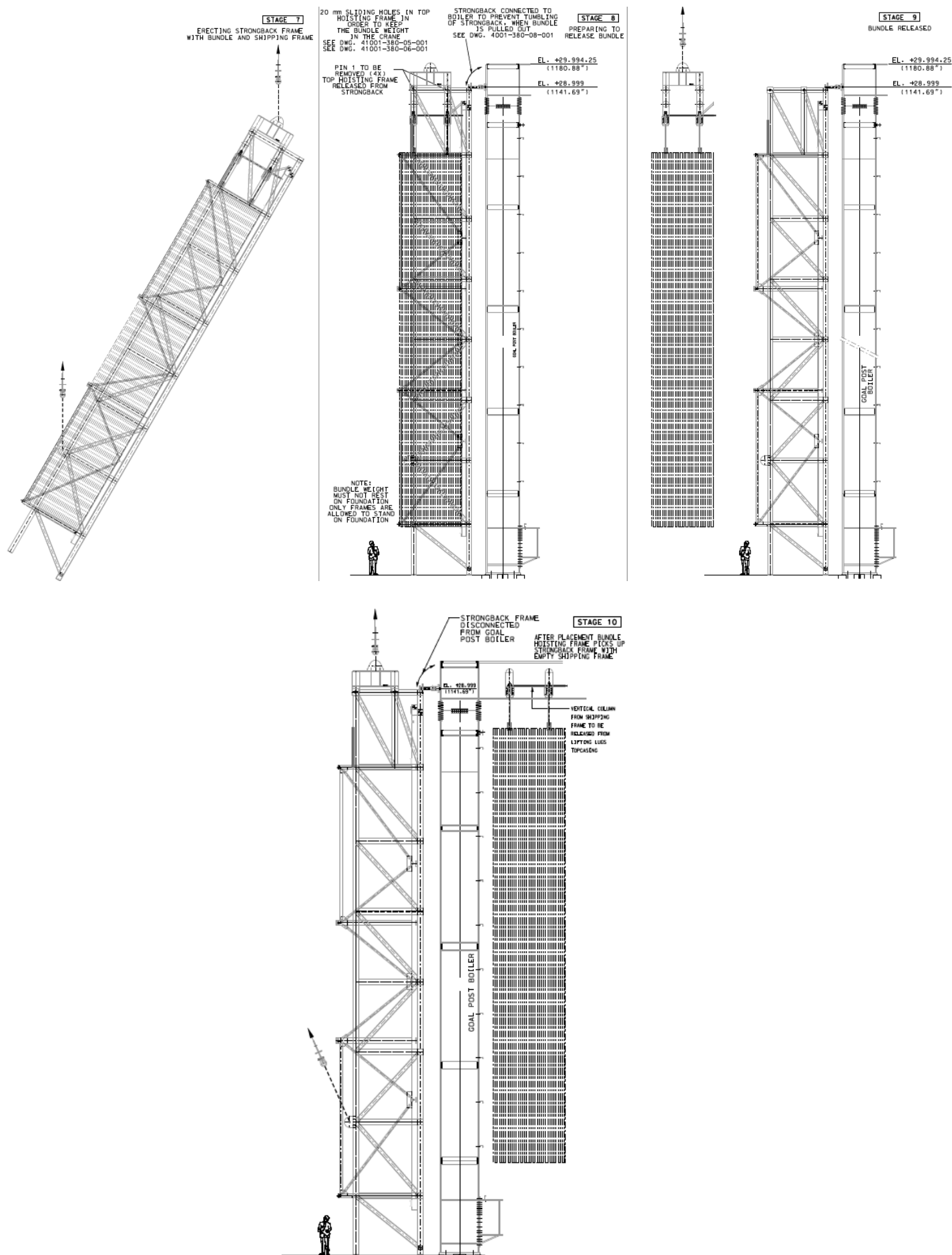
1.2 De methode

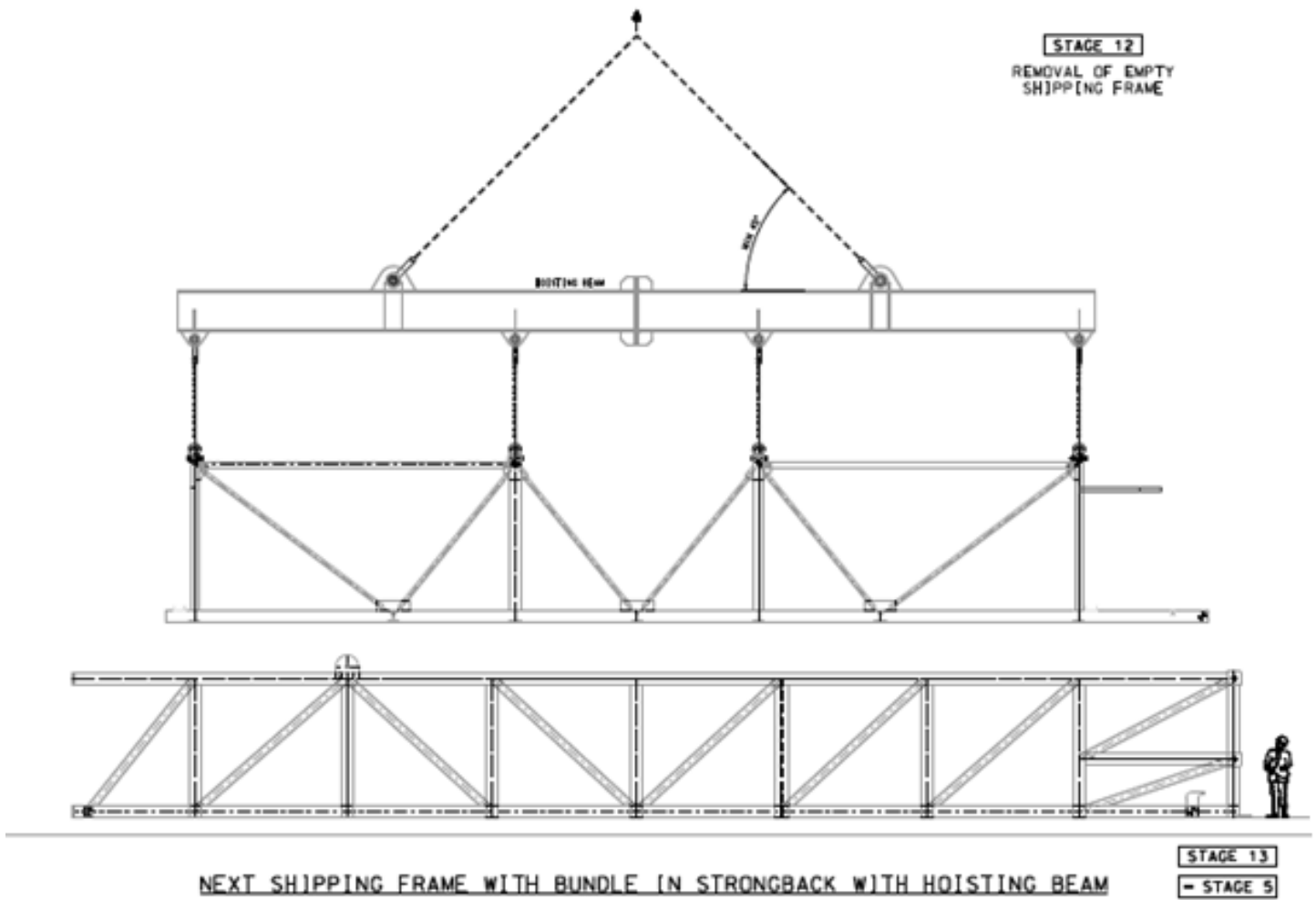
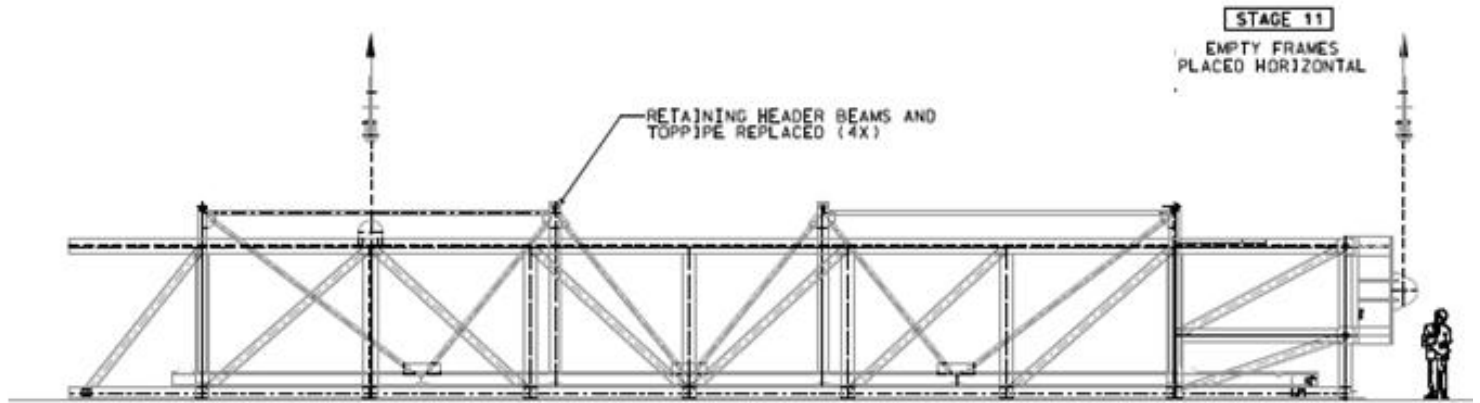
Toepassing

Het gebruik van het equipment is in dit hoofdstuk stap voor stap doorgenomen. Met als doel om kennis en inzicht te krijgen in de toepassing van het verschillende equipment.









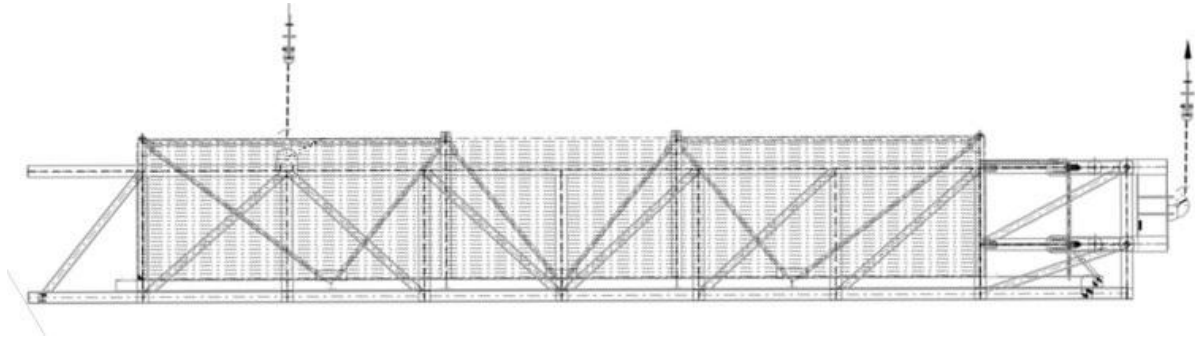
Zoals in hoofdstuk 1.1 duidelijk is weergegeven zijn er veel handelingen nodig om de bundels in de HRSG te plaatsen. Ook zijn er twee kranen nodig om het proces te laten verlopen. De volgende stappen worden uitgevoerd vanaf de fabricage van de losse harpen.

- Fase 1: Het transport frame wordt klaargemaakt.
- Fase 2: De losse harpen worden in het transportframe gebundeld en voorzien van piping. Het geheel wordt door middel van houten packings vastgezet in het frame. Als de bundel af is worden de header retaining beams en twee top pipes geplaatst.
- Fase 3: Het transport frame met bundel wordt tijdens het transport verankerd aan de bovenzijde van het frame. Aan de onderzijde worden er stukken profiel tegenaan gelast om schuiven tegen te gaan.
- Fase 4: Het transport frame met bundel wordt op acht punten opgehesen door middel van de speciale hijsbalk.
- Fase 5: Het transport frame wordt met de bundel in een strongback geplaatst en het top hijs frame wordt door middel van vier pennen bevestigd aan het ophang frame van de bundel. Door middel van een haak wordt het transport frame aan de strongback bevestigd. Ook wordt het top hijs frame door middel van vier penverbindingen aan de strongback bevestigd.
- Fase 6: De houten packing tussen de bundel het transport frame wordt verwijderd. Ook worden de header retaining beams en top pipes verwijderd zodat de bundel vrij in het transportframe ligt.
- Fase 7: De bundel wordt aan het top hijs frame en de strongback overeind gehesen door middel van twee kranen.
- Fase 8: Door middel van sleufgaten in het top hijs frame wordt het strongback frame in verticale stand op de grond ondersteund terwijl het gewicht van de bundel in de kraan blijft hangen. De strongback wordt verankerd aan een goal-post
- Fase 9: Door de vier pinnen in de sleufgaten van het top hijs frame en de strongback los te halen, kan de bundel uit het transport en strongback frame gehesen worden.
- Fase 10: De bundel wordt in de HRSG geplaatst door middel van het ophang frame en top hijs frame
- Fase 11: De lege frames worden weer horizontaal neergelegd door middel van de kranen
- Fase 12: Het lege transport frame wordt van de strongback verwijderd
- Fase 13: Het volgende transport frame met bundel kan in de strongback worden gehesen



1.3 Hijzen

Om de harpbundel overeind te hijsen wordt gebruik gemaakt van twee hijskranen, zie afbeelding 5. De kranen hijsen de strongback van de grond, kraan 2 bevestigt aan de tail side van de strongback stopt op een bepaalde hoogte met hijsen en creëert hiermee een draaipunt. Kraan 1 hijst aan het top hijs frame het geheel omhoog tot het verticaal hangt. Kraan 2 welke de tail side van de strongback oplichtte wordt hierna losgekoppeld. Kraan 1 plaatst het geheel bij de goal-post en hijst de bundel door middel van het top hijs frame in de HRSG.



Afbeelding 5: Horizontale strongback met hijskrachten

1.4 Afronding

Als de voorzieningen gebruikt zijn voor het plaatsen van de bundels kunnen ze vaak niet meer hergebruikt worden, in dit hoofdstuk is uitgewerkt wat er na een project gebeurt met de verschillende onderdelen.

Transport frames

De transport frames worden uit elkaar gehaald op de site na gebruik. De frames kunnen niet hergebruikt worden omdat de bundels voor een ander project verschillen in maten. Ook de transportkosten voor het transport terug van de frames kunnen niet opwegen tegen fabricagekosten van nieuwe frames.

Het komt voor dat er onduidelijkheden zijn over de eigendom van de frames, het is mogelijk dat de frames als oud ijzer verkocht worden door medewerkers of bedrijven die aan de HRSG werken.

Hijsbalk, Strongback en top frame

De hijs balk, strongback en top hijs frame zijn delen die hergebruikt kunnen worden, mits de transportkosten niet hoger zijn dan de kosten om nieuwe frames te fabriceren. En de strongback voldoet aan de specificaties van de bundels van de HRSG.

Spreader beams, slings en shackles

Overige hijsgereedschappen zoals spreader beams, sling en shackles worden ook niet meer hergebruikt. Ook hier blijkt dat er vaak onduidelijkheid is over de eigenaar van het gereedschap en de certificaten voor hergebruik. Bij een volgend project wordt het geheel dan ook opnieuw aangeschaft.



1.5 Problemen

Naast de hoge kosten van de huidige methode en voorzieningen. Zijn er ook problemen bij het gebruik. In dit hoofdstuk staan de problemen die naar voren zijn gekomen uit overleg met betrokkenen.

Certificering

Het soort certificering van het equipment hangt af van de locatie van de toepassing van het equipment. Havens eisen een DNV (CG3) certificering, terwijl op de bouwplaats een andere certificering vaak voldoende is. De CG3 certificering verloopt regelmatig moeizaam, omdat de voorzieningen van NEM in verhouding tot andere projecten klein zijn en weinig prioriteit krijgen. Ook is kennis over certificeringen bij NEM niet in grote mate aanwezig.

Plaatsen

Het plaatsen van het transport frame in de strongback vereist veel precisie en is tijdrovend.

Bevestigen aan de goal post

Het bevestigen van de strongback aan de goal post vergt uiterste precisie van de kraanoperator, de strongback wordt door middel van twee 20mm bouten bevestigd. Omdat er geen ruimte is voor een hoogwerker tussen de goal-post en de strongback, dienen de medewerkers uit de hoogwerker te stappen om de bouten te bevestigen

Verwijderen van de pennen

Een ander punt is het los hijsen van de bundel uit het strongback frame. Om de strongback en transport frame op de grond te steunen wordt er gebruik gemaakt van sleufgaten met 20mm speling in het top hijs frame. De kraanoperator moet met veel precisie de vier pennen vrij houden in de sleufgaten. zodat de pennen op dertig meter hoogte door medewerkers in een hoogwerker verwijderd kunnen worden. Dit levert problemen op omdat de pennen vaak vastgeklemd zitten.

Fouten in fabricage/engineering

Ook komt het voor dat er aanpassingen aan het equipment op de site nodig zijn. Dit wordt veroorzaakt door engineering of fabricage fouten. Bij aanpassingen aan het ontwerp zal dit opnieuw gekeurd moeten worden. De kosten hiervan kunnen erg hoog uitpakken omdat de voorzieningen voor een loadtest niet altijd voorhanden zijn. Afbeelding 6 is een foto van een fout door engineering wat tijdens het verbinden van de bundel aan het top hijs frame tot het licht kwam.



Afbeelding 6: Een fout in de engineering

Hoogte van de bundel

Omdat de bundel hoger is dan de strongback, kan het voorkomen dat de onderste spreader beam tegen de bundel aan drukt naarmate het frame de verticale stand bereikt.



1.6 Concurrenten

Verdieping in bestaande systemen of gereedschap met dezelfde functie heeft naar de concurrent van NEM geleid. De concurrenten gebruiken vergelijkbare voorzieningen met twee kranen om de losse bundels te kantelen. Vaak wordt er gebruik gemaakt van een aparte verstijving voor het kantelen van de bundel. Er is één enkele concurrent die maar een deel van de bundel ondersteunt tijdens het kantelen, onderzoek naar de bundels moet uitwijzen of dit ook mogelijk is voor de bundels van NEM.

Ook bij de concurrenten wordt een frame gebruikt om de bundels vanuit verticale positie in de HRSG te plaatsen. In tegenstelling tot NEM wordt er echter direct aan het opgangframe gehesen om de bundel in de HRSG te plaatsen.

Daarnaast wordt er bij enkele concurrenten geen gebruik gemaakt van transport frames, de bundels worden horizontaal gehesen door meerdere balken onder de bundel te steken en te verbinden aan een hijsbalk. Tijdens transport worden de bundels op deze balken vervoerd. Een verschil met NEM is dat de bundels in dit geval met de headers in Horizontale positie worden vervoerd. Een voorbeeld staat in afbeelding 8, een bundel van Chanute Manufacturing.



Afbeelding 7: Bundel vervoer zonder transportframe



2. Onderzoek

2.1 functieanalyse

Het huidige equipment is in deze paragraaf verdeeld in hoofd, hulp en deelfuncties. Door de functies op papier te zetten zijn er oplossingen voor de functies bedacht. Door op deze manier te werk te gaan is er vanaf de basis gezocht naar oplossingen voor de verschillende functies. Ook is hieruit gebleken dat er voorzieningen met vergelijkbare functies zijn.

Transport frame

Hoofdfunctie:

- Transporteren van bundel

Hulpfuncties:

- o Mogelijkheid om de bundel horizontaal te dragen
- o Verbinden van de bundel tijdens transport
- o Verbinden van de bundel aan het frame
- o Verbinden van de bundel

Deelfuncties:

- Dragen
- Verbinden
- Verstijven

Hijsbalk

Hoofdfunctie:

- Transporteren van de bundel

Hulpfuncties:

- o Het schipping frame dragen
- o Neutraliseren van de horizontale krachten ten gevolge van de hoek van de hijskabels
- o Meerdere draagpunten realiseren voor het transport frame

Deelfuncties:

- Verbinden
- verstijven

Strongback

Hoofdfunctie:

- Kantelen van de bundel

Hulpfuncties:

- o Dragen van de bundel
- o Bevestigen en dragen van het transport frame
- o Bevestigen van het top-hijs frame

Deelfuncties:

- Verstijven
- Dragen
- verbinden

Top hijs frame

Hoofdfunctie:

- Hijsen van de verticale bundel

Hulpfuncties:

- o Bevestigen aan het hijs frame
- o Bevestigen aan de strongback

Deelfuncties:

- Verbinden

Uit de functieanalyse is naar voren gekomen dat veel van het equipment voor dezelfde deelfuncties gemaakt is. Wat opvalt, is dat het transportframe en hijs balk bijna dezelfde functies vervullen. Er is onderzocht of het mogelijk is om deze voorzieningen samen te voegen. En of dit rendabel is. Ook komt naar voren dat het top hijs frame alleen het verbinden van de verschillende frames en de kraan als functie heeft. Door een aanpassing aan de strongback is het mogelijk om dit frame te laten vervallen.



2.2 Kostenanalyse

Inzicht in de kosten is belangrijk om goedkopere voorzieningen te realiseren. In dit hoofdstuk wordt duidelijk waarom de voorzieningen duur zijn. En op welke aspecten bespaard kan worden. Om dit te bereiken zijn er twee casussen opgezet. Deze casussen zijn ingevuld met de prijsindicaties van twee afgeronde projecten.

Transport

Voor scheepstransport wordt gemiddeld 160 -180 dollar per vrachttton gerekend, deze prijs kan variëren aan de hand van de vullingsgraad van het schip. Kosten voor transport van het equipment verschillen per project. Als de mogelijkheid bestaat om de strongback, top hijs frame en hijs balk te fabriceren op dezelfde plek als de bundels, wordt dit op hetzelfde schip vervoerd. Als het equipment op een andere locatie gefabriceerd wordt, kan dit niet op hetzelfde schip vervoerd worden. Dus zullen de kosten hoger uitvallen door meer risico's door afhankelijkheid van een apart breakbulk transportschip en extra planning en coördinatie vanuit NEM.

De kosten van het wegtransport worden bepaald door de afstand, gewicht, volume en het aantal trucks dat er nodig zijn. Moeten de bundels over een korte afstand van schip naar site vervoerd worden, kunnen er een aantal trucks heen en weer rijden. Als het om een langere afstand gaat moeten er meer trucks aanwezig zijn om te zorgen dat het werk op de site niet stil komt te staan.

Fabricage

De kostprijs fabricage hangt af van de locatie waar het equipment gefabriceerd wordt, de kosten van de materialen en de mate van ingewikkeldheid van het ontwerp. De transport frames worden net als de drukdelen in Azië gemaakt omdat de harpen gebundeld worden in het transport frame. NEM heeft een indicatie van de prijzen per kg. De kostprijs voor de frames per kilo waren bij een project waarin de frames in Azië gefabriceerd konden worden 1.67 dollar per kilo. Bij een ander project werd de strongback in Tsjechië voor 2,51 euro per kg staal gefabriceerd. Voor Temple in Amerika werd voor de strongback en top frame 4,44 dollar per kg afgerekend

Certificering

De certificering verschilt per voorziening, een voorziening die in de haven wordt gebruikt moet worden voorzien van een CG3 certificering, dit wordt afgegeven door DNV. Voor een strongback gefabriceerd Tsjechië kostte het bijna 6000 euro voor een design en fabricage review. De loadtest kostte in samenwerking met Sarens 12.500 euro. Het overige equipment word op ontwerp gecontroleerd door een andere instantie zoals TUV Nord. Ook wordt er een load-test gedaan.

Huidig equipment case 1: Fabricagekosten voorzieningen Port de Barcelona project 1 boiler: 3 gaspaden

Equipment	Aantal	Gewicht kg	Prijs	Kosten fabricage	Transport schip
Strongback	1	32.000	\$ 1.67	\$ 53.440	\$ 17.500
Top hijs frame	1	4.500	\$ 1.67	\$ 7.515	\$ 1.000
Hijsbalk	2	11.500	\$ 1.67	\$ 19.205	\$ 2.500
Transportframe box 1	3	7.630	\$ 1.67	\$ 38.226	\$ 4.120
Transportframe box 2	3	8.680	\$ 1.67	\$ 43.487	\$ 4.687
Transportframe box 4	3	7.530	\$ 1.67	\$ 37.725	\$ 4.066
Transportframe box 5	3	7.635	\$ 1.67	\$ 38.251	\$ 4.121
Transportframe box 6	3	7.635	\$ 1.67	\$ 38.251	\$ 4.121
Totaal equipment	4	59.500	\$1.67	\$ 99.365	\$ 23.500
Totaal transportframes	15	117.330	\$1.67	\$ 195.940	\$ 21.115
Totaal:				\$ 295.305	\$ 42.115
				\$ 337.420	



Huidige equipment case 2: Fabricage kosten voorzieningen Temple project 1 boiler: 2 gaspaden

Equipment	Aantal	Gewicht kg	Prijs per kg	Kosten fabricage	Transport per schip
Strongback	1	38.000	\$3.81	\$ 144.856,-	\$ 27.000,-
Top hijs frame	1	8.000	\$ 4.44	\$ 35.512,-	\$ 2.000,-
Hijsbalk	2	13.000	\$ 3.30	\$ 85.800,-	\$ 2.500,-
Transportframe box 1	2	8.800	\$ 1.67	\$ 29.392,-	\$ 3.168,-
Transportframe box 2	2	8.450	\$ 1.67	\$ 28.222,-	\$ 3.042,-
Transportframe box 3	2	9.850	\$ 1.67	\$ 32.898,-	\$ 3.546,-
Transportframe box 4	2	10.750	\$ 1.67	\$ 35.904,-	\$ 3.870,-
Transportframe box 5	2	10.750	\$ 1.67	\$ 35.904,-	\$ 3.870,-
Totaal equipment:	4	73.000		\$ 266.168,-	\$ 31.500,-
Totaal transportframes:	12	48.800		\$ 162.324,-	\$ 17.496,-
Totaal:	14	104.600		\$ 428.488,-	\$ 48.996,-
			Totaal:	\$ 477.484,-	

Naast deze kosten worden er ook kosten gemaakt voor het ontwerpen van de voorzieningen. Hier is echter geen kostenindicatie van. Door de verschillende voorzieningen te hergebruiken vallen deze kosten weg.

2.3 Besparingen

Er kan op kosten bespaard worden door het reduceren van het totaalgewicht en volume van het equipment, de complexiteit van het ontwerp, de methode die gebruikt wordt en de doorlooptijd die hier aan verbonden is.

Hergebruik is mogelijk als de transportkosten laag zijn. Bij hergebruik van een voorziening kan er bespaard worden op fabricage, engineering en certificeringskosten.



2.4 SWOT analyse

In de SWOT analyse is het huidige proces van transport en plaatsing van de bundels geanalyseerd. Het doel hiervan is kennis nemen van de verbeterpunten en de voordelen van het huidige proces: Waar zijn er verbeteringen mogelijk? Wat zijn de sterke punten van de huidige manier van gebruik van het equipment? De opgegeven punten zijn gebaseerd op ervaringen van bedrijven die gewerkt hebben met de voorzieningen, en uit ervaring van medewerkers bij NEM.

Strengths	Weaknesses
Op maat van de bundel Bescherming van de bundel door een frame Ervaring met de huidige voorzieningen De equipment valt onder NEM dus geen afhankelijkheid van een ander bedrijf	Kosten Hoeveelheid equipment Hoeveelheid handelingen op site Transport moeilijkheden en bijkomende kosten Gebruik van twee kranen voor het hijsen
Opportunities	Threats
Lichter uitvoeren Samenvoegen van verschillende equipment Gebruik van een enkele kraan Standaardiseren Hergebruiken	Heeft een slechte naam bij klanten Certificeringen verlopen moeizaam Kans op ontwerp of fabricage fouten



3. Ontwerp

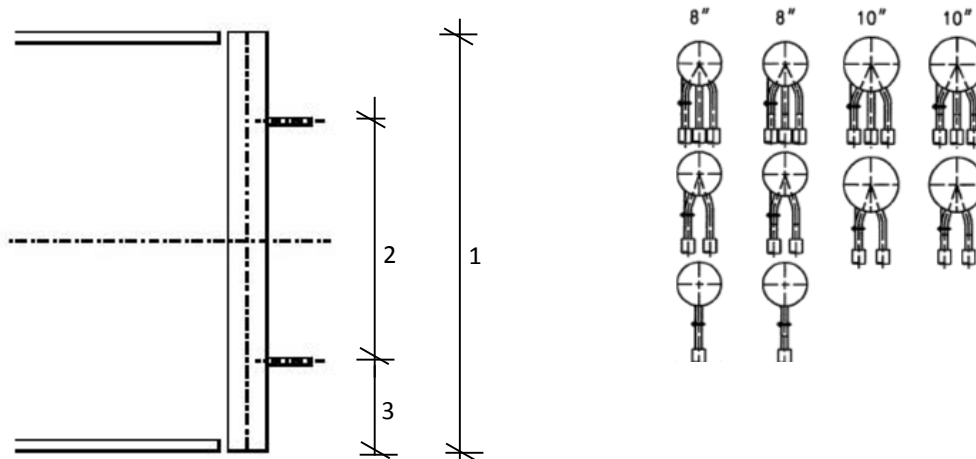
3.1 Bundels

De bundels bestaan uit losse harpen, de hoogte, breedte en hoeveelheid harpen verschillen per project en box. Zo zijn er vijf verschillende soorten harpen met elk een andere breedte, ook de headers verschillen van diameter. Als een universeel frame een mogelijke oplossing is, is het nodig om de variabelen tussen de verschillende bundels in kaart te brengen. De frames dienen minstens de grootste en zwaarste bundels aan te kunnen. Door bijvoorbeeld loze ruimtes op te vullen of variabele afstanden tussen de ondersteuningspunten te ontwerpen kunnen alle bundels alsnog in het frame geplaatst worden.

In tabel 1 staan de verschillende maten van de harpen. Hier is voor de strongback ook rekening gehouden met de hoogte van het transportframe.

Tabel 1: Harpmaten

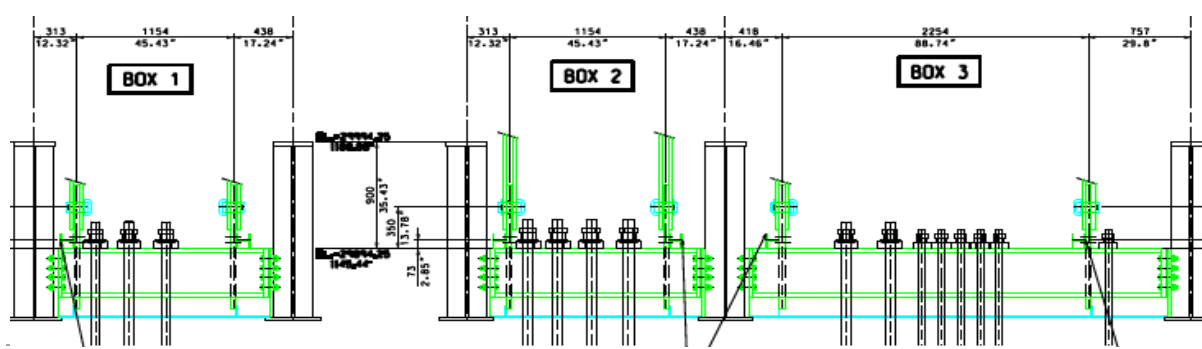
Maat	Model	117	127	137	147	157	
1	Lengte	3167	3412	3662	3912	4162	mm
2	Hoogte Cl. lifting lugs	1700	1850	2000	2150	2300	mm
3	Hoogte header – hijs oog	733,5	781	831	881	931	mm
4	Hoogte onderkant frame –hijs oog	1033.5	1081	1131	1181	1231	mm



Afbeelding 8: Maten headers

Bij NEM worden er headers van 8 en 10 inch in diameter gebruikt. De dikte van de harp hangt af van de maat van de header. De bundels verschillen van hoeveelheid harpen, wat voor een groot verschil in breedte van de bundel zorgt. Een voorbeeld: Bij bouwnummer 41001 Temple is bundel 1: 1180mm en bundel 5: 2280mm breed.

Ook het suspension part, het onderdeel waar de bundel aan opgehangen wordt in de HRSg zijn deze variabelen van belang. Als er meer harpen in een bundel zitten is de afstand tussen de hijsogen van de ophanging groter. Bij de huidige strongback zijn de platen van de top hijs frames aangepast aan deze variabele afstand. De verschillen staan afgebeeld in afbeelding 9.



Afbeelding 9: ophangframes in de HRSg met maten



Gewicht

Het gewicht van de harpen varieert ook door de lengte en maat van de headers en het aantal vinpijpen. Het gewicht van een harp varieert grofweg tussen 5 en 20 ton. Met een verschillend aantal harpen per bundel is het gewicht van een bundel nauwelijks gelijk. Uit overleg is vastgesteld dat voor een universele voorziening een bundelgewicht van 300 ton moet kunnen dragen. Voor de strongback komt hier ook nog 10 ton transportframe bij.

Belasting

Omdat de vinpijpen belangrijk zijn voor de warmteoverdracht tussen de gassen en het water of stoom, mag hier geen kracht op worden uitgeoefend. Als dit wel gebeurt kunnen de vinpijpen beschadigd raken, gevolg hiervan is dat de opgegeven specificaties van de HRSG niet gehaald worden. Als de bundel doorbuigt gaan de vinpijpen onderling van elkaar schuiven, door de wrap-arounds kunnen er in dat geval beschadigingen aan de vinnen en pijpen ontstaan. De bundel mag dus niet extreem doorbuigen. In horizontale positie moet de bundel onder elke wrap-around, header en het ophang frame ondersteund worden. Op deze manier is het gewicht van de vinpijpen goed ondersteund. Tijdens het kantelen van de lading komt het gewicht langzaam van de wrap-arounds in het ophang frame. In geen enkel geval mag er onder een hoek aan het ophang frame gehesen worden. Als dit wel gebeurt zal de ophanging breken, de krachten dienen via de strongback en dus de wrap-arounds gedragen te worden.

Ook omdat de bundels tijdens gebruik onder een hoge druk staan en het water of stoom in de harpen een hoge temperatuur heeft, mogen er geen beschadigingen in voorkomen. Een beschadiging vergroot de kans dat er onveilige situaties ontstaan door het vrijkomen van de energie in de bundel.



3.2 Norm

Het equipment wat gebruikt wordt in de haven moet CG3 gecertificeerd worden, dit is een eis van de International labour organisation (ILO). Op de site is een certificering van een andere keuringsinstantie voldoende, tenzij anders aangegeven door de klant.

De CG3 certificering wordt gegeven door DNV. Het is een certificaat voor 'loose gear' dit omvat

'Loose gear are equipment used to attach the useful load to the hook, such as slings, nets, baskets, chains, links, rings, shackles, lifting beams and frames, spreaders, grabs, loading pallets, skids, etc., but which do not form a part of the useful load, which is normally not permanently attached to the hook, and which may be stored separately from the crane.' (DNV No. 2.22)

Voorgeschreven in de DNV No. 2.22 Lifting appliances

Om de certificering te verkrijgen moet het proces afgebeeld in afbeelding 10 doorlopen worden.

Het is dus duidelijk dat er veel acties ondernomen dienen te worden om de CG3 certificering te krijgen voor de voorziening. De volgende punten dienen gecontroleerd te worden:

- **Het ontwerp**

Voor het ontwerp verwijst de norm naar een erkende ontwerpcode voor staalstructuren zoals ASME B30.20 en/of AISC

- **Materiaal**

Ook voor het materiaaleisen wordt doorverwezen naar een erkende norm voor staalstructuren zoals ASTM en EN.

- **De fabriek**

Voor een fabricage rapport

- **Load-test met surveyor**

Een load-test met de voorgeschreven gewichten, na de test controleert een Surveyor de staat van het frame op vervormingen.

Op site

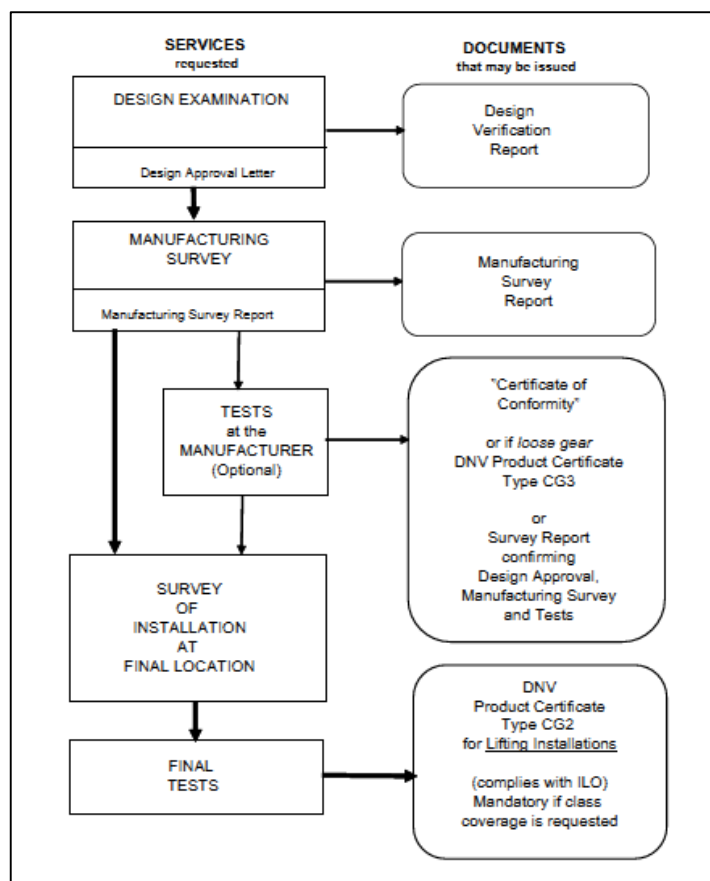
Op de bouwplaats is een CG3 certificering geen vereiste, wel dienen de voorzieningen te voldoen aan de OSHA (Amerika) of EC (Europa) regels. NEM laat het ontwerp van het hijsequipment controleren door een keuringsinstantie. Daarna wordt er een loadtest gedaan. Dit wordt door een toezichthouder van een keuringsinstantie gecontroleerd.

Demonteren van een object

De certificering dient alleen opnieuw te gebeuren bij veranderingen aan het ontwerp of een significante reparatie. Bij het demonteren of monteren van een equipment kan het nodig zijn om andere bouten en moeren te gebruiken. Dit mag uitgewisseld worden voor dezelfde gecertificeerde onderdelen, zonder dat een nieuwe certificering en dus loadtest nodig is. Een demontabel ontwerp hoeft dus niet bij na elke demontage opnieuw gecertificeerd te worden.

Universeel

Voor een universeel ontwerp worden de regels van DNV voor lifting appliances aangehouden. Hier is voor gekozen omdat de DNV regels wereldwijd erkend worden.



Afbeelding 10: Controle onderdelen voor CG3 certificaat



3.3 Pakket van eisen

In het vooronderzoek in bijlage III is gekeken naar de mogelijkheden voor het transportframe en de hijsbalk. Uit de verdieping is gekomen dat er weinig ruimte voor verbetering is. Voor de strongback liggen er echter wel kansen. In dit hoofdstuk zijn de eisen aan het nieuwe strongback frame opgesteld.

Uit overleg met enkele betrokkenen en uit opgedane kennis tijdens de verdieping is een pakket van eisen en wensen opgesteld. De vaste eisen moeten aan voldaan worden om een functioneel ontwerp te realiseren, aan de hand van de variabele eisen kan gemeten worden in hoe ver het concept voldoet aan de gestelde eisen. Zo wordt er een goede afweging gemaakt worden tussen de verschillende concepten.

Ook is er een onderscheid gemaakt in functionele en fabricage eisen om de keuze voor een concept beter te kunnen onderbouwen.

Tabel 2: Pakket van eisen en wensen

	Vaste eisen:	Fu	Fa
1	Ophanging voor het transport frame	X	
2	Ophanging voor de bundel	X	
3	Moet voldoen aan de DNV regels voor een CG3 (Loose gear) certificaat		X
4	Draaggewicht 310 ton inclusief transportframe	X	
5	Universeel	X	
	Variabele eisen		
1	Lage fabricagekosten		X
2	Lage transportkosten	X	
3	Montage/demontage complexiteit	X	
4	Eenvoudige verbinding tussen bundel en strongback	X	
	Wensen		
1			



3.4 Functievervullers en oplossingen

De strongback heeft meerdere deelfuncties, allen met als hoofdfunctie om de bundel te doen kantelen zonder extreem door te buigen. In dit hoofdstuk zijn de mogelijkheden om de functies te vervullen uitgewerkt. Ook zijn er enkele mogelijke oplossingen voor problemen uitgewerkt

Dragen van de bundel

Het dragen van de bundel geschiedt door middel van een frame. Omdat een frame relatief licht is in verhouding tot de sterkte ervan is er voor een nieuw ontwerp geen betere methode om de functie te vervullen. Ook voor het nieuwe ontwerp wordt er dus een frame gebruikt om de bundel te dragen.

Verbinding en dragen van het transport frame

Omdat de bundel niet zonder transportframe gehesen kan worden, wordt de bundel met transportframe in de strongback geplaatst. Ook in het nieuwe ontwerp is dit dus nodig. De verbinding tussen de strongback en het transportframe wordt gemaakt door middel van een haak. Als het geheel verticaal wordt gehesen blijft het transportframe in de haak hangen.

Verbinding met het top-hijs frame

De verbinding met het top-hijs frame levert moeilijkheden op bij het plaatsen en loshalen van de bundel. Een andere mogelijkheid hiervoor kan zijn om de bundel via een haak aan de strongback te hijsen. De haak kan zo ontworpen worden dat als het geheel verticaal hangt en aan de goal-post is geplaatst, de bundel uit de haak kan zakken door middel van de kraan. Op deze manier is het niet meer nodig om de pennen te verwijderen.

De opbouw van het frame

Het huidige strongback frame bestaat uit drie delen, de onderzijde en de twee staande zijdes. Het frame wordt gedemonteerd alvorens het vervoerd wordt, op deze manier is het breakbulk schip minder gevuld en zijn de transportkosten dus lager. Op de site wordt het frame in elkaar gezet door middel van bouten.

Nadeel hiervan is als de strongback hergebruikt kan worden, de bouten vervangen of gecontroleerd moeten worden in verband met de certificaten. Een andere mogelijkheid voor een herbruikbare strongback is om alle verbindingen door middel van pennen te maken controle van de pennen is ook nodig, maar met minder pennen is dit sneller gedaan. Het scheelt ook in montagetijd.

Transportmaat

Een van de redenen dat de kosten van alle voorzieningen hoog zijn, is het feit dat er elke keer nieuwe frames gefabriceerd worden. De oorzaak hiervoor is dat de strongback niet in gestandaardiseerde maten vervoerd kan worden. Breakbulk transport is prijzig en kost ook veel coördinatie en planning. Er zijn twee mogelijkheden om breakbulk transport te vermijden.

1: Door de strongback dusdanig demontabel uit te voeren dat de onderdelen in containers vervoerd kunnen worden. Dit gaat ten koste van de montagetijd

2: De strongback uit delen ter grote van containers te assembleren, zodat het frame als container vervoerd kan worden. In dit geval moet er rekening gehouden worden met de maximale maten waar het frame aan mag voldoen.

Hijsen

De huidige hijsmethode is met twee kranen, een voor de onderkant en een voor de bovenkant. Voordeel hiervan is meer ondersteuning van het frame, dan wanneer er een enkele kraan gebruikt wordt. De mogelijkheid om met een enkele kraan te hijsen is er wel, dit kan ook op twee manieren:

1: Met een enkele kraan hijsen aan de bovenkant van het frame en de onderkant op een verstevigde grond te steunen, door de afstand tussen de draagpunten zal het frame zwaarder uitgevoerd moeten worden. Omdat het moment in het frame hoger is.

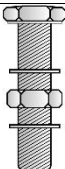
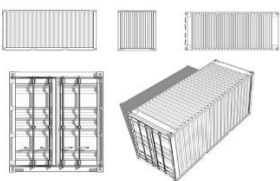
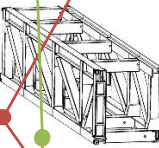
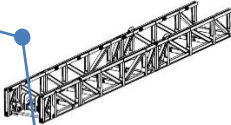
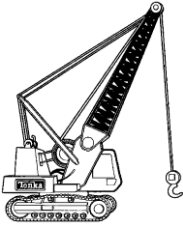
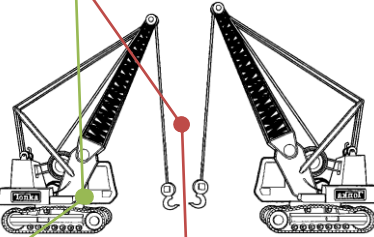
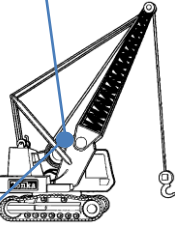
2: Gebruik maken van een extra lier, zoals met het Barnhart Triblock systeem gedaan wordt. Met dit systeem kan de lengte van een van de hijskabels (topside of tailside) ingekort worden, en is het dus mogelijk om met een enkele kraan het hijsobject te kantelen. uitleg hierover staat in bijlage IV.



3.5 Morfologische kaart

In de morfologische kaart staan de oplossing vereenvoudigd in beeld gebracht, door combinaties te maken tussen de verschillende mogelijkheden zijn drie concepten ontstaan

Tabel 3: Morfologische kaart

Functie			
Opbouw			
Transportmaat			
Hijzen	 Ondersteuning op grond		 Met Barnhart Triblock
Verbinding tussen bundel en strongback			

Blauw: Concept 1

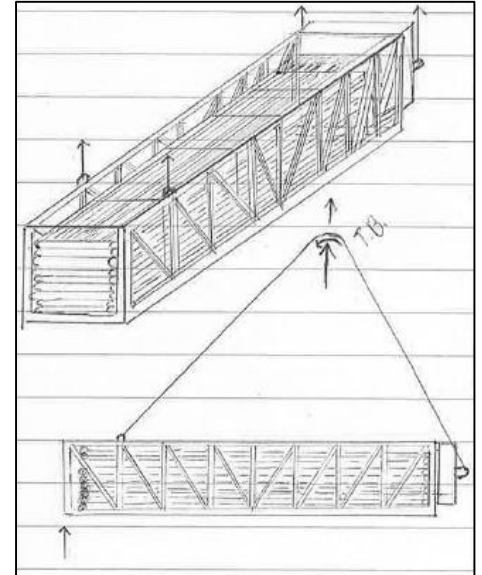
Rood: Concept 2

Groen: Concept 3



3.6 Concepten

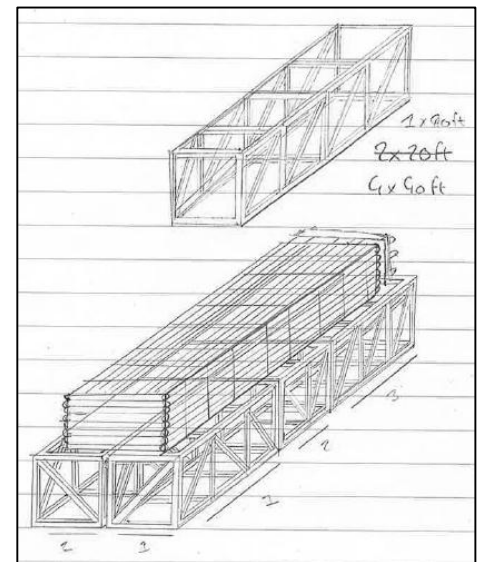
Concept 1 is afgeleid van het bestaande ontwerp van de strongback, het idee achter het concept is om te hijsen met het Barnhart Triblock systeem of een vergelijkbare methode. Zo kan de bundel gekanteld worden met een enkele kraan. Als de tail side op de grond ondersteund wordt en er een hijspunt in het midden van de strongback geplaatst wordt, is het buigmoment kleiner en is het dus mogelijk om de strongback lichter uit te voeren. Door net als de bestaande strongback de zijdes met boutverbindingen uit te voeren kan het volume voor breakbulk transport beperkt worden. Doormiddel van een apart top frame kan de bundel uit de strongback gehesen worden



Afbeelding 11: Schets concept 1

Concept 2

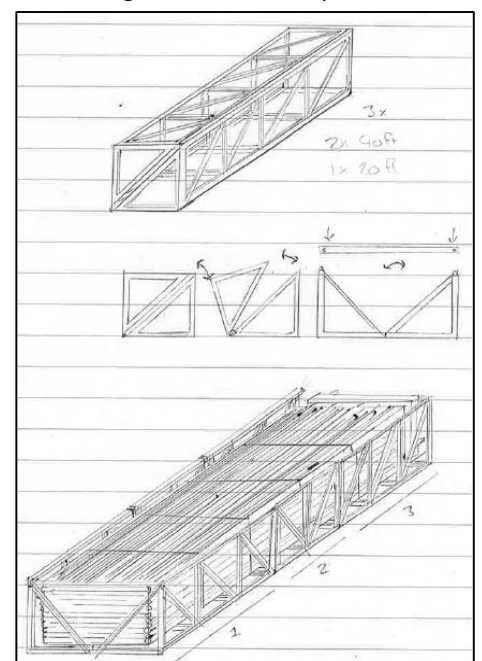
Met als doel om het frame te hergebruiken is concept 2 gemaakt. Omdat transport van gestandaardiseerde (container) maten rendabeler is dan breakbulk. Is er voor concept 2 gekozen om een strongback op te bouwen uit delen ter grote van containers. Uit vijf veertig voet containers kan een platform opgebouwd worden, op dit platform kan de bundel geplaatst worden voor ondersteuning. Het hijsen kan door gebruik te maken van een extra frame. Door gebruik te maken van penverbindingen is de montagemijd beperkt.



Afbeelding 12: Schets concept 2

Concept 3

Ook concept 3 is ontworpen met het idee om het frame te kunnen hergebruiken. de kosten voor het transport worden beperkt door gebruik te maken van strongback delen ter grootte van containers, door twee 40 voet en één 20 voetcontainer te gebruiken wordt de benodigde lengte gehaald. Door de segmenten deelbaar te maken kan het geheel uitgekapt worden tot een draagvlak. In dit concept is het mogelijk om de bundel door middel van een haak te verbinden met de strongback. Door een aanpassing te maken aan de strongback, kan het top hijs frame aan de strongback gehaakt worden. Zo is er geen extra frame meer nodig. Ook is het niet meer nodig om pinnen los te halen op 30 meter hoogte. Als de strongback aan de goal post bevestigd is kan de bundel los gehaald worden door het geheel uit de haak te laten zakken. De een schets van dit idee staat in op de volgende pagina.

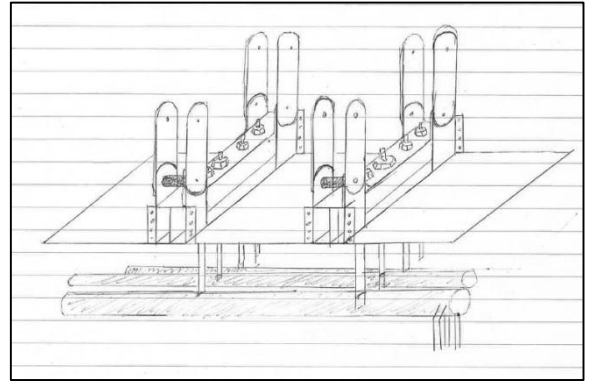


Afbeelding 13: Schets concept 3



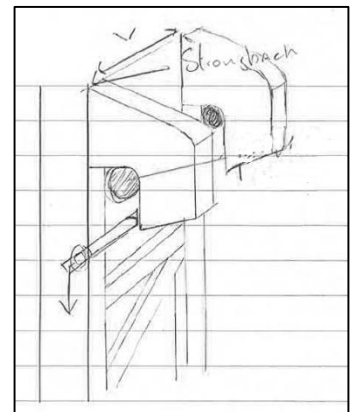
Haakverbinding met de bundel

In de huidige methode wordt er gebruik gemaakt van een extra frame om de bundel en strongback met elkaar te verbinden. Het ophang frame, waarmee de bundel in de HRSG wordt bevestigd wordt. Wordt in dat geval door middel van vier pennen bevestigd aan het top hijs frame. Dit wordt op zijn beurt weer met vier pennen bevestigd aan de strongback. Omdat de pennen eruit moeten als het geheel gekanteld is, moeten medewerkers in een hoogwerker op 30 meter hoogte de pennen uit de gaten slaan.



Afbeelding 14: Mogelijke aanpassing aan het ophang frame

Het ophang frame kan door middel van twee verbindingssloten aan twee haken op het strongback frame bevestigd worden. Met dit ontwerp is geen extra top hijs frame meer nodig. Als de strongback aan de goal-post bevestigd is hoeven er geen pennen meer verwijderd te worden. Aan deze haken kan het frame ook weer gehesen worden zonder de bundel. De haken kunnen op verschillende afstanden van elkaar geschoven worden, op deze manier kunnen alle bundels in de strongback bevestigd worden. Er dienen verschillende haken ontworpen te worden, in verband met het hoogte verschil van de hijsogen van het ophangframe van de bundel.



Afbeelding 15:
Haakverbinding



3.7 Keuzetabel

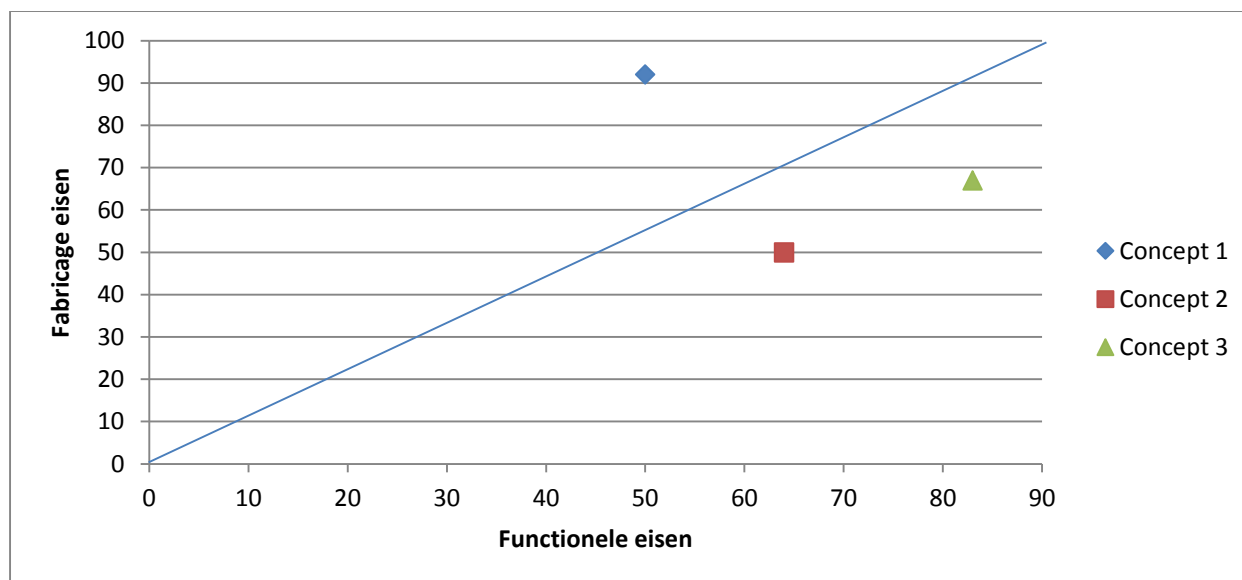
In dit hoofdstuk is het beste concept gekozen, dit is gedaan door de concepten te meten aan de variabele eisen. Het onderscheid is hier gemaakt in functionele en fabricage eisen. Door de uitkomsten grafisch weer te geven in een kesselring grafiek is direct duidelijk geworden welk concept het dichtst bij de ideale lijn en het verst van de oorsprong ligt. Dit is het concept dat het best voldoet aan de variabele eisen.

In de keuzetabel zijn een aantal verschillende weegfactoren aangegeven, deze weegfactoren zijn bepaald aan de hand van het idee om de strongback te hergebruiken. Zo is de weegfactor voor het transport van de strongback het hoogst. Omdat dit grotendeels de kosten van het hergebruik bepaald. Juist hierdoor is de weegfactor voor het gewicht en de ontwerpcomplexiteit, oftewel de fabricagekosten laag gehouden. Bij hergebruik van een frame zijn dit eenmalige kosten. Door deze manier te gebruiken is er een goede afweging gemaakt tussen de verschillende eisen aan de voorziening.

Tabel 4: Keuzetabel met weegfactoren

	Functionele eisen	F	Concept 1	Concept 2	Concept 3	Ideaal
1	Montage/demontage complexiteit	3	(4)12	(3)9	(2)8	12
2	Eenvoudige verbinding bundel en strongback	2	(1)2	(1)2	(3)6	8
3	Lage transportkosten	4	(1)4	(3)12	(4)16	16
	Fabricage eisen		50%	64%	83%	100%
4	Gewicht	1	(4)4	(2)2	(3)3	4
5	Ontwerpcomplexiteit	1	(3)3	(2)2	(2)2	4
	Totaal:		92%	50%	67%	100%

Grafiek 1: Kesselringgrafiek:



Uit de kesselring grafiek is naar voren gekomen dat concept 3 het dichtst bij de ideale lijn en het verst van de oorsprong ligt. Dit betekent dat dit concept het meest voldoet aan de gestelde eisen. Omdat de fabricage eisen in concept 3 in verband met het hergebruik er minder toe doen dan de functionele eisen. Is de lagere score in fabricage eisen geen groot nadeel en is gekozen om dit concept uit te werken.



4 Uitwerking

De detaillering van het ontwerp is in twee delen gedaan, eerst het is het ontwerp van het frame met de bijbehorende details uitgewerkt, daarna het ontwerp van de haak.

Het detailontwerp van het frame en de bijbehorende onderdelen is als volgt uitgewerkt

- Vakwerk
- profielen
- Verbindingen
- Tail hijspunt

De haak en de ophanging zijn apart uitgewerkt.

De veiligheidsfactor voor de structuur is volgens de betreffende DNV norm 1.8. Voor de hijsdelen schrijft de norm een veiligheidsfactor volgens ASME B30.20 voor, dit is een factor 3.0. De pen plaat verbindingen in de lengte van het frame tussen de containerdelen zijn ook volgens de ASME B30.20 norm gedimensioneerd.

4.1 Frame

Maten

De lengte van de huidige strongback is iets meer dan 28 meter. Korter dan dit kan de strongback niet uitgevoerd worden omdat het frame in verticale stand anders niet op de grond kan staan. Langer is wel mogelijk maar niet bevorderlijk voor het gewicht en afhankelijk van de plaatsing van de hijspunten, en het buigmoment in het frame. De maten van containers zijn vastgelegd in de ISO-668 norm en staan in tabel 5.

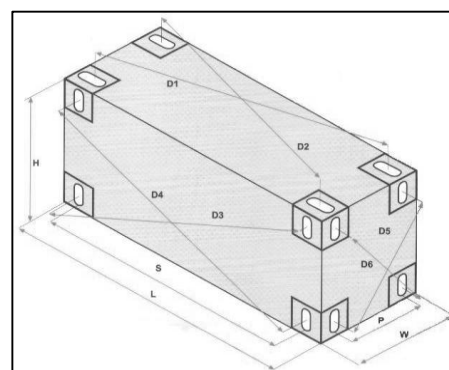
Tabel 5: Containermaten volgens ISO-668

ISO designation	Common name	External length	External height	External width	Max gross weight
1A	40 foot	12.192 m	2.438 m	2.438 m	30480 kg
1AA	40 foot standard		2.591 m		
1AAA	40 foot HC		2.895 m		
1B	30 foot	9.125 m	2.438 m		25400 kg
1BB	30 foot standard		2.591 m		
1BBB	30 foot HC		2.895 m		
1C	20 foot	6.058 m	2.438 m		24000 kg
1CC	20 foot standard		2.591 m		
1D	10 foot	2.991 m	2.438 m		10160 kg
1E		1.968 m	2.438 m		7110 kg
1F		1.460 m	2.438 m		5080 kg

De meest voorkomende containers zijn de 40 voet en 20voet standaard versies. Om de minimale lengte van 28m te behalen zijn er twee 40 voet containers en een enkele 20 voet container nodig. Om de zijdes van het frame zo groot mogelijk uit te kunnen voeren is de afweging gemaakt om de maat van high cube containers aan te houden. Omdat de 20 voet versies echter niet beschikbaar zijn in deze maat is hier vanaf gezien. De totale lengte van de strongback is:

$$12.192 + 12.192 + 6.058 = 30.442 \text{ meter}$$

Containers worden door middel van corner castings onderling vastgezet en ook aan het schip. Ook in het frame is het dus nodig om deze corner castings te verwerken. De maten van de corner casting zijn vastgelegd in de ISO 1161:1984 – ISO 668:2013 norm.

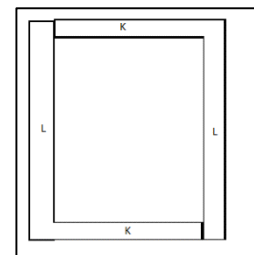


Abbeelding 16: Plaatsing van de corner castings



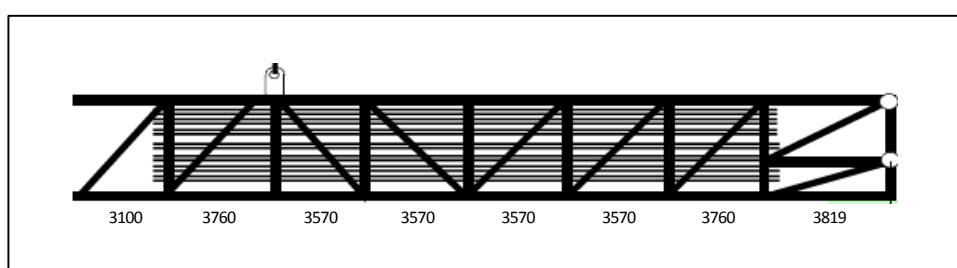
Vakwerk

Nadat de maximale opgeklapte maat van het frame bepaald is door de containermaat, kan de maat van het uitgeklapte frame bepaald worden. Er is in verband met de sterkte van het frame gekozen om de langste zijde als staande deel van het strongback frame te gebruiken zoals in afbeelding 17 staat afgebeeld. Op deze manier is het frame beter bestand tegen de krachten die het dient te dragen. De totale hoogte van het frame is dus 2.519 meter, zowel opgeklapt als uitgeklap.



Afbeelding 17:
Plaatsing van de korte
en lange zijdes

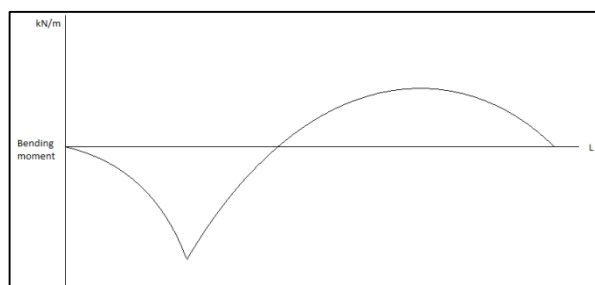
Om de liggers van het frame zo gespreid mogelijk te houden moeten de draagbalken in container stand tegen de staanders aankomen. Dit betekent dat de lengte van de liggers bepaald wordt door het profiel dat gebruikt wordt in de staanders, om dit te bepalen is eerst het vakwerk gedimensioneerd. De plaatsing van de staanders in het frame zijn bepaald door de plaatsing van de krachten die op het frame komen te staan, door het transportframe en bundel. Bij de huidige strongback zijn de afmetingen tussen de steunpunten als in afbeelding 18



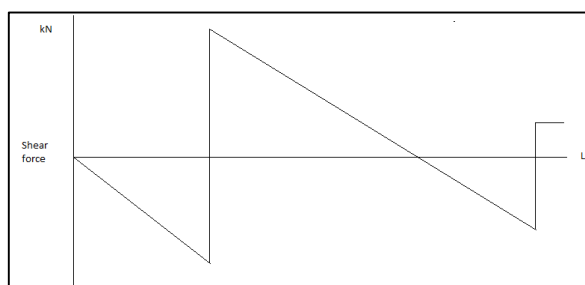
Afbeelding 18: Plaatsing van de ondersteuningspunten van de huidige strongback

Aan de hand van de plaatsing van deze krachten is een nieuw vakwerk uit containermaten gerealiseerd. Het vakwerk is net als de originele strongback gebaseerd op een Pratt vakwerk, in dit vakwerk staan de diagonale delen onder trekkracht en de staanders onder drukkracht. Op deze manier kan de diagonaal, welke langer is dan de staander, kleiner gedimensioneerd worden. Wat voor een lichtere constructie zorgt.

De plaatsing van de lange en korte delen van het frame zijn gebaseerd op de krachten in het frame. Door middel van een verdeelde belasting op een balk is een momentlijn (afbeelding 19) en een dwarskrachtenlijn (afbeelding 20) opgesteld. Het onderste hijspunt is een deel naar boven geplaatst om de haak aan de bovenzijde minder te belasten. Omdat een moment in het frame resulteert in druk en trekkrachten in de liggers, is er gekozen om de containermaten zo te plaatsen dat het moment zo laag mogelijk is. Zo worden de verbindingen voor trek en drukkrachten tussen de framedelen zo min mogelijk belast.



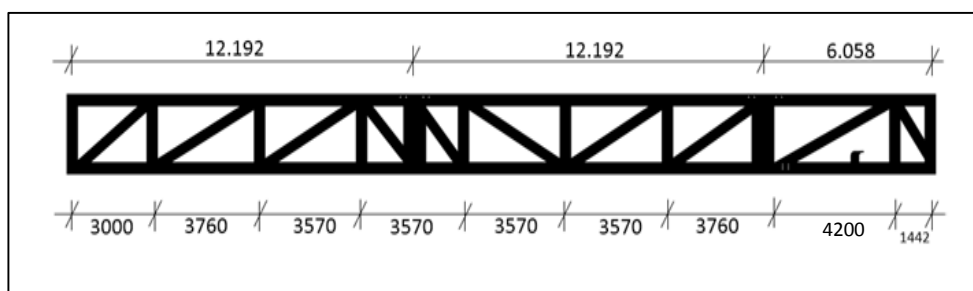
Afbeelding 19: Momentlijn bij verdeelde belasting



Afbeelding 20: Dwarskrachtenlijn bij verdeelde belasting

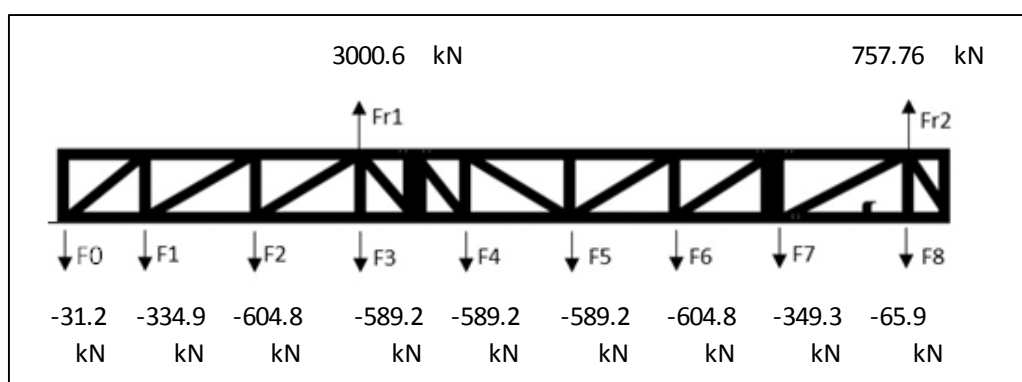


Aan de hand van deze gegevens is het vakwerk in afbeelding 21 gemaakt



Afbeelding 21: Het nieuwe vakwerk

Om de krachten in het vakwerk te berekenen is het gewicht over het vakwerk verdeeld. Als totale belasting is uitgegaan van 310 ton, dit is verdeeld over een bundel van 300 ton en een transportframe van 10 ton. Ook het gewicht van de strongback, geschat op 55 ton is meegenomen.



Afbeelding 22: Krachten op het vakwerk

Over de dead-loads is 5% gerekend voor het hijsen. Als zwaartekracht is gerekend met 9.81 m/s^2 . Afbeelding 23 weergeeft de belastingen en reactiekrachten op het frame, de volledige berekening staat in bijlage II

Om de berekening te controleren is een analyse gemaakt in Femap. Van de constraint forces is een lijst gemaakt. Zie tabel 6

Tabel 6: Constraint forces uit Femap

NODE	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
950	2.324679E+5	3.677740E+5	-2.513389E-9	0.	0.	0.
961	-2.324679E+5	3.677740E+5	8.523603E-8	0.	0.	0.
1044	0.	1.449467E+6	0.	0.	0.	0.
1100	0.	1.449467E+6	0.	0.	0.	0.

Omdat het frame in Femap in 3D is uitgewerkt zijn de krachten over de twee zijdes verdeeld, om te vergelijken met de handberekening kunnen de krachten in Fy richting, verdeeld over de topside en tailside opgeteld worden.

$$\text{Fr1: } 1449 + 1449 = 2898 \text{ kN}$$

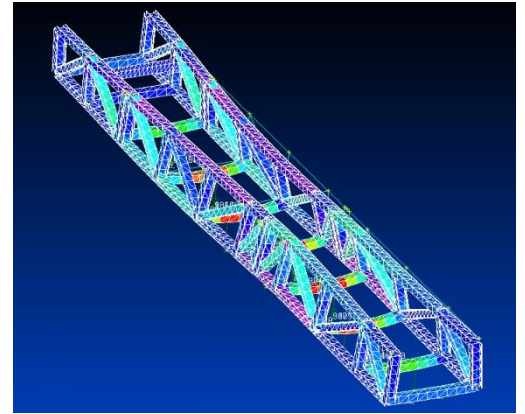
$$\text{Fr2: } 367 + 367 = 734 \text{ kN}$$

Het verschil in de krachten valt te verklaren door het verschil in gewicht van de strongback, Femap rekent met het totale volume en de soortelijke massa van staal. In de handberekening is er uitgegaan van een inschatting van het totale gewicht van de nieuwe strongback. Bepaald aan de hand van de bestaande strongback, toename in lengte en grotere profielmaten.



Profielen

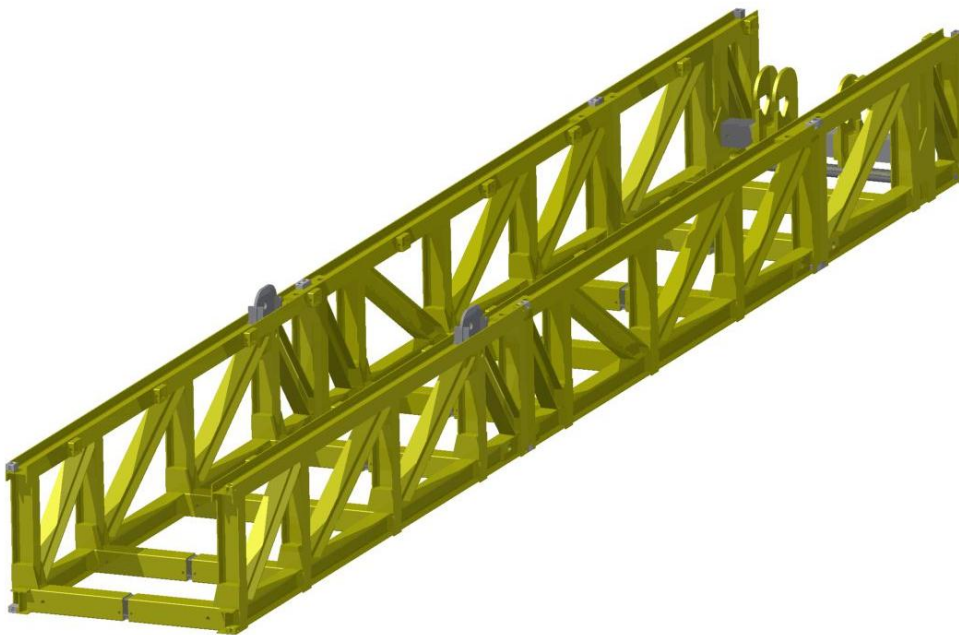
Nadat de maten van het vakwerk vastgelegd zijn, zijn de profielmaten bepaald. De normen schrijven voor dat het materiaal plastisch moet kunnen vervormen zonder direct te scheuren als het overbelast wordt. Het materiaal moet dus insnoeren alvorens het breekt. Zo kan er na een load test visueel geïnspecteerd worden op overbelastingen in een profiel. Het is een vereiste, en ook een standaard, dat er warm gewalste profielen in de constructie gebruikt worden.



Afbeelding 23: De strongback in Femap

De huidige strongback is gemaakt van het Europese S355J2G3 staal met bijbehorende Europese profielen. Ook voor de nieuwe strongback is in verband met de sterkte dit materiaal toegepast.

De sterke as van de profielen is zo geplaatst dat deze gunstig ligt tegen de Eulerse knikkraft. Zo is de bovenste lengte balk het sterkst in de breedte van het frame, omdat de balk in de hoogte tegen knik ondersteund wordt door de staanders, zoals afgebeeld in afbeelding 24.



Afbeelding 24: Uitwerking van het frame



Door de strongback in lijnelementen uit te werken in het programma Femap, is bepaald worden welke profielen voldoen bij de maximale belasting. Als veiligheidsfactor voor de structuur van het frame tijdens het hijsen is 1.8 aangehouden, dit is volgens de norm DNV Marine operations part 2 chapter 5 Lifting. Uit de berekening komt dat voor het vakwerk de volgende profielen voldoen:

Plaats	Soort	Maat
Lengterichting	Euronorm 53-62	HEB 400
Staander	Euronorm 53-62	HEB 400
diagonaal	Euronorm 53-62	HEB 360

De draagbalk is bepaald aan de hand van de verbinding in de breedte van het frame. In het Femap model is hier een vierkante holle koker volgens NEN-EN 10210-2:2006 400x400x12.5 gebruikt. Dit is ook de reden dat deze koker volgens het model overbelast is. In de realiteit wordt deze belasting door een ander profiel gedragen, dit is uitgewerkt in het hoofdstuk verbindingen.

Zoals duidelijk wordt in tabel 7 en 8 zijn de minimale en maximale gecombineerde spanning in de profielen -283MPa en 252MPa

Tabel 7: Maximale en minimale gecombineerde spanning in de linker kant van het frame

Final MAX/MIN Summary Table								
Minimum			Maximum					
Set	ID	Value	Set	ID	Value			
19	276	-244.511	19	595	237.685	Beam	EndA	Pt1 Comb Stress
19	281	-202.255	19	462	216.691	Beam	EndA	Pt2 Comb Stress
19	97	-267.813	19	485	199.847	Beam	EndA	Pt3 Comb Stress
19	97	-279.62	19	595	212.927	Beam	EndA	Pt4 Comb Stress
19	281	-164.154	19	595	237.685	Beam	EndA	Max Comb Stress
19	97	-279.62	19	482	147.703	Beam	EndA	Min Comb Stress
19	81	0.	19	81	0.	Beam	Tension M.S.	
19	81	0.	19	81	0.	Beam	Compression M.S.	
19	105	-183.116	19	595	251.62	Beam	EndB	Pt1 Comb Stress
19	280	-282.936	19	187	239.765	Beam	EndB	Pt2 Comb Stress
19	280	-282.946	19	485	215.937	Beam	EndB	Pt3 Comb Stress
19	109	-275.652	19	485	232.81	Beam	EndB	Pt4 Comb Stress
19	281	-168.693	19	595	251.62	Beam	EndB	Max Comb Stress
19	280	-282.946	19	481	147.679	Beam	EndB	Min Comb Stress

Tabel 8: Maximale en minimale gecombineerde spanning in de rechter kant van het frame

Final MAX/MIN Summary Table								
Minimum			Maximum					
Set	ID	Value	Set	ID	Value			
19	28	-269.309	19	525	216.691	Beam	EndA	Pt1 Comb Stress
19	28	-275.652	19	604	237.685	Beam	EndA	Pt2 Comb Stress
19	354	-201.066	19	604	212.927	Beam	EndA	Pt3 Comb Stress
19	350	-244.511	19	548	189.142	Beam	EndA	Pt4 Comb Stress
19	345	-168.693	19	604	237.685	Beam	EndA	Max Comb Stress
19	28	-275.652	19	546	147.679	Beam	EndA	Min Comb Stress
19	1	0.	19	1	0.	Beam	Tension M.S.	
19	1	0.	19	1	0.	Beam	Compression M.S.	
19	26	-267.813	19	525	210.226	Beam	EndB	Pt1 Comb Stress
19	354	-282.946	19	604	251.62	Beam	EndB	Pt2 Comb Stress
19	354	-282.936	19	349	239.765	Beam	EndB	Pt3 Comb Stress
19	345	-202.255	19	548	209.812	Beam	EndB	Pt4 Comb Stress
19	345	-164.154	19	604	251.62	Beam	EndB	Max Comb Stress
19	354	-282.946	19	545	147.703	Beam	EndB	Min Comb Stress

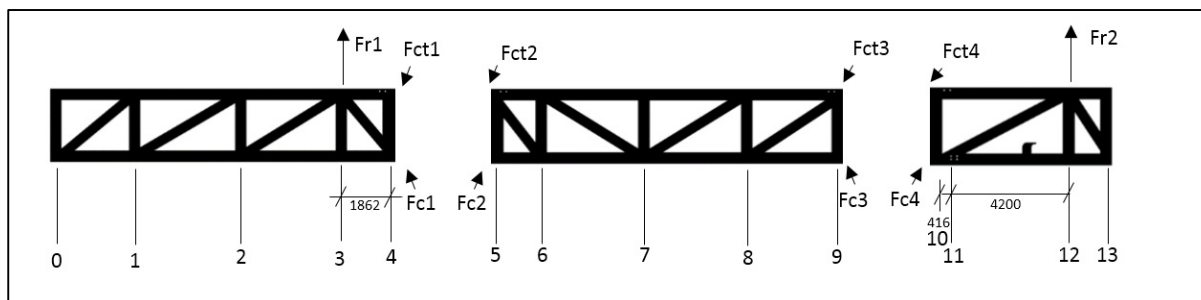
De profielen hebben een maximale plaatdikte dan 24mm, de vloeigrens van S355J2 staal bij deze dikte is 345MPa. De maximale spanningen die optreden in de profielen, bij de maximale belasting inclusief veiligheidsfactor 1.8 blijven dus binnen de vloeigrens van het materiaal.



4.2 Verbindingen

Lengterichting

De verbinding in de lengterichting van het frame worden op twee manieren belast, door krachten in de verticale richting ten gevolge van het gewicht van de bundel op het te verbinden deel. En door een moment.

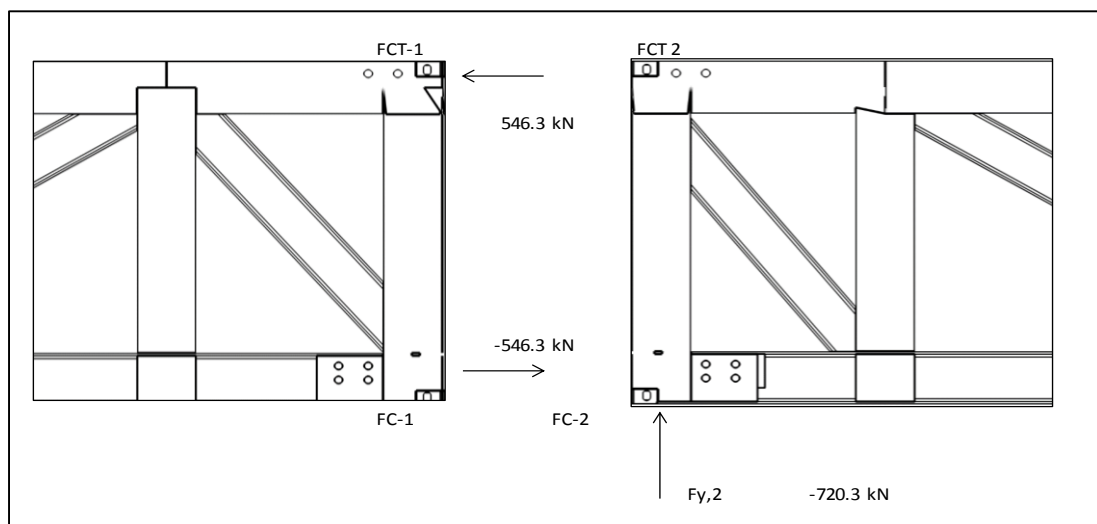


Afbeelding 25: plaatsing verbindingen

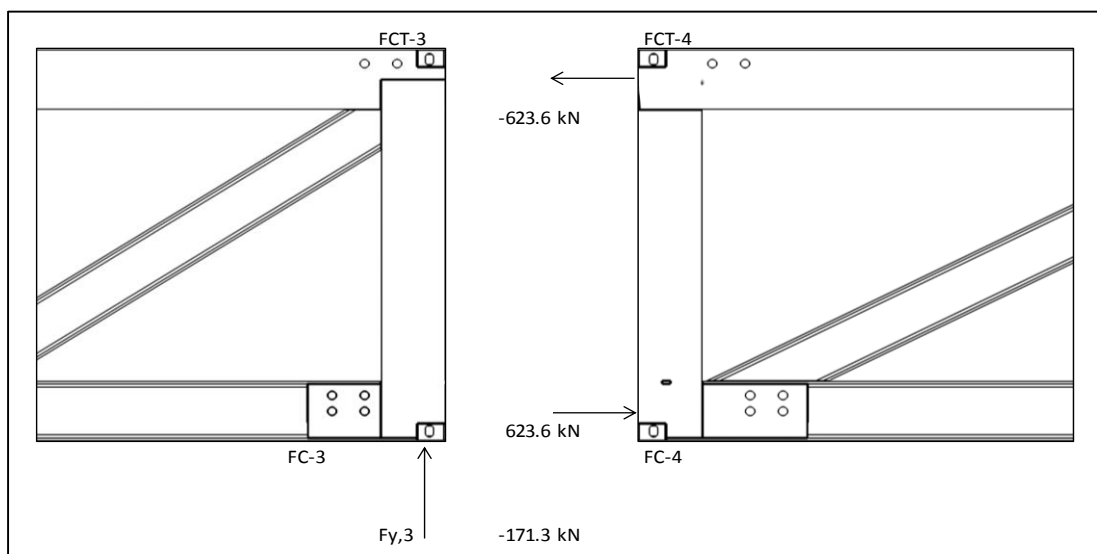
Gegeven is dat het frame in evenwicht is, aan de hand van dat gegeven zijn door middel van de drie onafhankelijke evenwichtsvergelijkingen de krachten op de connecties bepaald.

$$\sum F_x=0 \quad - \sum F_y=0 \quad - \sum M_0=0$$

De volledige berekening van de krachten staat in bijlage II



Afbeelding 26: De krachten in de lengteverbinding tussen punten Fct-1-Fct-2 en Fc-1-Fc-2



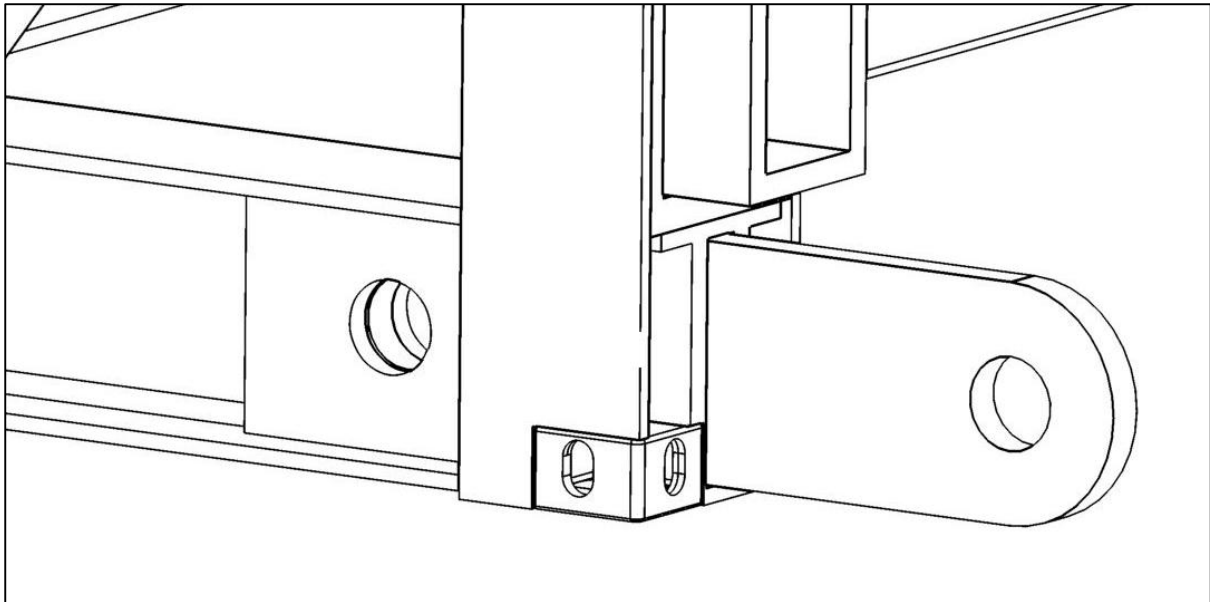
Afbeelding 27: De krachten op de lengte verbinding tussen punten Fct-3-Fct4 en Fc-3-Fc-4



Om de krachten over te dragen is er een verbinding ontworpen. Een voor de trekkrachten en een voor de dwarskrachten. De drukkracht komt direct op de ligger te staan

Trekkracht

De verbinding voor de trekkracht wordt gemaakt door middel van een plaat-pen verbinding. Dit is de meest eenvoudige manier om de frames met elkaar te verbinden. De verbinding is geplaatst in de liggers onder en boven in het frame, en is gebaseerd op de grootste kracht op de twee verbindingen. Het HEB profiel wordt voorzien van twee 40mm platen, met een afstand van 70mm tussen de twee platen. Zo heeft de verbindingsplaat 10mm speling in de breedte van het profiel. De maat tussen de flensen van het HEB profiel is 352mm. Om te voorkomen dat de plaat belast wordt door schuiven tussen framedelen wordt hier ook 10mm speling aangehouden. De lengte van de plaat en afstand tussen de gaten worden bepaald aan de hand van de beschikbare ruimte in het profiel. In de verbindingstukken tussen framedeel een en twee is de lengte tussen de gaten 1000mm. Bij verbindingstuk tussen drie en vier is dit vanwege de beschikbare ruimte 1300mm. Afbeelding 29 geeft een schets van de verbinding met plaat weer, de maten en berekening van de plaat, profiel en pen staan in de bijlage.



Afbeelding 28: Schets van de verbinding



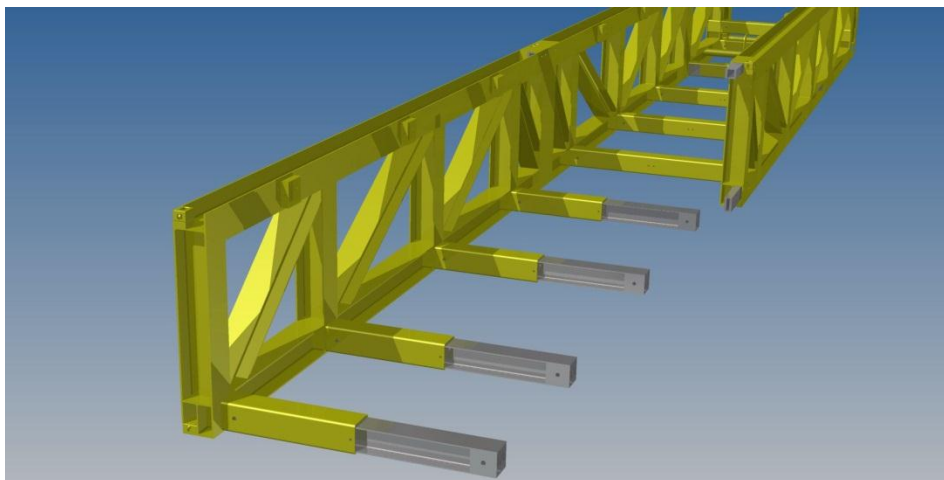
Dwarskracht

De dwarskrachten tussen de framedelen worden tussen de staanders door middel van twee blokken doorgegeven aan een insert in het profiel. Deze verdeelt de krachten over het sterke hoekpunt. Om te zorgen dat de krachten op de blokken komen en niet op de verbindingssplaat, zit er 5mm speling tussen het blok en de insert. De blokken en de insert zijn gedimensioneerd naar de krachten die erop komen te staan. De berekening en maten staan in bijlage I en II.



Afbeelding 29: Schets van de dwarskracht verbinding

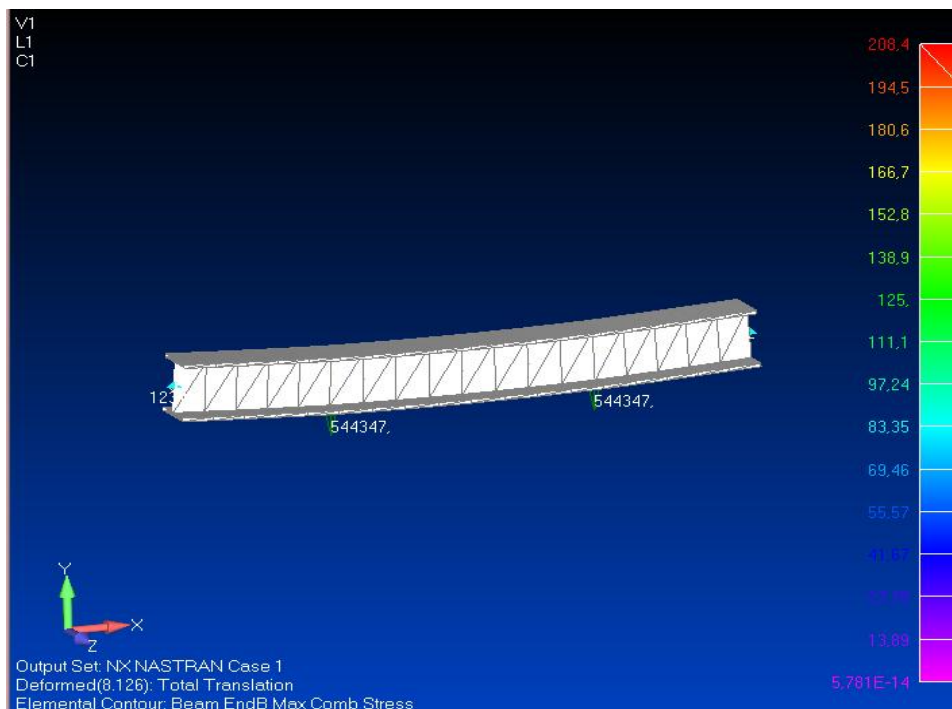
Breedte verbinding



Afbeelding 30: Verbinding door middel van profiel

Zoals afbeelding 30 weergeeft is er gekozen om een verbinding te maken tussen de linker en rechter zijde van het strongback frame, door middel van een HEB profiel. De maat van het profiel is bepaald aan de hand van de grootste kracht van de bundel en de plaatsing van de krachten op de koker. Voor plaatsing van de maximale kracht door het transportframe is een breedte van 1500mm aangehouden. Hierdoor is de midden balk over gedimensioneerd, omdat een zware bundel een breder transportframe zal hebben. Het profiel wordt gedragen door middel van twee penverbindingen. De pennen dragen de last van de bundel over aan de staanders door middel van twee 30mm platen. Dit is berekend als plaat-pen verbinding voor beide delen. De pennen zijn 3276mm van elkaar verwijderd. Aan de hand van de gegevens is er een profielmaat bepaald in Femap.



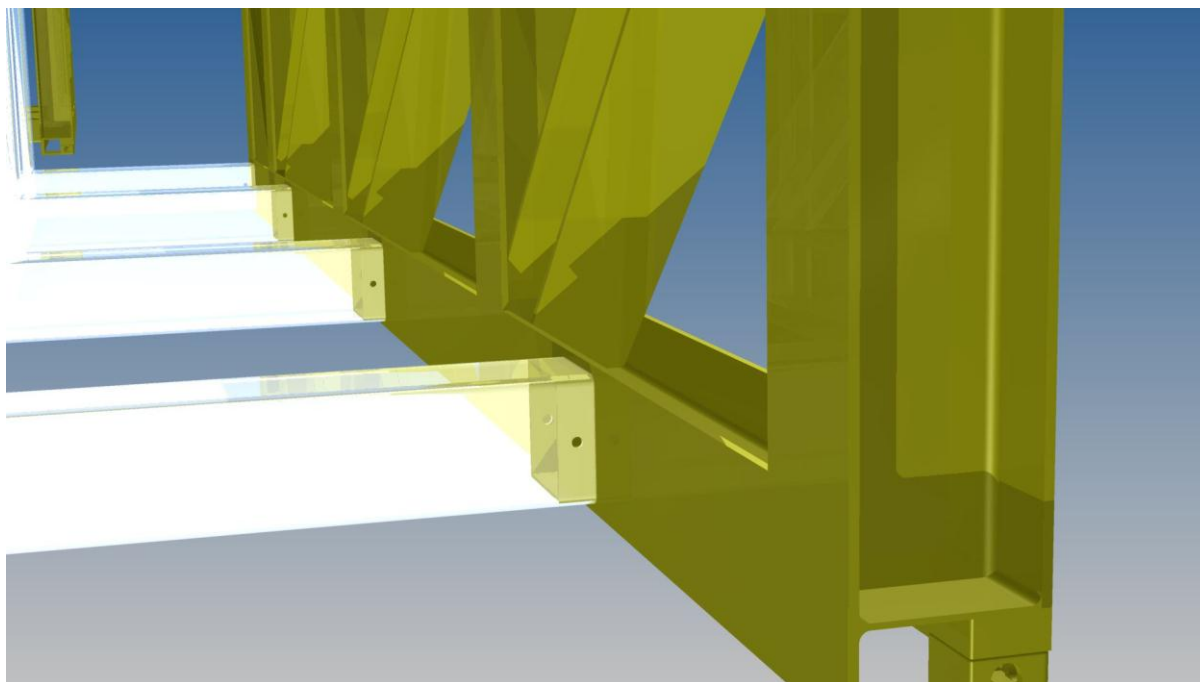


Afbeelding 31: De ligger in Femap

Afbeelding 31 weergeeft het profiel bij de maximale belasting inclusief veiligheidsfactor 1.8 volgens de DNV norm. De maximale spanning in de balk is 208.4MPa. Omdat het materiaal in dit profiel een vloeispanning van 345MPa heeft voldoet dit profiel. Om de berekening in Femap te controleren is er een controleberekening gemaakt. Dit staat in bijlage II.

Container verbinding

om de helften te combineren tot de containermaat, moet de koker aan de ligger bevestigd worden. Dit gebeurt door middel van een penverbinding, zoals afgebeeld in afbeelding 32.



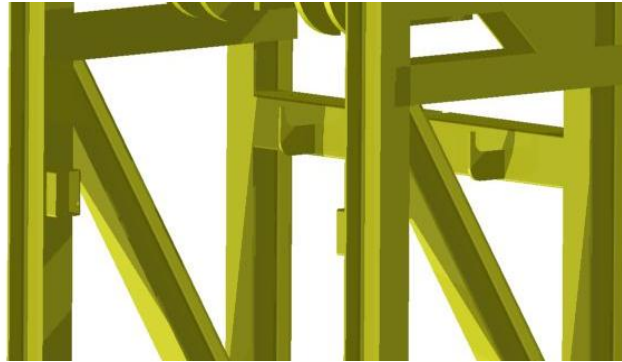
Afbeelding 32: Bevestiging containermaat

De gaten zijn berekend op het dragen van het andere deel van het frame



De verbinding tussen strongback en transportframe

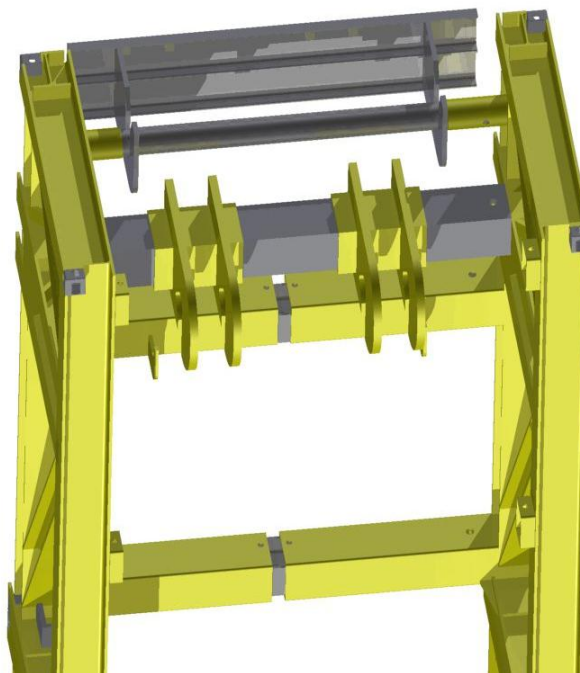
Net als in het oude frame dient het transportframe opgehangen te worden aan de strongback. Omdat dit gedeelte niet bevestigd is aan de bundel en anders dus naar beneden zou vallen als het geheel verticaal hangt. De huidige methode om het frame op te hangen voldoet goed, dit wordt in het nieuwe ontwerp dus weer gebruikt. Afbeelding 33



Afbeelding 33: Haken als ophanging voor het transportframe

Verbinding aan goal post

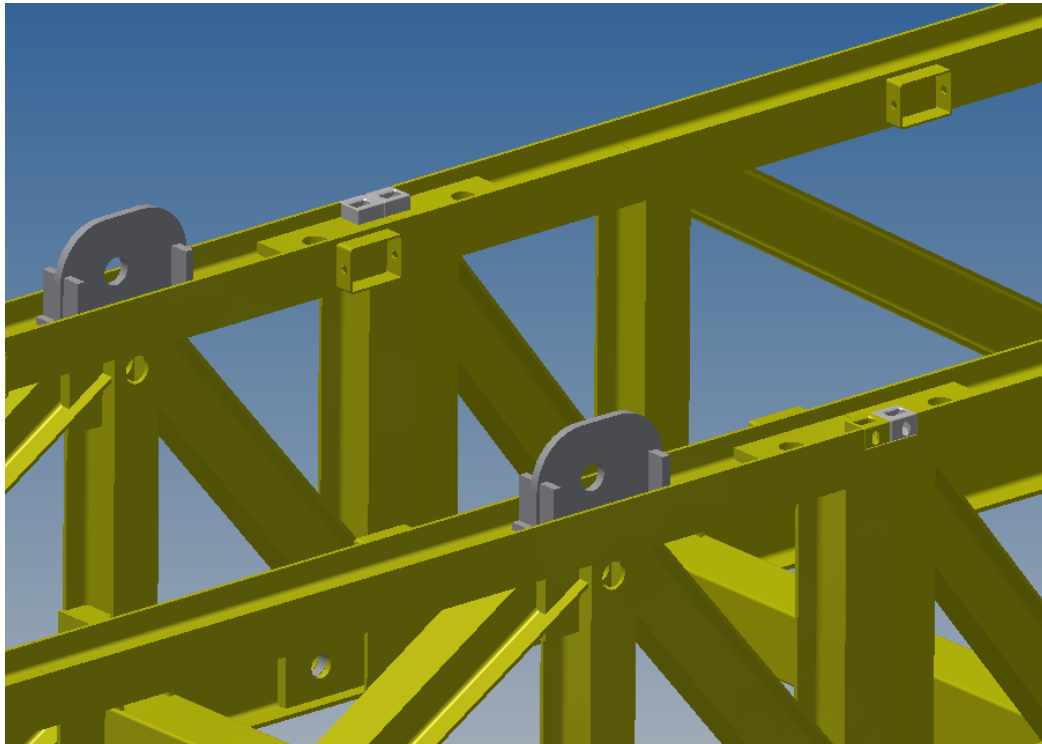
In de huidige situatie gaan medewerkers in een hoogwerker naar de bovenkant van het strongback frame, om een boutverbinding te maken tussen de goal-post en strongback. En om de pinnen tussen die het top hijs frame en de strongback aan elkaar verbinden te verwijderen. Omdat dit tijdrovend is en veel risico's met zich meebrengt kan de strongback beter in een haak gehangen worden. De haak dient alleen om de strongback overeind te houden, het gewicht van het frame rust dus op de grond. De haak bevindt zich op een hoogte van 29.5 meter.



Afbeelding 34: De bevestiging aan goal-post



4.3 Tail hijssoog



Afbeelding 35: Demontabele hijsogen

De tail hijsogen zijn berekend op een totale kracht van 3000kN, 1500kN per oog. Dit is volgens de ASME B30.20 norm gedimensioneerd. Om te zorgen dat het frame binnen de container maat blijft, zijn de ogen demontabel uitgevoerd. In het frame is een bevestiging met pen geplaatst. Berekening van de krachten op de platen en de krachten op de lassen staan in bijlage II

Door de vaste afstand tussen de hijsogen kan de spreader beam, net als het frame hergebruikt worden.

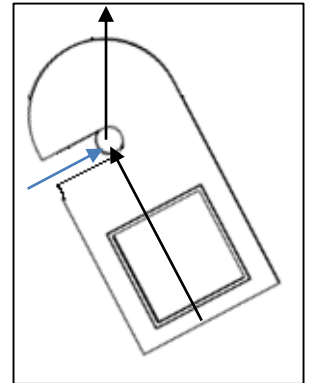


4.3 Haak

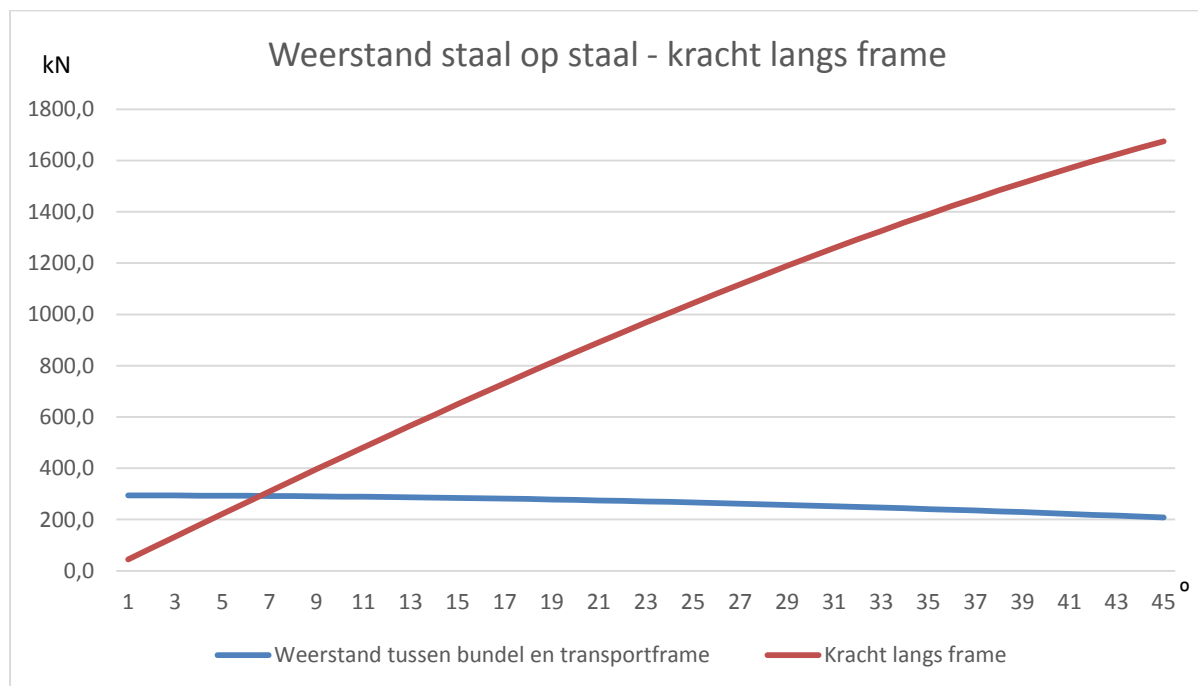
Door de bundel aan een haak te bevestigen is vermeden dat er medewerkers omhoog moeten om de pennen die de strongback en het top frame aan elkaar verbinden te verwijderen. Omdat kracht langs de bundel bij een bepaalde hoek groter wordt dan de weerstand tussen de bundel en het frame zal de bundel gaan schuiven. Om te voorkomen dat de bundel uit de haak glijdt wordt deze zo vormgegeven dat dit niet mogelijk is.

Vormgeving

Omdat de strongback door middel van twee kranen gehesen wordt, waarvan de kraan aan de tail side bij aanvang de het grootste gewicht draagt. Is het mogelijk dat de pen uit de haak schuift door het wegglijden van de bundel. Dit gebeurt als de kracht van de bundel langs het strongback frame gecorrigeerd met de weerstand van de bundel op het frame, groter wordt dan de hijskracht op de haken ontbonden in dezelfde richting. In afbeelding 36 staan de krachten ten gevolge van het hijsen afgebeeld. Omdat de bundel bij een hoek tot 45 graden grotendeels door de kraan aan de tailside gedragen wordt, is de kracht op de pen door het schuiven van de bundel groter dan de kracht die de pen in de haak houdt. In grafiek 2 staan de krachten over een hoek van 0 tot 45 graden afgebeeld



Afbeelding 36: Krachten op de haak



Grafiek 2: Weerstand tussen bundel en frame

Gegeven zijn de weerstand coëfficiënten van staal op staal:

Statische wrijvingscoëfficiënt droog : 0.5-0.8

Kinetische wrijvingscoëfficiënt droog : 0.4-0.7

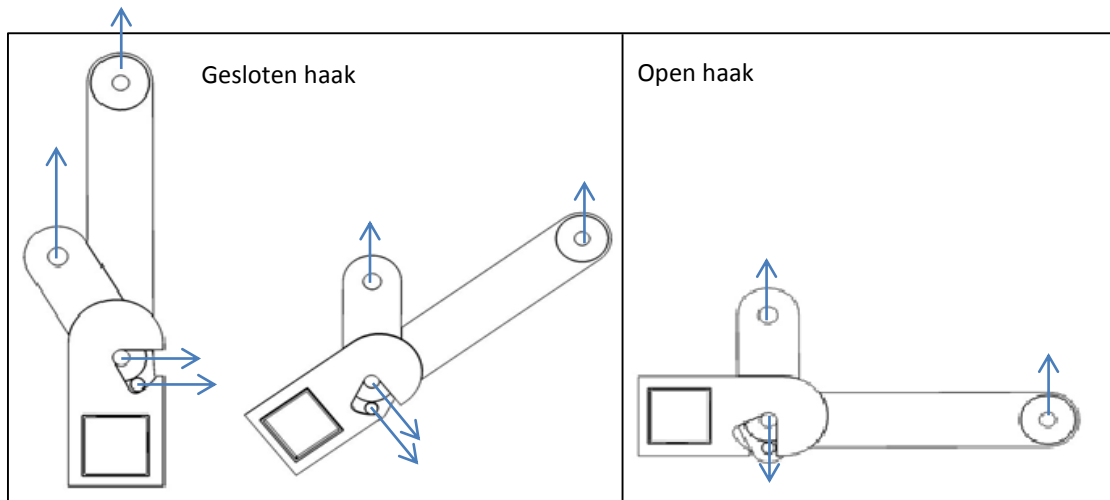
(Bron: Roloff/Matek machine-onderdelen tabellenboek)

In de berekening is voor de veiligheid gerekend met weerstandcoëfficiënt 0.1

Uit de grafiek is gehaald dat bundel al bij een hoek van 6-7 graden uit de haak zal schuiven.



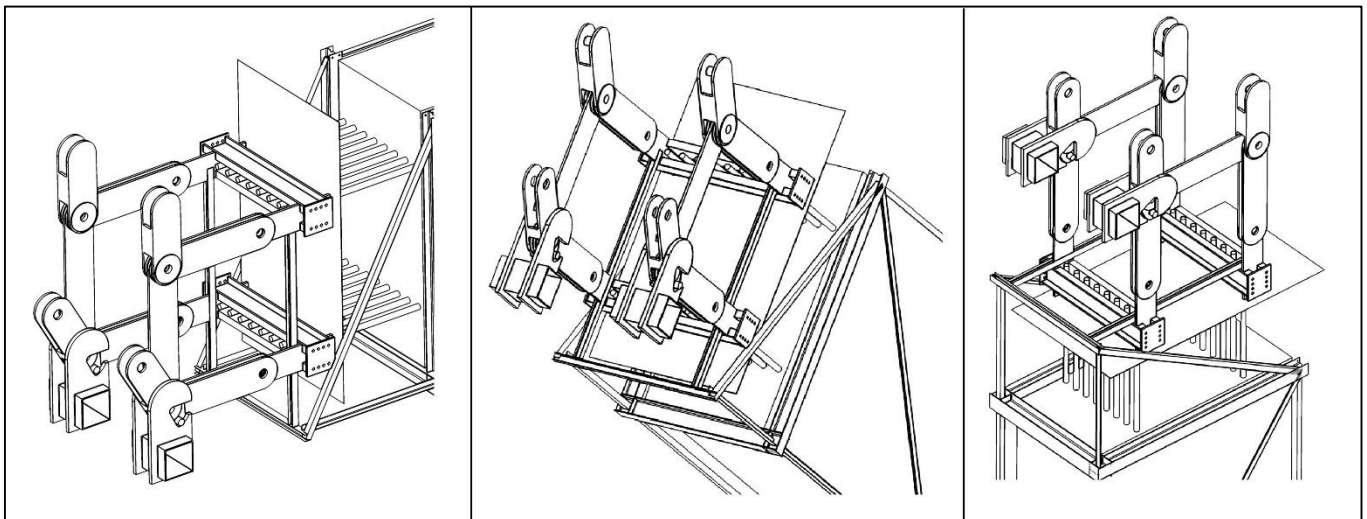
Het glijden van de bundel in het frame dient dus al vanaf het begin tegen gehouden te worden. Door de haak zo vorm te geven dat de pen niet uit de haak kan glijden is dit voorkomen. Omdat de richting van de hijskrachten veranderd is het mogelijk om de draaiing te gebruik om de haak te openen en te sluiten. Dit kan als afgebeeld in afbeelding 37 en 38



Afbeelding 37: Haak gesloten en open

Door de vorm van de haak en de sluiting waar aan gehesen wordt kan de pin uit de haak zakken als de hoek van de strongback groot genoeg is. Omdat de belasting verdeeld moet worden over de vier ophangpunten van de bundel naarmate deze verder overeenkomt, is het noodzaak om twee katrollen te gebruiken om te hijsen aan de platen. Zonder deze verdeling zal het gewicht van de losse harpen aan een van de twee ophangpunten komen te hangen, waar deze niet op berekend is. "Onderzoek naar mogelijkheden voor kostenbeparing op transport- en hijsvoorzieningen van horizontale HRSG

Het gewicht dat de katrollen dienen te dragen hangt af van de bundel, voor de zwaarste bundel met transportframe en strongback. 365 ton kunnen er twee katrollen voor 200 ton gebruikt worden. Om de katrollen te spreiden dient er een spreader beam op maat van de bundel gebruikt te worden.

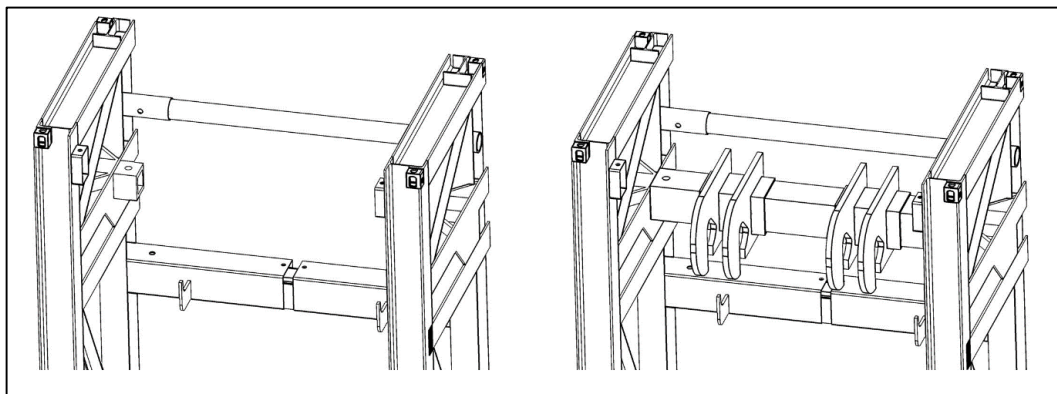


Afbeelding 38: Haak met hijsplaten en bundel

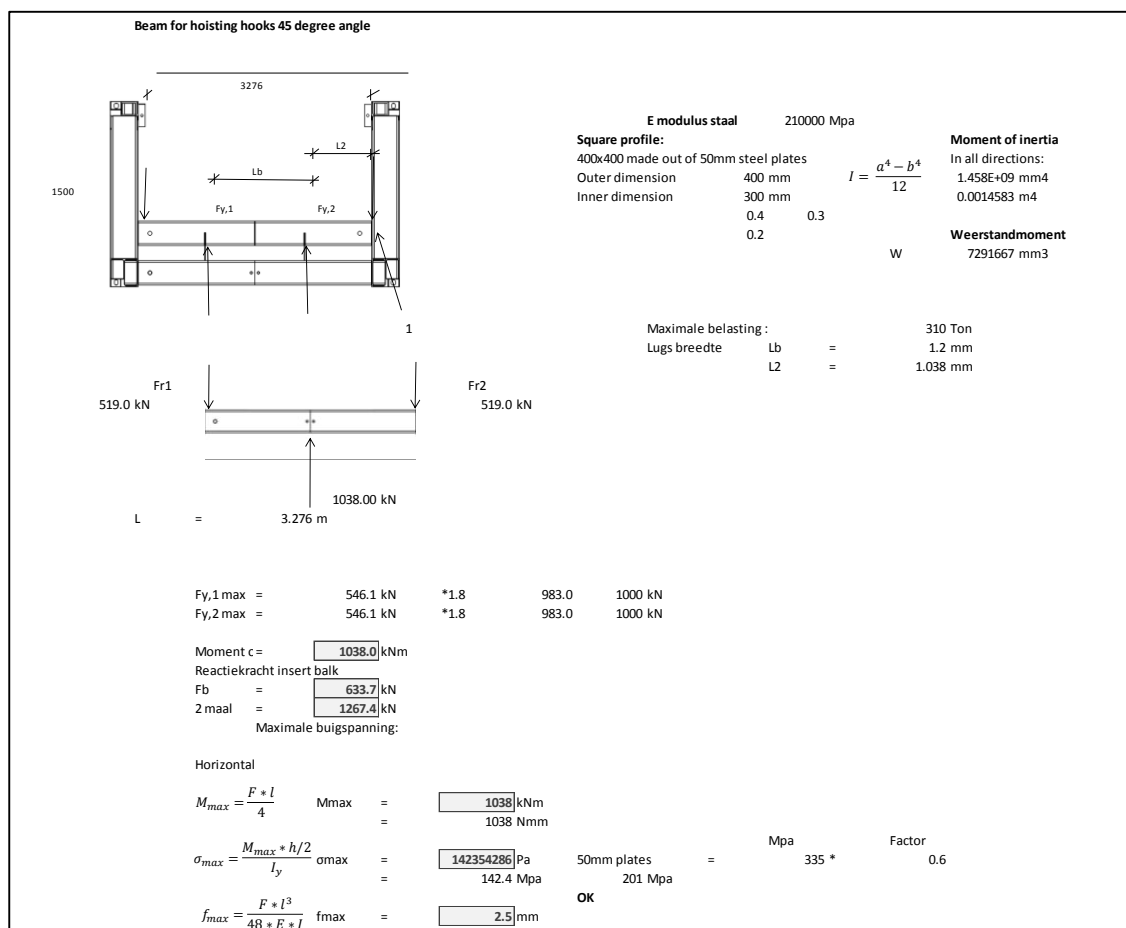
Om het verschil tussen de hijsogen en hoogte bij verschillende bundels, beschreven in hoofdstuk 2.5 Bundels, op te vangen, moeten de haken op verschillende afstanden geplaatst kunnen worden, door deze om een profiel heen te schuiven is dit mogelijk. Ook dient het hoogteverschil bij verschillende headerlengtes meegenomen te worden in de haak. Omdat de headerlengtes per project gelijk zijn, zijn er meerdere haken ontworpen. Elk voor een bepaalde headerlengte.



Het profiel dat de haken met het frame verbindt wordt net als de haken in meerdere richtingen belast. Om de belastingen te kunnen dragen dient het geen zwakke as te hebben. Om deze reden is er gekozen voor een vierkante koker 400x400 met wanddikte 50mm, de berekening van de maximale buigspanning in de koker bij de grootste kracht is afgebeeld in afbeelding 40. De hoogste kracht op de balk treedt op bij een hoek van 45 graden. De koker wordt bevestigd aan de staander in het vakwerk. De staander is verstevigd om de krachten te kunnen dragen. De berekening van de staander is in Femap gedaan en is terug te vinden in bijlage II.



Afbeelding 39: De bevestiging van de haken om balk

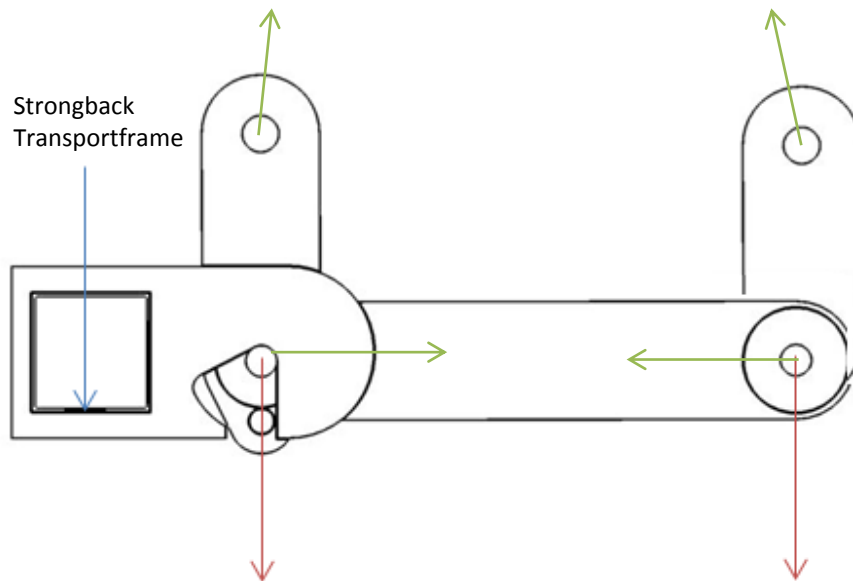


Afbeelding 40: Berekening van de maximale buigspanning in de balk

De maximale buigspanning in de balk is 142.4MPa, met een materiaaldikte van 50mm is de vloeigrens het materiaal 335MPa en voldoet de balk dus ruim aan de gestelde eisen volgens ASME B30.20.

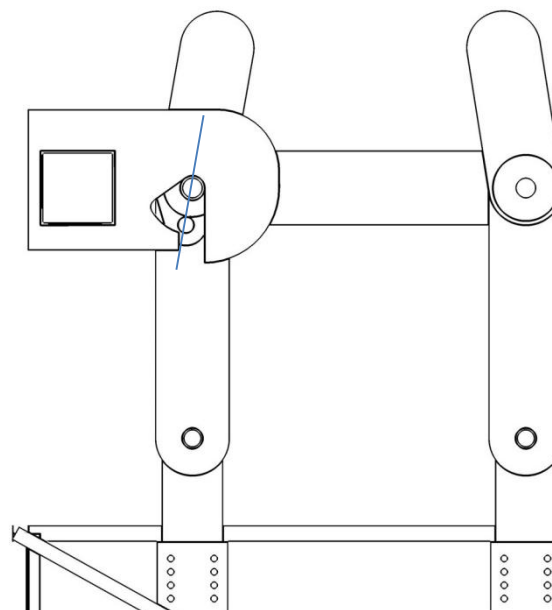


Naar mate de hoek van de strongback richting 90 graden gaat, is er een overgang van het dragen van de bundel via de strongback, en dus de haak. Naar het direct dragen van de bundel via de hijsplaten. Alleen het gewicht van het transportframe en de strongback zelf worden bij 90 graden gedragen door de haak. De bundel hangt direct in de kraan. Dit krachtspel is schematisch weergegeven in afbeelding 41.



Afbeelding 41: Krachtspel bij 90 graden

Om de sluiting van de haak te dimensioneren zijn er enkele voorwaarden gesteld. De sluiting is afhankelijk van de hoek van de hijskabels naar de katrol. Met verschillende header lengtes, en dus een verschillende afstand tussen de hijsplaten. Moet de lengte van de kabel naar de katrol zo zijn dat de sluiting open is bij een hoek van 90 graden. Als voorwaarde wordt gesteld dat de hoek van de kabel naar de katrol 80 graden moet zijn. Het hoogteverschil tussen de haak en de katrol is in verticale stand dan tussen 4.8 en 6.5 meter. De lengte van de kabel dient hier dus op aangepast te worden. Dit betekent dat de sluiting van de haak bij 80 graden open moet is. Ook betekent dit dat er een kracht op de verbindingsplaat tussen de twee hijsplaten komt te staan.



Afbeelding 42: De hoek waarin de sluiting open is



Norm en krachten

De haak valt onder de norm ASME B30.10 Hooks, deze norm schrijft het volgende over de design factor:

“The hook shall be designed to withstand all stresses imposed under normal operating conditions while handling loads within the minimum rated load. Hook design factor shall, as a minimum, conform to those specified for the equipment or system in which the hook is a component” (Bron: ASME B30.10 Hooks)

Ook schijft de norm:

“Hooks shall be forged, cast, stamped or welded, and heat treated by the manufacturer”(bron: ASME B30.10 Hooks)

Een haak om te hijsen is een specifiek onderdeel en wordt in verband met de kans op openbuigen niet uit een plaat gemaakt. Het dient daarentegen gesmeed en warmte behandeld te worden. Door het smeden zal de kristalstructuur in het staal verfijnen en wordt het materiaal sterker. Een haak gesneden uit een standaard plaat kan imperfecties en spanningen in de snede vertonen, waardoor de kans op breken groot is.

Om deze redenen moeten de haak voor de bundels en de haak aan de goal-post in samenwerking met een bedrijf dat ervaring heeft in het maken van haken voor hijsen verder uitgewerkt worden.



4.4 Kosten

Een schatting van de kosten voor de nieuwe strongback is in dit hoofdstuk gemaakt. Verdeeld in fabricage, transport, montage en demontage en certificering.

Fabricage

De fabricagekosten voor de nieuwe strongback zijn niet van groot belang omdat de strongback hergebruikt kan worden. Het totaal gewicht van de nieuwe strongback is ongeveer 55 ton. Met een fabricageprijs in Tsjechië, Europa van €2.51,- per kg komen de totale kosten voor het fabriceren van de strongback neer op: 138.050 euro

Transport

Het sterke punt van de strongback zijn de transportkosten, dankzij de lage transportkosten is het mogelijk om het frame te gebruiken voor verschillende projecten. De drie strongback delen kunnen vervoerd worden als een twintig voet en twee veertig voet containers, de overige delen zoals de draagbalken, hijsogen en haken kunnen met een kleine container mee vervoerd worden. Het transport van een veertig voet container kost tussen de 2500 en 3000 dollar, met in totaal vier veertig voet containers zijn de kosten om de strongback naar een andere locatie te vervoeren per schip geschat tussen de 10.000 en 12.000 dollar. Wegtransport is hier niet bij inbegrepen omdat dit afhankelijk is van de afstand. De kosten voor wegtransport van de containers is rendabeler dan de oversized load van de oude strongback

Assemblage en demontage

Er is een schatting gemaakt van de kosten die gemaakt worden om de strongback op te bouwen. De benodigheden zijn:

- Kraan of heftruck met een hijsgewicht van 30 ton
- Takels
- Vier medewerkers, exclusief de kraanoperator

Handelingen:

- Verwijderen pennen en de framedelen uit de containerpositie hijsen
- Breedteverbinding
- Draagbalk in de koker van een deel plaatsen, bevestigen met pen
 - Delen tegenover elkaar plaatsen
 - De draagbalk in het tegenovergestelde deel schuiven, door oplichten met kraan en het gebruik van takels. Bevestigen met pennen
 - Bij het top part moeten de balk met haken en de ronde balk voor de bevestiging aan de goal-post geplaatst worden, voor dat de draagbalk helemaal in de koker geschoven is. Bevestigen met pennen.
- Lengteverbinding
- Verbindingsplaten in de hoeken schuiven en verbinden met pen
 - De delen in de lengte uitlijnen, door middel van takelen en hijsen de verbindingsplaten in de hoekdelen van het volgende framedeel schuiven
 - Zelfde actie voor de verbinding tussen strongback deel 2-3
- Overig
- Plaatsen van de tail hijsogen en pennen
 - Inspectie

De totale tijd voor zowel het assembleren als demonteren wordt geschat op 1 dag werk. De kosten verschillen per locatie. Voor vier medewerkers en een kraan met kraanoperator voor ongeveer 10 uur werk worden de kosten geschat op:

Tabel 9: Kosten montage/demontage

Aantal		Uren p.s.	Prijs p.p.u in \$
4	Medewerkers	10	40
1	Kraan 30 ton + operator	10	120
5	Totaal	50	2800



Certificering

Omdat er uit veiligheidsoverwegingen gekozen wordt om de strongback te certificeren door een keuringsinstantie, wordt er nu per project een strongback gecertificeerd. Omdat de nieuwe strongback hergebruikt kan worden hoeft dit niet per project een nieuwe certificering te krijgen. Dit zijn in dit geval dus eenmalige kosten bij aanschaf van de strongback.

Voor Loose gear, geldt dat er eenmalig. Bij het in gebruik nemen van het onderdeel een load test gedaan moet worden volgens DNV norm. Er hoeft dus geen periodieke herkeuring plaats te vinden.



5. Conclusie

Er kan geconcludeerd worden dat het mogelijk is om te besparen op transport en hijsvoorzieningen van de HRSG. Het transportframe en de hijsbalk zijn voorzieningen die al ver doorontwikkeld zijn door NEM. Door het gebruik van de transportframes worden de bundels effectief in het schip geplaatst, dit resulteert in lagere transportkosten zowel op de weg als in het schip. Ook is het hierdoor mogelijk om de meeste bundels (afhankelijk van de breedte) per trein te vervoeren.

De hijsbalk is zo uitgevoerd zodat deze in twee delen vervoerd kan worden, door de maat past de balk in een container. Hergebruik van de balk is dus economisch gezien rendabel en komt ook al regelmatig voor.

Door de strongback uit delen ter grote van containers uit te voeren is het mogelijk om het frame te hergebruiken. Hierdoor is er voor toekomstige projecten een aanzienlijke kostenpost minder. De strongback wordt nu per project voor een prijs tussen \$50.000 en \$150.000 gefabriceerd en voor \$17.500 vervoerd, de kosten voor engineering en certificering zijn hier niet bij inbegrepen. Als de herbruikbare strongback na gebruik in een keer doorgestuurd wordt naar de volgende bouwplaats. Kost transport maximaal tussen \$12.000 dollar. De kosten voor het assembleren en demonteren komen neer op ongeveer \$5600 per project. Voor het oude frame was dit ongeveer een derde.

Per project kan er dus zeker tussen \$50.000 en \$150.000 dollar bespaard worden. Daarnaast vallen de kostenposten engineering en certificering per project ook weg. Voor een jaar waarin 5 horizontale HRSG's door middel van de bundelmethode gebouwd worden, kan er eenmalig een herbruikbare strongback aangeschaft worden voor een ruime kostprijs van \$150.000, als er als de kostprijs van de strongback die nu gebruikt zou worden voor een gemiddeld bedrag van \$100.000 gekend wordt. Is de besparing op alleen de fabricage en transportkosten als volgt geschat:

Tabel 10: kostenvergelijking

HRSG	Huidige methode	Met nieuwe strongback	Vershil
1	\$300.000	\$350.000	+50.000
2	\$300.000	\$200.000	-100.000
3	\$300.000	\$200.000	-100.000
4	\$300.000	\$200.000	-100.000
5	\$300.000	\$200.000	-100.000
Totaal:	\$1.500.000	1.150.000	-350.000

In een jaar kan er dus ruim 23% bespaard worden op het hijs en transport equipment, als de strongback twee, of zelfs vijf jaar in gebruik wordt genomen loopt de besparing nog verder op. Voor twee jaar is dit bijna 28%. Over vijf jaar is dit zelfs een besparing van \$2.350.000 op \$7.500.000, een besparing van 31%. Als er ook gekeken wordt naar de kosten voor het certificeren en ontwerpen zijn de besparingen alleen maar groter.

5.1 Aanbevelingen

Andere punten die uitgezocht kunnen worden voor verdere besparingen zijn:

1. Mogelijkheden in het verder modulariseren van de strongback. Zoals de huidige C-Fast methode (Zie bijlage V). Waarin het main steel van de strongback aangepast is en gebruikt wordt om de bundel te ondersteunen tijdens het kantelen.
2. Onderzoek naar de mogelijkheid om pijpplaten in plaats van wrap-arounds te gebruiken in horizontale HRSG's Omdat de vin pijpen dan onderling aan elkaar verbonden zijn kan het mogelijk gemaakt worden om de bundel aan de pijpplaten te hijsen.



Literatuurlijst

1. Kroonenberg, H.H. van den & Siers, 2004, Methodisch ontwerpen – druk3
2. Dieter Muhs, Herbert Wittel, Manfred Becker, Dieter Jannasch, Joachim Vossiek – 2007 - Roloff/Matek machine-onderdelen — Herziene druk 4
3. Roloff/Matek machine-onderdelen tabellenboek
4. Theodore V. Galambos , 1998, Guide to stability design criteria for metal structures — Fifth edition
5. Statica - Russell Hibbeler – Druk 12
6. Sterkteleer – Russel Hibbeler – Druk 8
7. ASME B30.10-2014 Hooks
8. ASME BTH-1- 2011 Deignn of below the hook lifting devices
9. ASME B30.20 Below the hook lifting devices
10. AISC Engineering Journal 1991-4 – Design and construction of lifting beams
11. DNV – 2. 22 Lifting appliances 2001-10

Grafiekenlijst

Grafiek 1: Kesselringgrafiek:	31
Grafiek 2: Weerstand tussen bundel en frame	43

Tabellenlijst

Tabel 1: Harpmaten
Tabel 2: Pakket van eisen
Tabel 3: Morfologische kaart
Tabel 4: Keuzetabel met weegfactoren
Tabel 5: Containermaten volgens ISO-668
Tabel 6: Constraint forces uit Femap
Tabel 7: Maximale gecombineerde spanning links
Tabel 8: Maximale gecombineerde spanning rechts
Tabel 9: Kosten montage/demontage
Tabel 10: Kosten vergelijking

Bronnen

1. <http://www.energy.siemens.com/hq/en/fossil-power-generation/power-plants/steam-power-plants/benson.htm>
2. http://www.engineeringtoolbox.com/critical-point-water-steam-d_834.html
3. <http://www.barnhartcrane.com/blog/engineering-modifications-florida-hrsg-removal-replacement>
4. http://www.barnhartcrane.com/ab_video_detail.php?v=2
5. <http://www.greenspower.us/page11.aspx>
6. NEM HRSG Cookbook, Annex 1-8 revision 1



7. Cost of Hoisting Equipment NEM Energy BV – Niels Veldkamp
8. Cost Improvement Project CIP No. 13 – NEM Hengelo – R. Sinnema
9. IKZ09-370-01 – NEM Energy b.v.



Bijlagen

I. Tekeningen

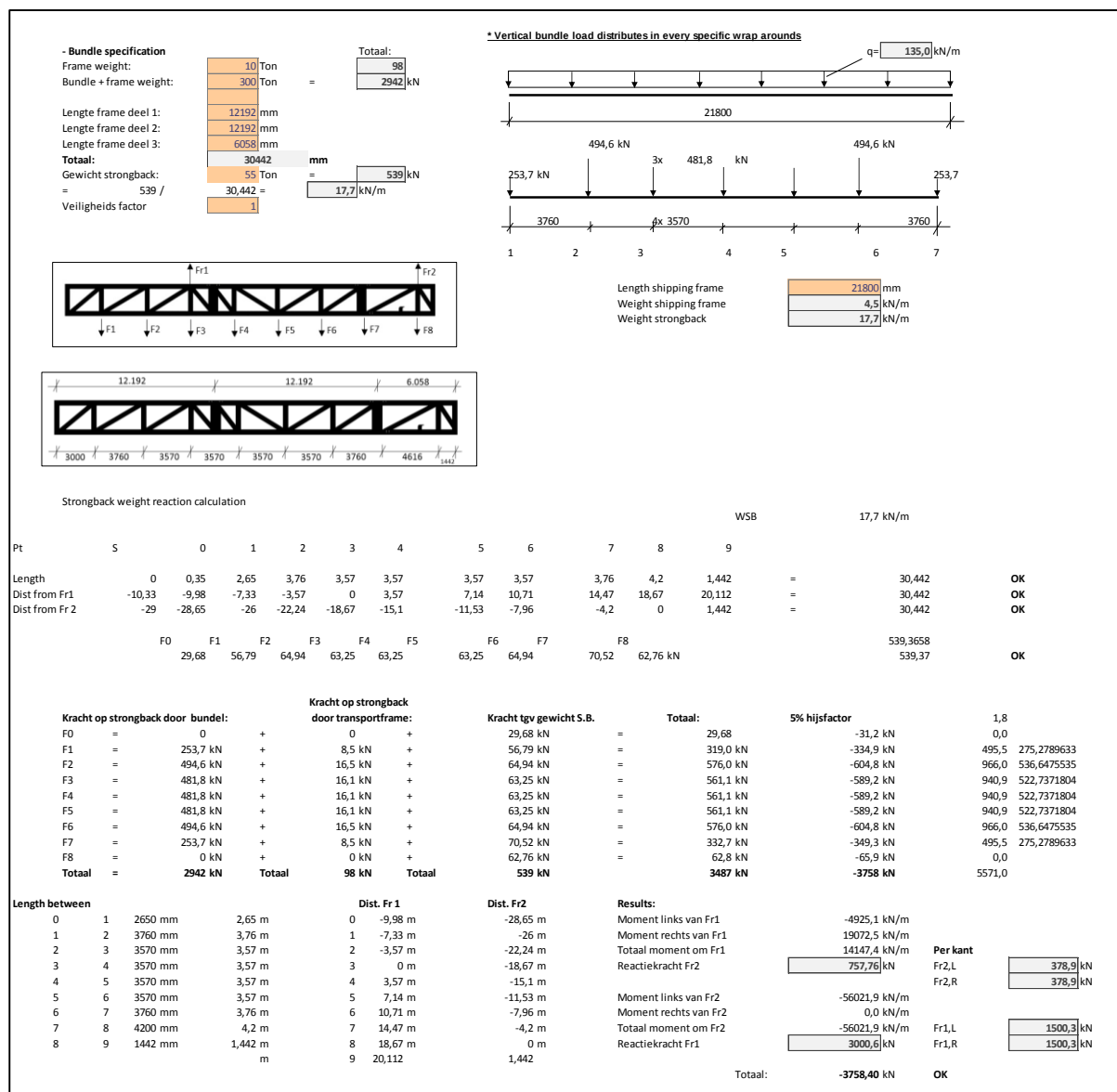
Tekeningen ten behoeve van de berekeningen zijn achter het rapport bijgevoegd.



II. Berekeningen

Frame horizontaal

Om de gegevens uit Femap te controleren is er een handberekening gemaakt. Afbeelding 1 beeldt de berekening van de hijskrachten van het horizontale frame af, dit is door middel van een statische 2D berekening gecontroleerd. Er is een vergelijking gemaakt tussen de krachten in Femap en de sheet. Uit de vergelijking is gekomen dat de berekening in Femap juist is.

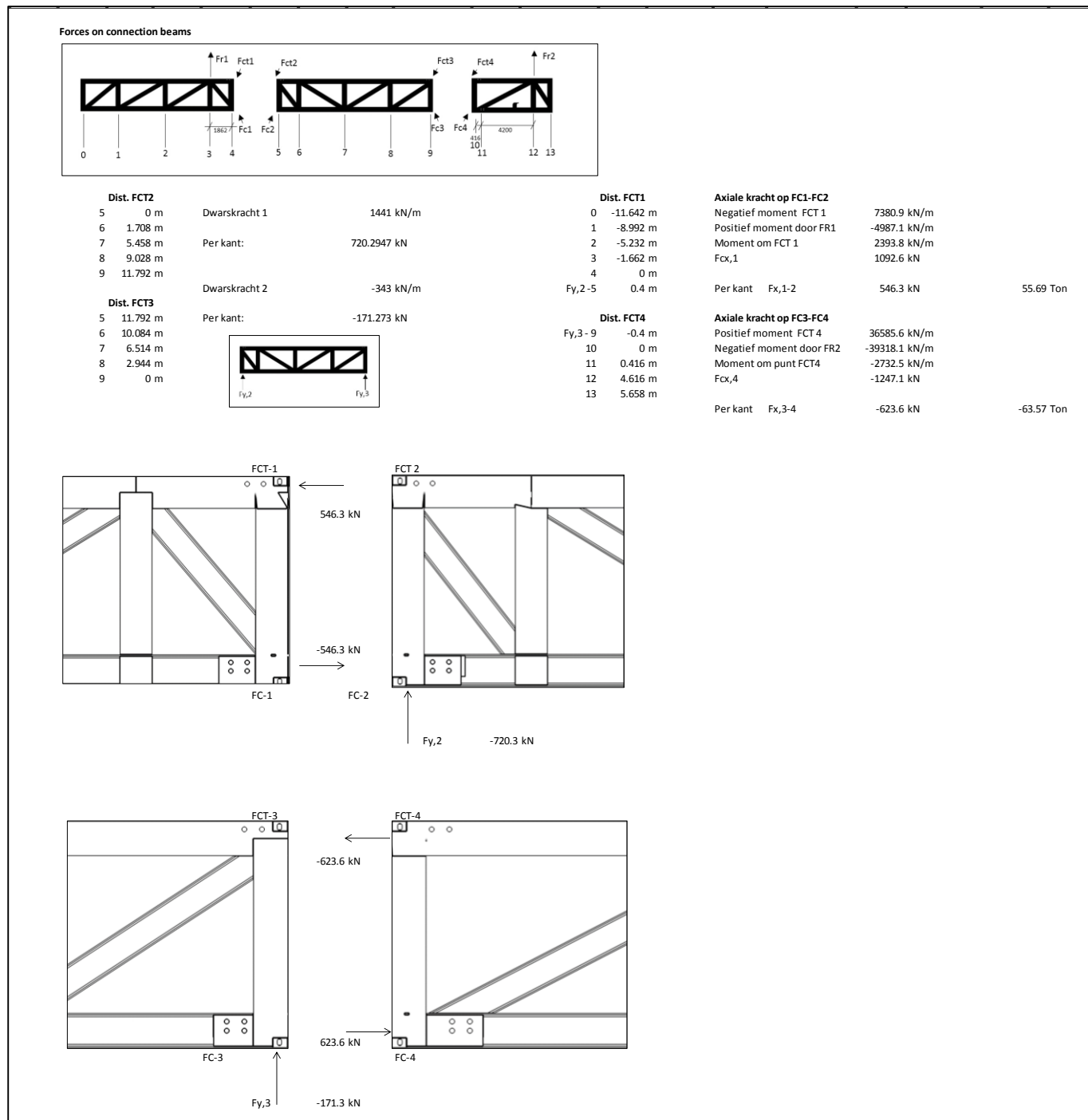


Bijlage afbeelding 1: Berekening resultante krachten



Verbindingen

De krachten op de verbindingselementen zijn vastgesteld door het vakwerk op de plaatsen van de verbindingdelen te isoleren. Omdat het frame in evenwicht is kan met de drie onafhankelijke evenwichtsvergelijkingen de krachten op de verbindingselementen berekend worden. De uitwerking hiervan staat in afbeelding 3.



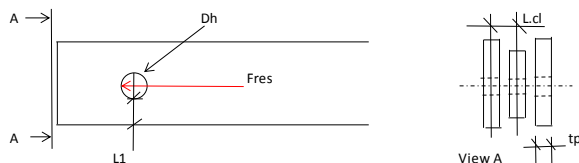
Bijlage afbeelding 3: Berekening van de verbindingen tussen 1 en 2





Ook de twee platen die in de profielen gelast zijn, zijn berekend op de krachten door de pen. Afgebeeld in afbeelding 5

Checking connection plates



Kracht inc 1.8	=	Fres	=	1000	kN
Afstand c.l. platen	=	Lcl	=	60	mm
	=	L1	=	105	mm
Dikte plaat	=	t	=	40	mm
Stekte plaat	=	Fy,plate	=	335	N/mm2
Diameter gat	=	Dh	=	132	mm

Steel: S355J2 = 40 mm = 335 Mpa

Tensile force on single plate:

$$F_t = F_{res}/2 = 500 \text{ kN}$$

Tension failure

$$f_t = F_t / (2 * l) = 39.7 \text{ N/mm}^2 < F_{bx} = 201 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK} \quad 0.6 * 295 \text{ Mpa}$$

Crushing above pin

$$\epsilon_{min} = \sqrt{\frac{F_t * D_h}{1.67 * 201 * l}} = 70.1 \text{ mm} < 105 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Shear failure

$$f_v = \frac{.5 * F_t}{L1 * tp} = 59.5 \text{ N/mm}^2 < F_v = 134 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK} \quad 0.4 * 335 \text{ Mpa}$$

Minimum thickness lug

$$t_{min} = .25 * D_h = 33 \text{ mm} < 40 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

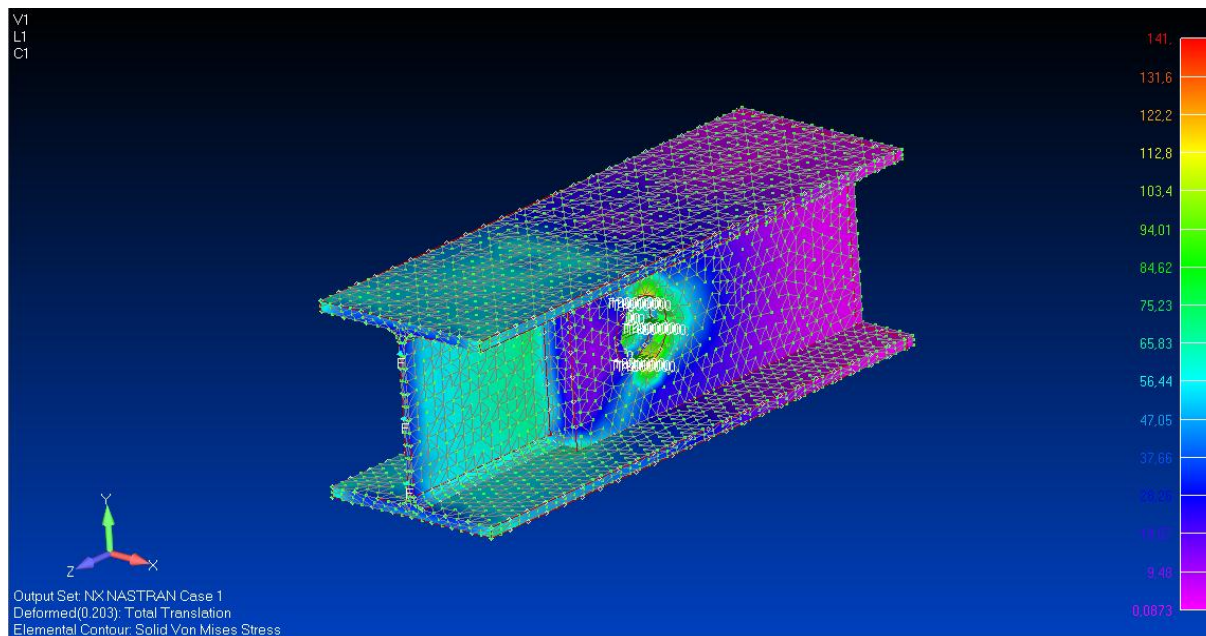
P0 (pin/hole) pressing according to "Hertz"

$$P_0 = .418 * \sqrt{\frac{F_t * 1.44 * E}{D_h/2 * D_p/2 * D_h/2 - D_p/2 * tp}} = 272.5 \text{ N/mm}^2 \quad 1050 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

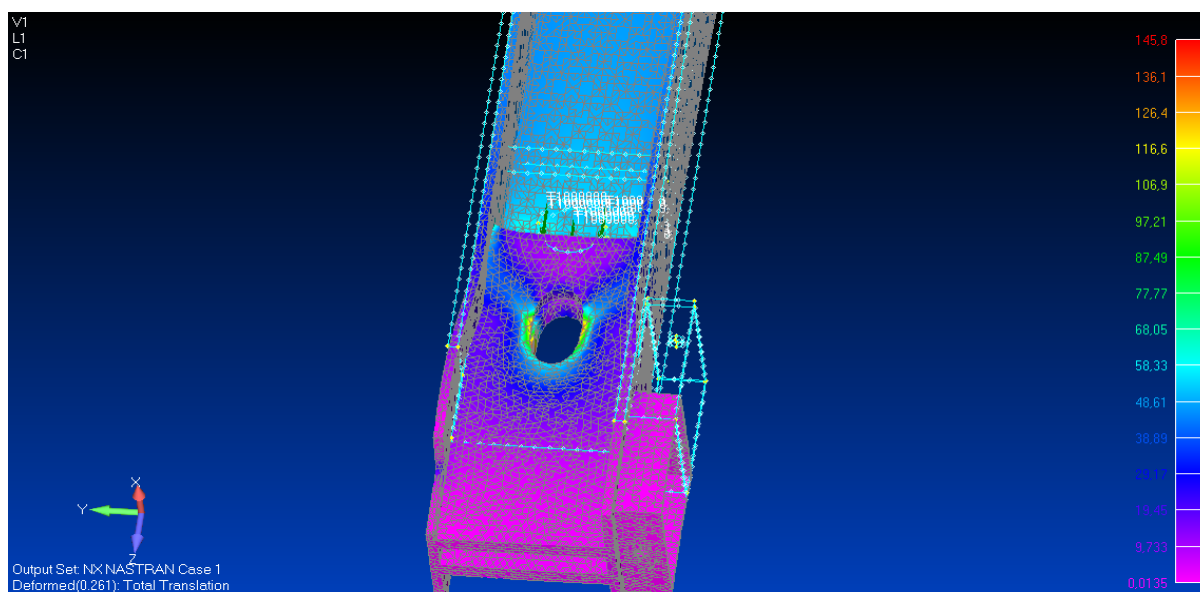
Bijlage afbeelding 5: Krachten op verbindingsschijven in de ligger



De controle van platen waar de verbindingssplaat in gestoken wordt is als volgt gedaan: Het profiel waar de bevestigingsplaten in worden gelast is gemodelleerd in Femap, de krachten zijn vermenigvuldigd met veiligheidsfactor 3.0. De resultaten staan afgebeeld in afbeelding 6 de weergegeven spanning is de Solid Von Mises. De spanning is hoger dan de spanning berekend in de sheet door de drukking van de pen. De spanning in het materiaal blijft onder de vloeispanning van 345MPa.



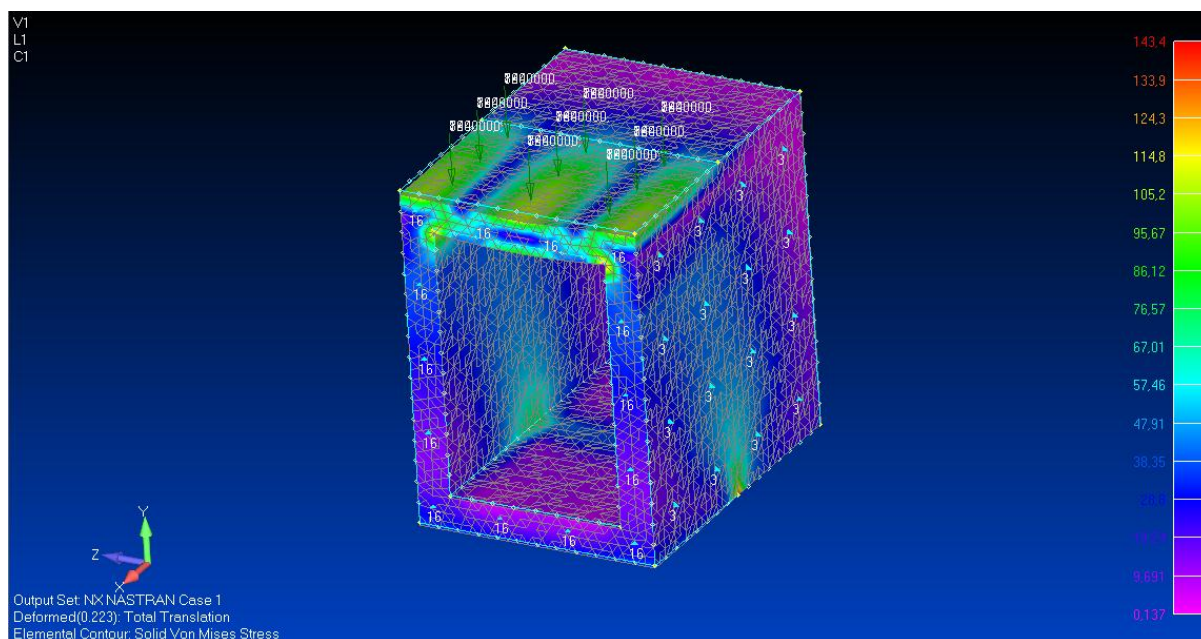
Bijlage afbeelding 7: Femap model van de verbindingssplaat in de onderste ligger



Bijlage afbeelding 8: Controle van de verbindingssplaten in de bovenste ligger

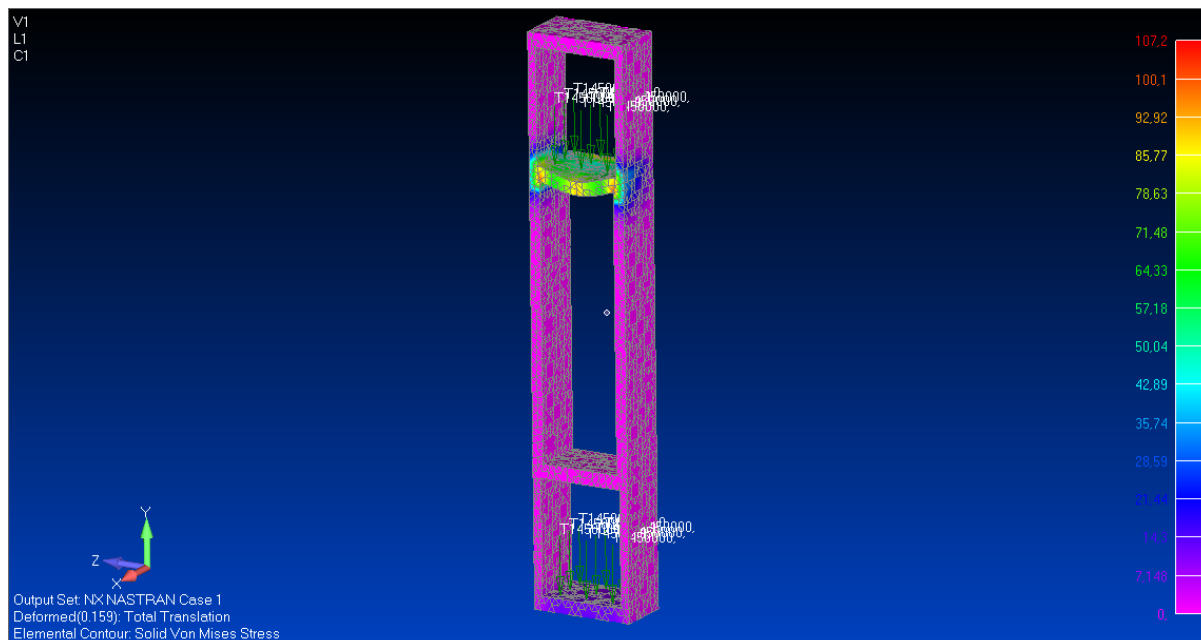


De blokken die de dwarskracht dragen zijn ook gecontroleerd in Femap. hier is wederom gerekend met veiligheidsfactor 3. In elke verbinding worden twee blokken geschoven, de totale afschuiving wordt dan ook over twee blokken verdeeld. De spanning aangegeven in afbeelding 7 betreft de Von Mises stress.



Bijlage afbeelding 6: Von Mises spanning in het verbindingblok

De insert voor in de staande profielen die de dwarskrachten over de hoekpunten verdeeld is ook in Femap gecontroleerd op de Von Mises spanning



Bijlage afbeelding 7: Von Mises spanning in de insert



Controle berekening van de dragende ligger

Maximaal moment in de balk volgens femap

Final MAX/MIN Summary Table

Minimum			Maximum			
Set	ID	Value	Set	ID	Value	
1	6	-483380128.	1	1	1.3411E-7	Beam EndA Plane2 Moment

Door middel van een handberekening is de waarde gecontroleerd.



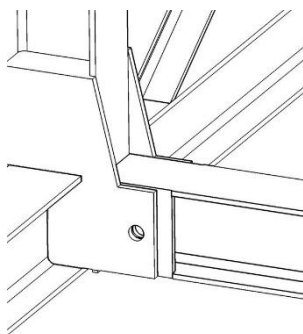
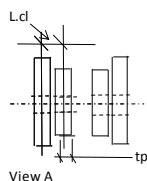
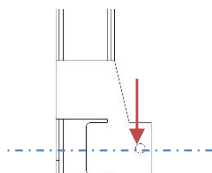
Bijlage afbeelding 8: Controle maximale moment in de dragende ligger



De pen-plaat verbinding van de dragende balk aan de staander. Is ook als plaat-pen verbinding uitgerekend. De kracht op de verbinding is -544.3kN inclusief factor 1.8, De berekening staat in afbeelding 11 en 12.

Calculation connection to column

Kracht:	F	=	302,4 kN
Safety factor	γ	=	1,44
Impuls factor	φ	=	1,25
	$\gamma * \varphi$	=	1,8
Fres	=	$\gamma * \varphi$	* 302,4
Fres	=	544	= 550 kN



Diameter pin	=	Dp	=	65 mm	Steel:	EN 10025-1993	S355J2	
Sterkte pin	=	Fy, pin	=	335 N/mm ²	<16	mm	=	355 Mpa
Kracht op pin inc 1.8	=	Fres	=	550 kN	16-40	mm	=	345 Mpa
Afstand c.l. platen	=	Lcl	=	35 mm	40-63	mm	=	335 Mpa
	=	L1	=	45 mm	63-80	mm	=	325 Mpa
Dikte plaat	=	tp	=	30 mm	80-100	mm	=	315 Mpa
Stekte plaat	=	Fy, plate	=	345 N/mm ²	100-150	mm	=	295 Mpa
Diameter gat	=	Dh	=	67 mm				

Tensile force on plates:

$$F_t = 5 * F_{res} = 275 \text{ kN}$$

Checking pin

$$\text{Steel: S355J2} = 65 \text{ mm} = 325 \text{ Mpa}$$

Bending

$$M = F_{res} / 2 * L1 = 4812500 \text{ Nmm}$$

$$F_b = M / W_b = 178,5 \text{ N/mm}^2 < 221,1 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

Shear:

$$F_v = 5 * F_{res} / A_{pin} = 82,9 \text{ N/mm}^2 < 134 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

Checking connection plate:

$$\text{Steel: S355J2} = 30 \text{ mm} = 345 \text{ Mpa}$$

Tensile force on plate:

$$F_t = 5 * F_{res} = 275 \text{ kN}$$

Tension failure

$$f_t = F_t / (2 * t_p * L1) = 101,9 \text{ N/mm}^2 < 207 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

Crushing above pin

$$\epsilon_{min} = \sqrt{\frac{F_t * D_h}{1,67 * 201 * t_p}} = 42,8 \text{ mm} < 45 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Shear failure

$$f_v = \frac{5 * F_t}{l * l_2} = 101,9 \text{ N/mm}^2 < 138 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

Minimum thickness lug

$$t_{min} = 0,25 * D_h = 16,75 \text{ mm} < 30 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

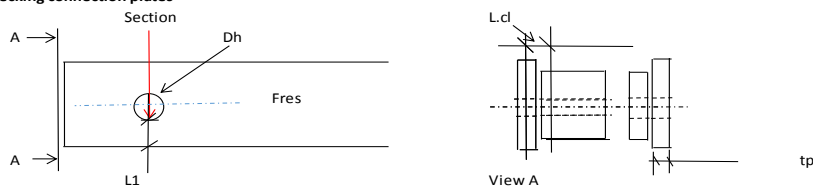
P0 (pin/hole) pressing according to "Hertz"

$$P_0 = 0,418 * \frac{F_t * 1,44 * E}{\sqrt{\frac{D_h}{2} * \frac{D_p}{2} * l}} = 463,2 \text{ N/mm}^2 \quad 1050 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

Bijlage afbeelding 12: Berekening van de verbinding tussen staander en draagbalk



Checking connection plates



Kracht inc 1.8	=	Fres	=	550	kN
Afstand c.l. platen	=	L _{cl}	=	35	mm
	=	L1	=	146.5	mm
Dikte plaat	=	t	=	30	mm
Stekte plaat	=	F _{y,plate}	=	345	N/mm ²
Diameter gat	=	D _h	=	67	mm

Steel: S355J2 = 30 mm = 345 Mpa

Tensile force on single plate:

$$F_t = F_{res}/2 = 275 \text{ kN}$$

Tension failure

$$f_t = F_t / (2 * l) = 68.9 \text{ N/mm}^2 < F_{bx} = 207 \text{ N/mm}^2 \quad 0.6 * 295 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

Crushing above pin

$$\epsilon_{min} = \sqrt{\frac{F_t * D_h}{1.67 * 201 * l}} = 42.8 \text{ mm} < 146.5 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Shear failure

$$f_v = \frac{.5 * F_t}{L1 * tp} = 31.3 \text{ N/mm}^2 < F_v = 138 \text{ N/mm}^2 \quad 0.4 * 335 \text{ Mpa} \quad \text{OK}$$

Minimum thickness lug

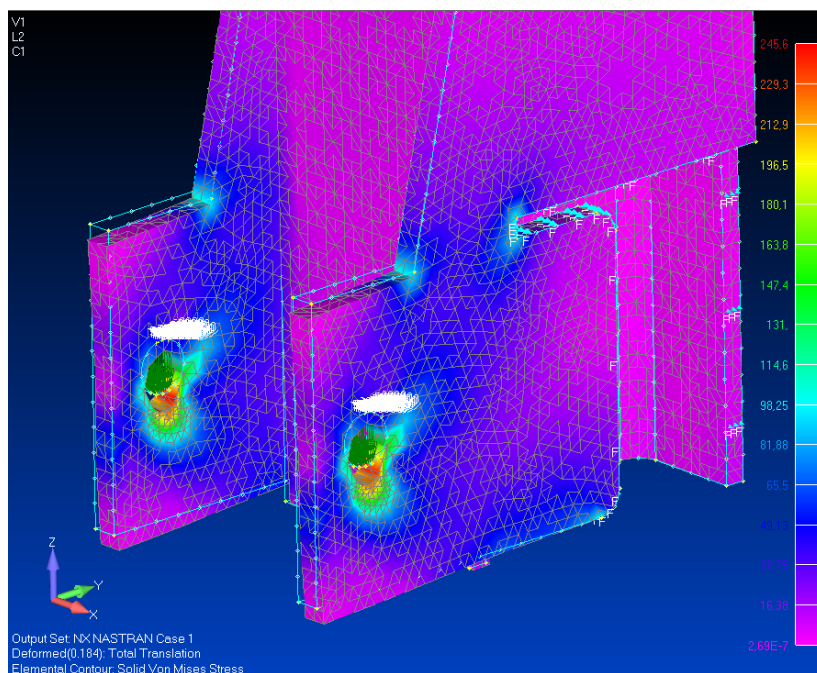
$$t_{min} = .25 * D_h = 16.75 \text{ mm} < 30 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

P0 (pin/hole) pressing according to "Hertz"

$$P_0 = .418 * \sqrt{\frac{F_t * 1.44 * E}{D_h/2 * D_p/2 * tp}} = 463.2 \text{ N/mm}^2 < 1050 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK}$$

Bijlage afbeelding 13: Berekening van de platen in het draagprofiel

Ook is er een solid model in Femap uitgewerkt om de plaat en de verbindingen te controleren. De maximale Von Mises stress is 275MPa.

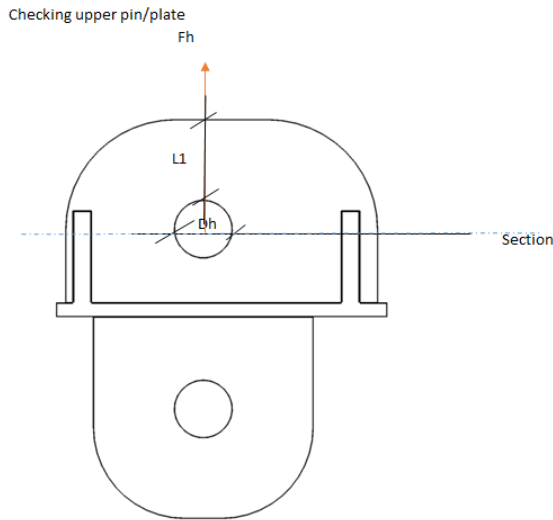


Bijlage afbeelding 14: Solid model van de staander met de verbindingen in Femap



Hijspunten

de hijsogen aan de onderkant van worden door middel van pennen vastgezet in het frame. In de afbeeldingen 15 tot en met 21 zijn de krachten op de ogen en op het verbindingsdeel in het frame uitgewerkt.



Checking pin

Pin diameter:				
F_h	=	1500.3 *	1.8 =	2700.54 kN
		1500.3 / 9.81		152.9358 Ton
			Min shackle:	200 Ton
			Green pin heavy duty shackles catalog:	
Pin Diameter:		150 mm		
Green pin shackle				
Diameter pin	=	D_p	=	130 mm
Kracht op pin inc 1.8	=	F_{res}	=	2750 kN
	=	$L1$	=	210 mm
Dikte plaat	=	t	=	50 mm
Stekte plaat	=	$F_{y,plate}$	=	335 N/mm ²
Diameter gat	=	D_h	=	134 mm

Steel:

EN 10025-1993	S355J2		
<16 mm	=		355 Mpa
16-40 mm	=		345 Mpa
40-63 mm	=		335 Mpa
63-80 mm	=		325 Mpa
80-100 mm	=		315 Mpa
100-150 mm	=		295 Mpa

Checking plate:

Steel:	S355J2	=	50 mm	=	335 Mpa
Tensile force on plate:					
$F_t = F_{res}$	=	2750 kN			

Tension failure

$f_t = F_t / (2 * l)$	=	131.0 N/mm ²	<	$F_{bx} = 0.6 * 295$ Mpa
				201 N/mm ² OK

Crushing above pin

$\epsilon_{min} = \sqrt{\frac{F_t * D_h}{1.67 * 201 * l}}$		148.2 mm	<	210 mm	OK
--	--	----------	---	--------	----

Shear failure

$f_v = \frac{5 * F_t}{l * l_2}$		131.0 N/mm ²	<	$F_v = 0.4 * 335$ Mpa
				134 N/mm ² OK

Minimum thickness lug

$t_{min} = 25 * D_h$		33.5 mm	<	50 mm	OK
----------------------	--	---------	---	-------	----

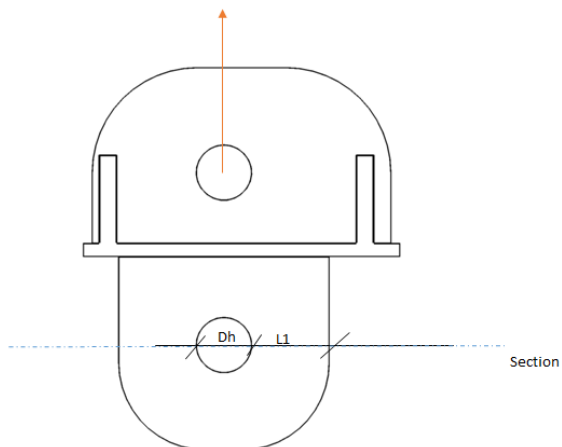
P0 (pin/hole) pressing according to "Hertz"

$P_0 = 418 * \sqrt{\frac{F_t * 1.44 * E}{D_h/2 * D_p/2 * l}}$		802.2 N/mm ²		1050 N/mm ²	OK
---	--	-------------------------	--	------------------------	----

Bijlage afbeelding 15: controle berekening van het gat boven in de tail lug



Checking lower pin/plate
Fh



Diameter pin	=	Dp	=	150 mm
Kracht op pin inc 1.8	=	Fres	=	2750 kN
	=	L1	=	223 mm
Dikte plaat	=	t	=	50 mm
Stekte plaat	=	Fy,plate	=	335 N/mm2
Diameter gat	=	Dh	=	154 mm

Checking plate:

Steel: S355J2 = 50 mm = 335 Mpa

Tensile force on plate:

$F_t = F_{res} = 2750 \text{ kN}$

Tension failure

$f_t = F_t / (2 * l_1) = 123.3 \text{ N/mm}^2 < F_{bx} = 0.6 * 295 \text{ Mpa} = 201 \text{ N/mm}^2 \text{ OK}$

Crushing above pin

$\epsilon_{min} = \sqrt{\frac{F_t * D_h}{1.67 * 201 * t}} = 158.8 \text{ mm} < 223 \text{ mm} \text{ OK}$

Shear failure

$f_v = \frac{5 * F_t}{t * l_1} = 123.3 \text{ N/mm}^2 < F_v = 0.4 * 335 \text{ Mpa} = 134 \text{ N/mm}^2 \text{ OK}$

Minimum thickness lug

$t_{min} = 0.25 * D_h = 38.5 \text{ mm} < 50 \text{ mm} \text{ OK}$

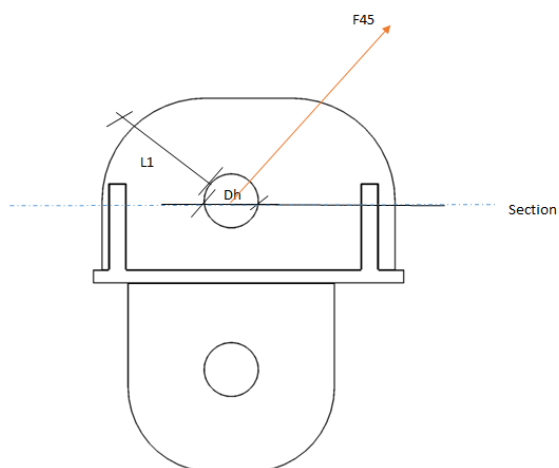
P0 (pin/hole) pressing according to "Hertz"

$P_0 = 418 * \sqrt{\frac{F_t * 1.44 * E}{D_h/2 * D_p/2 * l_1}} = 696.7 \text{ N/mm}^2 < 1050 \text{ N/mm}^2 \text{ OK}$

Bijlage afbeelding 16: Controleberekening gat en plaat tail lug onder



upper plate tail lug 45 degree



F	=	1305.1 kN
Factor	=	1.8
	=	2349.18 kN
F45	=	2400 kN

Checking pin

Pin diameter:

Fh	=	1305.1 *	1.8 =	2349.18 kN
		1305.1 / 9.81		133.0377 Ton
			Min shackle:	200 Ton For horizontal

Green pin heavy duty shackles catalog:

Pin Diameter: 150 mm

Diameter pin	=	Dp	=	130 mm
Kracht op pin inc 1.8	=	Fres	=	2400 kN
	=	L1	=	210 mm
Dikte plaat	=	t	=	50 mm
Stekte plaat	=	Fy,plate	=	335 N/mm2
Diameter gat	=	Dh	=	134 mm

Steel:

EN 10025-1993	S355J2	
<16 mm	=	355 Mpa
16-40 mm	=	345 Mpa
40-63 mm	=	335 Mpa
63-80 mm	=	325 Mpa
80-100 mm	=	315 Mpa
100-150 mm	=	295 Mpa

Checking plate:

Steel: S355J2 = 50 mm = 335 Mpa

Tensile force on plate:

$F_t = F_{res} = 2400 \text{ kN}$

Tension failure

$$f_t = F_t / (2 * t * l_1) = 114.3 \text{ N/mm}^2 < F_{bx} = 0.6 * 295 \text{ Mpa} \text{ OK}$$

Crushing above pin

$$e_{min} = \sqrt{\frac{F_t * D_h}{1.67 * 201 * t}} = 138.4 \text{ mm} < 210 \text{ mm} \text{ OK}$$

Shear failure

$$f_v = \frac{5 * F_t}{t * l_1} = 114.3 \text{ N/mm}^2 < F_v = 0.4 * 335 \text{ Mpa} \text{ OK}$$

Minimum thickness lug

$$t_{min} = 25 * D_h = 33.5 \text{ mm} < 50 \text{ mm} \text{ OK}$$

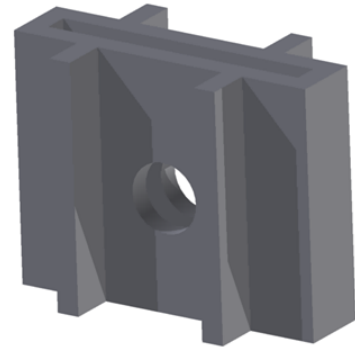
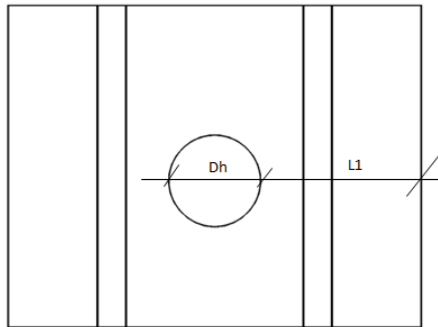
P0 (pin/hole) pressing according to "Hertz"

$$P_0 = 418 * \sqrt{\frac{F_t * 1.44 * E}{D_h / 2 * D_p / 2 * l}} = 749.5 \text{ N/mm}^2 < 1050 \text{ N/mm}^2 \text{ OK}$$

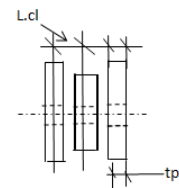
Bijlage afbeelding 17: Controleberekening tail lug bij 45 graden



Tail lug insert calculation



Diameter pin	=	Dp	=	150 mm
Kracht op pin inc 1.8	=	Fres	=	2750 kN
	=	L1	=	223 mm
	=	L.cl	=	50 mm
Dikte plaat	=	t	=	40 mm
Stekte plaat	=	Fy,plate	=	335 N/mm2
Diameter gat	=	Dh	=	154 mm



Checking pin

Steel: S355J2	=	150 mm	=	295 Mpa
---------------	---	--------	---	---------

Bending

$M = F_{res} / 2 * L.cl$	=	68750000 Nmm		
$F_b = M / W_b$	=	207.5 N/mm2	<	221.1 Mpa
				OK

Shear:

$F_v = 5 * F_{res} / A_{pin}$	=	77.8 N/mm2	<	118 Mpa
				OK

Checking plates:

Steel: S355J2	=	40 mm	=	335 Mpa
---------------	---	-------	---	---------

Tensile force on plate:

$F_t = F_{res} / 2$	=	1375 kN
---------------------	---	---------

Tension failure

$f_t = F_t / 2 * l$	=	77.1 N/mm2	<	201 N/mm2
				OK

Crushing above pin

$\epsilon_{min} = \sqrt{\frac{F_t * D_h}{1.67 * 201 * l}}$	=	125.6 mm	<	223 mm
				OK

Shear failure

$f_v = \frac{5 * F_t}{l * 12}$	=	77.1 N/mm2	<	134 N/mm2
				OK

Minimum thickness lug

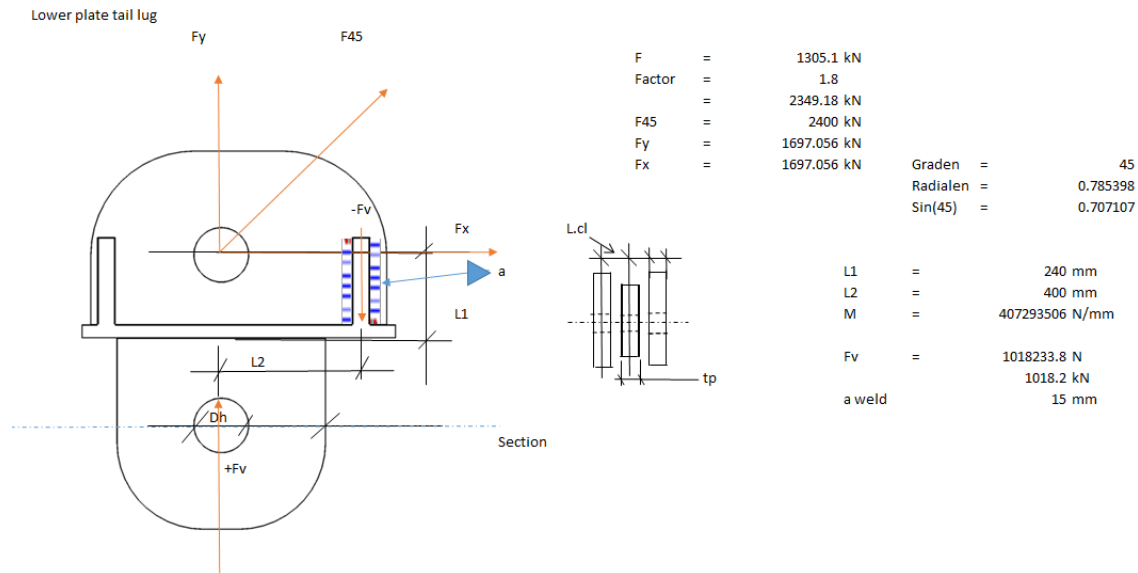
$t_{min} = 0.25 * D_h$	=	38.5 mm	<	40 mm
				OK

P0 (pin/hole) pressing according to "Hertz"

$P_0 = 418 * \sqrt{\frac{F_t * 1.44 * E}{D_h / 2 * D_p / 2 * l}}$	=	550.8 N/mm2		1050 N/mm2
				OK

Bijlage afbeelding 18: Controleberekening tail lug insert





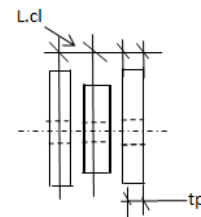
Check welds Plaat - Fv

WELDS	2 *	250 =	500 L weld	
f _v	=	1018234 /	500 *	a
		<		
0.4 *		355 =	142 N/mm ²	OK
f _v	=	1018234 /	7500 =	135.7645 N/mm ²

Versteving in I profiel

Checking pin Fv+ totaal: = 1697.056 + 1018.2 = 2715.3

Diameter pin	=	Dp	=	150 mm
Kracht op pin inc 1.8	=	Fres	=	2715.3 kN
	=	L1	=	218 mm
	=	L.cl	=	50 mm
Dikte plaat	=	t	=	50 mm
Stekte plaat	=	Fy,plate	=	335 N/mm ²
Diameter gat	=	Dh	=	154 mm



Checking pin
Steel: S355J2 = 150 mm = 295 Mpa

Bending
 $M = F_{res} / 2 * L.cl$ = 67882251 Nmm

$F_b = M / W_b$ = 204.9 N/mm² < 221.1 Mpa OK

Shear:
 $F_v = 5 * F_{res} / A_{pin}$ = 76.8 N/mm² < 118 Mpa OK

Bijlage afbeelding 19: Controleberekening las en pen bij 45 graden



Checking plate:

Steel: S355J2 = 50 mm = 335 Mpa

Tensile force on plate:
 $F_t = F_{res}$ = 2715.3 kN

Tension failure

$f_t = F_t / (2 * l)$ = 124.6 N/mm² < $F_{bx} = 0.6 * 295$ Mpa
OK

Crushing above pin

$e_{min} = \sqrt{\frac{F_t * D_h}{1.67 * 201 * l}}$ = 75.6 mm < 218 mm OK

Shear failure

$f_v = \frac{1.5 * F_t}{t * L_{cl}}$ = 124.6 N/mm² < $F_v = 0.4 * 335$ Mpa
OK

Minimum thickness lug

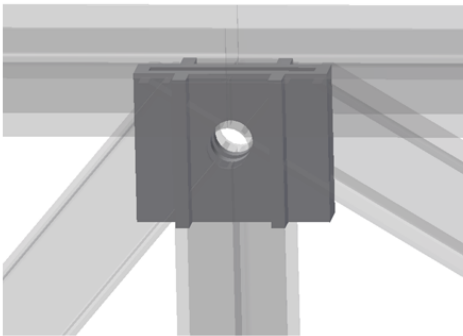
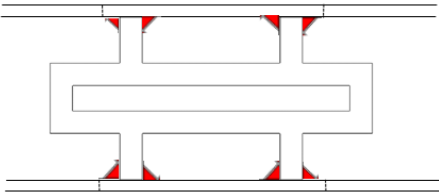
$t_{min} = 1.25 * D_h$ = 38.5 mm < 50 mm OK

Bijlage afbeelding 20: Controleberekening plaat onder bij 45 graden



Checking welds insert

$355 \cdot 0.4 = 142 \text{ N/mm}^2$



No. of welds = 8
Length of welds = 550

Capacity welds:
 $F_v = 142 \cdot 8 \cdot 550 \cdot \frac{12}{\sqrt{2}}$

$F_v = 5301.6 \text{ kN}$

Capacity HEB 400 flange
 $F_{\text{flange}} = 2 \cdot 300 \cdot 22.5 \cdot 0.6 \cdot 355$

$F_{\text{flange}} = 2875.5 \text{ kN}$

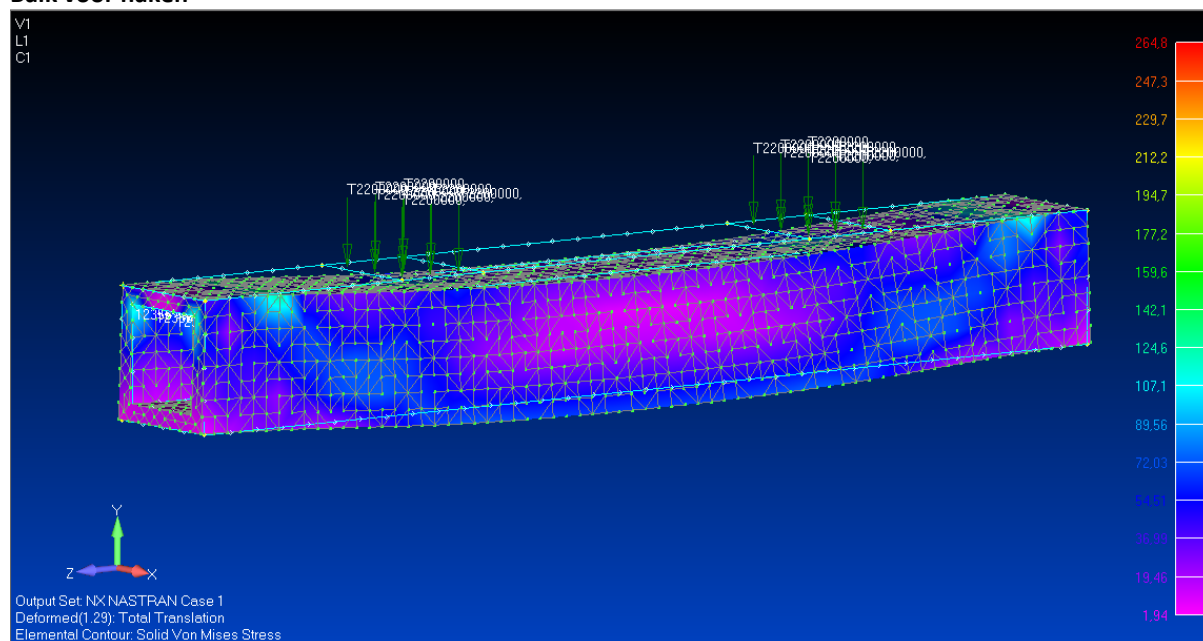
Smallest = 2875.5

$F_{\text{max}} = 2715.3 \text{ kN} \quad \text{OK}$

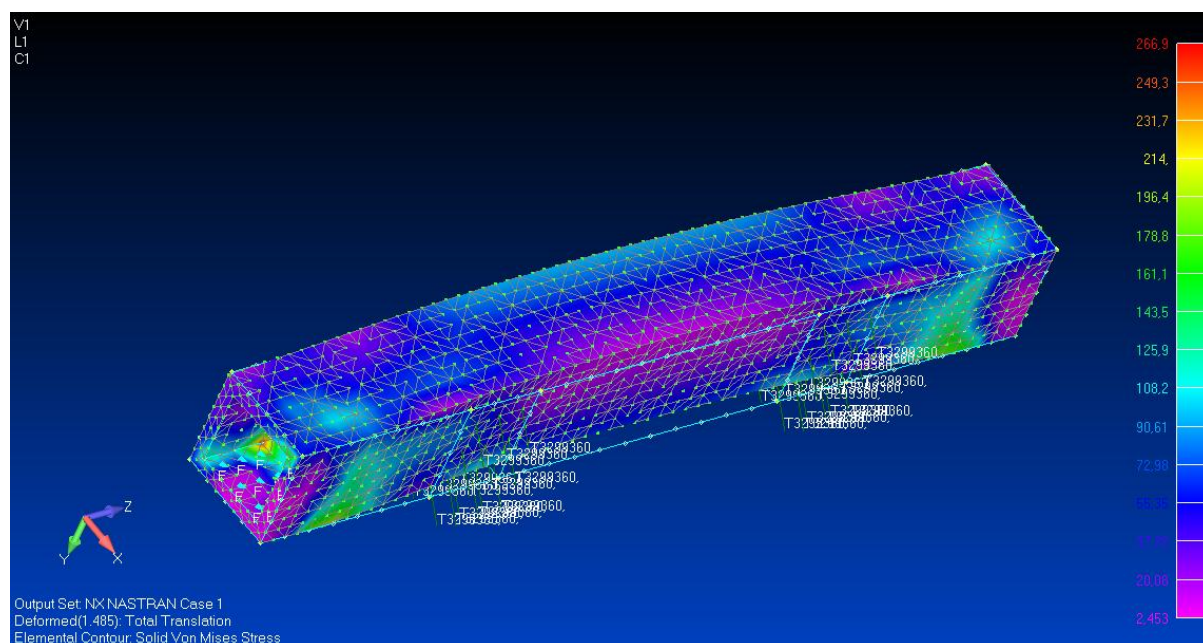
Bijlage afbeelding 21: Controleberekening lassen van insert



Balk voor haken



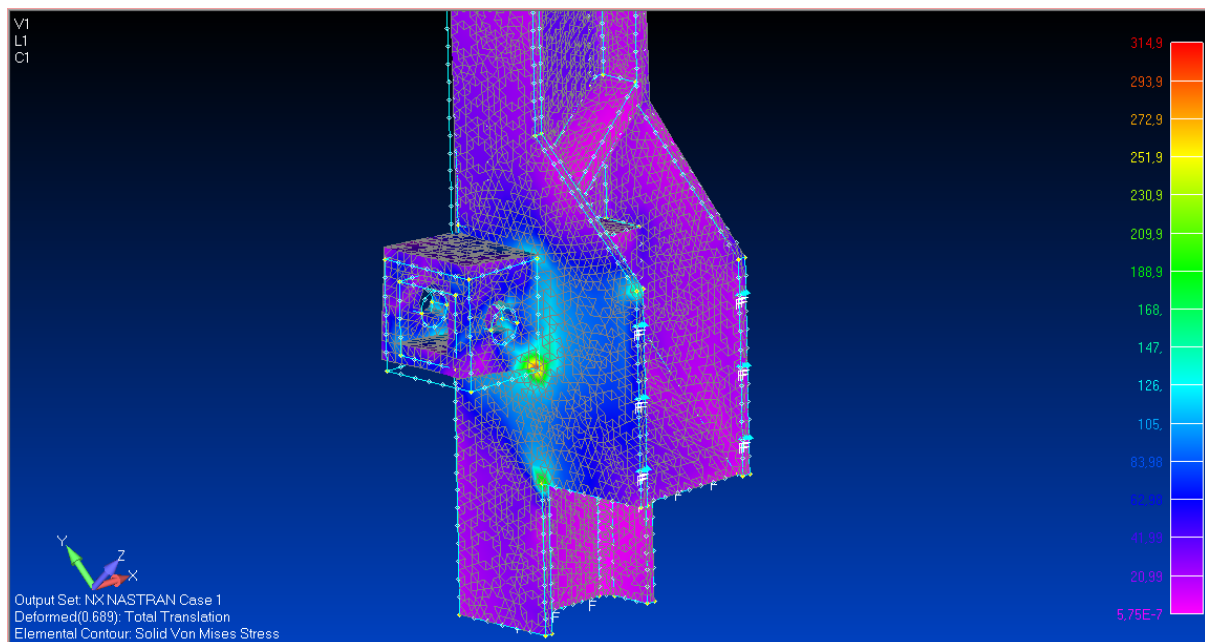
Bijlage afbeelding 22: Spanningen in balk voor haken horizontaal



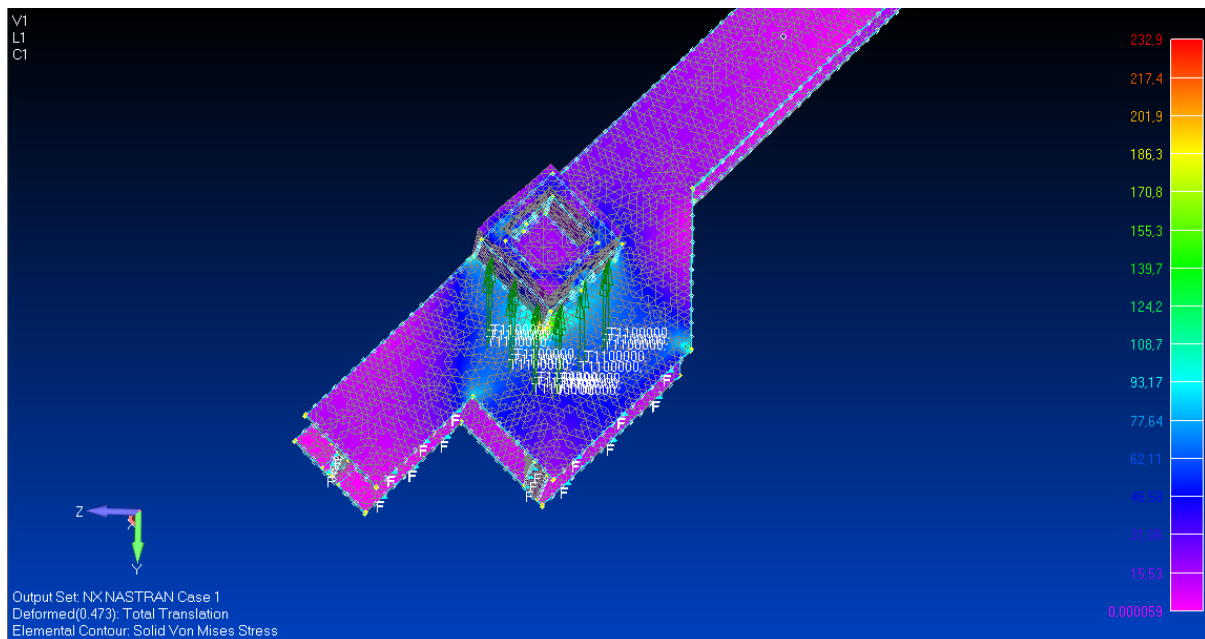
Bijlage afbeelding 23: Spanningen in balk voor haken bij 45 graden



Verbindingspunt



Bijlage afbeelding 24: Spanning in verbindingspunt bij horizontaal hijsen



Bijlage afbeelding 25: Spanning in verbindingspunt bij 45 graden



III. Afwegingen transportframe's

In dit hoofdstuk zijn de mogelijkheden voor het transportframe en de hijsbalk uitgewerkt.

Overwegingen

Universeel transportframe

Dit principe valt of staat met en het demontabel maken van het frame. Een universeel frame is zwaarder en groter dan het huidige frame. Om dit te hergebruiken moeten de kosten voor het transporteren laag genoeg zijn. In dat geval is het niet nodig om nieuwe transportframes te fabriceren. Dit betekent dat het frame demontabel dient te zijn. Afbeelding x weergeeft een korte rekensom voor de Temple en Port de Barcelona projecten. Hier is vanuit gegaan dat een frame terug getransporteerd kan worden in een container. Er is alleen gekeken naar extra transportkosten ten gevolge van de toename van het volume en de transportkosten voor het terug transporteren van de frames.

Port de barcelona		Frame maat in mm							
Frame	A	L	H	B		Volume totaal	Gewicht totaal	Grootste:	Kosten transport per schip
Box1	3	27200	4098	2375		264.7 m3	107.9 ton	264.7	\$ 142954.6
Box2	3	25670	4121	2425		256.5 m3	150.0 ton	256.5	\$ 138526.9
Box4	3	25650	4098	2375		249.6 m3	140.4 ton	249.6	\$ 134808.3
Box5	3	25710	4098	2375		250.2 m3	140.3 ton	250.2	\$ 135123.7
Box6	3	25270	4121	2660		277.0 m3	176.0 ton	277.0	\$ 149583.3
Totaal:									\$ 700996.8
Temple		Frame maat in mm							
Frame	A	L	H	B		Volume totaal	Gewicht totaal	Grootste:	Kosten transport per schip
Box1	2	27809	4098	1680		191.5 m3	48.8 ton	191.5	\$ 68923.78
Box2	2	27709	4098	1680		190.8 m3	56.3 ton	190.8	\$ 68675.94
Box3	2	27260	4098	3090		345.2 m3	128.8 ton	345.2	\$ 124267.9
Box4	2	27860	4121	2880		330.7 m3	163.9 ton	330.7	\$ 119036.1
Box5	2	27760	4121	2880		329.5 m3	190.2 ton	329.5	\$ 118608.8
Totaal:									\$ 499512.5
Bij een universeel transportframe:									
Grootste frame:		345.2 m3		x	180 =	62133.93 Per bundel			
Geeft bij universeel frame:									
Totaal transport kosten per schip Port de Barcelona						Totaal transportkosten per schip Temple			
= Kosten verschepen grootste frame x						Aantal bundels			
\$ 932008.9						\$ 621339.3			
Verschil taylor made frames:				\$ 231012.1		Verschil taylor made frames: \$ #####			
Transport terug naar fabriek:									
Totaal transport kosten terug naar fabriek per schip Port de Barcelona						Totaal transportkosten terug naar fabriek per schip Temple			
= Aantal bundels x kosten per container						= 10 x 2500 = 25000 \$			
= 15 x 2500 = 37500 \$									
Verschil tussen fabricage kosten en extra kosten Port de Barcelona						Verschil tussen fabricage kosten en extra kosten Temple			
Totaal fabricagekosten transport frames - Extra kosten transport						162324 - 146826.7 = \$ -15497.3			
195940 - 268512.1 = \$ -72572.1									

Figuur 1: Berekening kosten universeel transportframe

Het universele transportframe is geen rendabele oplossing omdat de variabelen tussen de bundels te groot zijn. Het is niet mogelijk om een zodanig variabel frame met dezelfde functies te ontwikkelen. Dat de grote en kleine bundels passen, zonder een grote toename in volume voor de kleinere bundels. Gevolg hiervan zou dus zijn dat de transportkosten zouden stijgen. Daarnaast zal het frame zwaarder worden dan het huidige transport frame, wat ook voor hogere transport en fabricagekosten zal leiden. Ook zijn er extra handelingen nodig om het frame te monteren en demonteren. De doorlooptijd en dus ook de kosten zouden hoger uitvallen.

Combinatieframe.

Een combinatie tussen het transportframe, strongback en hijsbalk is mogelijk en scheelt in doorlooptijd op de site en het transport van een losse strongback. Het gewicht en volume van het combinatieframe ligt door de benodigde stijfheid voor het kantelen echter een stuk hoger dan van een enkel transportframe. Met een combinatie frame per bundel is het totaalgewicht van alle combinatieframes hoger dan de losse transportframes en een enkele strongback en hijsbalk. Dit betekent dat de fabricage en transportkosten hoger zullen zijn dan in de huidige situatie. Ook is het niet meer mogelijk om de combinatieframes te hergebruiken, door de variabelen in de bundels. Iets wat soms wel rendabel is bij een strongback, top hijs frame en hijsbalk.



Bundeltransport verticaal

Uit eerder onderzoek voor CIP13 is gebleken dat de bundels het meest efficiënt in de hoogte van het schip geplaatst kunnen worden. Met breedte van de bundel variërend van ± 3.1 meter tot ± 4.2 meter en hoogte van ± 1 tot ± 2.7 meter, past de bundel in de breedte het best onder het dek van 4.5m hoog. De lengte van de harpen inclusief headers is 21.8m.

Omdat de losse harpen met een lichter frame in het schip geplaatst kunnen worden, en enkele concurrenten zonder transportframe transporteren. Is er gekeken naar de mogelijkheid om dit ook te doen met de bundels. Door enkele draagbalken onder de bundel te steken, kan deze gehesen worden door middel van een andere hijs frame. De bundels moeten dan wel net als de losse harpen in verband met stabiliteit en vastzetten tijdens het transport met de headers horizontaal vervoerd worden. Ook is het nodig om verticale support te geven voor tijdens het transport. Dit moet dus bereikt worden door hier ook profielen met een verbinding boven te plaatsen.

Door de toename van het oppervlakte dat nodig is in het schip is gekeken of dit een rendabele oplossing is. In afbeelding 2 staat de toename van het oppervlak voor twee projecten.

Port de barcelona					Maat in mm		Headers verticaal		Headers horizontaal		Toename oppervlakte per bundel	
Frame	A	L	H	B			A1		A2		%	
Box1	3	27200	4098	2375			64.6 m2		111.5 m2		73	
Box2	3	25670	4121	2425			62.2 m2		105.8 m2		70	
Box4	3	25650	4098	2375			60.9 m2		105.1 m2		73	
Box5	3	25710	4098	2375			61.1 m2		105.4 m2		73	
Box6	3	25270	4121	2660			67.2 m2		104.1 m2		55	
Temple					Maat in mm		Headers verticaal		Headers horizontaal		Toename oppervlakte per bundel	
Frame	L	H	B				A1		A2		%	
Box1	2	27809	4098	1680			46.7 m2		114.0 m2		144	
Box2	2	27709	4098	1680			46.6 m2		113.6 m2		144	
Box3	2	27260	4098	3090			84.2 m2		111.7 m2		33	
Box4	2	27860	4121	2880			80.2 m2		114.8 m2		43	
Box5	2	27760	4121	2880			79.9 m2		114.4 m2		43	

Figuur 2: Oppervlakte toename bij horizontaal transport

De afname in gewicht van het nieuwe transportframe moet opwegen tegen de toegenomen transportkosten, duurdere hijsbalk en strongback. De gewichtsbesparing bij Port de Barcelona komt uit tussen 16 en 22% zoals in afbeelding 3 duidelijk wordt. Dit is bepaald door te berekenen welke balken er nodig zijn in het nieuwe frame en hier het totaalgewicht van te nemen. Met transportkosten afhankelijk van de vulgraad van het schip is de huidige methode rendabeler.

	B. C. B.	H. C. B.	Top pipe	H.C.B.2	C300 H.R.B.	H100	H300	H250	H200	C300	114.3*12.5	139.7*6.3	L90*90	H100	133*12.5
Bundel 1	4042	1740	3542	1740	3542	7522		35.3	7.0	14.2	24.8	0	126.072	7.522	
Bundel 2	4124	1740	3624	1740	3624	7604	35.8	7.0		14.5		0	126.072	7.604	25.368
Bundel 4	4124	1960	3624	1960	3624	8044		36.7	7.8	14.5	25.4	0	127.392	8.044	
Bundel 5	4124	1960	3624	1960	3624	8044		36.7	7.8	14.5	25.4	0	127.392	8.044	
Bundel 6	4124	2400	3624	2400	3624	8924	38.5	7.0		14.5		0	130.032	8.924	25.368
17.20	PROFILE	H 100x100x6x8			Onder elke W.A.										
20.70	PIPE	B 139,7/6,3			L90*90*9 als lengteprofiel										
43.80	PROFILE	C 300x90x10x15.5													
12.20	PROFILE	L 90x90x9													
72.40	PROFILE	H 250x250x9x14													
33.10	PIPE	B 219,1/6,3													
3.77	PROFILE	L 50x50x5													
38.10	PROFILE	C 300x90x9x13													
49.90	PROFILE	H 200x200x8x12													
31.40	PIPE	B 114,3/12,5													
94.00	PROFILE	H 300x300x10x15													
37.10	PIPE	B 133/12,5													

Figuur 3: Gewicht frame voor horizontale bundels



IV. Gestandaardiseerd equipment hijsbedrijven



Door gebruik te maken van gestandaardiseerde equipment van lokale hijsbedrijven kan er bespaard worden op ontwerp, fabricage, certificering en transportkosten. De hijsbalk geleverd door NEM is een gereedschap dat als een gestandaardiseerd product geleverd zou kunnen worden. Waar NEM een vaste afstand op maat van de transport frames tussen de hijsogen hanteert, zijn er hijsbalken met een variabele lengte tussen de hijsogen. Na informeren bij enkele hijs bedrijven blijkt dat meerdere bedrijven hijsbalken in variabele lengtes verhuren. Het nadeel van de hijsbalken is dat de meeste twee hijspunten hebben en niet volledig variabel zijn. Deze balken worden naar de gewenste maat geassembleerd uit verschillende delen. Er bestaan ook volledig variabele hijsbalken met meerdere hijsbevestigingen, zo levert Gouda constructie B.V. bijvoorbeeld verschillende hijsbalken met variabele lengtes en meerdere hijspunten. Voor de toepassing van NEM heeft Gouda constructie B.V. echter geen gestandaardiseerd product.

Voor het kantelen van objecten heeft Barnhart een tilting frame en tri-block systeem. Het tilting frame rust in horizontale positie op een multiwheeler. Als de kraan aan de top zijde van het frame begint te hijsen rijdt de multiwheeler richting de kraan om de hijskabels verticaal te houden. Dit is vergelijkbaar met het principe dat NEM gebruikt om de modules te hijsen. De multiwheeler zorgt nu dat de kabel verticaal blijft, bij NEM doet de tweede kraan dit. Eenzelfde principe wordt bij Barnhart ook uitgevoerd met een modulaire hijsstoren en een slede.

Het Tri-block systeem maakt gebruik van een tweede lier. De kraan hijst aan twee punten op het hijsobject. Een variabele lengte tot een hijs punt wordt gerealiseerd door een insnoering met een blok op één van de hijspunten. Door met een tweede lier op de kraan de lengte van een van de kabels korter of langer te maken, is het mogelijk om de lading te kantelen.

Het andere equipment: het transport frame en top hijs frame van NEM hebben een product specifieke functie en maat. Het gebruik van gestandaardiseerd equipment van een bedrijf is in dit geval niet toepasbaar.



Competentieterugkoppeling

Competentieniveau's bij aanvang van de afstudeeropdracht

Taakrollen		onderzoeker	ontwerper	adviseur	beheerder	projectleider	ondernemer
Competentie set Werktuigbouwkunde & HBO Algemeen							
nr.	Competenties Werktuigbouwkunde						
1	Projectmanagement uitvoeren (organiseren, uitvoeren, verslag opstellen)	2					
2	Een onderzoeksopdracht uitvoeren	2					
3	Het kunnen opstellen van een productdefinitie, PVA en PVE voor een duurzaam product of proces						
4	Het realiseren van een functioneel duurzaam product of voortbrengingsproces						
5	Het realiseren van een detailontwerp voor een duurzaam product of voortbrengingsproces						
6	Het realiseren van een prototype/model van een duurzaam product of voortbrengingsproces						
7	Het voorbereiden van een voortbrengingsproces						
8	Het produceren van een duurzaam product						
9	Het beheren of onderhouden van een product of proces						
	Algemene HBO competenties						
10	Kritisch handelen (analytisch en probleemoplossend vermogen en het onderbouwen van keuzen, oordeelsvorming)						
11	Systematisch een probleem aanpakken (creatieve, plan- en projectmatige werkhouding)	2					
12	Samenwerken (sociaal communicatieve vaardigheden)						
13	Persoonlijke en professionele ontwikkeling						
14	zelfverantwoordelijk werken						



Competentieniveau's na de afstudeeropdracht

Taakrollen		onderzoeker	ontwerper	adviseur	beheerder	projectleider	ondernemer
Competentie set Werktuigbouwkunde & HBO Algemeen							
nr.	Competenties Werktuigbouwkunde						
1	Projectmanagement uitvoeren (organiseren, uitvoeren, verslag opstellen)	3					
2	Een onderzoeksopdracht uitvoeren	3					
3	Het kunnen opstellen van een productdefinitie, PVA en PVE voor een duurzaam product of proces						
4	Het realiseren van een functioneel duurzaam product of voortbrengingsproces						
5	Het realiseren van een detailontwerp voor een duurzaam product of voortbrengingsproces						
6	Het realiseren van een prototype/model van een duurzaam product of voortbrengingsproces						
7	Het voorbereiden van een voortbrengingsproces						
8	Het produceren van een duurzaam product						
9	Het beheren of onderhouden van een product of proces						
	Algemene HBO competenties						
10	Kritisch handelen (analytisch en probleemoplossend vermogen en het onderbouwen van keuzen, oordeelsvorming)						
11	Systematisch een probleem aanpakken (creatieve, plan- en projectmatige werkhouding)	3					
12	Samenwerken (sociaal communicatieve vaardigheden)						
13	Persoonlijke en professionele ontwikkeling						
14	zelfverantwoordelijk werken						



Projectmanagement uitvoeren

Ik ben tijdens het afstuderen sterk gegroeid in mijn verslaglegging, de verslagen zijn overzichtelijker, korter en professioneler.

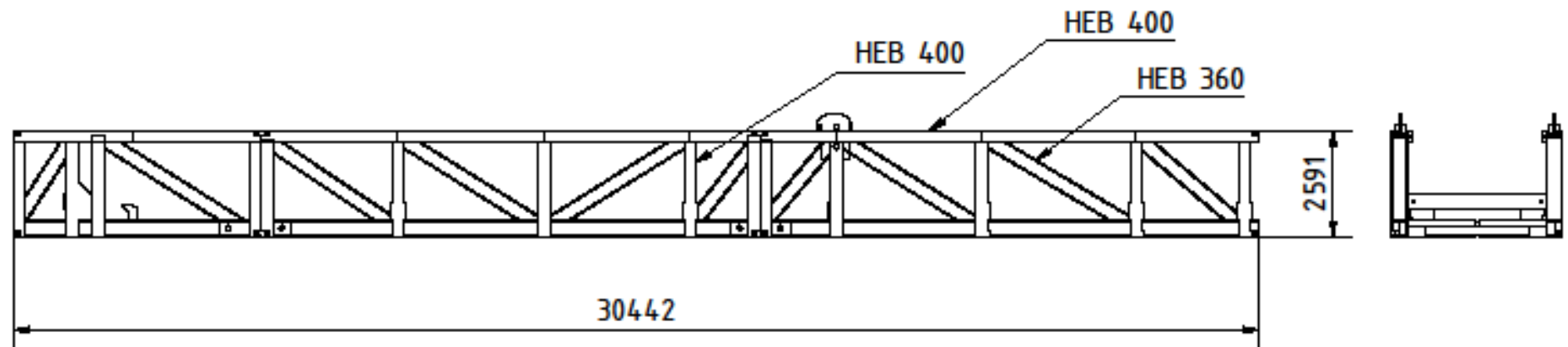
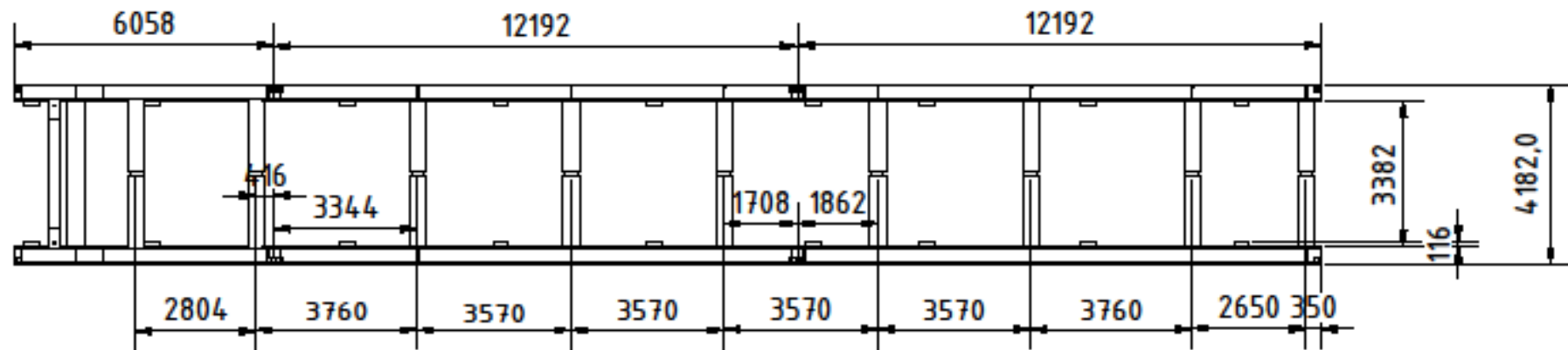
Een onderzoeksopdracht uitvoeren

De opdracht voor NEM Energy b.v. is: *“Ontwerp een nieuw hijsequipment voor horizontale HRSG’s, dat concurrerender (ofwel goedkoper) is. Per project nu ongeveer 300 K euro aan kosten; is dit te halveren?”*
Om een goedkoper ontwerp te realiseren is er eerst onderzoek gedaan naar de mogelijke oplossingen voor besparingen op het equipment. Omdat er veel aspecten bij het hijs en transportequipment zijn komen kijken was dit onderzoek groter dan verwacht. Hierdoor ben ik wel vooruit gegaan in het uitvoeren van een onderzoeksopdracht.

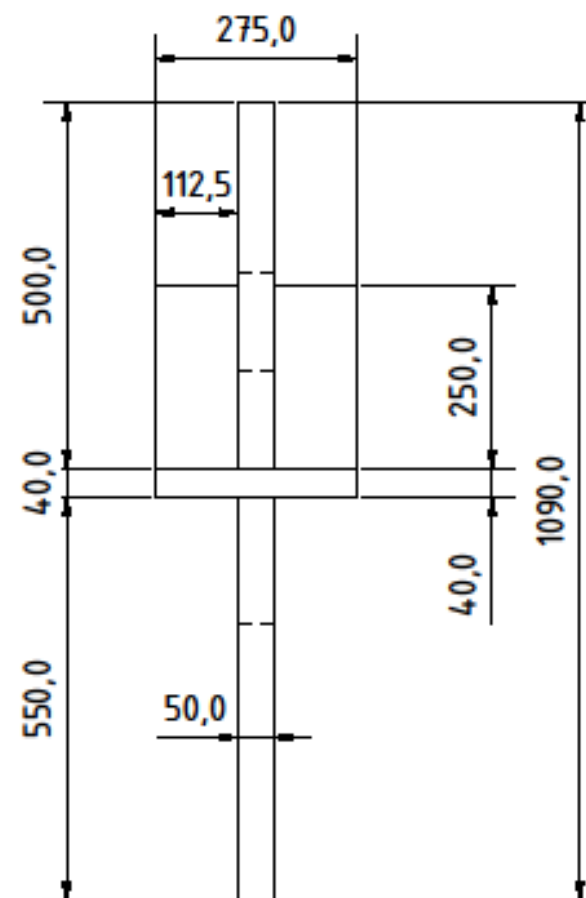
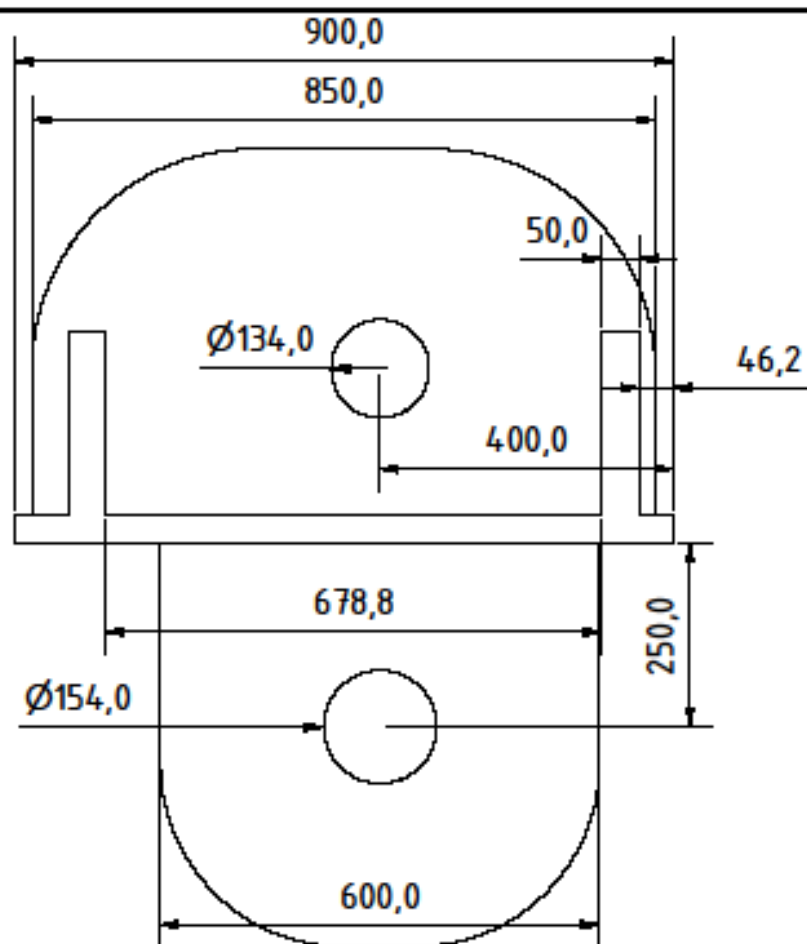
Systematisch een probleem aanpakken

Nadat het onderzoek in de verschillende mogelijkheden afgerond was. Is er gekeken naar verschillende oplossingen voor het kostenprobleem en de overige problemen bij het transporteren en hijsen van de bundels. Door middel van methodisch ontwerpen, is er een voorstel voor een nieuwe strongback tot stand gekomen. Bij aanvang van het afstuderen was het uitwerken en oplossen van problemen op een goed methode een van punten waar verbetering in mogelijk was. Tijdens mijn afstudeertraject ben ik hier beter in geworden.

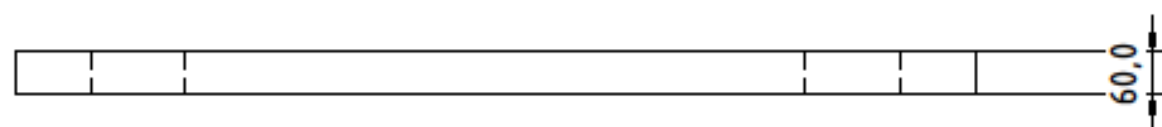
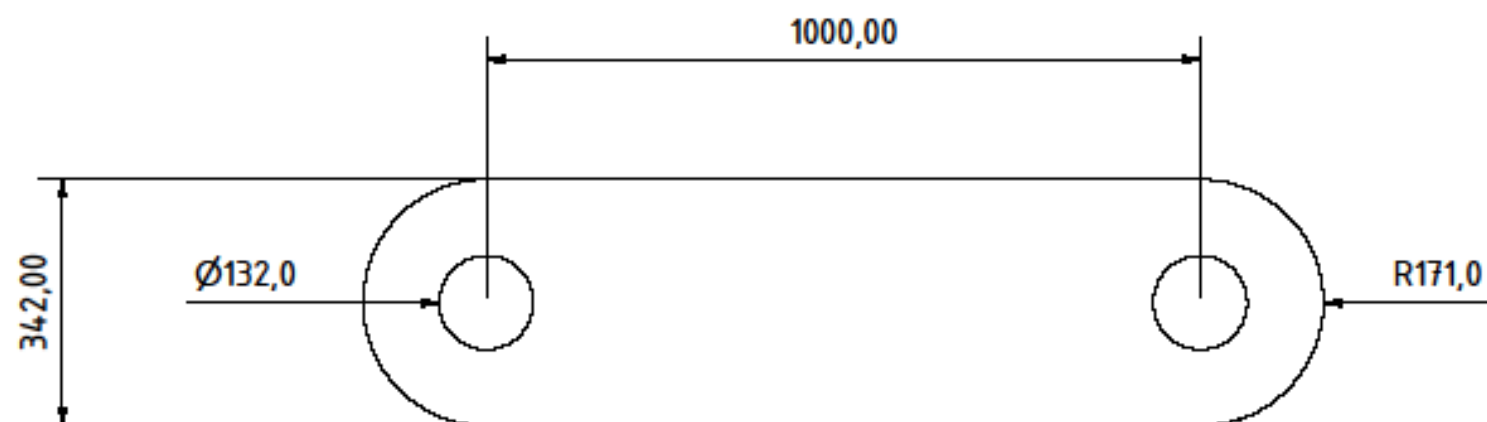




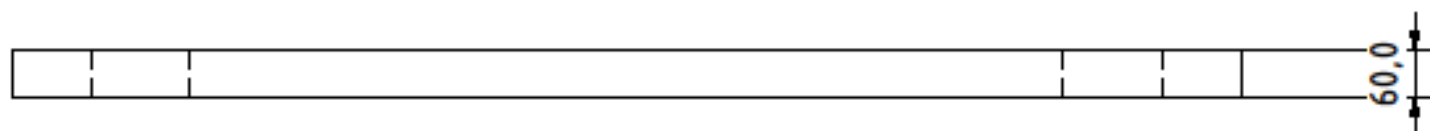
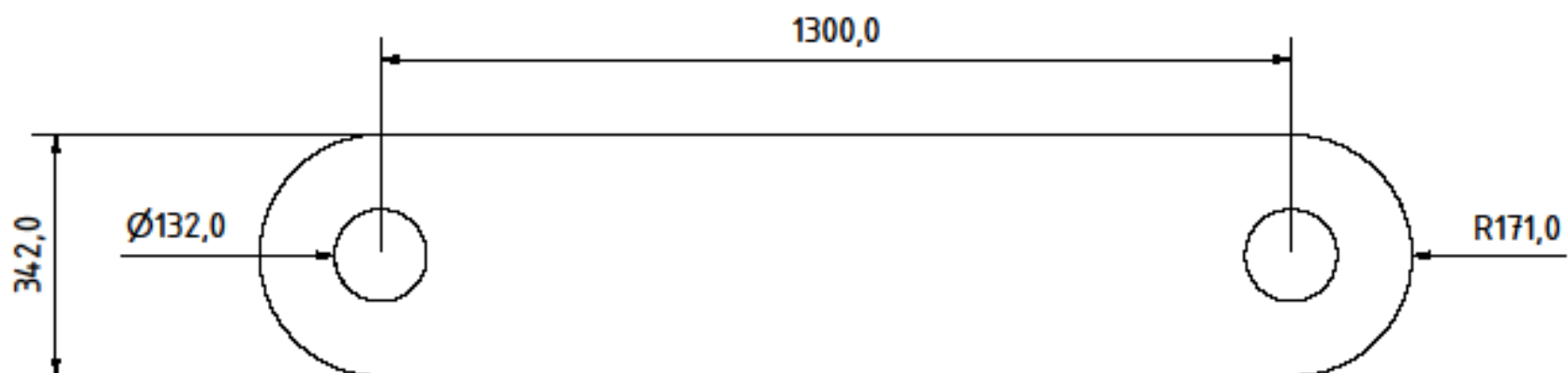
				Date	Name	Strongback		
				Drawn	19-3-2015			Wiebe
				Checked				
				Standard				
						Scale 1:150		
						2		
						A4		
State	Changes	Date	Name					



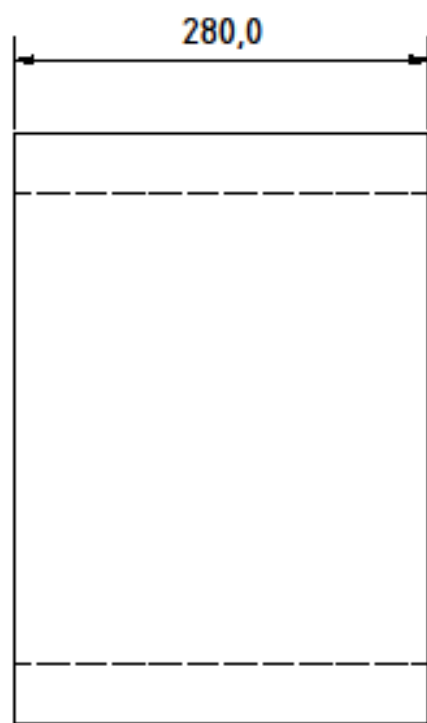
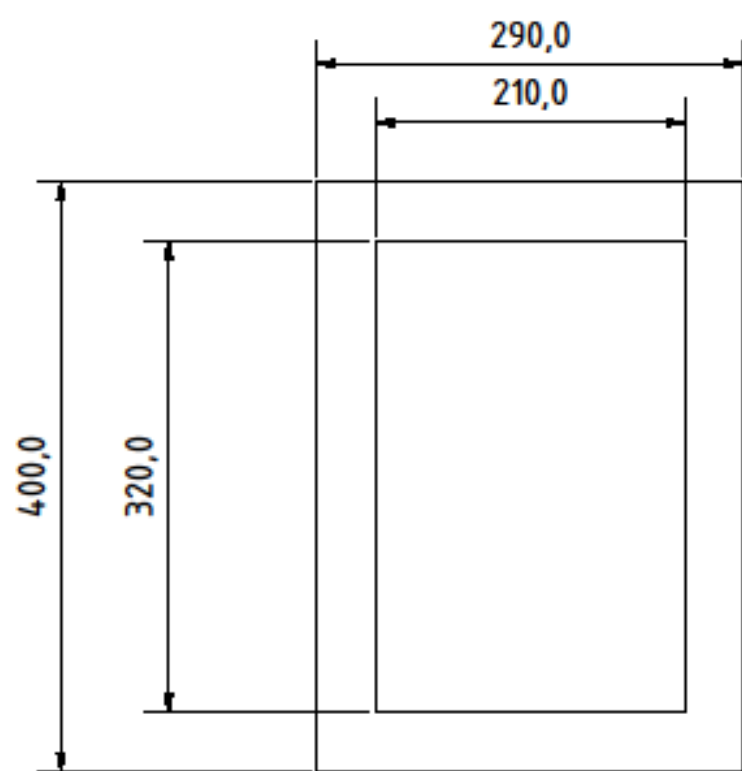
				Date	Name	Tail lug				
				Drawn	19-3-2015					Wiebe
				Checked						
				Standard						
							Scale 1:10			2X
										A4
State	Changes	Date	Name							



					Date	Name	Connecting plate 1-2
				Drawn	19-3-2015	Wiebe	
				Checked			
				Standard			
							Scale 1:10
							4X
							A4
State	Changes	Date	Name				

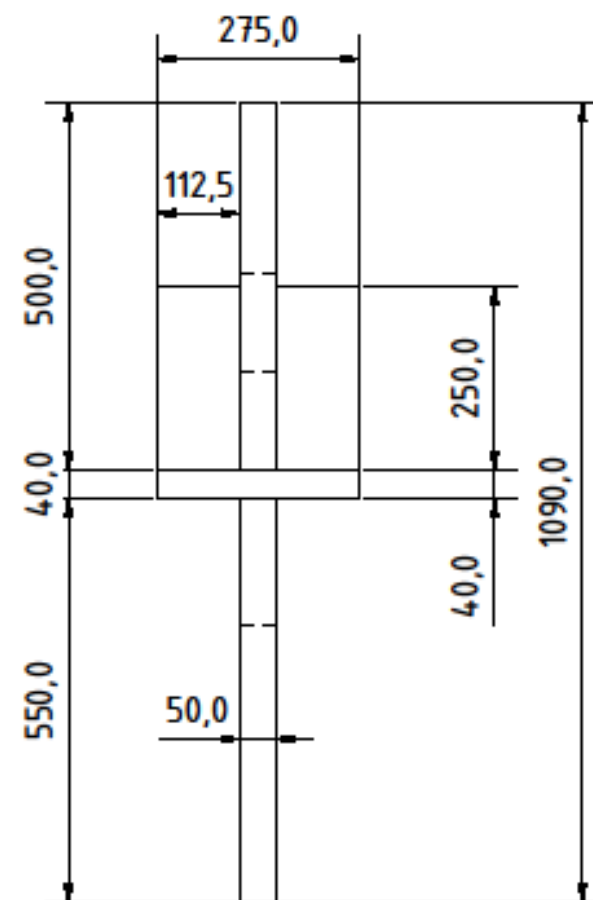
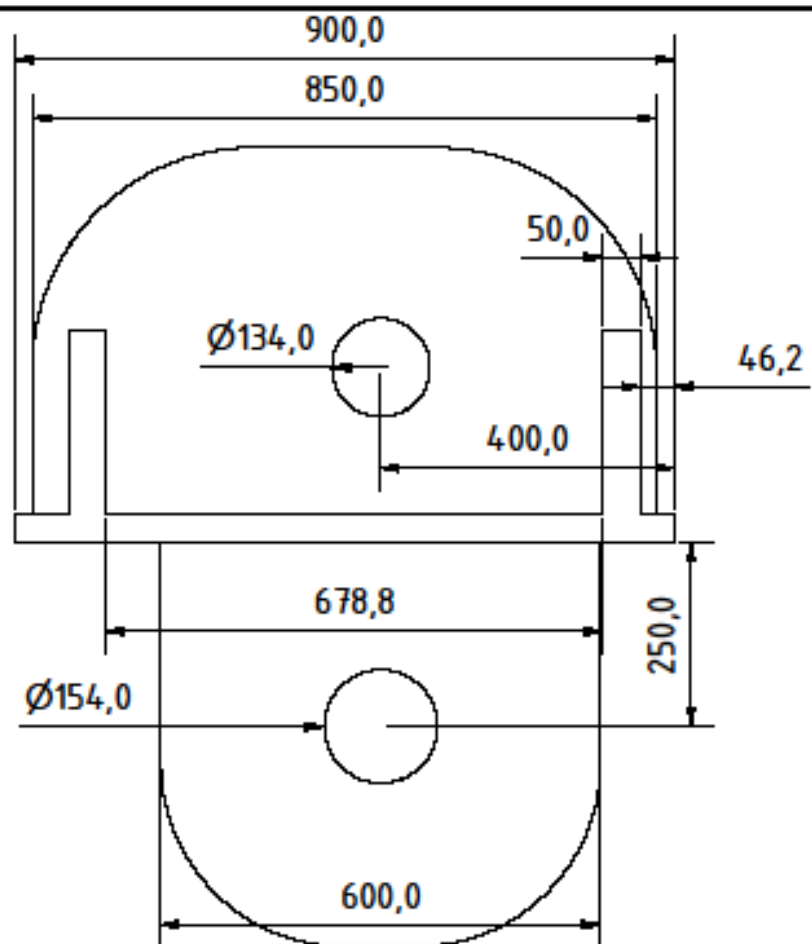


				Date	Name	Connecting plate 2-3		
				Drawn	19-3-2015			Wiebe
				Checked				
				Standard				
						Scale 1:10		4X
								A4
State	Changes	Date	Name					

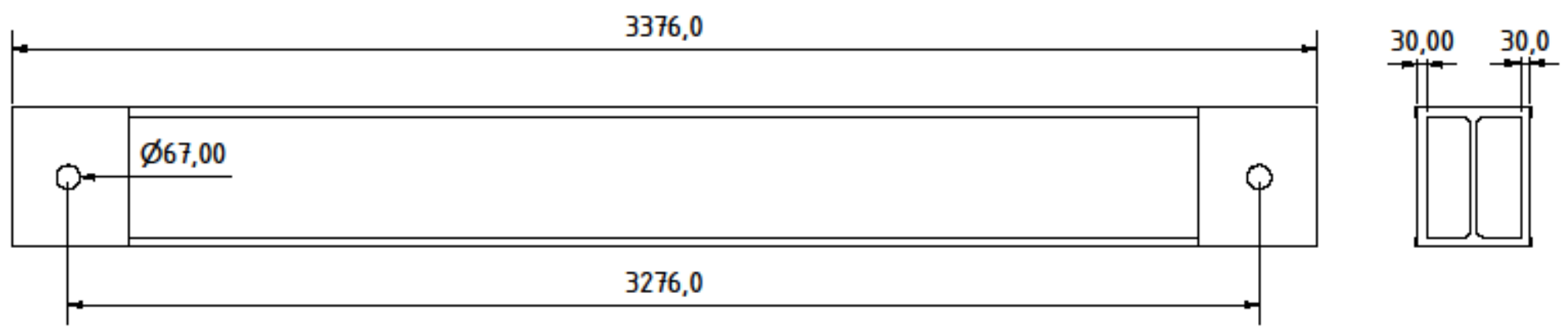
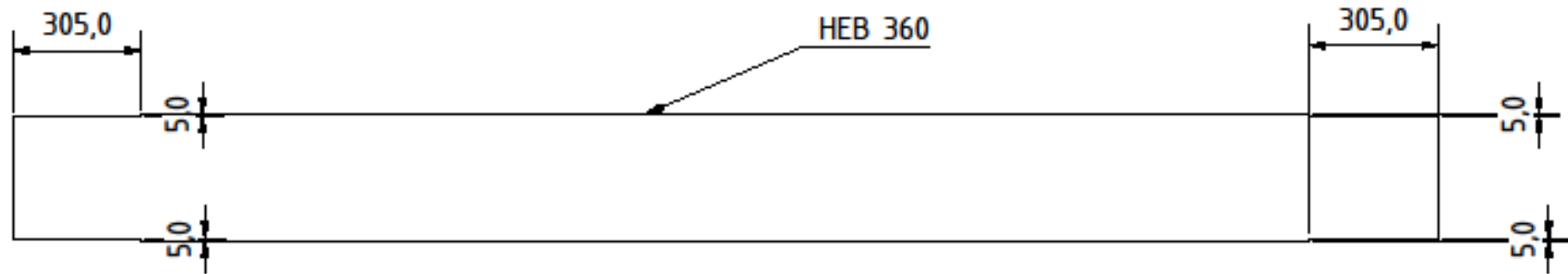


					Date	Name		Insert block	
				Drawn	19-3-2015	Wiebe			
				Checked					
				Standard					
						Scale 1:20		8X	
								A4	
State	Changes	Date	Name						





				Date	Name	Tail lug		
				Drawn	19-3-2015			Wiebe
				Checked				
				Standard				
						Scale 1:10		
						2X		
						A4		
State	Changes	Date	Name					



					Date	Name	Width connection insert beam			
				Drawn	19-3-2015	Wiebe				
				Checked						
				Standard						
								Scale 1:15		
								10x		
								A4		
State	Changes	Date	Name							

