

Afstudeerverslag

Constructie uit plaat of profiel?

Jeremy Driehuijs 09002723

Bedrijfsbegeleider: Gertjan Vermaas
Arnold Rodenburg

Afstudeercoach: E.F. Erdurcan

Datum: 6-6-2013

Titel: Constructie uit plaat of profielen?
Vakgebied: Werktuigbouwkunde: Ontwerpen/Construeren
Opdracht: Afstuderen - HBO niveau

Omschrijving:

Tensioners worden opgebouwd uit profielen. De machine bestaat uit een frame waarbinnen de trackbodies bewegen. Lieren worden opgebouwd uit staalplaat. Het frame van machine bestaat uit platen met verstijvingen. Bij zwaar belaste lieren wordt het frame samengebouwd tot een 'doosconstructie'.

Als constructies groter in afmeting worden dan is de keuze voor profielen op basis van ronde buis of rechthoekige (samengestelde) koker economisch aantrekkelijker. Bij projecten wordt er nauwelijks een afweging gemaakt of een plaatconstructie of toch een open frame moet worden gekozen.

Het doel is het omslagpunt te bepalen tussen plaatconstructie of een frame op basis van profielen (vakwerkconstructie). Een analyse van de verschillende methoden van construeren met plaat of profielen is een eerste start van de opdracht.

Daarna wordt een redesign uitgevoerd op de frames voor (meet)schijven voor een recent geleverd project. Meetschijven zijn een belangrijk onderdeel van de systemen die SAS levert. Een geoptimaliseerde constructie is dus gewenst waarbij het omslagpunt een praktisch hulpmiddel kan zijn.

De opdracht wordt afgesloten met een kennisdocument waarin constructieregels zijn opgenomen voor het construeren met plaat en met buis. De theorie om het omslagpunt te bepalen is op een praktische manier vertaald en voor iedere constructeur bruikbaar. Tot slot is de theorie praktisch toegepast in een herontwerp van een veelgebruikte constructie.

Bedrijfscoach G. Vermaas:



Afstudeerder J. Driehuijs:



Voorwoord

Dit rapport is geschreven voor de afstudeeropdracht die is uitgevoerd bij SAS Offshore BV, met betrekking tot het vinden van een omslagpunt tussen een constructie uit plaat of profiel.

Als vierdejaarsstudent is het afstuderen ervoor om te bewijzen dat de student de opleiding met succes heeft doorlopen. Hierbij dient een opdracht bij een door de student gekozen bedrijf zelfstandig te worden uitgevoerd.

Hierbij wil ik dhr. G. Vermaas en dhr. A. Rodenburg bedanken voor het geven van deze opdracht, en het meedenken tijdens het uitvoeren van de opdracht. Daarnaast wil ik ook dhr. E.F. Erdurcan bedanken voor het meedenken en begeleiden vanuit school.

Alphen aan den Rijn, Juni 2013

Inhoudsopgave

Voorwoord	2
Samenvatting.....	4
1. Inleiding	5
2. Bedrijfsomschrijving	6
3. Opdrachtsomschrijving	7
3.1. Probleemstelling.....	7
3.2. Doelstelling.....	7
4. Definitie van plaat en profiel.....	8
5. Hoofd- en deelvragen.....	9
6. Onderzoek naar platen en profielen	10
7. Kennis maken met SAS constructies	14
8. Onderzoek naar het omslagpunt.....	15
9. Excel document opstellen voor het bepalen van het omslagpunt.....	18
9.1. Uitleg van de berekening.....	18
9.2. Kosten.....	23
10. Het omslagpunt voor meetschijven	25
11. Redesign van de 25 ton meetschijf	28
12. Conclusie en aanbevelingen	30
Literatuurlijst	31

Samenvatting

Bij het ontwerpen van een lier wordt er bijna nooit een keuze gemaakt tussen een constructie uit plaat of profiel. Een constructie blijft dus veelal uit platen bestaan, terwijl het voor grotere lieren misschien economisch voordeliger is om profielen toe te passen.

De opdracht die hieruit is ontstaan is om een omslagpunt op te stellen die de constructeur helpt bij de keuze tussen plaat of profiel. Hierbij moet worden gekeken naar de verschillende methoden van construeren met platen en profielen. Daarnaast wordt het onderzoek toegepast op een frame van een meetschijf van een recent geleverd project.

Dit rapport gaat in op de uitwerking van de opdracht. Hierbij wordt het volgende besproken:

- Definitie van plaat en profiel, een plaat is een A-frame of een doosconstructie en een buis is een vakwerk of een buisconstructie.
- Onderzoek naar plaat en profiel, platen worden gebruikt voor pure trek en pure afschuiving en profielen worden gebruikt voor buiging, torsie, druk en trekkrachten.
- Onderzoek naar de constructies van SAS, SAS maakt constructies die worden belast op krachten. SAS maakt deze constructies van de staalsoort S355.
- Onderzoek naar het omslagpunt, de volgende punten zijn meegenomen bij het bepalen van het omslagpunt:
 - Snij lengte/kosten
 - Engineer uren
 - Conserveren
 - Gewicht van de totale constructie
 - Las lengte/kosten
 - Productiemiddelen
 - Belasting (druk, trek, buiging)
 - Beschikbaar volume
- Het opstellen van het Excel document om het omslagpunt voor een constructie te kunnen bepalen, het "programma" wat gemaakt moet worden om het omslagpunt voor meerdere constructies te kunnen bepalen is gemaakt in Excel. De constructies zijn hierbij berekend op:
 - Doorbuiging
 - Knik
 - Spanning in het materiaal
 - Weerstandmoment tegen doorbuiging
- Het omslagpunt voor meetschijven, de omslagpunten voor verschillende meetschijven apart zijn wel te bepalen. Maar een algemeen omslagpunt voor meetschijven is niet te bepalen.

De conclusie van de uitgevoerde opdracht is dat er geen algemeen omslagpunt bepaald kan worden voor meetschijven. Dit komt omdat de omslagpunten van de verschillende meetschijven te ver uit elkaar liggen. Wel kan, door middel van het gemaakte Excel document, voor iedere constructie apart een omslagpunt worden bepaald of een keuze worden gemaakt tussen plaat of profiel.

1. Inleiding

Om een opleiding af te ronden moet er worden afgestudeerd. Dit wordt gedaan door bij een door de student uitgekozen bedrijf een opdracht uit te voeren. De opdracht moet aan een aantal eisen voldoen, en moet dan ook vooraf door de opleiding worden goedgekeurd.

Voor de opleiding werktuigbouwkunde wordt met afstuderen begonnen na drie en een half jaar studie. De periode van afstuderen waaruit dit rapport tot stand is gekomen, was van 11 februari 2013 tot en met 7 juni 2013. In deze periode is een opdracht bij het bedrijf SAS Offshore BV te Alphen aan de Rijn uitgevoerd.

Dit rapport gaat vooral in op de uitwerking van de opdracht. Daarnaast zijn ook een bedrijfsomschrijving, een opdrachtoomschrijving en de hoofd- en deelvragen te vinden in dit rapport.

2. Bedrijfsomschrijving

SAS Offshore BV te Alphen aan de Rijn is opgericht in 1896 en houdt zich bezig met het ontwerpen en produceren van klant specifieke machines voor de offshore, olie- en gasmarkt. SAS is nu de marktleider op het gebied van pijpleg installaties en lieren.

SAS heeft haar eigen productiefaciliteiten in Alphen aan den Rijn en in Gwangyang (Zuid-Korea). Deze faciliteiten zijn uitgerust voor het lassen, bewerken en monteren van alle installaties die door SAS zijn ontworpen. Daarnaast heeft SAS de capaciteit voor het testen van de installaties voordat ze worden verscheept.

SAS is wereldwijd bekend voor aangepaste ontwerp, productie en levering van de volgende op maat gemaakte offshore installaties:

- Systemen voor pijpleidingen voor ondiep water
- Systemen voor pijpleidingen voor diep water
- Systemen voor flexibele leidingen
- Offshore lieren



Figuur 1: Tensioner



Figuur 2: Tractielier



Figuur 3: Storage lier

3. Opdrachtomschrijving

In dit hoofdstuk wordt de opdracht die is uitgevoerd toegelicht. De opdrachtomschrijving zoals deze is ontvangen van SAS is terug te vinden in bijlage I.

Lieren worden opgebouwd uit staalplaat. Het frame bestaat uit platen met verstijvingen. Bij zwaardere lieren wordt gewerkt met een “doosconstructie”, hierbij worden de platen samengebouwd tot een doosvorm.

3.1. Probleemstelling

Bij het ontwerpen van een lier wordt er bijna nooit een keuze gemaakt of er profielen of platen gebruikt moeten worden. Een constructie voor een lier wordt simpelweg opgeschaald en er wordt gecontroleerd of de constructie dan de spanningen aankunnen. De lieren worden steeds groter en groter, maar de constructie blijft dus bestaan uit platen. Bij grotere lieren is het misschien economisch voordeliger om profielen te gebruiken.

3.2. Doelstelling

Het doel van de opdracht is om het omslagpunt te bepalen tussen een constructie uit platen en een constructie uit profielen. Hierbij moet worden gekeken naar de verschillende methoden van construeren met platen en profielen. Dit omslagpunt kan met zowel economisch als met gewicht, sterkte of iets anders te maken hebben. Dit wordt tijdens het uitvoeren van de opdracht onderzocht.

Naast dat er naar de verschillende methoden van construeren wordt gekeken, wordt dit onderzoek toegepast op een product van SAS. Dit product zal een frame voor meetschijven van een recent geleverd project zijn. Meetschijven zijn een belangrijk onderdeel van de systemen die SAS levert. Een geoptimaliseerde constructie is dus gewenst waarbij het omslagpunt een praktisch hulpmiddel kan zijn.

4. Definitie van plaat en profiel

Om met het onderzoek naar platen en profielen te kunnen beginnen, moet eerst bekend zijn wat er onder plaat en wat er onder profiel wordt verstaan. Daarom wordt in dit hoofdstuk ingegaan op de definitie van plaat en van profiel.

De definitie van plaat

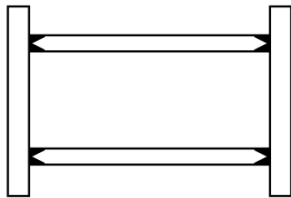
Een constructie uit plaat is een geheel dichte constructie, echter worden er vaak gaten in de plaatconstructie gemaakt om gewicht te besparen. Voorbeelden hiervan zijn:

- A frame



Figuur 4: A frame

- Doosconstructie

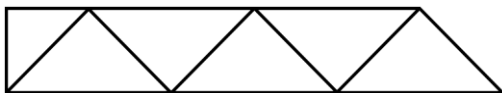


Figuur 5: Doosconstructie

De definitie van profiel

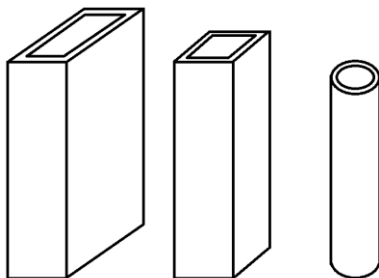
Een constructie uit profiel is altijd een open constructie, welke wordt gevormd met meerdere profielen. Voorbeelden hiervan zijn:

- Vakwerk (meerdere profielen samengevoegd tot een constructie)



Figuur 6: Vakwerkconstructie

- Buisprofiel (er worden meerdere buizen in één frame gebruikt, bijvoorbeeld vier poten met eventueel diagonalen tussen de poten)



Figuur 7: Buisprofiel

5. Hoofd- en deelvragen

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de hoofd- en deelvragen. Voor ieder onderzoek zijn de deelvragen gesplitst per onderzoek. De deelvragen zullen in de volgende hoofdstukken worden beantwoord.

Hoofdvraag

Moet een constructie worden geconstrueerd uit plaat of profiel?

Deelvragen

Onderzoek naar platen en profielen:

- Waarom worden platen gebruikt voor een constructie?
- Waarom worden profielen gebruikt voor een constructie?
- Wanneer worden platen gebruikt en wanneer worden profielen gebruikt?
- Wat is het verschil tussen platen en profielen met betrekking tot:
 - Verkrijgbaarheid?
 - Kosten?
 - Gewicht?

Kennis maken met SAS constructies:

- Wat voor constructies maakt SAS?
- Waar zijn de constructies van gemaakt?
 - Materiaalsoort?
 - Platen of profielen?
- Wat voor krachten werken er op de constructies?
 - Hoe groot zijn deze krachten?

Onderzoek naar het omslagpunt:

- Welke punten hebben invloed op het omslagpunt?
- Hoe zwaar wegen deze punten op het omslagpunt?
- Welke punten moeten wel en welke moeten niet worden meegenomen met het bepalen van het omslagpunt?

6. Onderzoek naar platen en profielen

In dit hoofdstuk worden de deelvragen, zoals deze zijn opgesteld, voor het onderzoek naar platen en profielen beantwoord.

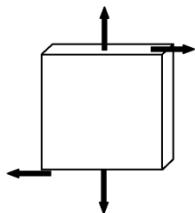
6.1. Waarom worden platen gebruikt?

Bij platen is het mogelijk om de constructie geheel (of gedeeltelijk) dicht te maken tot een zogenoemde doosconstructie (zie Figuur 8). Zo worden de onderdelen binnen in de constructie beter beschermd tegen materialen van buitenaf. Maar ook vormt een doosconstructie een afscherming voor bijvoorbeeld handen. Naast dat een doosconstructie een goede bescherming biedt, is een doosconstructie ook beter bestand tegen buiging dan een enkele plaat.



Figuur 8: Doosconstructie de Lorelay van Allseas

Daarnaast is het werken met plaat het beste als de plaat (of platen) alleen op pure trek en pure afschuiving worden belast (zie Figuur 9).



Figuur 9: Plaat op pure trek en pure afschuiving

6.2. Waarom worden profielen gebruikt?

Een profiel is veel beter te belasten op druk dan een plaat, want een plaat gaat bij een drukkracht veel sneller knikken dan een profiel. Een plaat is namelijk slap als deze loodrecht op zijn eigen vlak wordt belast. Ook kunnen gesloten profielen het best worden gebruikt bij torsie belastingen.

Daarnaast kunnen profielen worden samengevoegd tot een vakwerk (zie Figuur 10), waardoor torsie en buigbelastingen worden omgezet in trek en drukkrachten, wat veel beter is op te vangen. En door een vakwerk te gebruiken kan de wind geen vat krijgen op de constructie.



Figuur 10: Vakwerkkraan op de Tog Mor van Allseas

Wanneer een vakwerk en een plaat met hetzelfde materiaalverbruik worden gemaakt buigt een plaat bij lange lengtes meer door dan een vakwerk (zie hiervoor bijlage II).

Tenslotte kan ook de vormgeving van de constructie bepalen waarom er voor platen of voor profielen wordt gekozen.

6.3. Wanneer worden platen en profielen gebruikt?

Profielen worden voor buiging, torsie, druk- en trekkrachten gebruikt. Platen worden alleen voor trekkrachten gebruikt.

Platen worden voor kleine overspanningen gebruikt, en profielen worden voor grote overspanningen gebruikt (zie hiervoor de boeken van (Over)spannend staal).

6.4. Wat is het verschil tussen platen en profielen?

Om het verschil tussen plaat, vakwerk en buis goed te kunnen bepalen zijn er een aantal berekeningen gemaakt. Deze berekeningen zijn terug te vinden in bijlage II.

6.4.1. Verkrijgbaarheid

Zowel platen als profielen zijn goed verkrijgbaar. Na op internet (bij leveranciers van platen en profielen) het een en ander opgezocht te hebben. Is de conclusie dat platen en profielen allebei, met verschillende maten en bij verschillende bedrijven, op voorraad aanwezig zijn.

6.4.2. Kosten

De kosten bij een constructie zijn opgedeeld in:

- Ontwerpkosten:
 - Rekenkosten
 - Basic designkosten
 - Detail designkosten
- Materiaalkosten:
 - Kiloprijs
 - Snijkosten
- Fabricagekosten:
 - Fitkosten
 - Laskosten
 - Conserveerkosten
 - Certificaat/diploma van de lasser

Rekenkosten

Een eindige elementen berekening is zowel bij een plaatconstructie als bij een buisconstructie nodig. Verwacht wordt dat bij een plaatconstructie de berekening echter korter (en dus goedkoper) is, omdat er bij SAS meer ervaring is met platen en dit dus sneller gaat.

Basic designkosten

Er wordt verwacht dat het langer duurt om een buisconstructie te ontwerpen, omdat er (net zoals bij de rekenkosten) bij SAS meer ervaring is met platen.

Detail designkosten

Verwacht wordt dat het sneller gaat om een plaat uit te werken dan het uitwerken van een buis, omdat er bij SAS meer ervaring is met platen. Daarnaast zijn er bij buis ook diagonalen nodig, hierdoor dienen er meer elementen te worden uitgewerkt dan bij plaat.

Kiloprijs

Een buisconstructie is per kilo staal een stuk duurder dan een plaatconstructie.

Snijkosten

Een plaat moet zowel in de breedte als in de lengte worden gesneden, terwijl een buis alleen in de breedte (omtrek) hoeft te worden gesneden. Indien er bij een buis diagonalen gebruikt moeten worden, moet de diagonale buis ook onder een hoek worden gesneden. Tenzij er platen worden gebruikt om de diagonale buis aan de rechtopstaande buis te bevestigen, maar dan moeten deze platen uiteraard ook nog worden gesneden.

Fitkosten

De kosten voor het fitten van buizen zijn minder als de kosten voor het fitten van platen. Dit komt omdat bij platen rondom een aantal laspunten gezet moeten worden, en bij buis hoeft dit alleen aan de bovenzijde te gebeuren.

Laskosten

Een plaat moet in de breedte en in de lengte worden gelast en een buis hoeft alleen rond te worden gelast (alleen aan het uiteinde). Echter moet de eventuele diagonale buis ook aan de rechtopstaande buis worden gelast. Als dit met platen wordt gedaan moeten deze ook, aan zowel de diagonale buis als de rechtopstaande buis, worden gelast.

Conserveerkosten

De conserveerkosten worden berekend aan de hand van het buitenoppervlak van de constructie. Als een constructie groot is, zijn de platen ook groot, waardoor de conserveerkosten bij plaat hoog zijn. Bij een grote constructie uit buis zijn de conserveerkosten echter lager omdat een buis niet een hele omhullende constructie is en dus minder oppervlak heeft dan een plaat bij grote en hoge constructies.

Certificaat/diploma van de lasser

Een lasser dient een certificaat te hebben en deze dient iedere twee jaar verlengd te worden. Dit maakt niet uit of er plaat of dat er buis gelast moet worden.

Indien er hoek naad lassen gelast worden, kan van hetzelfde diploma gebruik worden gemaakt om zowel plaat als buis te kunnen lassen.

Moeten er echter stompe naad lassen gelast worden, dan dient de lasser voor het lassen van buizen een hoger diploma te hebben dan voor het lassen van platen. Een diploma voor het lassen van buizen ligt namelijk twee niveaus hoger dan het diploma voor het lassen van platen.

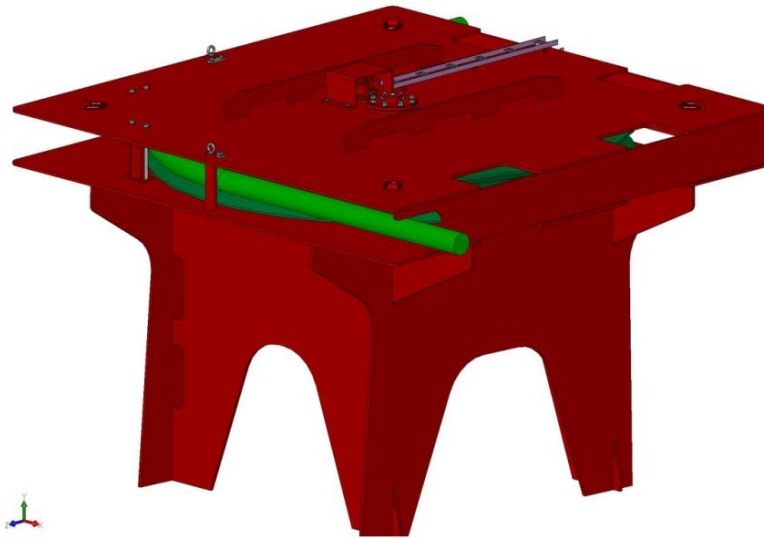
Een diploma is levenslang geldig.

6.4.3. Gewicht

Uit berekeningen is gebleken (zie hiervoor bijlage II, de doorbuiging bij hetzelfde gewicht is bij buis een stuk minder) dat een buisconstructie bij grote en hoge constructies veel lichter is dan een plaatconstructie. Echter bij kleine constructies zijn de platen lichter.

7. Kennis maken met SAS constructies

In dit hoofdstuk worden de deelvragen, zoals deze zijn opgesteld voor het kennis maken met SAS constructies, beantwoord. De deelvragen zijn beantwoord voor een constructie van een meetschijf. Een tekening van deze meetschijf is terug te vinden in bijlage III en in Figuur 11 is de meetschijf ook te zien.



Figuur 11: Meetschijf

7.1. Wat voor constructies maakt SAS?

SAS maakt constructies die vooral op krachten worden belast. De krachten zijn zowel druk- als trekkrachten, maar ook worden constructies belast op buiging.

7.2. Waar zijn de constructies van gemaakt?

SAS maakt het merendeel van de constructies uit platen.

De platen die de krachten moeten opvangen zijn gemaakt van staal. De staalsoort die hiervoor gebruikt wordt is S355.

7.3. Wat voor krachten werken er op de constructies?

In de kabel die om de meetschijf heen gaat, werkt een trekkracht. Deze kracht is 25 ton.

De kabel zorgt er daardoor voor dat er een buigkracht op de schijf komt te staan. Deze buigkracht is 36,36 ton. Dit is gelijk aan 347 kN.

Door de buigkracht die op de schijf werkt, treedt er aan de ene kant van de constructie een trekkracht op en aan de andere kant van de constructie treedt er een drukkracht op. De druk en trekkrachten ontstaan uit de reactiekrachten op het frame onder de meetschijf. De krachten op de platen zijn 25 ton. Dit is gelijk aan 246 kN.

8. Onderzoek naar het omslagpunt

In dit hoofdstuk worden de deelvragen, zoals deze zijn opgesteld voor het onderzoek naar het omslagpunt, beantwoord.

Voordat het omslagpunt bepaald kan worden, moet worden gekeken naar wat er allemaal invloed heeft op het omslagpunt. De punten die invloed hebben op het omslagpunt zijn (met weegfactor en met de keuze wel of niet mee te nemen met het bepalen van het omslagpunt) te zien in Tabel 1.

Punten die invloed hebben op het omslagpunt	Weeg-factor	Meenemen met het bepalen van het omslagpunt?	Buis t.o.v. plaat, m.b.t. het omslagpunt
Snij lengte/kosten	5	Ja	Een buis heeft bij hoge constructies een kortere snij lengte dan een plaat. Echter bij een lage constructie heeft plaat minder snij lengte.
Engineer uren	5	Ja	Buis heeft meer onderdelen, dus meer rekenwerk en meer tekenwerk.
Conserveren	4	Ja	Buis heeft minder oppervlak aan de buitenzijde, dus heeft minder kosten voor het conserveren.
Gewicht van de totale constructie	8	Ja	Het ligt aan de hoogte van de constructie of de buis of dat de plaat zwaarder is. Bij lage constructies is de buisconstructie iets zwaarder, maar bij hogere constructies is een plaat veel zwaarder.
Las lengte/kosten	6	Ja	De laslengte voor een plaat zijn bij lage constructies een stuk minder. Dit komt mede doordat er bij plaat inkepingen worden gemaakt om de laslengte korter te maken. Maar bij hogere constructies zijn de laslengte van plaat langer dan die van buis.
Fitkosten	3	Nee	n.v.t.
Cultuur van de branche	1	Nee	n.v.t.
Productiemiddelen	6	Ja	Voor plaat alles aanwezig. Voor buis ander lasapparatuur nodig? En een diploma voor de lasser?
Belasting (trek, druk, buiging)	7	Ja	Buis en plaat op trek. Buis op druk en buiging. Ligt ook aan de grootte van de constructie en de grootte van de kracht.
Standaardisatie	1	Nee	n.v.t.
Beschikbaar volume	8	Ja	Een buis is breder, dan de dikte van de plaat voor dezelfde constructie.
Transport	2	Nee	n.v.t.

Tabel 1: Invloed op het omslagpunt

8.1. Verantwoording van de weegfactoren

De verantwoording van de weegfactoren zijn onderverdeeld in de verschillende afdelingen binnen SAS. De verschillende afdelingen zijn: Inkoop, engineering, fabricage en gebruik.

Inkoop

Conserveren:

De hoeveelheid verf die nodig is om de constructie te beschermen heeft als weegfactor een vier gekregen. Dit is zo gekozen omdat de benodigde hoeveelheid verf wel belangrijk is, maar niet zo belangrijk als bijvoorbeeld de engineer uren of de snijkosten.

Transport:

Het transport van de constructie heeft als weegfactor een twee gekregen. Dit is zo gekozen omdat als een constructie vervoerd moet worden het goedkoper is als de constructie kleiner en lichter is. Echter is dit minder belangrijk voor het bepalen van het omslagpunt.

Engineering

Engineer uren:

De uren dat de engineers bezig zijn met het ontwerpen, tekenen en berekenen van de constructie heeft als weegfactor een vijf gekregen. Dit is zo gekozen omdat dit (net zoals bij de snijkosten) wel meer mag zijn. Echter moeten deze extra kosten dan ergens anders in het proces worden gecompenseerd. Daarom zijn de engineer uren net zo belangrijk als de snijkosten.

Belasting (trek, druk, buiging):

Het verschil tussen de verschillende belastingen heeft als weegfactor een zeven gekregen. Dit is zo gekozen omdat bijvoorbeeld een plaat niet goed op druk kan worden belast, maar een profiel daarentegen weer wel. Het is daarom een belangrijk punt om het omslagpunt te kunnen bepalen.

Standaardisatie:

Het standaardiseren van het tekenen van de constructie heeft als weegfactor een één gekregen. Dit is zo gekozen omdat dit samen met de cultuur van de branche het minst belangrijk is voor het bepalen van het omslagpunt.

Beschikbaar volume:

Het beschikbare volume waar de constructie moet komen heeft als weegfactor een acht gekregen. Dit is zo gekozen omdat de verschillende constructies misschien meer ruimte nodig hebben. Maar als dit niet kan met de beschikbare ruimte is de constructie dus ook niet mogelijk.

Fabricage

Snij lengte/kosten:

De kosten om de materialen zo te snijden dat deze tot de constructie samengevoegd kunnen worden heeft als weefactor een vijf gekregen. Dit is zo gekozen omdat de snijkosten wel hoger mogen zijn, maar dan moeten deze extra kosten wel door andere kosten worden gecompenseerd. Daarom is ervoor gekozen dat de snijkosten niet zwaarder moet wegen dan bijvoorbeeld de laskosten.

Las lengte/kosten:

De lengte van de lassen van de gehele constructie bij elkaar heeft als weefactor een zes gekregen. Dit is zo gekozen omdat het lang duurt om een las neer te leggen, en dus veel geld kost. Dus hoe korter de las hoe beter de kostprijs is.

Fitkosten:

Het aantal fitten per constructie heeft als weefactor een drie gekregen. Dit is zo gekozen omdat het fitten belangrijker is als bijvoorbeeld transport, maar niet belangrijker dan conserveren of snijkosten. Als er meer fitten nodig zijn dan is dit minder erg als dat er bijvoorbeeld meer laslengte nodig is.

Productiemiddelen:

De middelen om de constructie te kunnen produceren heeft als weefactor een zes gekregen. Dit is zo gekozen omdat dit een belangrijk punt is, want als de middelen niet aanwezig zijn om de constructie te produceren, kan het niet gemaakt worden. Maar ook is het niet net zo belangrijk als de eisen die de klant wil, want een productiemiddel kan altijd worden aangeschaft.

Gebruik

Gewicht van de totale constructie:

Het maximale gewicht die de totale constructie mag wegen heeft als weefactor een acht gekregen. Dit is zo gekozen omdat dit een belangrijke eis is die de opdrachtgever meestal opgeeft. Daarom heeft dit punt de hoogste weefactor gekregen.

Cultuur van de branche:

De cultuur van de branche heeft als weefactor een één gekregen. Dit is zo gekozen omdat dit het minst belangrijk is bij het bepalen van het omslagpunt.

8.2. Welke punten wel en welke punten niet meenemen met het bepalen van het omslagpunt?

Er is ervoor gekozen om tijdens het bepalen van het omslagpunt geen rekening te houden met de punten die een weefactor van één tot en met drie hebben gekregen. Dit is gedaan omdat deze punten niet heel erg belangrijk zijn met betrekking tot het omslagpunt.

9. Excel document opstellen voor het bepalen van het omslagpunt

Zoals in de opdracht is vermeld, moet er een algemeen omslagpunt komen voor constructies. Er kan dus niet worden uitgegaan van een bepaalde constructie om daar een omslagpunt voor te bepalen. Het idee van de opdracht is om een soort “programma” te maken, waarbij de constructeur een aantal gegevens moet invullen over de constructie en er met behulp van het “programma” een keuze gemaakt kan worden tussen plaat of profiel.

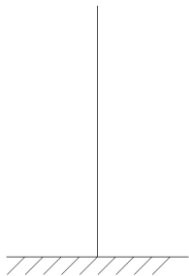
Er moet dus een algemene berekening gemaakt worden waarbij de constructeur enkele gegevens invult over de constructie. Uit de berekening moeten dan de kosten en het gewicht van de constructie komen, waarmee de constructeur de keuze tussen plaat of profiel kan maken.

Er is ervoor gekozen om het “programma” te maken in Excel. In Excel kan namelijk een aantal berekeningen worden ingevoerd, waarbij de gegevens over de constructie later ingevuld kunnen worden door de constructeur. Daarnaast kunnen in Excel ook grafieken worden gemaakt van hoe de constructie moet worden toegepast. Ook kunnen de berekeningen onzichtbaar worden gemaakt in Excel en kunnen alle cellen exclusief de invoercellen worden beveiligd, dit is zeer handig aangezien de constructeur dan niet per ongeluk over een formule heen kan schrijven.

9.1. Uitleg van de berekening

In deze paragraaf wordt de berekening die in het gemaakte Excel document is gezet uitgelegd. Met de berekening is voor plaatconstructie een doosconstructie gebruikt en voor een profielconstructie is een vakwerkconstructie en een buisconstructie gebruikt.

De berekening is opgesplitst in een ingeklemde constructie (zie Figuur 12) en een opgelegde constructie (zie Figuur 13).

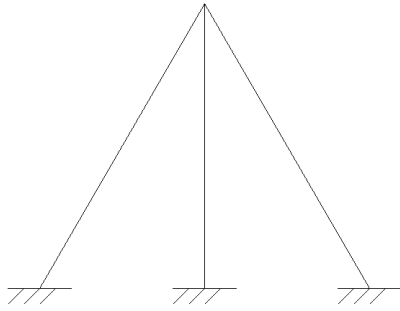


Figuur 12: Ingeklemde constructie



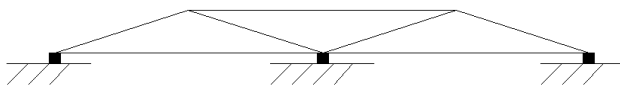
Figuur 13: Opgelegde constructie

De ingeklemde constructie is nog verder opgedeeld. Dit is gedaan omdat de buisconstructie anders wordt toegepast als er alleen een drukkracht of alleen een trekkracht op de constructie staat. Indien er alleen een trekkracht op de constructie staat wordt er maar één buis gebruikt en als er alleen een drukkracht op de constructie staat worden er drie buizen gebruikt (zie Figuur 14). Als er een buigkracht (eventueel in combinatie met een druk of een trekkracht) op de constructie staat worden er vier buizen als poten gebruikt en kan er door de constructeur worden gekozen hoeveel diagonalen (nul, één of twee) er toegepast moeten worden.

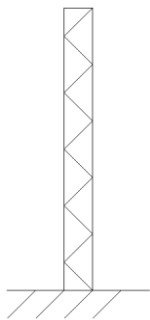


Figuur 14: Buisconstructie alleen op drukkracht

Tenslotte is een ingeklemde tractielier ook helemaal apart berekend, omdat hierbij het vakwerk liggend is en op drie punten wordt vastgelast (zie Figuur 15) in plaats van staand en op twee punten vastgelast (zie Figuur 16).



Figuur 15: Liggend vakwerk op drie punten vastgelast (vastgelaste tractielier)



Figuur 16: Staand vakwerk op twee punten vastgelast

De ingeklemde constructie is berekend op:

- Alleen drukkracht:
 - Knik
- Alleen trekkracht:
 - Spanning in materiaal
- Buigkracht (eventueel in combinatie met een druk of trekkracht):
 - Doorbuiging (de verplaatsing van de constructie)
 - Knik
 - Spanning in het materiaal
 - Weerstandsmoment tegen doorbuiging (de spanning in het materiaal door de doorbuiging)
- Vastgelaste tractielier:
 - Doorbuiging
 - Knik
 - Spanning in het materiaal
 - Weerstandsmoment tegen doorbuiging

De opgelegde constructie is berekend op:

- Doorbuiging
- Knik
- Spanning in het materiaal
- Weerstandmoment tegen doorbuiging

De gekozen constructies moeten voldoen aan de NEN normen. Als de constructies op bovenstaande punten zijn berekend moeten de constructies worden vergeleken met de eisen waaraan deze moeten voldoen. Als dit allemaal voldoende is, zijn de afmetingen van de constructies bekend. Met de afmetingen kunnen de constructies worden berekend op kosten en gewicht. Met de kosten en het gewicht kan de keuze tussen plaat of profiel gemaakt worden.

9.1.1. Gebruikte formules

In deze paragraaf worden alle gebruikte formules voor de berekening weergegeven. De gebruikte formules zijn opgedeeld per berekening zoals dit ook is gedaan in paragraaf 9.1.

Doorbuiging

De doorbuiging van de constructies moet voldoen aan de NEN normen. De NEN normen zeggen dat de staalconstructies (zoals deze worden toegepast bij SAS) moeten voldoen aan de volgende maximale doorbuiging:

- Voor een ingeklemde constructie: $f_{max} = \frac{h}{400}$
- Voor een opgelegde constructie: $f_{max} = \frac{l}{400}$

Om te controleren of de constructies niet over de maximale doorbuiging heen gaan, moet voor iedere constructie de doorbuiging worden berekend. Bij de vakwerkconstructies en de buisconstructies is hiervoor gebruik gemaakt van een Eindige Elementen Methode (EEM). Bij de andere constructies is hiervoor gebruik gemaakt van formules.

Voor ingeklemde constructies is de volgende formule gebruikt:

$$f_{max} = \frac{F * h^3}{3 * E * I}$$

Waarbij:

- f_{max} = Maximale doorbuiging in m
- F = Kracht in N
- h = Hoogte van de constructie in m
- E = Elasticiteitsmodulus in N/m²
- I = Oppervlaktetraagheidsmoment in m⁴

Voor opgelegde constructies is de volgende formule gebruikt:

$$f_{max} = \frac{F * l^3}{48 * E * I}$$

Waarbij:

- f_{max} = Maximale doorbuiging in m
- F = Kracht in N
- l = Lengte van de constructie in m
- E = Elasticiteitsmodulus in N/m^2
- I = Oppervlaktetraagheidsmoment in m^4

Knik

Voor de samengestelde platen zijn met behulp van de evenwichtsvergelijkingen de reactiekrachten bepaald. Voor de andere constructies zijn de reactiekrachten bepaald met de Eindige Elementen Methode (EEM).

Met de reactiekrachten kan de constructie worden berekend op de druk (knik) en trekkrachten (spanning in het materiaal) die worden veroorzaakt door de buigkracht.

De knik wordt berekend met de volgende formule:

$$P_k = \frac{\pi^2 * E * I}{l_k^2} \rightarrow I = \frac{P_k * l_k^2}{\pi^2 * E}$$

Waarbij:

- P_k = Kritische kracht
- E = Elasticiteitsmodulus in N/m^2
- I = Oppervlaktetraagheidsmoment in m^4
- l_k = Kniklengte

Spanning in het materiaal

De reactiekrachten worden bepaald zoals hiervoor is beschreven. De trekkrachten die hierdoor op de constructie staan moeten worden gecontroleerd. De controle die hierbij moet worden uitgevoerd is of de spanning in het materiaal (veroorzaakt door de trekkracht) niet hoger is dan de maximale spanning.

Om de spanning in het materiaal te berekenen is de volgende formule gebruikt:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma_{max} = \frac{\sigma_{vloei}}{Veiligheidsfactor}$$

Waarbij:

- σ = Spanning in het materiaal in N/mm^2
- F = Kracht in N
- A = Doorsnedenoppervlakte in mm^2
- σ_{max} = Maximale spanning in het materiaal in N/mm^2
- σ_{vloei} = Vloeispanning van de staalsoort in N/mm^2

Weerstandsmoment tegen doorbuiging

Het weerstandsmoment tegen doorbuiging moet voor samengestelde platen worden berekend indien er een buigkracht op de constructie staat. Het weerstandsmoment berekend met behulp van de spanning in het materiaal de afmetingen van de constructie.

Het weerstandsmoment tegen doorbuiging moet worden vergeleken met het maximale weerstandsmoment tegen doorbuiging.

$$W = \frac{(b^3 * l) - (b_1^3 * l_1)}{6 * b}$$

$$W_{max} = \frac{M}{\sigma_{max}}$$

Waarbij:

- W = Weerstandsmoment tegen doorbuiging in mm^3
- b = Breedte van doorsnede in mm (bij een opgelegde constructie is dit de hoogte)
- l = Lengte van doorsnede in mm (bij een opgelegde constructie is dit de breedte)
- b_1 = Binnen breedte van doorsnede in mm (bij een opgelegde constructie is dit de binnen hoogte)
- l_1 = Binnen lengte van doorsnede in mm (bij een opgelegde constructie is dit de binnen breedte)
- W_{max} = Maximale weerstandsmoment tegen doorbuiging in mm^3
- M = Moment in Nmm
- σ_{max} = Maximale spanning in het materiaal in N/mm^2

9.2. Kosten

Om de kosten voor de constructies te berekenen, dienen de materiaalkosten, de conserveerkosten, de snijkosten en de kosten voor het lassen bekend te zijn. Deze kosten moeten worden opgezocht voor zowel een plaatconstructie als een buisconstructie. De materiaalkosten, de conserveerkosten en de snijkosten zijn bij de inkoop afdeling van SAS opgevraagd. Voor de snijkosten en de materiaalkosten is samen één prijs bekend. De kosten bedragen:

- De materiaalkosten voor plaat zijn 1,11 euro/kg (dit is dus inclusief snijkosten).
- De materiaalkosten voor buis zijn 2,40 euro/kg (dit is dus inclusief snijkosten).
- De conserveerkosten voor zowel plaat als buis zijn 28 euro/m².

Voor de laskosten is een rekenprogramma op internet (certilas) gebruikt. Hiervoor is een lastabel van de tekeningen van SAS gebruikt, waarbij voor verschillende dikte van het materiaal de a waarde voor de las gegeven zijn. Met deze tabel zijn de laskosten voor iedere a waarde berekend. De tabel van de tekeningen van SAS is te zien in Tabel 2. De laskosten zijn te zien in Tabel 3.

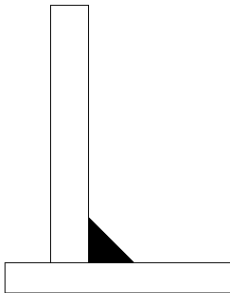
Dikte materiaal	6	8	10	12	15	20	25	30	>30
1 kant gelast	3	4	5	6	7	8	10	12	15
2 kanten gelast	3	3	4	5	6	7	8	10	12

Tabel 2: Lastabel van de tekeningen van SAS, waarbij de a waarde kan worden bepaald

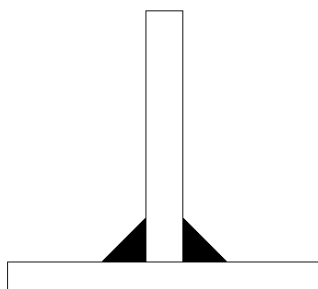
Dikte materiaal	6	8	10	12	15	20	25	30	>30
1 kant gelast	3,80	6,23	9,25	12,80	17,00	21,80	33,10	46,70	71,50
2 kanten gelast	3,80	3,80	6,23	9,25	12,80	17,00	21,80	33,10	46,70

Tabel 3: Laskosten per meter

Bij de kosten voor een constructie die aan twee kanten wordt gelast moeten de kosten worden vermenigvuldigd met de lengte van beide kanten (dus niet met één keer de lengte).



Figuur 17: 1 kant gelast



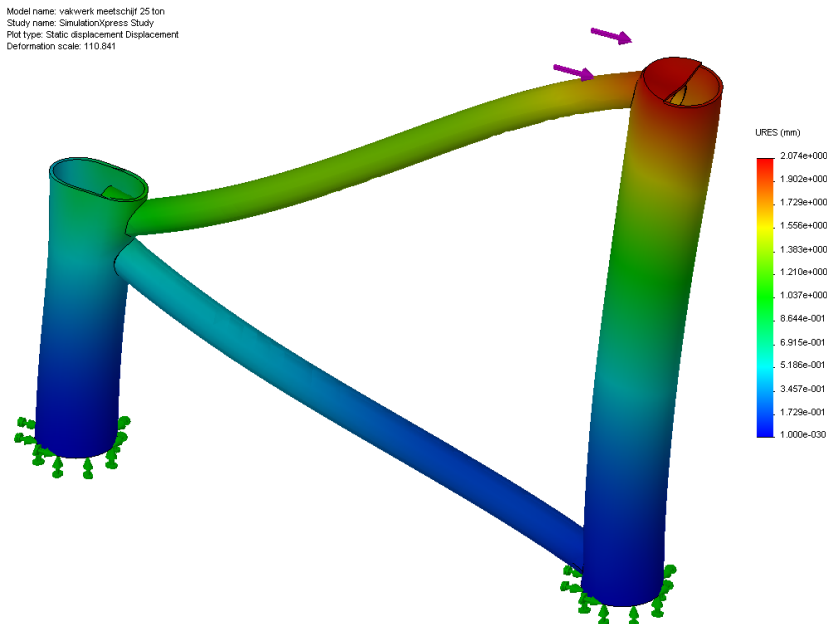
Figuur 18: 2 kanten gelast

Om een goed inzicht van de laslengte en de laskosten te krijgen zijn er ook tekeningen gemaakt voor zowel een plaat als een buisconstructie. Deze tekeningen zijn terug te vinden in bijlage IV.

De kosten voor de engineer uren zijn buiten beschouwing gelaten, omdat (na overleg met de bedrijfscoach) is gebleken dat de engineer uren voor de verschillende constructies nagenoeg gelijk zijn.

In bijlage V is één berekening volledig uitgewerkt terug te vinden. Dit gaat om een berekening voor een meetschijf (een ingeklemde constructie met een buigkracht).

Het vakwerk wat bij de uitgewerkte berekening is gebruikt, is (om de berekening te controleren) ook in SolidWorks simulation gezet. De uitkomst hiervan is te zien in Figuur 19. De maximale verplaatsing wijkt iets af van de berekende doorbuiging, maar dit komt omdat het vakwerk iets anders is getekend in SolidWorks. Daarnaast worden er met de berekeningen in het Excel document ook nog detail berekeningen gemaakt, waardoor de maximale verplaatsing ook nog kan afwijken.



Figuur 19: Vakwerk in simulation van SolidWorks

Er is een handleiding voor het Excel document gemaakt, zodat iedereen er mee kan werken. Deze handleiding is terug te vinden in bijlage VI.

10. Het omslagpunt voor meetschijven

In dit hoofdstuk wordt het omslagpunt voor meetschijven bepaald. Voordat het omslagpunt voor meetschijven wordt bepaald, wordt er eerst besproken wat een meetschijf is en waar deze voor dient.

10.1. Meetschijven

De naam zegt het eigenlijk al. Een meetschijf is een schijf die iets kan meten.

De schijf zorgt ervoor dat de richting van de kabel wordt veranderd. Daarnaast kan met de schijf de trekkracht in de kabel worden gemeten.

Een meetschijf is dus een schijf. Deze schijf wordt omhuld door een doosconstructie (samenstelling van platen). Dit zorgt ervoor dat de schijf de krachten via de as op deze doosconstructie door kan geven. Sommige meetschijven liggen met deze doosconstructie op de grond. Maar andere meetschijven hebben nog een frame onder de doosconstructie nodig, omdat de schijf hoger van de grond nodig is (dit is een eis die de klant opgeeft). Voor dit frame onder de doosconstructie wordt in dit hoofdstuk het omslagpunt onderzocht. Het frame wordt nu bij SAS uit platen gemaakt. Er wordt onderzocht of dit beter uit profiel kan en bij welke hoogte dit dan het beste kan worden gedaan.

10.2. Gegevens meetschijven

In deze paragraaf worden de gegevens van de gebruikte meetschijven voor de berekening weergegeven (zie Tabel 4). De gegevens van de meetschijven zijn van de server (SmarTeam) van SAS gehaald.

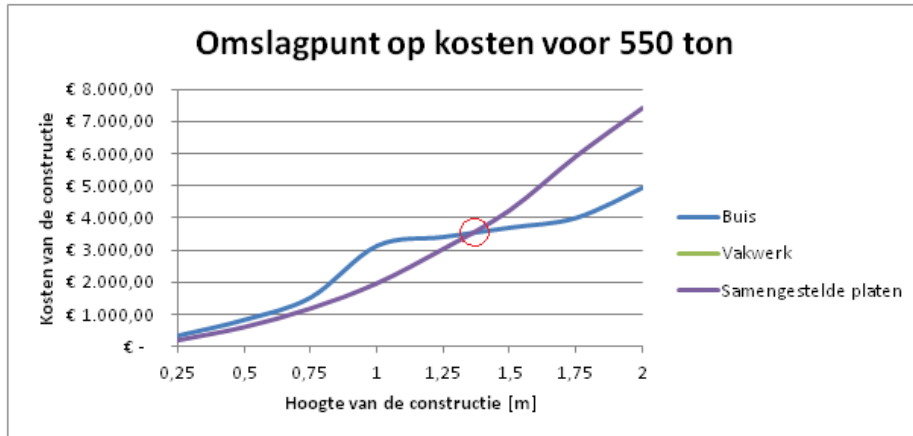
Kracht (ton)	Kabel diameter (mm)	Schijfdiameter (mm)	Pitch diameter (mm)	Breedte frame (mm)	Lengte frame (mm)	Afmetingen om schijf (mm)
20	Ø 92	Ø 1950	Ø 1840	1700	1700	2205 x 2205
25	Ø 135	Ø 2970	Ø 2835	2300	2000	3310 x 3250
60	Ø 48	Ø 990	Ø 886	1000	1000	1320 x 1320
120	Ø 64	Ø 1310	Ø 1184	1200	1200	1560 x 1560
200	Ø 88	Ø 1800	Ø 1620	1500	1500	2060 x 2060
375	Ø 92	Ø 2000	Ø 1800	1800	1800	2396 x 2435
550	Ø 135	Ø 3105	Ø 2835	2200	2200	2900 x 2900

Tabel 4: Gegevens van meetschijven uit SmarTeam

10.3. Omslagpunt per meetschijf

Het omslagpunt is bepaald voor iedere meetschijf apart (zie Tabel 5), om hiermee te onderzoeken of er een verhouding is tussen de omslagpunten en de meetschijf. Met deze verhoudingen kan vervolgens worden onderzocht of er een algemeen omslagpunt voor meetschijven kan worden bepaald.

De omslagpunten die in Tabel 5 te zien zijn betekenen, dat als de hoogte van de constructie onder het omslagpunt ligt er voor een samengestelde plaatconstructie moet worden gekozen. Als de hoogte van de constructie boven het omslagpunt ligt dan moet er voor een buisconstructie worden gekozen. De grafieken waarbij de omslagpunten te zien zijn, zijn te vinden in bijlage VII. In Figuur 20 is ook een grafiek te zien. Het omslagpunt in deze grafiek is rood omcirkeld.



Figuur 20: Grafiek voor omslagpunt op kosten voor 550 ton

Meetschijf	Omslagpunt op kosten	Omslagpunt op gewicht
20 ton	< 0,25 m	< 0,25 m
25 ton	< 0,25 m	< 0,25 m
60 ton	0,25 m	< 0,25 m
120 ton	0,5 m	< 0,25 m
200 ton	0,25 m	< 0,25 m
375 ton	1,25 m	0,5 m
550 ton	1,25 m	0,25 m

Tabel 5: Omslagpunt per meetschijf

Met deze omslagpunten kunnen een tweetal breedte/hoogte verhoudingen worden uitgerekend. Namelijk de schijfdiameter/hoogte verhouding en de framebreedte/hoogte verhouding. Dit wordt gedaan voor zowel het omslagpunt op kosten (zie Tabel 6) als voor het omslagpunt op gewicht (zie Tabel 7).

Meetschijf	Schijfdiameter (m)	Breedte frame (m)	Hoogte omslagpunt (m)	Schijfdiameter/hoogte	Breedte/hoogte
20 ton	1,95	1,7	-	-	-
25 ton	2,97	2,3	-	-	-
60 ton	0,99	1	0,25	3,96	4
120 ton	1,31	1,2	0,5	2,62	2,4
200 ton	1,8	1,5	0,25	7,2	6
375 ton	2	1,8	1,25	1,6	1,44
550 ton	3,105	2,2	1,25	2,484	1,76

Tabel 6: Breedte/hoogte verhouding omslagpunt op kosten

Meetschijf	Schijfdiameter (m)	Breedte frame (m)	Hoogte omslagpunt (m)	Schijfdiameter/hoogte	Breedte/hoogte
20 ton	1,95	1,7	-	-	-
25 ton	2,97	2,3	-	-	-
60 ton	0,99	1	-	-	-
120 ton	1,31	1,2	-	-	-
200 ton	1,8	1,5	-	-	-
375 ton	2	1,8	0,5	4	3,6
550 ton	3,105	2,2	0,25	12,42	8,8

Tabel 7: Breedte/hoogte verhouding omslagpunt op gewicht

Met de bepaalde verhoudingen kan geen algemeen omslagpunt voor meetschijven worden bepaald. Dit komt omdat de breedte/hogte verhoudingen per meetschijf te ver uit elkaar liggen om hier een gemiddelde voor te berekenen. Het omslagpunt zou dan niet nauwkeurig zijn. Bij het ontwerpen van een meetschijf zal de constructeur dus voor iedere meetschijf apart het Excel document moeten doorlopen, om voor die meetschijf het omslagpunt te bepalen. Indien er een meetschijf wordt ontworpen die dezelfde afmetingen en krachten heeft als één van de gebruikte meetschijven zoals weergegeven in Tabel 4, kan het hiervoor berekende omslagpunt worden gebruikt.

10.4. Invloed van weegfactoren op het omslagpunt

In deze paragraaf wordt de invloed van de weegfactoren op het omslagpunt besproken. Voor de berekeningen met de weegfactoren is de 25 ton meetschijf gebruikt.

10.4.1. Weegfactor conserveren

Indien de weegfactor voor het conserveren op tien wordt gezet, betekend dit dat de kosten per liter verf hoog zijn.

Bij een hoge weegfactor voor het conserveren zijn de samengestelde platen een stuk duurder dan de buisconstructie. Ook zijn de kosten voor het conserveren van samengestelde platen een stuk duurder met een hoge weegfactor ten opzichte van de kosten zonder weegfactoren.

Doordat het verfoppervlak bij de samengestelde platen een stuk hoger is dan bij de buisconstructie en hierdoor de kostprijs dus ook een stuk hoger is, gaat het omslagpunt bij een hoge weegfactor voor het conserveren omlaag.

10.4.2. Weegfactor materiaal

Indien de weegfactor voor het materiaal op tien wordt gezet, betekend dit dat de materiaalprijs erg hoog is.

Voor het omslagpunt betekent dit dat deze hoger wordt. Dit komt omdat platen in materiaalprijs goedkoper zijn dan buizen.

Bij een hoge materiaalprijs bepaald dit de kostprijs van de constructie. Daardoor stijgt de kostprijs voor buizen sneller dan de kostprijs voor platen. Hierdoor gaat het omslagpunt omhoog.

10.4.3. Weegfactor lassen

Indien de weegfactor voor het lassen op tien wordt gezet, betekend dit dat er weinig lassers beschikbaar zijn en hierdoor de laslengte zo kort mogelijk moet zijn. Door de weegfactor zo hoog te zetten worden de laskosten voor de constructie met de langste laslengte heel hoog.

Bij een hoge weegfactor voor het lassen zijn de samengestelde platen een stuk duurder dan de buisconstructie. Ook zijn de kosten voor het lassen van samengestelde platen een stuk duurder met een hoge weegfactor ten opzichte van de kosten zonder weegfactoren.

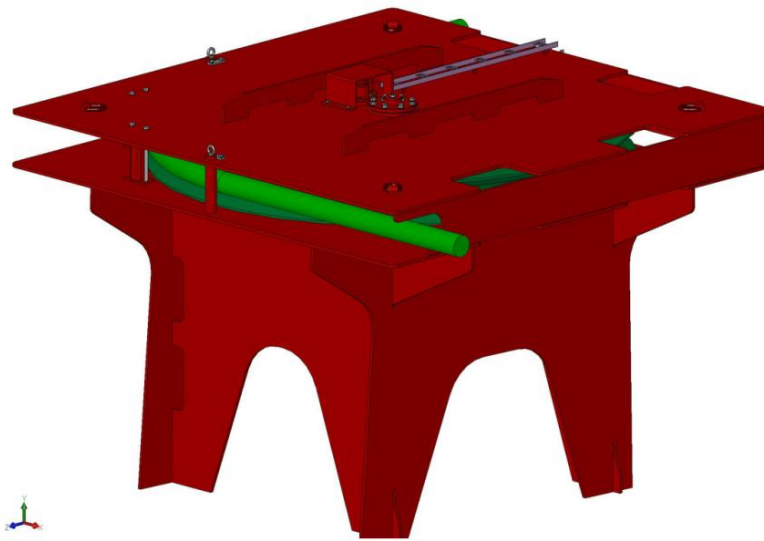
Doordat de laskosten hoog zijn en de samengestelde platen hierdoor een stuk duurder, gaat het omslagpunt omlaag. Dit komt omdat er bij de samengestelde platen veel meer gelast moet worden.

11. Redesign van de 25 ton meetschijf

Met de omslagpunten die in hoofdstuk 10 bepaald zijn wordt voor de 25 ton meetschijf een redesign gemaakt. Deze meetschijf is ook gebruikt bij het onderzoek naar de SAS constructies en bij de berekening die in de bijlage is uitgewerkt.

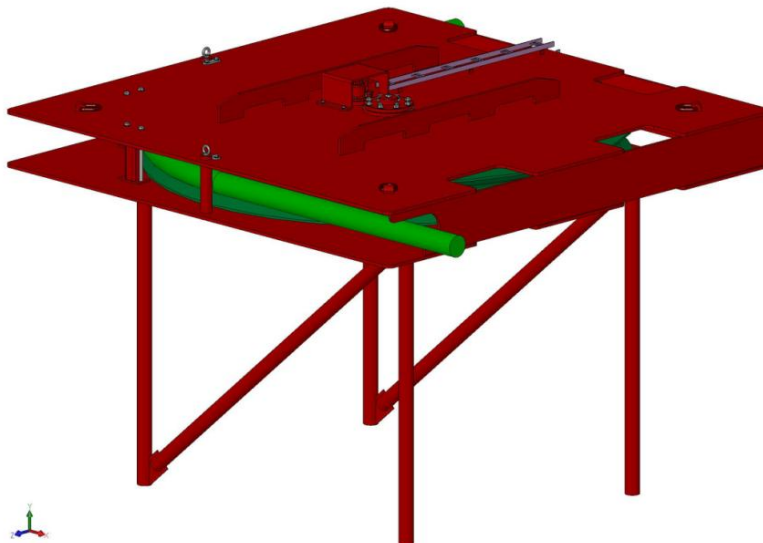
Het frame onder de meetschijf is door SAS uit platen gemaakt. Echter met de omslagpunten die zijn bepaald, zou het economisch voordeliger zijn geweest om het frame voor de meetschijf uit een buisconstructie te maken.

De oorspronkelijke meetschijf is te zien in Figuur 21.



Figuur 21: Oorspronkelijke meetschijf

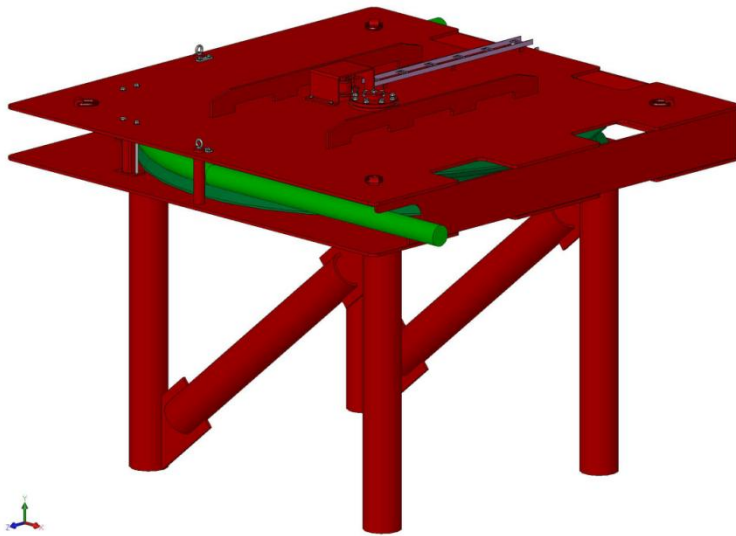
De redesign van de meetschijf is te zien in Figuur 22.



Figuur 22: Redesign van de meetschijf

De redesign ziet er “mager” uit ten opzichte van de originele constructie van de meetschijf. Dit houdt in dat het eruit ziet dat de buisconstructie de krachten die op de meetschijf komen te staan niet aan kan.

Om deze reden is er met behulp van de originele meetschijf terug gerekend, om dan hiermee de buisconstructie opnieuw te berekenen. De hoeken van de originele constructie zijn hierbij beschouwd als T profielen. Hiervan is het oppervlak berekend. Met het oppervlak en de maximale spanning van het materiaal is de kracht die op het T profiel staat berekend. Met de evenwichtsvergelijkingen is de buigkracht die op de constructie staat berekend. Tenslotte zijn de afmetingen van de buisconstructie aan de hand van de berekende buigkracht bepaald. De nieuwe buisconstructie is te zien in Figuur 23.



Figuur 23: Herberekende meetschijf

12. Conclusie en aanbevelingen

De conclusie van de uitgevoerde opdracht is dat er geen algemeen omslagpunt bepaald kan worden voor meetschijven. Dit komt omdat de omslagpunten van de verschillende meetschijven te ver uit elkaar liggen. Dit betekent dat als er hiermee een omslagpunt wordt bepaald, dit omslagpunt niet nauwkeurig is.

Wel kan er, door middel van het gemaakte Excel document, voor iedere meetschijf apart een omslagpunt worden bepaald wanneer de constructeur de meetschijf aan het ontwerpen is.

Daarnaast hoeft er geen omslagpunt bepaald te worden voor alle constructies. De gegevens van de constructie kan worden ingevoerd in het Excel document, waarmee dan een keuze kan worden gemaakt tussen een constructie uit plaat of profiel. Hierdoor kan voor elke constructie een keuze gemaakt worden tijdens het ontwerpen ervan. Eventueel kan de bijgevoegde handleiding hierbij helpen.

Aanbevelingen

Er wordt aanbevolen om te controleren of het Excel document ook gebruikt kan worden bij het ontwerpen van tensioners. Dit viel buiten de opdracht en is dus ook niet meegenomen. Door dit te controleren en eventueel het Excel document hierop aan te passen kan het Excel document door iedereen binnen SAS worden gebruikt.

Daarnaast wordt er aanbevolen om voor iedere constructie die SAS maakt te onderzoeken of er een algemeen omslagpunt kan worden bepaald. Zo hoeft de constructeur niet bij iedere nieuwe constructie het Excel document door te lopen, maar kan eenvoudig het algemene omslagpunt voor die constructie worden gebruikt.

Tenslotte wordt er aanbevolen om het Excel document nog eens goed na te kijken op fouten. Dit moet worden gedaan omdat er bij de redesign van de meetschijf is gebleken dat de gekozen buisconstructie niet klopt. Door het controleren van het Excel document op fouten kunnen eventuele fouten worden verbeterd.

Literatuurlijst

In dit hoofdstuk is alle gebruikte literatuur die tijdens het uitvoeren van de opdracht nodig waren te vinden. De gebruikte bronnen zijn gesorteerd per onderzoek wat is uitgevoerd.

Onderzoek naar platen en profielen:

- <http://www.bouwenmetstaal.nl>
- <http://www.meeuwsen.nl/UserFiles/ruimtelijke%20constructiesV1.pdf>
- <http://alexandria.tue.nl/repository/freearicles/605824.pdf>
- <http://www.kepser.nl/?pid=64&t=3-constructietips>
- http://www.metaalnieuws.nl/upload/file/4717_Bruto%20prijslijst%2014%20december%202012.pdf
- <http://www.vanleeuwenbuizen.nl/>
- (Over) spannend staal Basisboek (deel 1), Stichting Kennisoverdracht SG, Derde druk 1996, ISBN: 90-72830-18-0.
- (Over) spannend staal Construeren A (deel 2), Bouwen met staal, derde druk 2001, ISBN: 90-72830-36-9.
- Eindige Elementen Methode (staven en Balken in 2D), ir. Fatih Erdurcan, eerste druk 2012.

Kennis maken met SAS constructies:

- Een tekenpakket van een meetschijf die SAS gemaakt heeft.

Onderzoek naar het omslagpunt:

- <http://www.v-c-l.be/files/cms1/Certificaten%20en%20diploma's.pdf>
- <http://www.mcb.nl/files/File/pdf/1407Buizenboek.pdf>

Opzetten en maken van het Excel document voor het omslagpunt:

- Eindige Elementen Methode (staven en Balken in 2D), ir. Fatih Erdurcan, eerste druk 2012.
- [http://nl.wikipedia.org/wiki/Knik_\(constructieleer\)](http://nl.wikipedia.org/wiki/Knik_(constructieleer))
- http://www.bouwenmetstaal.nl/lasso/tools/register/pdf/101_45.pdf
- <http://www.certilas.nl/nl/content/calculaties-0#>
- Inkoop van SAS

Overig:

- <http://www.metaalwinkel.nl>
- <http://www.allseas.com>
- <http://www.sasoffshore.nl>