



De nieuwe generatie haspelbar voor kitezeilen

Emiel van Setten 21-12-2016

Afstudeerbegeleider: Dhr L.J.M. Koeleman

De Haagse Hogeschool
TIS Delft

De Haagse Hogeschool vestiging Delft

Faculteit Technologie, Innovatie &
Samenleving Werktuigbouwkunde
Rotterdamseweg 137
2628 AL Delft

Afstudeercoördinator

Dhr. A. van der Vlugt
Faculteit Technologie, Innovatie &
Samenleving Werktuigbouwkunde
Rotterdamseweg 137
2628 AL Delft
015 – 26 06 258
A.vanderVlugt@hhs.nl

Afstudeerbegeleider

Dhr L.J.M. Koeleman
Faculteit Technologie, Innovatie &
Samenleving Werktuigbouwkunde
Rotterdamseweg 137
2628 AL Delft
015-2606252
L.J.M.Koeleman@hhs.nl

Bedrijf

Robijns B.V.
Het stagebedrijf faciliteert hier enkel
formeel de stageplek. Het afstudeer-
project wordt uitgevoerd bij de startup
KanoePack.

Student

Emiel van Setten
Kruisstraat 34b
2011PZ Haarlem
+31646175490
13013637@student.hhs.nl
emielvansetten@outlook.com
Studentnummer: 13013637

Bedrijfsmentor

Dhr. E. Sengers
+31627002868
sengers.hhs@gmail.com

Voorwoord

Voor de afronding van mijn opleiding Werktuigbouwkunde aan de Haagse Hogeschool Delft is er een afstudeeropdracht uitgevoerd bij de startup 'KanoePack'. Het doel van de afstudeeropdracht is het ontwikkelen van een proof of concept van een kitecontroller. Dit is een apparaat dat kan worden gebruikt om een kite te besturen. Met een haspel op de kitecontroller kan de lijnlengte tussen de kitecontroller en de kite worden veranderd.

De kitecontroller is bedoeld voor de consumentenmarkt en zal hoofdzakelijk worden gebruikt om een kano voort te bewegen. Dit rapport beschrijft de stappen die zijn gezet om tot een uiteindelijk proof of concept te komen. Ter bevordering van de leesbaarheid en om het rapport overzichtelijk te houden, zijn enkele documenten opgenomen in de bijlage.

Het thema van deze afstudeeropdracht is ontwerpen/construeren. De beroepsrol is ontwerper.

Dit rapport is geschreven voor de afstudeerbegeleiders van de opleiding werktuigbouwkunde en toekomstige afstudeerders. Daarnaast is het geschreven als naslagwerk voor het bedrijf KanoePack. Aan de hand van het opgeleverde proof of concept kan er een optimalisatie worden uitgevoerd.

Ik wil de startup KanoePack en zijn medewerkers bedanken voor de afstudeeropdracht en de faciliteiten. In het bijzonder de bedrijfsmentor Erwin Senger voor de feedback, snelle communicatie en positieve instelling. Ook wil ik het High Tech Centre en de Betafactory 16 te Delft bedanken voor de faciliteiten. Daarnaast wil ik mijn afstudeerbegeleider bedanken voor de feedback en de snelle communicatie bij vragen.

Emiel van Setten,
Delft, 22 December 2016

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Inhoudsopgave	4
1 Samenvatting	6
2 Verklarende woordenlijst	7
3 Symbolenlijst.....	8
4 Inleiding.....	9
4.1 Wat is de kitecontroller?.....	9
4.2 Achtergrond	10
4.3 Organisatie	10
4.4 Opdracht	11
4.5 Onderzoeksvragen.....	12
4.6 Pakket van eisen en wensen	13
4.7 Projectgrenzen	15
5 Analyse	16
5.1 Waarom een kite in plaats van een zeil?	16
5.2 Wat voor soort kite?	16
5.3 Kitecontroller marktonderzoek.....	16
5.4 Veldonderzoek	17
5.5 Functieanalyse.....	19
6 Ontwerp.....	21
6.1 Concepten generatie	22
6.2 Ontwerp keuze	24
7 Detaillering	26
7.1 Parameters vaststellen	26
7.2 Berekeningen	28
7.3 Proof of concept.....	43
7.4 Kostprijs calculatie.....	45
7.5 Definitieve model specificaties	46
8 Conclusie	47
9 Aanbeveling	48
10 Bibliografie.....	49
Bijlage 1: Reflectierapport.....	51
Bijlage 2: Bedrijfsbeoordeling.....	55
Bijlage 3: Octrooionderzoek	57

Bijlage 4: Veldonderzoek.....	62
Bijlage 5: Ideeën voor totaal oplossing.....	69
Bijlage 6: Uitgebreide beschrijving concepten	73
Bijlage 7: Parameters vaststellen.....	84
Bijlage 8: Berekeningen.....	88
Bijlage 9: Exploded view.....	110
Bijlage 10: Poster presentatie	111

1 Samenvatting

Naar extern initiatief wordt de KanoePack gemaakt. Een onderdeel hiervan is een kitecontroller. De huidige markt kent één kitecontroller welke niet voldoet aan relevante eisen en wensen.

Deze afstudeeropdracht heeft als doel het ontwikkelen van een proof of concept van een kitecontroller. Dit is een apparaat die kan worden gebruikt om een matrasvlieger te besturen en met een haspel kan de lijnlengte tussen de kitecontroller en de kite worden veranderd. Onderzocht gaat worden hoe vanuit een kano een kite kan worden bestuurd en de lijnen kunnen worden op- en afgehaspeld met een kitecontroller.

Gedurende deze afstudeeropdracht wordt er een ontwerponderzoek uitgevoerd. Hiervoor worden de oriëntatie-, analyse-, ontwerp- en detailleringfase doorlopen. (Oskam, Cowan, Hoiting, & Souren, 2011)

Op basis van de uit de analysefase voortvloeiende technisch haalbare oplossingen zijn concepten ontwikkeld. Het definitieve ontwerp is uiteindelijk een bar in twee delen met een aandrijfarm waardoor de lijnen kunnen worden op- en afgehaspeld. Het ontwerp kan worden opgevouwen. De handberekeningen zijn geverifieerd door een EEM-analyse. Op basis van deze berekeningen is het CAD model gedimensioneerd en is er een proof of concept gerealiseerd.

Dit proces heeft geleid tot een proof of concept en er is een CAD-model opgeleverd wat voldoet aan alle eisen. Aanbevolen wordt het concept 'mooier' te maken door IPO-studenten. Bovendien kan worden gekeken in hoeverre de kosten voor de realisatie van de kitecontroller gereduceerd kunnen worden.

2 Verklarende woordenlijst

Afstudeerorganisatie	De organisatie waar de student afstudeert.
Autodesk Fusion 360	Dit is CAD-software voor het maken van digitale 3D-modellen, creëren van technische tekeningen en eindige elementen simulaties.
Bedrijfsmentor	De begeleider vanuit de afstudeerorganisatie.
Drysuit	Een pak dat over dagelijkse kleding aan kan worden getrokken, zodat de persoon en kleding droog blijven.
Dynamisch	In de context van dit rapport wordt met dynamisch de vaar- en kitetechniek bedoeld. Dat betekent dat de kite vrijwel nooit stil hangt en dus altijd in beweging is.
EEM-analyse	Eindige-elementenmethode is een methode om complexe vergelijkingen op te lossen.
Femap	Een eindige-elementensimulatie software
Gebruikers	Van mensen die met kano's bekend zijn tot ervaren survivallars.
Haspel	Het systeem gekoppeld aan de kitecontroller waar de kitelijnen op worden gehaspeld/opgeslagen.
KanoePack	Het geheel van producten waar de kitecontroller deel van uitmaakt.
Kite	Een vlieger zoals je die ziet bij kitesurfen. Deze kite is specifiek ontwikkeld om lasten voort te trekken.
Kitebar	De kitebar is het grootste onderdeel van de kitecontroller. De gebruiker houdt de kitebar vast en kan hiermee de kitecontroller besturen. De lijnen van de kite zitten aan beide uiteinden gemonteerd.
Kitecontroller	De benaming van het te ontwikkelen product. Een controller waarmee de kite kan worden gestuurd en binnengehaald zie 4.1 Wat is de kitecontroller?
Kitezeilen	Dit is een discipline binnen de zeilsport waar, in plaats van een zeil aan een boot, een kite wordt gebruikt om voorwaartse kracht te generen.
Proof of concept	Een model van het ontwerp waarmee de haalbaarheid kan worden ingeschat en het principe mee kan worden gedemonstreerd.

3 Symbolenlijst

Onderstaand wordt de belangrijkste selectie van de gebruikte symbolen weergegeven met een korte beschrijving en eenheid. Als nodig worden sommige symbolen verklaard gedurende de berekeningen uitleg.

Symbol	Eenheid	Beschrijving
F	$[N]$	Kracht
M	$[Nm]$ of $[Nmm]$	Moment
L	$[m]$ of $[mm]$	Lengte
x	$[m]$ of $[mm]$	Afstand
v	$[m]$ of $[mm]$	Verplaatsing
E	$[N]$	Elasticiteitsmodulus
I	$[mm^4]$	Oppervlaktetraagheidsmoment
C	$[-]$	Constante
OD	$[m]$ of $[mm]$	Buitendiameter
ID	$[m]$ of $[mm]$	Binnendiameter
τ	$[N/mm^2]$	Schuifspanning
σ	$[N/mm^2]$	Spanning
$\bar{p}$	$[-]$	Toegestane waarde
r	$[m]$ of $[mm]$	Radius
d	$[m]$ of $[mm]$	Diameter
R_e	$[Mpa]$	Vloeigrens
T	$[Nm]$ of $[Nmm]$	Koppel
V	$[N]$	Dwarskracht

4 Inleiding

4.1 Wat is de kitecontroller?

Vanuit de twee componenten 'de kite' en 'de controller' is de naam Kitecontroller ontstaan. Een kite is het Engelse woord voor vlieger. Het doel van de kitecontroller is het besturen van de kite en het op- of afhaspelen van de kitelijnen.

De kitecontroller is bedoeld om een kano voort te bewegen door de geleverde kracht van de wind op de kite. Dit is vergelijkbaar met kiteboarden of kitesurfen. Een vaartuig voortbewegen met een kite wordt ook wel kitezeilen genoemd. Bij deze toepassing wordt er met een maximale snelheid van 15 km/uur voortbewogen. Om deze reden wordt er gewerkt met een kite van een maximaal formaat van 2,5m².

In het gebruik dient de kite te water te worden opgelaten. In deze situatie kan de kite niet in elkaar worden gezet of opgeblazen. Om deze reden wordt er gebruik gemaakt van een matraskite. Een matraskite kan namelijk al op een afstand van één meter vanaf de gebruiker worden gelanceerd. Hiervoor is het echter noodzakelijk om de lijnen op- of aftehaspelen. Om deze reden is er een haspel gemonteerd op de kitebar.

De kite zit vast aan de controller. Die weer met een veiligheidssysteem vastzit aan de gebruiker, waardoor de gebruiker de kracht over brengt op de kano. Er wordt gebruik gemaakt van een open kano. Afhankelijk van de koersvastheid van de gekozen kano moet er mogelijk nog een roer worden toegevoegd aan de kano.

Het voorbeeld in figuur 1 en 2 zijn een proof of principle van een oud Kickstarter project (Tracey, 2015).



Figuur 2 Voorbeeld gebruik kitecontroller



Figuur 1 Voorbeeld kite haspel systeem

4.2 Achtergrond

Dit afstudeerproject is een deel van een groter project, namelijk de KanoePack. De KanoePack bestaat uit een drysuit, een comprimeerbare kano en de kitecontroller. Deze verschillende producten worden ontwikkeld door een groep van studenten.

De producten worden onder de naam van Robijns bv ontwikkeld. Dit project is geïnitieerd door Erwin Sengers.

4.3 Organisatie

Het project wordt uitgevoerd onder de naam van de lanceringspartner Robijns bv. Zij zijn een groothandel in diverse outdoor artikelen en binnen het project de afstudeerorganisatie. Zij zijn lanceringspartner van het project en helpen mee met het op de markt brengen van de uiteindelijke KanoePack.

Wanneer dit geheel van producten op de markt wordt gebracht is dit een opzichzelfstaand bedrijf.

De bedrijfsmentor voor het project is Erwin Sengers die tevens mede investeerder van dit project is. Emiel van Setten is de opdrachtnemer en verantwoordelijk voor de ontwikkeling van de kitecontroller.

Het gehele afstudeertraject zal plaatsvinden in de Betafactory 16 te Delft. Hier is een werkplek voor het gehele KanoePack-project beschikbaar. Op deze locatie zijn diverse werkplekken beschikbaar en een werkplaats beschikbaar om het proof of concept te produceren.

Het team van de KanoePack bestaat uit vier stagiaires van werktuigbouwkunde, en één student bedrijfseconomie. Daarnaast zijn er nog twee studentprojecten opgezet bij de opleiding HBO-Rechten en Industrieel Product Ontwerpen. Er wordt dus in een multidisciplinair team gewerkt.

Rollen:

Opdrachtgever: Robijn bv

Opdrachtnemer: Emiel van Setten

Bedrijfsmentor: Erwin Sengers

Afstudeercoach: L.J.M. Koeleman

Assessor: J. Mijster

4.4 Opdracht

4.4.1 Doelstelling

Het ontwikkelen van een proof of concept van een kitecontroller.

4.4.2 Opdrachtomschrijving

Gedurende deze afstudeeropdracht wordt er een ontwerponderzoek uitgevoerd. Hiervoor worden de oriëntatie-, analyse-, ontwerp- en detailleringfase doorlopen. (Oskam, Cowan, Hoiting, & Souren, 2011)

De oriëntatiefase omvat de opdrachtomschrijving en de start van het project. Deze fase is daarmee ter voorbereiding op de daaropvolgende fasen door een verkennend onderzoek te doen naar de klantenwensen, de oplossingsruimte en het innovatieprobleem.

In de analysefase wordt eerst een onderzoek gedaan naar het huidige gebruik van een kitecontroller door middel van een veldonderzoek. Daarna worden er verschillende belastinggevallen opgesteld. Deze belastinggevallen dienen als basis voor het vervolgtraject.

Vervolgens worden er in de ontwerpfase diverse concepten ontwikkeld, waaruit er één verder zal worden gedetailleerd. In de detailleringsfase wordt van het definitieve ontwerp een CAD-model gemaakt, waarna er handmatige berekeningen worden gemaakt voor de dimensionering van het CAD-model. Deze handmatige berekeningen worden gecontroleerd met een EEM-analyse. Hieruit volgen de definitieve maten en CAD-model. Op basis hiervan wordt het uiteindelijke proof of concept gerealiseerd. Dit proof of concept is bedoeld om de werking van het concept aan te tonen en het ontwerp te beoordelen. Waarna er een advies voor de vervolgentwikkeling wordt gegeven.

4.4.3 Probleemstelling

Er zijn verschillende kitecontrollers op de markt. Slechts één is bedoeld voor kano's, de rest heeft andere doeleinden, bijvoorbeeld kitesurfen. De al bestaande kitecontroller heeft een zeer groot formaat en is niet comprimeerbaar, waardoor deze onpraktisch is in gebruik.

Het ontwerpprobleem is het grote aantal variabelen die invloed hebben op het ontwerp tijdens het proces, zoals windkracht, windrichting, en kite vliegtechnieken. Hiervoor moeten waarden worden vastgesteld. Het ontwerp moet dusdanig ontworpen worden dat het hier tegen bestand is.

Door de beperkte ruimte op de kano is het lastig om een kite op te laten. Daarom is er een systeem nodig dat de afstand van de controller naar de kite kan variëren.

Daarnaast dient er een veiligheidssysteem op te zitten waarmee de kite kan worden vrijgelaten mocht er een gevaarlijke situatie ontstaan.

4.5 Onderzoeksvragen

Het thema van de afstudeerscriptie is ontwerpen in de beroepsrol ontwerper. De Hoofdvraag is ontwerpgericht die vervolgens in deelvragen wordt gesplitst om tot een goed antwoord op de hoofdvraag te komen. De vragen zijn opgesteld in de analysefase en sluiten aan bij de ontwerpmethodiek.

4.5.1 Hoofdvraag

Hoe kan een kite worden bestuurd en de lijnen worden op- en afgehaspeld met één kitebar?

4.5.2 Deelvragen

- Wat zijn de belangrijkste klanten eisen en wensen
- Wat is het maximale gewicht en formaat (gecomprimeerd) van de kitecontroller?
- Hoe kunnen de lijnen worden op- of afgehaspeld worden?

- Uit welke componenten bestaat de kitecontroller?
- Uit welke materialen bestaat de kitecontroller?
- Hoe werkt het ophaspel-systeem van de kitecontroller?
- Welke belastingen komen er op de kitecontroller te staan?
- Hoe zijn deze krachten verdeeld over de kitebar?
- Kan de kitecontroller worden gecompriemerd?

4.6 Pakket van eisen en wensen

4.6.1 Vaste eisen

Eis	Context	Criterium	Toetsmethode
Laag gewicht	De kitecontroller moet worden meegenomen op wandeltochten	Maximaal gewicht van 3 kilogram	CAD-model
Maximale maten in gecomprimeerde staat	In de gecomprimeerde staat moet de kitecontroller samen met andere bagage in de rugzak passen	300x200x200 (lbh) in millimeter	Opmeten van proof of concept en/of CAD-model
Maximale maten in functionerende staat	Ter bevordering van het praktisch gebruik moet de kitecontroller niet groot zijn	300x500x200 (lbh) in millimeter	Opmeten van proof of concept en/of CAD-model
Bruikbaar tot windkracht	De kitecontroller dient bij een maximale windkracht nog steeds veilig te gebruiken zijn	Bruikbaar tot en met: Windkracht 5 21 knopen Snelheid 8-10,7 m/s	Aan de hand van berekeningen en/of praktijktesten
Bruikbaar vanaf windkracht	Vanaf een bepaalde windsnelheid kan de kite de kitecontroller zelf niet meer dragen en wordt de kano niet voortbewogen	Bruikbaar vanaf: Windkracht 4 10 knopen Snelheid 5,5-7,9 m/s	Aan de hand van berekeningen en/of praktijktesten
Korte ombouwtijd	Van gecomprimeerde-naar functionerende staat zodat de kite kan worden opgelaten	Binnen twee minuten dient de kite te kunnen worden opgelaten vanuit de kano	Aantal keren proberen en tijd meten
Kitecontroller dient in enkele seconden los te kunnen worden gekoppeld van de gebruiker	In geval van een gevaarlijke situatie dient de gebruiker de kitecontroller los te koppelen	Binnen drie seconden dient de kitecontroller losgekoppeld te zijn	In gebruik toetsen

Tabel 1 Vaste eisen

4.6.2 Wensen

Wens	Context	Toets methode
Designvisie past binnen KanoePack	De kitecontroller is deel van de KanoePack	Toetsen aan de stijlgids
Zo min mogelijk onderdelen	Meer onderdelen maakt de kitecontroller complexer	Onderdelen van het proof of concept of CAD-model tellen
Zo licht mogelijk	De kitecontroller wordt veel vervoerd en meegenomen in de backpack	Metten van CAD-model of proof of concept
Zo compact mogelijk	De kitecontroller moet in een backpack met beperkte ruimte kunnen worden meegenomen	Metten van het proof of concept
Zo snel mogelijk op te bouwen	Gedurende de outdoor activiteit moet de kitecontroller zo snel mogelijk kunnen worden opgebouwd	Opbouwsnelheid meten
De kite zo makkelijker mogelijk lanceren	De kitecontroller moet vanaf de kano zonder veel moeite kunnen worden gelanceerd.	Oordeel van de opdrachtgever

Tabel 2 Wensen

4.7 Projectgrenzen

Binnen de scope

- Tijdens dit project wordt alleen aan de kitecontroller van de KanoePack gewerkt.
- Er wordt gewerkt tot aan het proof of concept
- Het product is gericht op de consumentenmarkt
- Het is mogelijk dat er voor inkooponderdelen wordt gekozen
- Het opdoen van basiskennis over het product
- Een CAD-model creëren van de concepten en het proof of concept
- Een eindige-elementenanalyse uitvoeren
- Het opstellen van verschillende belastinggevallen
- Handmatige berekeningen doen
- Er wordt gewerkt volgens de methodiek van Oskan, Cowan, Hoiting en Souren (2012).
- Kijken naar comprimeermogelijkheden van de kitecontroller
- Het bedenken van de eerste ideeën aan de hand van de deel- en hoofdfuncties
- Materiaal bepalen
- Het uitwerken van het eerste concept naar een proof of concept
- Het produceren van spuugmodellen en één proof of concept
- Aanbevelingen op basis van het proof of concept voor het vervolgtraject
- Het documenteren van de bevindingen
- De kitecontroller wordt in dit project alleen gebruikt om de kano voort te bewegen

Buiten de scope

- Het bepalen van het formaat van de kite. In het project wordt uitgegaan van een vooraf bepaald formaat kite
- Er wordt geen productieklaar model opgeleverd
- De kitelijnen hoeven niet bepaald te worden
- Er wordt niet aan de andere onderdelen van de KanoePack gewerkt.
- Er wordt geen kite ontwikkeld
- Er wordt geen ergonomie onderzoek gedaan
- Er wordt geen tuig voor de bevestiging van de controller ontwikkeld. Er wordt uitgegaan van een standaard kiteboardtuig.
- Het productieklaar maken van de kitecontroller
- Het maken van productietekeningen

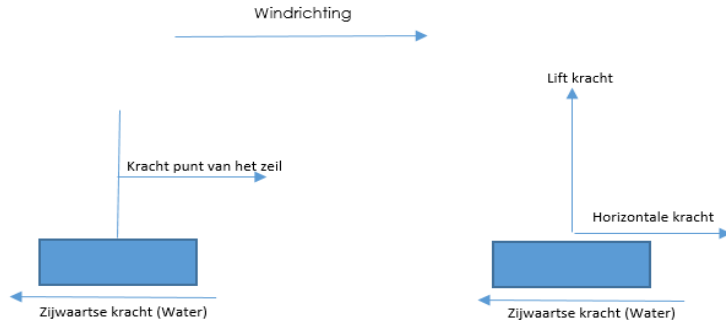
Organisatie:

- De opdrachtgever is Erwin Sengers
- De afstudeer periode begint op 22 augustus 2016
- Het eindrapport moet op 23 december 2016 zijn ingeleverd
- Emiel is gedurende het afstudeertraject geen projectleider van de KanoePack, wel van de ontwikkeling van de kitecontroller
- Het proof of concept wordt ontwikkeld in de Betafactory 16 te Delft
- Er wordt gewerkt in het High Tech Centre

5 Analyse

5.1 Waarom een kite in plaats van een zeil?

De eerste vraag die moet worden beantwoord in de analysefase is waarom een kite te gebruiken in plaats van een zeil? Dit was voor de opdrachtgever duidelijk, maar voor de student nog niet.



Figuur 3: Overhel moment

De belangrijkste reden dat er is gekozen voor een kite is de stabiliteit van de kano. Bij een zeilboot heb je namelijk een hoger overhelmoment, wat bij een kite aanzienlijk lager is. Dit komt omdat het krachtaangrijpingspunt bij een zeilboot midden in de mast ligt en bij kitezeilen ligt

dit punt lager in de boot. (zie Figuur 3) Daarnaast levert een kite meer kracht dan een zeil door de vliegtechnieken van de kite die kunnen worden toegepast. Bovendien kunnen de kite en de kitecontroller compacter worden meegenomen dan een conventioneel zeil. Naast bovenstaande is kitezeilen ook een zeer efficiënte methode van voortbeweging in vergelijking met het peddelen.

Het vervangen van een zeil door een kite wordt kitezeilen genoemd. Sinds 2013 wordt dit ook toegepast op grote containerschepen. Sinds een paar jaar wordt dit ook op kleinere plezierjachten toegepast. De te ontwikkelen kitecontroller is vergelijkbaar met deze systemen.

5.2 Wat voor soort kite?

Er is gekozen voor een tweelijns matraskite met als hoofdreden dat deze kites relatief veel kracht leveren voor het formaat. Deze kites worden vaak gebruikt om beginners in het kiteboarden de juiste vliegtechniek te leren maar ook worden ze veel gebruikt bij kitebuggyen en flyboarden.

Het voordeel van een tweelijns kite is de lage instapdrempel en het gebruikersgemak. Er zijn namelijk minder lijnen die in de knoop kunnen raken.



Figuur 4: Matraskite in gebruik

De matraskite die in dit project wordt gebruikt heeft open cellen in plaats van gesloten, die moeten worden opgeblazen. Er is gekozen voor open cellen omdat er dan geen pomp mee hoeft te worden genomen. Daarnaast nemen deze kites opgevouwen minder ruimte in beslag.

5.3 Kitecontroller marktonderzoek

In deze paragraaf wordt er gekeken naar de verschillende kitecontrollers die zijn uitgebracht. Op enkele van deze producten zijn ook patenten aangevraagd Het patent onderzoek is opgenomen in bijlage 3: Octrooionderzoek. Deze stukken dienen niet alleen als marktverkenning maar ook als inspiratie voor de ontwerpfase.

5.3.1 Pacific Sky Power

De kitecontroller is een dusdanig innovatief product dat er maar één vergelijkbaar product op de markt is. Dit product is van Pacific sky power (Tracy, sd). Zij hebben twee variaties op het product: een controller voor twee lijnen en een voor vier lijnen.



Figuur 5 Rx controller met twee lijnen



Figuur 6 Rx4 controller met 4 lijnen

De kitecontroller van Pacific Sky Power kan worden gebruikt bij windsnelheden van Snelheid 5,5-7,9 m/s of 10 knopen. Het maximaal te gebruiken kiteoppervlak is 2,5m². Deze kitecontroller is vooral bedoeld voor het rustig 'cruisen'. De kitecontroller weegt 1.3 kilogram en is gemaakt van aluminium, kunststofbuizen en roestvaststaal.



Figuur 7: De Rx controller in gebruik

Voor het rustig voortbewegen zijn er geen aanpassingen nodig aan de kano. Om meer controle te krijgen over de kano en in geval van ruw water wordt er wel aangeraden om een roer en/of zwaard te gebruiken.

Voor het lanceren van de kite dient deze eerst in de wind op de voorkant van de kano te worden gelegd zodat deze wind vangt. Vervolgens kan de kite

worden afgehaspeld. De kite kan volgens dezelfde methode weer worden opgehaspeld. De kite kan met de controlbar worden bestuurd.

5.3.2 Verouderde modellen

De bovenstaande kitecontroller is de enige commercieel beschikbare kitecontroller. Er zijn echter wel vergelijkbare producten te vinden op verschillende fora. Zoals de Flowbee, Reelbar, Kiteski en de Unreelbar. Deze vier kitecontrollers zijn ontwikkeld tijdens de opkomst van kitesurfen. Deze producten zijn uiteindelijk niet succesvol geworden omdat deze voor het kiteboarden niet veilig genoeg waren. Echter, de risico's zijn bij het kitezeilen kleiner vanwege de lagere vaarsnelheden en het gebruik bij minder hoge windsnelheden.

5.4 Veldonderzoek

Om de klantenwensen van de bestaande markt in kaart te brengen is er ook een veldonderzoek uitgevoerd. In dit rapport is de samenvatting weergegeven, het uitgebreide verslag van het veldonderzoek is te vinden in bijlage 4: Veldonderzoek

5.4.1 KiteTender

KiteTender is een boot special ontwikkeld voor het kitezeilen (Renssen, sd). De manier van kitezeilen en de kennis die hiervoor nodig is, is vergelijkbaar met het kitezeilen met een kano.

De kennis die nodig is om dit product te ontwikkelen en te gebruiken is zeer relevant voor het gehele project. Het grote verschil is dat de KiteTender qua formaat ± 3 keer zo groot is en dynamischer. De kitecontroller in combinatie met de kano worden gebruikt om rustig te kunnen varen, maar de vaar- en kitetechnieken zijn hetzelfde.



Figuur 8 Kitetender

Door de grote overlap met dit project is er contact opgenomen met de oprichter Peter Renssen. Het grootste leerpunt is om gewoon een aantal kites te pakken van verschillende formaten en hiermee onder verschillende windsnelheden testen te doen en de krachten te meten. Op basis van deze krachten kunnen de berekeningen worden uitgevoerd.

Daarnaast is er samen met Peter de bovenstaande kitecontroller van Pacific Sky Power behandelt. Het leerpunt hierin is dat de haspel op de bar zelf zit waardoor bij het binnen haspelen van de kite van de kitebar heel instabiel wordt. Dit wiel dient dicht bij de gebruiker te zitten waardoor het haspelen beter controleerbaar wordt.

5.4.2 Parafoil

De Kitetender is een zeer wendbaar systeem. De gebruikte power kites leveren juist hun kracht door de gebruikte vliegtechnieken. Daarnaast zijn de boten zeer wendbaar en kan je de boot sturen met de kite.

De Parafoil-kite heeft maar één lijn waardoor deze dus niet kan worden gestuurd. Dit betekent ook dat deze minder kracht levert. Om de kano op koers te houden dient er een anker te worden gebruikt achter de kano. Anders gaat de kano namelijk afdrijven en moet dit constant worden gecorrigeerd door de gebruiker. Dit gaat uiteraard ten kosten van de snelheid. Een groot voordeel van dit systeem is dat je hiermee rustig kan varen. Nadeel is echter dat je door het anker dit systeem alleen in diep water kan gebruiken. En doordat de kite niet bestuurbaar is, is er genoeg wateroppervlakte nodig om gebruik te maken van dit systeem.



Figuur 9: Kitetender 400 prototype



Figuur 10: Parafoil kite in gebruik

5.4.3 Kanoshop.nl

Aangezien kitezeilen in dit project wordt uitgevoerd met een kano is het nodig om basiskennis op te doen over kano's. Is een kano bijvoorbeeld stabiel genoeg en kan deze zijn koers houden wanneer deze wordt voortgetrokken door een kite. Maar ook



Figuur 11: Kanoshop.nl

het in kaart brengen van de wensen van de klant. Bovendien is het belangrijk om een 'feeling' te creëren voor het product. Om deze reden was er met de gehele KanoePack groep een excursie gepland naar www.kanoshop.nl.

Er is gekeken naar kano's die gebruikt kunnen worden voor kitezeilen. Het gros van de kano's die beschikbaar waren kunnen worden gebruikt voor kitezeilen. Een trend die de Kanoshop ziet is dat de kanomarkt opzoek is naar nieuwe methodes van voortbewegen en zo het kanoën weer 'Kicken' wil maken. De kanoshop.nl gaf aan dat het kitezeilen binnen deze trend valt.



Figuur 12: Eén van de nieuwe trends, trap aandrijving

5.5 Functieanalyse

In dit hoofdstuk wordt de vraag 'wat moet het product nu eigenlijk allemaal kunnen?' beantwoord. Dit wordt gedaan door een functieanalyse te doen. Hierin worden eerst de input en output bepaald. Vervolgens worden de verschillende functies van de kitecontroller bepaald en wordt er een functieboom gemaakt. De gebruikte methodiek komt uit het boek Ontwerpen van technische innovaties (Oskam, Cowan, Hoiting, & Souren, 2011)

5.5.1 Input en output bepalen

De functies van de kitecontroller kunnen worden achterhaald door het product te beschouwen als een blackbox. Er wordt gekeken wat er in product en uit het product gaat. Dit wordt gedaan met materie, energie en informatie.

In		Uit	
Materie	Kitelijnen	Kitecontroller	Kitelijnen
Energie	Kracht van de kite Kracht van gebruiker Rotatiekracht		Beweging en rotatie
Informatie	Energieoverdracht		Feedback van kitebewegingen op kitecontroller Opgerolde afstand

Tabel 3 Input output tabel op basis van Ontwerpen van technische innovaties

5.5.2 Functies formuleren

In deze paragraaf worden de functies van de kitecontroller geformuleerd, vervolgens worden deze functies vanuit die invalshoeken bekeken en geformuleerd. Hierna wordt de functieboom opgesteld.

Op basis van klantenwensen

- Kite oplaten vanuit de boot.
- Compact en makkelijk te vervoeren.
- Zo licht mogelijk.
- Hip uiterlijk.
- Kitecontroller opvouwbaar maken.
- Drijven.
- Kitecontroller snel van gebruiker los kunnen koppelen.

Op basis van input en output

- Lijnen binnenhalen.
- Constructie stijf genoeg.
- Alle krachten op kunnen nemen.
- De lijnen op- en afhaspelen.
- Lijnen remmen.
- Lijnen vastzetten.

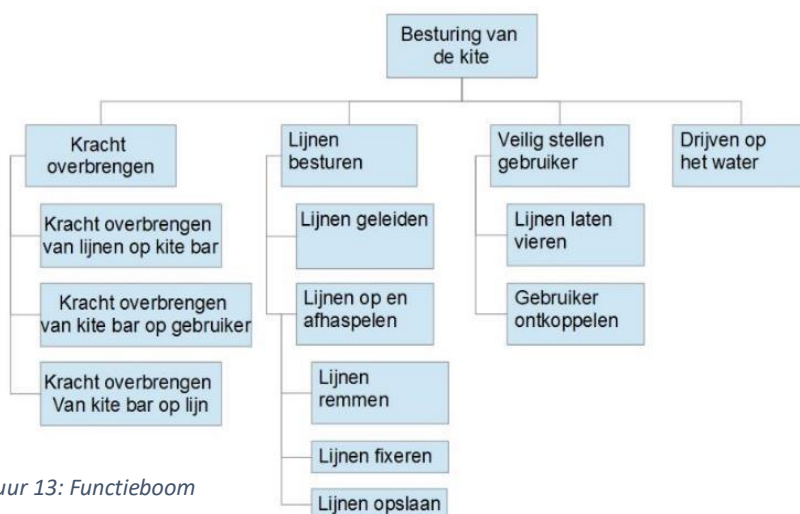
5.5.3 Op basis van functiegroepen

Op basis van (Oskam, Cowan, Hoiting, & Souren, 2011) zijn er drie functiegroepen geselecteerd.

Functie groepen	Per aspect
	Materie: -
Verwerken	Energie: -
	Informatie: -
Transporteren	Materie: op- en afhaspelen van kitelijnen
	Energie: toevoegen van rotatie kracht
	Informatie: op gehaspelde lengte draad
Opslaan of bufferen	Materie: bufferen van de kitelijnen
	Energie: -
	Informatie: op gehaspelde lengte draad

Tabel 4 Functie groepen

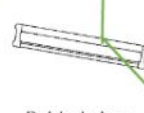
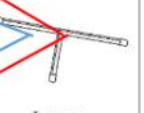
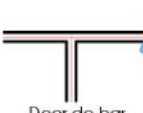
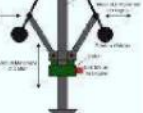
5.5.4 Functie boom

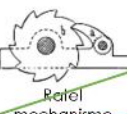
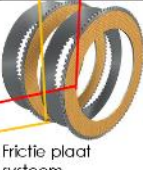


Figuur 13: Functieboom

6 Ontwerp

Gedurende de ontwerpfase zijn er ideeën uitgewerkt door middel van schetsen. Waarna er een morfologisch overzicht is gemaakt. Op basis van dit morfologisch overzicht is er een aantal concepten opgesteld. Deze concepten zijn allemaal uitgewerkt tot een CAD-model, waarna er een definitief ontwerp is gekozen. De uitgebreide uitwerking en beschrijving van de concepten en ideeën voor de totaaloplossing zijn te vinden in de bijlage 5: Ideeën voor de totaal oplossing en bijlage 6: Uitgebreide beschrijving concepten

Functie:	1	2	3	4	5	
Drift mogelijkheden  Drijvers aan de lijn  De bar zelf is drijvend  Drijvende lijnen  Niet drijven						
Kracht overbrengen op de kite lijnen  Rechte bar  Dubbele bar  Twee losse systemen  I vorm  Halve maan  Stuur						
Kracht overbrengen op de gebruiker  Eén lijn van bar naar gebruiker  Gelieerde as op de bar naar de gebruiker  Twee lijnen naar gebruiker						
Lijn geleiding op de bar  Door de bar  Over de bar  Geen geleiding op de bar, haspels op uiteinde bar  Geen geleiding op de bar, lijnen worden op de bar gehaspeld						
Lijn geleiden  Katrol  Glij geleiding  Geen geleiding op de bar, haspels op uiteinde bar  PTFE Tubes  Geen geleiding op de bar, lijnen worden op de bar gehaspeld						
Lijnen opstaan  Vismolen draad haaks op haspel  Vis molen draad recht as  In de lengte richting ophaspelen  Lijnen om bar heen haspelen						
Aandrijven  Veer mechanisme  Aandrijf hendel met lange arm  Handmatig binnenhalen  Draad binnen halen met dubbele bar  Elektrische aandrijving  Aan wiel draaien						
Lijn laten vieren  Frictie rein  Vloeistof snelheidsbegrenzer  Wall regulator  échappement  Handmatig touw laten vieren  Aandrijving gebruiken als rem						

Lijnen fixeren						
Ontkoppelen						

Tabel 5 Morfologisch overzicht

6.1 Concepten generatie

In deze paragraaf zijn de vier concepten uit het morfologisch overzicht uitgewerkt. Voor elk concept is er een CAD-model gemaakt in Fusion 360. De concepten hebben een gelijk niveau van uitwerking. De uitgebreidere uitwerking van de concepten is te vinden in bijlage 5: Ideeën voor de totaal oplossing en bijlage 6: uitgebreide beschrijving concepten. Let op in de concept generatie fase is een voorlopig ontwerp opgeleverd. De focus ligt op de functionaliteit. In de detailleringfase wordt het ontwerp verder uitgewerkt.



Figuur 14: Chicken loop

In elk concept is er gekozen voor de chickenloop met als hoofdreden dat deze al ver is ontwikkeld in de kiteboardmarkt en het veiligheidssysteem zich al heeft bewezen. Om deze reden is het niet rendabel om de Chickenloop zelf te ontwikkelen.

Voor de constructie van de kitebar is er gekozen voor buizen van aluminium. Het verbindingsblok is gemaakt van aluminium. Het verbindingsblok kan met een kliksysteem worden gedemonteerd voor vervoer. Dit is een wens van de opdrachtgever en wordt afhankelijk van het gekozen concept verder uitgewerkt.



Figuur 15: Constructie



Figuur 16: Gebruikte lijnen

In de concepten is er gebruik gemaakt van een standaard kitelijn. Welke lijnen er uiteindelijk worden gebruikt is afhankelijk van de keuze van de gebruiker. In het ontwerp wordt er met de meest gebruikte kitelijnen rekening gehouden, dit zijn Dynamo-lijnen. Deze kitelijnen hebben een maximaal toelaatbare kracht hebben van 1000N.

6.1.1 Concept 1

Concept 1 maakt gebruik van een T-vormige bar waarbij de lijnen door de bar naar de haspel toe lopen. Deze lijnen worden geleid door PTFE-tubes of een vergelijkbaar materiaal. Doordat de buizen geen gesloten ruimte zijn moeten er drijvers worden gemonteerd. Deze zijn aan de lijnen gemonteerd en gedurende op- en afhaspelen blijven deze dicht bij de bar.



Figuur 17 Concept 1

Het op- en afhaspel systeem kan worden gemaakt met een vismolen of een zelf ontwikkeld haspelsysteem. De haspel zit tussen de gebruiker en de bar in gemonteerd waardoor de trillingen op de bar beperkt blijven gedurende op- en afhaspelen. Hierdoor is het op- en afhaspelen eenvoudiger met één hand te doen. Vanaf de vismolen is de chickenloop gemonteerd die vervolgens aan het harnas van de gebruiker is gekoppeld.

6.1.2 Concept 2

Concept 2 heeft een lange kitebar die in het midden is verbonden aan de chickenloop. De haspels zijn op de uiteindes bevestigd. Deze haspels worden aangedreven door de handvaten op de kitebar. Voordeel van deze aandrijving is dat de handen de kitebar niet los hoeven te laten om de lijnen op- of af- te haspelen. Daarnaast kunnen de lijnen nu individueel worden op of afgehaspeld hierdoor kan er beter tegen de wind in worden gevaren. De haspels dienen voor deze toepassing te worden ontwikkeld. Voor het fixeren van de lijnen is er gekozen voor een frictierem.

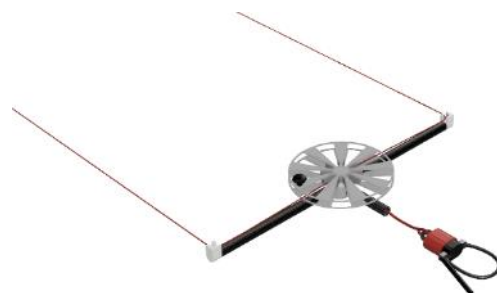


Figuur 18 Concept 2

6.1.3 Concept 3

Dit concept is gebaseerd op het product van Pacific Sky Power. In het midden is een grote haspel aanwezig waar alle draden op kunnen worden gehaspeld. Deze schijf wordt met de hand aangedreven door een knop op de haspel. Ook in dit concept wordt er gebruik gemaakt van een frictierem. Deze rem kan worden vergrendeld door de knop te draaien. Uit het product van Pacific Sky Power blijkt al dat de gebruiker voldoende kracht kan leveren om de lijn op of af te haspelen.

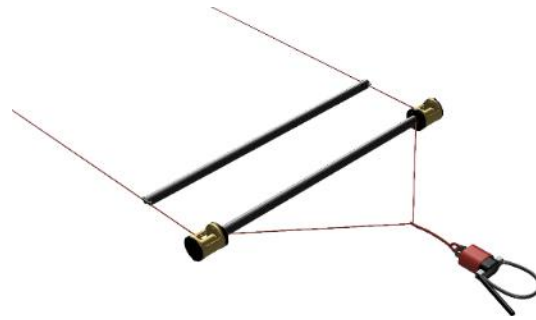
Doordat de haspel midden op de bar zit moet er gebruik worden gemaakt van een T-vorm zodat de chickenloop veilig kan worden gemonteerd zonder dat deze de haspel raakt. Doordat de bar hol vanbinnen is, is deze zelfdrijvend.



Figuur 19 Concept 3

6.1.4 Concept 4

Bij dit concept is van het bovenstaande haspelprincipe afgeweken. Deze haspels worden namelijk aangedreven zoals bij een stofzuiger- of lucht slang haspel. Dit betekent dat er een veer in de haspel zit die de lijnen oprolt als er geen spanning op de lijnen staat. Met de bovenste bar kunnen de lijnen spanningsloos worden gemaakt. De bovenste bar wordt aan de lijn geklemd waarna deze naar de gebruiker wordt bewogen. Hierdoor worden de lijnen tussen de bovenste en onderste bar spanningsloos waardoor de lijnen worden opgerold. Het laten vlieren van de lijnen gebeurt op een vergelijkbare manier



Figuur 20 Concept 4

Voor het vastklemmen van de lijnen aan de bovenste bar is gebruik gemaakt van een clamcleat. Dit is een klem die de lijnen vastklemt (zie tabel 4) deze klem wordt veel gebruikt in de zeilsport en is zeer duurzaam. In dit concept is de verbinding van de bar op de chickenloop opgesplitst omdat er is gekozen voor één lange rechte bar.

6.2 Ontwerp keuze

In dit hoofdstuk wordt het beste ontwerp gekozen. Dit wordt gedaan aan de hand van het definitieve pakket van eisen en wensen uit de analysefase. Vervolgens worden er concepten gecombineerd tot het voorlopige ontwerp. Dit ontwerp wordt in de detailleringfase verder uitgewerkt.

6.2.1 Toetsing aan de eisen

In deze paragraaf wordt er per concept gekeken of deze voldoet aan het pakket van vaste en variabele eisen. Er wordt gekeken naar de eisen waar alle concepten aan voldoen, waarna de overgebleven eisen per concept worden bekeken. Er wordt dan ook gekeken in welke mate deze concept deze eis vervullen. Voor sommige eisen moet er een schatting worden gemaakt of er aan de eis wordt voldaan.

Eisen waar alle vier de concepten aan voldoen.

- Maximale maten in functionerende staat
- Formaat van de kite
- Bruikbaarheid bij bepaalde minimale en maximale windkracht
- Kitecontroller dient in enkele seconden te kunnen worden losgekoppeld van de gebruiker

Concept #1

Dit concept is het lichtste concept van de vier. Dit heeft als hoofdreden dat er mogelijk gebruik wordt gemaakt van een standaard vismolen die rond de 500gram weegt. Als er wordt gekozen voor het zelf ontwikkelen van de haspel moet dit gewicht opnieuw worden onderzocht. De gebruikte constructie is daarnaast vergelijkbaar met de andere concepten.

Doordat er meer ruimte is bij het koppelstuk, kan er eenvoudig een demontabel mechaniek worden ontworpen die goed toegankelijk is. Er is geen haspel of ander systeem dat in de weg zit. Hierdoor is de kitecontroller ook sneller te demonteren.

Concept #2

Door het gebruik van de meerdere haspels en vertanding voor de krachtoverbrenging is dit het zwaarst concept. Ook neemt dit concept meer volume in door de meerdere haspels. Door het grote aantal onderdelen is er een hogere ombouwtijd dan bij de andere concepten.

Concept #3

Dit concept voldoet aan alle eisen, maar is niet het lichtst door het haspelformaat en de gebruikte rem. Daarnaast kost het ombouwen van de kitecontroller meer tijd dan concept 1, omdat de haspel bovenop het koppelmecanisme is gemonteerd waardoor hier aanzienlijk minder ruimte beschikbaar is.

Concept #4

Concept 4 is het meest complexe concept. Dit is te wijten aan het systeem van de tweede bar en het aantal onderdelen, zoals de dubbele haspels en het veermecanisme. Daarnaast is dit het zwaarste concept door het gebruik van de tweede bar en het veersysteem. Ook komt de gebruiker gedurende gebruik zeer dicht bij de lijnen wat gevaarlijke situaties op kan leveren.

6.2.2 Keuzematrix de wensen en variabele eisen

Bij de vorige paragraaf is er gekeken naar de eisen. In deze paragraaf wordt er gekeken naar de wensen. Drie van de vier concepten voldoen aan alle eisen. Daardoor is het van belang dat de concepten tegenover elkaar worden afgezet. Hiervoor is gebruik gemaakt van een keuzematrix. De weegfactor is bepaald door de verschillende wensen met elkaar te vergelijken.

Wens	Weeg- factor	Concept #1	Concept #2	Concept #3	Concept #4	Ideaal
Design visie past binnen KanoPack	4	4	1	3	2	4
Licht mogelijk	2	-	-	-	-	4
Compact mogelijk	1	-	-	-	-	4
Snel mogelijk ombouwen	3	4	1	2	3	4
De kite zo makkelijker mogelijk lanceren	4	3	2	4	1	4
Min mogelijk onderdelen	2	4	2	3	1	4
Punten:		48	19	40	23	64
Percentage van ideaal		75%	30%	62,5%	36%	100%

Tabel 6 keuzematrix op basis van de wensen

*In de detailleringsfase wordt er een materiaalkeuze gemaakt.

6.2.3 Voorlopig ontwerp

Op basis van de toetsing aan de eisen en de keuzematrix is er gekozen voor concept 1. Dit concept heeft een aantal voordelen ten opzichte van de andere concepten waaronder de weggewerkte lijnen, de haspel die tussen de gebruiker en de bar inzitten en de eenvoud van het idee. De grootste uitdagingen voor de ontwerpfase zijn het ontwerpen van de haspel, materiaalkeuze en de comprimeermogelijkheid.

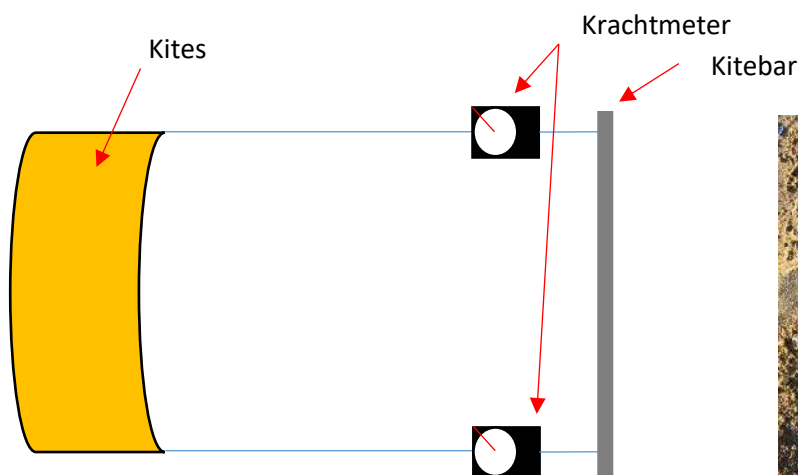
7 Detaillering

7.1 Parameters vaststellen

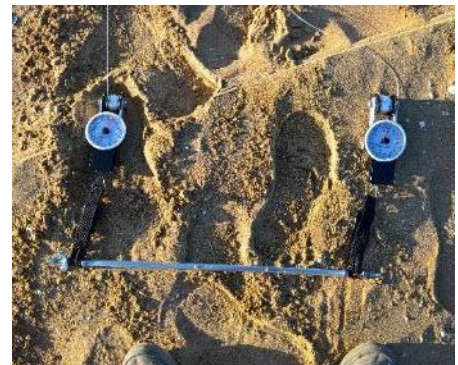
Voor de berekeningen zijn input waarden nodig. Gezien de situatie konden deze input waarden niet zomaar ergens vandaan worden gehaald. Deze inputwaarden moesten op basis van ervaring worden vastgesteld. Op basis van deze praktijk metingen kan er een theoretisch model worden opgesteld. In dit hoofdstuk wordt kort de testopstelling en de resultaten besproken. In bijlage 7: Parameters vast stellen is het uitgebreide verslag opgenomen.

7.1.1 Test opstelling

Om de parameters vast te stellen moeten er metingen worden gedaan. De meetopstelling en de gebruikte componenten worden in dit hoofdstuk beschreven. In de onderstaande figuren is de test opstelling weergegeven zoals de metingen worden gedaan in de praktijk.

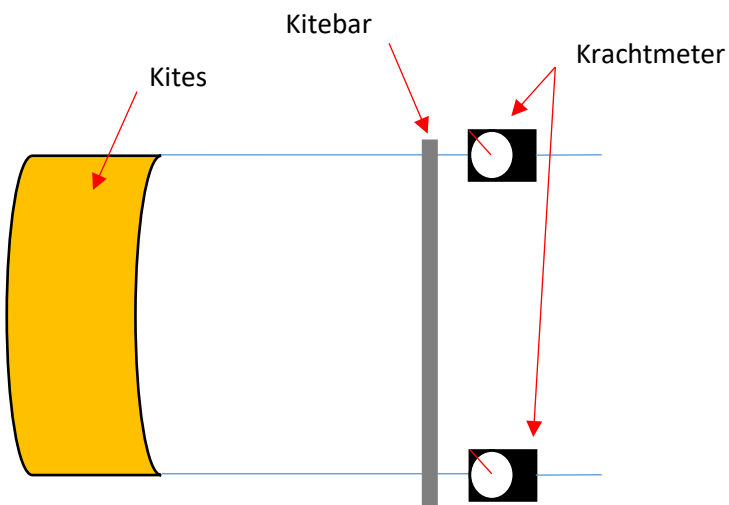


Figuur 21 Meet opstelling 1



Figuur 22 Praktijk situatie

In de onderstaande figuur is de test opstelling weergegeven zoals bij de kitebar die niet kon worden aangepast, omdat de kite was geleend en de lijnen niet konden worden aangepast.



Figuur 23 Meet opstelling #2



Figuur 24 Praktijksituatie

7.1.2 Meet resultaten

Er zijn twee keer metingen vericht met de verschillende windsnelheden. Deze metingen zijn uitgevoerd samen met Robin Blok. Robin Blok is een ervaring kitesurfer die tijdens de test gebruikmaakte van een 3 m². Doordat Robin Blok veel ervaring heeft was ook mogelijk om metingen te doen bij lastigere vliegtechnieken.

Meting 1: 22 november 2016

Windrichting:	NW
Windsnelheid:	6 m/s
Windvlagen*:	8 m/s
Kite: 0,73m ²	10kg – 100N
Kite: 1,6m ²	16kg – 160N
Kite: 3 m ²	46kg – 460N

Tabel 7 Meet resultaten meting 1

Meting 2: 25 november 2016

Windrichting:	Z
Windsnelheid:	5.3 m/s
Windvlagen*:	7 m/s
Kite: 0,73m ²	8kg – 80N
Kite: 1,6m ²	12kg – 120N
Kite: 3 m ²	40kg – 400N

Tabel 8 Meet resultaten meting 2



Figuur 25: Robin Blok in actie

*De maximaal gemeten windvlaag

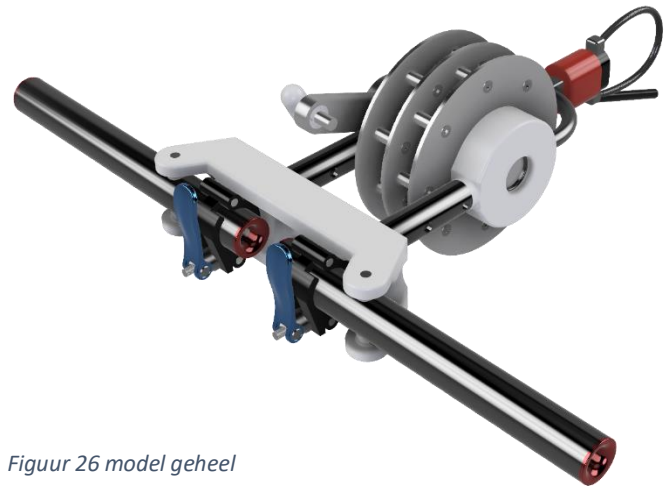
Gedurende de metingen bleek hoe onvoorspelbaar de wind is en wat voor invloed dit heeft op de meetresultaten. Er zijn veel factoren die invloed hebben op de geleverde kracht, zoals omgeving, lijnlengte, vliegtechniek en windvlagen. Wanneer er door de powerzone wordt gevolgen en bij een windvlaag levert de kite zoals verwacht de meeste kracht.

7.1.3 Conclusie

Gedurende de metingen was de ervaring dat geleverde kracht zeer onvoorspelbaar is. En is er met Robin Blok gekeken naar de vaststelling van de maximale lijnkracht. Op basis van de opgedane kennis en expert feedback is er besloten om een veiligheidsfactor van 3 te gebruiken over de maximaal gemeten kracht wat betekent dat de maximale lijnkracht op $F_L = 1500 \text{ N}$ per lijn staat

7.2 Berekeningen

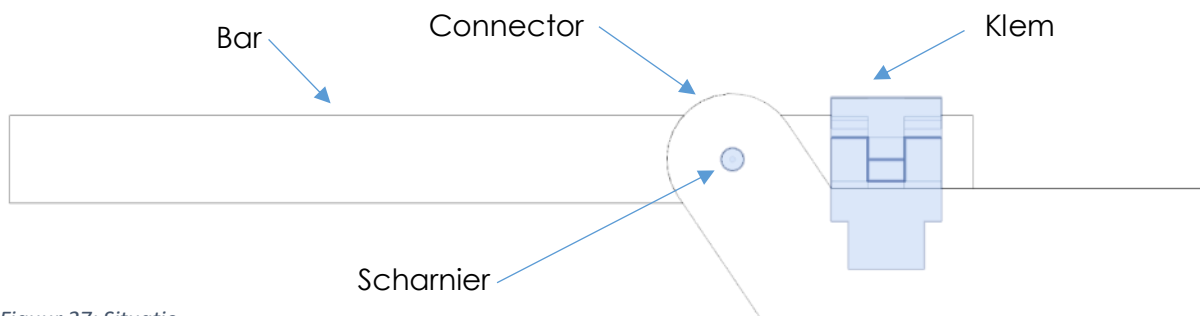
Er is een parametrisch CAD-model opgesteld waarna de kritische componenten zijn doorberekend. Dit CAD-model is met Autodesk Fusion 360 gemaakt. De berekeningen worden handmatig gedaan waarna deze worden gecontroleerd met de simulatie software. Hiervoor worden de programma's Femap en Fusion 360 gebruikt. Voor de gegevens van de materialen is gebruik gemaakt van CES Edupack. De belangrijkste berekeningen staan in dit rapport, de uitgebreide berekeningen zijn opgenomen in bijlage 8: Berekeningen



Figuur 26 model geheel

7.2.1 Bar

Het eerste onderdeel dat wordt doorberekend is de buis waar de lijnen doorheen lopen, en die de gebruiker vasthoudt. Eerst worden er handberekeningen uitgevoerd waarna deze worden gecontroleerd in Femap. Er is voor Femap gekozen, omdat het een vereenvoudigd model van de kitebar betreft. Daarnaast hoeft voor de bepaling van de reactiekrachten geen CAD-model te worden geïmporteerd dus is Femap zeer geschikt voor deze controle.

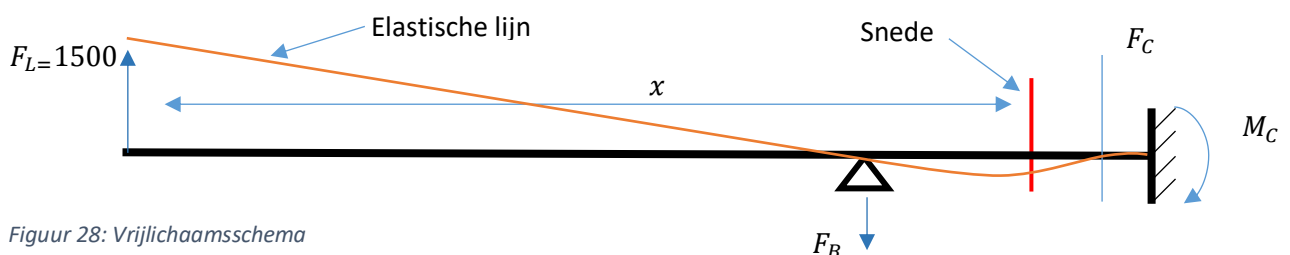


Figuur 27: Situatie

Als de kitebar los wordt gelaten door de gebruiker, blijft de kite 'gewoon' vliegen. Op dit punt komen alle krachten op de kitecontroller en worden deze door de kitecontroller doorgegeven aan de gebruiker, oftewel: dit is de kritische situatie voor de kitecontroller. De kracht van de lijnen is in het verlengde van de kitecontroller waardoor het krachtenstelsel in één vlak liggen.

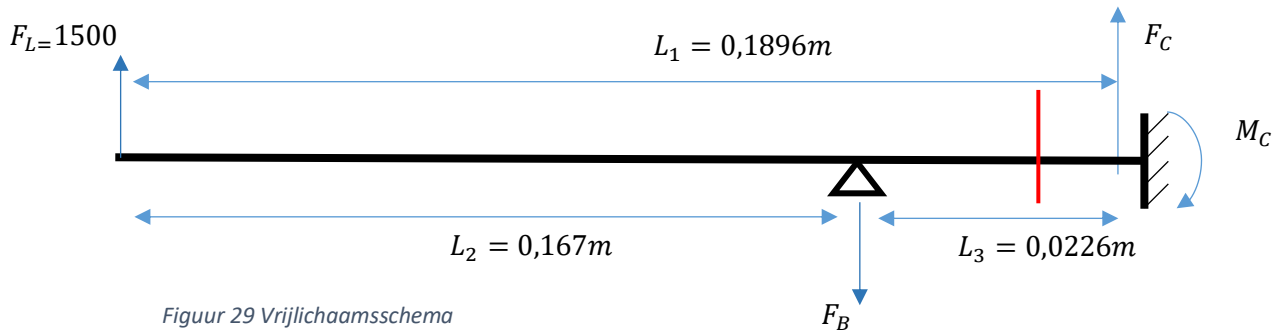
7.2.1.1 Reactiekrachten (volgens de Integratie methode)

Uit het vrijlichaamsschema blijkt dat de situatie statisch onbepaald is. Om deze reden wordt er gebruik gemaakt van de integratie methode om de reactiekrachten te bepalen. Hiervoor moet een snede worden gemaakt, waarna de momentenfuncties kunnen worden opgesteld.



Figuur 28: Vrijlichaamsschema

Momentfunctie



Figuur 29 Vrijlichaamsschema

$$M = 1500x - F_b(x - L_2)$$

Vervolgens kunnen de voorwaarden worden gesteld. De E & I zijn in deze situatie constanten.

$$EI \frac{d^2v}{dx^2} = 1500x - F_b(x - L_2) \quad v = 0 \text{ in } x = L_1$$

$$v = 0 \text{ in } x = L_2$$

$$EI \frac{dv}{dx} = \frac{1500x^2}{2} - \frac{F_b * x^2}{2} + F_b * L_2 * x + C_1 \quad \theta = 0 \text{ in } x = L_1$$

$$C_1 = -26,99 - F_b 0,013689$$

$$C_2 = 3,338 + F_b 0,0007335$$

Hieruit volgt de reactiekracht in het scharnier $F_b = 18463,57 \text{ N}$. Op basis van de evenwichtsvergelijkingen kunnen de andere reactiekrachten worden berekend.

$$\sum F_y = F_L - F_B + F_C = 0 \quad 0 = 1500 - 18463,57 + F_C$$

$$F_C = 16963,57 \text{ N}$$

$$\sum M = F_L * L_1 - F_b * L_3 - M_C = 0 \quad 0 = 1500 * 0,1896 - 18463,57 * 0,0226 - M_C$$

$$M_C = 132,87 \text{ Nm}$$

Reactiekracht:

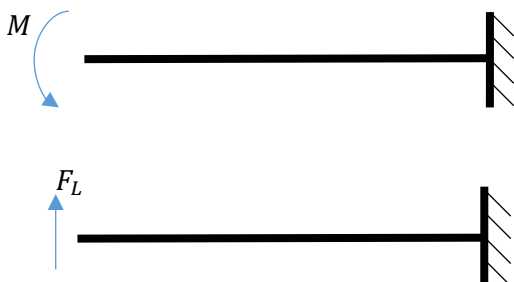
$$F_b = 18463,57 \text{ N}$$

$$F_C = 16963,57 \text{ N}$$

$$M_C = 132,87 \text{ Nm}$$

7.2.1.2 Reactiekrachten (superpositie methode)

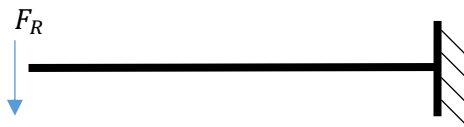
Om de bovenstaande berekening te controleren, wordt er gebruik gemaakt van een alternatieve methode, de vergeet-me-nietjes. Om de 'vergeet-me-nietjes' te gebruiken moet de kracht op het uiteinde worden verplaatst naar het scharnier. Hierdoor wordt er een moment toegevoegd ter hoogte van het scharnier.



$$v_{max} = \frac{ML_3^2}{2EI}$$

$$M = L_2 * F_L$$

$$v_{max} = \frac{F_L L_3^3}{3EI}$$



Tabel 9 Vergeet-me-nietjes

$$v_{max} = \frac{F_R L_3^3}{3EI}$$

$$0 = \frac{L_2 * F_L * L_3^2}{2EI} + \frac{F_L L_3^3}{3EI} - \frac{F_R L_3^3}{3EI}$$

Hieruit volgt de reactiekracht in het scharnier $F_R = 18126,11 \text{ N}$ Op basis van de evenwichtsvergelijkingen kunnen de andere reactiekrachten worden berekend.

$$\sum F_y = F_L - F_B + F_C = 0$$

$$0 = 1500 - 18126,11 + F_C$$

$$F_C = 16626.11 \text{ N}$$

$$\sum M = F_L * L_1 - F_b * L_3 - M_c = 0$$

$$0 = 1500 * 0,1896 - 18126,11 * 0,0226 - M_c$$

$$M_c = 125,25 \text{ Nm}$$

Reactiekracht:

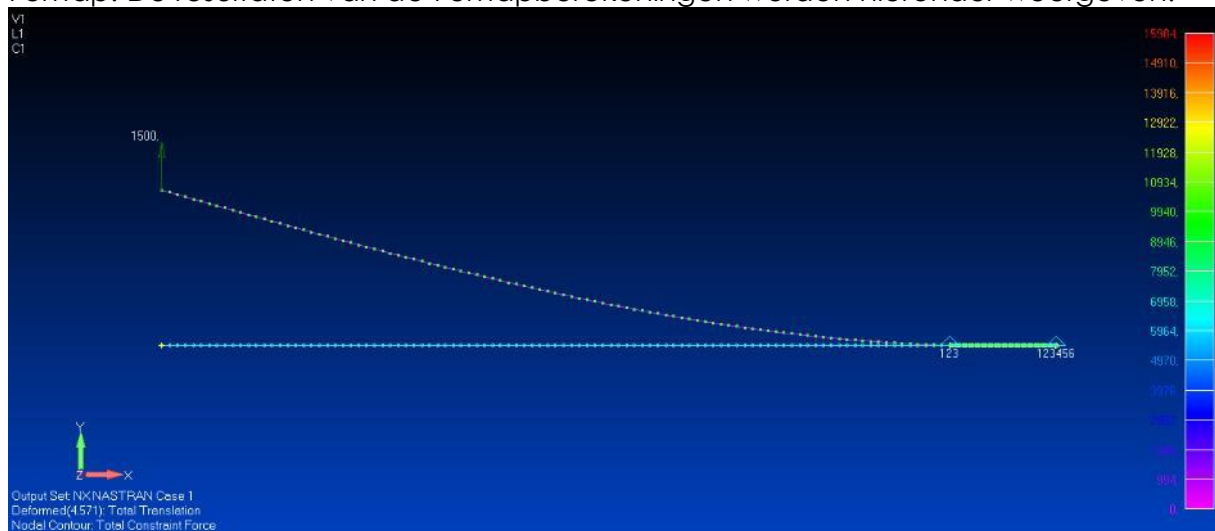
$$F_b = 18126,11 \text{ N}$$

$$F_C = 16626.11 \text{ N}$$

$$M_c = 125,25 \text{ Nm}$$

7.2.1.3 Controle reactiekrachten met Femap

Voor het controleren van de bovenstaande berekeningen is er gebruik gemaakt van Femap. De resultaten van de Femapberekeningen worden hieronder weergegeven.



Figuur 30: Femap resultaten

Output Set 1 - NX NASTRAN Case 1

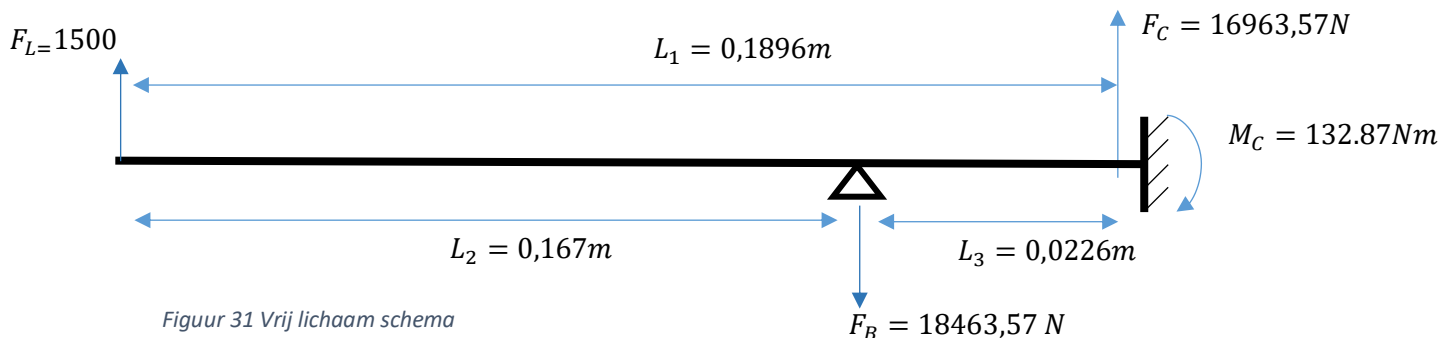
Set MAX/MIN Summary Table

Minimum			Maximum			
Set	ID	Value	Set	ID	Value	
1	1	0.	1	1	0.	T1 Constraint Force
1	101	-15903.6	1	1	14403.6	T2 Constraint Force
1	1	0.	1	1	0.	T3 Constraint Force

Alle waarden uit Femap zijn in Newton uitgedrukt

7.2.1.4 Conclusie reactiekrachten

Bovenstaande resultaten zitten in de dezelfde orde van grootte als de integratie- en superpositiemethode, wat de handmatige berekening bevestigt. In het vervolg wordt er met de volgende reactiekrachten gerekend:



Figuur 31 Vrij lichaam schema

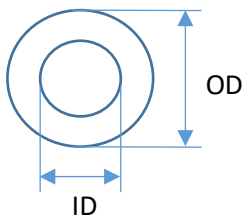
7.2.1.5 Maximale doorbuiging

In de ontwerpfase is er gekozen voor een aluminium buis voor de bar. Dit is gedaan omdat aluminium buizen relatief goedkoop en goed verkrijgbaar zijn. De gegevens van de aluminium buis zijn hieronder genoemd. Deze gegevens komen uit CES EduPack.

Afmetingen buis

OD = 25 mm

ID = 18 mm



Materiaal specificaties

Aluminium EN AW-6060 T6

Ronde buizen, geëxtrudeerd

Chemische samenstelling = EN 573-3

Mechanische samenstelling = EN 755-2

kg/m = 0,57

7.2.1.6 $E = 69 \text{ kN/mm}^2$

Figuur 32 Bemating buis

Als eerste moet de massa traagheid worden bepaald op basis van de bovenstaande gegevens. De E waarde is gevonden uit CES EduPack.

$$I_{\text{buis}} = \frac{\pi(OD^4 - ID^4)}{64}$$

$$1,40218 \cdot 10^{-8} = \frac{\pi(0,025^4 - 0,018^4)}{64}$$

Voor het bepalen van de maximale doorbuiging wordt er gebruik gemaakt van de integratiemethode. De formule uit de vorige berekening kan hiervoor worden gebruikt.

$$EIv = \frac{1500x^3}{6} - \frac{F_b \cdot x^3}{6} + \frac{F_b \cdot L_2 \cdot x^2}{2} + C_1x + C_2$$

De doorbuiging wordt bepaald op locatie $x = 0$

$$EIv = 0 - 0 + 0 + 0 + C_2$$

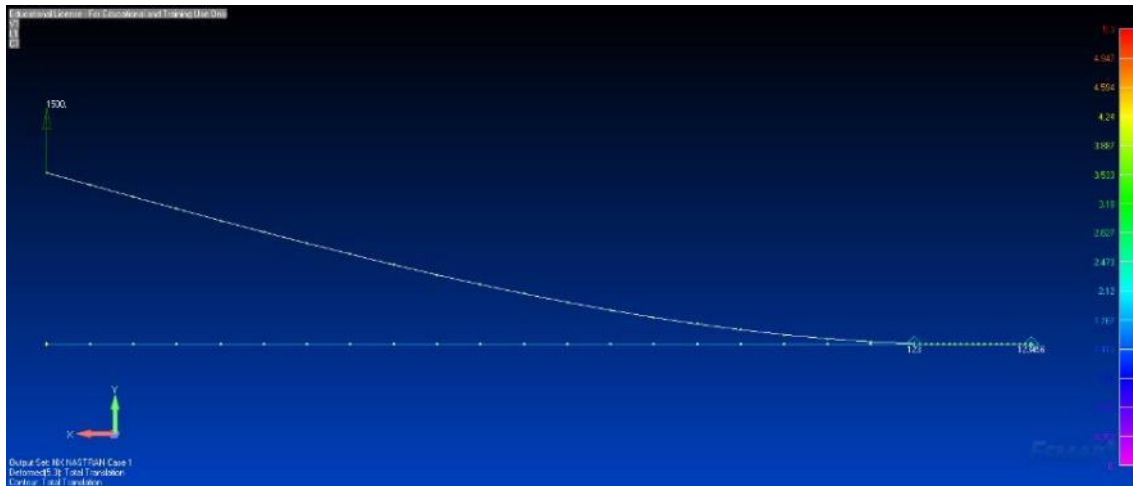
$$C_2 = 3,338 + F_b 0,0007335$$

$$v = \frac{3,338 + F_b 0,0007335}{EI}$$

Invullen geeft:

$$v = \frac{3,338 + 18463 * 0,0007335}{69 * 14,02} = 0,017\text{m} \approx 17\text{mm}$$

Doorbuiging Femap



Figuur 33 Femap resultaten

Output Set 1 - NX NASTRAN Case 1

D I S P L A C E M E N T V E C T O R							
POINT ID.		T1	T2	T3	R1	R2	R3
12	G	0.	-1.591147E-2	0.	0.	0.	1.797359E-3
42	G	0.	5.300221E+0	0.	0.	0.	4.443463E-2

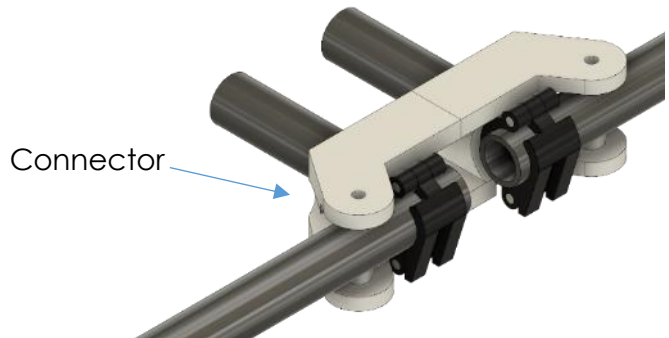
Output Set 1 - NX NASTRAN Case 1

Set	MAX/MIN Summary Table		Set	ID	Value
T2 Translation	Minimum		1	12	-0.015911
	Maximum		1	42	5.30022
R3 Rotation	Minimum		1	12	0.0017974
	Maximum		1	42	0.044435
Final	MAX/MIN Summary Table		Set	ID	Value
T2 Translation	Minimum		1	12	-0.015911
	Maximum		1	42	5.30022
R3 Rotation	Minimum		1	12	0.0017974
	Maximum		1	42	0.044435

Alle waarden uit Femap zijn in mm uitgedrukt

7.2.2 Connector

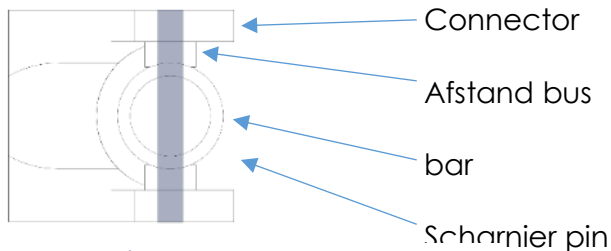
De connector is het onderdeel dat de kitebar verbindt met de haspel. De bar scharniert op de connector en wordt gefixeerd door een klem. De connector heeft een zeer complexe vorm, waardoor een aantal berekeningen niet handmatig worden gedaan. Deze worden gedaan met Fusion 360. De reden dat er is gekozen voor Fusion 360, in tegenstelling tot het eerder gebruikte Femap, is de eenvoud van de simulatie. Uit ervaring blijkt dat Femap zeer foutgevoelig is om een geïmporteerd CAD-model te simuleren. Deze kan vervolgens niet worden gecontroleerd door handberekeningen. Fusion 360 gebruikt daarnaast net als Femap de solver NX Nastran. Ook de modellen zijn in Fusion 360 gemodelleerd, waardoor deze eenvoudig kunnen worden overgenomen in dezelfde simulatie. Als laatste is Fusion 360 zeer gebruikersvriendelijke software met veel support op het bijbehorende online fora.



Figuur 34 Connector detail

7.2.2.1 Scharnier pin afschuiving

In het huidige model wordt gebruik gemaakt van RVS-assen met een $OD = 6mm$. Op



Figuur 35: Scharnier pin situatie

basis van de vorige berekeningen is de dwarskracht op de pin $F_B = 18463,57 N$. De pin is door een buis gemonteerd, waardoor er op twee punten afschuiving optreedt.

Dit geeft de volgende berekening:

$$\tau = \frac{F_b}{\pi * 3^2} = \frac{9231,78}{\pi * 3^2} = 183,66 N/mm^2$$

De pin is van RVS klasse A4/AISI 316 De vloeigrens van dit materiaal is $R_e / vloeigrens = 205 N/mm^2 = \bar{\tau}$ wat betekent dat de scharnierpin de krachten aankan.

7.2.2.2 ISO-passing scharnier pin

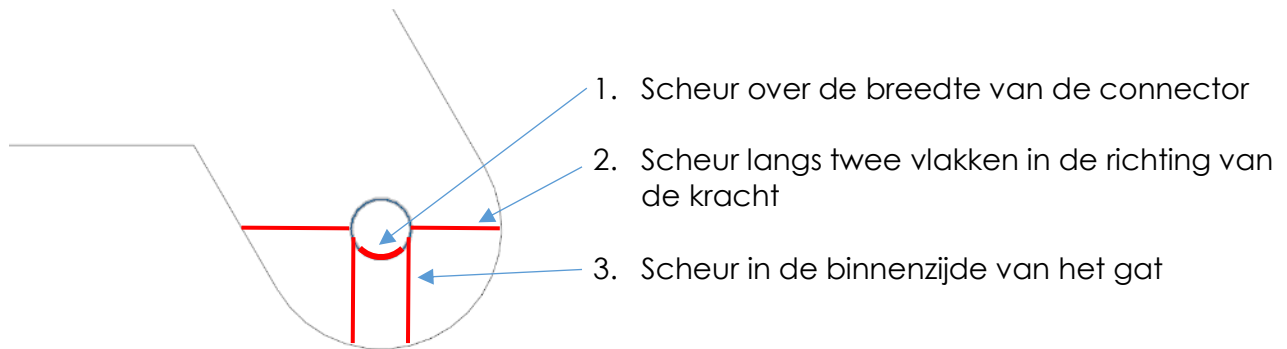
De pin wordt met een vaste passing in de connector gemonteerd. De buis en de afstandbus zitten met een losse passing om de scharnierpin heen. Alle gaten worden nabewerkt met een ruimer, wat betekent dat er een tolerantieklasse tussen 5 en 9 kan worden behaald. De pennen zijn een inkoop onderdeel zie 7.4 Kostprijs calculatie. Hieronder zijn de gekozen passingen weergegeven.

Afstand bus gat	6 g6	(Losse passing)
Bar gat	6 g6	(Losse passing)
Connector gat	6 p6	(Vaste passing)
Scharnierpin as	6 H7	(Vaste passing)

7.2.2.3 Uitscheur scharnier gat

De reactiekracht op het scharnier $F_B = 18463,57 \text{ N}$. Het scharnier loopt door twee gaten in de connector dus $F_{c,gat} = 9231,79 \text{ N}$. Er moet nu worden gecontroleerd of de pin niet door de connector scheurt.

Er zijn 3 manieren waarop de pin kan doorscheuren, deze zijn hieronder aangegeven. De connector is van hetzelfde aluminium gemaakt als de bar Aluminium EN AW-6060 T6. Er is wederom voor dit materiaal gekozen vanwege de goede verspaanbaarheid en omdat het goed bestand is tegen corrosie.



Figuur 36 Uitscheur connector

De berekeningen komen uit <https://mechanicalc.com/reference/lug-analysis> Eerst worden de basisgegevens gegeven.

$D_{gat} = 6 \text{ mm}$	Diameter gat
$D_{pin} = 6 \text{ mm}$	Diameter pin
$R = 12 \text{ mm}$	Afstand van middelpunt gat tot buitenkant connector in de richting van de kracht
$r = 12 \text{ mm}$	Radius van de ronding
$a = 9 \text{ mm}$	Afstand van de rand van het gat tot de afstand van de connector aan de buitenkant
$w = 25,86 \text{ mm}$	Breedte van de connector
$t = 7,5 \text{ mm}$	Dikte van de connector
$\sigma_{UTS} = 241 \text{ N/mm}^2$	Treksterkte
$\sigma_S = 25 \text{ KN/mm}^2$	Schuifsterkte
$\sigma_{BRE} = 361,5 \text{ N/mm}^2$	Bearing lager

1. Scheur over de breedte van de connector

Als eerste moet de scheuoppervlakte worden bepaald.

$$A = (w - D_{gat})t = (25,86 - 6) * 7,5 = 148,95 \text{ mm}^2$$

Vervolgens kan de toelaatbare kracht worden berekend.

$$\overline{F}_B = \sigma_{UTS} * A = 241 * 148,95 = 35896,95 \text{ N}$$

$$\overline{F}_B \geq F_b = 35896,95 \geq 18463,57$$

$$\text{Veiligheidsfactor} = \frac{\overline{F}_B}{F_b} = \frac{35896,95}{18463,57} = 1,94$$

Er is vanuit gegaan dat de spanning zich over de gehele lijn verspreidt. Echter, dit blijkt in de praktijk niet zo te zijn dus zal er een hogere spanning rond het gat zijn. Door de hoge veiligheidsfactor wordt er aangenomen dat dit geen probleem zal zijn.

2. Scheur langs de twee vlakken in de richting van de kracht

Deze methode volgt dezelfde methode als de vorige berekening. Echter, de vlakken liggen ditmaal anders en er wordt gewerkt met de schuifsterkte. Als eerste moet de scheuoppervlak worden berekend.

$$A = a * t * 2 = 9 * 7,5 * 2 = 135 \text{ mm}^2$$

Vervolgens kan de toelaatbare kracht worden berekend.

$$\overline{F}_B = \sigma_S * A = 25000 * 135 = 3375000 \text{ N}$$

$$\overline{F}_B \geq F_b = 35896,95 \geq 18463,57$$

$$\text{Veiligheidsfactor} = \frac{\overline{F}_B}{F_b} = \frac{3375000}{18463,57} = 182,79$$

Met een veiligheidsfactor van 182 houdt de connector het in de richting van de kracht makkelijk.

3. Scheur in de binnenzijde van het gat

Net als de vorige twee berekeningen is de methode hetzelfde. Echter, nu wordt gewerkt met een ander oppervlakte en met de bearing sterkte. Als eerste moet de scheuoppervlak worden berekend.

$$A = D_{pin} * \pi * t = 6 * \pi * 7,5 = 141,37 \text{ mm}^2$$

Vervolgens kan weer de toelaatbare kracht worden berekend.

$$\overline{F}_B = \sigma_{BEA} * A = 361,5 * 141,37 = 51105,25 \text{ N}$$

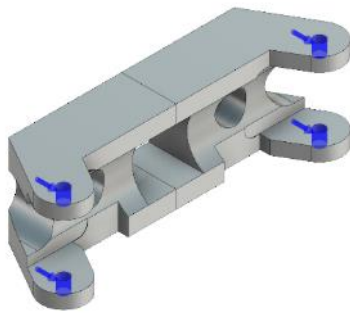
$$\overline{F}_B \geq F_b = 51105,25 \geq 18463,57$$

$$\text{Veiligheidsfactor} = \frac{\overline{F}_B}{F_b} = \frac{51105,25}{18463,57} = 2,77$$

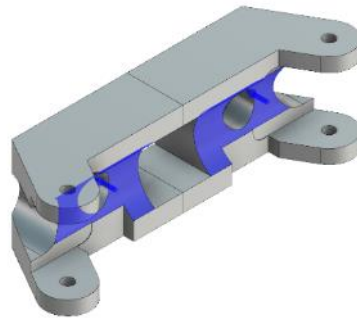
Met een veiligheidsfactor van 2,77 houdt de connector het in de richting van de kracht makkelijk.

7.2.2.4 Verplaatsing en spanning (volgens Fusion 360)

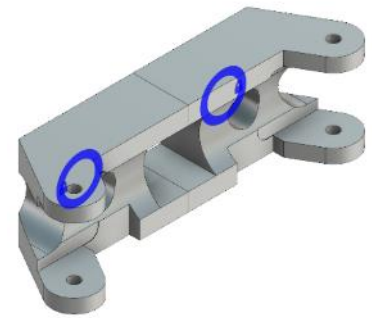
In deze simulatie wordt de verplaatsing en de spanning in de connector weergegeven. De krachten en de vaste punten worden hieronder weergegeven:



Figuur 38: Scharnier krachten

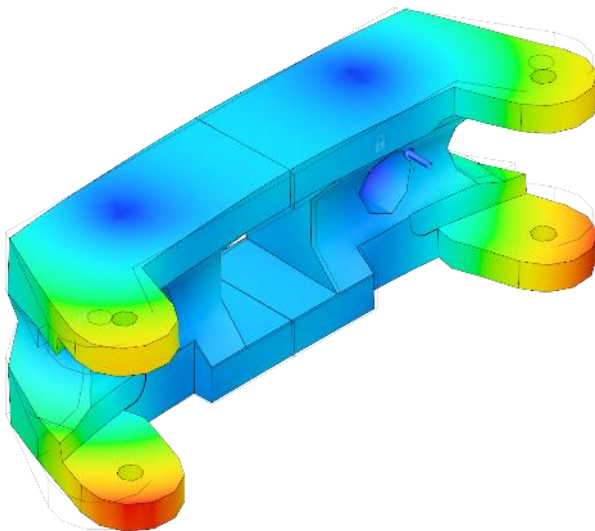


Figuur 39 Krachten van de buis klem

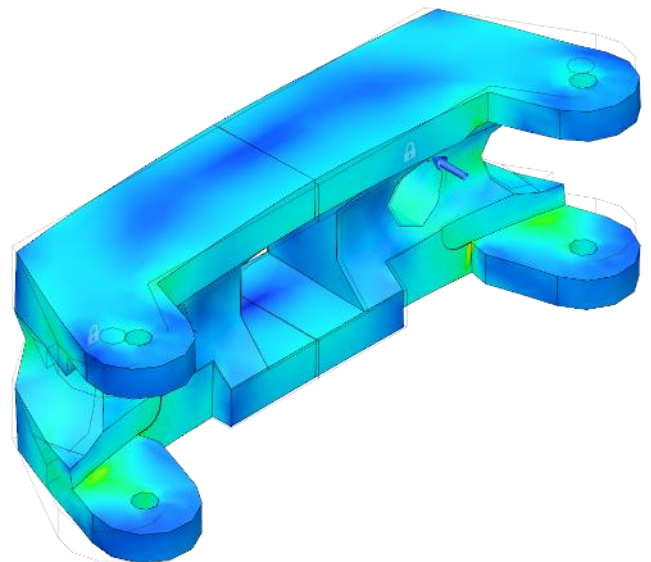


Figuur 37 Vaste punten

De verplaatsing betreft bij $F_L = 1500$ slechts 0,15mm. Dit valt binnen het toelaatbare gebied en levert geen problemen op. De maximale spanning bedraagt 252.7 MPa, wat binnen de kritische waardes valt.

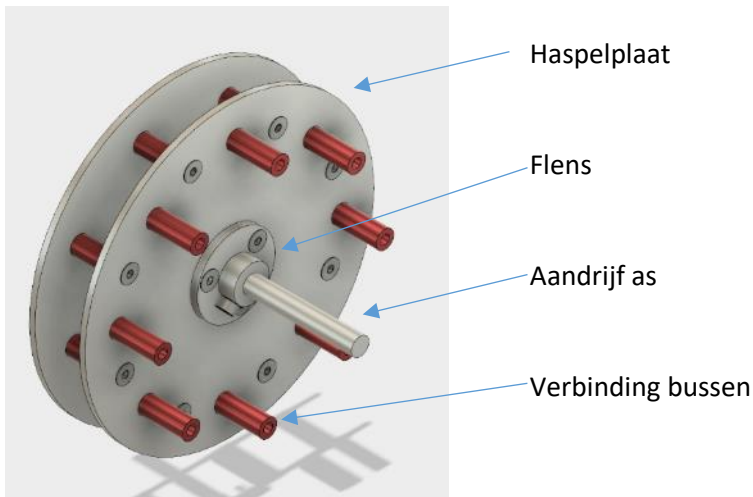


Figuur 41: Maximale verplaatsing



Figuur 40: Spanningen

7.2.3 Haspel

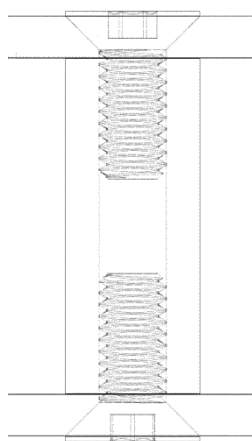


Figuur 42 Haspel

Op de haspel worden de lijnen op- of afgehaspeld. Omdat er twee lijnen zijn is de haspel opgedeeld in twee delen, zodat de lijnen niet in de knoop met elkaar kunnen komen. De haspel is gemonteerd met een flens op een as. Deze flens is gemonteerd op de middelste haspelplaat. De Haspelplaten zijn verbonden met aluminium bussen waarin M4 schroefdraad is getapt.

In de onderstaande paragrafen worden de aandrijf as, flens en haspelplaat bouten doorberekend. Door de gehele haspel is er gebruik gemaakt van RVS-bouten en moeren.

7.2.3.1 Verbindingsbussen



Figuur 43 Situatie

In figuur 43 is de constructie van de verbindingbussen en de haspelplaten weergegeven. Op het moment dat de haspel geheel is afgehaspeld trekt er één lijn volledig aan één verbindingbus. Het is mogelijk dat de lijn geheel tegen één van de haspelplaten aan ligt. Echter, de ruimte tussen de platen is 20mm. Voor de berekening wordt er dus aangenomen dat kracht $F_L = 1500N$ op beide bouten komt te staan. Op basis hiervan kan de optredende schuifspanning worden berekend.

$$\tau = \frac{F_L}{\pi * r^2} = \frac{1500}{\pi * 1,57^2} = 193,71 \text{ N/mm}^2 \text{ per bout}$$

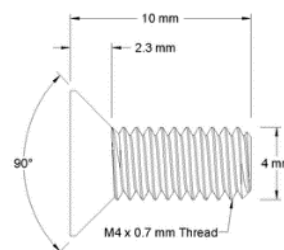
96,86 N/mm² werkelijke afschuiving

Vervolgens kan er worden gekeken of de M4 bout de afschuifspanning aankan. De bout heeft de volgende specificaties:

Materiaal naam: X10CrNi18-8 / AISI 302

$ID = 3,14 \text{ mm}$

$R_e / \text{vloeigrens} = 205 \text{ N/mm}^2 = \bar{\tau}$



Figuur 44 Maten bout

$$\tau \leq \bar{\tau}$$

$$96,86 \leq 102,5$$

De toelaatbare schuifspanning is hoger dan de optredende schuifspanning, wat betekent dat de twee bouten de lijn krachten aankunnen.

7.2.3.2 Aandrijfas doorbuiging en afschuiving

Gedurende het gebruik van de kitecontroller kunnen de kitelijnen zich op twee posities of een combinatie daarvan bevinden (Zie Figuur 45 en Figuur 46) Gezien de vorige berekeningen blijft de constructie dusdanig stijf dat er kan worden aangenomen dat de kracht over de platen wordt verdeeld. Er zijn dus twee krachtgevallen opgesteld die hieronder worden doorberekend. De uiteindes van de assen zijn gemonteerd in een lager waardoor hier een moment- en reactiekracht aanwezig zijn. De as is van hetzelfde aluminium gemaakt als alle andere onderdelen, aluminium EN AW-6060 T6. Het doel is om de diameter van de as te bepalen.



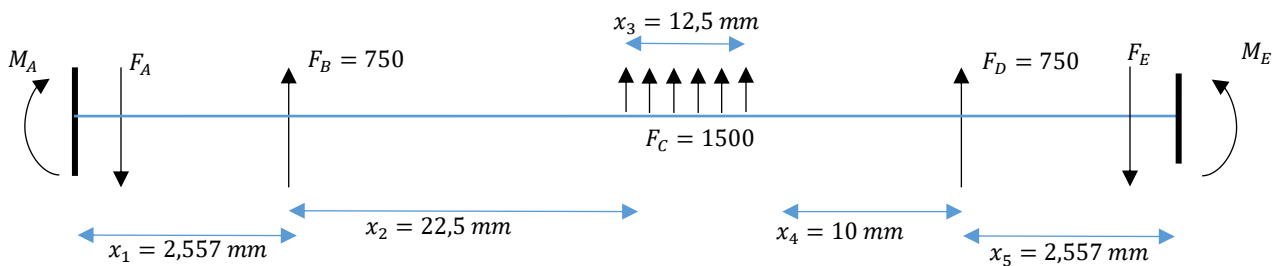
Figuur 45 Lijnen aan de buiten zijdes van de haspel
Case 1



Figuur 46 Beide lijnen aan de binnenzijde
Case 2

Als eerste worden de vrijlichaamsschema 's voor de twee belastinggevallen getekend waarna de dwarskrachten- en buigmomentfuncties kunnen worden opgesteld. Vervolgens kunnen de dwarskrachten- en momentenlijn worden getekend.

Cases 1



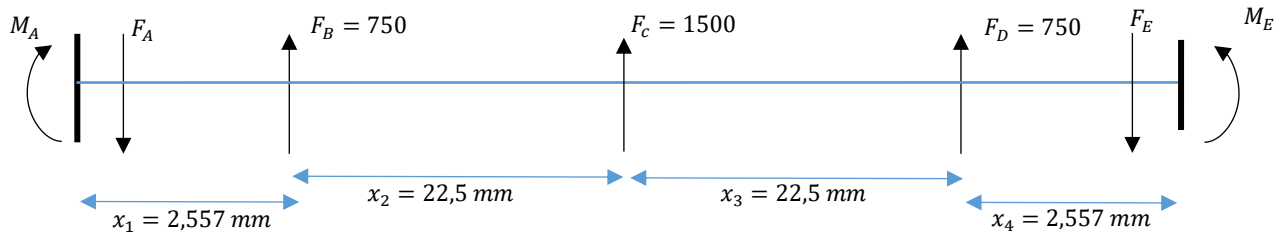
Figuur 47 Vrijlichaamsschema balk

$$\sum F_y = 0 = -F_A + F_B + F_C + F_D - F_E$$

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum M = 0 = -M_A + F_B * x_1 + F_C * \left(x_1 + x_2 + \frac{x_3}{2}\right) + F_D * (x_1 + x_2 + x_3 + x_4) + F_E * (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5) - M_E$$

Deze situatie is statisch onbepaald. Er is dus een aantal methodes om de reactiekrachten te bepalen. Enerzijds kunnen de krachten worden bepaald met de integratie- of de superpositie methode. Anderzijds kan de situatie worden vereenvoudigd. Er is voor de vereenvoudigde methode gekozen gezien de grote veiligheidsfactor. De vereenvoudiging kan worden gedaan door de verdeelde belasting te verplaatsen naar het aangrijpingspunt van de middelste haspelplaat. Dit betekent dat de balk symmetrisch is waardoor alle reactiekrachten kunnen worden bepaald op basis van symmetrie. Hieruit volgt het volgende vrijlichaamsschema:



Figuur 48 Vrijlichaamsschema vereenvoudigd

$$\sum F_y = 0 = -F_A + F_B + F_C + F_D - F_E$$

$$\sum M = 0 = M_A + F_B * x_1 + F_C * (x_1 + x_2) + F_D * (x_1 + x_2 + x_3) + F_E * (x_1 + x_2 + x_3 + x_4) - M_E$$

Door symmetrie geldt de volgende voorwaarde: $F_A = F_E$ & $M_A = M_E$

$$-F_{E\&A} = \frac{F_B + F_C + F_D}{2} = \frac{750 + 1500 + 750}{2} = 1500 \text{ N}$$

Voor het bepalen van de reactiemomenten kan de balk doormidden worden gesneden aangezien $M_A = M_E$ geldt.

$$M_A = F_B * x_1 + \frac{F_C}{2} * (x_1 + x_2) = 750 * 2,557 + \frac{1500}{2} * (2,557 + 22,5) = 20710 \text{ Nmm}$$

Hieruit blijkt $V_{max} = 1500 \text{ N}$ & $M_{max} = 20710 \text{ Nmm}$ op basis van deze gegevens kan de minimale asdiameter worden berekend. Dit wordt gedaan volgens de methode uit het boek Machineonderdelen. De vermoeiingssterkte en toelaatbare buigspanning komen uit CES EduPack. Er wordt gebruik gemaakt van een cilindrische draagas met een buigbelasting en een verhouding tussen statisch dynamisch van 0,5 voor buiging en 0,3 voor torsie. Met de volgende formule kan de minimale diameter voor een massieve draagas worden berekend.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32 * M_A}{\pi * \sigma_b}} = \sqrt[3]{\frac{32 * 20710}{\pi * 120,5}} = 12,05 \text{ mm}$$

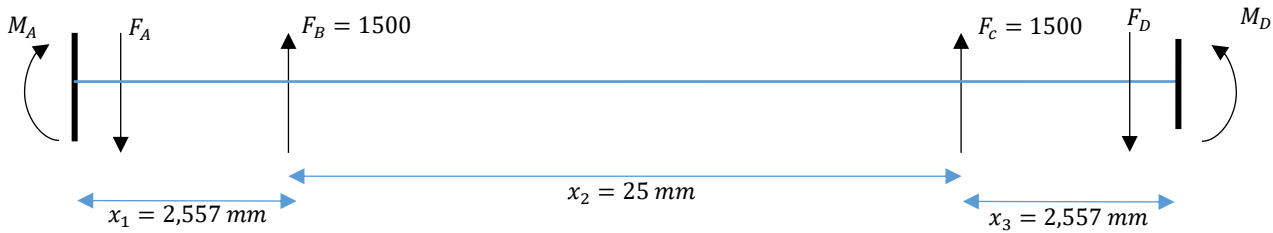
De aandrijfhendel voor de haspel zit direct op de massieve as wat betekent dat er ook een torsie spanning optreedt. Als eerste moet het grootste torsiemoment worden berekend waarna de toelaatbare torsiespanning in CES EduPack kan worden gevonden. Op basis van deze gegevens kan de minimale asdiameter worden bepaald.

$$T = F * r = 3000 * 50 = 150 \text{ KNmm}$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 * T}{\pi * \tau_t}} = \sqrt[3]{\frac{16 * 150000}{\pi * 72,3}} = 21,94 \text{ mm}$$

De grote asdiameter van 21,94 mm is vooral te danken aan het hoge torsiemoment en de verhouding tussen statisch en dynamisch.

Cases 2



Figuur 49 Vrijlichaamsschema

De onderstaande methode is hetzelfde als de bovenstaande.

$$\sum F_y = 0 = -F_A + F_B + F_C - F_D$$

$$\sum M = 0 = M_A + F_B * x_1 + F_C * (x_1 + x_2) + F_D * (x_1 + x_2 + x_3) - M$$

Door symmetrie geldt de volgende voorwaarde: $F_A = F_D$ & $M_A = M_D$

$$-F_{E\&A} = \frac{F_B + F_C}{2} = \frac{1500 + 1500}{2} = 1500 \text{ N}$$

Voor het bepalen van de reactiemomenten kan de balk doormidden worden geknipt aangezien $M_A = M_D$ geldt.

$$M_A = F_B * x_1 + \frac{F_C}{2} * (x_1 + x_2) = 1500 * 2,557 = 3835,5 \text{ Nmm}$$

$V_{max} = 1500 \text{ N}$ & $M_{max} = 3835,5 \text{ Nmm}$ op basis van deze gegevens kan de minimale asdiameter worden bepaald.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32 * M_A}{\pi * \sigma_b}} = \sqrt[3]{\frac{32 * 3835,5}{\pi * 120,5}} = 6,87 \text{ mm}$$

Op basis van de bovenstaande berekening, cases 1 en 2 moet de as diameter 22 mm zijn. Vervolgens moet er worden gecontroleerd of de as de schuifspanning ook aankan.

$$\tau = \frac{V_{max}}{A} = \frac{1500}{\pi * 11^2} = 3,95 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau \leq \bar{\tau} = 29,8 \text{ N/mm}^2 \leq 25 \text{ KN/mm}^2$$

De as kan de schuifspanning ruim aan.

Conclusie

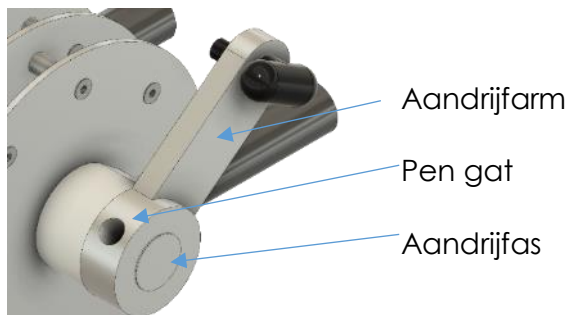
Op basis van de berekening kan worden geconcludeerd dat de asdiameter 22mm moet zijn.

7.2.3.3 Flens en aandrijfarm montage op aandrijf as

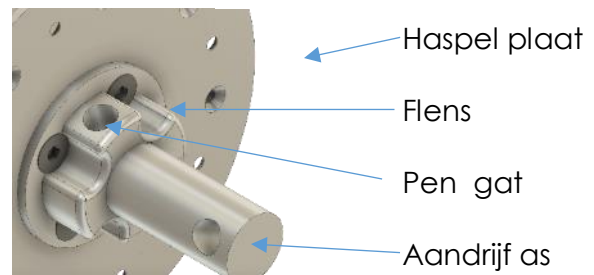
Voor het overdragen van het draaimoment is er gekozen voor een radiale penverbinding. Er is een pen geselecteerd op basis van de beschikbare ruimte, omgeving en montagemethode. Deze pen is met een perspassing gemonteerd. De gegevens van de gekozen pen staan in het onderstaande overzicht. Ook is er een situatie afbeelding bijgevoegd. Er moet worden gecontroleerd of de pen de vlaktedruk in de as boring (p_N), gemiddelde vlakke druk (p_a) en afschuiving (τ_a) aankan. Eerst worden de gegevens met symbolen weergegeven waarna de formules worden ingevuld.

ISO-2338m6	
	
A4	
RVS	
233863400	-

Figuur 50 Pen



Figuur 51 Aandrijf arm detail



Figuur 52 Flens detail

$$K_A = 1,5$$

$$T = 3000 * 50 = 150000 Nmm$$

$$d = 10$$

$$d_a = 22$$

$$s = 10$$

$$\bar{p} = K_t * R_M = 0,35 * 800 = 280 N/mm^2$$

$$\bar{\tau}_a = 600 N/mm^2$$

RVS A4 sterkte klasse 80

ISO2338

Bedrijfsfactor uit tabel 3-5 tabellenboek
Machineonderdelen

Verbinding over te brengen (torsie) moment

Pen diameter

Asdiameter

Dikte naafwand

Toelaatbare vlaktedruk. Deze wordt berekend door de treksterkte te vermenigvuldigen met een veiligheidsfactor

Toelaatbare afschuifspanning

Materiaal soort

ISO-norm

$$p_N = \frac{K_A * T}{d * s * (d_a * s)} = \frac{1,5 * 150000}{10 * 10(22 * 10)} = 10,23 N/mm^2$$

$$p_a = \frac{6 * K_A * T}{d * d_a^2} = \frac{6 * 1,5 * 150000}{10 * 22^2} = 278,92 N/mm^2$$

$$\tau_a = \frac{4 * K_A * T}{d^2 * \pi * d_a} = \frac{4 * 1,5 * 150000}{10 * \pi * 22} = 130,21 N/mm^2$$

Op basis van de bovenste berekeningen kan er worden geconcludeerd dat een pen van RVS A4 met een diameter van 10 mm volstaat.

7.2.3.4 Blokkeer knop

De pen die de aandrijf arm fixeert op de buis wordt belast op afschuiving. Dit mechanisme wordt ingekocht(GN 817) dit soort type veer handvatten worden vooral gebruikt in de offroad auto-industrie en machines. De pen zelf is gemaakt van RVS en heeft schroefdraad M12x1.5 op de schacht zitten waardoor deze in de handel kan worden gedraaid. De pin die de arm fixeert heeft een diameter van 6 mm. De afschuifkracht die op de pen komt te staan kan worden overgenomen uit de vorige berekening. $F_{arm} = 2000 \text{ N}$



Figuur 53 veer handvatten

$$\tau = \frac{F_L}{\pi * r^2} = \frac{2000}{\pi * 3^2} = 7073 \text{ N/mm}^2$$

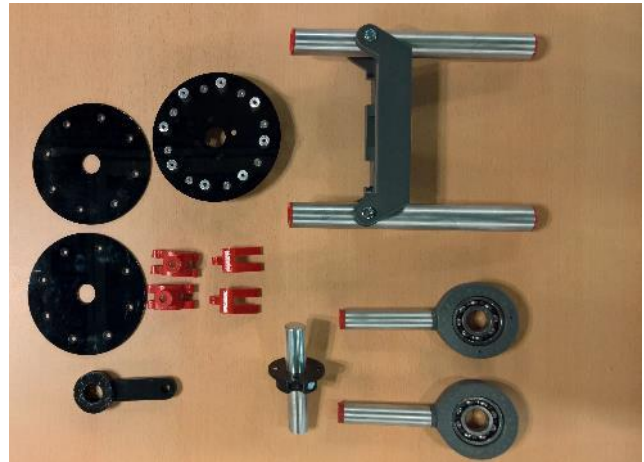
Het gebruikte materiaal is AISI 303 de toelaatbare schuifspanning van dit materiaal is $\bar{\tau} = 74 \text{ KN/mm}^2$ wat betekent dat de fixatie pen de kracht ruim aankan.

7.3 Proof of concept

De dimensionering is vastgesteld op basis van de berekeningen, waarna een definitief CAD-model is gecreëerd. Op basis van het CAD-model is een proof of concept gerealiseerd. Het doel van het proof of concept is de werking van het ontwerp in de 'echte' wereld aan te tonen. Daarnaast kan op basis van het proof of concept het ontwerp worden geëvalueerd en een advies worden uitgebracht ter verbetering van het ontwerp.

7.3.1 Creëren proof of concept

Voor het realiseren van het proof of concept is er gebruik gemaakt van verschillende productiemethodes en -processen. Zo zijn onder andere additive manufacturing methode, lasersnijden en de standaard verspaanmethodes toegepast. Door de combinatie van deze verschillende productiemethodes is er binnen 2 dagen een proof of concept gerealiseerd. Een groot gedeelte van de benodigde materialen was reeds beschikbaar, de rest werd ingekocht.



Figuur 54 Individuele onderdelen

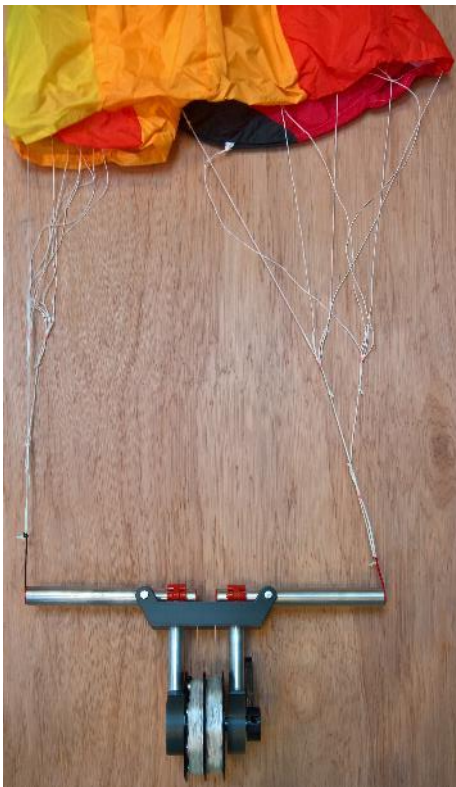
Na het produceren is er een aantal onderdelen nabewerkt. De aluminiumbuizen zijn op maat gemaakt en de juiste gaten en uitsparingen zijn gemaakt. De boutgaten zijn verzonken en de assen zijn op de juiste diameter verspaand. Alle FDM geprinte onderdelen zijn nabewerkt met aceton om een professionelere indruk te geven.

In het huidige proof of concept is er met meer verschillende materialen gewerkt dan gespecificeerd in het CAD-model. Dit is gedaan vanuit kosten- en tijdsoogpunt. De materialen voor dit model zijn bedoeld om het doel van het proof of concept te vervullen.

Er is gebruik gemaakt van verschillende verbindingsmethodes. In het CAD-model is er gewerkt met las-, bout- en penverbinding. In dit proof of concept is de lasverbinding vervangen door een lijmverbinding. Dit was op advies van de composietexperts; zij toonden aan dat de huidige lijmen sterk genoeg zijn om de lasverbinding te vervangen. Daarnaast is de penverbinding op de connector vervangen door een bout verbinding, omdat de passing te ruim was door het onnauwkeurige FDM-printproces.

De blokkeerknop mist in het huidige model. Deze is vervangen door een eenvoudige aandrijfarm.

7.3.2 Evaluatie ontwerp



Figuur 55 Kitecontroller proof of concept

Na het realiseren van het proof of concept, is deze getest en geëvalueerd met verschillende teamleden van KanoePack. Uit de teamevaluatie en de productie van het proof of concept zijn de onderstaande punten naar voren gekomen.

Productie: Gedurende het realiseren van het proof of concept viel als eerste op hoeveel tijd het kost om de haspel te assembleren. Dit ligt met name aan het grote aantal bouten dat is gebruikt. Daarnaast werd duidelijk dat het inlijmen van onderdelen een aantal grote voordelen heeft ten opzichte van lassen. Het grootste voordeel van inlijmen zijn de lagere kosten.

Gewicht Haspel: Wanneer de kite geen kracht levert, draait de kitecontroller door vanwege het gewicht van de lagers. De gebruiker moet het draaien corrigeren. Dit is oncomfortabel en er kan nog worden gekeken naar de balans. Gedurende het gebruik van de kite is het draaien echter geen probleem, omdat de kite de constructie op spanning houdt.

Lijndoorvoer: Gedurende het doorvoeren van de lijnen door de bar blijven deze nergens achter steken gezien het formaat van de bar. Ook liggen de lijnen niet over elkaar door het gebruik van de twee haspels. Daarnaast geleiden de bussen de lijnen bijna wrijvingsloos.

Kitecontroller als geheel: De kitecontroller als geheel voelt als een solide constructie en de bar diameter ligt goed in de hand. Echter werd er aangegeven dat het wenselijk is om een rubber grip te hebben zodat de bar beter in de hand ligt. Dit is ook comfortabeler bij koude weersomstandigheden.

Comprimeren lijn geleiding: Gedurende het comprimeren (zie Figuur 56 Gecomprimeerde staat) van de kitecontroller raken de lijnen snel verstrengeld rond het uiteinde van de kitebar. Dit is hoofdzakelijk te danken aan de comprimeer/opvouw methode.



Figuur 56 Gecomprimeerde staat

7.4 Kostprijs calculatie

Uit het CAD-model volgt een onderdelenlijst. Op basis van deze onderdelenlijst kan er een kostprijscalculatie worden gemaakt. Sommige onderdelen worden als halffabricaat ingekocht en een aantal onderdelen kunnen direct naar de assemblage. De productie omvang bedraagt 100 stuks per jaar. Het itemnummer verwijst naar bijlage 9: Exploded view. Alle prijzen zijn inclusief BTW.

Kostprijs calculatie per onderdeel							
Item	Aantal	Naam	Materiaal	Inkoop kosten	Fabricage uren P.S.	Fabricage kosten	Totaal
1	1	Connector	EN AW-6060 T66	€ 12,06	0:15	€ 12,50	€ 24,56
2	2	Bar	EN AW-6060 T66	€ 1,67	0:02	€ 3,33	€ 5,00
3	4	Lijn geleiding insert	EN AW-6082 T6	€ 1,32	0:05	€ 16,67	€ 17,99
4	4	Scharnier afstand bus	PA6/nylon	€ 0,20	0:02	€ 6,67	€ 6,87
5	2	Connector naar haspel insert	EN AW-6082 T6	€ 1,37	0:05	€ 8,33	€ 9,70
6	2	Connector naar haspel bus	EN AW-6060 T66	€ 1,40	0:01	€ 1,67	€ 3,07
7	1	Haspel midden plaat	EN AW-1050A	€ 1,01	0:15	€ 12,50	€ 13,51
8	1	Haspel as	EN AW-6082 T6	€ 2,11	0:05	€ 4,17	€ 6,28
9	16	Haspel bussen	EN AW-6068 T6	€ 1,23	0:05	€ 66,67	€ 67,90
10	1	Haspel flens	EN AW-6082 T6	€ 2,13	0:20	€ 16,67	€ 18,80
11	2	Haspel zijplaten	EN AW-1050A	€ 1,01	0:15	€ 25,00	€ 26,01
12	2	Lager houders	EN AW-6082 T6	€ 4,62	0:20	€ 33,33	€ 37,95
13	1	Haspel aandrijf arm	EN AW-6060 T66	€ 2,09	0:15	€ 12,50	€ 14,59
14	1	Chickenloop bevestiging	EN AW-6082 T6	€ 1,41	0:15	€ 12,50	€ 13,91
15	1	Blokkeer/aandrijf knop	AlSi303	€ 8,60	0:00	€ 0,00	€ 8,60
16	2	Aandrijf as pen	RVS A4 klasse 80/aisi 316	€ 1,87	0:00	€ 0,00	€ 1,87
17	2	Lager	-	€ 7,97	0:00	€ 0,00	€ 7,97
18	2	Buisen klem	EN AW-6060 T6	€ 10,13	0:00	€ 0,00	€ 10,13
19	2	Scharnier pen	RVS A4 klasse 80/aisi 316	€ 0,94	0:00	€ 0,00	€ 0,94
20	2	M8x40	RVS A2/AISI 304	€ 0,35	0:00	€ 0,00	€ 0,35
21	32	M4x10	RVS A2/AISI 304	€ 0,19	0:00	€ 0,00	€ 0,19
22	4	M5x10	RVS A2/AISI 304	€ 0,19	0:00	€ 0,00	€ 0,19
23	2	M6x16	RVS A2/AISI 305	€ 0,19	0:00	€ 0,00	€ 0,19
24	1	Chickenloop	-	€ 99,00	0:00	€ 0,00	€ 99,00
Totaal:				€ 163,06	2:20	€ 232,50	€ 395,56

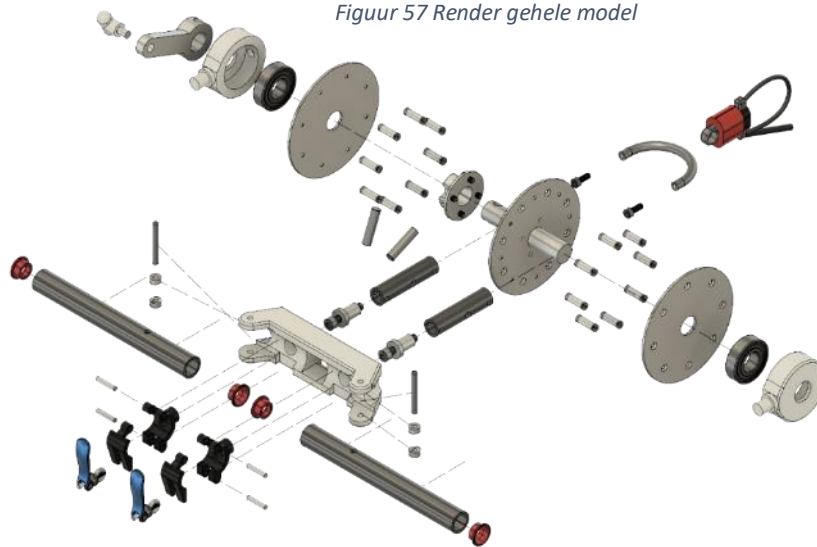
7.5 Definitieve model specificaties

In deze paragraaf wordt het definitieve model beschreven en worden de technische specificaties weergegeven. Deze technische specificaties zijn vastgesteld op basis van de berekeningen en ontwerpbeslissingen. Hiervan is een CAD model gemaakt (Zie Figuur 57 Render gehele model). In dit hoofdstuk wordt het model in één oogopslag gepresenteerd.

7.5.1 Exploded view



Figuur 57 Render gehele model



Figuur 58 Exploded view

7.5.2 Technische specificaties

Totaalgewicht:	2106,75 Gram
Maten in gecompriëerde staat:	283x185x130(lbh) in millimeter
Maten in functionele staat:	250x473x130(lbh) in millimeter
Kostprijs (Onderdelen en productie):	€262,46
Gebruikte materialen:	Aluminium: 6060 T66, 6082 T6 & 1050A RVS: 316, 304 & 303
Aantal onderdelen:	24 x
Aantal inkoop onderdelen	10 x
Aantal zelf te produceren onderdelen	14 x
Max toelaatbare kracht	1500 N
Gebruikte verbindingen	Las, bout, pen gat en klempassing

8 Conclusie

De doelstelling was het opleveren van het proof of concept van de kitecontroller. Door een uitgebreide oriëntatie- en analysefase was er voldoende basiskennis om de klantenwensen om te zetten in technisch haalbare oplossingen. De eisen en wensen zijn opgenomen in het eisen en wensenpakket. Vervolgens zijn er ideeën voor de totaaloplossing gemaakt waaruit een morfologischoverzicht volgde. Op basis van dit morfologischoverzicht zijn er meerdere concepten gecreëerd, waarna er met een keuzematrix een definitief ontwerp is gekozen.

In het definitieve ontwerp is er gekozen voor een aluminium bar in twee delen die kan worden opgevouwen. Door het sturen met deze bar kan de kite worden bestuurd. De lijnen die vanuit de bar naar de kite lopen kunnen worden op- en afgehaspeld door een haspel aan te drijven met de aandrijfarm. De haspel kan worden gefixeerd door een blokkeerknop.

Voor het detailleren van het ontwerp zijn er praktijkmetingen gedaan om de belasting op de lijnen te meten. Op basis van deze praktijktesten en feedback van experts is de lijnkracht vastgesteld op $F_L=1500$. De kracht werkt op de uiteinden van de bar in de richting van de kite.

Op basis van de lijnkracht zijn er handmatige berekeningen uitgevoerd en zijn er ter controle van de resultaten simulaties uitgevoerd. Op basis van de berekeningen en simulaties kon het CAD-model worden gedimensioneerd. Hieruit volgde ook de definitieve materiaalkeuze. Er is gekozen voor een aluminium constructie en RVS-bouten. Voor het proof of concept is er daarnaast gebruik gemaakt van ABS-onderdelen. Vervolgens is het definitieve engineeringsmodel met de bijbehorende exploded view en onderdelenlijst opgesteld. Op basis van dit model is de kostprijsberekening gemaakt en is er een proof of concept gerealiseerd. Het uiteindelijk concept weegt 2106,75 gram en heeft een kostprijs van €262,46.

Al met al heeft het hele proces geleid tot een proof of concept en is er een CAD-model opgeleverd wat voldoet aan alle vooraf opgestelde eisen.

9 Aanbeveling

Balans

Uit de proof of concept evaluatie bleek dat de gewichtsbalans van de kitecontroller niet optimaal is. Dit is met name te wijten aan het gewicht van de haspel en de lagers. Mogelijk dat er lichtere lagers kunnen worden gebruikt en dat het haspel gewicht kan worden verlaagd.

Materiaalkeuze

Binnen het huidige ontwerp is er veel gewerkt met aluminium vanwege de corrosiebestendigheid en het lage gewicht. Echter is dit vanuit een kosten- en esthetiekperspectief niet een optimale keuze. Om deze reden is een vervolgonderzoek naar de materiaalkeuze gewenst.

Gebruikersproduct

Het huidige ontwerp is door een werktuigbouwkundige ontwikkeld. Het is nu nog een 'werktuigbouwkundig' object. Er kan nog worden gekeken naar het esthetisch aantrekkelijker maken van de kitecontroller. Dat kan worden gedaan, zoals het ook bij het overkoepelende project de KanoePack gebeurt. Namelijk door er een studentengroep van IPO op te zetten. De werkingsprincipes zijn reeds aangetoond en studenten kunnen zich dan focussen op het gebruikersvriendelijker en 'esthetisch aantrekkelijker maken van het ontwerp. Denk hier vooral aan esthetiek, maar ook de gewichtsverdeling en de lijn geleiding bij het comprimeren van de kitecontroller.

Productie

Er zijn daarnaast veel ontwerpbeslissingen enkel gemaakt op basis van de beste oplossing voor het vervullen van de functies. Hierbij is niet altijd naar de kosten gekeken. Er kan een optimalisatieslag in het ontwerp worden gemaakt, waardoor de kitecontroller goedkoper te produceren is. In het huidige ontwerp zijn er veel CNC-gefreese onderdelen. Deze onderdelen kunnen mogelijk goedkoper worden geproduceerd, door het ontwerp te optimaliseren naar productiemethode.

10 Bibliografie

- Afschuiving*. (2016, 12 2). Opgehaald van mechatronicus:
<http://www.mechatronicus.nl/werktuigbouwkunde/afschuiving/>
- aluminium buizen*. (2016, 12 11). Opgehaald van mcbboek.nl:
http://www.mcbboek.nl/MCB_h07/Aluminium_buizen.htm
- Analoge bagageweger*. (sd). Opgehaald van www.kruidvat.nl: <https://www.kruidvat.nl/kruidvat-analoge-bagageweger/p/3707929>
- Bellacera, J. D. (2000). *US Patentnr. US6581879B2*.
- Blokkeer bouten*. (2016, 12 15). Opgehaald van drabbe.nl:
<http://www.drabbe.nl/productgroepen/c/blokkeer-bouten-drukstukken/p/gn-817-4/>
- Fagan, W. E. (1992). *US Patentnr. US5190237A*.
- fishing, J.* (sd). *Fishing reel*. Opgehaald van <http://www.jrwfishing.com/FishingReels.html>.
- h symphony beach*. (sd). Opgehaald van www.vlieger-gigant.nl: <https://www.vlieger-gigant.nl/matrasvliegers/524-hq-symphony-beach-iii-22-mango-r2f-220cmx73cm.html>
- Hibbeler, R. C. (2010). *Dynamica*. Amsterdam : Pearson Benelux.
- Hibbeler, R. C. (2010). *Statica*. Amsterdam: Pearson Benelux bv.
- Hibbeler, R. C. (2010). *Sterkteleer*. Amsterdam: Pearson Benelux.
- Hoogland, W., Brand, I., & Dik, R. (2010). *Rapport over rapporteren*. Houten: Noordhoff bv.
- Kitesurfing, i. (2013). *The History of Kiteboarding & Launch of a New Sport*. Opgehaald van www.inmotionkitesurfing.com: <http://www.inmotionkitesurfing.com/2013/history-of-kiteboarding#launch>
- Kwon, N. J. (1978). *US Patentnr. US4176807A*.
- LCD Digitale Wind Speed Meter Anemometer*. (sd). Opgehaald van DealExtreme:
http://www.dx.com/nl/p/1-5-lcd-digital-wind-speed-meter-anemometer-yellow-black-68320#.WBB_k4VOKUI
- Lug analyse*. (2016, 11 29). Opgehaald van mechanicalc: <https://mechanicalc.com/reference/lug-analysis>
- M.Curtis. (1970). *US Patentnr. US3740010A*.
- Materiaal gegevens*. (2016, 12 2). Opgehaald van mcbboek.nl:
www.mcbboek.nl/MCB_h07/Technische_gegevens.htm#Tabel_1
- Oskam, I., Cowan, K., Hoiting, L., & Souren, P. (2011). *Ontwerpen van technische innovaties*. Amsterdam: Noordhoff Uitgevers bv Groningen/Houten.
- Passingen en toleranties*. (2016, 12 2). Opgehaald van werktuigbouw.info:
http://werktuigbouw.info/passingen_toleranties.html
- Post, F. J. (1978). *US Patentnr. US4172567A*.
- Renssen, P. (sd). *Kite tender*. Opgehaald van <http://www.kitetender.nl/>.

Roeseler, W. G., & Roeseler, C. (1993). *US Patentnr. US5366182A*.

RVS bevestigingsmaterialen. (2016, 12 13). Opgehaald van albema-robema.nl: http://www.albema-robema.nl/v8/uploads/Roestvrijstalen_bevestigingsmaterialen_0.pdf

SHENGLI, L. (2015). *China Patentnr. CN20152911738U*.

Technische gegevens. (2016, 11 29). Opgehaald van fnf-metaal.nl: <http://www.fnf-metaal.nl/aluminium/technische-gegevens#enaw6060>

Thornbury, F. B. (1993). *US Patentnr. US5277350A*.

Tracey, D. (2015, Maart 31). *Kite controller by Dan Tracy*. Opgehaald van www.kickstarter.com: <https://www.kickstarter.com/projects/1354200512/kite-controller>

Tracy, D. (sd). *Pacific sky power*. Opgehaald van <http://pacificskypower.com/>.

Tube clamp. (2016, 12 2). Opgehaald van trussgenius.com: <https://trussgenius.com/shop/mini-360-qc-clamp-global/>

Wittel, H., Muhs, D., Jannasch, D., & Vobiek, J. (2013). *Machineonderdelen tabellen boek*. Amsterdam: Sdu.

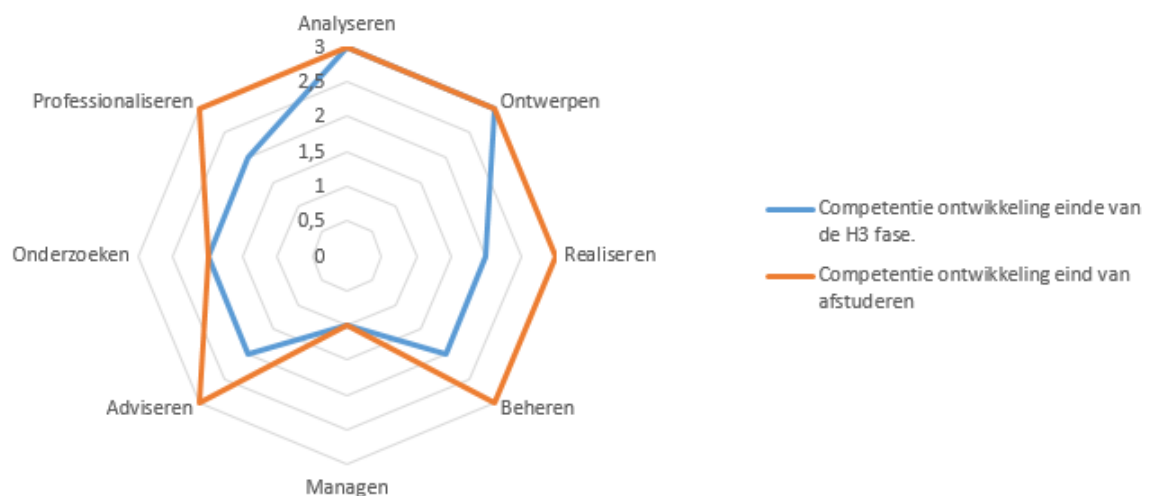
Wittel, H., Muhs, D., Jannasch, D., & Vobiek, J. (2013). *Machineonderdelen theorie boek*. Amsterdam: Sdu.

Bijlage 1: Reflectierapport

In dit reflectierapport wordt op competentieniveau de ontwikkeling gedurende de afstudeerstage gereflecteerd. Tevens wordt in dit rapport het competentieniveau bij aanvang van de afstudeerstage behandeld.

Competentie ontwikkeling gedurende afstudeer stage

Gedurende de afstudeerstage dient de competentie professionaliseren naar competentieniveau drie te zijn ontwikkeld. Daarnaast dienen er nog minimaal twee competenties verder te zijn ontwikkeld. Gedurende de afstudeerstage zijn de competenties realiseren, adviseren en beheren naar één niveau hoger ontwikkeld. Deze ontwikkeling wordt hieronder beschreven aan de hand van het competentieniveau en praktijkvoorbeelden. Werktuigbouwkunde profiel (28-5-2015) door dr.ir. F.M. de Wit.



Binnen de bedrijfsomgeving wordt er een grote zelfstandigheid geëist. Het project bestaat immers overwegend uit studenten en het bedrijf (nog) een start-up is. Het is dus voor de student van essentieel belang om alle opgedane kennis tijdens de opleiding op de goede manier toe te passen.

Professionaliseren(3): Er is gewerkt binnen een multidisciplinaire omgeving (lucht- en ruimtevaart, industrieel productontwerpen, rechten en bedrijfseconomie) en een internationale omgeving, waarin een hoge zelfstandigheid werd geëist door de huidige bedrijfsvorm (start-up). Binnen het team was de visie dat alle kennis wordt gedeeld en er constant constructieve feedback wordt gegeven in multidisciplinaire context. Dit werd niet alleen op de inhoud gedaan, maar ook op gedrag en persoonlijke ontwikkeling.

Realiseren(3): Voor het realiseren van het ontwerp waren er eisen vastgesteld en was er een 'idee' van het krachtspel. Deze eisen zijn geverifieerd door onder andere veldonderzoek. De input voor de berekeningen is gevalideerd door praktijkmetingen. Gedurende de gehele afstudeerperiode is de documentatie zelfstandig bijgehouden. Elke fase is afgerond met het bijbehorende rapport en voortgangsrapportage voor de bedrijfsmentor, afstudeerbegeleider en het projectteam.

Aan het einde van de stageperiode is er een proof of concept gerealiseerd. Hiervoor is gebruik gemaakt van verschillende productiemethodes, zoals additive manufacturing en lasersnijden. Ook zijn er afwegingen gemaakt voor de materiaalkeuze.

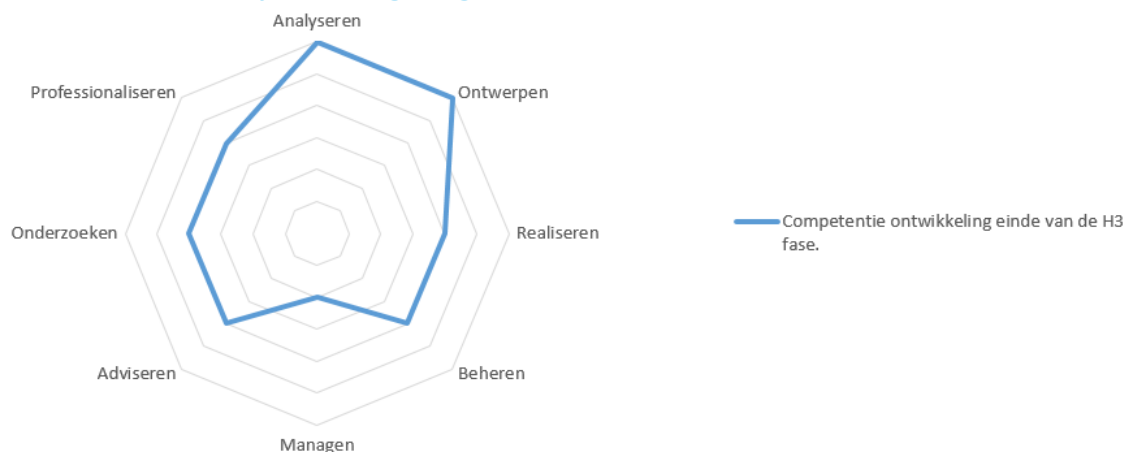
Adviseren(3): Voorafgaand aan de start van het afstudeertraject heeft de afstudeerder al een advies geleverd aan de KanoePack voor de invulling van de afstudeeropdracht.

Gedurende de oriëntatie- en analysefase is er zelfstandig met relevante partijen over de klantbehoeften gepraat en het contact is gedurende de ontwikkeling onderhouden. Dit is gedaan door op bedrijfsbezoeken te gaan. Deze klantenbehoeften zijn in de multidisciplinaire omgeving uitgewerkt tot concrete, technisch haalbare oplossingen. Op basis van de technische oplossingen is er een advies opgeleverd voor het vervolg van de ontwikkeling op technisch- en economisch niveau.

Op basis van dit advies is de afstudeerder in overleg met de KanoePack doorgegaan met het ontwikkelen naar een proof of concept. Op basis van dit proof of concept is een aanbeveling voor het vervolg geschreven.

Beheren(3): Binnen de KanoePack was er geen CAD-programma. Gezien de hoge kosten van een CAD-programma voor een start-up is het programma Fusion 360 geïntroduceerd door de afstudeerder. Doordat het programma voldeed aan de kwaliteitscriteria en past binnen de multidisciplinaire omgeving is er besloten om Fusion 360 te gaan gebruiken. De afstudeerder heeft zelfstandig Fusion 360 inbedrijf gesteld. Met het bijbehorende beheersysteem en het monitoren van het juiste gebruik van het programma.

Competentie niveau bij aanvang stage



Analyseren (3): De afgelopen twee studentenprojecten (WH3.1 en WH3.2) waren voornamelijk gericht op het zelfstandig analyseren van engineeringsvraagstukken, inventariseren van problemen en de klantbehoeften. Beide projecten zijn met een ruime voldoende afgerond.

Buiten de studie ben ik ondernemer en ontwikkel ik samen met Bas Verhoog een onlineplatform. Zo zij wij bezig www.bijleshhs.nl, www.evaluatiehhs.nl en www.huisordner.nl te ontwikkelen. Hierbij hebben wij te maken met verschillende opdrachtgevers, waarvan wij de wensen en eisen moeten vaststellen en een duidelijke doelstelling moeten bepalen. Dit vindt plaats binnen een multidisciplinair team. Gezien de huidige studie zijn dit zeer complexe uitdagingen, waar ook randvoorwaarden op het gebied van commercie en economie bij betrokken zijn, die zelfstandig worden opgelost.

Ontwerpen (3): Net zoals bovenstaande competentie, is in de studentenprojecten WH3.1 en WH3.2 sterk gefocust op de competentie ontwerpen. Er is hierin namelijk met externe opdrachtgevers gewerkt en de studenten kregen minder begeleiding waardoor er een hoge zelfstandigheid nodig was. In WH3.1 heb ik een Orthese ontwikkeld. Hierin werd met verschillende disciplines en niveaus samengewerkt en er moesten met veel verschillende productiemethodes rekening worden gehouden. Met name de eisen vanuit de medische sector zorgden voor een zeer complex ontwerpproces.

In WH3.2 is een gedeelte van de KanoePack ontwikkeld, namelijk de opvouwbare kano. De studenten van dit project hadden een hoog eigenbelang en werden nauwelijks tot niet begeleid. Door complexiteit van het product moest er zelfstandig rekening worden gehouden met de test- en maakbaarheid binnen een multidisciplinaire context. Er moest namelijk rekening worden gehouden met de vaareigenschappen. Maar het product moest ook de 'wauw'-factor hebben, wat het dus ook een commerciële product maakt.

Realiseren(2): Gedurende mijn twee stages zijn er diverse producten geproduceerd en ontwikkeld.

In mijn stage bij The Fomule Cruisers was ik projectleider van de ontwikkeling van een race auto. Hierin hebben wij met een team binnen 11 weken een race auto geproduceerd. Voorafgaand aan dit project waren er al ontwerpen gemaakt dit wij met het team moesten gaan uitwerken. Gedurende dit productieproces waren er echter nog genoeg componenten die verder moesten worden uitgewerkt voordat deze konden worden geproduceerd.

Tijdens de stage bij Festo heb ik een hybride liftstelsel ontwikkeld. Hiervoor zijn eerst alle ontwerpstappen doorlopen, waarna er een prototype is ontwikkeld. Dit prototype moest worden gemaakt met de beschikbare componenten en materialen van Festo. De elektrische aandrijving kwam echter bij de concurrent Lenze vandaan, wat de assemblage zeer complex maakte. Er moest immers voor het assembleren kennis uit twee verschillende bedrijven worden gehaald. Uitstekende documentatie was hierbij van groot belang, omdat Festo en Lenze dit systeem samen verder wilden ontwikkelen.

Beheren(2): Ook aan de competentie beheren is gedurende het project WH3.1 en WH3.2 veel aandacht besteed. In WH3.1 moest vooral worden gelet op de veiligheid en het milieu. Terwijl bij WH3.2 werd gekeken naar de economische levensduur.

Tijdens de keuzemodule productieproces analyse stond de competentie beheren samen met adviseren centraal. Het doel van de opdracht was namelijk het optimaal laten functioneren van een productieproces. Hierin moest niet alleen rekening worden gehouden met het technische vlak, maar ook met het ergonomische vlak. Deze opdracht is zelfstandig uitgevoerd met een groep van vier studenten binnen een bedrijf.

Managen(1): Gedurende mijn stage was ik projectleider bij The Formula Cruisers. Er was een beperkt budget en slechts elf weken de tijd om de auto te maken. Het was daardoor van groot belang dat dit project goed werd aangestuurd en georganiseerd. Daarnaast moest ik de groep van 20 studenten aansturen en motiveren.

De rol van projectleider beviel zo goed dat ik de minor projectmanagement ben gaan volgen. Hierin heb ik een sponsortraject opgezet voor The Formule Cruisers. Ik heb veel zelfstandig gewerkt om de projectdocumentatie op te zetten en de resources te organiseren. Ik heb gecommuniceerd en samengewerkt met externe partijen en studenten. Dit onder begeleiding wanneer gewenst.

Adviseren(2): Ook deze competentie is door de keuzemodule Productieproces analyse naar niveau 2 gebracht. Het doel van dit project was het verbeteren van de productie efficiëntie met een zo'n laag mogelijke investering. Dit werd afgerond met een advies aan het bedrijf. Het advies is met beperkte begeleiding gegeven en goed ontvangen door het bedrijf. Het advies was onderbouwd met diverse methodieken, zoals DESTEP en spaghetti diagrammen.

Onderzoeken(2): Tijdens mijn stage bij Festo had ik zeer weinig kennis op het gebied van elektrotechniek en pneumatiek. Daarom was een verdiepend onderzoek nodig wat met beperkte begeleiding werd uitgevoerd. Er was een grote informatiebron vanuit Festo beschikbaar.

Vervolgens moest er een onderzoek gedaan worden naar de werkingsprincipes en aansturingen van het systeem. Ten eerste waren er onderzoeksvragen opgesteld. Hiervoor is kennis opgedaan uit de beschikbare literatuur en informatiebronnen van Festo. Er werd ook samengewerkt met een concurrerend bedrijf met andere type motoren. Uit dit onderzoek zijn verschillende conclusies getrokken die nodig waren om het liftsysteem te ontwikkelen.

Professionaliseren(2): Ik heb mij op verschillende vlakken proberen te ontwikkelen. Niet alleen binnen school, maar ook daarbuiten. Dit is gelukt door verschillende stages en mijn minor, maar ook omdat ik ben gaan ondernemen. Hierdoor heb ik mij beroepsmatig en studiematig professioneel ontwikkeld.

Bijlage 2: Bedrijfsbeoordeling

DE HAAGSE
HOOGESCHOOL

Bedrijfsbeoordeling uitvoering afstudeeropdracht

De Haagse Hogeschool, Faculteit voor Technology, Innovation & Society Delft

Naam student	Emiel van Setten
Studentnummer	13013637
Opleiding student	WTB
Afstudeer periode	Shift 1
Naam bedrijf	Robijns BV.
Naam bedrijfsmentor	Erwin Sengers

Wat is uw oordeel over de prestatie van de student tijdens de afstudeerperiode, onderscheiden naar de volgende punten:

O = onvoldoende; T = twijfelachtig; V = voldoende; G = goed; U = uitstekend

	O	T	V	G	U
Inzicht			X		
Systematische aanpak			X		
Kwaliteit gegevensverzameling			X		
Kwaliteit (tussen)rapportage			X		
Theoretische kennis			X		
Praktische inzicht				X	
Nauwkeurigheid/zorgvuldigheid				X	
Houding en optreden					X
Zelfstandigheid					X
Werktempo					X
Totale beoordeling				X	

Paraaf bedrijfsmentor



Paraaf student



Z.O.Z.

Verdere op- en aanmerkingen over de student en/of de afstudeeropdracht.

Samen dat we het prototype nog niet
daadwerkelijk uit konden testen...
We gaan dit (zeer) kansrijke concept en
productie wennen bij gebreken bewijs
dat het werkt.
De ontwikkelpotentie van Emiel is groot
Zijn outgoing persoonlijkheid maken
hem tot een waardevolle 'asset'.
voor elk bedrijf. Emiel kan laten
zien waar het product of dienst
zich naartoe zal ontwikkelen en dat
maakt hem naast 'technisch' ook een
goede verkoper, een goeie combinatie

Datum: 20-12-16

Datum: 21-12-2016

Voor akkoord bedrijfsmentor:

Voor gezien student:


R. J. J. J. J.



Bijlage 3: Octrooionderzoek

Dit octrooionderzoek wordt uitgevoerd om te onderzoeken welke octrooien er al zijn aangevraagd voor het kitecontroller-idee of een vergelijkbaar idee. Maar dit dient ook als inspiratiebron. In dit hoofdstuk worden de verschillende patenten beschreven onderbouwd met afbeeldingen indien beschikbaar. Voor het zoeken naar octrooien is er gebruik gemaakt van de Espacenet, European Patent Register en google patent search.

Één van de belangrijkste eisen om een octrooi aan te vragen is dat het idee nieuw moet zijn. Het haspel, reel, winch principe stamt uit het jaar 1195 (fishing, sd). Oftewel deze zijn niet meer nieuw. Er zijn dus ook geen octrooien te vinden op het principe van een draad oprollen op een as. Echter, er zijn wel octrooien te vinden van verschillende systemen die dit principe verbeteren, aandrijven of monteren.

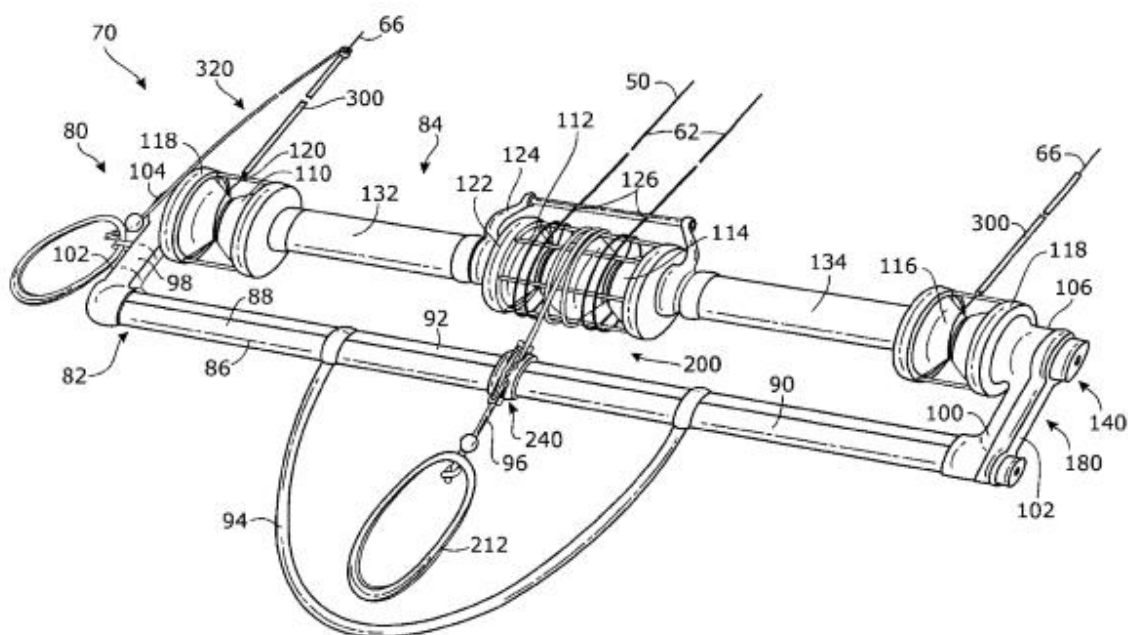
Haspelmet verstelbarearm

Dit octrooi beschrijft de conventionele manier van een kite binnen halen waarbij de zwengel verstelbaar is. Dit is een chinees patent en er is geen beeld materiaal van aanwezig. (China Patentnr. CN20152911738U, 2015)

CN205198965 (U) – 2016-05-04 Conveniently receive and release kite haspelof

The utility model belongs to the kite annex especially relates to a conveniently receive and release kite haspelof line, install the rim plate on the support including the support with rotating, be equipped with the crank on the rim plate, be equipped with the regulation on the crank the adjusting device of the crank radius of gyration. The utility model provides an it also is the distance between the center of crank and rim plate to be equipped with the adjusting device who adjusts the crank radius of gyration on the crank of the rim plate of kite reel, can to adjust the radius of gyration of crank, can improve unwrapping wire speed for the receipts string handle is laborsaving, to the just reduction of requirement of arm strength, to the more weak crowds such as children of arm strength, can conveniently receive and release the line during kiteflying like this, increases and lets the recreational of kite fly away.

Kite control systems



Figuur 61: Kite control systeem

Dit patent beschrijft een kite haspelsysteem met meerdere haspels. Dit product is ook daadwerkelijk op de markt gebracht in 2001 onder de naam Flowbee. (Figuur 28)
 Legale status: Verlopen, aangevraagd en toegewezen in 2000
 (US Patentnr. US6581879B2, 2000)

Samenvatting:

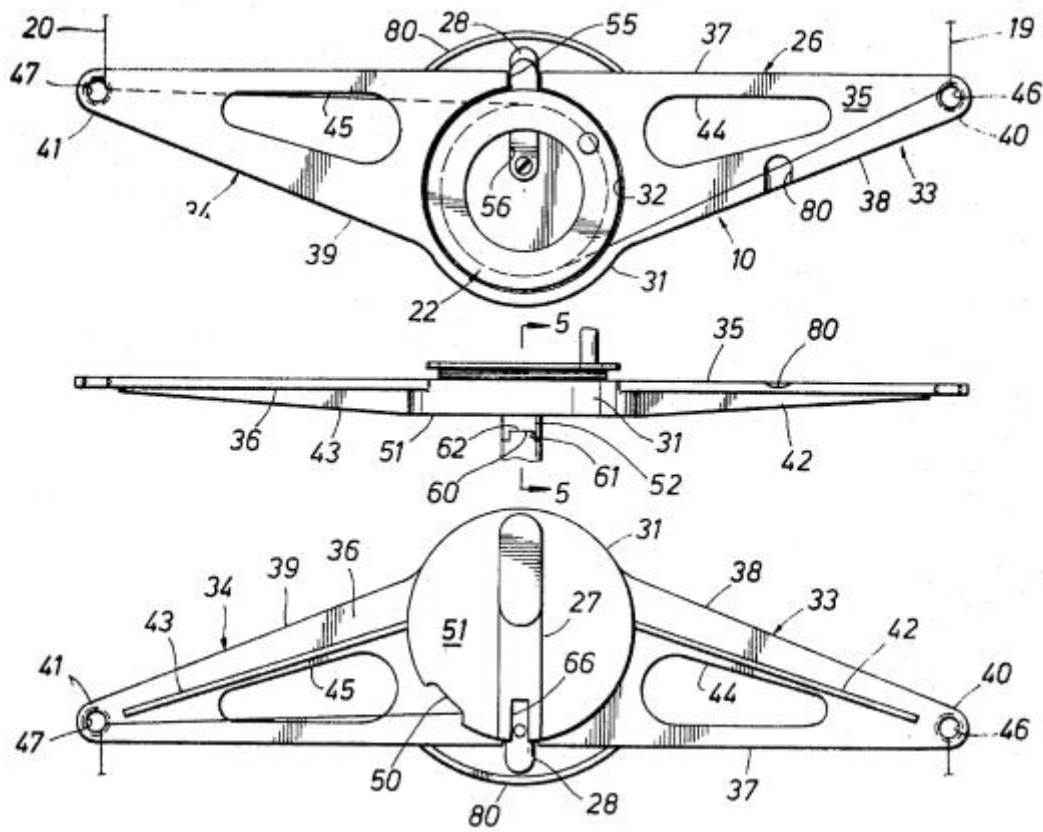
Deze kitecontroller kan worden gebruikt voor een 2 of 4 lijn kite. Deze kitecontroller werkt met meerdere haspels waar de kitelijnen worden opgehaspeld. Deze vier haspels worden gehaspeld door de reelbar te draaien (nummer 134 en 132 in figuur 29). Er is daarnaast één remsysteem voor alle twee of vier de haspels. Deze kunnen dus niet afzonderlijk van elkaar worden gecontroleerd.

Er is daarnaast nog een veiligheids-mechanisme aanwezig waarmee de lijnen in één keer los kunnen worden gelaten.



Figuur 62: Flowbee kitereel

Kitecontroller



Figuur 63: kitecontroller

Dit patent beschrijft een kite haspel systeem met een enkele haspel. Dit product is nooit op de marktgebracht.

Legale status: Verlopen, aangevraagd en toegewezen in 1970.

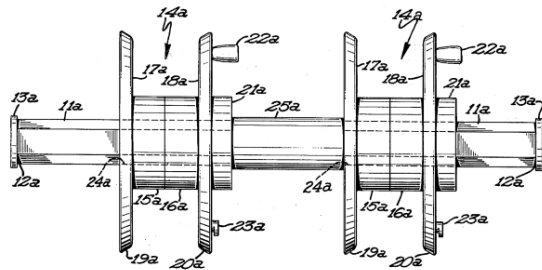
(US Patentnr. US3740010A, 1970)

Samenvatting:

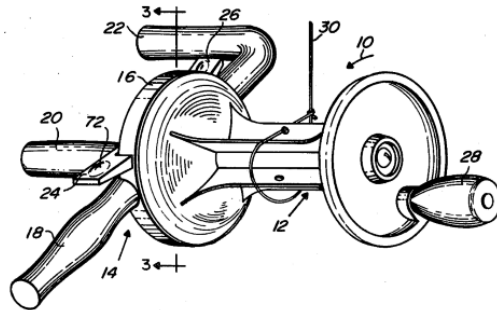
Dit patent was ruim voor de sport kiteboarden en dat is duidelijk te zien aan de beschrijving. Dit systeem betreft namelijk geen kitebar maar wordt met één enkele hendel vast gehouden. Ook deze kite is enkel bedoeld voor een kite van twee lijnen. Er is één haspel in het midden van de controller. Ook deze haspel wordt met een zwengel aangedreven. Daarnaast zit er een rem onderaan de kitecontroller.

Kite haspelsystemen

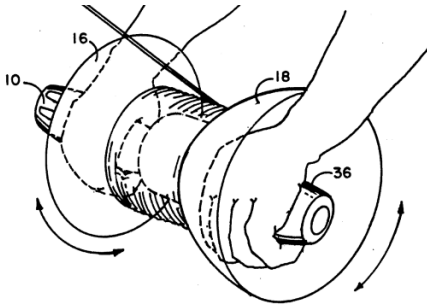
In de patenten database zijn er veel verschillende kite haspelsystemen te vinden. Hieronder volgt een lijst met de verschillende patenten. Al deze systemen zijn bedoeld om een kite binnen te haspelen en zijn zeer vergelijkbaar met elkaar. Deze systemen worden vooral gebruikt ter inspiratie. Deze patenten zijn namelijk bijna allemaal verlopen en kunnen dus worden gebruikt.



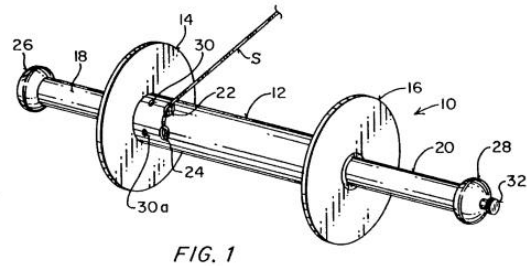
Figuur 64: (US Patentnr. US4172567A, 1978)



Figuur 65: (US Patentnr. US4176807A, 1978)



Figuur 66: (US Patentnr. US5190237A, 1992)



Figuur 67: (US Patentnr. US5277350A, 1993)

Conclusie octrooi onderzoek

Allereerst viel op dat bijna alle kite haspel systemen die zijn gevonden meer dan 10 jaar oud zijn. Daarnaast zijn nagenoeg alle patenten verlopen waardoor deze patenten dus hoofdzakelijk als inspiratiebron worden gebruikt. Daarnaast geven deze patenten de haalbaarheid goed aan.

Bijlage 4: Veldonderzoek

KiteTender

KiteTender is een boot special ontwikkeld voor het kitezeilen (Renssen, sd). De manier van kitezeilen en de kennis die hiervoor nodig is, is vergelijkbaar met het kitezeilen met een kano.



De kennis die nodig is om dit product te ontwikkelen en te gebruiken is zeer relevant voor het gehele project. Het grote verschil is dat de KiteTender qua formaat ± 3 keer zo groot is en dynamischer. De kitecontroller in combinatie met de kano worden gebruikt om rustig te kunnen varen, maar de vaar- en kitetechnieken zijn hetzelfde.

Door de grote overlap met dit project is er contact opgenomen met de oprichter Peter Renssen. Het grootste leerpunt is om gewoon een aantal kites te pakken van verschillende formaten en hiermee onder verschillende windsnelheden testen te doen en de krachten te meten. Op basis van deze krachten kunnen de berekeningen worden uitgevoerd.

Doel: Het hoofddoel van dit bezoek is meer te weten te komen over de verbinding en het krachtenspel van de kite op de kitebar en vervolgens op de kitetender. Daarnaast is het doel meer te weten te komen over de verschillende kitetechnieken en op welke manier de boot verschilt ten opzichte van een reguliere boot. Maar ook is het bezoek bedoeld om 'feeling' te krijgen voor het uiteindelijke product.

Locatie:

IJmeerdijk 4,
1361 AA
Almere

Datum:

8-okt-2016

Tijd:

10:00-12:00

Contact persoon:

Peter Rensen
0653 84 88 72



Figuur 68: Locatie kitetender bezoek

Samenvatting bezoek

Op Mulderzand hadden wij afgesproken met Peter Rensen de ontwikkelaar van de kitetender. Vanaf het begin werd duidelijk dat Peter veel ervaring heeft met kitezeilen en zeer geïnteresseerd is in onze casus. Het werd al snel duidelijk dat wij zo snel mogelijk gewoon moeten gaan testen en proberen. Kite berekeningen zijn namelijk zeer lastig. De beste tip hiervoor is om gewoon een aantal kites te pakken van verschillende formaten en hiermee onder verschillende windsnelheden testen te doen en de krachten te meten. Op basis van deze krachten moeten de berekeningen worden uitgevoerd.

Daarnaast hebben wij samen met Peter de bovenstaande kitecontroller van Pacific sky power behandelt. Het grootste leerpunt hierin is dat de haspel op de bar zelf zit waardoor bij het binnen haspelen van de kite van de kitebar heel instabiel wordt. Dit wiel dient dicht bij de gebruiker te zitten waardoor het haspelen beter controleerbaar wordt.



Figuur 69: Kite tender 400 prototype

Vervolgens is er gekeken naar de kitetender 400.

Hierbij is de kite aan de gebruiker en aan de boot gekoppeld. Dit komt hoofdzakelijk door de hoge snelheden waarmee de kitetender

wordt gebruikt. In het geval van rustig cruisen is dit echter niet direct nodig. Door Peter werd geadviseerd zo snel mogelijk een kano en een aantal kites op te halen en te testen.



Figuur 70: Constructie van de boot inspecteren

Peter heeft dit ook gedurende de ontwikkeling van de Kite tender gedaan. Hij kwam tijdens de praktijktesten veel obstakels tegen die in het theoretische model over het hoofd waren gezien.

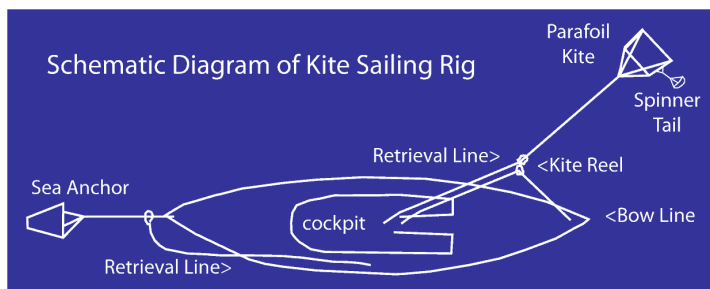
Parafoil

De Kite tender is een zeer wendbaar systeem. De gebruikte power kites leveren juist hun kracht door de gebruikte vliegt technieken. En daarnaast zijn de boten zeer wendbaar en kan je de boot sturen met de kite.

De Parafoil kite heeft maar één lijn waardoor deze dus niet kan worden gestuurd. Dit betekent ook dat deze minder kracht levert. Om de kano op koers te houden dient er echter een anker te worden gebruikt achter de kano. Anders gaat de kano namelijk afdrijven en moet dit constant worden gecorrigeerd door de gebruiker. Dit gaat uiteraard ten kosten van de snelheid.



Figuur 71: Parafoil kite in gebruik



Figuur 72: Parafoil kite systeem *Ongeldige bron opgegeven.*

Een groot voordeel van dit systeem is dat je hiermee beter rustig kan varen. Nadeel is echter dat je door het anker dit systeem alleen in diep water kan gebruiken. En doordat de kite niet bestuurbaar is, is er genoeg wateroppervlakte nodig om gebruik te maken van dit systeem.

Kanoshop

Aangezien kitezeilen in dit project wordt uitgevoerd met een kano is het nodig om basis kennis op te doen over kano's. Is een kano bijvoorbeeld stabiel genoeg en kan deze zijn koers houden wanneer deze wordt voortgetrokken door een kite.



Figuur 73: Kanoshop.nl

Bovendien is het belangrijk om een 'feeling' te creëren voor het product. Om deze reden was er met de gehele KanoePack groep een excursie gepland naar www.kanoshop.nl. Wij werden rondgeleid door Bram Holdermans. Hieronder een korte samenvatting en de leerpunten.

Als eerste is er gesproken over het KanoePack concept in zijn geheel. Bram was zeer positief over het idee en de mogelijkheden. Vervolgens is er gekeken naar een aantal basis modellen waar wij minimaal aan moeten voldoen. Oftewel een aantal kano's die wij moeten verslaan.

Hierna zijn wij gaan kijken naar kano's die gebruikt kunnen worden voor kitezeilen. Geen van de kano's die in de kanoshop liggen zijn geschikt voor kitezeilen. Dit heeft als hoofdreden dat zij allemaal niet over een montage punt voor de controller beschikken. Een trend die Bram ziet is dat de kano markt opzoek is naar nieuwe methodes van voort bewegen en zo het kanoën weer 'Kicken' wilt maken. Bram gaf aan dat het kitezeilen binnen deze trend valt.



Figuur 74: Nieuwe trend, trap aandrijving

Bram had het kitezeilen in een kano zelf één keer geprobeerd en had een aantal kritische punten. Dit had hij gedaan met een kite uitrusting zoals bij kiteboarden. Wat betekent dat de kite aanzienlijk meer kracht heeft dan een matras kite (Zie hoofdstuk 0). Daarnaast zit de kite net onder de borst gemonteerd.

In dit project wordt het aangrijpingspunt juist laag in de kano gehouden waardoor de kano minder snel omslaat. (Zie hoofdstuk 5.1) Volgens Bram is er bij een goed ontworpen

kano geen zwaard of roer nodig om de kano op koers te houden.

Kite soort

In deze paragraaf wordt ten eerste de matras kite besproken en waarom voor deze kite is gekozen. Daarna wordt de kite vliegtechniek besproken.

Het selecteren van de kite valt buiten de scope want dit is al door de opdrachtgever gedaan. Echter moet er wel een basis kennis aanwezig zijn voor de kitecontroller ontwikkeling. Er moeten namelijk parameters worden vastgesteld en er moeten testen met het prototype worden uitgevoerd.

Matraskite

Door de opdrachtgever is aan het begin vastgesteld dat er met een tweelijs matras kite wordt gevlogen. In het Engels worden deze ook wel foil kite of ram-air kites genoemd. Deze kites worden vaak gebruikt om kiteboard beginners de juiste vliegtechniek te leren. Maar ook worden ze veel gebruikt bij kitebuggy en flyboarden.

Het voordeel van een tweelijs kite is de lage instapdrempel en het gebruikersgemak. Er zijn namelijk minder lijnen die in de knoop kunnen raken. Hieronder enkele matras kite voorbeeld formaten.



Figuur 76: Matras kite in gebruik



Figuur 75: Matras kite

De matras kite die in dit project wordt gebruikt heeft open cellen in plaats van gesloten die moeten worden opgeblazen. Er is gekozen voor open cellen omdat er dan geen pomp mee hoeft te worden genomen. Daarnaast nemen deze kites opgevouwen minder ruimte in.

Kite vliegtechnieken

In deze paragraaf worden de verschillende kite vliegtechnieken beschreven.

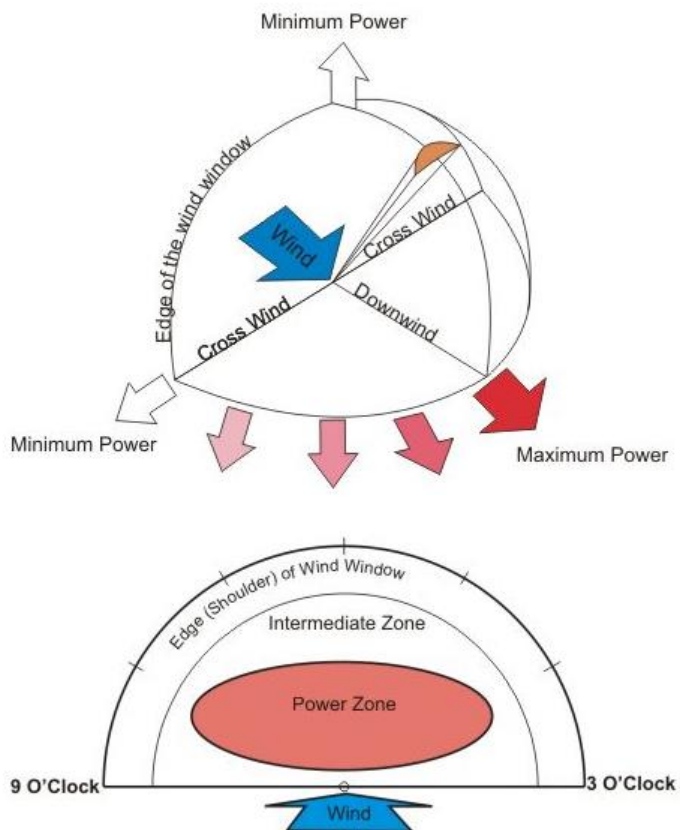
Wind window

Ten eerste is het belangrijk te weten in welke richtingen de kite kracht levert. Dit wordt getoond in Figuur 77.

Edge: in deze zone heeft de wind de minste kracht. En deze ruimte wordt vooral gebruikt om rust te nemen of in geval van gevaarlijke situaties.

Intermediate: deze zone zit tussen de edge en de power zone in. Deze zone wordt vooral gebruikt om rustig te 'cruisen'.

Power: Bij kiteboarden wordt er vooral in de power zone gevlogen, omdat de kite hier de meeste kracht levert. Deze zone wordt bij kitezeilen met de kano dus ook zoveel mogelijk vermeden.

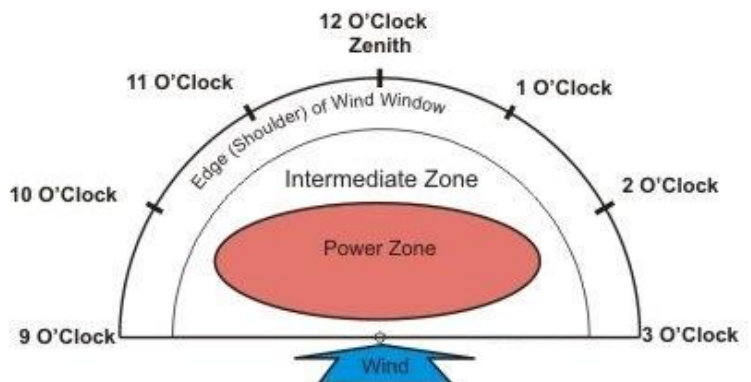


Figuur 77: Wind window

Window navigatie

In Figuur 78 wordt de benaming voor de navigatie weergegeven. De kloktijden worden gebruikt om de positie van de kite in de lucht aan te geven.

In de zenith positie (12 uur) levert de kite geen kracht. Deze positie wordt vaak gebruikt om de kite af te stellen of de kite wordt hier naartoe gevlogen bij een gevaarlijke situatie.



Figuur 78: Wind windows navigatie

Vlieg routes

Er kunnen verschillende vliegroutes worden gevlogen die meer of minder kracht leveren. In het geval van kitezeilen wordt de kite meestal op één positie gehouden.

Bijlage 5: Ideeën voor totaal oplossing

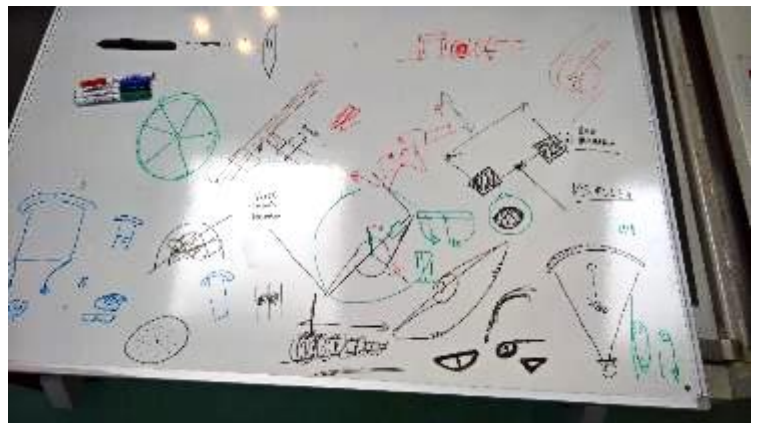
In dit hoofdstuk worden meerdere ideeën ontwikkeld. Als eerste is er begonnen met een brainstorm sessie. Hieruit zijn veel ideeën gekomen die in de paragrafen erna verder worden uitgewerkt. Als eerste volgen de ideeën voor de totaal oplossing waarna er een morfologisch overzicht wordt opgezet voor de deeloplossingen.

Brainstorm sessie

De eerste stap bij de ideeën ontwikkeling is het organiseren van een brainstorm sessie. Hierin zijn nog alle mogelijk opties open en zijn er nauwelijks tot geen grenzen aan mogelijkheden. Dit is om het creativiteits-proces te bevorderen. Er is veel geschetst en uitgetekend.



Figuur 80: Brainstorm sessie

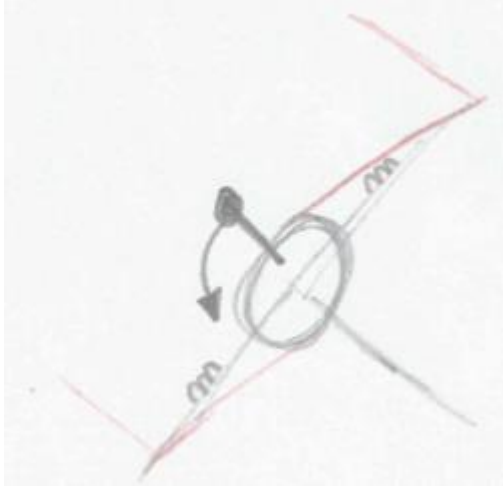


Figuur 79: Gedeelte van de brainstorm resultaten

Het resultaat van deze brainstorm sessie is dat er een aantal ideeën voor de totaal en voor de deeloplossing zijn. Deze ideeën worden in de paragraaf hierna verder uitgewerkt.

Ideeën voor totaal oplossing

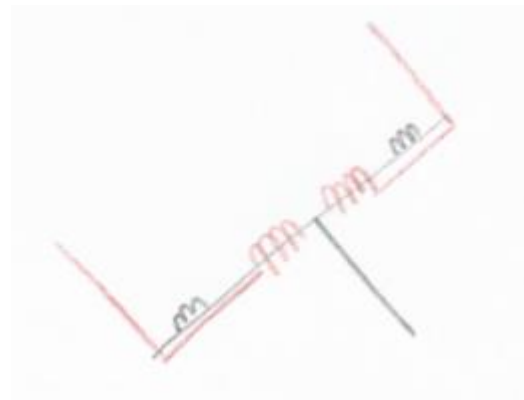
In deze paragraaf worden er meerdere ideeën voor de totaal ontwikkeling beschreven. Dit zijn eenvoudige schetsen met een korte omschrijving van het idee. En dienen vooral al tweede stap in het creatieve proces. Deze ideeën zijn ontwikkeld vanuit de ontwerpvisie en de succescriteria. In de schetsen is de constructie in het zwart getekend en de lijnen in het rood.



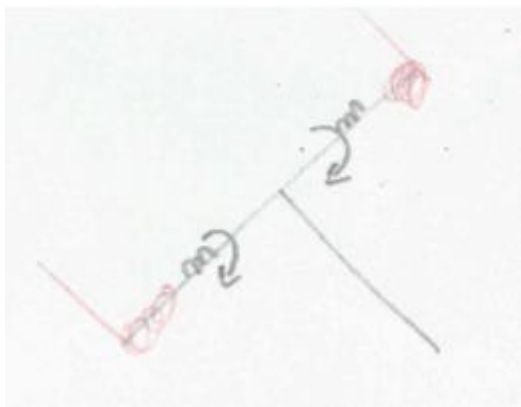
Figuur 81: Idee #1

#1 Dit idee is gebaseerd op reeds bestaande kitecontrollers. En is qua constructie de meest eenvoudige. De lijnen lopen vanaf één haspel in het midden naar buiten.

#2 dit idee is een doorontwikkeling van nummer 1. In plaats van één haspel zijn er nu twee haspels die afzonderlijk van elkaar kunnen worden op en af gehaspeld.

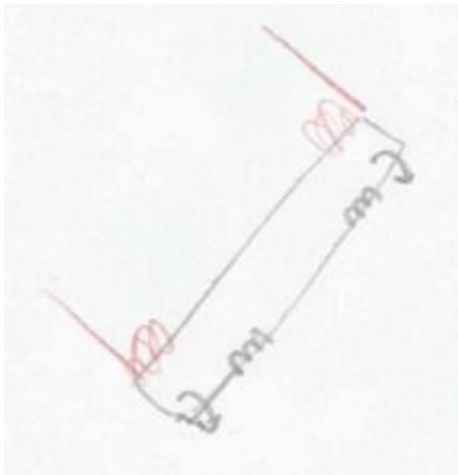


Figuur 82: Idee #2



Figuur 83: Idee #3

#3 In dit idee zijn er meerdere haspels. Deze zitten aan de uiteindes van de bar gemonteerd. En kunnen individueel worden op en af gehaspeld. Nadeel is dat de handen tussen de haspels in zitten. Waardoor de bar breder wordt. In het onderstaande idee zijn de haspels losgekoppeld van de hoofdbar.



Figuur 84: idee #4

#4 Op basis van het bovenstaande idee is nummer 4 ontwikkeld. Deze neemt namelijk het nadeel weg dat de haspel op een onpraktische locatie zitten. Er is namelijk een tweede bar aan toegevoegd. Op deze manier zitten de haspels nog aan de buitenkant van de bar. Daarnaast is er op deze manier meer ruimte voor een overbrenging/vertanding.

#5 In dit idee is de haspel verplaatst van de bar naar de koppeling van de bar op de gebruiker. Dit heeft een aantal voordelen waaronder dat bij het op en af haspelen de bar minder beweegt. Het haspel systeem zit dicht bij de gebruiker waardoor er minder bewegingsvrijheid is. Daarnaast is er op deze manier minder gewicht op de bar en hangt het meer aan de gebruiker.

Wat ten goede komt van het gebruikersgemak.



Figuur 85 idee #5



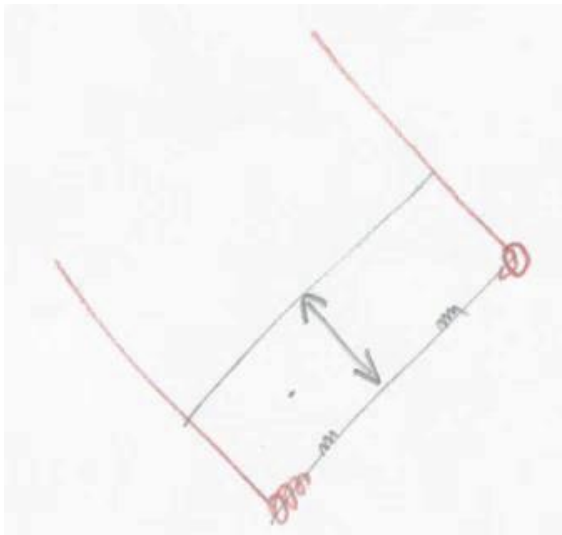
Figuur 86 idee #6

#6 Dit idee is weer een doorontwikkeling van nummer 5 in plaats van het draad om de bar heen te haspelen wordt het nu op een soort vis molen gehaspeld. Voordeel is dat de vismolen op een vergelijkbare methode kan worden gemonteerd als op een vishengel. Wat betekent dat deze ook demontabel is. Daarnaast lopen in dit idee de kabels door de bar heen. Wat in theorie met elk idee kan worden uitgevoerd.

#7 In dit idee is de haspel gemonteerd op de gebruiker. Door een rigide verbinding van de kitecontroller op de gebruiker kunnen hier de lijnen doorheen worden geleid. Een groot nadeel aan dit concept is de veiligheid en complexiteit. Vooral omdat het open afhaspel systeem aan de gebruiker zitten gekoppeld.

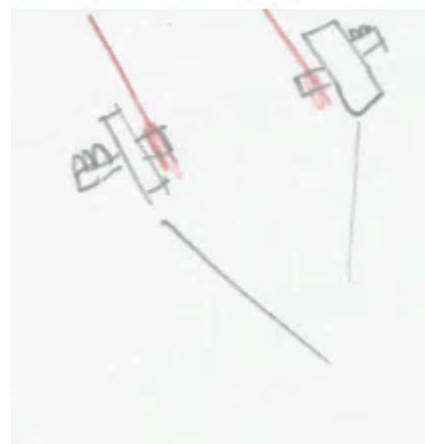


Figuur 87 idee#7



Figuur 88 idee #8

#9 In dit idee is er afgeweken van het klassieke bar idee. Er is gebruik gemaakt van één los systeem per hand met een op haspel systeem. Dit biedt een aantal voordelen dat de systemen eenvoudiger te vervoeren zijn de besturing van de kite is eenvoudiger. Aantal grote nadelen zijn echter dat de op deze manier niet met één hand te besturen is. Maar ook dat wordt het op haspelsysteem op deze manier zeer complex.



Figuur 89 idee #9

Bijlage 6: Uitgebreide beschrijving concepten

Uitwerking concepten

In deze paragraaf zijn de vier concepten uit het morfologisch overzicht uitgewerkt. Voor elk concept is er een CAD-model gemaakt in Fusion 360. De concepten hebben een gelijk niveau van uitwerking. De uitgebreidere uitwerking van de concepten is te vinden in bijlage 4: Ideeën voor de totaal oplossing en bijlage 5: uitgebreide beschrijving concepten. Let op in de concept generatie fase is een voorlopig ontwerp opgeleverd. De focus ligt op de functionaliteit. In de detailleringfase wordt het ontwerp verder uitgewerkt.



Figuur 90: Chicken loop

In elk concept is er gekozen voor de chickenloop met als hoofdreden dat deze al ver is ontwikkeld in de kiteboardmarkt en het veiligheidssysteem zich al heeft bewezen. Om deze reden is het niet rendabel om de Chickenloop zelf te ontwikkelen.

Voor de constructie van de kitebar is er gekozen voor buizen van aluminium. Het verbindingblok is gemaakt van aluminium. Het verbindingblok kan met een kliksysteem worden gedemonteerd voor vervoer. Dit is een wens van de opdrachtgever en wordt afhankelijk van het gekozen concept verder uitgewerkt.



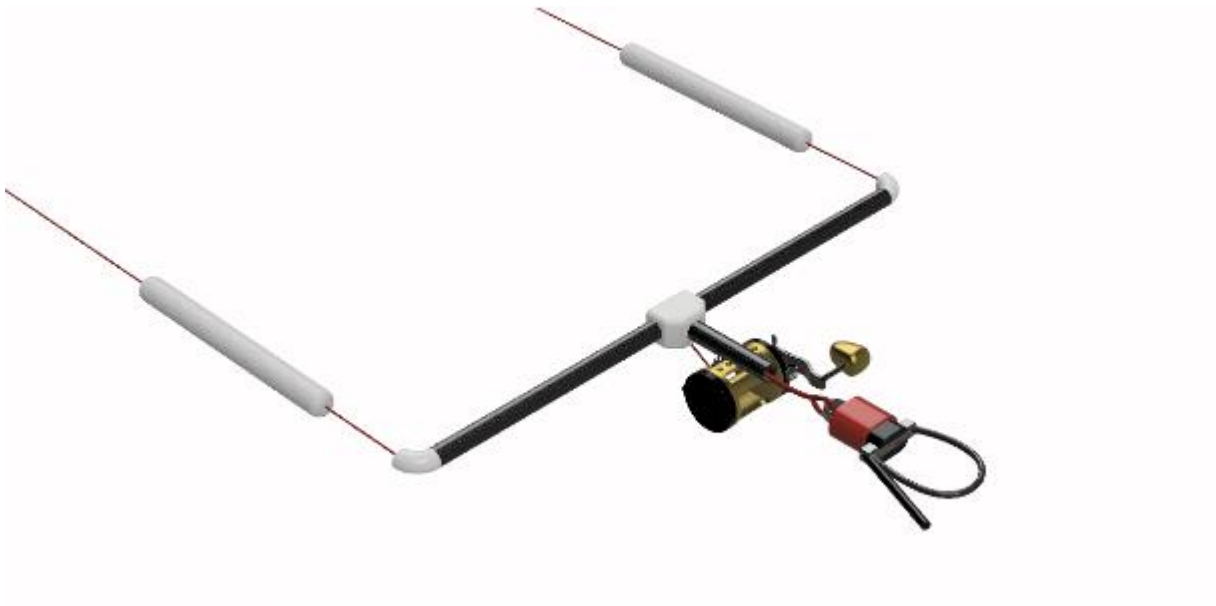
Figuur 91: Constructie



Figuur 92: Gebruikte lijnen

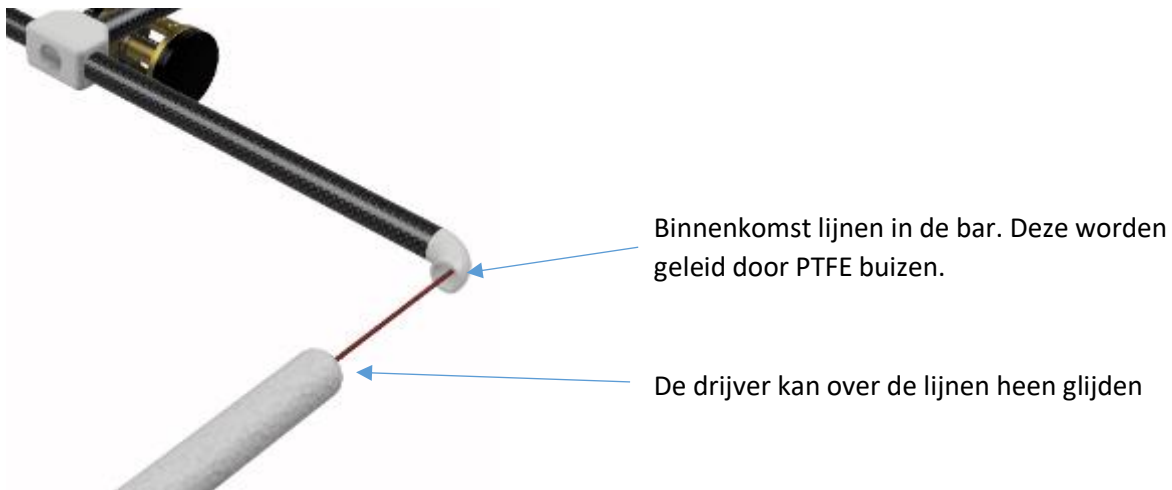
In de concepten is er gebruik gemaakt van een standaard kiteliijn. Welke lijnen er uiteindelijk worden gebruikt is afhankelijk van de keuze van de gebruiker. In het ontwerp wordt er met de meest gebruikte kitelijnen rekening gehouden, dit zijn Dynamo-lijnen. Deze kite lijnen hebben een maximaal toelaatbare kracht hebben van 1000N.

Concept 1

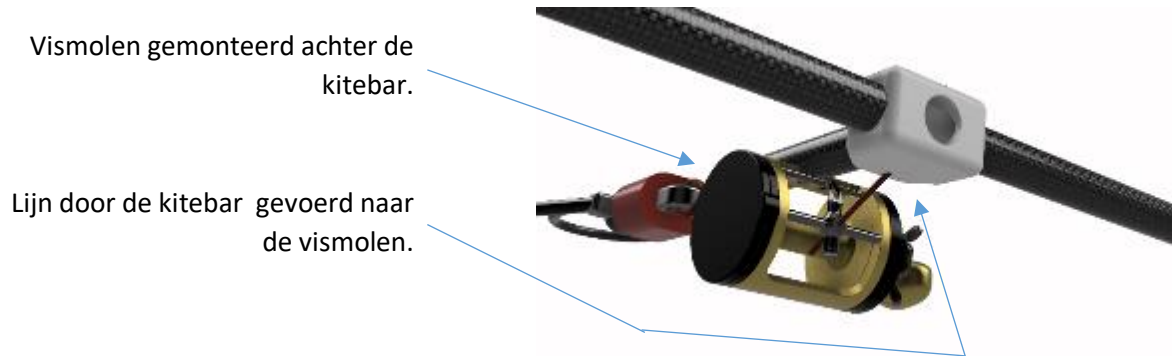
*Figuur 93: Concept 1 geheel*

Concept 1 maakt gebruik van een T-vormige bar waarbij de lijnen door de bar naar de haspel toe lopen. Deze lijnen worden geleid door PTFE-tubes of een vergelijkbaar materiaal. Doordat de buizen geen gesloten ruimte zijn moeten er drijvers worden gemonteerd. Deze zijn aan de lijnen gemonteerd en gedurende op- en afhaspelen blijven deze dicht bij de bar.

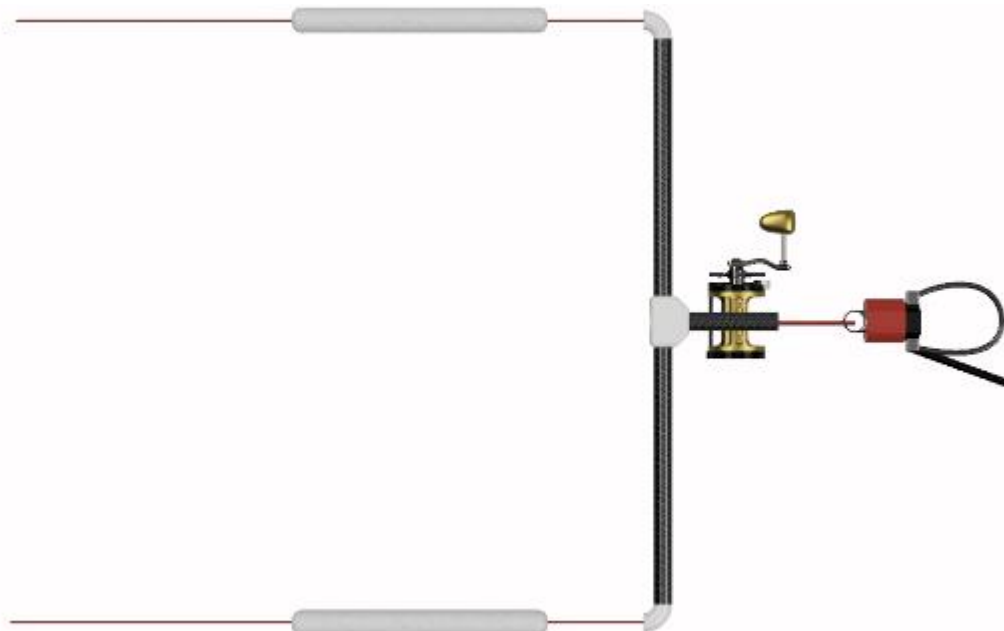
Het op- en afhaspel systeem kan worden gemaakt met een vismolen of een zelf ontwikkeld haspelsysteem. De haspel zit tussen de gebruiker en de bar in gemonteerd waardoor de trillingen op de bar beperkt blijven gedurende op- en afhaspelen. Hierdoor is het op- en afhaspelen eenvoudiger met één hand te doen. Vanaf de vismolen is de chickenloop gemonteerd die vervolgens aan het harnas van de gebruiker is gekoppeld.



Figuur 18: Concept 1 detail



Figuur 19: Concept 1 Detail lijn op haspel



Figuur 20: Concept 1 boven aanzicht

Concept 2

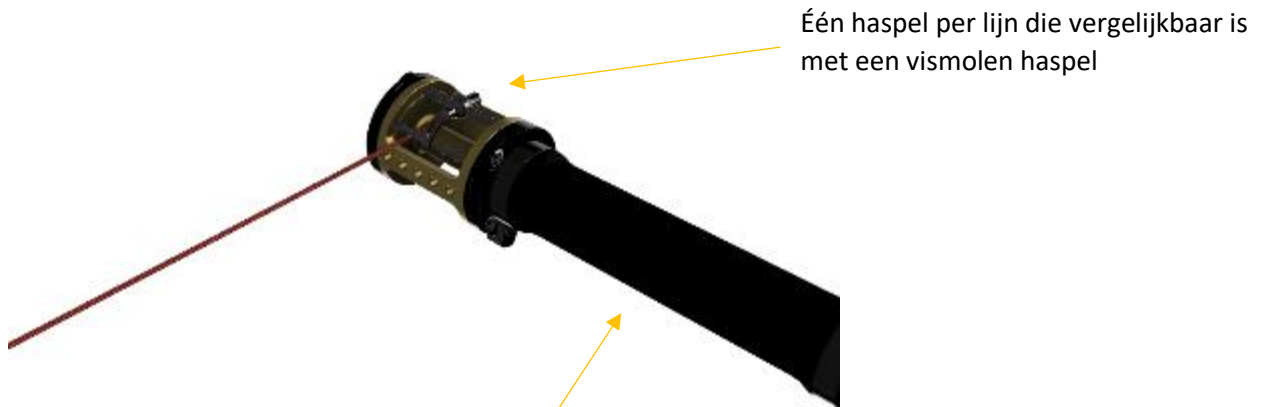
*Figuur 21: Concept 2 geheel*

Concept 2 heeft een lange kitebar die in het midden is verbonden aan de chickenloop. De haspels zitten op de uiteindes verbonden. Deze haspels worden aangedreven door de handvaten op de kitebar. Voordeel van deze aandrijving is dat de handen de kitebar niet los hoeven te laten om de lijnen op- of af- te haspelen. Daarnaast kunnen de lijnen nu individueel worden op of afgehaspeld hierdoor kan er beter tegen de wind in worden gevaren.

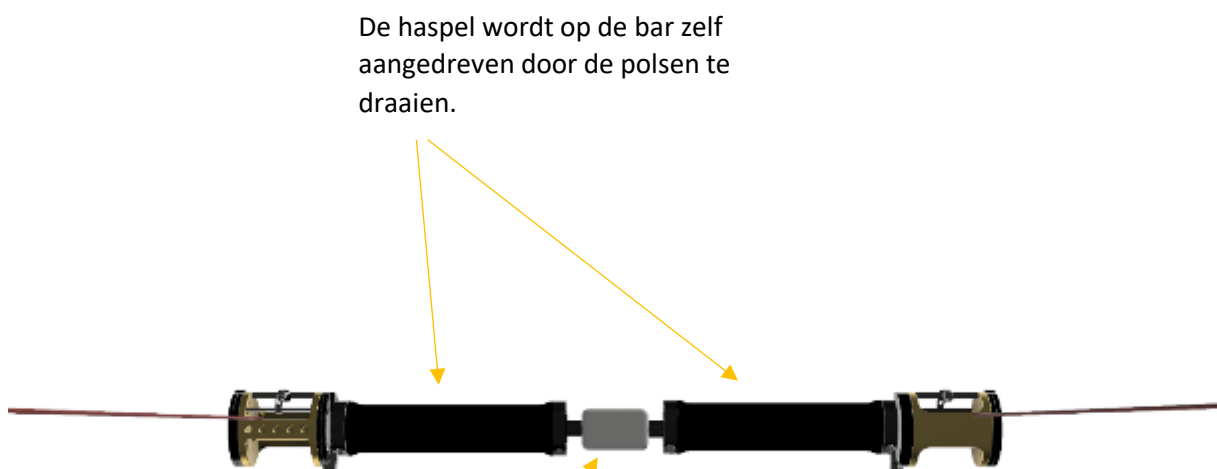
De haspels dienen voor deze toepassing te worden ontwikkeld. Voor het fixeren van de lijnen is er gekozen voor een frictie rem. Dit betekent dat er een hendel zit waarmee deze kan worden vergrendeld of vrij kan lopen. Ook dit systeem kan per lijn worden bestuurd.

Een onbekende aan dit concept is de geleverde kracht door de polsen van de gebruiker. Verder in deze paragraaf wordt er een test gedaan om te kijken of de polsen voldoende kracht kunnen leveren en of dit comfortabel is.

In de haalbaarheidsschatting moet er worden gecontroleerd of de gebruiker genoeg kracht kan leveren en deze lengte comfortabel kan op- of afhaspelen.

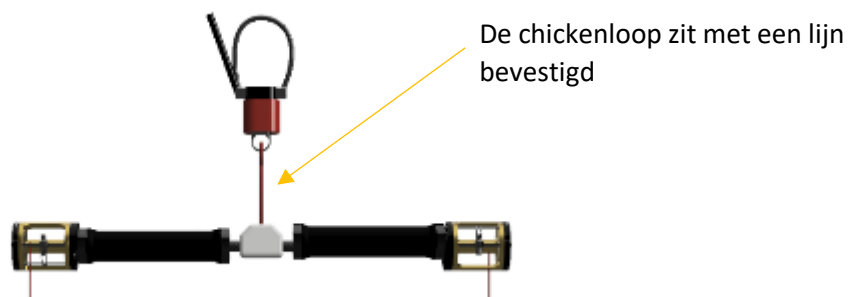


Figuur 22 Concept 2 detail



Figuur 23 Concept 2 vooraanzicht

Er loopt een as door de gehele kitebar waar alle onderdelen op worden bevestigd



Figuur 24: Concept 2 bovenaanzicht

Onderarmen en polsen test

Om de haalbaarheid in te schatten van concept 2 is het nodig om te testen hoeveel kracht je polsen en onderarmen kunnen leveren. Deze test dient dus meer als



inschatting. De geleverde krachten kunnen gemeten worden met een bestaand apparaat uit de sportschool (Zie figuur 25). Deze polsen en onderarm trainer wordt als voorbeeld gebruikt en kan worden gereproduceerd met de beschikbare materialen uit de Betafactory. Dit is gedaan met een houten staaf, draad en een emmer. Deze emmer wordt met water gevuld en gewogen.

Figuur 25: Polsen en onderarm trainer

Voor de test zijn er vier proefpersonen geselecteerd. Één vrouw en drie mannen. Van de drie mannen is er een kiteboarder en de ander gaat naar de sportschool. Daarnaast heb ik zelf de test gedaan. Er is gemeten hoe snel verschillende gewichten er konden worden op- en afgehaspeld. Die resultaten zijn in tabel 3 vernoemd.



Figuur 26 emmer voor dragen van gewicht en de maatbeker

	#1		#2		#3		#4	
	Op	Af	Op	Af	Op	Af	Op	Af
1kg	7.78	7.23	6.23	2.56	2.82	1.48	6.78	3.15
2kg	9.66	7.67	5.57	2.16	2.62	1.09	8.54	2.65
3kg	9.70	7.15	7.34	1.15	3.93	1.10	8.75	1.26
4kg	8.54	6.33	10.28	2.32	5.95	1.10	9.72	6.34
5kg	10.02	6.62	9.97	1.95	6.29	0.98	10.25	3.12
6kg	12.72	5.27	13.55	2.06	8.50	0.92	10.28	3.10
7kg	11.72	7.62	11.69	1.64	5.83	1.26	11.70	3.54
8kg	-	-	11.65	1.57	5.61	1.26	11.60	4.15

Tabel 10 meet resultaten

*tijden in secondes

** gewichten in Kilogrammen

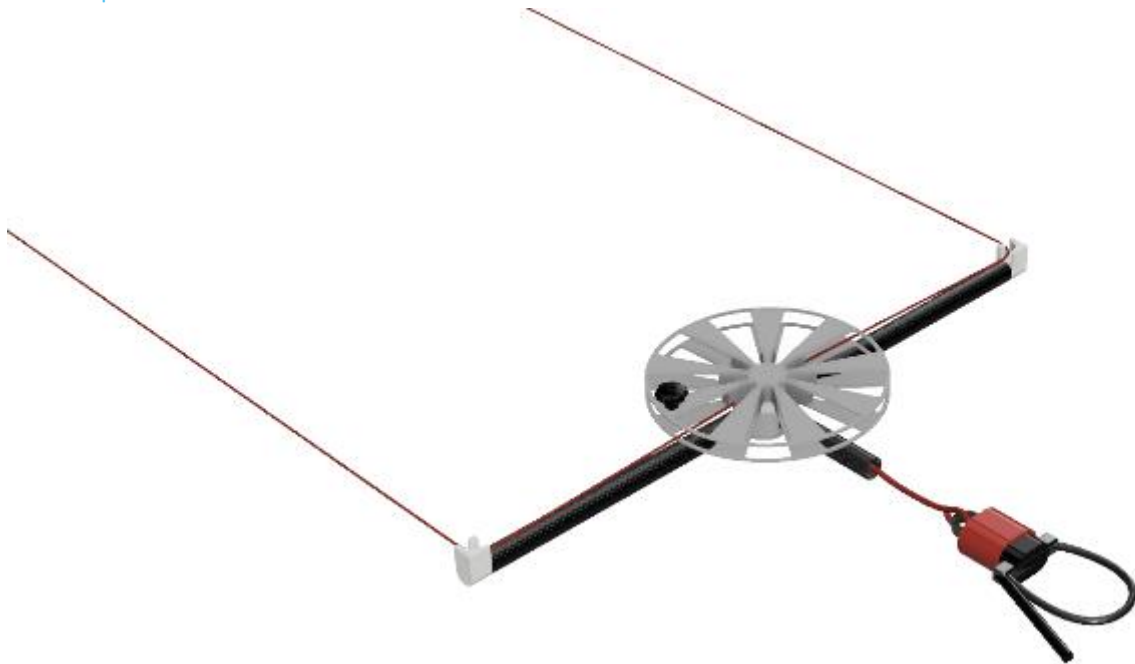
Daarnaast is er nog gevraagd vanaf hoeveel kilo het niet meer comfortabel wordt wanneer het dus een soort 'training' wordt. (Zie tabel 4)

#1	#2	#3	#4
5kg	5kg	6kg	6kg

Tabel 11: comfort niveau

De gebruikte kites in deze afstudeer opdracht zijn trainer kites en matras kites. Deze kites trekken bij een windsnelheid tussen de 4 en 5 knoppen ongeveer 15 tot 20 kilo aan gewicht. Op basis van aangeven van de proefpersonen is het dus niet comfortabel om dit gewicht zelfs in het minste getal binnen te halen met een vertanding van 1 op 1. Daarnaast zijn de kite lijnen in een uiterste geval 30m lang. Bij een gewicht van 7 kilo doen de proefpersonen ± 11 seconden over 1 meter. Wat betekent dat je 5 minuut en 30 seconden doet over het binnen halen van 30 meter.

Concept 3

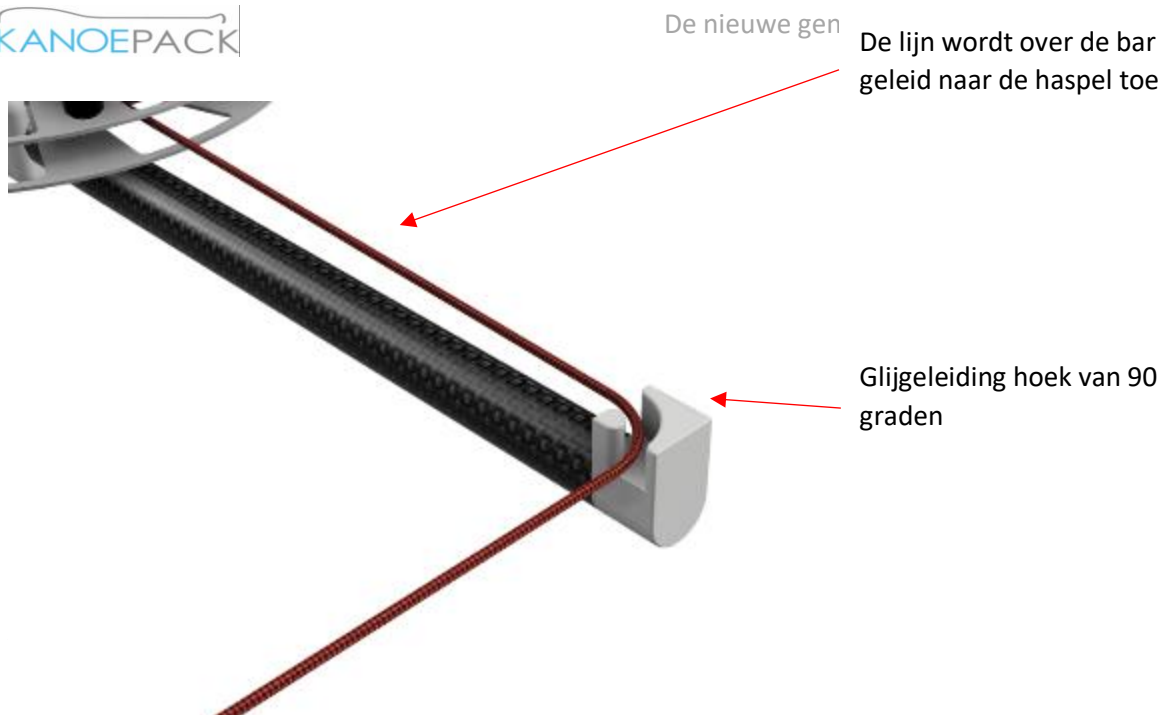
*Figuur 27 Concept 3 geheel*

Dit concept is gebaseerd op het product van Pacific skypower. In het midden is een grote haspel aanwezig waar alle draden op kunnen worden gehaspeld. Deze schijf wordt met de hand aangedreven door een knop op de haspel. Ook in dit concept wordt er gebruik gemaakt van een frictierem. Deze rem kan worden vergrendeld door de knop te draaien. Uit het product van Pacific skypower blijkt al dat de gebruiker voldoende kracht kan leveren om de lijn op of af te haspelen.

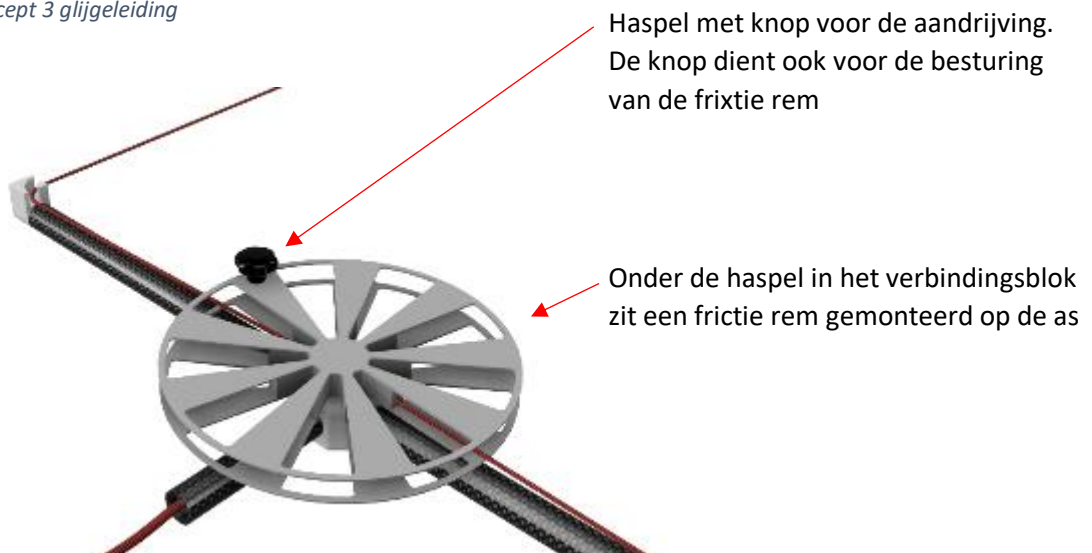
De haspel is dubbel gelagerd in het koppelstuk tussen de drie bar delen. Dit zijn gesloten lagers waar theoretisch geen zand of water in kan komen.

Doordat de haspel midden op de bar zit moet er gebruik worden gemaakt van een T-vorm. Zodat de chickenloop veilig kan worden gemonteerd zonder dat deze de haspel raakt. Doordat de bar hol van binnen is, is deze zelf drijvend.

Er wordt gebruik gemaakt van een glijgeleiding op de uiteindes van de bar. Dit heeft een aantal voordelen waaronder eenvoudig in gebruik en lichter. Ook in een zoutwater en zand is dit geen probleem. Dit soort glijgeleidingen wordt al veel in de zeilsport en kitesurf markt gebruikt.

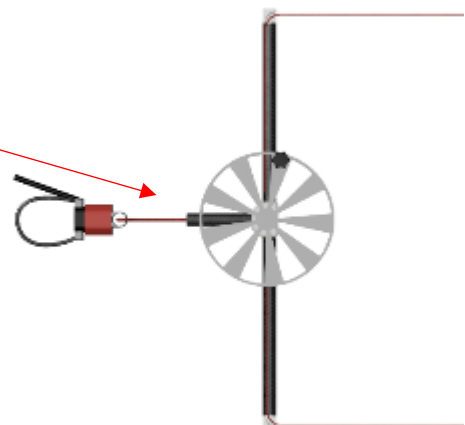


Figuur 28 Concept 3 glijgeleiding



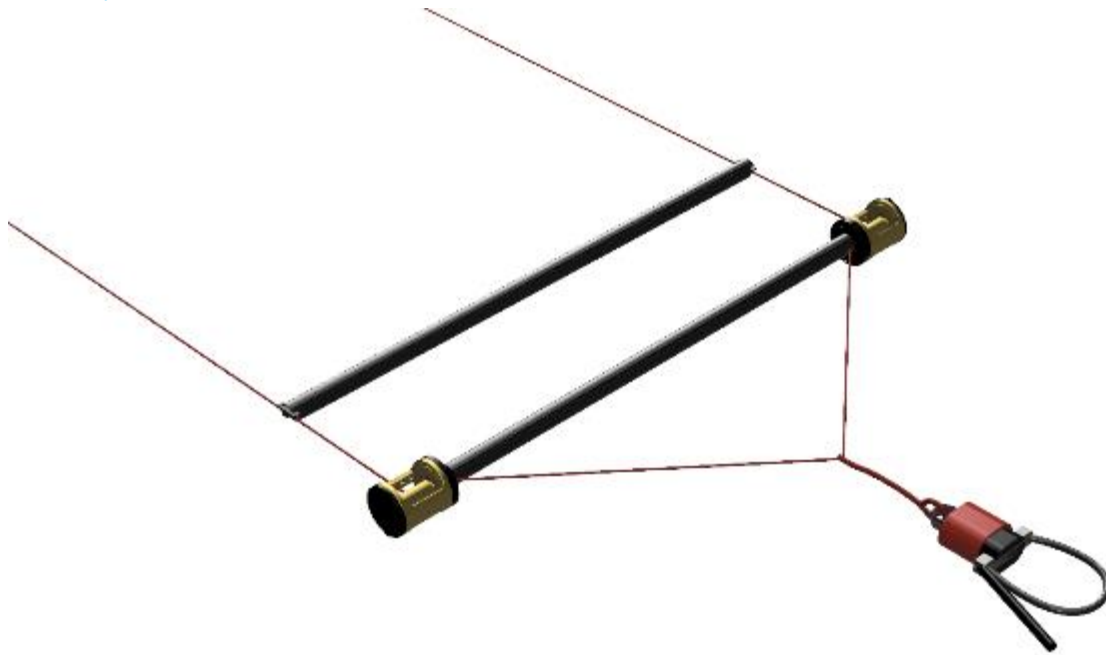
Figuur 29 concept 3 haspel

Er is gebruik gemaakt van een T bar zodat de chickenloop veilig kan worden gemonteerd zodat deze de haspel niet kan raken



Figuur 30 Concept 4 bovenaanzicht

Concept 4

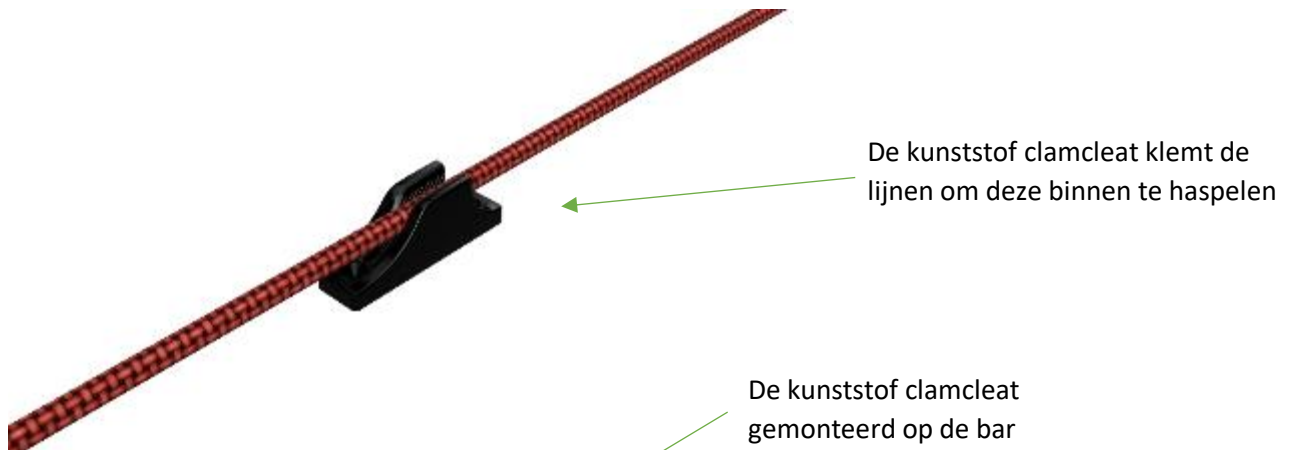
*Figuur 31 Concept 5 geheel*

Bij dit concept is van het bovenstaande haspel principe afgeweken. Deze haspels worden namelijk aangedreven zoals bij een stofzuiger of lucht slang haspel. Dit betekent dat er een veer in de haspel zit die de lijnen oprolt als er geen spanning op de lijnen is. Met de bovenste bar kunnen de lijnen spanningsloos worden gemaakt. De bovenste bar word aan de lijn geklemd waarna deze naar de gebruiker wordt bewogen. Hierdoor worden de lijnen tussen de bovenste en onderste bar spanning loos waardoor de lijnen worden opgerold. Om de lijnen te laten vlieren kan dit op een vergelijkbare manier.

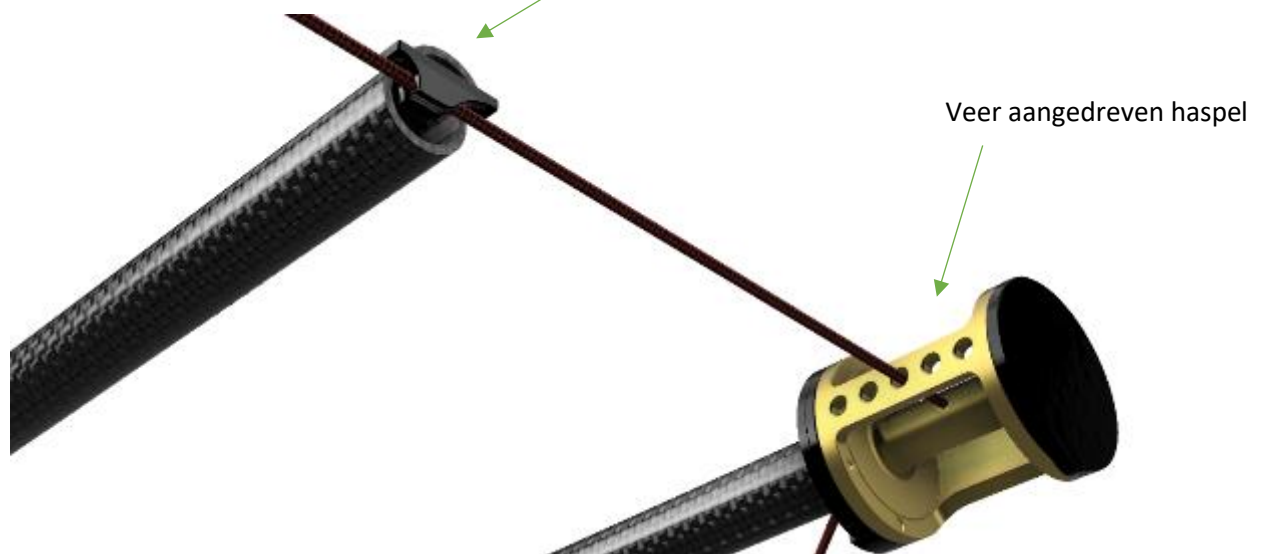
Voor het vastklemmen van de lijnen aan de bovenste bar is gebruik gemaakt van een clamcleat. Dit is een klem die de lijnen vastklemt (Zie tabel 1 en 2) deze klem wordt veel gebruikt in de zeilsport en is zeer duurzaam.

Een groot voordeel van dit concept is de eenvoud van de rem en vlier systeem. Daarnaast is het een zeer overzichtelijk en eenvoudig in gebruik concept. Een groot nadeel is echter de tweede bar die aanwezig is. De extra bar is extra gewicht en extra volume dat moet worden meegenomen.

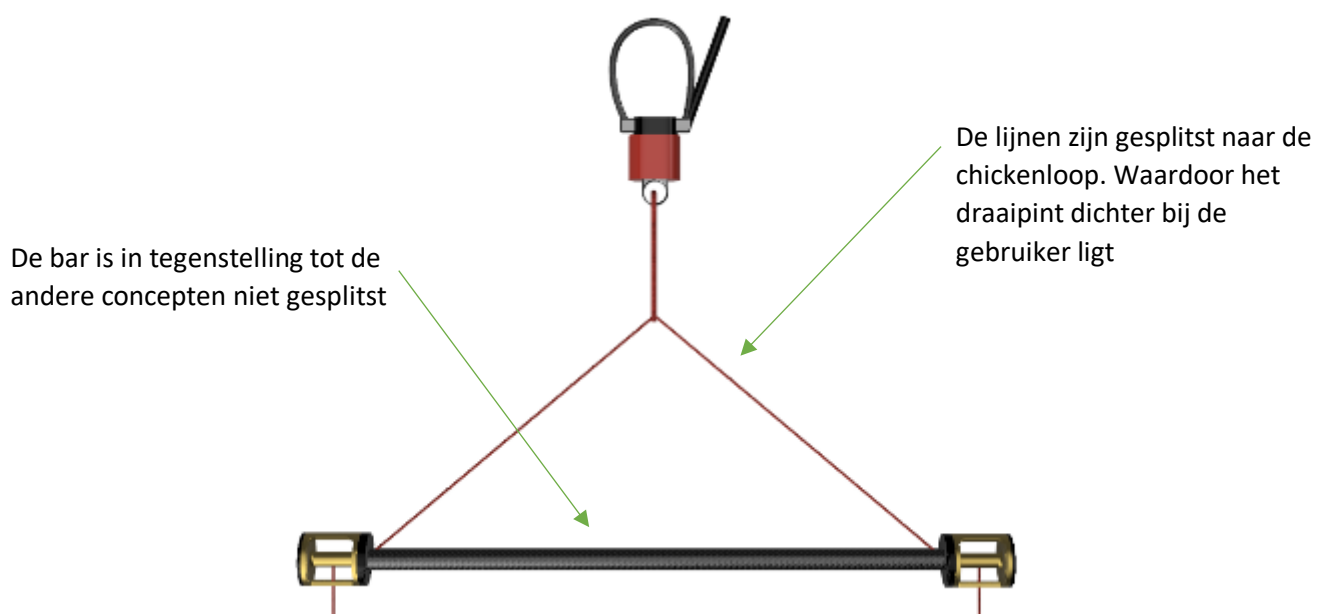
In dit concept is de verbinding van de bar op de chickenloop opgesplitst. Omdat er is gekozen voor één lange rechte bar.



Figuur 32 Concept 4 Clamcleat



Figuur 33 Concept 4 tweede bar detail



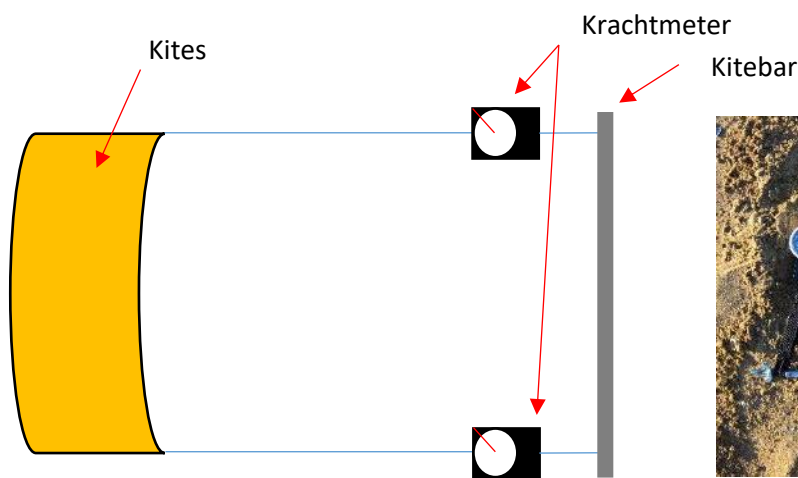
Figuur 34 Concept 5 bovenaanzicht

Bijlage 7: Parameters vaststellen

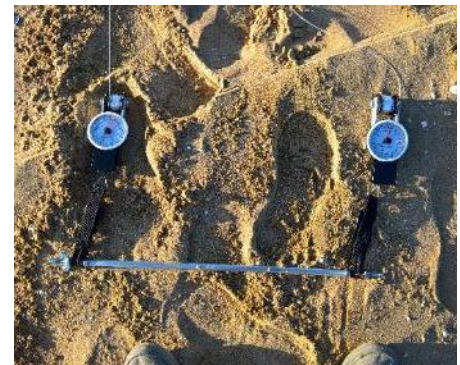
Voor de berekeningen zijn input waardes nodig. Gezien de situatie konden deze input waarde niet zomaar ergens vandaan worden gehaald. Deze inputwaardes moesten op basis van ervaring worden vastgesteld. Op basis van deze praktijk metingen kan er een theoretisch model worden opgesteld. In dit hoofdstuk wordt kort de testopstelling en de resultaten besproken. In bijlage 6: Parameters vast stellen is het uitgebreide verslag opgenomen.

Test opstelling

Om de parameters vast te stellen moeten er metingen worden gedaan. De meetopstelling en de gebruikte componenten worden in dit hoofdstuk beschreven. In de onderstaande figuren is de test opstelling weergegeven zoals de metingen worden gedaan in de praktijk.

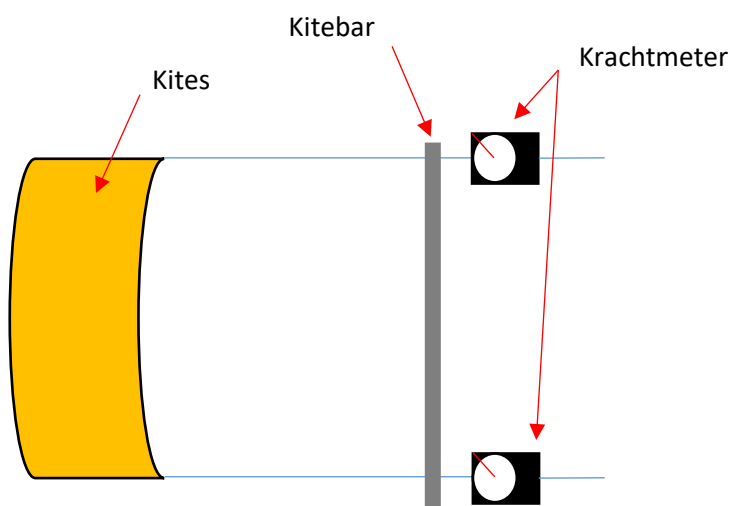


Figuur 95 Meet opstelling 1



Figuur 96 Praktijk situatie

In de onderstaande figuur is de test opstelling weergegeven zoals bij de kitebar die niet kon worden aangepast, omdat de kite was geleend en de lijnen niet konden worden aangepast.



Figuur 97 Meet opstelling #2



Figuur 98 Praktijksituatie

Kite bar

De eerste stap is het creëren van een bar die de gebruiker vast kan houden en de krachtmeters op kunnen worden gemonteerd. Deze bar is gemaakt van draadeind M10 er is gekozen voor een draadeind zodat de configuratie van de kitebar makkelijk kan worden veranderd.

De lijnen van de kracht meter worden gefixeerd door moeren. Deze voorkomen dat de kracht meters gaan schuiven over de kitebar. Ook kan door het gebruik van de moeren de breedte van de kitebar worden aangepast.

Om de kitebar comfortabel vast te kunnen houden is er een aluminium buis rond het draadeind gemonteerd. Ook deze is gefixeerd tussen de moeren.

Krachtenmeters

Om de kracht van de lijnen op de kitecontroller te meten is er naar verschillende meetsystemen gekeken. Echter lopen de kosten van deze krachtmeet systemen snel tot in de honderden euro's en was er geen mogelijkheid gevonden om deze te lenen. Daarnaast zijn deze systemen veel nauwkeuriger dan nodig is.

Zolang er binnen een kilo gemeten kan worden is dit acceptabel. Hierop is er gekeken naar bagage weeg apparaten. Uiteindelijk is er voor een analoge bagage drager gekozen(Figuur 2). Deze kunnen binnen één kilogram meten, zijn goedkoop en kunnen makkelijk worden aangepast om de metingen te doen.

Deze krachtmeter werkt door middel van een drukveer en kan tot 35 kilo meten. Dit zou volgens de eerste schattingen voldoende moeten zijn. De kracht wordt aangegeven met een wijzer op een klok. Daarnaast zit er ook een eindstop op waardoor de maximaal gemeten kracht kan worden afgelezen.

De behuizing is van kunststof en is met een kliksystemen verbonden, waardoor de bagageweger makkelijk kan worden aangepast voor de juiste toepassing. Aan de bovenkant moet namelijk de lijn worden verbonden met een systeem dat de lijnen kunnen worden ingekort. De onderkant van de bagage weger moet worden verbonden aan de kitebar. Hierdoor kan het meet instrument nog vrij bewegen aan de kitebar waardoor deze altijd in het verlengde van de lijnen staat.



Figuur 101 Aangepaste krachtmeter voor testen

Voor het testen is het ook van belang dat de lijnen kunnen worden ingekort of verlengd. Hierdoor is een simpel mechaniek gemaakt waar de lijnen op kunnen worden gehaspeld. (zie figuur 5)



Figuur 99: M10 test bar



Figuur 100: Analoge Bagageweger

Kites

#1 0,73m² Delta-Sport

Figuur 102 Delta-sport kite

In dit project is er gekozen om gebruik te maken van foil kites ook wel matras vliegers genoemd. De foil kites hebben een lage instap en kunnen compact worden opgeborgen. Deze kites worden vaak gebruikt als train kite voor kiteboarden. De foil kites leveren voor hun formaat veel kracht. Er is gekozen voor drie verschillende maten kites en merken. Die hiernaast worden beschreven.

De gebruikte lijnen zijn gemaakt van Dyneema. Dit is een kunststof vezel op basis van polyetheen. Alle matras kites vanaf een formaat van 1.2m² tot 3m² maken gebruik van de Dyneema lijnen met een maximale trekkracht van 100kg. In de meeste kites zijn deze lijnen bedoeld als breakline om de bar en de gebruiker te beschermen.

Gedurende het testen worden dezelfde vliegtechnieken als bij kiteboarden gebruikt zoals beschreven in de analyse fase.

#2, 1,6m² HQ Symphony Beach III mango R2F

Figuur 103 HQ Symphony Beach

#3, 3 m2 Peter Lynn Impulse TR

Figuur 104 -----

Het formaat kite is gekozen op basis van het pakket van eisen en wensen. Hierin is beschreven dat er een maximaal kite formaat van 3m² mag worden gebruikt. Echter zie je dat er ook veel met de kleinere kites wordt gevolgen. De 2.2 is de meest gebruikte trainer kite. Om deze reden wordt ook hiermee getest.

Meet resultaten

Er zijn twee keer metingen vericht met de verschillende windsnelheden. Deze metingen zijn uitgevoerd samen met Robin Blok. Robin Blok is een ervaring kitesurfer die tijdens de test gebruikmaakte van een 3 m². Doordat Robin Blok veel ervaring heeft was ook mogelijk om metingen te doen bij lastigere vliegtechnieken.

Meting 1: 22 november 2016

Windrichting:	NW
Windsnelheid:	6 m/s
Windvlagen*:	8 m/s
Kite: 0,73m ²	10kg – 100N
Kite: 1,6m ²	16kg – 160N
Kite: 3 m ²	46kg – 460N

Tabel 12 Meet resultaten meting 1

Meting 2: 25 november 2016

Windrichting:	Z
Windsnelheid:	5.3 m/s
Windvlagen*:	7 m/s
Kite: 0,73m ²	8kg – 80N
Kite: 1,6m ²	12kg – 120N
Kite: 3 m ²	40kg – 400N

Tabel 13 Meet resultaten meting 2



Figuur 105: Robin Blok in actie

*De maximaal gemeten windvlaag

Gedurende de metingen bleek hoe onvoorspelbaar de wind is en wat voor invloed dit heeft op de meetresultaten. Er zijn veel factoren die invloed hebben op de geleverde kracht, zoals omgeving, lijnlengte, vliegtechniek en windvlagen. Wanneer er door de powerzone wordt gevolgen en bij een windvlaag levert de kite zoals verwacht de meeste kracht.

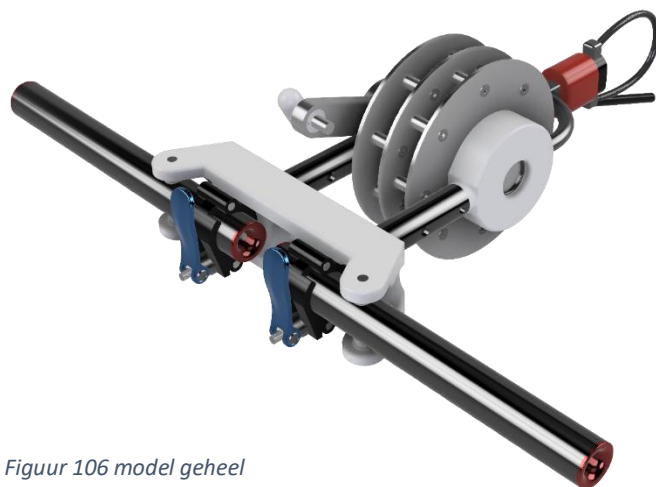
Conclusie

Gedurende de metingen was de ervaring dat geleverde kracht zeer onvoorspelbaar is. En is er met Robin Blok gekeken naar de vaststelling van de maximale lijnkracht. Op basis van de opgedane kennis en expert feedback is er besloten om een veiligheidsfactor van 3 te gebruiken over de maximaal gemeten kracht wat betekent dat de maximale lijnkracht op $F_L = 1500 \text{ N}$ per lijn staat

Bijlage 8: Berekeningen

Berekeningen

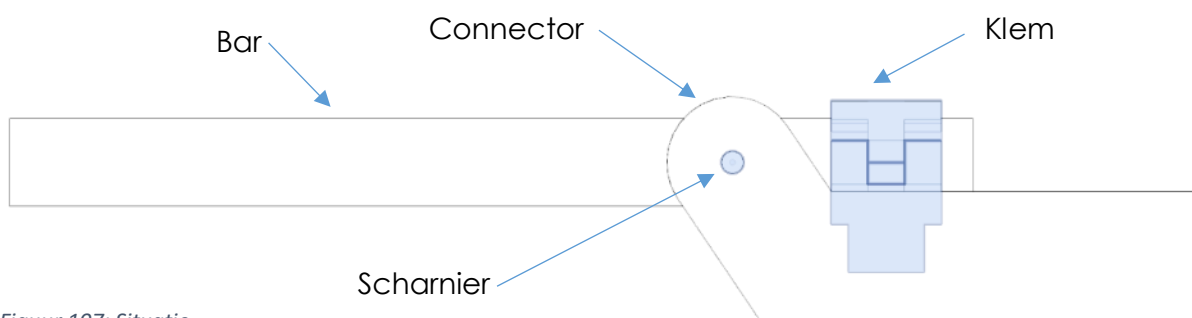
Er is een parametrisch CAD-model opgesteld waarna de kritische componenten zijn doorberekend. Dit CAD-model is met Autodesk Fusion 360 gemaakt. De berekeningen worden handmatig gedaan waarna deze worden gecontroleerd met de simulatie software. Hiervoor worden de programma's Femap en Fusion 360 gebruikt. Voor de gegevens van de materialen is gebruik gemaakt van CES Edupack. De belangrijkste berekeningen staan in dit rapport, de uitgebreide berekeningen zijn opgenomen in bijlage 7: Berekeningen



Figuur 106 model geheel

Bar

Het eerste onderdeel dat wordt doorberekend is de buis waar de lijnen doorheen lopen, en die de gebruiker vasthoudt. Eerst worden er handberekeningen uitgevoerd waarna deze worden gecontroleerd in Femap. Er is voor Femap gekozen, omdat het een vereenvoudigd model van de kitebar betreft. Daarnaast hoeft voor de bepaling van de reactiekrachten geen CAD-model te worden geïmporteerd dus is Femap zeer geschikt voor deze controle.

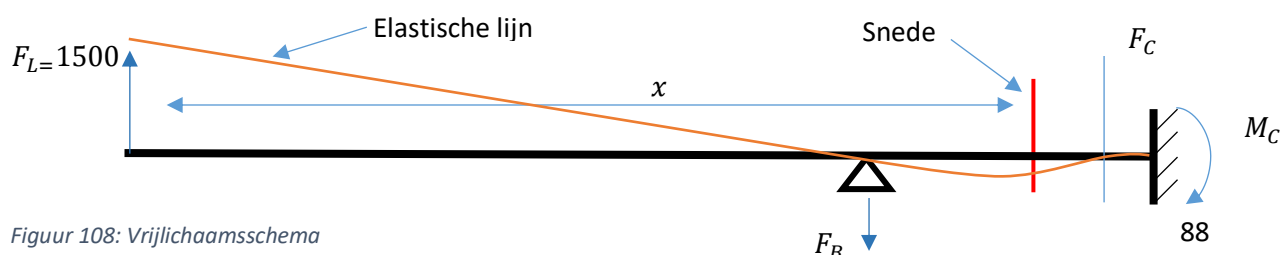


Figuur 107: Situatie

Als de kitebar los wordt gelaten door de gebruiker, blijft de kite 'gewoon' vliegen. Op dit punt komen alle krachten op de kitecontroller en worden deze door de kitecontroller doorgegeven aan de gebruiker, oftewel: dit is de kritische situatie voor de kitecontroller. De kracht van de lijnen is in het verlengde van de kitecontroller waardoor het krachtenstelsel in één vlak liggen.

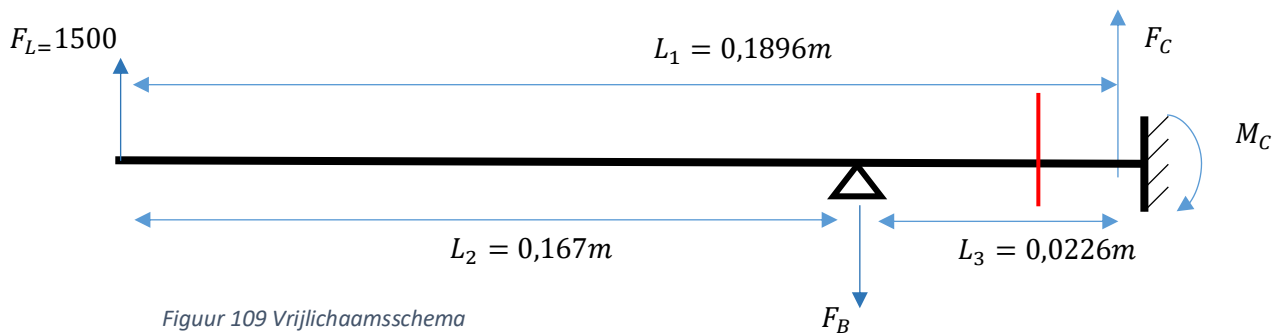
Reactiekrachten (volgens de Integratie methode)

Uit het vrijlichaamsschema blijkt dat de situatie statisch onbepaald is. Om deze reden wordt er gebruik gemaakt van de integratie methode om de reactiekrachten te bepalen. Hiervoor moet een snede worden gemaakt, waarna de momentenfuncties kunnen worden opgesteld.



Figuur 108: Vrijlichaamsschema

Momentfunctie



Figuur 109 Vrijlichaamsschema

Momentfunctie

$$M = 1500x - F_b(x - L_2)$$

Vervolgens moet de helling en verplaatsing worden opgesteld. Omdat de E & I nog niet bekend zijn worden deze als constante aangenomen.

$$EI \frac{d^2v}{dx^2} = 1500x - F_b(x - L_2) \quad v = 0 \text{ in } x = L_1$$

$$v = 0 \text{ in } x = L_2$$

$$EI \frac{dv}{dx} = \frac{1500x^2}{2} - \frac{F_b * x^2}{2} + F_b * L_2 * x + C_1 \quad \theta = 0 \text{ in } x = L_1$$

$$EIv = \frac{1500x^3}{6} - \frac{F_b * x^3}{6} + \frac{F_b * L_2 * x^2}{2} + C_1x + C_2$$

Invullen van de formules geeft:

$$v = 0 \text{ in } x = L_1 \rightarrow 0 = \frac{1500 * L_1^3}{6} - \frac{F_b * L_1^3}{6} + \frac{F_b * L_2 * L_1^2}{2} + C_1L_1 + C_2$$

$$v = 0 \text{ in } x = L_2 \rightarrow 0 = \frac{1500 * L_2^3}{6} - \frac{F_b * L_2^3}{6} + \frac{F_b * L_2 * L_2^2}{2} + C_1L_2 + C_2$$

$$\theta = 0 \text{ in } x = L_1 \rightarrow 0 = \frac{1500 * L_1^2}{2} - \frac{F_b * L_1^2}{2} + F_b * L_2 * L_1 + C_1$$

Omdat er nog steeds 3 onbekenden zijn moet dit worden opgelost door te substitueren.

Stap 1: C_1 bepalen

$$0 = \frac{1500 * L_1^2}{2} - \frac{F_b * L_1^2}{2} + F_b * L_2 * L_1 + C_1$$

$$0 = \frac{1500 * 0,1896^2}{2} - \frac{F_b * 0,1896^2}{2} + F_b * 0,1670 * 0,1896 + C_1$$

$$0 = 26,96 - F_b 0,0179 + F_b 0,03166 + C_1$$

$$0 = 26,96 + F_b 0,013689 + C_1$$

$$C_1 = -26,99 - F_b 0,013689$$

Stap 2: C_1 invullen

$$0 = \frac{1500 * L_2^3}{6} - \frac{F_b * L_2^3}{6} + \frac{F_b * L_2 * L_2^2}{2} + C_1L_2 + C_2$$

$$0 = \frac{1500 * 0,167^3}{6} - \frac{F_b * 0,167^3}{6} + \frac{F_b * 0,167 * 0,167^2}{2} + (-26,96 - F_b 0,013689)0,167 + C_2$$

$$0 = 1,1643 - F_b 0,000776 + F_b 0,002329 - 4,5023 - F_b 0,002286 + C_2$$

$$0 = -3,338 - F_b 0,0007335 + C_2$$

Stap 3: C_2 bepalen

$$0 = -3,338 - F_b 0,0007335 + C_2$$

$$C_2 = 3,338 + F_b 0,0007335$$

Stap 4: C_2 & C_1 invullen

$$C_2 = 3,338 + F_b 0,0007335 \text{ \& } C_1 = -26,96 + F_b 0,0137$$

$$0 = \frac{1500 * L_1^3}{6} - \frac{F_b * L_1^3}{6} + \frac{F_b * L_2 * L_1^2}{2} + C_1 L_1 + C_2$$

$$0 = \frac{1500 * 0,1896^3}{6} - \frac{F_b * 0,1896^3}{6} + \frac{F_b * 0,167 * 0,1896^2}{2} + (-26,99 - F_b 0,013689)0,1896 + 3,338 + F_b 0,0007335$$

$$0 = 1,7039 - F_b 0,001135 + F_b 0,0030016 - 5,1116 - F_b 0,002595 + 3,3380 + F_b 0,0007335$$

$$0 = 0,000003775 F_b - 0,0697$$

Stap 5: F_b naar de andere kant brengen geeft $F_b = 18463,57 \text{ N}$

Stap 6: Op basis van de evenwichtsvergelijkingen kunnen de andere reactie krachten worden berekend.

$$\sum F_y = F_L - F_B + F_C = 0$$

$$0 = 1500 - 18463,57 + F_C$$

$$F_C = 16963,57 \text{ N}$$

$$\sum M = F_L * L_1 - F_b * L_3 - M_c = 0$$

$$0 = 1500 * 0,1896 - 18463,57 * 0,0226 - M_c$$

$$M_c = 132,87 \text{ Nm}$$

Reactiekracht:

$$F_b = 18463,57 \text{ N}$$

$$F_C = 16963,57 \text{ N}$$

$$M_c = 132,87 \text{ Nm}$$

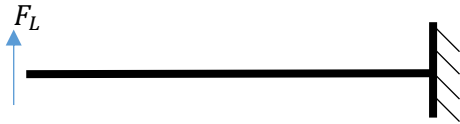
Reactie krachten (superpositie methode)

Om de bovenstaande berekening te controleren wordt er gebruik gemaakt van de alternatieve methode, de vergeet me nietjes. Om de 'vergeet me nietjes' te gebruiken moet de kracht op het uiteinde worden verplaatst naar het scharnier. Hierdoor wordt er een moment toegevoegd ter hoogte van het scharnier.



$$v_{max} = \frac{ML_3^2}{2EI}$$

$$M = L_2 * F_L$$



$$v_{max} = \frac{F_L L_3^3}{3EI}$$



$$v_{max} = \frac{F_R L_3^3}{3EI}$$

$$0 = \frac{L_2 * F_L * L_3^2}{2EI} + \frac{F_L L_3^3}{3EI} - \frac{F_R L_3^3}{3EI}$$

Stap 1: Vervolgens worden alle waarden ingevuld

$$\frac{F_R * 0,0226^3}{3} = \frac{0,167 * 1500 * 0,0226^2}{2} + \frac{1500 * 0,0226^3}{3}$$

Stap 2: F_R bepalen

$$F_R = 18126,11 \text{ N}$$

Stap 3: Op basis van de evenwichtsvergelijkingen kunnen de andere reactie krachten worden berekend.

$$\sum F_y = F_L - F_B + F_C = 0$$

$$0 = 1500 - 18126,11 + F_C$$

$$F_C = 16626,11 \text{ N}$$

$$\sum M = F_L * L_1 - F_b * L_3 - M_c = 0$$

$$0 = 1500 * 0,1896 - 18126,11 * 0,0226 - M_c$$

$$M_c = 125,25 \text{ Nm}$$

Reactiekracht:

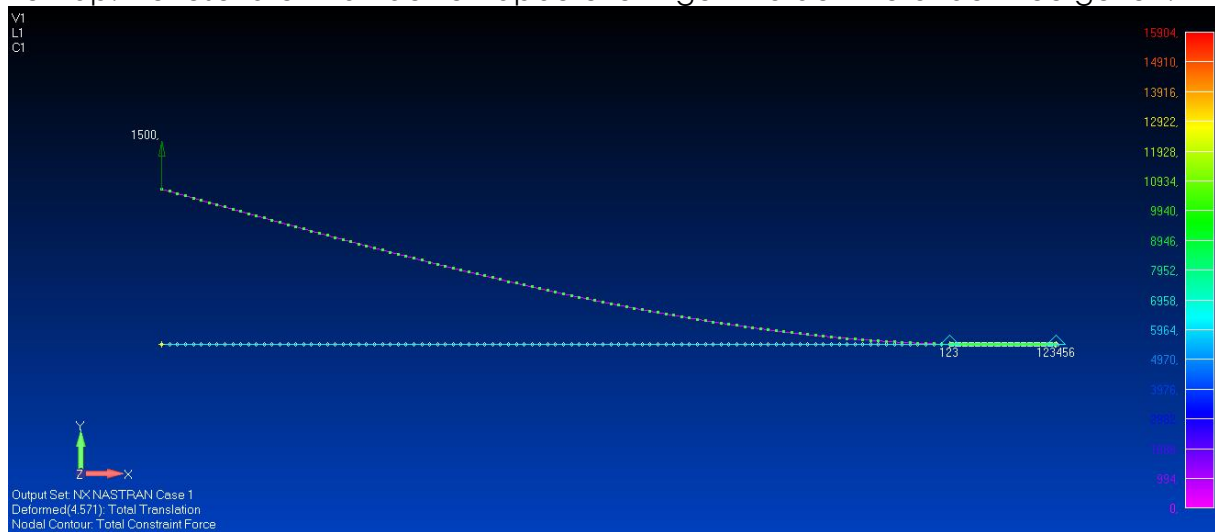
$$F_b = 18126,11 \text{ N}$$

$$F_C = 16626,11 \text{ N}$$

$$M_c = 125,25 \text{ Nm}$$

Reactie krachten controle met Femap

Voor het controleren van de bovenstaande berekeningen is er gebruik gemaakt van Femap. De resultaten van de Femapberekeningen worden hieronder weergegeven.



Figuur 110: Femap resultaten

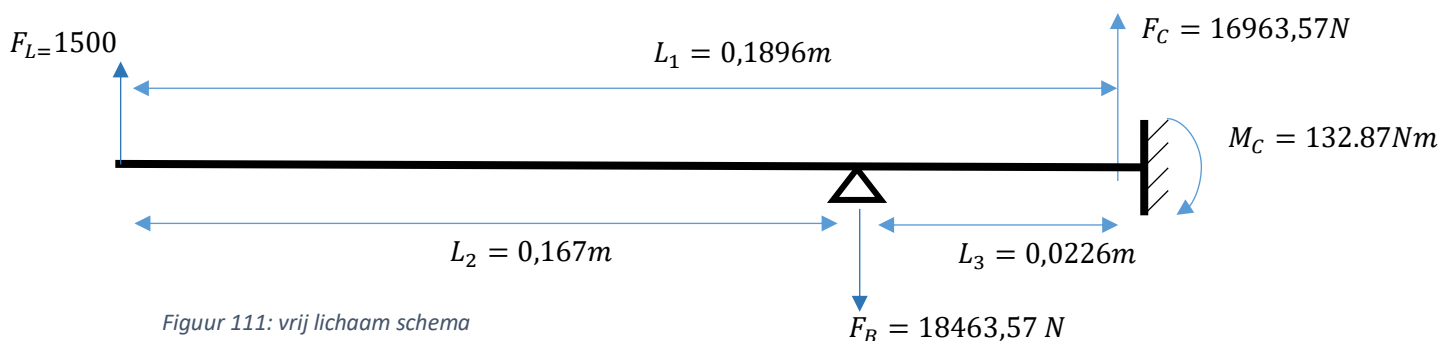
Output Set 1 - NX NASTRAN Case 1

Set MAX/MIN Summary Table

Minimum			Maximum			
Set	ID	Value	Set	ID	Value	
1	1	0.	1	1	0.	T1 Constraint Force
1	101	-15903.6	1	1	14403.6	T2 Constraint Force
1	1	0.	1	1	0.	T3 Constraint Force

Reactie krachten conclusie

Bovenstaande resultaten zitten in de dezelfde ordergrootte als de integratie- en superpositiemethode, wat de handmatige berekening bevestigt. In het vervolg wordt er met de volgende reactiekrachten gerekend:



Figuur 111: vrij lichaam schema

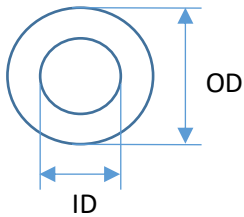
Maximale doorbuiging

In de ontwerpfase is er gekozen voor een aluminium buis voor de bar. Dit is gedaan omdat aluminium buizen relatief goedkoop en veel verkrijgbaar zijn. De gegevens van de aluminium buis zijn hieronder genoemd. Deze gegevens komen uit CES edupack.

Afmetingen buis

$$OD = 25 \text{ mm}$$

$$ID = 18 \text{ mm}$$



Materiaal specificaties

Aluminium EN AW-6060 T6

Ronde buizen, geëxtrudeerd

Chemische samenstelling = EN 573-3

Mechanische samenstelling = EN 755-2

$$kg/m = 0,57$$

$$E = 69 \text{ kN/mm}^2$$

Doorbuiging integratiemethode

Als eerste moet de massa traagheid worden bepaald op basis van de bovenstaande gegevens. De E waarde is gevonden uit CES EduPack.

$$I_{buis} = \frac{\pi(OD^4 - ID^4)}{64}$$

$$1,40218 * 10^{-8} = \frac{\pi(0,025^4 - 0,018^4)}{64}$$

Voor het bepalen van de maximale doorbuiging wordt er gebruik gemaakt van de integratiemethode. De formule uit de vorige berekening kan hiervoor worden gebruikt.

$$EIv = \frac{1500x^3}{6} - \frac{F_b * x^3}{6} + \frac{F_b * L_2 * x^2}{2} + C_1x + C_2$$

De doorbuiging is op locatie $x = 0$.

$$EIv = 0 - 0 + 0 + 0 + C_2$$

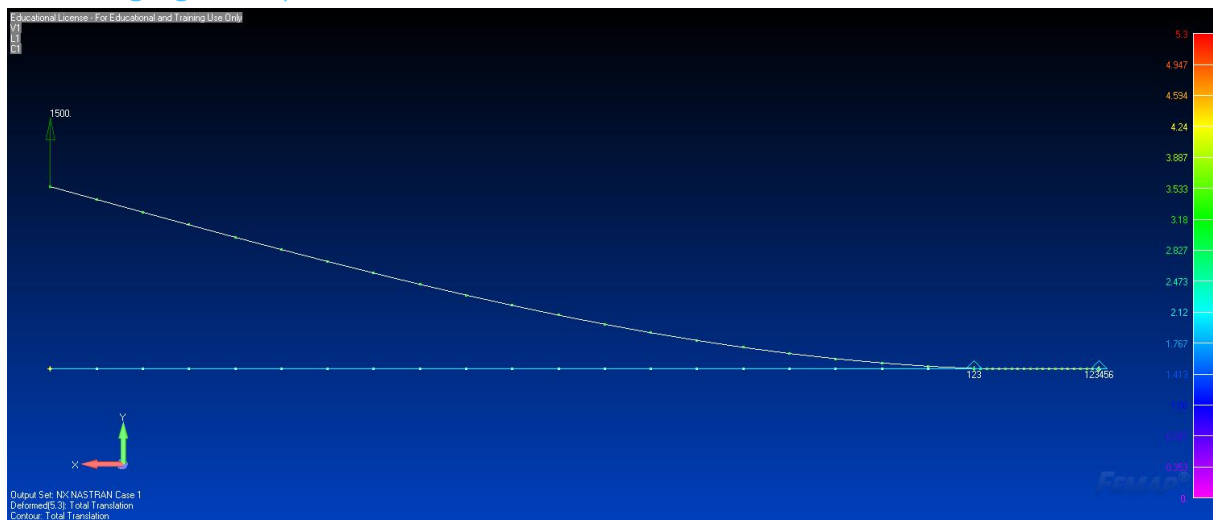
$$C_2 = 3,338 + F_b 0,0007335$$

$$v = \frac{3,338 + F_b 0,0007335}{EI}$$

Invullen geeft:

$$v = \frac{3,338 + 18463 * 0,0007335}{69 * 14,02} = 0,017\text{m} \approx 17\text{mm}$$

Doorbuiging Femap



Output Set 1 - NX NASTRAN Case 1

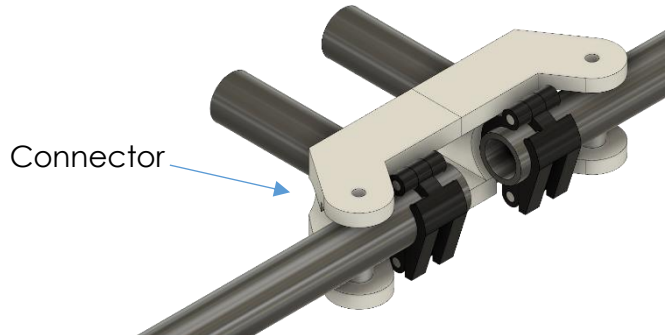
D I S P L A C E M E N T V E C T O R							
POINT ID.		T1	T2	T3	R1	R2	R3
12	G	0.	-1.591147E-2	0.	0.	0.	1.797359E-3
42	G	0.	5.300221E+0	0.	0.	0.	4.443463E-2

Output Set 1 - NX NASTRAN Case 1

Set	MAX/MIN Summary Table	Set	ID	Value
T2 Translation	Minimum	1	12	-0.015911
	Maximum	1	42	5.30022
R3 Rotation	Minimum	1	12	0.0017974
	Maximum	1	42	0.044435
Final	MAX/MIN Summary Table	Set	ID	Value
T2 Translation	Minimum	1	12	-0.015911
	Maximum	1	42	5.30022
R3 Rotation	Minimum	1	12	0.0017974
	Maximum	1	42	0.044435

Connector

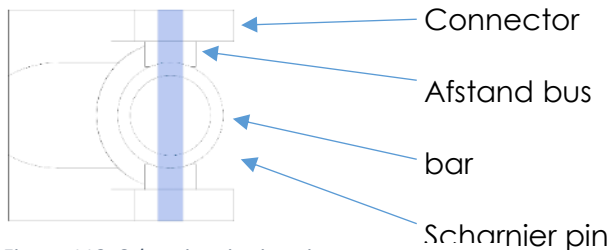
De connector is het onderdeel dat de kitebar verbindt met de haspel. De bar scharniert op de connector en wordt gefixeerd door een klem. De connector heeft een zeer complexe vorm, waardoor een aantal berekeningen niet handmatig worden gedaan. Deze worden gedaan met Fusion 360. De reden dat er is gekozen voor Fusion 360, in tegenstelling tot het eerder gebruikte Femap, is de eenvoud van de simulatie. Uit ervaring blijkt dat Femap zeer foutgevoelig is om een geïmporteerd CAD-model te simuleren. Deze kan vervolgens niet worden gecontroleerd door handberekeningen. Fusion 360 gebruikt daarnaast net als Femap de solver NX Nastran. Ook de modellen zijn in Fusion 360 gemodelleerd, waardoor deze eenvoudig kunnen worden overgenomen in dezelfde simulatie. Als laatste is Fusion 360 zeer gebruikersvriendelijke software met veel support op het bijbehorende online fora.



Figuur 112

Scharnier pin afschuiving

In het huidige model wordt gebruik gemaakt van RVS-assen met een $OD = 6mm$. Op basis van de vorige berekeningen is de dwarskracht op de pin $F_B = 18463,57 N$. De pin is door een bus gemonteerd, waardoor er op twee punten afschuiving optreedt.



Figuur 113: Scharnier pin situatie

Dit geeft de volgende berekening:

$$\tau = \frac{F_b}{\pi * 3^2} = \frac{9231,78}{\pi * 3^2} = 183,66 N/mm^2$$

De pin is van RVS klasse A4/AISI 316 De vloeigrens van dit materiaal is $R_e / vloeigrens = 205 N/mm^2 = \bar{\tau}$ wat betekent dat de scharnierpin de krachten aankan.

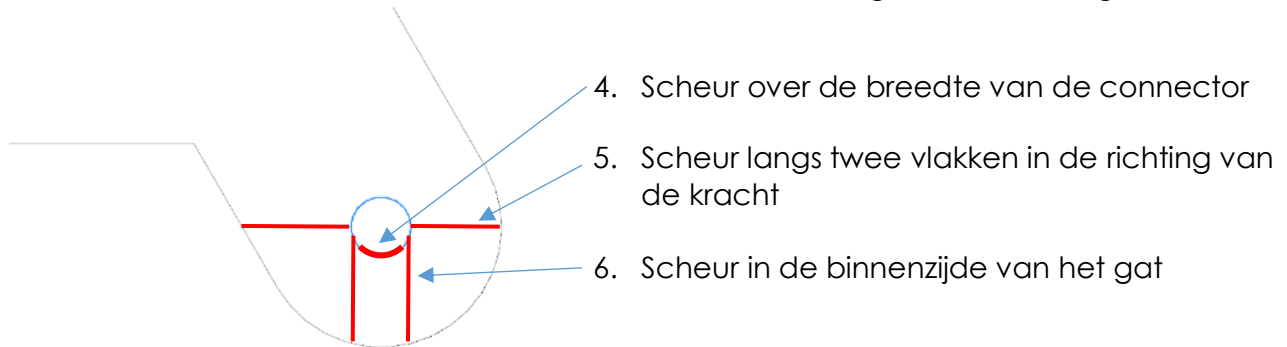
ISO-passing scharnier pin

De pin wordt met een vaste passing in de connector gemonteerd. De bus en de afstandbus zitten met een losse passing om de scharnierpin heen. Alle gaten worden nabewerkt met een ruimer, wat betekent dat er een tolerantieklasse tussen 5 en 9 kan worden behaald. De pennen zijn een inkoop onderdeel zie 7.4 Kostprijs calculatie. Hieronder zijn de gekozen passingen weergegeven.

Afstand bus gat	6 g6 (Losse passing)
Bar gat	6 g6 (Losse passing)
Connector gat	6 p6 (Vaste passing)
Scharnierpin as	6 H7 (Vaste passing)

reactiekracht op het scharnier $F_B = 18463,57 \text{ N}$. Het scharnier loopt door twee gaten in de connector dus $F_{\text{gat}} = 9231,79 \text{ N}$. Er moet nu worden gecontroleerd of de pin niet door de connector scheurt.

Er zijn 3 manieren waarop de pin kan doorscheuren, deze zijn hieronder aangegeven. De connector is van hetzelfde aluminium gemaakt als de bar Aluminium EN AW-6060 T6. Er is wederom voor dit materiaal gekozen vanwege de



Figuur 114 Uitscheur connector

goede verspaanbaarheid en omdat het goed bestand is tegen corrosie.

De berekeningen komen uit <https://mechanicalc.com/reference/lug-analysis> Eerst worden de basisgegevens gegeven.

$D_{\text{gat}} = 6 \text{ mm}$	Diameter gat
$D_{\text{pin}} = 6 \text{ mm}$	Diameter pin
$R = 12 \text{ mm}$	Afstand van middelpunt gat tot buitenkant connector in de richting van de kracht
$r = 12 \text{ mm}$	Radius van de ronding
$a = 9 \text{ mm}$	Afstand van de rand van het gat tot de afstand van de connector aan de buitenkant
$w = 25,86 \text{ mm}$	Breedte van de connector
$t = 7,5 \text{ mm}$	Dikte van de connector
$\sigma_{\text{UTS}} = 241 \text{ N/mm}^2$	Treksterkte
$\sigma_s = 25 \text{ KN/mm}^2$	Schuifsterkte
$\sigma_{\text{BRE}} = 361,5 \text{ N/mm}^2$	Bearing lager

4. Scheur over de breedte van de connector

Als eerste moet de scheuoppervlakte worden bepaald.

$$A = (w - D_{\text{gat}})t = (25,86 - 6) * 7,5 = 148,95 \text{ mm}^2$$

Vervolgens kan de toelaatbare kracht worden berekend.

$$\overline{F_B} = \sigma_{\text{UTS}} * A = 241 * 148,95 = 35896,95 \text{ N}$$

$$\overline{F_B} \geq F_b = 35896,95 \geq 18463,57$$

$$\text{Veiligheidsfactor} = \frac{\overline{F_B}}{F_b} = \frac{35896,95}{18463,57} = 1,94$$

Er is vanuit gegaan dat de spanning zich over de gehele lijn verspreidt. Echter, dit blijkt in de praktijk niet zo te zijn dus zal er een hogere spanning rond het gat zijn. Door de hoge veiligheidsfactor wordt er aangenomen dat dit geen probleem zal zijn.

5. Scheur langs de twee vlakken in de richting van de kracht

Deze methode volgt dezelfde methode als de vorige berekening. Echter, de vlakken liggen ditmaal anders en er wordt gewerkt met de schuifsterkte. Als eerste moet de scheuoppervlak worden berekend.

$$A = a * t * 2 = 9 * 7,5 * 2 = 135 \text{ mm}^2$$

Vervolgens kan de toelaatbare kracht worden berekend.

$$\overline{F}_B = \sigma_s * A = 25000 * 135 = 3375000 \text{ N}$$

$$\overline{F}_B \geq F_b = 35896,95 \geq 18463,57$$

$$\text{Veiligheidsfactor} = \frac{\overline{F}_B}{F_b} = \frac{3375000}{18463,57} = 182,79$$

Met een veiligheidsfactor van 182 houdt de connector het in de richting van de kracht makkelijk.

6. Scheur in de binnenzijde van het gat

Net als de vorige twee berekeningen is de methode hetzelfde. Echter, nu wordt gewerkt met een ander oppervlakte en met de bearing sterkte. Als eerste moet de scheuoppervlak worden berekend.

$$A = D_{pin} * \pi * t = 6 * \pi * 7,5 = 141,37 \text{ mm}^2$$

Vervolgens kan weer de toelaatbare kracht worden berekend.

$$\overline{F}_B = \sigma_{BEA} * A = 361,5 * 141,37 = 51105,25 \text{ N}$$

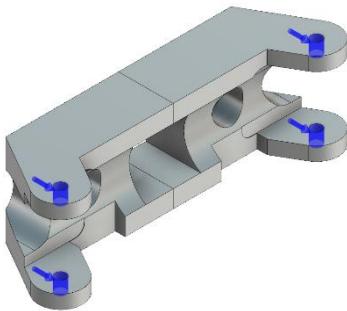
$$\overline{F}_B \geq F_b = 51105,25 \geq 18463,57$$

$$\text{Veiligheidsfactor} = \frac{\overline{F}_B}{F_b} = \frac{51105,25}{18463,57} = 2,77$$

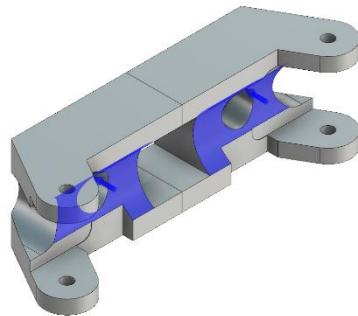
Met een veiligheidsfactor van 2,77 houdt de connector het in de richting van de kracht makkelijk.

Verplaatsing en spanning Fusion 360

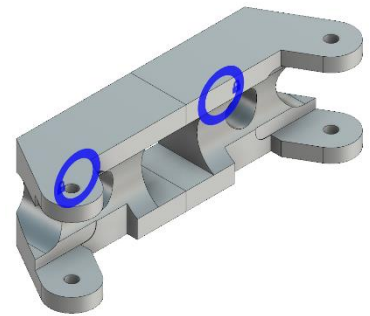
In deze simulatie wordt de verplaatsing en de spanning in de connector weergegeven. De krachten en de vaste punten worden hieronder weergegeven:



Figuur 116: Scharnier krachten

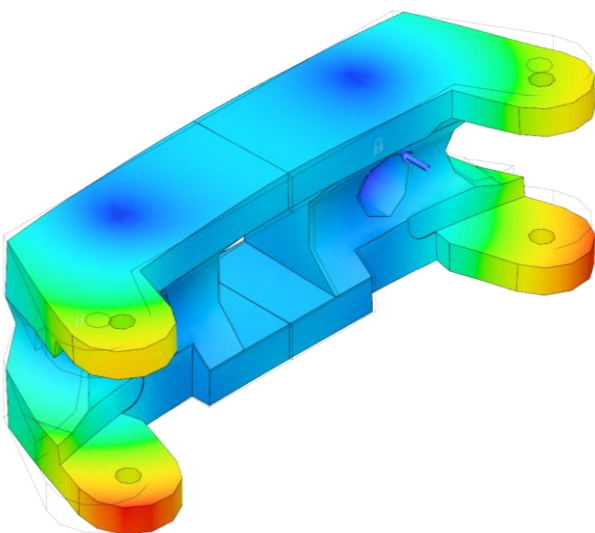


Figuur 117 krachten van de buis klem

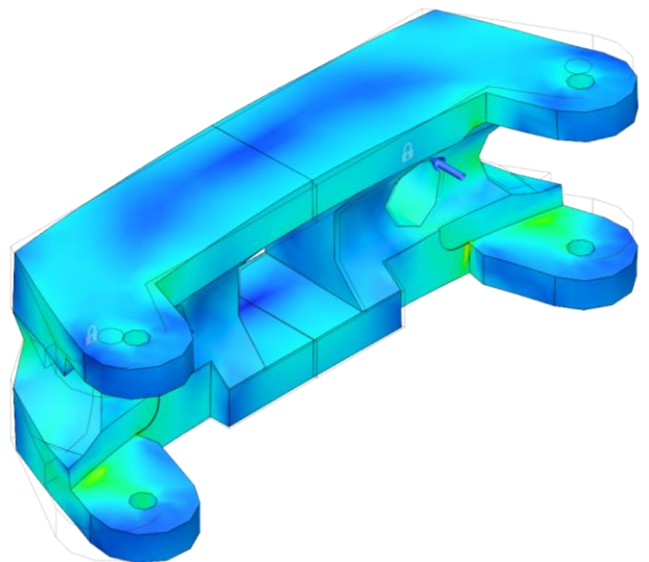


Figuur 115 vaste punten

De verplaatsing betreft bij $F_L = 1500$ slechts 0,15mm. Dit valt binnen het toelaatbare gebied en levert geen problemen op. De maximale spanning bedraagt 252.7 MPa, wat binnen de kritische waardes valt.



Figuur 119: Maximale verplaatsing



Figuur 118: Spanningen

Bar klemmen

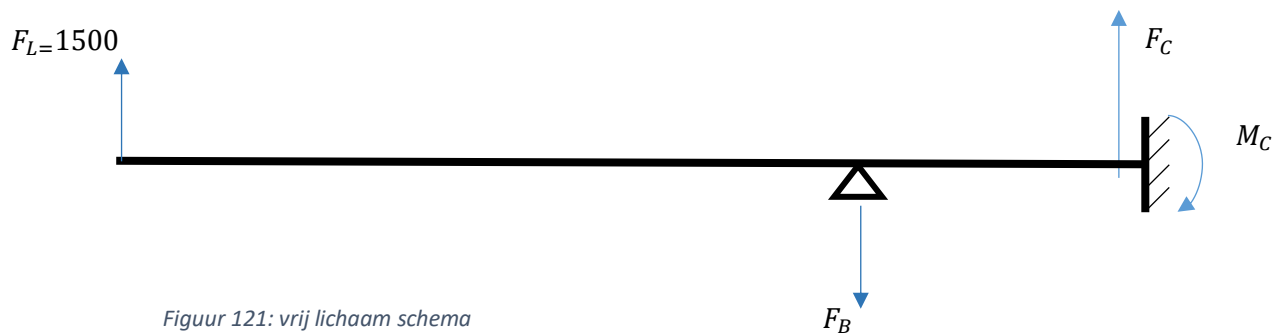
De bar klemmen zijn bedoeld om de bar op de connector te fixeren, zodat het geheel stijf aanvoelt tijdens gebruik. Er is gekozen voor een inkoop onderdeel door de gunstige inkoopprijs van €6,57 en de degelijke bouw van het onderdeel.

De klem is gemaakt van aluminium en is TÜV-GS gekeurd.



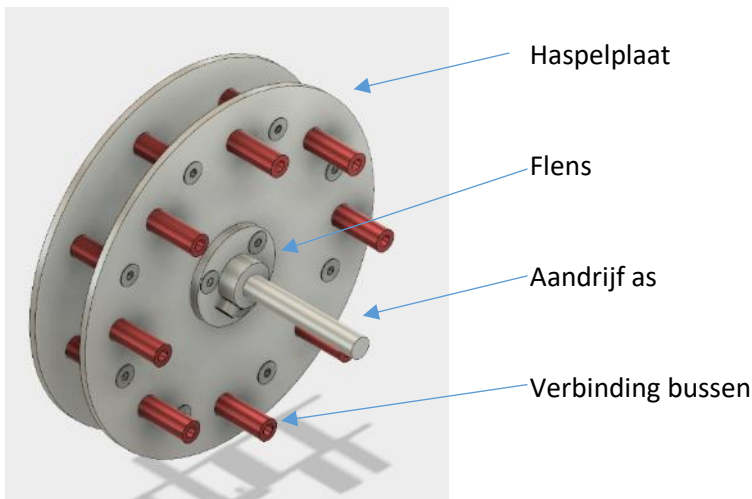
Figuur 120

De klem zelf hoeft nauwelijks krachten op te nemen vanwege de richting van de F_C kracht en het M_C moment. Gezien de degelijke constructie kracht richting wordt deze klem niet doorberekend en wordt ervan uitgegaan dat deze de krachten aankan.



Figuur 121: vrij lichaam schema

Haspel

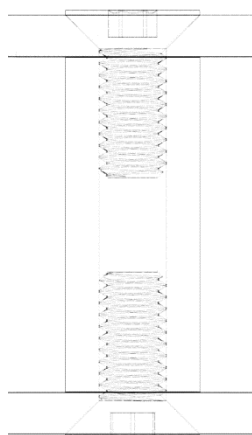


Figuur 122 Haspel

Op de haspel worden de lijnen op- of afgehaspeld. Omdat er twee lijnen zijn is de haspel opgedeeld in twee delen, zodat de lijnen niet in de knoop met elkaar kunnen komen. De haspel is gemonteerd met een flens op een as. Deze flens is gemonteerd op de middelste haspelplaat. De Haspelplaten zijn verbonden met aluminium bussen waarin M4 schroefdraad is getapt.

haspelplaat bouten doorberekend. Door de gehele haspel is er gebruik gemaakt van RVS-bouten en moeren.

Verbindingsbussen



Figuur 123 Situatie

In figuur 43 is de constructie van de verbindingsbussen en de haspelplaten weergegeven. Op het moment dat de haspel geheel is afgehaspeld trekt er één lijn volledig aan één verbindingbus. Het is mogelijk dat de lijn geheel tegen één van de haspelplaten aan ligt. Echter, de ruimte tussen de platen is 20mm. Voor de berekening wordt er dus aangenomen dat kracht $F_L = 1500N$ op beide bouten komt te staan. Op basis hiervan kan de optredende schuifspanning worden berekend.

$$\tau = \frac{F_L}{\pi * r^2} = \frac{1500}{\pi * 1,57^2} = 193,71 \text{ N/mm}^2 \text{ per bout}$$

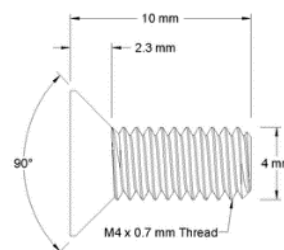
96,86 N/mm² werkelijke afschuiving

Vervolgens kan er worden gekeken of de M4 bout de afschuifspanning aankan. De bout heeft de volgende specificaties:

Materiaal naam: X10CrNi18-8 / AISI 302

$ID = 3,14 \text{ mm}$

$R_e / \text{vloeigrens} = 205 \text{ N/mm}^2 = \bar{\tau}$



Figuur 124 Maten bout

$$\tau \leq \bar{\tau}$$

$$96,86 \leq 102,5$$

De toelaatbare schuifspanning is hoger dan de optredende schuifspanning, wat betekent dat de twee bouten de lijn krachten aankunnen.

Aandrijf-as doorbuiging en afschuiving

Gedurende het gebruik van de kitecontroller kunnen de kitelijnen zich op twee posities of een combinatie daarvan bevinden (Zie Figuur 45 en Figuur 46). Gezien de vorige berekeningen blijft de constructie dusdanig stijf dat er kan worden aangenomen dat de kracht over de platen wordt verdeeld. Er zijn dus twee krachtgevallen opgesteld die hieronder worden doorberekend. De uiteindes van de assen zijn gemonteerd in een lager waardoor hier een moment- en reactiekracht aanwezig zijn. De as is van hetzelfde aluminium gemaakt als alle andere onderdelen, aluminium EN AW-6060 T6. Het doel is om de diameter van de as te bepalen.



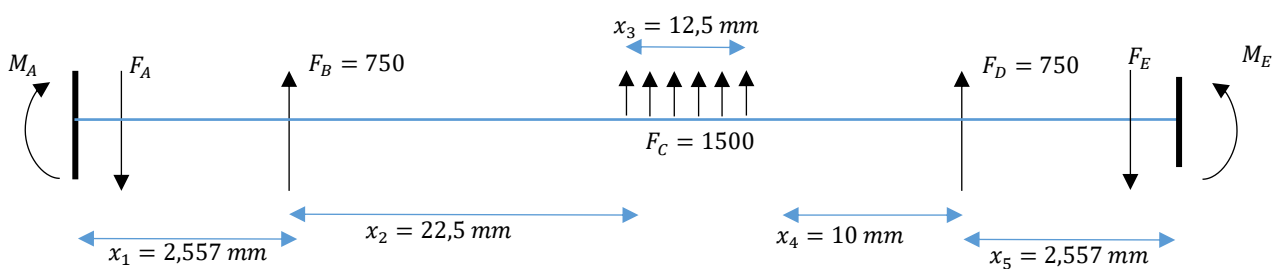
Figuur 125 Lijnen aan de buiten zijdes van de haspel
Case 1



Figuur 126 Beide lijnen aan de binnenzijde
Case 2

Als eerste worden de vrijlichaamsschema 's voor de twee belastinggevallen getekend waarna de dwarskrachten- en buigmomentfuncties kunnen worden opgesteld. Vervolgens kunnen de dwarskrachten- en momentenlijn worden getekend.

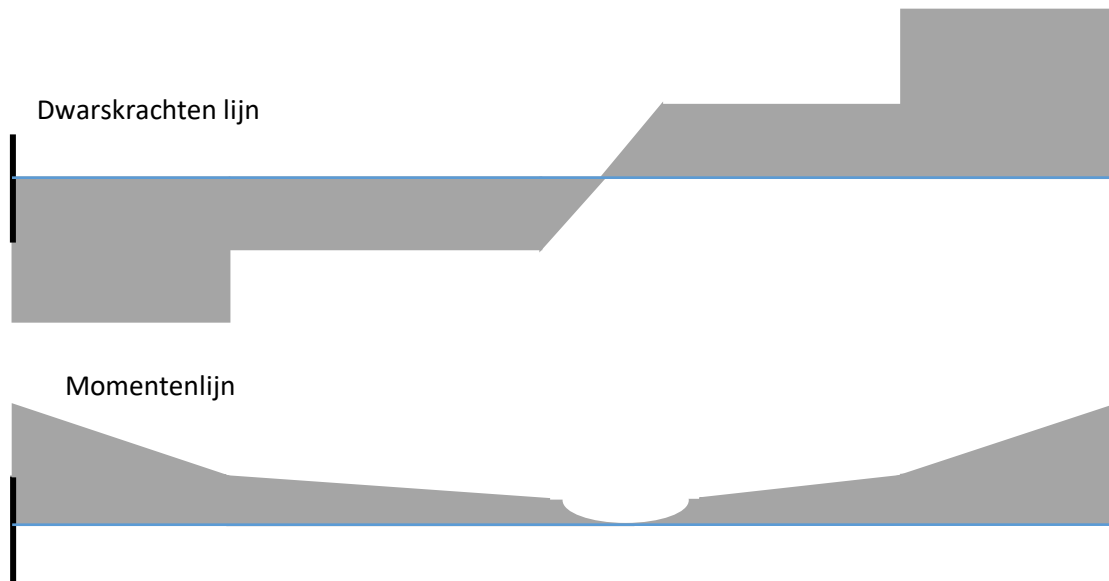
Cases 1



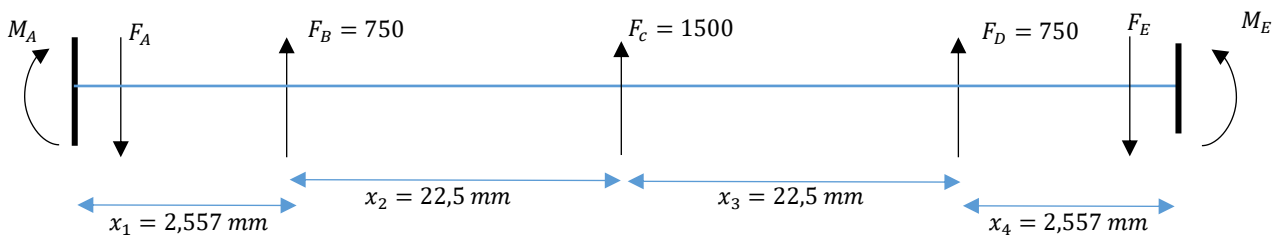
$$\sum F_y = 0 = -F_A + F_B + F_C + F_D - F_E$$

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum M = 0 = -M_A + F_B * x_1 + F_C * \left(x_1 + x_2 + \frac{x_3}{2}\right) + F_D * (x_1 + x_2 + x_3 + x_4) + F_E * (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5) - M_E$$



Deze situatie is statisch onbepaald. Er is dus een aantal methodes om de reactiekrachten te bepalen. Enerzijds kunnen de krachten worden bepaald met de integratie- of de superpositie methode. Anderzijds kan de situatie worden vereenvoudigd. Er is voor de vereenvoudigde methode gekozen gezien de grote veiligheidsfactor. De vereenvoudiging kan worden gedaan door de verdeelde belasting te verplaatsen naar het aangrijpingspunt van de middelste haspelplaat. Dit betekent dat de balk symmetrisch is waardoor alle reactiekrachten kunnen worden bepaald op basis van symmetrie. Hieruit volgt het volgende vrijlichaamsschema:



$$\sum F_y = 0 = -F_A + F_B + F_C + F_D - F_E$$

$$\sum M = 0 = M_A + F_B * x_1 + F_C * (x_1 + x_2) + F_D * (x_1 + x_2 + x_3) + F_E * (x_1 + x_2 + x_3 + x_4) - M_E$$

Door symmetrie geldt de volgende voorwaarde: $F_A = F_E$ & $M_A = M_E$

$$-F_{E\&A} = \frac{F_B + F_C + F_D}{2} = \frac{750 + 1500 + 750}{2} = 1500 \text{ N}$$

Voor het bepalen van de reactiemomenten kan de balk doormidden worden gesneden aangezien $M_A = M_E$ geldt.

$$M_A = F_B * x_1 + \frac{F_C}{2} * (x_1 + x_2) = 750 * 2,557 + \frac{1500}{2} * (2,557 + 22,5) = 20710 \text{ Nmm}$$

Hieruit blijkt $V_{max} = 1500 \text{ N}$ & $M_{max} = 20710 \text{ Nmm}$ op basis van deze gegevens kan de minimale asdiameter worden berekend. Dit wordt gedaan volgens de methode uit het boek Machineonderdelen. De vermoeiingssterkte en toelaatbare buigspanning komen uit CES EduPack. Er wordt gebruik gemaakt van een cilindrische draagas met een buigbelasting en een verhouding tussen statisch dynamisch van 0,5 voor buiging en 0,3 voor torsie. Met de volgende formule kan de minimale diameter voor een massieve draagas worden berekend.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32 * M_A}{\pi * \bar{\sigma}_b}} = \sqrt[3]{\frac{32 * 20710}{\pi * 120,5}} = 12,05 \text{ mm}$$

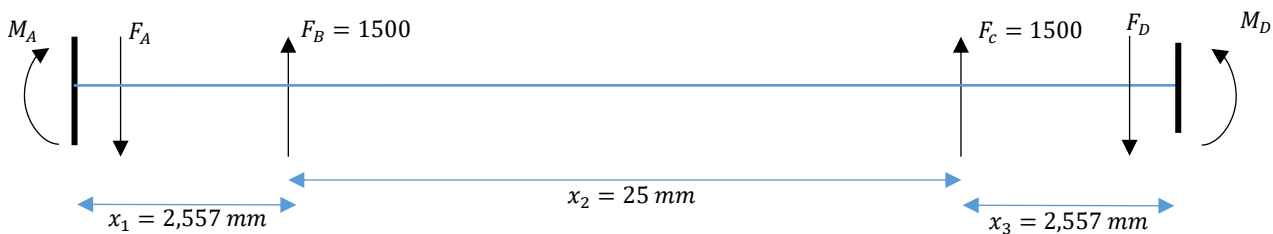
De aandrijf hendel voor de haspel zit direct op de massieve as. Wat betekent dat er ook een torsie spanning optreedt. Als eerste moet het grootste torsiemoment worden berekend waarna de toelaatbare torsiespanning in CES Edupack kan worden gevonden. Op basis van deze gegevens kan de minimale as diameter worden bepaald.

$$T = F * r = 3000 * 50 = 150 \text{ KNmm}$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 * T}{\pi * \bar{\tau}_t}} = \sqrt[3]{\frac{16 * 150000}{\pi * 72,3}} = 21,94 \text{ mm}$$

De grote as diameter van 21,94 mm is vooral te danken aan het hoge torsiemoment en de verhouding tussen statisch dynamisch.

Cases 2



Dwarskrachten lijn



Momentenlijn



De onderstaande methode is hetzelfde als de bovenstaande.

$$\sum F_y = 0 = -F_A + F_B + F_C - F_D$$

$$\sum M = 0 = M_A + F_B * x_1 + F_C * (x_1 + x_2) + F_D * (x_1 + x_2 + x_3) - M$$

Door symmetrie geldt de volgende voorwaarde: $F_A = F_E$ & $M_A = M_E$

$$-F_{E\&A} = \frac{F_B + F_C}{2} = \frac{1500 + 1500}{2} = 1500 \text{ N}$$

Voor het bepalen van de reactiemomenten kan de balk doormidden worden geknipt aangezien $M_A = M_E$ geldt.

$$M_A = F_B * x_1 + \frac{F_C}{2} * (x_1 + x_2) = 1500 * 2,557 = 3835,5 \text{ Nmm}$$

$V_{max} = 1500 \text{ N}$ & $M_{max} = 3835,5 \text{ Nmm}$ op basis van deze gegevens kan de minimale as diameter worden bepaald.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32 * M_A}{\pi * \sigma_b}} = \sqrt[3]{\frac{32 * 3835,5}{\pi * 120,5}} = 6,87 \text{ mm}$$

Op basis van de bovenstaande berekening moet de as diameter 22 mm zijn. Vervolgens moet er worden gecontroleerd of de as de schuifspanning ook aankan.

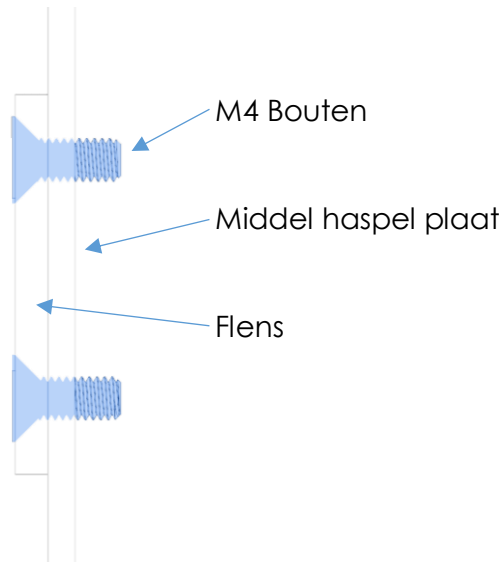
$$\tau = \frac{V_{max}}{A} = \frac{1500}{\pi * 11^2} = 3,95 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau \leq \bar{\tau} = 29,8 \text{ N/mm}^2 \leq 25 \text{ KN/mm}^2$$

Conclusie

Op basis van de berekening kan worden geconcludeerd dat de as 22mm moet zijn.

Flens bout op haspel plaat



Figuur 127 Flens montage op haspel platen

De flens zit met 4 M5x10 bouten gemonteerd op de middelste haspel plaat. Het gebruikte materiaal is hetzelfde als de andere gebruikte bouten met een $R_e / vloeigrens = 205 \text{ N/mm}^2 = \bar{\tau}$. De geleverde kracht van de lijnen is $F_{Ltot} = 3000$ De kracht is echter op het punt van de verbindingbussen bij een $r = 50 \text{ mm}$. De bout gaten voor de montage van de flens zitten op $r = 19,25 \text{ mm}$. De afschuifkracht/omtrekkracht op de plek van de flens kan worden berekend door gebruik te maken van de formule voor het berekenen van het koppel.

Omdat het koppel door de plaat hetzelfde is kan deze worden berekend met $r_{flens} * F_{flens} = r_{bus} * F_{Ltot}$

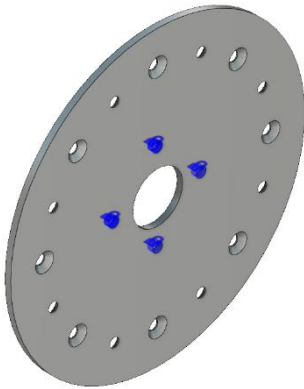
$$F_{flens} = \frac{r_{bus} * F_{Ltot}}{r_{flens}} = \frac{50 * 3000}{19,25} = 7792,21 \text{ N}$$

$$\tau = \frac{F_L}{\pi * r^2} = \frac{7792,21}{\pi * 2,01^2} 613,92 \text{ N/mm}^2$$

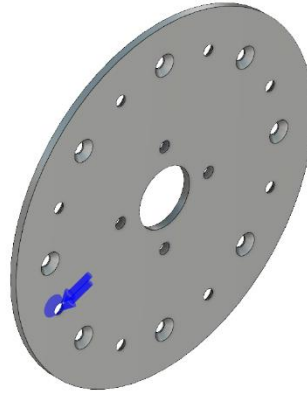
Dat betekent dat elke bout $\frac{613,92}{4} = 153,48 \text{ N/mm}^2$ opneemt. De maximaal toelaatbare spanning is $R_e / vloeigrens = 205 \text{ N/mm}^2 = \bar{\tau}$. Wat betekend dat de vier bouten M5x10 volstaan.

Haspel plaat verplaatsing

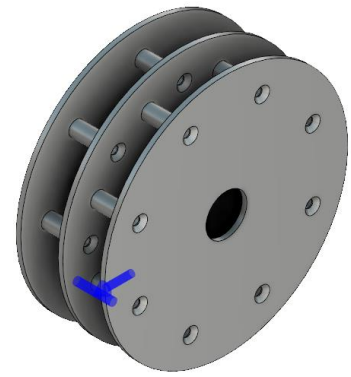
In de vorige paragraaf is de bout verbinding gecontroleerd. In deze paragraaf wordt er gecontroleerd of de plaat deze krachten ook aankan. In de huidige constructie is enkel de middelste plaat gemonteerd op de as met een flens. De middelste plaat neemt dus de gehele kracht van de twee lijnen op. $F = 2 * F_L$. De verplaatsing en spanning in de plaat worden net als de connector uitgevoerd door Fusion 360. Ook de haspel plaat is gemaakt van aluminium EN AW-6060 T6.



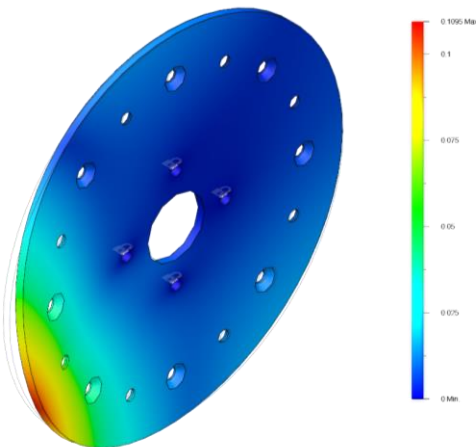
Figuur 130 vaste punten



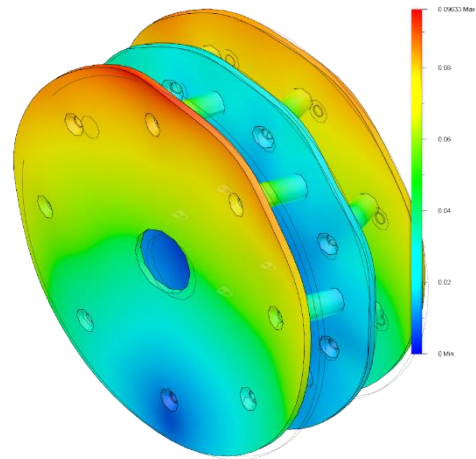
Figuur 129 Krachten



Figuur 128



Figuur 131 Verplaatsing



Figuur 132 Verplaatsing

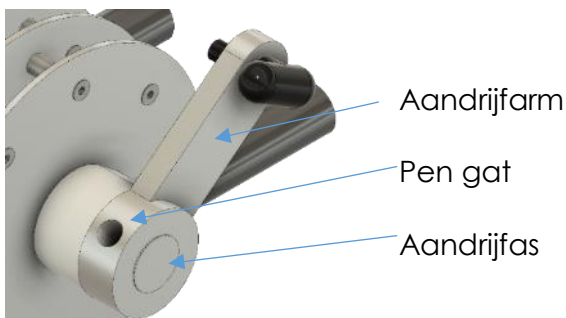
De verplaatsing betreft bij $F = 3000N$ slechts 0,09633 mm bij de simulatie van enkel de plaat. Wanneer de gehele haspel wordt gesimuleerd betreft de verplaatsing slechts 0,1095 mm. Beide waarden zijn acceptabel.

Flens en aandrijfarm montage op aandrijf as

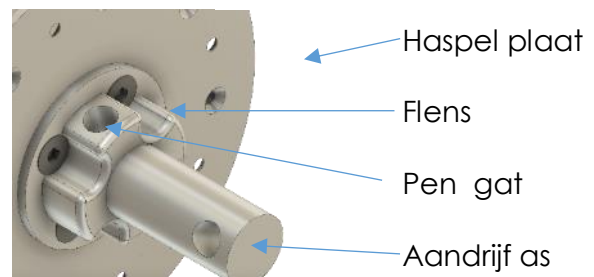
Voor het overdragen van het draaimoment is er gekozen voor een radiale penverbinding. Er is een pen geselecteerd op basis van de beschikbare ruimte, omgeving en montagemethode. Deze pen is met een perspassing gemonteerd. De gegevens van de gekozen pen staan in het onderstaande overzicht. Ook is er een situatie afbeelding bijgevoegd. Er moet worden gecontroleerd of de pen de vlaktedruk in de as boring (p_N), gemiddelde vlakte druk (p_a) en afschuiving (τ_a) aankan. Eerst worden de gegevens met symbolen weergegeven waarna de formules worden ingevuld.

ISO-2338m6	
	
A4	
RVS	
233863400	-

Figuur 133 Pen



Figuur 134 Aandrijf arm detail



Figuur 135 Flens detail

$$K_A = 1,5$$

$$T = 3000 * 50 = 150000 Nmm$$

$$d = 10$$

$$d_a = 22$$

$$s = 10$$

$$\bar{p} = K_t * R_M = 0,35 * 800 = 280 N/mm^2$$

$$\bar{\tau}_a = 600 N/mm^2$$

RVS A4 sterkte klasse 80

ISO2338

Bedrijfsfactor uit tabel 3-5 tabellenboek
Machineonderdelen

Verbinding over te brengen (torsie) moment

Pen diameter

Asdiameter

Dikte naafwand

Toelaatbare vlaktedruk. Deze wordt

berekend door de treksterkte te

vermenigvuldigen met een veiligheidsfactor

Toelaatbare afschuifspanning

Materiaal soort

ISO-norm

$$p_N = \frac{K_A * T}{d * s * (d_a * s)} = \frac{1,5 * 150000}{10 * 10(22 * 10)} = 10,23 N/mm^2$$

$$p_a = \frac{6 * K_A * T}{d * d_a^2} = \frac{6 * 1,5 * 150000}{10 * 22^2} = 278,92 N/mm^2$$

$$\tau_a = \frac{4 * K_A * T}{d^2 * \pi * d_a} = \frac{4 * 1,5 * 150000}{10 * \pi * 22} = 130,21 N/mm^2$$

Op basis van de bovenste berekeningen kan er worden geconcludeerd dat een pen van RVS A4 met een diameter van 10 mm volstaat.

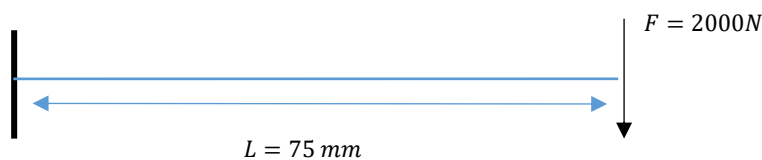
Aandrijf arm doorbuiging

De aandrijf arm levert een kracht op de aandrijfas. Dit betekent dat moet worden gecontroleerd of de arm sterk genoeg is. De aandrijf arm is van Aluminium EN AW-6060 T6 gemaakt. Dit is hetzelfde materiaal van alle andere aluminium onderdelen. Als eerste moet worden berekend welke kracht er wordt geleverd op de aandrijfhendel. Dit kan worden gedaan met de volgende vergelijking.

$$r_{arm} * F_{arm} = r_{bus} * F_{Ltot}$$

$$F_{arm} = \frac{r_{bus} * F_{Ltot}}{r_{arm}} = \frac{50 * 3000}{75} = 2000 \text{ N}$$

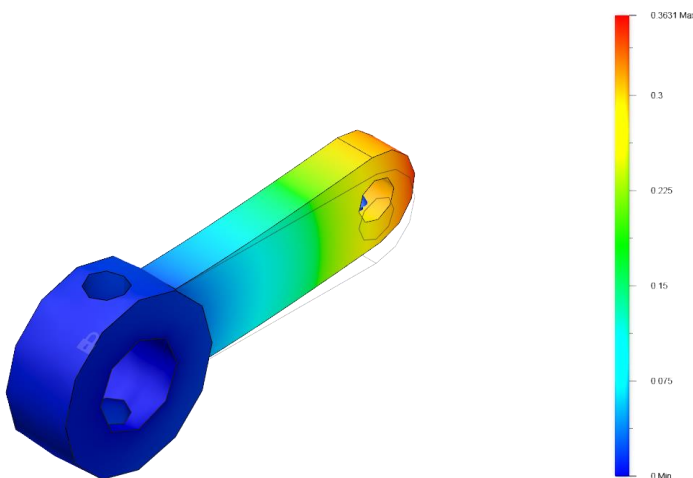
Vervolgens kan er met de superpositie methode de doorbuiging worden berekend. Bij eerder gebruik van deze methode is er ook in meters gewerkt om deze reden is dat hier ook gedaan.



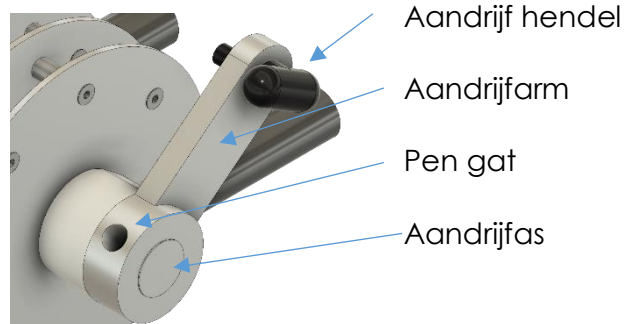
$$I_y = \frac{1}{12} hb^3 = \frac{1}{12} * 0,01 * 0,022^3 = 8,873 * 10^9 \text{ m}^4$$

$$v = \frac{-FL^3}{3EI} = \frac{2000 * 0,075^3}{3 * 69 * 8,873} = 0,000459 \text{ m} \approx 0,459 \text{ mm}$$

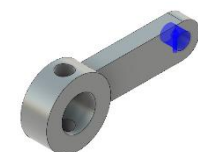
Bovenstaande resultaten kunnen vervolgens worden gecontroleerd met de Fusion 360 simulatie.



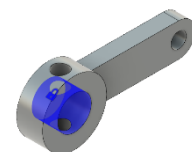
Figuur 137 resultaten



Figuur 136



Figuur 138 Krachten



Figuur 139 vaste punten

De maximale verplaatsing bedraagt 0,459 mm dit valt binnen het acceptabele gebied.

Blokkeer knop

De pen die de aandrijf arm fixeert op de buis wordt belast op afschuiving. Dit mechanisme wordt ingekocht (GN 817) dit soort type veer handvatten worden vooral gebruikt in de offroad auto-industrie en machines. De pen zelf is gemaakt van RVS en heeft schroefdraad M12x1.5 op de schacht zitten waardoor deze in de handel kan worden gedraaid. De pin die de arm fixeert heeft een diameter van 6 mm. De afschuifkracht die op de pen komt te staan kan worden overgenomen uit de vorige berekening. $F_{arm} = 2000 \text{ N}$



Figuur 140 veer handvatten

$$\tau = \frac{F_L}{\pi * r^2} = \frac{2000}{\pi * 3^2} = 7073 \text{ N/mm}^2$$

Het gebruikte materiaal is AISI 303 de toelaatbare schuifspanning van dit materiaal is $\bar{\tau} = 74 \text{ KN/mm}^2$ wat betekent dat de fixatie pen de kracht ruim aankan.

Bijlage 9: Exploded view

