

H.7

Bijlagen

Inhoud

Bijlage 1. Afstudeervoorstel.....3

Bijlage 2. Prototypes analyseren.....14

Bijlage 3. Antropometrie onderzoek.....15

Bijlage 4. Productietechnieken inmeetmethode18

Bijlage 5. Productietechnieken handbike handvatten.....19

Bijlage 6. Quality Function Deployment21

Bijlage 7. Berekeningen Concept 122

Bijlage 8. Test modellen23

Bijlage 9. Kostprijsberekening concepten.....33

Bijlage 10. Berekeningen Concept 334

Bijlage 11. Toetsing Programma van Eisen en Wensen.....35

Bijlage 1. Afstudeervoorstel

Ingemeten handbike handvatten (links- en rechtshandig) voor handbikers met verminderde arm- en handfunctionaliteit

Een afstudeeropdracht in opdracht van Wings Technology

Naam: Dunya Treurniet
Studentnummer: 18039855
E-mailadres: 1809855@student.hhs.nl

School: De Haagse Hogeschool
Opleiding: Industrieel Product
Ontwerpen
Docentbegeleider: Asih Sungkono

Bedrijfsbegeleider: Ralf Bekers

26/1/2023

Afstudeeropdracht

Bedrijf

Deze opdracht wordt uitgevoerd voor Wings Technology, de eenmanszaak van Ralf Bekers, bewegingstechnoloog en handbike expert. Handbiken biedt een uitkomst voor mensen met beperkingen om meer mobiliteit en vrijheid te hebben of te kunnen sporten. Wings Technology is dealervan verschillende merken en past deze handbikes ook aan naar het lichaam, het gebruik en de wensen van de gebruiker. Er zijn veel verschillende gebruikers van handbikes, met verschillende beperkingen zoals verlammingen en amputaties. Door zijn achtergrond als bewegingstechnoloog is R. Bekers in staat handbikes te personaliseren naar de gebruiker en situatie.

Aanleiding

Handbikers zijn een diverse groep mensen die veelal als gevolg van een ziekte of incident een beperking hebben. Klachten zoals geen of verminderde gripkracht, functie van de romp en benen, spasmen en verminderde stabiliteit komen veel voor, maar ook zijn er gebruikers met amputaties (“EHF-EHC Classification”, z.d.). Deze afstudeeropdracht gaat over het ontwikkelen van ingemeten handvatten (links- en rechtshandig) waardoor het mogelijk is om (langer) te kunnen handbiken zonder blessures tekrijgen. Wings Technology heeft dit project een aantal jaar geleden gestart naar aanleiding van een specifieke vraag van een klant met een dwarslaesie. Dit betekende voor de gebruiker dat hij enkel de trekkende beweging kon maken tijdens het handbiken en moeite had met het vasthouden van de handgrepen. In de afgelopen jaren zijn er meerdere projecten uitgevoerd om tot het huidige concept te komen, waarbij een ingemeten handvat een oplossing is om de verminderde functionaliteit te compenseren.

Opdracht

“ Ontwerp ingemeten handbike handvatten (links- en rechtshandig) die voor 25 stuks per jaar geproduceerd kunnen worden. De handvatten zullen de handen van de gebruiker ondersteunen zodat handbiken ook mogelijk is met verminderde arm- en handfunctionaliteit. De handvatten zijn zelfstandig aan- en uit te doen, zitten comfortabel zonder drukpunten en kunnen piekbelastingen aan.”

Wings Technology is handbike verkoper en personaliseert deze aankopen naar de wensen en behoeften van de gebruiker. In voorgaande jaren zijn er projecten uitgevoerd naar de ontwikkeling van ingemeten handvatten voor gebruikers die beperkte hand-, arm- en rompfunctionaliteit hebben, bijvoorbeeld als gevolg van MS of een dwarslaesie.

Op dit moment zijn er 2 soorten ingemeten handgrepen ontwikkeld; één waarbij de gebruiker ondersteuning ondervindt bij de gripkracht en één waarbij de gebruiker geen gripkracht hoeft uit te oefenen om de handbike aan te drijven. Beide zijn ontworpen voor één specifieke casus/gebruiker. De ontwikkeling van een gripkrachtsensor is een parallel lopend project waar Wings Technology bij betrokken is. Deze gegevens geeft de gebruiker inzicht in de optimale positie om efficiëntie van handbiken te vergroten en het risico op overbelasting blessures te verminderen.

De te ontwikkelen handvatten zullen door de gebruiker zelf aan- en uit te doen zijn en comfortabel zijn tijdens het handbiken. Hierbij mogen er geen drukpunten op de huid zijn en zal de handwortel goed ondersteund worden zodat er, mocht de gebruiker dit behoeven, geen gripkracht van de vingers uitgeoefend hoeft te worden. In dit project staat de schaalbaarheid en produceerbaarheid van deze concepten centraal. De markt voor een ingemeten handvat met gripkracht sensor is relatief klein, de productie en kosten moeten hier dan dus ook op afgesteld zijn.

Projectaanpak

1. Analyse fase

In de analyse fase staat centraal de vraag welke handpositie optimaal is om voor zoveel mogelijk verschillende gebruikers comfort te bieden, effectieve kracht uitoefening mogelijk te maken en overbelasting blessures te voorkomen.

- Onderzoek naar de anatomie, het spierstelsel en de biomechanica van de schouders, armen en handen van de mens en dit in relatie tot het handbiken analyseren.
- Gebruikersonderzoek doen naar wensen van gebruikers.
- Handbike experts en bewegingstechnologen interviewen.

Resultaten: Concreet voorstel in welke positie de hand van de gebruikers gepositioneerd zal worden in het handvat.

Deze ergonomische handvatten moet produceerbaar zijn voor een seriegrootte van 25 stuks per jaar en de piekbelastingen tijdens het handbiken of tijdens een val aankunnen.

- Referentie projecten bekijken.
- Onderzoek naar mogelijke productiemethoden.
- Onderzoek naar mogelijke materialen.
- Opzetten van storyboards en persona’s om gebruikssituaties en piekbelastingen te bepalen.

Resultaten: Overzicht van productiemethoden met belangrijke aspecten zoals kosten, levertijd en geschikte materialen. Daarbij zal er op basis van de storyboards en eerdere gesprekken met experts een gedetailleerd Programma van Eisen opgesteld worden.

2. Idee fase

Wanneer deze analyse uitgevoerd is zal het vervolg van het project bestaan uit de ideefase waarin de huidige deelconcepten, zoals benoemd in de [Opdracht](#) samengevoegd en geoptimaliseerd zullen worden.

Er zal geschetst worden naar verschillende concrete ontwerp vragen, waarna de deeloplossingen samengevoegd worden tot integrale idee schetsen. De met de opdrachtgever op te stellen selectiecriteria zal als basis dienen om een keuze te maken

Resultaten: Minimaal 50 schetsen en 3 ideekeuzes om uit te werken tot concept.

3. Conceptfase

In de conceptfase zullen veel van de aspecten van het integrale ontwerp wiel gedetailleerd worden, met extra focus op de produceerbaarheid, constructie en ergonomie van de handvatten.

- Het uitwerken van de ideeën tot 3 concept in SolidWorks.
 - o ~~De aanname is dat er één concept ontwikkeld zal worden dat optimaal is voor gebruikers met weinig tot geen handfunctie, één concept voor mensen met verminderde spierfunctie, zoals gripkracht. Als derde concept zal een handvat ontwikkeld worden die een middenweg zoekt tussen deze twee beperkingen.~~
De 3 concepten zullen het voor alle beschreven beperkingen/personen mogelijk om te handbiken zonder gripkracht. Verschillen tussen de concepten zal op andere aspecten zoals opbouw, productiemethode en ontwerp oplossing liggen.
- Het maken van prototypes om de comfort en bruikbaarheid te testen.

Analyseren van de mogelijkheid van implementatie van gripkrachtmeting.

- o Stroomschema opstellen
- o Concrete eisen aan de te ontwikkelen sensor opstellen
- o Sensor opzet in Arduino maken
- Kostprijs berekening maken
- Constructie berekeningen en simulaties maken.

Resultaten: Na het uitwerken van de concepten tot integrale oplossing zullen de eerste prototypes focussen op de ondersteuning van de handwortel en arm, ~~waarna de gripkrachtmeting geïmplementeerd wordt.~~ Zie het hoofdstuk [Projectgrenzen](#) voor een afbakening binnen de opdracht.

4. Materialisatiefase

In de materialisatiefase zal er gewerkt worden aan het optimaliseren van het concept en het detailleren van het ontwerp. Aan de hand hiervan zal het uiteindelijk prototype gemaakt worden, dat de functionaliteit van het uiteindelijke in serie geproduceerde product heeft.

Resultaten:

- Materiaalkeuze vaststellen.
- Optimaliseren voor productiemethode ~~in Solidworks.~~
- Berekeningen uitvoeren (piekbelastingen).
- Prototype maken, klaar voor uiteindelijk gebruik.
- Prototype testen in een handbike met gebruiker.

5. Afronding

In de afrondingsfase zal er gewerkt worden aan de technische documentatie en de verslaglegging van het project. Naast de fysieke prototypes zal in ieder geval opgeleverd worden;

- CAD-model(len)
- Technische tekeningen
- Assemblage handleiding
- Kostprijs berekening
- Details over materiaal en afwerking

Projectgrenzen

~~Binnen dit project zal er onder andere een gripkracht sensor ontwikkeld worden. Dit zal ontwikkeld worden tot werkend prototype niveau met behulp van componenten zoals Arduino. In dit project zal echter niet geprogrammeerd worden. Wel zal concrete informatie rondom de te ontwikkelen sensor opgeleverd worden in de vorm van een stroomschema, een Programma van Eisen en een toelichting bij het werkende prototype.~~

~~Daarbij wordt er parallel~~ **Paralleel** aan dit afstudeerproject gewerkt aan het ontwikkelen van een gestandaardiseerde inmeet methodiek voor de handvatten. In dit project ligt de focus daarom op het theoretisch kunnen onderbouwen van de vermindering van drukpunten, maar niet op het kunnen aantonen hiervan in de fysieke modellen. Wel zal met de prototypes aangetoond kunnen worden dat deze een oplossing biedt voor het aandrijven van de handbike wanneer de gebruiker verminderde arm- en handfunctie heeft.

¹ Stichting Handbike Events organiseert sinds 2013 de jaarlijkse Handbike Battle in Oostenrijk waarin mensen met een beperking deelnemen aan de 20 km lange tocht. Dit is een initiatief dat opgezet is door verschillende revalidatiecentra met als doel het stimuleren en uitdagen van mensen met een lichamelijke beperking om hun grenzen te verleggen en zelfvertrouwen op te bouwen. (Handbikebattle, 2022)

Project omgeving

Zoals in het hoofdstuk [Bedrijf](#) beschreven wordt deze opdracht uitgevoerd voor Wings Technology. Er zal hoofdzakelijk op de Haagse Hogeschool gewerkt worden, in verband met de beschikbaarheid van werkplekken. R. Bekers zal begeleiding bieden rondom het ontwerpen en het op niveau invulling geven aan de competenties zoals beschreven in de IPO afstudeerhandleiding.

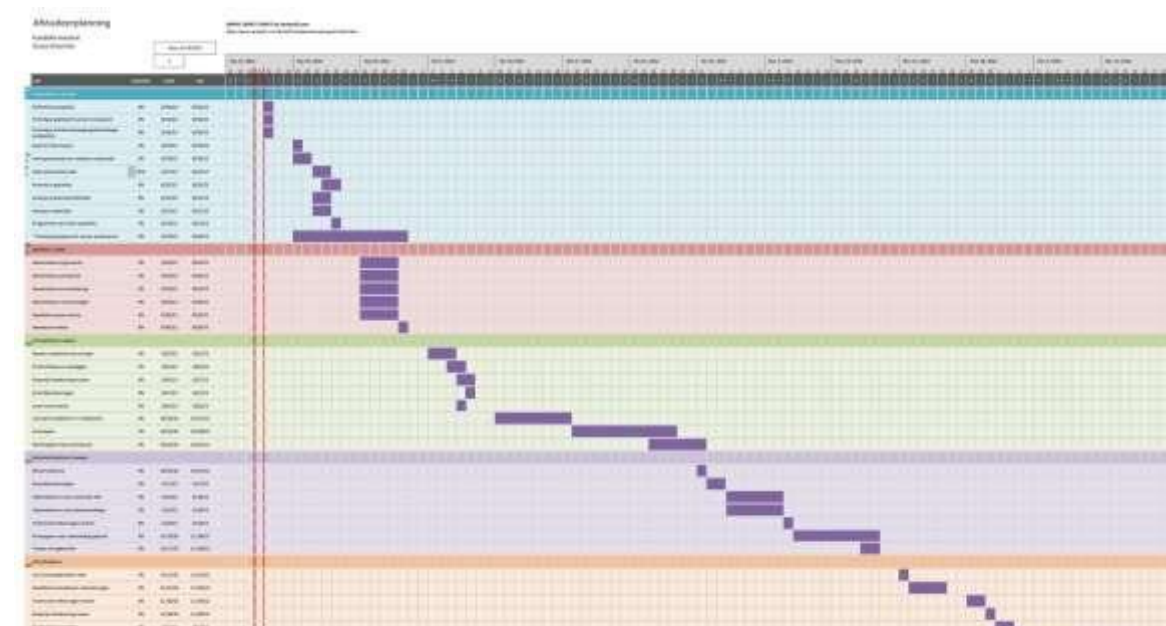
Eerder genoemde concept voor de gripkracht sensor komt voort uit een minor binnen de Haagse Hogeschool. R. Bekers is in samenwerking met I. Kouwijzer (onderzoekster vanuit de Vrije Universiteit Amsterdam en betrokken bij de Handbike Battle¹) betrokken bij de ontwikkeling van een instelbare (p5-p95) handbike meetinstrument ten behoeve van wetenschappelijk onderzoek naar de optimale posities binnen de handbike. De handbike wordt binnen de minor Living Labs ontworpen onder de projectnaam 'Handbike Challenge'. Tijdens het project zal bekeken worden of en welke rol de ontwikkeling van de ingemeten handvatten zal invullen binnen **het afstudeerproject en** de Handbike Challenge.

Kosten

Kosten voor prototypes zullen volledig gefinancierd worden door Wings Technology. Eventuele andere kosten zullen in overleg beoordeeld worden.

Planning

De planning is opgebouwd uit de fasen en activiteiten zoals beschreven in het [Projectaanpak](#). In de bijlagen is de [Planning](#) in tabelvorm voor leesbaarheid bijgevoegd.



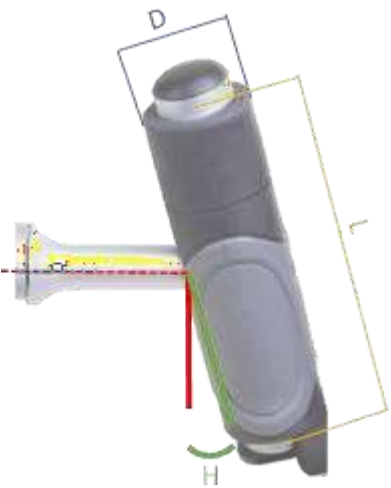
Figuur 1 Planning

Vooronderzoek

Ergonomie

Er zijn verschillende soorten handbikes, dit project focust zich op de vast frame-handbike met symmetrische aandrijving. Dit betekent dat de handbike niet aangekoppeld wordt aan een rolstoel, maar een volwaardige handbike is met 3 wielen dat aangedreven wordt door met beide handen gelijktijdig te duwen en trekken. (“Handbikes en aankoppelfietsen van Stricker | Rev Producten”, z.d.)

Opbouw handvat



Figuur 2 Opbouw handvat

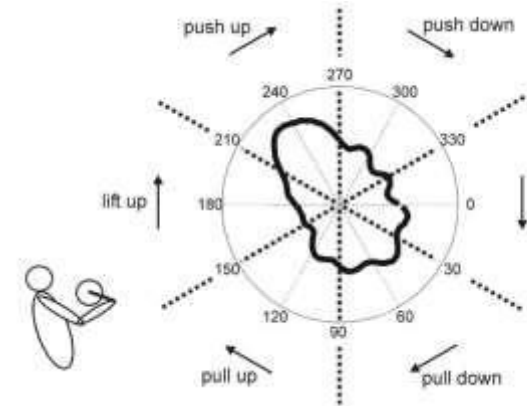
D = Diameter van het handvat
H = (Relatieve) hoek van het handvat
L = Lengte van het handvat

Opbouw aandrijfmechanisme

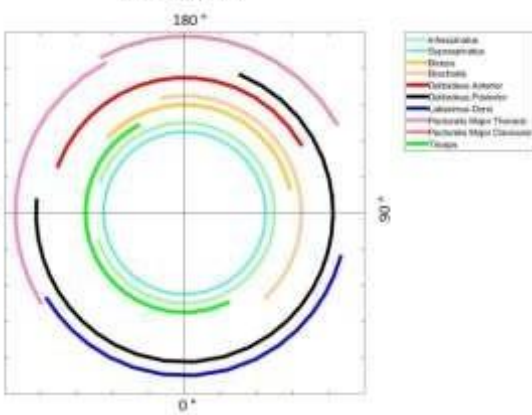


Figuur 2 Opbouw aandrijving

Dit project focust zich op de handvatten, om onderbouwde keuzes te kunnen maken tijdens het ontwerpen is het van belang het lichaam tijdens het handbiken te begrijpen. Tijdens het handbike spelen veel verschillende spieren een rol om het vermogen te kunnen leveren om de fiets aan te drijven, zie figuur 5. De studie waarop deze diagram gebaseerd is, is gedaan met één persoon. Verschillen in lichaam, techniek en ervaring met handbiken zijn dus niet meegenomen, wat mogelijk grote invloed kan hebben op spiergebruik. (Ahlers & Jakobsen, 2016)



Figuur 2 Cyclus aandrijven



Figuur 2 Spieren tijdens handbiken

De triceps, infraspinatus en de brachialis spieren leveren de grootste krachten tijdens het handbiken (“Anatomie - Spieren en functies van de elleboog en bovenarm”, z.d.). De triceps maken het mogelijk om de elleboog te strekken en de brachialis zorgt voor het buigen, terwijl de infraspinatus ervoor zorgt dat de bovenarmen naar buiten gedraaid worden door de schouders (“Infraspinatus Spier Oefeningen En Behandeling”, 2021).

Uit onderzoek kan geconcludeerd worden dat het geleverde vermogen in de down fase het hoogst is wanneer de handvatten 30 graden naar binnen (pronatie) gedraaid worden. In de down fase is dit juist 15 graden naar buiten gedraaid (supinatie). Dit zou dan dus de meest optimale positie zijn om zo effectief mogelijk te handbiken. (Krämer, Schneider, I, Böhm & Senner, 2009)

Zoals ook beschreven is in de probleemstelling zal het nodig zijn om uit te zoeken welke handpositie optimaal is om voor zoveel mogelijk verschillende gebruikers comfort te bieden, effectieve kracht uitoefening mogelijk te maken en overbelasting blessures te voorkomen.

- Conclusies
- Het is mogelijk de schouderbelasting te meten op een indirecte manier door middel van de uitgeoefende krachten op de handvatten.
 - De triceps, infraspinatus en de brachialis spieren leveren de grootste kracht tijdens het handbiken.
 - De triceps leveren tijdens de lift up veel kracht, de infraspinatus voornamelijk tijdens de press down fase en de brachialis levert actief kracht tussen de pressdown en pull down fase.

Opzet voor gebruiksonderzoek

Interview met handbike expertDe gebruiker

- Wat zijn veel voorkomende beperkingen die van invloed zijn op het aandrijven van een handbike?
 - o Welke gevolgen hebben deze beperkingen
 - o Welke ondersteuning zouden hiervoor een oplossing zijn?
- Wat zijn veel voorkomende klachten die gebruikers uiten rondom het aandrijven van een handbike?

Gripkracht

- Wat kan het meten van de gripkracht voor inzichten opleveren?
- Welke conclusies kunnen getrokken worden wanneer de gripkracht van een handbiker omhoogof omlaag gaat?
- Welke range voor gripkracht zou optimaal zijn?
- Wat zijn veel voorkomende blessures die in verband staan met de aandrijving van handbikes?

Hand posities

- Wanneer de gebruiker niet in staat is op de benodigde gripkracht te leveren voor het zelfstandig vasthouden van het handvat, en er een ontwerp is dat het mogelijk maakt om de handbike aante drijven vanuit een volledig ondersteunde handwortel (zonder gripkracht); welke positie zou dan optimaal zijn voor:
 - o Het minste belasten van de gewrichten (neutrale positie)?
 - o De minste drukpunten tijdens het handbiken?
 - o Het beste uitoefenen van kracht?



Figuur 6 Handposities

- Wat is in deze optimale positie een relevante meting voor:
 - o De overbelasting van gewrichten?
 - o De effectiviteit van de positie wat betreft het vermogen dat geleverd wordt?

Interview met handbikers

- Wanneer u lang handbiked, wat voor klachten of ongemakken ervaart u dan?
- Wat zijn dingen die u zou verbeteren of veranderen aan handbike handvatten?
- Wat was de meest nare of ongemakkelijke situatie die u ervaarde rondom het aandrijven van een handbike?
- Op welke manier bent u zich bewust van uw gripkracht tijdens het handbiken?
- Hoe ervaart u de invloed van uw gripkracht op het handbiken?
- Hoe ervaart u de invloed van uw handvat positie op het handbiken?

Product veiligheid

In dit deel wordt ingegaan op de veiligheid van het product en is onderzocht aan welke de richtlijnen en normen voldaan moet worden. Handbikes vallen niet onder de algemene product veiligheid normen van de EU, alhoewel fietsen hier wel onder vallen. De norm voor fietsen (ISO 4210-8:2014) zal als inspiratie dienen voor het opstellen van eisen en de toetsing hiervan. Het bied concrete testen voor hettesten van de pedalen van fietsen, die goed toepasbaar zijn op de handvatten. Een voorbeeld hiervan ishet uitvoeren van een impacttest met een gewicht van 15 kg van 400 mm op de as. (“CE-markering: verordening medische hulpmiddelen”, z.d.)

Om zo volledig mogelijk onderzoek te doen zijn er zoektermen zoals ‘handbike’, ‘medical device’ en ‘pedal-operated’ gedefinieerd; deze zijn gebruikt om in de summary list van medische hulpmiddelen en de laagspannings norm te zoeken. De handvatten vallen niet onder de laagspannings richtlijn omdat ondanks dat de gripkracht sensor voeding nodig zal hebben, deze niet binnen de range van de scope valt.

De handvatten vallen wel onder de medische hulpmiddelen regelgeven, omdat dit onder ander bedoeldis ter preventie van letsel, in dit geval overbelasting blessures. Echter bij het zoeken binnen de summarylist ket de opgestelde zoektermen werd duidelijk dat er geen geharmoniseerde normen zijn voor handbikes en de handvatten hiervan.

Zoektermen
Handbike
Handcycle
Assistive products
People with special requirements
Disability
Medical device
Low voltage
Sensors
Transportation
Pedal-operated
Handgrip
Handle
Pedal cranks
Rotory cranks
Disabled rider-operated

Octrooionderzoek

Handvatten

Handbikes vallen onder verschillende classificaties, namelijk B62M1/14, B62M1/35 en B62K5/023. Dete ontwerpen handvatten vallen echter specifiek onder de CPC klasse B62M3/14.

B62M3/14	
B	PERFORMING OPERATIONS; TRANSPORTING
62	LAND VEHICLES FOR TRAVELLING OTHERWISE THAN ON RAILS
M	RIDER PROPULSION OF WHEELED VEHICLES OR SLEDGES; POWERED PROPULSION OF SLEDGES OR SINGLE-TRACK CYCLES; TRANSMISSIONS SPECIALLY ADAPTED FOR SUCH VEHICLES (arrangements or mounting of transmissions in vehicles in general B60K; transmission elements per se F16)
3	Construction of cranks operated by hand or foot
14	Hand-grips for hand-operated cranks

Onder deze classificatie zijn er 55 octrooien aangevraagd (sep. 2022) blijkt uit de resultaatlijst op Espacenet.nl.

FP (B62M3/14)	
ANALYSIS	
Country	Applicants
United States of America	SHIMANO INC
PCT	SHIMANO KK
European Patent Office	SPEEDPLAY INC
Germany	CAMPAGNOLA SRL
China	LOCK CYCLE INTERNATIONAL
Republic of Korea	LOCK CYCLE INT
Japan	LOCK SA
France	SHIMANO INDUSTRIAL CO
United Kingdom	MOJO BIKES SMR
Spain	UNIVAN HVA

Conclusie

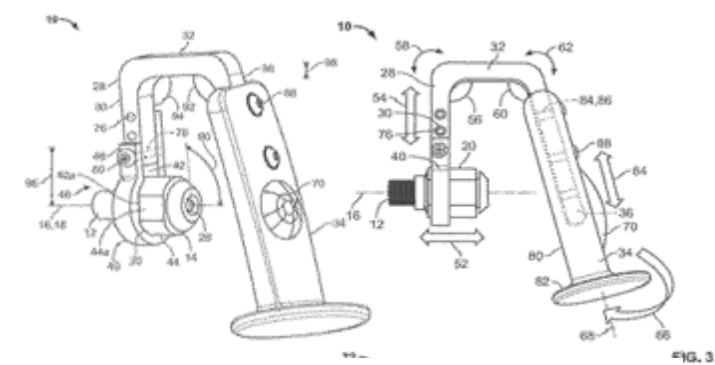
Na het zoeken in WIPO onder dezelfde classificatie kunnen de volgende conclusies getrokken worden. Amerika heeft de meeste, 591, patenten aangevraagd. De PTC (International Patent System), Duitsland en de European Patent Office komen daarna met allen ongeveer 230 patentaanvragen. Shimano Inc. en Shimano KK zijn met 170 patent en 47 de meest voorkomende aanvragers. Dit is een Japanse fabrikant in de fietsindustrie. (“PCT – The International Patent System”, z.d.) (“Shimano – Wikipedia”, z.d.)

Bij het verdiepen in de patenten werd duidelijk dat deze voornamelijk betrekking hebben op fietspedalen en niet op handvatten voor cranks of handbikes. Om de selectie concreter te maken is de zoekterm in WIPO aangescherpt naar: *FP:((B62M3/14 AND "hand" ANDNOT "shoe"))* wat 36 resultaatengaf.

FP ((B62M3/14 AND "hand" ANDNOT "shoe"))	
ANALYSIS	
Country	Applicants
China	YAMAHA MOTOR CO
United States of America	YAMAHA MOTOR CO
Germany	YAMAHA MOTOR CO
Japan	YAMAHA MOTOR CO
France	YAMAHA MOTOR CO
United Kingdom	YAMAHA MOTOR CO
Spain	YAMAHA MOTOR CO

Het aantal relevante patenten is gering, enkel 20220250712 (hand bicycle pedal) sluit aan bij de afstudeeropdracht. Er is aangenomen dat er geen of weinig andere patenten aangevraagd zijn voor handbike handgrepen, omdat ook in de systematische review van Menezes maar 1 patent gevonden werd onder B62M3/14 (het is helaas niet gelukt de betreffende patent na te trekken). (Menezes, 2021)

Hand bicycle pedal
Applicatie nummer: 17610459
IPC: B26M3/14
Uitvinders: Rory A. Cooper Benjamin Gebrosky



Figuur 8 Figuur 8 Hadbicycle pedal (“US20220250712 HAND BICYCLEPEDAL”, z.d.)

Relevante aspecten

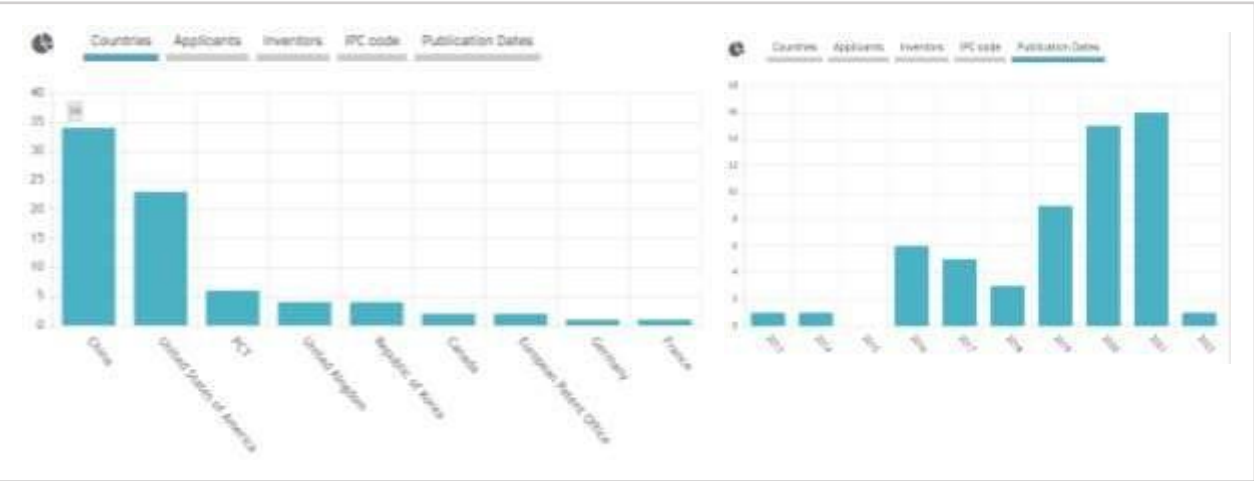
- Een handvat dat een met een brug het handvat en as verbind. Dit is interessant omdat hierdoor de as niet de positie van de hand dicteert.
- Door de universele connectie van de brug is het mogelijk de handvatten teveranderen zonder dat dit problemen geeft. (“US20220250712 HAND BICYCLE PEDAL”, z.d.)

Gripsensoren

Gripsensoren vallen onder A61B5/225, onder deze CPC klasse zijn in EspaceNet 1.237 octrooienaangevraagd.

A61B5/225	
A	HUMAN NECESSITIES
61	MEDICAL OR VETERINARY SCIENCE; HYGIENE
B	DIAGNOSIS; SURGERY; IDENTIFICATION (analysing biological material G01N, e.g. G01N33/48; obtaining records using waves other than optical waves, in general G03B42/00)
5	Measuring for diagnostic purposes (radiation diagnosis A61B6/00; diagnosis by ultrasonic, sonic or infrasonic waves A61B8/00); Identification of persons
225	of the fingers, e.g. by monitoring hand-grip force

De zoekterm *FP:(A61B5/225 AND "strength" AND "grip")* levert 77 patenten op in WIPO. Zowel in China als in Amerika zijn er veel patenten aangevraagd, respectievelijk 34 en 23. Een duidelijke trend is te zien in de relevantie van het product wanneer gekeken wordt naar de aanvragen per jaar.



Deze patenten zijn bekeken om te controleren of het huidige concept van de gripkracht sensor in strijd is met patenten, maar ook door inspiratie op te doen. Een aantal relevante patenten en de werkingsprincipes zijn toegelicht in bijlage [Octrooi analyse gripkracht sensor](#). De selectie van deze componenten is gemaakt op basis van werkingsprincipe en toepassing na het bekijken van alle 77 patenten.

Conclusies

Er kan een zestal type werkingsprincipes gedefinieerd worden.

- 1. Gripkracht meters op basis van verandering in druk
- 2. Gripkracht meters op basis van verandering in elektrische stroom
- 3. Gripkracht meter op basis van Force Resistant Sensors
- 4. Gripkracht meter op basis van verandering in geleiding
- 5. Gripkracht meters op basis van vervorming door middel van rekstrookjes
- 6. Gripkracht op basis van verandering in magnetisch veld

Geen van de patenten die aan eerder genoemde zoekterm voldoen lijken op het werkingsprincipe van het huidige concept.

Bronvermelding

Ahlers, F. H. & Jakobsen, L. (2016). *Biomechanical analysis of hand cycling propulsion movement: A musculoskeletal modelling approach*. Geraadpleegd op 13 september 2022, van http://www.anybodytech.com/wp-content/uploads/publication_files/Jakobsenb_2016_Biomechanical%20analysis%20of%20hand%20cycling%20propulsion%20movement.pdf

Anatomie - Spieren en functies van de elleboog en bovenarm. (z.d.). Geraadpleegd op 15 september 2022, van <https://wetenschap.infonu.nl/anatomie/89039-anatomie-spieren-en-functies-van-de-elleboog-en-bovenarm.html#:~:text=Deze%20spieren%20bevinden%20zich%20hoofdzakelijk,door%20middel%20van%20deze%20spieren>.

CATALOGHOUSE CO., LTD. (z.d.). *WO2017115415 GRIP STRENGTH DETECTION MECHANISM, EXERCISE APPARATUS PROVIDED WITH GRIP STRENGTH DETECTION MECHANISM, AND METHOD FOR USING EXERCISE APPARATUS*. Geraadpleegd op 15 september 2022, van https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO2017115415&_cid=P21-L81E3X-78250-1

CE-markering: verordening medische hulpmiddelen. (z.d.). Geraadpleegd op 15 september 2022, van <https://www.rvo.nl/onderwerpen/eu-wetgeving/ce-markering/productgroepen/medische-hulpmiddelen/medische-hulpmiddelen>

CN110123344 Grip strength evaluation ball. (z.d.). Geraadpleegd op 15 september 2022, van https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=CN251077058&_cid=P21-L81CYU-60454-1

CN209916023 Grip strength device with detection function. (z.d.). Geraadpleegd op 15 september 2022, van https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=CN282365303&_cid=P21-L81E47-78403-1+

DAEGU GYEONGBUK INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY. (z.d.). *WO2021040230 GRIP STRENGTH MEASURING DEVICE*. Geraadpleegd op 15 september 2022, van https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO2021040230&_cid=P21-L81E4Z-78736-1+

EHF-EHC Classification. (z.d.). Geraadpleegd op 15 september 2022, van <http://www.ehf-ehc.eu/UCI/Classification/index.php>

Handbikebattle. (2022, 9 januari). *Handbikebattle - Classificatie*. Geraadpleegd op 15 september 2022, van <https://www.handbikebattle.nl/meedoen/classificatie/>

Handbikes en aankoppelfietsen van Stricker | Rev Producten. (z.d.). Geraadpleegd op 15 september 2022, van <https://www.rev.nl/handbikes/>

Infraspinatus Spier Oefeningen En Behandeling. (2021, 5 december). Geraadpleegd op 15 september 2022, van <https://fysiotherapie4all.nl/spieren/infraspinatus>

KR1015924910000 APPARATUS FOR MEASURING ELECTROCARDIOGRAM AND GRIP STRENGTH*. (z.d.). Geraadpleegd op 15 september 2022, van https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=KR160415959&_cid=P21-L81D3Y-62742-1

Krämer, C., Schneider, G., I, K.-K., Böhm, H. & Senner, V. (2009). *Effect of different handgrip angles on work distribution during hand cycling at submaximal power levels*. Geraadpleegd op 13 september 2022, van

Menezes, L. S. (2021, 20 mei). *Handbike: Systematic review and prospective study | Research, Society and Development*. Geraadpleegd op 15 september 2022, van <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/15342>

PCT – *The International Patent System*. (z.d.). Geraadpleegd op 15 september 2022, van <https://www.wipo.int/pct/en/>

Shimano – *Wikipedia*. (z.d.). Geraadpleegd op 15 september 2022, van <https://no-regime.com/ruden/wiki/Shimano+>

US4674330 *Apparatus for measurement of grip and pinch strength*. (z.d.). Geraadpleegd op 15 september 2022, van https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=US37654961&_cid=P21-L81E4K-78541-1

US20220250712 *HAND BICYCLE PEDAL*. (z.d.-a). Geraadpleegd op 15 september 2022, van https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=US370958738&_cid=P21-L809FH-84215-1+

US20220250712 *HAND BICYCLE PEDAL*. (z.d.-b). Geraadpleegd op 15 september 2022, van https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=US370958738&_cid=P21-L809FH-84215-1

Bijlagen

1.1 Afstudeervoorstel overeenkomst

Den Haag

Tipσ

Afstudeervoorstel: titel [wijzigen]

Opdrachtgever: naam *Wings Technology*
adres *Damhouderstraat 3*
postcode en plaats *2266 AS Leidschendam*
telefoon *06 45678724*
postadres *Damhouderstraat 3*
postcode en plaats *2266 AS Leidschendam*

Begeleider bedrijf: naam (m/v) *Ralf Bekers*
functie *eigenaar*
opleiding *Bewegingstechnoloog*
e-mail *ralf@wings-technology.nl*
telefoon *06 45678724*

Stagiaire: naam *Dunya Treurniet*
adres *roggeakker 11*
postcode en plaats *2612 KK Pijnacker*
telefoon *06 50001632*
e-mail *dunya.treurniet2000@gmail.com*
studienummer *18039855*

Opleiding: De Haagse Hogeschool, faculteit TIS
Industrieel Product Ontwerpen
Johanna Westerdijkplein 75
2521 EN Den Haag
Postbus 13336
2501 EH Den Haag

Begeleider school: naam
e-mail
telefoon

Afstudeerperiode van *29-8-2022* tot *20-jan-2023*

Bedrijf

Geef een heldere beschrijving van het stagebedrijf en het werkterrein waarop het bedrijf actief is.

Bedrijfsgegevens

Vermeld de volgende gegevens van het bedrijf:

- Aantal medewerkers totaal
- Aantal medewerkers in de productontwikkeling
- Aantal IPO'ers/IO'ers in de productontwikkeling
- De datum waarop het bedrijf is opgericht

Aanleiding

Beschrijf de aanleiding/het probleem/de ontwikkeling die tot de onderstaande opdracht heeft geleid.

Onderzoek

Vermeld kort en helder welke conclusies zijn getrokken uit het onderzoek ten behoeve van het schrijven van het (concept) afstudeervoorstel.

Denk hierbij bijvoorbeeld aan de resultaten van marktonderzoek, concurrentieonderzoek of octrooionderzoek.

De opdracht

Definieer het ontwerpprobleem.

Splits het ontwerpprobleem uit in deelproblemen.

Beschrijf het plan voor de analysefase, met heldere onderzoeksvragen.

Zorg voor een concrete en volledige opdrachtbeschrijving.

Zorg ervoor dat de grootte van de afstudeeropdracht zodanig is dat het uitvoeren van de opdracht haalbaar is binnen de afstudeerperiode.

Projectaanpak

Beschrijf je plan van aanpak.

Zorg ervoor dat de voorgestelde activiteiten zijn gekoppeld aan de verschillende onderzoeksvragen (uit de analysefase) en aan het centrale ontwerp vraagstuk.

Zorg ervoor dat de voorgestelde activiteiten zodanig concreet beschreven zijn, dat ze beoordeeld kunnen worden.

Zorg ervoor dat de voorgestelde activiteiten leiden tot het oplossen van het ontwerpprobleem.

Geplande resultaten

- programma van eisen en wensen
- minimaal 3 concepten
- een pakket van technische tekeningen voor het productvoorstel
- een model en/of prototype
Geef hierbij aan wat voor soort model zal worden geleverd (bijvoorbeeld: zichtmodel, werkend model of een prototype)
- een kostprijsberekening of -indicatie
- een verslag van het gehele project

Kosten

Vermeld hier de afspraken die met het bedrijf zijn gemaakt over de te verwachten kosten m.b.t. modellen, prototypen, verslagen enz.

Vergoeding

Vermeld hier of je tijdens je afstudeerstage een stagevergoeding en/of reisvergoeding ontvangt, en wat de hoogte hiervan bedraagt.

Planning

Start project	datum 29/8/2022 kalenderweek
Afronding analysefase	23/9/2022
Afronding ideefase	30/9/2022
Afronding conceptfase	7/10/2022
Afronding materialisatiefase	18/11/2022
Terugkomdag/tussenverslag	13/10/2022
Inleveren proefverslag	5/12/2022
Inleveren eindverslag	15/12/2022
Eindpresentatie	16-20/01/2023

[voor data: zie <https://blackboard.hhs.nl/>]

Ondertekening

Afstudeerder

(handtekening kandidaat)

Bedrijfsbegeleider

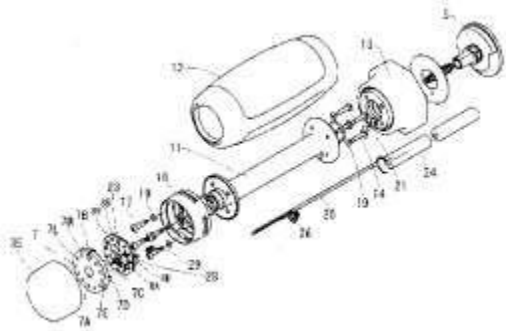
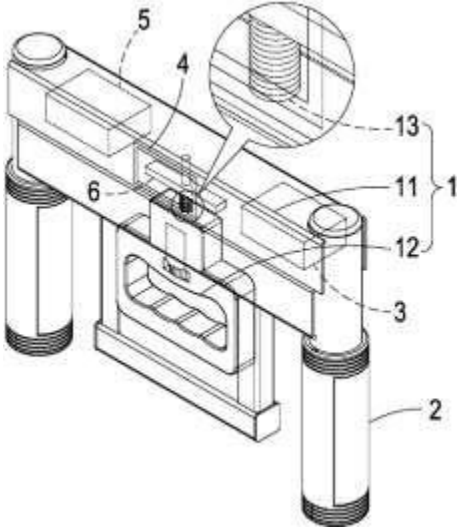
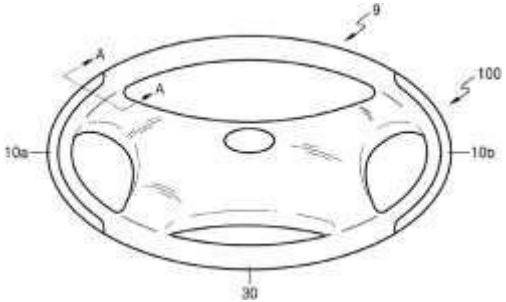
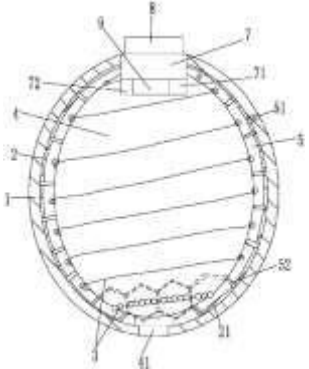
(handtekening bedrijfsbegeleider)

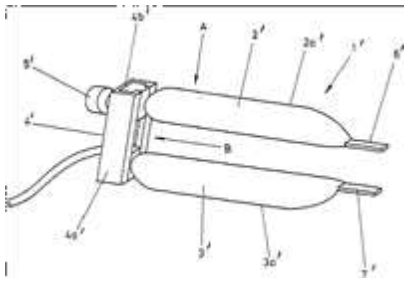
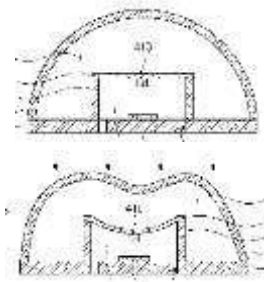
Docent-begeleider De Haagse Hogeschool IPO/IDE

(handtekening docent-begeleider De Haagse Hogeschool IPO/IDE)

1.2 Octrooi analyse gripkracht sensor

De zoekterm *FP:(A61B5/225 AND "strength" AND "grip")* levert 77 patenten op in WIPO. Onderstaande tabel laat de relevante patenten zien, waarbij de selectie gemaakt is op basis van werkingsprincipe en toepassing.

Gripkracht meters op basis van verandering in druk	Gripkracht meters op basis van elektrische stroom
	
WO/2017/115415 (CATALOGHOUSE CO., LTD., z.d.)	209916023 ("CN209916023 Grip strength device with detection function", z.d.)
Een drukmeter dat de verandering in druk binnen het handvat (dit is een afgesloten ruimte) meet om de gripkracht te bepalen. Hierbij is er dus geen onderscheid in krachten mogelijk binnen de hand.	Door het lichaam van de gebruiker wordt een lage elektrische stroom gestuurd. Door deze te vergelijken met het terugkerende waarde kan de spiermassa en de gripkracht bepaald worden.
Gripkracht meter op basis van Force Resistant Sensors	Gripkracht meter op basis van geleiding
	
1015924910000 ("KR1015924910000* APPARATUS FOR MEASURING ELECTROCARDIOGRAM AND GRIP STRENGTH", z.d.)	110123344 ("CN110123344 Grip strength evaluation ball", z.d.)
Door het uitoefenen van de gripkracht op de FSR wordt bepaald wat de gripkracht van de gebruiker is.	Product waarbij de buitenste laag contact maakt met een geleidende en dan een weerstandslaag waaruit de gripkracht gemeten kan worden.

Gripkracht meters op basis van vervorming door middel van rekstrookjes	Gripkracht op basis van verandering in magnetisch veld
	
4674330 ("US4674330 Apparatus for measurement of grip and pinch strength", z.d.)	WO/2021/040230 (DAEGU GYEONGBUK INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY, z.d.)
Door het uitoefenen van gripkracht op 2 losse onderdelen wordt de vervorming van deze onderdelen gemeten. Met rekstrookjes kan hiermee berekent worden welke kracht uitgeoefend is.	In een afgesloten vormbare ruimte wordt een magneet op een mee vormbare positie gemonteerd. Wanneer er gripkracht wordt uitgeoefend zal het magnetisch veld veranderen als gevolg van veranderingen in druk. Magnetische sensoren meten deze veranderingen.

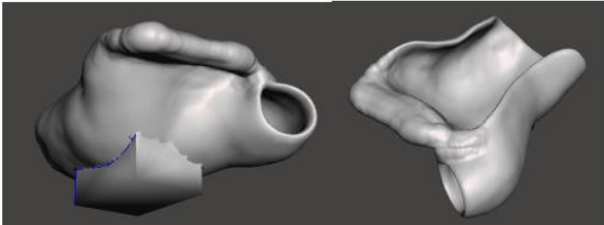
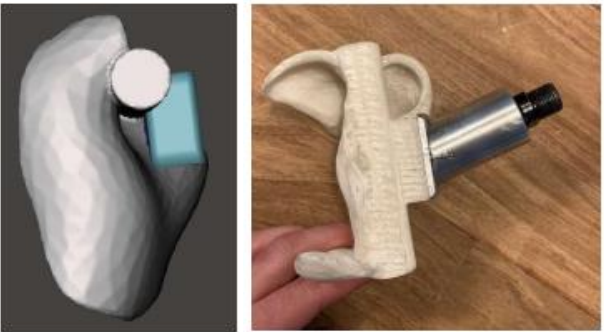
1.3 Planning

TASK	PROGRESS	START	END
Analysefase 1,5 week			
Referentie projecten	0%	9/16/22	9/16/22
Prototype gripkracht sensor analyseren	0%	9/16/22	9/16/22
Prototype handvat bewegingstechnologie analyseren	0%	9/16/22	9/16/22
Experts interviewen	0%	9/19/22	9/19/22
Antropometrisch en medisch onderzoek	0%	9/19/22	9/20/22
Gebruikersonderzoek	30%	9/21/22	9/22/22
Persona's opstellen	0%	9/22/22	9/23/22
Analyse productiemethodes	0%	9/21/22	9/22/22
Analyse materialen	0%	9/21/22	9/22/22
Programma van Eisen opstellen	0%	9/23/22	9/23/22
Prototype gripkracht sensor produceren	0%	9/19/22	9/30/22
Ideefase 1 week			
Ideeschetsen ergonomie	0%	9/26/22	9/29/22
Ideeschetsen productie	0%	9/26/22	9/29/22
Ideeschetsen krachtmeting	0%	9/26/22	9/29/22
Ideeschetsen samenvoegen	0%	9/26/22	9/29/22
Opstellen keuze criteria	0%	9/26/22	9/29/22
Ideekeuze maken	0%	9/30/22	9/30/22
Conceptfase 4 weken			
Ideeen uitwerken tot concept	0%	10/3/22	10/5/22

Productiekeuze vastleggen	0%	10/5/22	10/6/22
Kostprijs berekening maken	0%	10/6/22	10/7/22
Krachtberekeningen	0%	10/7/22	10/7/22
Scan hand maken	0%	10/6/22	10/6/22
Concept modelleren in Solidworks	0%	10/10/22	10/17/22
Prototypen	0%	10/18/22	10/28/22
Werkingprincipe prototypen	0%	10/26/22	10/31/22
Materialisatiefase 3 weken			
Materiaalkeuze	0%	10/31/22	10/31/22
Krachtberekeningen	0%	11/1/22	11/2/22
Optimaliseren voor productie SW	0%	11/3/22	11/8/22
Optimaliseren voor (de)assemblage	0%	11/3/22	11/8/22
Technische tekeningen maken	0%	11/9/22	11/9/22
Prototypen voor uiteindelijk gebruik	0%	11/10/22	11/18/22
Testen met gebruiker	0%	11/17/22	11/18/22
Afondingsfase			
Conclusies gebruikers test	0%	11/21/22	11/21/22
SolidWorks detailleren verbeteringen	0%	11/22/22	11/25/22
Technische tekeningen maken	0%	11/28/22	11/29/22
Kostprijs berekening maken	0%	11/30/22	11/30/22
Productdocumentatie	0%	12/1/22	12/2/22
Eindmodel maken	0%	12/5/22	12/8/22
Verslaglegging	0%	12/9/22	12/15/22

Bijlage 2. Prototypes analyseren

In 2018 is Romy Heesakkers gestart met het project om een handvat te ontwikkelen voor een gebruiker met weinig kracht in de armen en geen kracht in de handen, door een dwarslaesie. De ontwikkelde handvat is gemaakt door middel van een 3D-scan en dit te verwerken in een ge-3Dprint model dat de handwortel ondersteund, zie figuur 1. In de projecten van Thijs van der Giessen en Tom Wijffe is het ontwerp ergonomische verbeterd en is er gekeken naar de connectie naar de crank.

Features Het ondersteunen van de handwortel, waardoor geen gripkracht meer nodig is. Behoud van polsfunctie.	Eindresultaat  <i>Figuur 1 Resultaat project 1</i>	Opmerkingen Vingers worden niet genoeg ondersteund. Lastig om duim te positioneren.
Features Handvat verlengd, maar flexibel, zodat er geen scherpe rand is bij het bewegen van de pols. Doordat het handvat langer is zal de pols niet meer te bewegen zijn.	 <i>Figuur 2 Resultaat Project 2</i>	Opmerkingen Toevoegen van handgreep in het middel lijkt voor zowel mensen met en zonder gripfunctie fijn te zijn. Dit ontwerp heeft een gebruiksvriendelijkere uitstraling door de zachte binnenkant.
Features Geïntegreerde handgreep dat lijkt op de standaard handgreep. Gedetailleerde oplossing voor de aanhechting van het handvat naar de crank.	 <i>Figuur 3 Resultaat project 3</i>	Opmerkingen Drukpunten ontstaan binnen het handvat, waarschijnlijk door de grote hoek van het handvat. Dit zal aangepast en getest moeten worden.

Conclusies

Het concept op de handwortel te ondersteunen door het inscannen van de hand lijkt goed te werken. Een oplossing zal bedacht moeten worden om het zelfstandig aandoen van het handvat mogelijk te maken, maar ook genoeg ondersteuning bieden voor iemand zonder gripkracht. De connectie met de crank moet ook uitgewerkt worden, zodat deze piekbelasting aankan.

Bijlage 3. Antropometrie onderzoek

	Nederlandse volwassenen													Paraplegie										Tetraplegie					Bron
	P1	M	F	P5	M	F	P50	M	F	P95	M	F	P5	M	V	P50	M	V	P95	M	V			P50					
Handlengte	158	171	160	166	178	166	186	194	179	206	210	192	125			200			230						mm	1			
Palmlengte					10.1	9.2		11	10		12	11												mm	8				
Dikte knokkels	12	22	15	16	24	19	26	29	27	36	34	35	19			31			51					mm	1				
Breedte bij knokkel	70	82	72	74	84	74	86	91	81	98	98	88	58			90			123					mm	1				
-													81			86,5			89					mm	6				
omtrek halverwegen arm (9cm van origin)	160			167			192			211																			
Omtrek origin	145			146			172			200																			
Pols omtrek dikte bot	125			132			155			176																			
Pols omtrek					16.2	14		17.4	15.1		18.8	16.3												cm	8				
Breedte rond pols as	43,2			46,1			52,9			62,2														mm	3				
Dikte pols	33,2			36,5			39,4			44,5														mm	3				
Voorarm omtrek					27.5	23		30.3	25.3		33.7	28				26						tot 12,5% minder	23	mm	8, 10,11				
Greep diameter (TU dined 20-30 jaar)	99	105	101	108	114	107	129	135	122	150	156	137												mm	2				
Middel as tot rotatie flexie					6.25	5.9		7	6.6		7,8	7.5												cm	8				
Duimbasis dikte							53																	mm	9				
Duim dikte (nagel aanzicht)	18	20	19	20	22	19	23	25	21	26	28													mm	1				
Duim Omtrek DIP-gewricht		6.6	5.6		6.7	5.9		7.2	6.3		7.8	6.8												cm	8				
Duim omtrek duimbasis rond binnenkant duim							100																	mm	9				
Afstand MCP duim naar draaipunt palm					7.1	6.5		8.1	7.5		9.5	8.8												cm	8				
Afstand DIP - MCP					1.6	1.5		2.1	1.9		2.6	2.4												cm	8				
afstand mcp - knokkels	16			17			20			25																			
Afstand duimbasis - binnenkant duim					6.9	6.2		7.7	6.9		8.5	7.8												cm	8				
Duim (FDI) x	-30			-36			-46			-54														mm	3				
Duim (FDI) y	34			33			41			35														mm	3				
Duim (FDI) z	6.5			2.3			1.1			3.4														mm	3				

Origin - as (DIST)	12			13			22			43												mm	3	
Origin - knokkel middelvinger (DIST)	52			57.6			70			61												mm	3	
origin - mcp gewricht (x)	-39			-44			-55			-66												mm	3	
origin - mcp gewricht (y)	17			14			20.3			13												mm	3	
Breedte knokkel -x	-26			-26			-31			-40												mm		
Breedte knokkel x	34			38			43			43												mm		
Hoek 1	80,9			82,9			82,5			88,8												Graden	3	
Hoek 2	73,4			73,9			71,2			71,9												Graden	3	
Hoek 3	72			74,3			79,5			78,4												Graden	3	
Dikte APB							7,5							4								mm	7	
Dikte OP							12							9								mm	7	
Dikte FPB							14,5							9,5								mm	7	
Dikte ADM							11							7,5								mm	7	
Dikte FDI							14							10								mm	7	
Gripstrength left														137	56		314	235		503	263		N	6
Gripstrength right														106	88		333	235		486	262		N	6
Left push right														39	24		75	49		173	77		N	6
Right push left														39	27		79	46		149	90		N	6

Bron

- 1 TU DINED Dutch adults, dined2004 m+f 31-60
- 2 TU DINED Dutch adults, dined2004 m+f 20-30
- 3 TU DINED 3D modellen p1, p5, p50, p95
- 4 (Akinyemi, Adeyemi, Giwa & Adeboje, 2015)
- 5 (Paquet & Feathers, 2004)
- 6 (YOOK et al., 2021)
- 7 (Klein, Liu, Zhao & Yang, 2021)
- 8 (Greiner, 1991)
- 9 (Ulcay et al., 2020)
- 10 (Tsuzuku, Ikegami & Yabe, 1999)
- 11 (Fang, Morse, Nguyen, Tsantes & Troy, 2017)

Conclusies antropometrisch onderzoek

De te ontwerpen handvatten zullen ontworpen worden voor een brede groep gebruikers, elk met unieke handen welke een unieke pasvorm nodig heeft. Wanneer gekeken wordt naar het standaardiseren van het ontwerp en/of productieproces moeten een aantal variabelen in kaart gebracht worden. Door te kijken naar verschillen in afmetingen in en tussen groepen kunnen er keuzes gemaakt worden voor de standaardisatie.

Er dient rekening gehouden te worden met:

- Mannelijke P1 tot P95 gebruikers
- Vrouwelijke P1 tot P95 gebruikers
- Mensen met tetraplegie
- Mensen met paraplegie
- Mensen met verminderde of geen arm- en handfunctionaliteiten door een andere oorzaak dan een dwarslaesie

Onderzocht is hoe de antropometrie van de handen van mensen met paraplegie, tetraplegie en personen zonder beperking zich tot elkaar verhouden. Om dit te kunnen doen is er gebruik gemaakt van de antropometrisch database DINED van de Technische Universiteit Delft voor mensen zonder beperkingen. Wanneer er gezocht wordt naar antropometrische gegevens over de handen van mensen met paraplegie en tetraplegie is het niet gelukt om antropometrische data van Europese volwassenen met para- of tetraplegie te vinden. De gevonden studies over mensen met paraplegie met andere nationaliteiten en kinderen met tetraplegie zijn daarom samengevoegd met onderzoeken naar spier- en botafname bij mensen met paraplegie en tetraplegie.

Als gevolg van het niet gebruiken van de handen bij een volledige dwarslaesie worden zowel de botten als de spiermassa aangetast. Na een dwarslaesie worden spieren dunner en kan er minder kracht uitgeoefend worden, dit wordt ook wel spier atrofie genoemd. Oorzaken hiervan zijn ten eerste de dwarslaesie, maar ook de daaropvolgende inactiviteit van de spieren. Dit heeft ook gevolgen voor de botten, welke door onderbelasting te maken krijgen met botafbraak door botontkalking.

Conclusie verschil tussen ‘normaal’ en tetraplegie

Bij een volledige dwarslaesie neemt de spierdikte in de hand af, met zo’n 25 procent gemiddeld (van spieren tussen de 14 en 5 mm dik, wat betekent dat er maximaal 4 mm verschil tussen kan zitten).

Conclusies met betrekking tot de handvatten

- De hoek waarop de buis gegrepen wordt ten opzichte van de middelvinger wordt bepaald door de knokkels. De hoek bij een neutrale polsstand, zie afbeelding CAD modellen van p1, p5, p50 en p95 is bepaald om een uitspraak te kunnen doen of dit voor iedereen ongeveer gelijk is, namelijk tussen de 70 en 80 graden. Dit betekent dat de buis tussen de 10- en 20 graden naast haaks op de lijn van de middelvinger staat.
- De hoek tussen de onderarm en de middelvingerlijn wordt steeds groter wanneer er gekeken wordt naar een groter percentiel. Er wordt echter aangenomen dat dit voornamelijk voortkomt uit de manier van modeleren door de TU DINED database, waarbij er uitgegaan is van een nagenoege verticale wijsvinger. Daarbij komt kijken dat de hoek veranderd wanneer er een vuist gemaakt wordt, hierbij wordt aangenomen dat dit ongeveer 15 tot 30 graden is. De hoek van de onderarm ten opzichte van de wijsvinger is niet heel erg van belang, enkel dat deze voor de gebruiker neutraal is.
- Om te kunnen beoordelen wat de verschillen zijn is er in het voor-, zij- en bovenaanzicht afmetingen en coördinaten opgezet. De origin, of het nulpunt, is genomen ter hoogte van het os capitatum bot, waar het rotatiepunt van de radiale en ulnaire abductie zich bevindt.
- Uit eerdere testen is gebleken dat er grote knelpunten ontstaan op de spaakbeen en ellepijp. Het is van belang dat op dit punt de omtrek juist is, met extra tolerantie omdat er eigenlijk gewoon geen contact moet zijn, of er moet een dik zacht materiaal ingevoegd zijn wanneer de stabilisatie van de pols op dit punt ook noodzakelijk is. Het beste lijkt echter te zijn wanneer hier gewoon geen materiaal zit, maar onbekend is of de randen dan juist weer in de huid gaan duwen. De omtrek van de pols van de p1 tot p95 gebruiker is ongeveer 125 tot 176 mm.
- Wanneer de breedte van de hand bekeken wordt wordt duidelijk dat de toename hiervan bij grotere mensen voornamelijk aan de kant van de duim is. Dit betekent dat de *pink kant* van het ontwerp weinig aangepast hoeft te worden. Echter zorgt dit voor een uitdaging voor het vastzetten van de duim. Wanneer de duim geheel omsloten moet worden betekent dit dat er in de breedte een verschil van 24 mm tussen p1 en p5 is, een hoogte toename van ongeveer 10 mm en ook in dikte zal er verschil zijn, echter is dit niet getest doordat er geen database is aan scans in de beoogde positie.
- Toename in hoogte van de duim is lastig te bepalen. Palm lengte neemt toe tot wel 30mm, en ook afmetingen in de duim verschillen tot wel 15 mm.

Bijlage 4. Productietechnieken inmeetmethode

Gipsen mal maken

Het maken van een gipsen mal is goedkoop en eenvoudig voor beginners. Het word veel toegepast bij het maken van ortheses en protheses en is een nauwkeurige, al dan niet wat kliederige, methode. Door middel van de negatieve mal zal een positieve mal gemaakt worden, zie het [Voorbeeld gipsen mal](#). Dit kan dan dienen als basis voor het vormen van materialen zoals bijvoorbeeld composiet, textiel, etc.

Voorbeeld gipsen mal

Rocket7 – custom cycling schoenen

De Rocket7 custom cycling shoes worden gemaakt door het maken van een gipsenmal van de voeten. Door hiervan vervolgens de voet weer te gieten kan dit gebruikt worden om de carbon vezels en andere materialen omheen te vormen.



Schuimen mal

Het frezen van schuim is voordeliger dan het maken van matrijzen uit aluminium en staal. Doordat de mallen maar enkele keren gebruikt zal worden per persoon, is de factor levensduur voor de toepassing binnen dit project niet van belang. Er zijn veel verschillende schuimen die gebruikt kunnen worden, denk aan EPS, PIR en de veel gebruikte PUR en PU schuimen. Om kosten per product te beperken zal er gebruik gemaakt worden van een simpele CNC-machine, dit betekent dat er ontwerpbeperkingen zijn door de beperkte aantal assen van de CNC-machine. (Jules Dock Shaping, 2020) (Pluijmen, 2021)

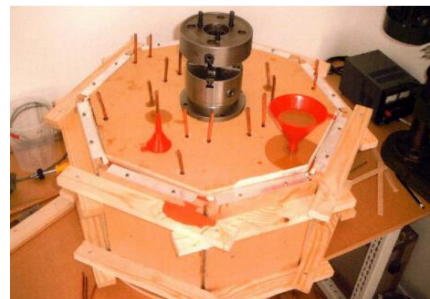
Voorbeeld CNC frezen schuim mal

Orthoshapes – Orthese mal

Orthoshapes maakt 3D scans, zowel met iPad scanners als witlicht scanners, en freest vervolgens de mallen uit schuim en MDF. De soorten schuim die hiervoor gebruikt worden hebben een sterkte tussen de HS80 en HS320. ("OIM Orthopedie maakt van 3D-scannen een speerpunt", 2021) ("Post", z.d.)

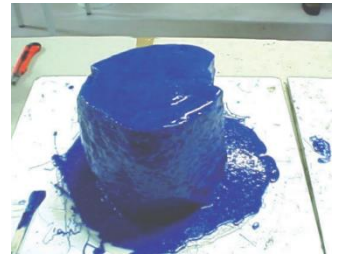
Giet mallen

Het maken van mallen kan gedaan worden door de ruimte rondom het model af te sluiten en deze ruimte vervolgens te vullen ('te gieten') met een gietmateriaal. Dit moet enigszins flexibel zijn en kan bij complexe modellen zelfs uit verschillende delen bestaan.



Stroopmallen

Het maken van stroopmallen is eenvoudig, doordat er ingedikte rubber, zoals latex of polyuretaan rubber, laag voor laag over het model heen aangebracht wordt met een kwast. Dit levert een flexibele mal op die zoals een sok over een voet uit te trekken is.



Ge-3D-printe mallen maken

Het voordeel van 3D geprinte mallen is dat deze eenvoudig uit meerdere delen te maken zijn waardoor er weinig ontwerpbeperkingen zijn. Van belang is het materiaal waarvan de mallen gemaakt worden, dit moet hitte bestendig zijn stijf zijn en met hoge nauwkeurigheid en details te printen zijn. Hiervoor wordt vaak digital ABS gebruikt. Door het toevoegen van aluminium staven te ondersteuning en air vents voor het voorkomen van luchtbellen kan het niveau van het eindproduct verhoogd worden. (Griffin, 2019) (Tri-Tech 3D, 2022)

Bijlage 5. Productietechnieken handbike handvatten

Dit project focust zich op het inmeten en customiseren van een handvat. Tot noch toe is dit gedaan door het inscannen van een hand, en hiervan vervolgens een handvat van te 3D-printen. Omdat de productietechniek voor het opgeschaalde product nog niet vaststaat is er onderzoek gedaan naar mogelijke technieken, onder andere door ingemeten producten op de markt te analyseren (undefined [Sigma Sports], 2015).

Thermovormen

Het thermovormen of vacuümvormen van een product wordt gedaan door het verwarmen van een kunststof plaat of folie. Door deze vervolgens over of in een mal te zuigen (d.m.v. een vacuüm) en deze af te laten koelen is een divers eindresultaat te behalen. Voor thermovormen is een mal nodig, dit betekend dat deze techniek met name voor serieproductie geschikt is. De kosten die voor het fabriceren van de mal nodig zijn, zijn afhankelijk van de hoeveelheid en kwaliteit van de details op het product en hoelang de mal moet meegaan. Uit onderzoek naar productietechnieken van ingemeten producten kwam naar voren dat thermovormen ook zonder vacuüm toegepast wordt in de industrie; zie het [Voorbeeld Thermovormen om een mal](#). Met deze kennis kan geconcludeerd worden dat deze techniek ook geschikt is voor one-off's, met als kanttekening dat de mogelijke detaillering van het eindproduct onderzocht moet worden ("Thermovormen", z.d.).

Materialen die bewerkt kunnen worden d.m.v. thermovormen zijn thermoplasten, zoals PVC, PE, ABS, PS, PET, PP en PLA. Deze zouden versterkt kunnen worden met carbon composiet. Ontwerpoverwegingen zijn de (potentiële) benodigde lossingshoeken om het product van het mal te krijgen, de wisselende wanddikten en de benodigde nabewerking. De schaalbaarheid van het productieproces is afhankelijk van het uitbesteden, het vormen met de hand of het zelf maken van een vacuümvorm machine. ("Vacuümvormen (Techniek) + Bereken zelf de matrijskosten", 2021) ("Vacuumvormen met een zelfbouw VacuForm", 2022)

Voorbeeld post productie thermovormen

De bont - wielrenschoenen

De Bont wielrenschoenen worden massa geproduceerd, toch is het mogelijk deze naderhand naar de voeten van de eigenaar te vormen. Dit gebeurt door het verwarmen van deze schoenen in een oven, tot 70 graden, en deze vervolgens aan te doen tijdens het afkoelen. De mogelijke aanpassingen zijn relatief klein, tussen de 1 en 2 mm. De schoen houdt deze vorm doordat het de hars waarmee de carbon in vorm is gebracht weer hard wordt. (Cycling, 2022) (Rocket7 Custom Cycling Shoes, 2016)



Voorbeeld thermovormen om een mal

OIM Orthopedie - orthese

OIM Orthopedie maakt veel verschillende soorten ortheses en protheses. Één van de technieken om dit te doen is het maken van een gipsen mal waarover een verhitte kunststoffen sheet wordt gevormd. Dit is een eenvoudige methode waarbij weinig techniek te pas komt. Een nadeel hiervan is dat het niet mogelijk is helemaal rond de volledige ledenmaat te vormen. Daarbij lijkt in dit geval het materiaal tamelijk dik en vormvast tijdens het vormen, waardoor kleine details misschien niet overgenomen worden op de orthese. (OIM Orthopedie, 2018)



Lamineren van composieten

Er zijn verschillende manieren waarop composieten gelamineerd worden. De meest toepasbare voor deze seriegrootte zal het hand lamineren zijn. Bij hand lamineren is er één mal waarover een laagje geïmpregneerde vezels wordt neergelegd wat vervolgens nat gemaakt met bijvoorbeeld een kast. Dit is dus een arbeidsintensief proces dat gevoelig is voor fouten en dat gemaakt is van dure materialen. Daarentegen bieden de verschillende composieten een moeilijk te evenaren stijfheid en slagvastheid in de richting van de vezels. De meest voorkomende composieten zijn het toevoegen van glasvezels en koolstofvezels aan kunststoffen. Het maken van deze koolstofvezels heeft een grote milieu-impact, er zal meer verdiept worden in het gebruik van viscose als biobased alternatief, zoals NeoFiber® van Stora Enso. (Nijssen, 2014) ("NeoFiber® by Stora Enso", z.d.)

Compression molding

Het vormen van thermoplasten, op een andere manier dan de veel gebruikte productietechniek spuitgieten, kan gedaan worden met compression molding. Hierbij wordt een uitgemeten hoeveelheid kunststof of rubber in een voorverwarmde mal gestopt, waarna de andere helft van de mal met druk het materiaal gelijkmatig verdeeld. Doordat deze methode met name geschikt voor gemiddelde tot hoge seriegroottes is zal er niet verder ingegaan worden op deze productiemethode.

Dip molding

Dip molding wordt gebruikt voor het maken van flexibele holle producten, zoals de handgrepen van gereedschap. Een positieve mal wordt in het vloeibare materiaal ondergedompeld, verhit en weer herhaalt. De binnenzijde kan zeer gedetailleerd zijn en door het flexibele materiaal is het mogelijk om het product binnenstebuiten te keren. De toepasbaarheid voor one-off's zal liggen aan de manier van 'bakken' en de mal kosten. Materialen zoals PVC, nylon, silicone, latex en urethaan kunnen gebruikt worden voor dip molding. Ontwerpoverwegingen zijn het niet kunnen maken van scherpe hoeken en het toevoegen van lossingshoeken om luchtballen te voorkomen zijn het toevoegen van lossingshoeken.

Additieve productietechniek

Additieve productietechnieken, veelal bekend als ‘3D-printen’ wordt gedaan met verschillende technieken, namelijk Fused Deposition Modeling (FDM), Selective Laser Sintering (SLS) en StereoLithografie (SLA). Verschillen in materiaal, verbinding en opbouw worden per techniek toegelicht.

FDM	SLS	SLA
Een kunststof draad wordt verhit en geextrudeerd uit een spuitmond/nozzle. De lagen hechten aan elkaar tijdens het afkoelen en verharderen van de lagen. In het geval van overhangende lagen is het door de zwaartekracht nodig hier support onder te printen. Deze zijn achteraf eenvoudig te verwijderen omdat dit dun geprint wordt, maar in combinatie met de vaak zichtbare lagen is nabewerking nodig op een glad oppervlakte te krijgen.	Een laag poedervormig materiaal wordt onder hoge temperatuur en precisie aan elkaar gebonden, waarna er een nieuwe laag poeder verdeelt wordt en het product lag voor laag opgebouwd wordt. het poeder dient als ondersteuning tijdens het printen, waardoor er geen ‘supports’ mee geprint hoeven te worden. Het oppervlakte zal niet erg glad zijn, maar het eindresultaat is licht en sterk. Uniek aan SLS is de mogelijkheid voor functionele onderdelen zoals klikvingers en filmscharnieren. SLS wordt voornamelijk toegepast met technische thermoplasten en nylon, ook materialen versterkt met glasvezel of carbonvezels zijn hiermee te printen.	Vloeibare fotopolymeerharsen worden in een bad laag voor laag verhard door een platvorm dat steeds dieper in het bad zakt. Fotopolymeerharsen, zoals ABS, PP, PE, PBT harden uit wanneer deze met UV-straling in aanraking komen. Dit is een fijne eigenschap om laag voor laag mee op te bouwen, maar resulteert in een bros product dat met der tijd steeds brosser wordt. De oppervlakteafwerking is wel van een hoog niveau, maar het schoonmaken van het model na het printen en het verwijderen van support zorgt toch voor veel nabewerking. (vanacker, 2021)

Voorbeeld 3D-scannen en printen

Manometric – Braces

De braces en splints van de handclinic worden met de ManoX ingescand en vervolgens ge3D-print. De ManoX scanner is uniek in zijn snelheid, op hun site geven zij aan een meetsnelheid te hebben van 0.1s. Dit is zeer relevant omdat de positie van de hand verandert wanneer de scan lang duurt, maar ook doordat de gebruikers niet altijd in staat zijn een positie lang in te nemen. De braces zitten comfortabel door de nauwkeurige aansluiting en kunnen strakker of losser gedragen worden door de combinatie van vormbare en stijve materialen (rechts) en door het gebruik van klittenband. (“Scanner | Manometric”, z.d.)



Bijlage 6. Quality Function Deployment

Title: Ingemeten handbike handvatten
 Author: Dunya Treumiet
 Date: okt. 2022
 Notes: Gebruikt o.a. om knelpunten tussen en binnen de wensen van de klant en de product eisen te definiëren.

Legend		
⊖	Strong Relationship	9
○	Moderate Relationship	3
△	Weak Relationship	1
++	Strong Positive Correlation	
+	Positive Correlation	
-	Negative Correlation	
▼	Strong Negative Correlation	
▽	Objective Is To Minimize	
▲	Objective Is To Maximize	
X	Objective Is To Hit Target	

				Column #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Competitive Analysis (0=Worst, 5=Best)					
				Direction of Improvement: Minimize (▼), Maximize (▲), or Target (x)																					
Row #	Max Relationship Value in Row	Relative Weight %	Customer Needs Rating (Importance)	Engineering parameters (Voice of the Company) or "Hows"	Handwiel inleunen tot voor geschreven handig	Pols bewegingsvrijheden ondersteunen	aangepast naar pasvorm, niet te strak en niet te los	Connectie met de as is eenvoudig te maken	geen scherpe randen bij rotatie	zweet wordt opgenomen of kan opdrogen en kan schoon gemaakt worden	remmen en schakelen op handvat	schakelende werking van het product	aan- en uitdoen kan gedaan worden zonder vinger coördinatie	Zoveel mogelijk gestandaardiseerde onderdelen	gepersonaliseerde pasvorm is snel te maken	productie is snel en goedkoop	Onderdelen zijn demontabel	sterkte van het product							
1	9	13,5	5,0	Handbike aandrijven zonder gripkracht	⊖	▲	⊖			○										1	2	3	Eigen		
2	9	8,1	3,0	Handbike aandrijven zonder coördinatie	⊖	⊖	⊖				○									5	4	3	5		
3	9	13,5	5,0	Pijnloos, zonder drukpunten, kunnen handbiken	○	○	⊖	⊖	⊖		○	▲								4	2	1	3		
4	9	2,7	1,0	Hygiënisch + comfortabel m.b.t. zweet etc.	▲		▲			⊖										3	3	5	4		
5	9	13,5	5,0	Snel zelfstandig aan- en uit kunnen doen	⊖	○	⊖				○	⊖	⊖							1	1	5	4		
6	9	8,1	3,0	Goedkoop		▲	▲	⊖			○	▲		⊖	⊖	⊖	○	○		3	3	3	3		
7	9	8,1	3,0	Repareerbaar		○					▲			○	○	○	⊖	○		3	4	4	3		
8	9	13,5	5,0	Kan piekvermogen aan en heeft een grote lifespan (km/week)		▲		○							○			⊖		5	5	5	2		
9	9	8,1	3,0	Kan de parkeerrem bedienen	○		▲				○									1	4	5	4		
10	9	5,4	2,0	Kan nog remmen en schakelen	○		▲				⊖		○							1	1	2	2		
11	9	5,4	2,0	Kan snel en comfortabel aangemeten worden	⊖	○	⊖	○			○			▲						4	4	5	2		
Target or Limit Value						50 +/- 5 graden	0,2 +/-0.05 cm	20 +/-1 cm	0 klorfjes	lichtbruin (RAL.....)	2 per kind	meer dan 40gr/paarmetode	minstens 6							Customer Product Rating					
Difficulty (0=Easy to Accomplish, 10=Extremely Difficult)																				voorbeeld uit:111 instrumenten voor kwaliteitsverbetering A. Oosterhoorn 2004 kluwer					
Max Relationship Value in Column					9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9						
Weight / Importance					400,0	213,5	462,2	235,1	121,6	84,9	259,5	143,2	137,8	97,3	137,8	97,3	97,3	170,3							
Absolute Importance					166,0	79,0	169,0	87,0	45,0	24,0	78,0	53,0	45,0	36,0	51,0	36,0	36,0	63,0	968,0						
Relative Importance (%)					15,2	8,1	17,5	8,9	4,6	2,5	9,8	5,4	5,2	3,7	5,2	3,7	3,7	6,5	100,0						

Powered by QFD Online (<http://www.QFDOnline.nl>)



Bijlage 7. Berekeningen Concept 1

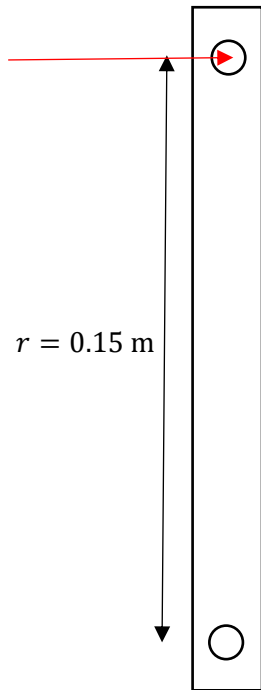
Het ontwerp van de 3D print wordt opgebouwd op basis van deze gegevens.

Kracht op as

Bekend is dat het piekvermogen (gemeten in de as) rond de 1000 W zal liggen. Om de handvatten ook voor extreme situaties te ontwerpen is er gerekend met een veiligheidsfactor van 1.5, vandaar dat er uitgegaan wordt van 1500 W.

De krachten op de as kunnen niet overgenomen worden als puntbelasting op de handvatten. Door de krachten in de as tussen het handvat en de crank te berekenen kan deze gebruikt worden om de spanning per m² op de handvatten te berekenen.

$$\begin{aligned} \rho &= 1500 \text{ W} \\ T &= 1 \text{ s} \\ r &= 0.15 \text{ m} \\ \rho &= \omega * m \\ \omega &= 2\pi/T \\ m &= F * r \\ \rho &= \omega * r * F \\ F &= \rho/(\omega * r) \\ \omega &= 2\pi/T \\ \omega &= 2\pi/1 \\ \omega &= 2\pi \text{ radialen per seconden} \\ F &= 1500/(2\pi * 0.15) \\ F &= 1591.5 \text{ N} \\ F &\approx 1600 \text{ N} \end{aligned}$$



Er wordt een kracht van ongeveer 1600 N uitgeoefend op beide assen. Dit betekent dat er ongeveer 800 N op elk handvat uitgeoefend wordt.

Wanddikte

Om de minimale wanddikte te berekenen is een berekening gedaan om het moment op het handvat te berekenen.

$$Ma - (F * r) = 0 \text{ N}$$

$$F = 800 \text{ N}$$

$$r = 15 \text{ mm}$$

$$\sum M = 0$$

$$\sum M = Ma - (800 * 15)$$

$$Ma = 12000 \text{ Nmm}$$

De optredende buigspanning moet *kleiner* zijn dan de treksterkte van het materiaal.

$$Wb = \frac{\frac{1}{6} * b * h^2}{e}$$

Hierin zijn:

$$b = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Wanddikte } h = 10 \text{ mm}$$

$$e = 5 \text{ mm}$$

Dit betekent dat:

$$Wb = \frac{\frac{1}{6} * 50 * 10^2}{5}$$

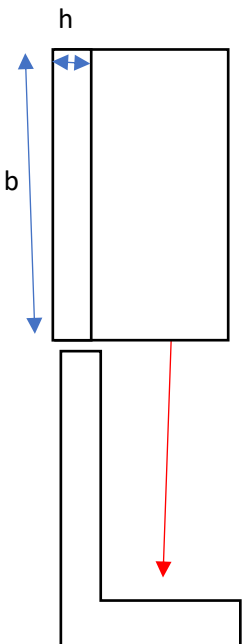
$$Wb = 166,33 \text{ mm}^3$$

$$\sigma b = Ma/Wb$$

$$\sigma b = 12000/166,33$$

$$\sigma b = 72 \text{ N/mm}^2$$

Bij een wanddikte van 10 mm is de spanning die optreedt in de buurt van de E-modulus van kunststoffen.



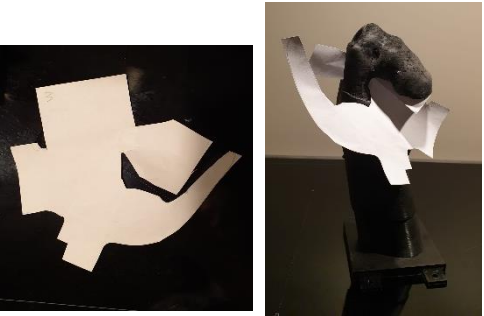
Bijlage 8. Test modellen

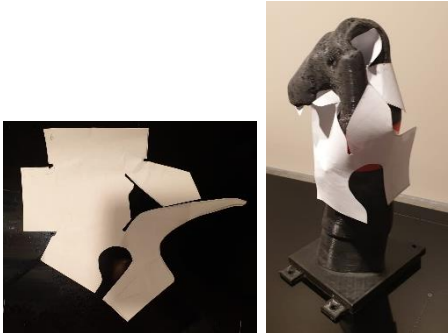
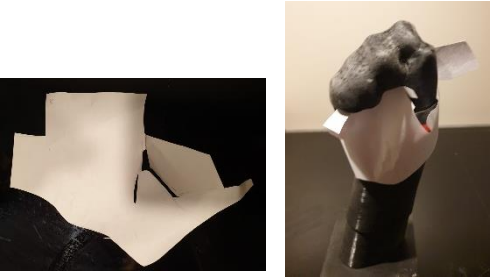
Test 1 - 2D thermovorm patronen

In deze test zijn een aantal aspecten bekeken, namelijk:

- Kan er een 2D patroon ontworpen worden dat de hand op de juiste punten immobiliseert en comfortabel zit?
- Kan dit gestandaardiseerd worden voor de verschillende gebruikers?
- Kan een getheromovormd onderdeel de core zijn voor een composiet?

In deze test is niet gekeken naar de sterkte en stijfheid van materiaal en ontwerp.

Patroon 2	De hand wordt ondersteund door twee vlakken die naar de handrug gevouwen worden. De duim wordt ondersteund door een vlak dat eromheen gewikkeld wordt. In dit patroon is de hoek en startpositie goed en kan de spanning weg. Het oppervlakte tussen de duim en de wijsvinger is met relatief weinig spanningen te positioneren. Het oppervlakte is te klein en de hoek van de pols ondersteuning is verkeerd.	
Patroon 3	De afmetingen in dit patroon wijken te erg af om uitspraken te kunnen doen over het concept.	
Patroon 4	Door de uitsparing bij de duimbasis is het positioneren rondom de duim en tussen de wijsvinger eenvoudig en spanningsloos. Echter is het vlak vanaf de uitsparing te breed, waardoor het wikkelen lastig is. De hoek van de polsondersteuning staat niet in de juiste hoek. Het vlak dat de handrug bij de wijsvinger omsluit is overbodig en overlapt het vlak bij de duimbasis.	

Patroon 6	Het positioneren van het patroon is eenvoudig. Er ontstaan spanningen aan de binnenzijde van de palm tussen de duim en de wijsvinger, door de uitsparing hier langer te maken kan dit opgelost worden. Wanneer het vlak dat rond de duim gewikkeld wordt steiler gemaakt wordt en het overbodige vlak rond de knokkels hier aan vast gemaakt wordt, kan de duim en de handrug beter ondersteund worden.	
Patroon 7	Het vlak tussen duim en wijsvinger zit niet op de goede plek en niet met de goede hoek, waardoor er veel spanningen ontstaan. Het oppervlakte dat de duimbasis moet ondersteunen is groot genoeg om dit te doen, maar er is veel overlap met het eerder genoemde vlak om de knokkels. Het vlak dat als sliert om de duim gedraaid wordt begint te ver weg van de duimbasis.	
Patroon 8	De duim wordt goed omsloten en het positioneren is eenvoudig zonder spanningen. Het vlak dat rond de duim gewikkeld wordt is smal waardoor deze eenvoudig te positioneren is. Het vlak tussen de duim en de wijsvinger is ook hier overbodig, wel mist er bij het verwijderen een vlak op de handrug.	
Patroon 9	De duim is lastig vast te zetten, de spanning bij de duimbasis kan niet weg. Het ontwerp biedt weinig mogelijkheden om de duim vast te zetten.	

Test 2

DOEL

- Hoe beïnvloed de positie van de as het comfort tijdens het handbiken?
- Ontstaan er meer/minder drukpunten wanneer de positie van de as verandert?

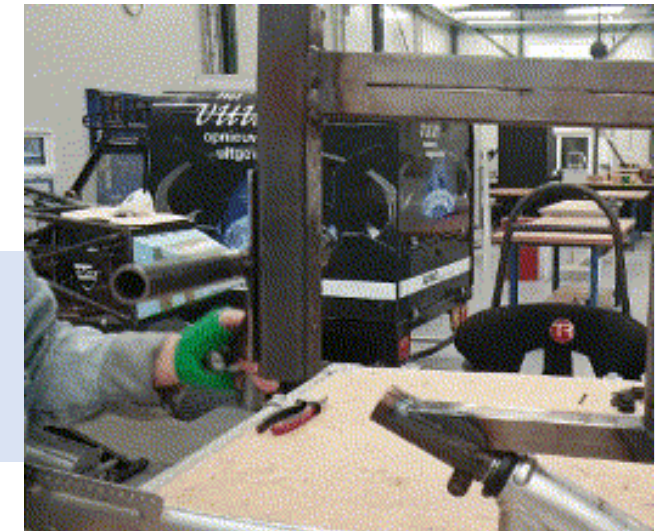
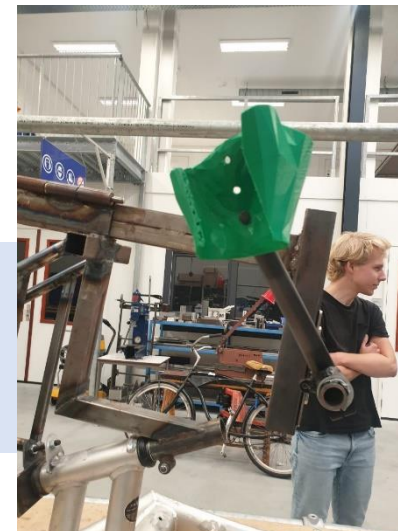
TEST

Testmodel: 3d-Geprint handvat, 4 mm wanddikte, met montagepunten om de 2 cm voor de as.

Testmethode: As is gemonteerd op de test set-up welke het mogelijk maakt de handbike beweging uit te voeren. Per test (dus per as positie) is er zowel langzaam als snel gehandbiked.

CONCLUSIES

- Geen verschil ervaren in bewegingen van de pols/techniek van bewegen
- Er ontstaan geen ander soort druk- of knelpunten tijdens het handbiken wanneer de as positie aangepast wordt.
- De hand leek meer in het handvat te schuiven wanneer de positie van de as zich minder in de handpalm, en meer richting de onderarm, verplaatste.



Test 3

DOEL

- Is het mogelijk het handvat aan- en uit te doen wanneer er geen afstand tussen de huid en het handvat is?
 - o Is het dragen van het handvat comfortabel?
- Is het draaien van de pols met scharnierpunten comfortabel?
- Hoe nauwkeurig moeten de draaipunten gedefinieerd zijn om te functioneren en comfortabel te zijn?

TEST

- **Testmodel:** 3d-Geprint handvat, 2 mm wanddikte, zonder afstand tussen de hand en het handvat.
- **Testmethode:** Het monteren van de scharnierpunten is gedaan tijdens het dragen van het handvat om zeker te zijn dat deze juist gepositioneerd zijn. Tijdens de test is 10 maal de pols in extreme posities gebracht.

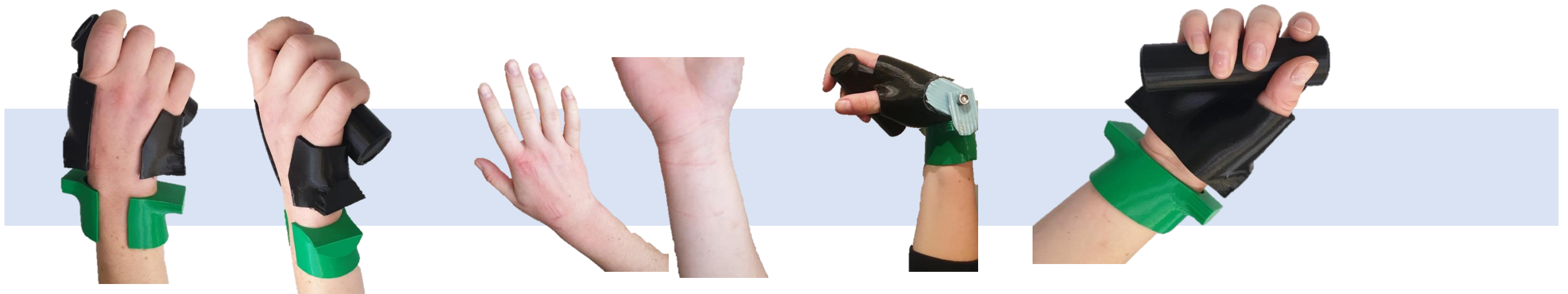
CONCLUSIES

0 mm offset

- Door de 0 mm tolerantie is het oncomfortabel en pijnlijk om het handvat aan te doen. Het is daarbij ook niet mogelijk om het handvat met één hand zelfstandig aan- of uit te doen, maar de hand moet daadwerkelijk gepositioneerd en in positie geduwd worden.

Scharnierpunten

- Wanneer het handvat aan is, ontstaan er drukpunten op de knokkels en voelt de duim oncomfortabel strak aan, echter wordt de handwortel wel fijn en pijnloos ondersteunt.
- Wanneer geen grijpkracht op wordt uitgeoefend, knelt het handvat de doorbloeding in de vingers af doordat het handvat tot over de knokkels valt. Dit wordt erger wanneer er grip uitgeoefend wordt op de buis, want dan wordt de handpalm hier dikker.
- Na het dragen van het handvat kan geconcludeerd worden dat de scharnierpunten geen nieuwe knelpunten of beperkingen teweegbrengen.
- Doordat het handvat op het bot van de pols rust ontstond hier een knelpunt tijdens het dragen en bewegen (met name tijdens abductie) van het handvat



Test 4

DOEL

- Is het ontwerp zelfstandig aan- en uit te doen?
- Kan de pols in de extreme posities gebracht worden zonder dat hierin de beweging geïmmobiliseerd wordt of er onmogelijk veel kracht voor nodig is?
- Is het dragen van het handvat met siliconen comfortabel?

TEST

Testmodel: 3d-Geprint handvat, PLA met een wanddikte van 3mm, met een siliconen verbindstuk (2 mm dik). Doordat siliconen niet verlijmbaar is, is deze connectie tussen 3D-print en siliconen met naald en draad gemaakt.

Testmethode: De handvatten zijn driemaal aan- en uitgedaan. Tijdens de test is 10 maal de pols in extreme posities gebracht.

CONCLUSIES

Aan- en uitdoen

- Het zelfstandig aan- en uitdoen van de handvatten is niet mogelijk. Het is niet de bedoeling dat het onderste deel van het handvat weg buigt wanneer er geprobeerd wordt om het handvat aan te doen, omdat dit met één hand met beperkte motoriek mogelijk moet zijn; dit is nog niet het geval.

Scharnieren

- Bij het dragen en buigen van het materiaal zit het comfortabel en ontstaan er geen drukpunten.
- Het materiaal is dun genoeg en de tolerantie groot genoeg om bij buiging het ophopen/ in vouwen van het materiaal mogelijk te maken. Hierdoor worden er geen bewegingen geïmmobiliseerd.



Test 5

DOEL

- Kunnen de scharnier montagepunten meer geïntegreerd worden, maar nog wel sterk genoeg zijn wanneer ge-3D-print?
- Ontstaat er een klemmingsgevaar wanneer de scharnierpunten dicht bij de huid zitten?
- Is het eenvoudiger om het handvat aan- en uit te doen wanneer de duim niet volledig omsloten is?
 - o Is deze houding comfortabel?
 - o Wordt de handwortel voldoende ingeklemd om zonder gripkracht te kunnen handbiken?

TEST

Testmodel: 3d-Geprint handvat, PLA met een wanddikte van 3mm, een offset van de huid van 3 mm.

Testmethode: De scharnieren zijn gemonteerd met behulp van Velpon secondelijm. Tijdens de test is 10 maal de pols in extreme posities gebracht. Na deze test is er loodrecht op het uitstekende oppervlakke van de scharnierpunten kracht uitgeoefend.

CONCLUSIES

Scharnieren

- Vormgeving is veel subtieler, de montagepunten duwen niet tegen de pols in de extreme posities.
- Hoewel het ontwerp subtieler is was het mogelijk om met minimale kracht het montagepunt los te breken (op de laagdikte).
- Er ontstonden geen/minder drukpunten nu dat het bovenste deel statisch is, en het onderste deel de rotatie maakt. Dit kan ook komen omdat het onderdeel op de onderarm korter is.

Handpositie

- De open duim maakt het aan- en uitdoen van het handvat eenvoudiger wanneer de handbiker in staat is om de duim te strekken.
- Een groot verschil met het vorige ontwerp is de vergrootte flexibiliteit en de grote offset, welke het beide makkelijker maken om het handvat aan- en uit te doen. In dit geval is de offset wel echt veel te groot, omdat het handvat nu in de hoogte tot wel 2,5 cm over de hand heen te verschuiven is.
- De handpositie is gelijk aan de voorgestelde optimale handpositie, deze is comfortabel maar zorgt er wel voor dat de inklemming van de handwortel minder is.



Test 6

DOEL

- Is het ontwerp eenvoudiger zelfstandig aan- en uit te doen voor gebruikers die de vingers niet kunnen strekken?
- Vereenvoudigd het toevoegen van de omsloten duim (door middel van de ring) het aan- en uit doen en het inklemmen van de handwortel?

TEST

Testmodel: 3d-Geprint handvat, wandikte 3 mm, offset 1.5 mm

Testmethode: De handvatten zijn driemaal aan- en uitgedaan.

CONCLUSIES

- Uit de test blijkt dat het goed werkt om de buis te gebruiken om de vingers te positioneren, maar dat het vervolgens nodig is om een deel van de buis los te laten, de pols te draaien (pronatie) zodat het smalste aanzicht van de pols door de open rug kan gaan. Dit betekent dat de buis losgelaten moet worden, wat juist niet het idee is.
- De tolerantie van 1.5 mm is te ruim. Wanneer het handvat aan is zit deze heel erg ruim, zoals ook te zien is in figuur xx waarin de hand volledig naar de onderzijde gedruwd is waardoor de volledige tolerantie links zichtbaar is.
- Er ontstaat zo weinig inklemming van de handwortel dat het mogelijk is om het handvat tot onder de pols te schuiven. Na het toevoegen van micorvezel doek van 2 mm dik (volledig ingedrukt 1 mm) aan de binnenzijde lijkt dit probleem opgelost. Aangenomen kan worden dat de benodigde tolerantie ongeveer rond de 0.5 – 1 mm is rondom de hand.
- De ring rond de duim maakt het aan- en uitdoen lastiger, doordat hiervoor meer coördinatie nodig is en de pols gedeeltelijk geïmmobiliseerd wordt.
- De ring zorgt niet voor extra inklemming van de handwortel.
- In segment 3 van de handbike cyclus zou veel van de kracht uitgeoefend worden op alleen dit kleine oppervlakte van de ring waardoor het risico op wonden verhoogd wordt.



Test 7

DOEL

Thermovormen:

- Is polylactide (PLA) te thermovormen door het verwarmen van het materiaal in warm water?
- Wordt het materiaal hierbij zo heet dat deze niet bewerkbaar met/op de hand is?
- Hoe goed bewerkbaar is de 2D uitslag?
- Hoe goed kan de hand ingemeten worden met behulp van de 2D uitslag?

Testmodel: Ge-3D-printe 2D uitslag van PLA, 2 mm dik.

Testmethode: Het model wordt in warm water (80 graden) gedompeld totdat het materiaal het verwerkingspunt bereikt (zichtbaar doordat het materiaal in lichte maten opkrult). Hierna wordt de basis vorm gemaakt rond een ge-3D-printe mal. Na korte tijd (10-15 seconden) is het materiaal niet meer vormbaar en worden enkel delen van het model in water verhit en gevormd, eventueel rondom de hand van de handbiker.

Lamineren

- Of het mogelijk is om een gethermovormde basis te lamineren?
- Hoe stijf het ontwerp wordt na thermovormen?

Testmodel: Gethermovormde basis, 3 lagen van 1 mm dik vierkant gewoven koolstofvezels en universele epoxy hars, sneldrogend.

Testmethode: De gethermovormde basis is niet bewerkt voor het lamineren. Er zijn 3 lagen carbon in de vorm van de 2D uitslag gemaakt (33 graden geroteerd t.o.v. elke laag). Er is een laag epoxy aangebracht op het model, waarna de eerste laag vezels is aangebracht en door middel van tamponneren met de epoxy gelamineerd. Dit proces is voor laag 2 en 3 herhaalt.

CONCLUSIES

De 2D uitslag kan gevormd worden, zowel om een mal als om de hand. Het is hierbij mogelijk de benodigde punten (duim, handrug, pols) te omsluiten. Detaillering en verbeteringen zijn nodig wat betreft:

- Het vergroten van de vormbaarheid. De aanname was dat het materiaal plastisch zou worden en bij de snedes echt van hoek aan te passen zou zijn (op plastisch niveau). Dit bleek echter niet het geval.
- De positionering van bepaalde punten, zoals het duim vlak dat niet optimaal het MCP-gewricht ondersteund.

Tijdens het lamineren ontstonden er spanningen in het materiaal. Door de achter- en voorzijde van de vezellagen los van elkaar te knippen en te lamineren verschoven de lagen minder. Het verlijmen van de vezels om en rond de randen van het materiaal is lastig, doordat deze van het oppervlakte los kwamen.

In verdere tests zal de basis met grof schuurpapier bewerkt worden om de hechting tussen core en faces te verbeteren, omdat ook in het eindresultaat niet overal hechting is.

Het eindmodel is daardoor niet erg stijf. Dit gecombineerd met het vergrootte traagheidsmoment en de materialen is tegen de verwachting in. De oorzaak hiervoor is waarschijnlijk de gaten en snedes in de core, waardoor hier de materialen niet volledig gehecht zijn, wat de stijfheid sterk beïnvloed.



Test 8

DOEL

- Hoeveel tijd kost het modelleren van de mal?
- Hoeveel bewerkingstijd vraagt het om de mal voor te bereiden voor lamineren?
- Hoeveel tijd kost het lamineren en hoe eenvoudig is dit?
- Is de flens voor de as connectie mee te lamineren?

Testmodel:

- Mal: ge-3D-printe mal, PLA, nabewerkt door te schuren tot korrel 300. Hierna is een laag universele epoxyverharder aangebracht en is het model 7 maal met lossingsmiddel behandeld.
- Lamineren: 1 mm dik vierkant gewoven carbon vezels.

Testmethode: Na het voorbereiden van de mal is eerst een laag epoxy aangebracht, waarna de eerste laag vezels is getamponneerd op de mal. Dit proces is ongeveer 3 maal herhaald, waarna de flens (as connectie) gepositioneerd is. Deze is met 3 extra lagen verbonden aan de eerste 3 lagen vezels.

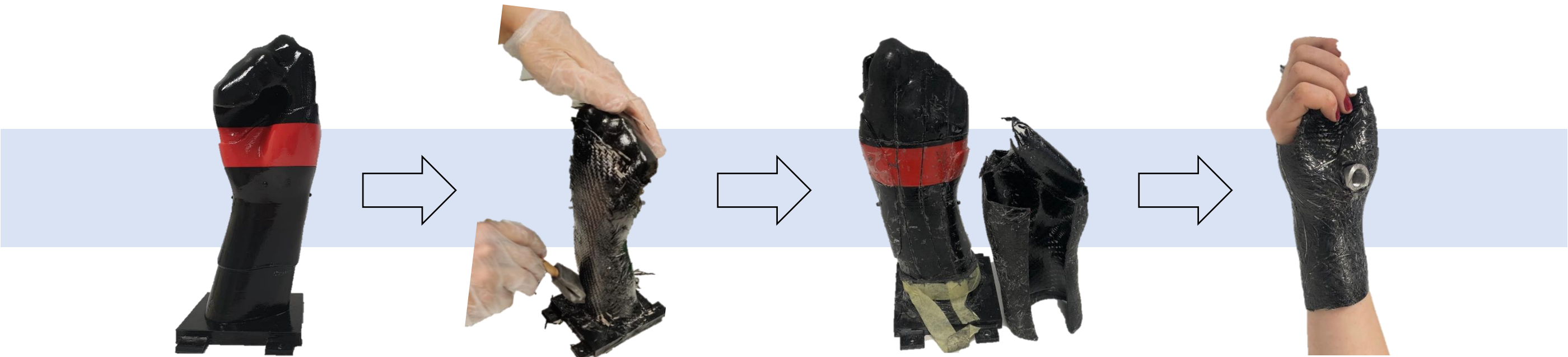
CONCLUSIES

- Het gehele productie proces is arbeidsintensief.

Mal modelleren:	0.5 uur
Mal nabewerken:	1 uur
Mal voorbereiden:	2 uur
Lamineren:	1 uur
Product van mal halen:	0.45 uur
Product nabewerken:	2.5 uur

±8 uur

- Het lamineren van het product is eenvoudig hoewel de verwerkingstijd van de epoxy hars enigszins kort was.
- Het gecontroleerd positioneren en monteren van de as was lastig; door de vorm van de handpalm was het positioneren hiervan niet nauwkeurig of beïnvloedbaar.
- Het verwijderen van het product van de mal was bijna onmogelijk; het is gelukt na veel tijd en energie door 2 man. Doordat het ontwerp een complexe vorm heeft en erg stijf is in de handpalm was het een grote uitdaging om het product van de maloppervlakte los te krijgen en kracht van onder het model uit te kunnen oefenen om het 'los te wippen' van de mal..



Test 9 Gebruikerservaring ingemeten handbike handvatten

Test: Gebruiker met volledige arm- en handfunctionaliteit heeft de voor hem ingemeten handvatten getest. Onderstaande enquête is door hem ingevuld.

Uitstraling

- 1. Hoe scoren de handvatten bij de eerste indruk op:
 - Betrouwbaarheid 7,5 / 10
 - Comfort 7 / 10
 - Uitstraling/verkoopprijs verhouding 4 / 10

Aan- en uitdoen

- 2. Was het aandoen van de handvatten eenvoudig en pijnloos?
Het aandoen van de handvatten was niet eenvoudig, het kostte nog wat moeite om de pedalen in te komen. Het was door het materiaal aan de binnenkant wel pijnloos, er waren geen scherpe randjes of andere dingen die pijnlijk waren.
- 3. Was het uitdoen van de handvatten eenvoudig en pijnloos?
Het uitdoen van de handvatten was gemakkelijker dan het aandoen, ook dit was pijnloos.]
- 4. Was de manier van aan- en uitdoen direct vanzelfsprekend en intuïtief?
Het aandoen was wat lastiger en niet heel intuïtief doordat de hand door een vrij smalle opening moest. Het uitdoen was al wat gemakkelijker doordat de hand zich bijna vanzelf uit het handvat kan draaien.

Handbiken

- 5. Ervaarde je pijn of ongemakken tijdens het handbiken?
Nee, ondanks dat de vorm van het handvat er aan de buitenkant wat grof uit ziet is het handbiken ermee verrassend comfortabel. Het was ook gemakkelijk om meer kracht te zetten, door de vorm gemakkelijker dan bij normale handbike handvatten.
- 6. Was het mogelijk om te handbiken zonder gripkracht?
Het was goed mogelijk ondanks dat er nog enkele plekken waren waar er iets teveel ruimte tussen de handvatten en mijn handen zaten. Ik heb wel gripkracht en had ik daardoor de neiging om toch dit te gebruiken. Op het moment dat ik bewust niet mijn gripkracht gebruikte ging het handbiken prima.
- 7. Hoe ervaaarde je de scharnieren tijdens het handbiken?
Zoals: Zou het handbiken zonder scharnieren fijner of minder fijn zijn? Hebben de scharnieren toegevoegde waarde tijdens het handbiken? Wat zou er anders aan moeten?
Het scharnieren van de handvatten was comfortabel, het zorgt ervoor dat de pols beter ondersteund wordt. Het voelde wel bijzonder dat de scharnierende werking is gerealiseerd door middel van kunststof en niet door een draaipunt tussen de twee onderdelen, maar dit zat zeker niet in de weg.
- 8. Zou je deze handvatten voor langere periodes zonder ongemak kunnen dragen?
Ik heb ze slechts korte ritten gemaakt met de handvatten, maar tijdens deze ritten heb ik niks gemerkt waardoor ze niet over langere periodes comfortabel zouden kunnen zijn.

- 9. Hoe ervaaarde je de inklemming van de hand?
Zoals: was het te strak of te los? Krijg je kramp omdat je de positie van de hand niet kan veranderen?
Over het algemeen paste de handvatten goed. Er waren wel enkele plekken waarbij er teveel ruimte was, onder anderen rechts van de knokkels. Daarnaast heb ik gemerkt dat als de handvatten om de duim gevormd zijn dat ze een strakker en comfortabeler zijn.

- 10. Zijn er andere ervaringen, opmerkingen of ideeën waar niet naar is gevraagd maar die u graag wilt delen?
Ik vind dat de vermogensmeters onwijs mooi in het ontwerp van de handvatten verwerkt zijn. Ook vind ik dat de pedalen er goed, stevig uit zien. Wel is het zo dat de buitenkant van de pedalen er nog niet helemaal netjes uit zien, maar dat maakt voor de functie van het pedaal niet uit.



Test 10 Productie en eerste gebruikstest

Positief:

- het thermovormen met PS en een heteluchtpistool werkt aanzienlijk beter dan met PLA en warm water.
- Doordat het handvatbasis nu minder gaten heeft doordat de 2D uitslag is aangepast, was het lamineren veel eenvoudiger.
- De montage van de buis is eenvoudig op maat te maken. De rampamoeren hebben wel de neiging om erg schuin te gaan staan door het grove schroefdraad aan de buitenzijde.
- Doordat de flens nu taps toeloopt was het mee lamineren hiervan eenvoudiger.
- Door geen neopreen of leer over de randen te vouwen, maar deze met epoxy af te werken oogt het eindresultaat strakker.

Verbeteringen:

- Het lamineren met glasvezels bleek moeilijker te zijn. Dit lijkt te komen doordat het materiaal dikker was en er hierdoor meer moeite had om volledig doordrenkt met epoxy te worden.
- De omtrek van de buis is behoorlijk groot om de schakelaars te kunnen huizen. Bekeken moet worden of de behuizing van deze schakelaars kleiner gemaakt kan worden zonder dat het de functionaliteit aantast.
- Het is niet gelukt het tweede elastieken onderdeel aan de binnenzijde te verlijmen. Hierdoor draait het onderste deel van het handvat weg tijdens het aan- en uitdoen, waardoor het ontwerp nog niet aan de eisen voldoet.
- Het is niet gelukt om een bruikbaar patroon te maken voor het neopreen en leer. Hierdoor was het nog steeds noodzakelijk de binnenzijde met losse stukken te bekleden, wat tijdrovend is en er slordig uitziet.



Bijlage 9. Kostprijsberekening concepten

Concept 1

Investeringskosten			
	Ipad	€ 600,00	
	Structure scanner	€ 1.000,00	
	in 2 jaar terug verdienen (60 stuks)		€ 26,67
Maakonderdelen			
	Handvat	€ 2,00	
	torsieveren	€ 2,00	
	As	€ 2,00	
	Scharnieren	€ 6,00	
			€ 12,00
Uurloon			
	uurloon/ product		€ 245,00
Kostprijs totaal			€ 283,67
	Overheadfactor	5,00%	€ 297,85
	Winstfactor	10%	€ 327,64
	BTW	21%	€ 396,44

Concept 2

Investeringskosten			
	Ipad	€ 600,00	
	Structure scanner	€ 1.000,00	
	in 2 jaar terug verdienen (60 stuks)		€ 26,67
Maakonderdelen			
	Mal	€ 4,00	
	Thermovormen	€ 1,00	
	Carbon	€ 15,00	
	Hars	€ 10,00	
	Neopreen	€ 2,50	
	Elastiek	€ 1,00	
	Buis	€ 1,00	
			€ 34,50
Uurloon			
	uurloon/ product		€ 275,00
Kostprijs totaal			€ 336,17
	Overheadfactor	5,00%	€ 352,98
	Winstfactor	10%	€ 388,27
	BTW	21%	€ 469,81

Concept 3

Investeringskosten			
	Ipad	€ 600,00	
	Structure scanner	€ 1.000,00	
	in 2 jaar terug verdienen (60 stuks)		€ 26,67
Maakonderdelen			
	3D-print handvat	€ 3,00	
	Carbon	€ 15,00	
	Hars	€ 10,00	
	Neopreen	€ 2,50	
	Verenstaal	€ 4,00	
			€ 34,50
Uurloon			
	uurloon/ product		€ 310,00
Kostprijs totaal			€ 371,17
	Overheadfactor	5,00%	€ 389,73
	Winstfactor	10%	€ 428,70
	BTW	21%	€ 518,72

Bijlage 10. Berekeningen Concept 3

Scharnieren

De schuifkrachten op de bout, bijvoorbeeld wanneer in het derde segment kracht gezet wordt, terwijl beide delen echt vastzitten op de huid, dan is er kans dat de buis als het waren doorgeknipt wordt door het plaatmateriaal van het scharnier. Hoe groot deze krachten zijn kan berekend worden met onderstaande formule.

Er is gerekend met een M6 bout met sterkte klasse 4.6

De maximaal toelaatbare afschuifkracht wordt bepaald aan de hand van de eigenschappen van de bout zoals treksterkte en afmetingen. De veiligheidsfactor bij afschuiven (A_v) is 0,6. Y_{M2} is ook een veiligheidsfactor, in dit geval is deze 1,25. Bouten hebben een sterkteklasse, dit zegt iets over de treksterkte ($F_{u,b}$).

$$\text{Maximaal toelaatbare schuifkracht} = \frac{A_v * F_{u,b} * A}{Y_{M2}}$$

$$A_v = 0.6$$

$$f_{u,b} = 400 \frac{N}{mm^2}$$

$$A = 28,26 \text{ mm}^2$$

$$Y_{M2} = 1.25$$

$$\text{Maximaal toelaatbare schuifkracht} = \frac{0.6 * 400 * 28.26}{1.25}$$

$$\text{Maximaal toelaatbare schuifkracht} = 5425.92 \text{ N}$$

De maximale kracht die uitgeoefend wordt is 800 N, en dus zullen de bouten de afschuifkrachten bij verkeerde belasting aan kunnen.

Dezelfde stuikkracht heeft ook gevolgen voor het plaatmateriaal van het scharnier, dit kan namelijk gaan scheuren. De maximaal toelaatbare trekkracht (F_{plaat}) kan berekend worden met onderstaande formule, hierbij wordt als het ware de ponsweerstand berekend:

$$\text{Maximaal toelaatbare trekkracht} = \frac{0,6 * \pi * d_0 * A_0}{Y_{M2}}$$

Hierin wordt voor d_0 de diameter van het gat genomen en voor A_0 het kleinste plaatoppervlakte van de doorsnede bij 2mm dikke aluminium plaat.

$$d_0 = 7 \text{ mm}$$

$$A_0 = 26 \text{ mm}^2$$

$$\text{Maximaal toelaatbare trekkracht} = \frac{0,6 * \pi * 7 * 26}{1.25}$$

$$\text{Maximaal toelaatbare trekkracht} = 3404.9 \text{ N}$$

Dit is aanzienlijk meer dan de daadwerkelijke maximale kracht, wat betekent dat 2mm aluminium plaatmateriaal geschikt is.

Bijlage 11. Toetsing Programma van Eisen en Wensen

No.	Eis/wens	Hoofdonderdeel	Onderdeel	Specificatie	Verificatie methode	Acceptatie waarde	Toetsing
		Vervaardigen					
			Inmeten				
1,2	wens			Het volledige productieproces van de handvatten (van inmeten tot opleveren) wordt gedaan met zo min mogelijk belasting (zoals reizen, tijd en inspanning) voor de gebruiker en producent Wings Technology.			Het inscannen kan snel en eenvoudig gedaan worden. Het productieproces is gekozen waarbij een criteria de arbeidsuren waren. In de optimalisatie fase is het productieproces geoptimaliseerd. Doordat kritische onderdelen op locatie met de gebruiker in de oplever sessie gemaakt kunnen worden wordt er effectief gebruik gemaakt van de tijd, maar is er hoge mate van personalisatie mogelijk.
			Produceeren				
1,3				Productie van de handvatten kan uitbesteed worden of kan met de aanwezige machines/aan te schaffen machines binnen de investeringskosten geproduceerd worden.	Een overzicht van alle productiestappen met de benodigde machines en materialen is opgesteld. Investeringskosten of uitbestede productie is meegenomen in de kostprijsberekening.	Alle productiestappen zijn uitvoerbaar met de aanwezige machines bij Wings Technologie. Investeringskosten of uitbestede productie passen binnen de maximale kostprijs.	Wings Technology beschikt over een 3D-printer en heteluchtpistool. Enkel de Ipad en structure scanner moeten aangeschaft worden en deze kosten blijven binnen de gewenste maximale investeringskosten. Het lasersnijden van de 2D uitslagen zal uitbesteed worden.
1,4	Wens			Productie van de handvatten kan gedaan worden zonder specifieke vakkennis, of kan eenvoudig gevolgd/geleerd worden aan de hand van een handleiding.			Het ontwerp is geoptimaliseerd om zo min mogelijk en alleen simpele bewerkingen in Blender te hoeven maken. Het fysiek produceren van de handvatten vraagt kennis over de locatie van veel voorkomende drukpunten en de draaipunten van de handbiker. Door de standaardisatie van het ontwerp wordt dit eenvoudiger en kan dit gecommuniceerd worden in instructies binnen een productiehandleiding.
1,5	Wens			Er wordt zoveel mogelijk aspecten van het ontwerp gestandaardiseerd, zodat met zo min mogelijk aanpassingen en bewerkingen voor de P1 tot P95 handbiker tot eindproduct kan komen.			In de toekomst, na het opzetten van een database over de antropometrie van de handen van mensen met verminderde of geen handfunctionaliteit in de meest optimale handbike positie, kunnen de 2D uitslagen gestandaardiseerd worden. Onderdelen zoals de buis met de montage van de versnellingschakelaars en rem zijn nu al gestandaardiseerd.
1,6	Wens			Er is in heel het productieproces, ook na productie, zoveel mogelijk aan te passen naar de voorkeuren van de handbiker.			De versnellingschakelaars en rem zijn eenvoudig aan te passen. Eventuele drukpunten kunnen verholpen worden door het toevoegen van extra padding.
			Montage				

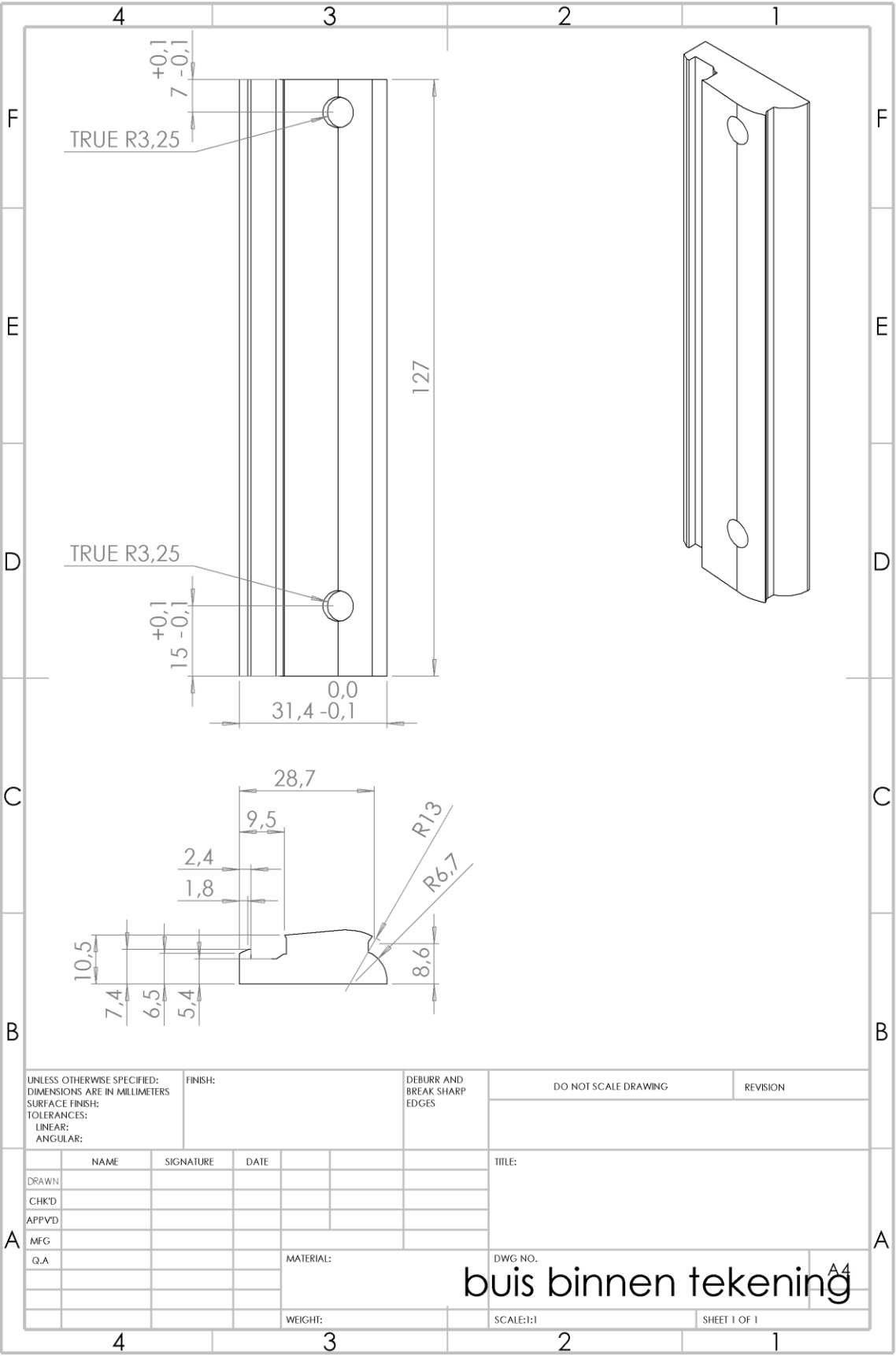
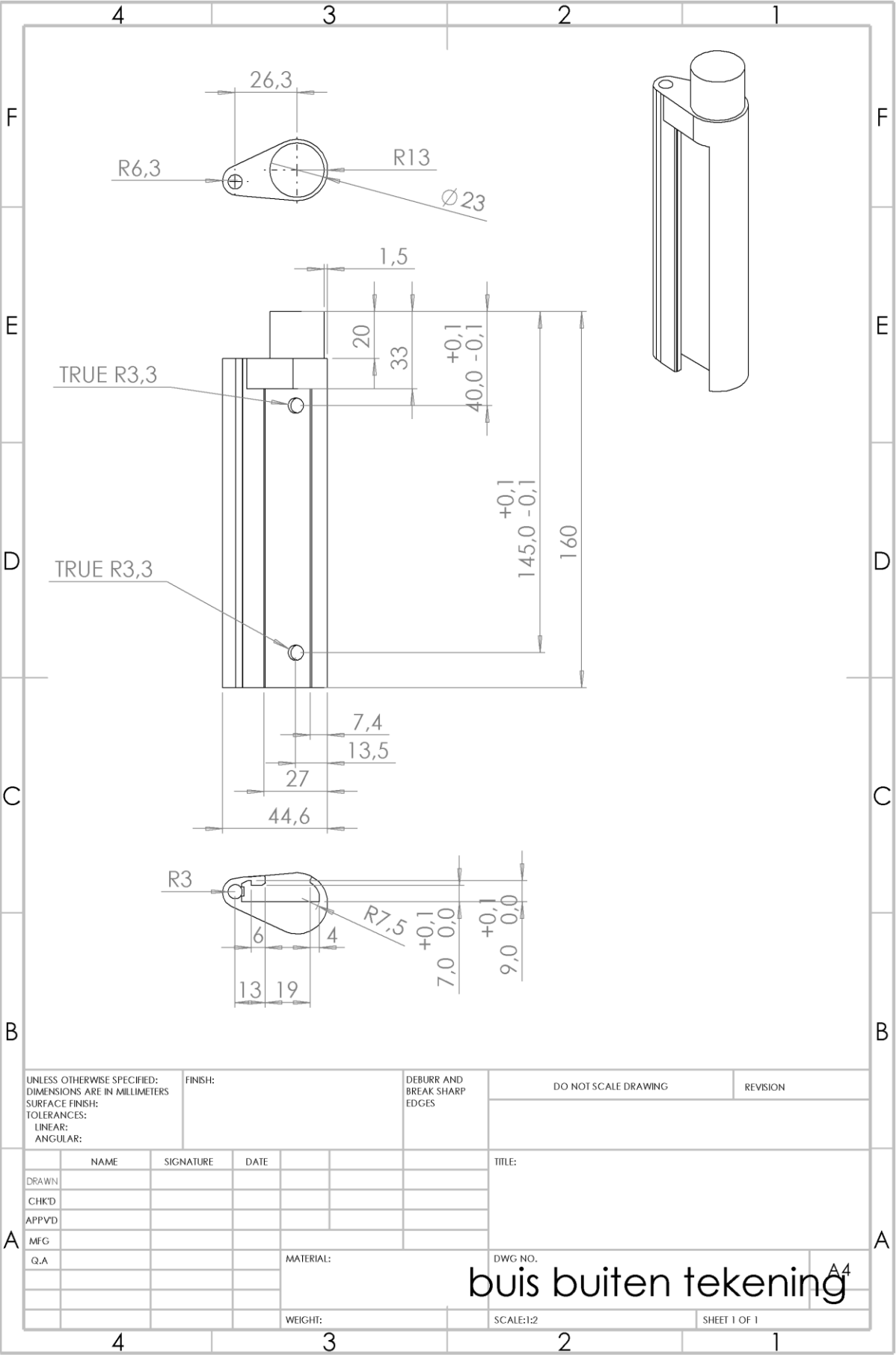
2,1				Montage van de flens t.b.v. de connectie met de as is mogelijk op het handvat. Er is controle over positie en hoek van de flens.	De flens wordt op het handvat gemonteerd en sluit volledig aan. Een vergelijking zal gemaakt worden tussen het gemodelleerde ontwerp en het geproduceerde product.	Het onderdeel sluit volledig aan op het gethermovormde oppervlakte waarbij er geen kieren zichtbaar zijn.	Het onderdeel waarop de flens gemonteerd wordt, wordt 3D-geprint door het de vorm van de handpalm met offset eruit te snijden. In de praktijk blijkt dat het gethermovormde onderdeel niet 100% de vorm van de mal heeft gekregen, waardoor dit onderdeel niet perfect aansluit.
2,2				Het is mogelijk om de as op de flens te monteren met steeksleutel 17.	Met behulp van een testmodel wordt de as in de flens vastgezet met behulp van steeksleutel 17.	De flens en de as zijn bereikbaar met steeksleutel 17 en het is mogelijk om in ieder geval een halve slag per keer met de steeksleutel te maken.	Het onderdeel waarop de flens gemonteerd wordt kan zo gemodelleerd worden dat deze vrij toegankelijk is voor een steeksleutel.
2,3	Wens			Versnellingsschakelaars en rem zijn te monteren en aanpasbaar terwijl de klant de handvatten draagt en zijn ook op een later moment aan te passen			Dit is mogelijk door het inwendige profiel van de buis op de gewenste maat te zagen en deze vervolgens met een boutje vast te zetten. De rem wordt op de buis gemonteerd en kan over de lengte verplaatst worden.
		Aan- en uitdoen					
3,1				De handvatten zijn zelfstandig aan- en uit te doen, ook met beperkte arm- en handfunctionaliteit.	Gebruikerstest met een handbiker met een dwarslaesie niveau C5 of hoger die het handvat driemaal achter elkaar aan- en uitdoet.	Handbiker is in staat om zonder hulp de handvatten aan- en uit te trekken.	Gebruikerstesten gedaan door mensen met volledige handfunctionaliteit tonen aan dat het zelfstandig aan- en uitdoen mogelijk is. Begin maart zal er test uitgevoerd worden met een handbiker met een hoge dwarslaesie.
3,2				De handvatten zijn in 10 seconden uit te doen.	Gebruikerstest met een handbiker met een dwarslaesie niveau C5 of hoger die het handvat driemaal achter elkaar aan- en uitdoet.	Handbiker is in staat om zonder hulp in 10 seconde de handvatten aan- en uit te trekken.	Gebruikerstesten gedaan door mensen met volledige handfunctionaliteit tonen aan dat het uit doen in 10 seconde mogelijk is. Begin maart zal er test uitgevoerd worden met een handbiker met een hoge dwarslaesie.
		Handbiken					
			Handbiken				
4,1				De handvatten maken het aandrijven van de handbike mogelijk zonder dat hiervoor gripkracht nodig is.	Test uitvoeren met vermogensmeter aangesloten waarbij consistent 50 Watt geleverd wordt , 1 maal met vingers gesloten en 1 maal met volledig gestrekte vingers.	Het is mogelijk om in beide testen op comfortabele wijze 50 Watt te handbiken.	Hoewel dit nog niet getest is met een handbiker met een hoge dwarslaesie lijkt dit wel goed te werken uit een eerder testmodel waarmee gehandbiked is zonder gripkracht.
			Functionele customisatie				

4,2				De handvatten zijn aan te passen zodat deze bruikbaar zijn voor zowel mensen met volledige arm- en handfunctionaliteit, als voor mensen met weinig/zonder functionaliteit vanaf de ellebogen.	Aanwezigheid van ondersteuning van ulanaire en radiale rotatie, extensie van de pols is mogelijk of de volledige pols wordt gemobiliseerd.	Opties zijn aanwezig en functioneren in het ondersteunen.	De huidige oplossing van het scharnier werkt, maar laat nog te veel ruimte voor bewegingen van de pols die geen toegevoegde waarde hebben voor het handbiken. Ook wordt er maar weinig kracht van boven de pols overgebracht naar de as.
			Remmen en schakelen				
4,3				Het is voor handbikers die vingerfunctionaliteit hebben mogelijk de versnellingsschakelaars en de rem te bedienen tijdens het handbiken.	De vingerlengte van P1 gebruiker wordt vergeleken met de afstand (omtrek) tot de versnellingsschakelaars en de remhendel.	De vingerlengte van P1 is even lang als, of langer dan, de afstand in het product.	De P1 gebruiker heeft een vingerlengte van 70 mm, maar de huidige omtrek van de buis is 120 mm. Dit betekent dat de buis verder in de handpalm komt te liggen. Dan is de bediening van de schakelaars wel mogelijk is, maar wordt de hand minder goed ingeklemd en dit is niet de bedoeling van de eis.
		Ergonomie					
5,2				Er ontstaan geen drukpunten op de huid tijdens het handbiken voor langere periodes.	Gebruikerstest met handbiker voor 30 minuten 80 Watt leveren.	Handbiker ervaart geen discomfort en er zijn visueel geen knelpunten of verminderde doorbloeding op de handen zichtbaar.	Er is nog geen test gedaan met een handbiker met een hoge dwarslaesie.
5,3				Het dragen van de handvatten zorgt niet voor een verhoogd risico's op blessures aan gewrichten zoals de schouders en ellebogen	Beoordeling van de stand van de gewrichten, (im)mobilisatie van gewrichten en algeheel gebruik tijdens het handbiken.	Er wordt geen verhoogd risico verwacht bij beoogd gebruik en normale handbike techniek.	Door het toevoegen van een scharnier kan de handbiker aanvoelen en corrigeren wat een gezonde en comfortabele handbike techniek is. De handbiker kan hierin beperkt worden door de positie van het elastieken onderdeel waardoor de gewrichten niet in uiterste posities belast kna worden.
5,4				De handvatten kunnen een tolerantie tussen de hand en het handvat hebben.	Aantoonbaar in productieproces, CAD model, of fysiekmodel dat een tolerantie van minimaal 2 mm toegevoegd is.	Meer dan 2 mm tolerantie.	Het handvat wordt gevorm op basis van een 3D-scan waarvan een mal met offset gemaakt wordt. Hierdoor is het mogelijk om nauwkeurig de tolerantie te modelleren op basis van de dikte van het kunststof en de lagen epoxy en vezels. Het is dan wel van belang dat er tijdens het lamineren controle is over de aantal lagen dat aangebracht wordt.
5,5	Wens			Met zo minimaal mogelijke beperkingen van de gewrichten en pasvorm kunnen alle handbikers comfortabel handbiken.			De handbiker zal samen met bewegingstechnoloog R.Bekers de keuze maken welke ondersteuning nodig is. Hierdoor kan er gekozen worden voor de meest optimale combinatie van bewegingsvrijheden en ondersteuning. Zie eis 4,2 voor de mogelijke functionele customisatie.
5,6	Wens			De gebruiker wordt gestimuleerd/krijgt de mogelijkheid om de aanwezige functionerende hand- en spierfuncties zoveel mogelijk te gebruiken.			De handbiker zal samen met bewegingstechnoloog R.Bekers de keuze maken welke ondersteuning nodig is. Hierdoor kan er gekozen worden voor de meest optimale combinatie van bewegingsvrijheden en ondersteuning. Zie eis 4,2 voor de mogelijke functionele customisatie.
		Onderhoud					
6,1				Het product is schoon te maken	Vocht opnemende materialen zijn uitneembaar en kunnen met de hand in heet (tot 80 graden) gewassen	Vocht opnemende onderdelen zijn uitneembaar en weer te monteren. Het materiaal heeft na het wassen of	Het kunstleer neemt geen vocht op en kan afgenomen worden met een zacht schoonmaakmiddel zonder dat dit het materiaal aantast. Het elastiek is uit elkaar te halen en te wassen.

					worden. Andere materialen zijn afneembaar met een vochtige doek.	afnemen dezelfde uitstraling en werkt naar behoren.		
		Repareren						
7,1	Wens			Zoveel mogelijk onderdelen zijn te demonteerbaar en te vervangen.				Op dit moment zijn niet alleen het handvat, de flens en de buis permanent met elkaar verbonden. Padding, rem, versnellingschakelaars en elastiek zijn demonteerbaar.
		Constructie						
8,1				De handvatten kunnen de kracht die wordt uitgeoefend tijdens het leveren van het piekvermogen van 1600W aan.	Berekeningen uitvoeren van kritieke punten waarop 800 N wordt uitgeoefend.	De optredende spanningen overschrijden niet de toelaatbare spanning van het materiaal bij een veiligheidsfactor van 1,5.		Wanneer er gebruik gemaakt wordt van 1mm dik glasvezellagen (type E) op 2 mm dik PS zal er een maximale spanning optreden van 240 N/mm ² . De maximaal toelaatbare spanning van dit materiaal, bij een veiligheidsfactor van 1,5, is 300 N/mm ² .
8,2				De handvatten kunnen de maximale knijpkracht tijdens het remmen aan.	Berekeningen uitvoeren waarbij 570 N uitgeoefend wordt op het uiteinde van de remhendel.	De optredende buigspanning mag de maximale toelaatbare spanning van het materiaal niet overschrijden (veiligheidsfactor 1,5).		De buis wordt met Carbon Fiber PLA geprint, wat een treksterkte van 57,9 N/mm ² heeft. De maximaal toelaatbare spanning met een veiligheidsfactor van 1.5 is 38 N/mm ² en wordt dus niet overschreden.
				De handvatten kunnen de krachten opvangen die ontstaan tijdens het roteren van de pols.	Een berekening wordt uitgevoerd waarbij er 45 N trek/duwkracht uitgeoefend wordt in de uiterste stand.	De maximale rekgrens van het materiaal bij een veiligheidsfactor 1,5 wordt niet overschreden.		de maximale kracht die door de pols uitgeoefend kan worden is 45 N. Dit betekent dat wanneer er gekozen wordt voor 2 mm dik EPDM de tear strength tussen de 40 en 60 N ligt en dus toereikend is.
		Vormgeving						
9,1	Wens			De handvatten zijn in uitstraling (kleur, details) zoveel mogelijk te personaliseren.				Het is mogelijk de handvatten in verschillende kleuren en patronen te verven.
		Materiaal						
10,1				Het materiaal kan langdurige blootstelling aan de zon doorstaan doordat het materiaal een goede UV-resistentie heeft.	Het materiaal heeft geen UV-stabilisator of beschermende laag.	Het materiaal heeft geen UV-stabilisator of beschermende laag.		Epoxy is niet UV-bestendig. Door het toevoegen van een UV-stabilisator is dit wel het geval.
10,2				Het materiaal kan belasting in zowel koude (-5 graden Celsius) als hoge (35 graden Celsius) temperaturen doorstaan.	De temperatuurbestendigheid van epoxy wordt met datasheets gecontroleerd of deze binnen -5 graden Celsius en 35 graden Celsius ligt.	Temperatuurbestendigheid van epoxy valt binnen -5 graden Celsius en 35 graden Celsius.		De temperatuurbestendigheid van epoxy is -30 tot 60 graden Celcius.
#VERW!	Wens			Het materiaal is zo flexibel mogelijk om het aan- en uitdoen van de handvatten te vereenvoudigen.				Een verbeterslag is te maken door de benodigde sterkte van het ontwerp los te koppelen van de flexibiliteit die gewenst is tijdens het aan- en uitdoen. In het hoofdstuk aanbevelingen wordt hier verder op ingegaan.
#VERW!	Wens			Het materiaal is zo licht mogelijk.				Door gebruik te maken van composiet is er hoge sterkte-gewichtsverhouding van het ontwerp. Hierbij moet wel aandacht uitgaan naar de hoeveelheid epoxy dat gebruikt wordt tijdens het lamineren en afwerken.

		Kosten					
			Verkoopprijs				
11,1				De verkoopprijs zal niet hoger zijn dan 500 euro per paar handvatten.	Op basis van de kosten, een overheadfactor en winstmarge van 10% en 9% btw zal de verkoopprijs berekend worden.	De verkoopprijs is niet hoger dan 500 euro.	De kostprijs zal rond de 370 euro liggen, de verkoopprijs wordt zal ongeveer 490 euro zijn.
			Investeringskosten				
11,2	wens			Investeringskosten zijn niet hoger dan 3000 euro.			De investeringskosten voor het inmeten is 1600 euro. Wanneer dit binnen 2 jaar (60 paar handvatten) terug verdient moet worden is dit 30 euro per handvat

Bijlage 12. Technische tekeningen



1	Breedte van de knokkels	7	Omtrek van radiaal en ulnair draaipunt tot inklemming handrug
2	Greepdiameter	8	Afstand duimbasis gewricht tot MCP-gewricht
3	Hoek van de greep t.o.v. de onderarm	9	Afstand MCP-gewricht tot Dipgewricht
4	Afstand pinkzijde tot radiaal en ulnair draaipunt	10	Afstand tussen MCP-gewricht van de wijsvinger en de duim
5	Dikte van de handpalm + lengte van inklemming op de handrug	11	Palmlengte
6	Lengte van trechtervormige ingang	12	Omtrek van de duim tussen het MCP- en DIP-gewricht

