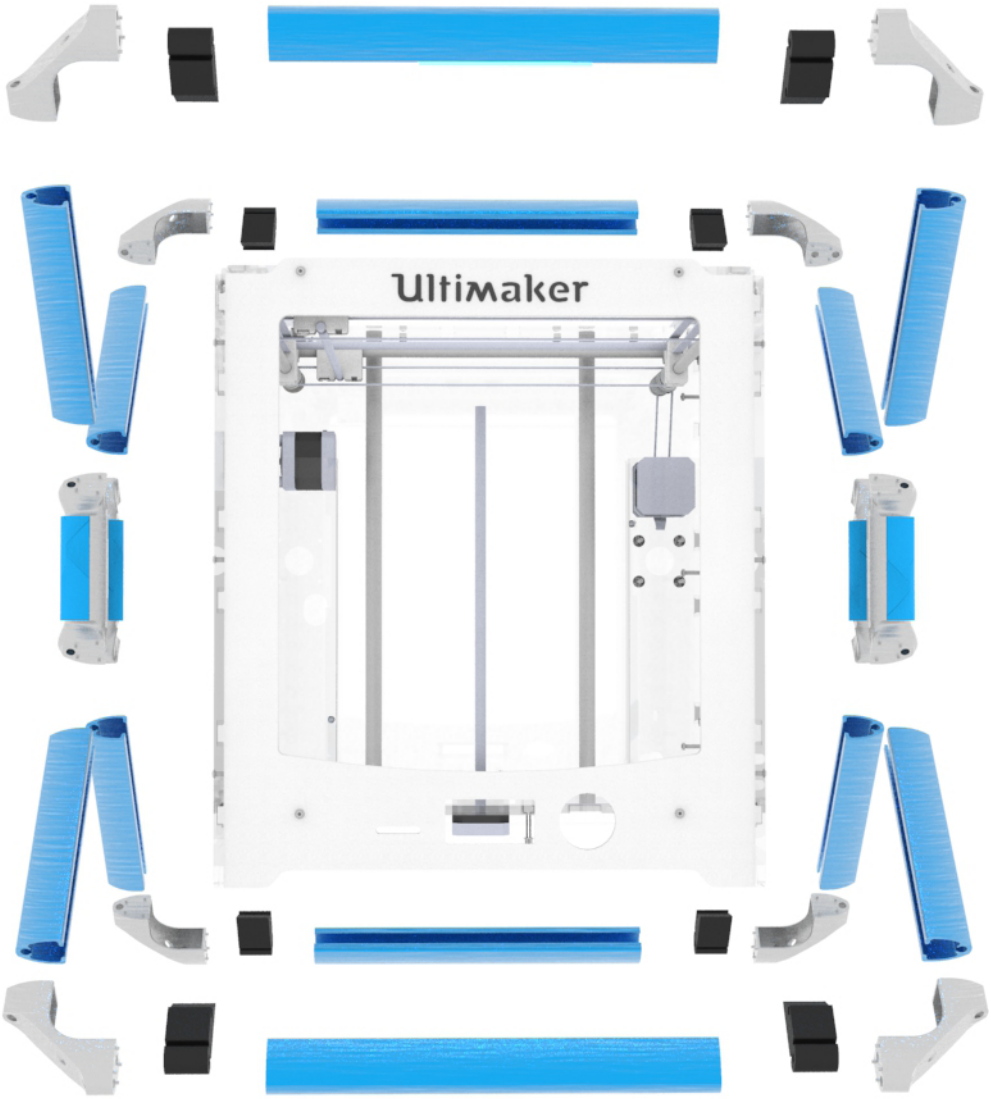
Ultimaker Transport Oplossing



Rutger.J. Pull

Ultimaker BV

Universiteit Twente
Industrieel Ontwerpen

5 augustus 2014

Bachelor Opdracht

Titel:
Ultimaker Transport Oplossing

Auteur:
Rutger Jan Pull
S0203149

Opleiding:
Universiteit Twente
Opleiding Industrieel ontwerpen

Datum examen:
5 augustus 2014

In opdracht van:
Ultimaker BV
Burgemeester R. van de Venlaan 11
Geldermalsen
The Netherlands

Tutor en eerste examinator:
I.F. Lutters

Tweede examinator :
Matthijn de Rooij

Bedrijfsbegeleider Ultimaker:
M. Hoffmans

Voorwoord

In dit verslag is het drie maanden durende proces van de ontwikkeling van een product vastgelegd. Door dit proces heb ik veel kunnen leren over productontwikkeling in bedrijfsomgeving. Maar ik heb natuurlijk veel meer ervaringen opgedaan dan in dit verslag staat beschreven. De tijd die ik bij Ultimaker BV heb mogen spenderen heeft mij veel inzichten geleverd in de praktijken van een ontwikkelingsbedrijf.

Graag wil ik mijn begeleiders bedanken, Ilanit Lutters en Marrit Hoffmans, voor hun gidsing door de regels van bedrijf en universiteit. De collega's bij Ultimaker, met in het bijzonder Aike, Bas, Coen, David, Harma, Jamie, Jan, Martijn, Marvin, Oliver, Peter, Sander, Siert, Steve en Tommes voor hun suggesties, kritische vragen en plezier. Imke en Tjitske voor het zeer uitgebreide proeflezen. Mijn ouders voor hun kennis, ervaring en faciliteiten die het mogelijk maakten om deze bachelor opdracht uit te voeren.

Veel lees- en kijkplezier toegewenst.

Rutger

Inhoudsopgave

Hoofdstuk		Pagina
1. Inleiding		**10**
1.1	Opdrachtgever Ultimaker BV	10
1.2	3D printen	10
1.3	Producten Ultimaker	11
1.4	Aanleiding opdracht	12
1.5	Opdrachtomschrijving	12
1.6	Begrippen	12
1.7	Onderzoek	12
1.8	Inhoud van deze opdrachtraportage	12
2. Analyse		**14**
2.1	Ultimaker 2 specificaties	14
2.2	Kwetsbare onderdelen	16
2.3	Concurrentie	16
2.4	Transportmethoden	16
2.5	Gebruikersenquête	19
2.6	Gebruiksanalyse	20
3. Programma van eisen en wensen		**22**
4. Ideeën		**24**
4.1	Eerste ideeëngeneratie	24
4.2	Morfologisch Schema	27
4.3	Tweede ideeëngeneratie	28
5. Concepten		**30**
5.1	Concept toelichting	30
5.2	Concept keuze	35
6. Detaillering		**35**
6.1	Ontwerp	36
6.2	onderdelen	37
6.3	CAD Model	40
6.4	Specificaties	44
7. Prototype		**46**
7.1	Onderdelen	46
7.1	Prototype in gebruik	47

8. Evaluatie **48**

8.1 Product aanbevelingen 48
8.2 Productevaluatie op basis van het Programma van Eisen 50
8.3 Discussie 51
8.4 Conclusie 51

Samenvatting

In dit verslag leest u over de ontwikkeling van een transportoplossing voor de Ultimaker 2 3D printer. Dit project is gedaan ter afsluiting van de bachelor opleiding Industrieel Ontwerpen aan de Universiteit Twente.

Er zijn grofweg twee fases te definiëren voor het verslag: 'de onderzoeksfase' en de 'ontwerpfase'. De onderzoeksfase bestaat uit de inleiding, analyse en het Programma van Eisen en Wensen. De ontwerpfase bestaat uit ideeën, concepten en detaillering.

De eerste fase begint met een inleiding. De inleiding legt kort uit wat 3D printen is en stelt de opdrachtgever, Ultimaker BV voor. Verder wordt de gegeven opdracht "ontwikkel een oplossing om het transporteren van de Ultimaker 2 gemakkelijker en veilig te maken" toegelicht. Het tweede hoofdstuk is de analyse, dit hoofdstuk belicht huidige en gewenste situatie. De huidige situatie werd onder andere door middel van een interview met de opdrachtgever en een gebruiksanalyse bepaald. De gewenste situatie werd voornamelijk bepaald door een gebruikersenquête. Op basis van de analysefase is het Programma van Eisen en Wensen opgesteld. Deze wordt beschreven in hoofdstuk drie. De belangrijkste eisen hieruit zijn dat de transportoplossing met de handen getild kan worden en dat de transportoplossing beschermt tegen schade door vallen en stoten.

De tweede fase begint in hoofdstuk vier met een ideeën generatie gebaseerd op een aantal eisen. Door deze deeloplossingen te combineren werden concepten gegenereerd. Deze zijn in hoofdstuk vijf gepresenteerd waarna er een is uitgekozen om verder te ontwikkelen. Hoofdstuk zes laat deze detaillering zien en geeft ook het 3D model van het ontwerp weer. Het laatste gedeelte van de ontwerpfase bestaat uit het maken van een prototype, dit is te lezen in hoofdstuk zeven.
Dit verslag sluit ten slotte af met aanbevelingen voor verdere ontwikkeling, discussie over het proces en een conclusie of aan de opdracht voldaan is.

Summary

In this report you will read about the development of a transport solution for the Ultimaker 2 3D printer. This project was done as a completion of the bachelor education program of Industrial Design at the University of Twente, the Netherlands.

There are roughly two parts in this report: the 'research phase' and the 'development phase'. The research phase consists of the introduction, analysis and the table of demands. The development phases consists of ideas, concepts and detailing.

The first phase starts with an introduction. The introduction briefly explains 3D printing en introduces the client, Ultimaker BV. Furthermore the given assignment, develop a solution to make transport of the Ultimaker 2 easier and safer, will be elaborated. The second chapter is the analysis, this chapter shines a light on the current and the desired situation. The current situation is among others determined with the help of an interview with the client and an scenario analysis.
The desired situation is mainly determined with the help of a survey among the users. On the foundation of the analysis the Table of Demands is drawn. These demands are described in chapter three. The most important demands are the tranport solution can be used with only the hands and that the solution protects against impact damage.

The second phase starts at chapter four with a an idea generation based on some of the demands. The concepts are created by combining the generated ideas. These concepts are presented in chapter five, after which, one is chosen to further develop. Chapter six shows the detailing and also shows the 3D model of the final design. The final part of the design phase consists of the building of a prototype, which is written in chapter seven.
This report ends with recommendations for further development, discussion about the process and a conclusion whether the assignment has been completed

1 Inleiding

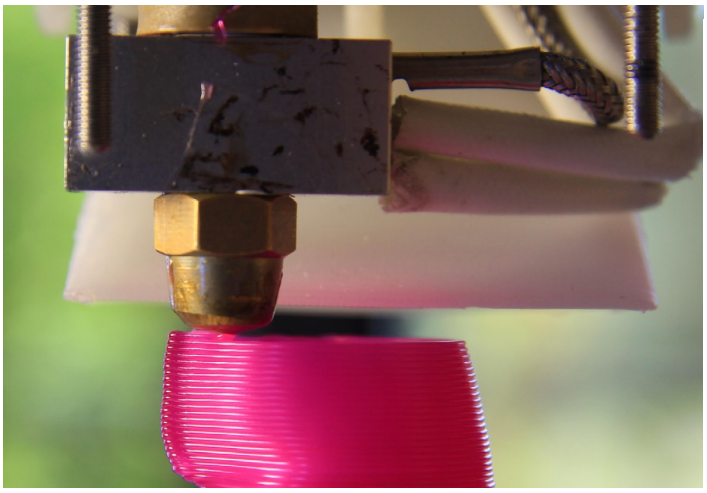
Paragraaf 1.1 legt uit wie de opdrachtgever is en wat zij doet. Een korte uitleg wordt gegeven over het principe van 3D printen in paragraaf 1.2. paragraaf 1.3 en paragraaf 1.4 lichten toe voor welk probleem de opdrachtgever een oplossing zoekt. De opzet voor het onderzoek wordt uitgelegd in paragraaf 1.5 en paragraaf 1.6. Tot slot wordt kort stil gestaan bij de inhoud van het verslag in paragraaf 1.7.

1.1 Opdrachtgever Ultimaker BV

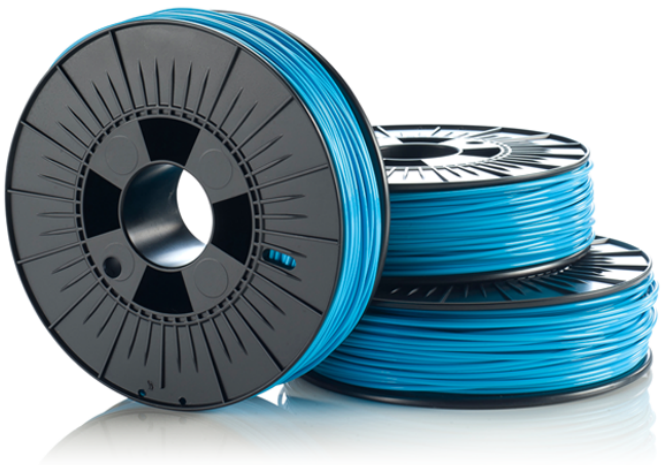
De opdrachtgever is Ultimaker BV te Geldermalsen. Ultimaker BV ontwikkelt 3D printers en aanvullende benodigdheden zoals software voor particulier thuisgebruik en kleine bedrijven. Het bedrijf heeft ongeveer 70 werknemers, waarvan de helft in de productie. De overige afdelingen zijn Sales, Marketing, Finance, Customer service, HR en Research en Development. De Research and Development afdeling bestaat uit 12 mensen, verdeeld over werktuigbouwkunde, electronica, software en materials. Klanten van Ultimaker BV zijn hoogopgeleide thuisgebruikers en bedrijven die de 3D printers voornamelijk als ontwerptool gebruiken. Ultimaker BV opereert vanuit Nederland, maar levert ook aan het buitenland. Ze ontwerpt, produceert, verkoopt en geeft technical support. Ultimaker BV maakt gebruik van een open source community en wil dit in de toekomst ook blijven doen. Deze community denkt mee met ontwikkelingen en helpt met testen. Ultimaker BV deelt haar ideeën en ontwikkelingen ook met deze community en gaat uit van een first-to-market strategie.

1.2 3D printen

De techniek van additief produceren, beter bekend als 3D printen, is in wezen een simpel proces. Er zijn verschillende methodes voor. Hier wordt de meest gangbare methode van dit moment, extrusie printen, uitgelegd. Extrusie printen is ook de methode die de Ultimaker printers gebruiken. Extruderen is het proces van een materiaal door een mal te duwen, zoals tandpasta door de ronde opening van een tandpastatube. Door laag voor laag een materiaal neer te leggen kan een 3D object gemaakt worden (fig 1-1). Dit proces kan in principe met elk materiaal dat zich laat extruderen, zoals slagroom uit een slagroomspuitzak of lijm uit een lijmpistool. Het is mogelijk om een materiaal te extruderen door het materiaal te smelten (lijm) of als het zacht is van zichzelf (slagroom). De meest gebruikte materialen voor 3D printen zijn kunststoffen, vanwege hun relatief lage smelttemperatuur (ongeveer 200°C) en harde eigenschappen bij kamertemperatuur.
Het gebruikte materiaal wordt meestal op rol aangeleverd en wordt ook wel filament genoemd



Figuur 1-1



Figuur 1-2

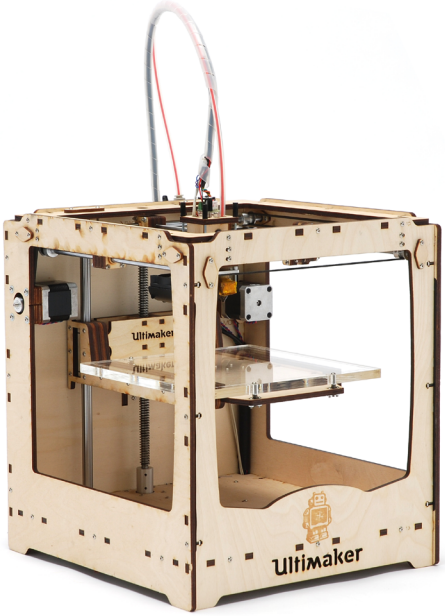
(fig 1-2). Door dit filament door een verhit mondstuk, de nozzle, te drukken wordt een dun lijntje materiaal neergelegd. Als er genoeg lijntjes op de juiste manier neergelegd worden ontstaat een model. Twee voorbeelden zijn te zien in fig 1-3 en fig 1-4. Hoe dunner de lijnen van het model, hoe beter het model uitkomt, maar hoe langer het duurt om het model te maken. De kwaliteit van het model wordt daarnaast beïnvloed door de snelheid van afkoelen. Bij snel en ongelijkmatig afkoelen trekt het model krom. Tot slot moeten neergelegde lagen iets hebben om op te liggen. Wanneer dit niet het geval is zullen de eerste lagen gaan hangen. Dit noemt men overbruggen (bridging) bij een gat, of overhangen (overhang) bij een hellende wand.
Concluderend is 3D printen is mooie techniek voor het produceren van zeer vrij vormbare modellen, helaas vergt deze techniek echter nog veel kennis om mooie modellen te realiseren.

Figuur 1-3

Figuur 1-4

1.3 Producten Ultimaker BV

Ultimaker BV ontwikkelt 3D printers waar kwaliteit, gebruiksgemak en productbeleving de belangrijkste doelstellingen zijn. Voor twee verschillende doelgroepen, thuisklussers en midden- en kleinbedrijf, produceert ze twee producten met twee verschillende uitgangspunten. De Ultimaker Original kit (fig. 1-5) moet zelf in elkaar gezet worden, heeft een industriële uitstraling en kan gemakkelijk door de gebruiker zelf worden aangepast. De Ultimaker 2 (fig. 1-6) heeft daarentegen veel gebruiksgemak, een cleane uitstraling en heeft weinig onderhoud nodig. De Ultimaker 2 heeft enkele nieuwe features zoals een verwarmd printbed en betere elektronica dan de Ultimaker Original. Deze kunnen ook als upgrade kits voor de Ultimaker Original gekocht worden. Veruit het grootste gedeelte van de omzet van Ultimaker BV wordt op dit moment door de Ultimaker 2 gegenereerd.



Figuur 1-5

Figuur 1-6

1.4 Aanleiding opdracht

Ultimaker BV wil het printen voor gebruikers zo gemakkelijk mogelijk maken. Hierbij is niet alleen software en mechanica van belang, maar ook de mobiliteit en ergonomie van de printer. De Ultimaker 2 heeft dichte zijkanten gekregen voor een cleane uitstraling en om tocht te voorkomen. Maar hierdoor heeft deze 3D printer weinig houvast voor de gebruiker. Bovendien kan de 3D printer met zijn gewicht van meer dan 10 kg te zwaar zijn om comfortabel te verplaatsen. Zeker omdat Ultimaker 3D printers vaak op beurzen en scholen worden gebruikt voor tentoonstelling en educatied is er behoefte aan een gemakkelijke en veilige manier van transporteren. Om die reden gaf Ultimaker BV de opdracht tot onderzoek naar, en ontwikkeling van een transportoplossing voor de Ultimaker 2.

1.5 Opdrachtomschrijving

Ultimaker BV gaf de volgende opdracht:
Ontwikkel een oplossing om het transporteren van de Ultimaker 2 gemakkelijker en veilig te maken.
Het doel van deze bachelor opdracht was dan ook in een concept te ontwikkelen voor veiliger en gemakkelijker transport van de Ultimaker 2, dat aan de eisen voldoet van de gebruiker en opdrachtgever. Dit concept is uitgewerkt tot een CAD model, prototype en een presentatietekening. Een lijst met alle deelvragen en oplossingsstrategie is te vinden in **Bijlage A** - Plan van aanpak.

1.6 Onderzoek

Het onderzoek bij deze bacheloropdracht is een casestudy. Er is onderzoek gedaan naar producten in de markt, de eisen en wensen van de markt en de eisen, wensen en de visie van de opdrachtgever. Hierbij werd een kwalitatieve analyse uitgevoerd resulterend in een programma van Eisen en Wensen. Na de analysefase werd in de ontwerpfase een concept ontwikkelt om de Ultimaker 2 mobieler te maken. De ontwerpen werden gebaseerd op het programma van Eisen en Wensen.

1.7 Inhoud van deze opdrachtrapportage

Dit rapport beschrijft zowel de analysefase, als de ontwerpfase en het uiteindelijke ontwerp voor een transport oplossing.

Het eerste gedeelte beschrijft de analyse fase. Hoofdstuk 2 gaat in op de Ultimaker 2, de huidige markt aan transportmogelijkheden, de concurrentie van andere 3D printers en hun manier van transporteren, de resultaten van de gebruiksenquête en de gebuikssituatie. Hoofdstuk 3 beschrijft het programma van eisen en wensen dat voortkwam uit de analyse en bied het kader waarbinnen oplossingen werden gezocht.

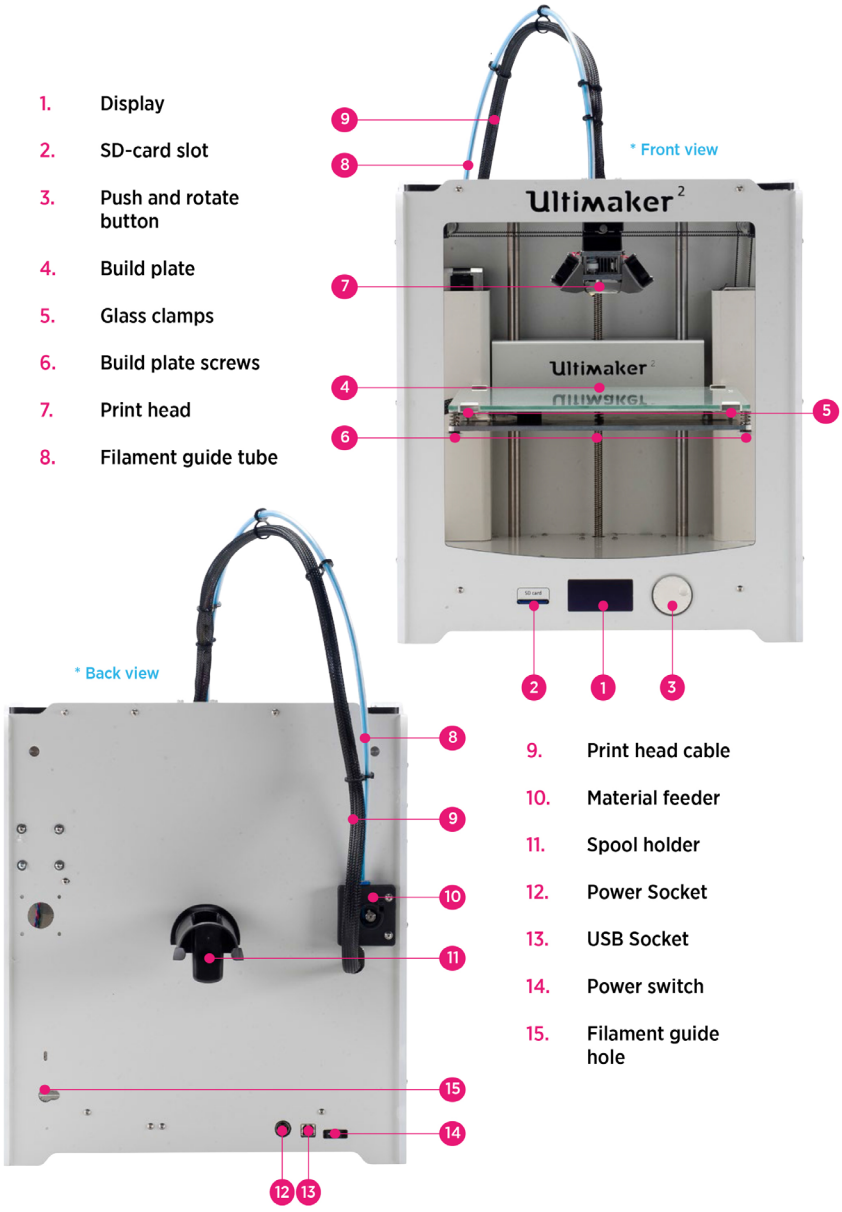
Het tweede gedeelte van het rapport beschrijft de ontwikkeling van de oplossing. Een eerste ideeëngeneratie staat in hoofdstuk 4 en is gebruikt om deeloplossingen te vinden. Deze worden in paragraaf 4.2 geïnventariseerd in een morfologisch schema. Paragraaf 4.3 laat een tweede ideeën generatie zien met daarin combinaties van de deeloplossingen. Paragraaf 5.1 beschrijft drie concepten waarvan er een als beste is uitgekozen in paragraaf 5.2. Deze is uitgewerkt tot een volwaardig produceerbaar ontwerp in hoofdstuk 6. Hoofdstuk 7 laat vervolgens het prototype van het uiteindelijke ontwerp zien. Ten slotte worden in hoofdstuk 8 conclusies en aanbevelingen gegeven.

2 Analyse

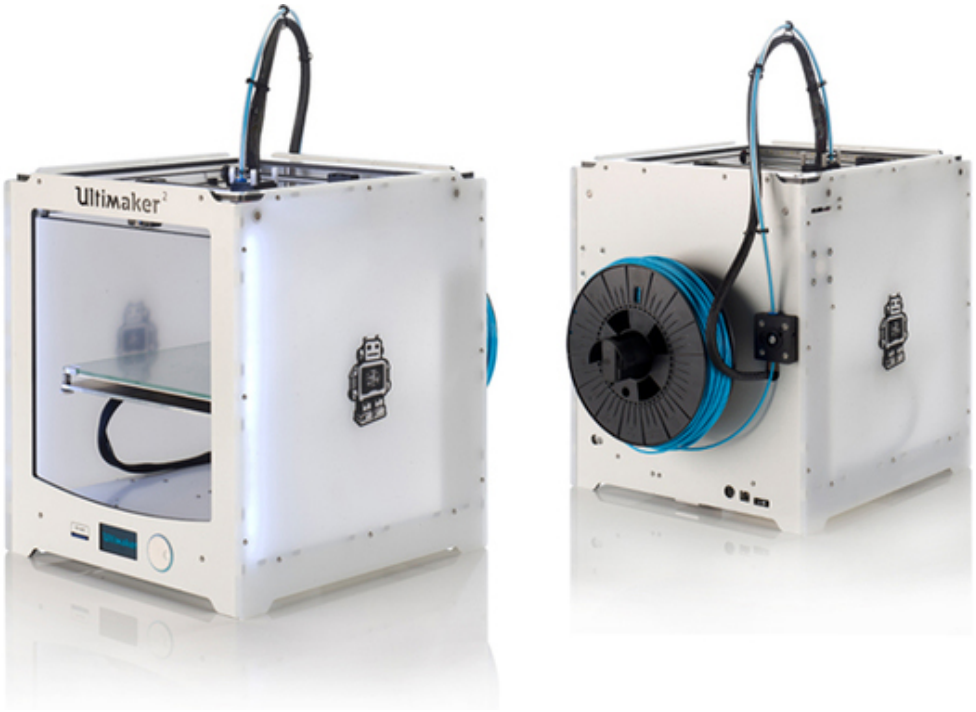
Dit hoofdstuk legt een basis voor de afkadering van het te ontwerpen product. Eerst worden de printer specificaties beschreven in paragraaf 2.1. In paragraaf 2.2 wordt gekeken naar zwakke punten die verbeterd kunnen worden aan het product. Paragraaf 2.3 analyseert de concurrentie en hun oplossingen om te transporteren. In paragraaf 2.4 worden verschillende transportmethodes geëvalueerd op geschiktheid voor de transportoplossing. Paragraaf 2.5 bespreekt de enquête onder de doelgroep en paragraaf 2.6 geeft een korte samenvatting van een gebruiksanalyse van de Ultimaker 2.

2.1 Ultimaker 2 specificaties

Deze paragraaf verduidelijkt de specificaties van de Ultimaker 2. Het te ontwerpen product moet immers naadloos aansluiten op deze machine en het is daarom van belang om hier de maten en kwetsbare onderdelen van te inventariseren. Figuur 2-1 laat de verschillende onderdelen van de Ultimaker 2 zien. Wanneer de Ultimaker 2 in gebruik is, zit een spoel met filament op de achterkant. Dit is duidelijk te zien in figuur 2-2. De spoel en de spoelhouder (fig 2-1 (11)) kunnen gemakkelijk los gehaald worden. De filament guide tube (8) is ook losneembaar maar de printkop kabel (9) dient permanent te blijven zitten. Deze is echter wel soepel en kan platgelegd worden. De material feeder (10) zit vastgeschroefd. Het is zeer onwenselijk om deze los te halen, omdat dit lang duurt en de kans op foute hermontage aanzienlijk is. Het elektronica bord zit onderop bevestigd met een metalen plaat erover. De poorten steken aan de achterzijde door op plekken (12),(13) en (14). De interface is vooraan bevestigd. Bestaande uit een display (1), SD card reader (2) en een draaiknop (3). De poorten en interface dienen vrijgelaten te worden om gebruik mogelijk te houden. Aan de voorkant en zijkanten van de Ultimaker 2 staat de naam en het logo van het bedrijf. Het is wenselijk om deze zichtbaar te laten.



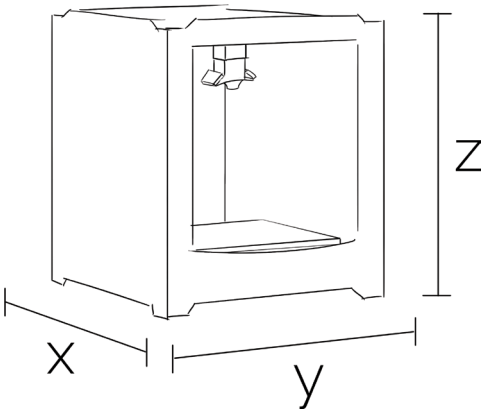
Figuur 2-1



Figuur 2-2

Het is van belang om rekening te houden met de buitenste maten van de Ultimaker 2 voor het ontwerp van een transportoplossing. Deze zijn als volgt:

Frame maten (fig 2-3)
X 35.7 cm
Y 34.2 cm
Z 38.8 cm



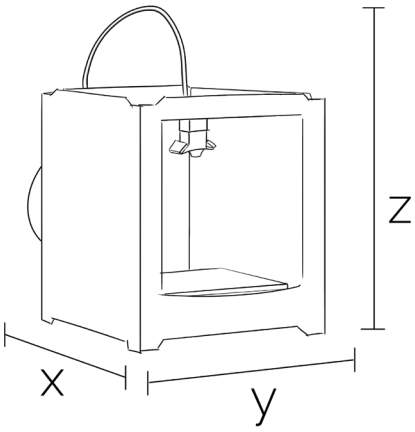
Figuur 2-3

Maten met alle onderdelen bevestigd en maximale filament hoogte (fig 2-4)
X 49.2 cm
Y 34.2 cm
Z 55.8 cm

Hoogte van de grond tot de x- en y-assen
Z 35.2 cm

Ook het gewicht van de 3D printer is van belang om rekening meer te houden bij het ontwerp en is als volgt:

Gewicht Ultimaker 2 body	11,2	kg
Gewicht filament rol	1,0	kg
Gewicht voeding	1,1	kg
Totaal:	13,3	kg



Figuur 2-4

De Vorm van de Ultimaker 2 is een vrij goede benadering van een kubus. Met uitzondering van enkele objecten zoals de material feeder en filament guide tube die uitsteken. De kwetsbaarste onderdelen zitten aan de onderkant. Met ruim 13 kilo is het een flink zwaar object om te tillen en op dit moment kan het alleen fatsoenlijk aan de onderkant vast gehouden worden. Het zwaartepunt is empirisch bepaald op ongeveer 1/3 lengte vanaf de achterwand van de x-as en in het midden van de y-as. Dit komt door de plaatsing van elektronica, mechanica en het filament. Met het zwaartepunt moet rekening worden gehouden met de plaatsing van handvatten of dergelijke.

2.2 Kwetsbare onderdelen

Om zoveel mogelijk te voorkomen dat er defecten ontstaan naar aanleiding van transport van de 3D printer, is het belangrijk om rekening te houden met kwetsbare of probleemgevoelige onderdelen in het apparaat bij het ontwerpen van een transportoplossing. Om erachter te komen welke onderdelen kwetsbaar zijn is een interview gehouden met een ingenieur van de R&D afdeling en zijn de geregistreerde klachten van de technical support geanalyseerd

Ingenieur
De ingenieur gaf aan dat de grootse mankementen worden veroorzaakt door schokken en trillingen. Hierbij noemde hij vier onderdelen die hiervoor bijzonder gevoelig zijn, te weten: de assen waarop de printkop bevestigd is, het controller elektronica board, het printbed en de behuizing. De assen waarop de printkop bevestigd is worden door schokken ontregeld. Omdat ze dan niet meer goed haaks op elkaar staan gaat de machine zeer stroef lopen. Aan de onderkant is het controller elektronica board bevestigd. Bij hevige impact treden hier beschadigen op wat allerlei problemen kan opleveren. Het printbed (fig 2-1(4)) moet loodrecht staan zodat de printkop overal een even dikke printlaag neerlegt. Schokken ontregelen het printbed, waardoor die steeds opnieuw gekalibreerd moet worden. Ten slotte vertelde hij over de beplating aan de bovenzijde. Deze heeft een verflaag waardoor eventuele krassen zeer duidelijk zichtbaar worden.

Klachten
Uit het document met klachten van gebruikers zijn de meest voorkomende klachten geïdentificeerd. Een vaak voorkomende klacht is de endstop niet goed werkt. Dit is de druksensor die aanvoelt wanneer de printkop of printbed in één van de uiterste positie staat. Deze is meestal kapot of de bladveer is verbogen. Verder verbuigt het frame, wat slechte invloed heeft op de print resultaten. Losse pullies leverden ook problemen op, dit zijn de wielen die de tandriemen met de assen verbinden. Wanneer deze los zitten kan in zijn geheel niet geprint worden. een veel gedocumenteerde klacht was dat de printer helemaal niet meer start. Dit kan meerdere oorzaken hebben, maar het meest waarschijnlijke is een kapotte elektronica board. Al deze klachten worden onder andere veroorzaakt door stoten, schokken of trillingen en zouden met betere bescherming hiertegen voorkomen kunnen worden.
Sommerend zijn de onderdelen die kwetsbaar blijken voor schokken en trillingen: de assen waarop de printkop is bevestigd, het electornica board, het printbed, de behuizing, de endstops en de pullies

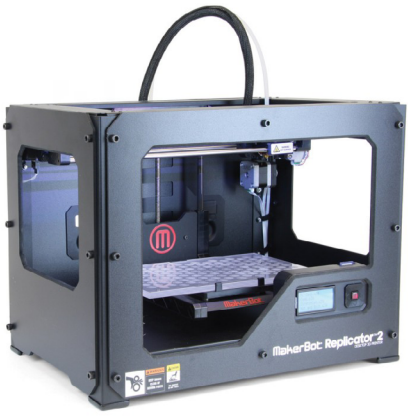
2.3 Concurrentie

Om tot een transportoplossing te komen zijn ook de concurrerende producten qua printers en vervoersmogelijkheden geanalyseerd. Uit de concurentieanalyse blijkt dat fabrikanten nog geen ergonomische manier hebben ontwikkeld voor transport van 3D printers vergelijkbaar met de vorm van de Ultimaker 2. De 3D printers van concurrenten zijn onder te verdelen in drie hoofdvormen. Ten eerste de *gesloten vorm (fig 2-5)*, hieronder zou ook de Ultimaker 2 vallen. Deze vorm heeft gesloten wanden en is lastig vast te pakken, anders dan aan de onderkant. Ten tweede de *open vorm (fig 2-6),* onder deze vorm valt ook de Ultimaker Original. Hierbij zijn er vooral ribben waar de gebruiker hem aan vast kan pakken. De 3D printer blijft wel stevig en rigide. Ten slotte de *minimale vorm (fig 2-7).* Deze 3D printers gebruiken het frame enkel voor het broodnodige. Deze zijn daardoor licht en redelijk makkelijk vast te pakken. Wel zijn ze fragieler dan de andere twee vormen.

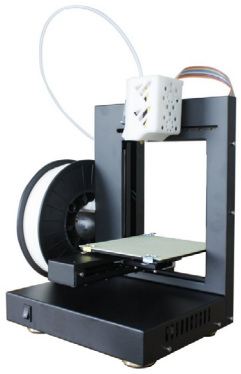
2.4 Transportmethoden

Omdat er nog geen bestaande oplossingen zijn voor het transport van printers, vergelijkbaar met de Ultimaker 2, is er gekeken worden bestaande oplossingen voor transporteren van objecten ter grootte van de Ultimaker 2. Bij elke methode is gekeken naar voor- en nadelen, de toepassingen van die methode en de hoeveelheid gewicht die ermee getild kan worden. Dat laatste is gebeurd aan de hand van de stoplichtmethode van Peereboom. Deze geeft middels een berekening aan

Figuur 2-5
Formlabs: Form 1



Figuur 2-6
Makerbot: Replicator 2



Figuur 2-7
Up: Mini

tot welk gewicht zonder problemen kan worden getild (code groen) en tot welk gewicht er extra voorzichtig gedaan moet worden (code oranje). Boven code oranje geldt code rood. Het tillen van gewicht met code rood en dient vermeden te worden. Deze gewichten gelden voor 90% van de mannen. De complete berekeningen en richtlijnen hiervoor zijn te vinden in **Bijlage B - draag gewicht berekening**.

Draagtas

De draagtas (fig 2-8) is een simpele en bekende methode die veel wordt gebruikt in het dagelijks leven. Er worden bij deze techniek hengels bevestigd die door de handen gedragen kunnen worden. De voordelen van een draagtasconstructie zijn dat het simpel, goedkoop en flexibel is. Verder worden schokken tijdens het lopen door het lichaam afgevangen. Door de simpele techniek is het onderhoudsarm en kan er weinig kapot aan. Het is bovendien een stille methode. Hier tegenover staat dat dragen van de Ultimaker 2 belastend is voor de rug en dat hengels kunnen snijden in de handen. Qua toepassing worden draagtassen daarom vooral gebruikt voor middelzware objecten over middellange afstanden. De draagtas wordt vaak gebruikt om meerdere kleine, lichte objecten (tot vijf kg) in één keer te kunnen vervoeren.

Figuur 2-8

1 handig tillen
Code groen tot 6.3 kg
Code oranje tot 11.8 kg

2 handig tillen
Code groen tot 16.0 kg
Code oranje tot 22.8 kg

Schuiven

Nog simpeler dan een draagtas is het schuiven (fig 2-9) van de 3D printer over de vloer of over een paneel. Dit heeft als voordelen dat het nagenoeg niks hoeft te kosten, weinig techniek behelst en de gebruiker minder belast doordat het gewicht op de vloer rust. Nadelen zijn echter dat de manier van duwen niet ergonomisch is, onregelmatige oppervlakten zoals drempels een probleem vormen en er veel schokken en trillingen kunnen ontstaan. Deze methode wordt dan ook vooral gebruikt voor zware objecten (vanaf 15 kg)over een korte afstand. Hierbij gaat het vaak om één groot object tegelijkertijd.

Figuur 2-9

Duwen
Code groen tot 15.3 kg
Code oranje tot 25.5 kg

Rugtas

De rugtas (fig 2-10) is een handige manier om dingen te vervoeren en is een middel dat vooral onder jongeren populair is. Er worden banden aan een tas bevestigd die over de schouders gedragen worden. Groot voordeel hierbij is dat de handen vrij zijn tijdens het dragen. Verder kan het goedkoop gemaakt worden en is het gewicht ergonomisch geplaatst. Het lichaam dient als schokdemper en het is daarmee ook een stille methode. Tot slot is het een simpele en beproefde methode. Hoewel het ergonomischer is dan de draagtas is het nog steeds een belasting voor het lichaam en kunnen de schouders afgekneld raken door de banden bij zwaar gewicht. De rugtas wordt daarom vooral gebruikt voor middelzware objecten (tussen de vijf en vijftien kg) over een lange afstand, waarbij veel losse objecten in één tas worden gedaan.

Figuur 2-10

Tillen
Code groen tot 16.0 kg
Code oranje tot 22.8 kg

Roltas

De roltas (fig 2-11) is een efficiënte methode van vervoeren. Door gebruik van twee wielen wordt verplaatsen gemakkelijker. Vaak wordt er een verlengd handvat gebruikt om op ergonomische hoogte de tas mee te kunnen trekken. Voordelen hiervan zijn dat er geen belasting in rust is en er weinig belasting is in beweging. Nadelig hieraan is dat het wat meer techniek vereist om te produceren. Daarnaast zijn drempels, trappen en onregelmatige ondergronden lastig om overheen te komen. Afhankelijk van de grootte van de wielen en ondergrond kan het bovendien veel lawaai maken. Ten slotte levert het zonder demping veel schokken en trillingen op. De techniek wordt vooral gebruikt voor middelzware objecten over middellange afstanden en voor meerdere losse objecten in één tas.

Figuur 2-11

Staan trekken met 1 hand
Code groen tot 415 kg
Code oranje tot 707 kg

Steekkar

De steekkar (fig 2-12) maakt ook gebruik van wielen en kantelt zoals een roltas. Hier moet de gebruiker echter duwen in plaats van trekken. Voordeel hierbij is dat er bijna geen belasting is tijdens beweging en er geen belasting is in rust. Nadelig is echter dat het weinig schokdempend is. Ook levert deze methode moeite op met trappen. De steekkar wordt veelal gebruikt voor zware objecten over middellange afstanden. Over het algemeen wordt één groot object tegelijkertijd verplaatst.

Figuur 2-12

Duwen
Code groen tot 815 kg
Code oranje tot 1359 kg

Rolplatform
Het rolplatform (fig 2-13) is vergelijkbaar met de roltas maar nu worden er vier of meer wielen gebruikt waardoor er niet gekanteld hoeft te worden. Het rolplatform heeft als voordelen dat het geen belasting in rust geeft en weinig belasting in beweging. Verder blijft het te vervoeren object horizontaal. Nadeel van het rolplatform is dat het niet te gebruiken is bij drempels en trappen. Ook trilt het rolplatform erg veel bij verplaatsing over een hobbelig oppervlak. De methode wordt gebruikt voor zware objecten over korte afstanden en kan gebruikt worden voor enkele of meerdere objecten.

Figuur 2-13

Duwen
Code groen tot 815 kg
Code oranje tot 1359 kg

Handvatten
Door uitsparingen (fig 2-14) in een object kan een geïntegreerde oplossing voor het tillen gerealiseerd worden. Dit heeft als voordelen dat het zeer simpel en goedkoop is. Verder dient het lichaam als schokdemper, is het wendbaar en stil. Nadelig is de hogere belasting op de gebruiker, vooral voor de rug en handen. Dit wordt daarom vooral gebruikt voor lichte en middelzware objecten en voor korte afstanden.

Figuur 2-14

2 handig tillen
Code groen tot 16.0 kg
Code oranje tot 22.8 kg

Ergonomisch gezien zijn alle methodes bruikbaar voor de transportoplossing. Kijkend naar trillingen zijn schuiven, de roltas en het rolplatform niet geschikt voor het transporten van een Ultimaker 2. Verder is er nog een groot verschil in complexiteit, waar simpele methoden voorkeur genieten. Deze overwegingen zijn meegenomen in het ontwerpproces, daarnaast is er gekeken naar de wensen van de gebruikers.

2.5 Gebruikersenquête

Om er achter te komen wat de gebruikers belangrijk vinden aan een transportoplossing is een Engelstalige enquête verspreid via de open source community. Hierin stonden vragen over het gebruik van 3D printers en wat volgens gebruikers wenselijke aspecten voor het vervoer zijn. De gehele enquête is te vinden in **Bijlage C - Enquête**. In totaal werden 60 bruikbare responsies geanalyseerd. Enkele vragen worden hier uitgelicht.

De belangrijkste resultaten van de enquête worden hier uitgelicht en zijn in grafiekvorm te zien op de volgende bladzijden. Ten eerste is zichtbaar dat de gebruikersgroep wordt gedomineerd door mannen in de leeftijdsgroep 20-39 (fig 2-15, 2-16) . Dit kan helpen verklaren waarom 'tillen met de handen' de meest wenselijke en meest gebruikte vorm van transport over korte afstand is (fig 2-17). Er is echter een nog steeds een significante groep die minder fysiek sterk is en waar mogelijk wel behoefte is aan meer lastenverlichting. Ook daar moet rekening mee worden gehouden bij het ontwerpen van een oplossing.
Ten tweede blijkt dat de meeste respondenten hun Ultimaker printer op een bureau of werktafel plaatsen (fig 2-18). Het is dus van belang om te realiseren dat de Ultimaker van en naar een hoogte van ongeveer één meter getild kan worden. De Ultimaker staat daarnaast meestal in een kantoor of woonkamer (fig 2-19). Het is daarom wenselijk om het te ontwikkelen product een uitstraling te geven

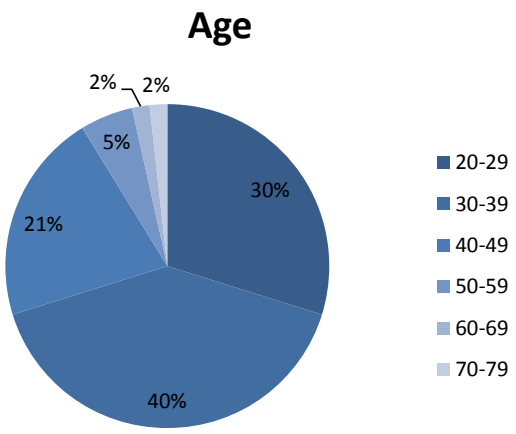
die hierbij past.
Ook geven de ondervraagde respondenten aan voornamelijk de auto te gebruiken om hun Ultimaker te verplaatsen over lange afstanden (fig 2-20) en de handen voor korte afstanden (fig 2-21). Ook blijkt uit de gebruikersanalyse dat deze verplaatsing per auto niet soepel gaat, hier zal in paragraaf 2.6 over uitgewijd worden. Daarom moet de ontwerpoplossing dit verbeteren. Respondenten laten blijken dat ze hun 3D printer voornamelijk transporteren om op locatie te printen (fig 2-22). Het is dus van belang dat filament en adapter meegenomen kunnen worden.
Respondenten vinden tot slot de bescherming van hun Ultimaker Printer overduidelijk het belangrijkste aspect voor het transportproduct (fig 2-23). Dit aspect is ook een zeer gewenste feature (fig 2-24), samen met "gemakkelijk te plaatsen in de auto" en "gebruiksgemak". Ondanks dat de Ultimaker zeer stevig is willen gebruikers hun dure 3D printer beschermen tegen defecten en krassen.
Gebruiksgemak is voor respondenten het één na belangrijkste aspect om rekening mee te houden in het ontwerp.

Samenvattend kan uit de resultaten geconcludeerd worden dat de doelgroep vooral bestaat uit mannen in de leeftijdscategorie van 20 tot en met 39 jaar. Deze gebruiken de auto voor het verplaatsen van hun Ultimaker over lange afstanden en vinden het wenselijk de Ultimaker 2 met de handen te kunnen verplaatsen. Het allerbelangrijkste is dat een transportoplossing bescherming biedt, gevolgd door gebruiksgemak. Met al deze resultaten wordt rekening gehouden in het ontwerp.

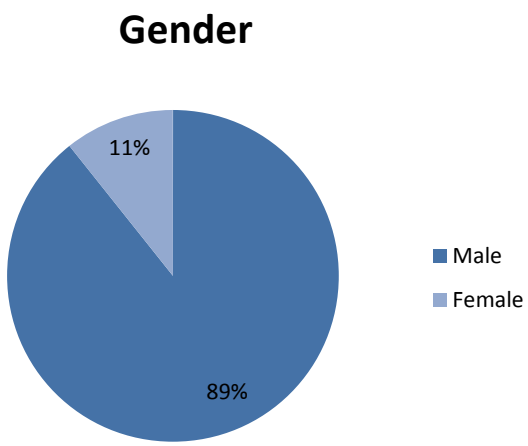
2.6 Gebruiksanalyse

Uit de enquête blijkt dat de Ultimaker printer het vaakst met de auto wordt vervoerd. Om voornamelijk voor deze vervoerswijze een passende oplossing te vinden voor het verplaatsen van de Ultimaker 2, is voor deze situatie het huidige gebruik geanalyseerd.
Daarom is een gebruiker gevraagd deze in zijn auto te plaatsen. Hieruit bleek dat de gebruiker de adapter simpel in Ultimaker 2 kan plaatsen voor vervoer. Deze manier bleek niet ideaal te zijn, omdat het filament kan verschuiven tijdens transport, maar wel goed te werken. Hier is dus verbetering mogelijk maar niet noodzakelijk. Verder bleek dat gebruikers diep moeten buigen om de Ultimaker 2 van de grond op te pakken en dat er geen goede ergonomische manier van vastpakken was wanneer deze op een oppervlak stond. De hele analyse is te lezen in **Bijlage D - Gebruiksanalyse**

Resumerend heeft de analyse op zes vlakken inzichten gegeven. Ten eerste is nu meer bekend over de Ultimaker 2 en zijn specificaties. Hiermee valt de ontwerpoplossing beter te specificeren. Daarna zijn de kwetsbare onderdelen geïnventariseerd wat helpt om te zien waar bescherming toegevoegd moet worden. Uit de concurrentie-analyse bleek dat en nog geen goede oplossingen voor het transportprobleem op de markt zijn. Door de transportmethoden te analyseren kwam naar voren welke methoden wel en welke niet geschikt zijn voor de transportoplossing. Met de gebruikersenquête werden wensen en gewoontes van gebruikers duidelijk. Tot slot gaf de gebruiksanalyse inzicht waar de knelpunten liggen voor transporteren van de Ultimaker 2 met de auto.

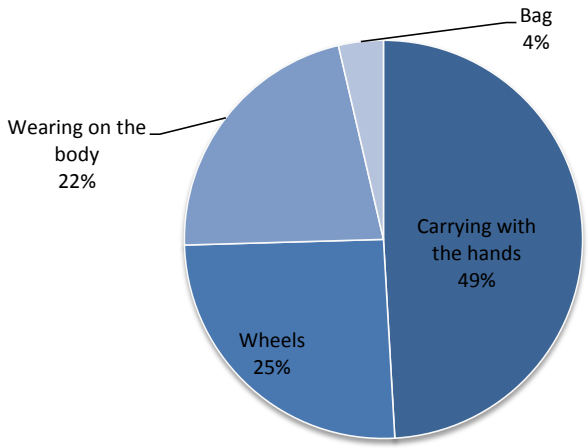


Figuur 2-15



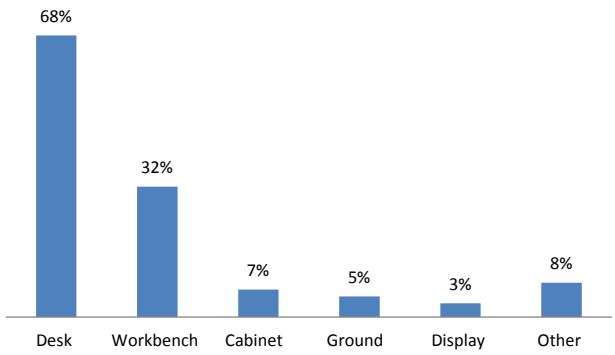
Figuur 2-16

Ideal way of transport



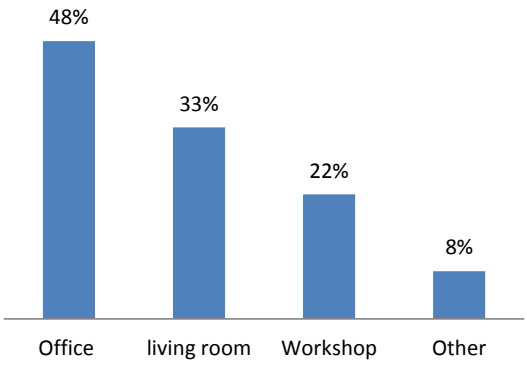
Figuur 2-17

Surface



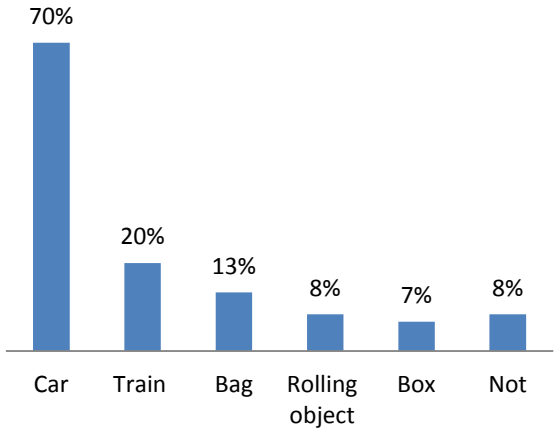
Figuur 2-18

Room



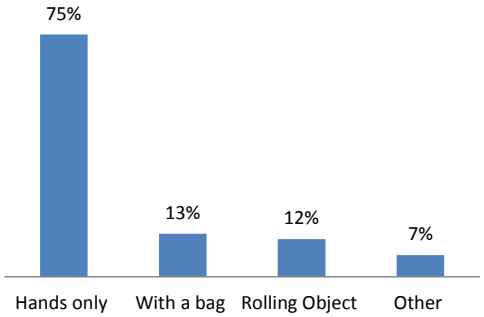
Figuur 2-19

Transport long distance



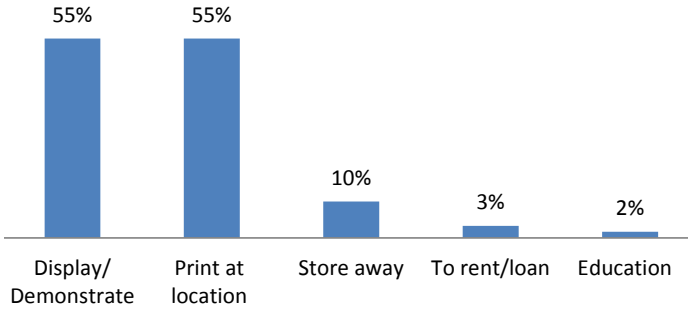
Figuur 2-20

Transport short distance



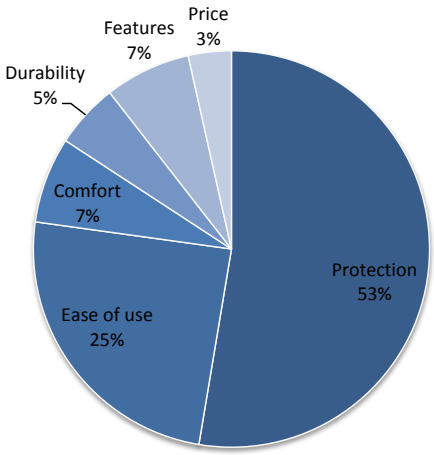
Figuur 2-21

Transport reason



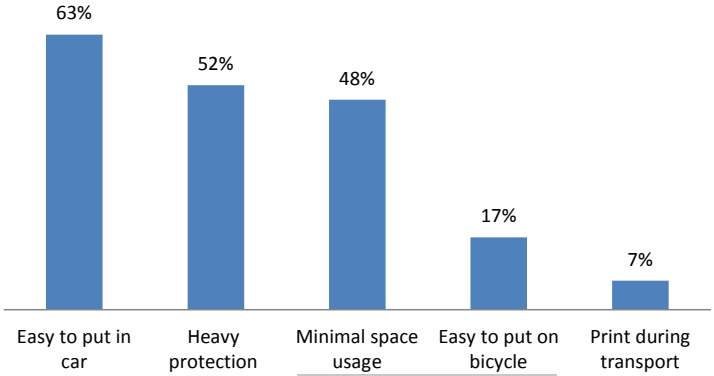
Figuur 2-22

most important aspect



Figuur 2-23

Essential features



Figuur 2-24

3 Programma van Eisen

Aan de hand van de analyse in hoofdstuk 2 is een programma van eisen opgesteld, waar tenminste aan voldaan moet worden in de oplossing. Verder zijn er wensen bepaald uit de analysefase die een positieve bijdrage leveren aan de oplossing als tijd en techniek ze toelaten.

EISEN

1 Het product dient de Ultimaker 2 te beschermen tegen beschadigingen

Uit de enquête (§2.5) blijkt dat gebruikers bescherming de belangrijkste eis vinden tijdens het vervoer. Uit het interview met de ingenieur en uit de klantenservice gegevens (§2.2) blijkt dat er veel beschadigingen worden veroorzaakt door vallen en stoten. Daarom moet de oplossing zoveel mogelijk beschermen hiertegen

2 Het product dient de gebruiker in staat te stellen de Ultimaker 2 op tenminste 35 cm van de grond vast te pakken middels de handen op een ergonomische manier

Uit de enquête (§2.5) blijkt dat 75% van de gebruikers hun Ultimaker voor korte afstanden met de handen verplaatst en dat het liefst ook op die manier doet. Uit de analyse (§2.6) is echter gebleken dat het oppakken van de Ultimaker 2 niet gemakkelijk gaat met de handen. De vingers worden vaak tussen de onderdelen geplaatst. De Ultimaker Original is wel goed past te pakken aan de ribben, deze zitten op een hoogte van 35 cm van de grond af.

3 Het product biedt permanent bescherming

De Ultimaker 2 wordt meestal op bureauhoogte neergezet, wat val en stoot kans vergroot. Bescherming moet permanent gebeuren.

4 Het product biedt permanent draagmogelijkheid

Uit de enquête blijkt gebruiksgemak zeer belangrijk (§2.5). Door de draagmogelijkheid zonder verdere handelingen paraat te hebben wordt hierin voorzien.

5 Het product maakt het gemakkelijker om de Ultimaker 2 in de auto te vervoeren

Uit de enquête komt naar voren dat 70% van de gebruikers de Ultimaker 2 o.a. met de auto verplaatst over grote afstanden (§2.5). Uit de analyse blijkt dat het plaatsen van de Ultimaker 2 in de auto niet soepel gaat en belastend is voor rug en vingers (§2.6).

6 Het product geeft de gelegenheid om ten minste 1 filament rol en de voeding mee te nemen

Uit de enquête blijkt dat de meerderheid van de gebruikers hun Ultimaker transporteert om een demonstratie te geven of op locatie te printen (§2.5), hiervoor is de voeding en filament nodig.

7 **Het product maakt de Ultimaker, wanneer niet in transport, maximaal 20% groter in de X, Y en Z richting (Respectievelijk 10cm, 7cm en 11 cm. Totaal 60cm, 42 en 66 cm)**
Minimaal ruimte gebruik was een eis van de gebruikers die naar voren kwam uit de enquête (§2.5).

8 **Het product heeft een high-end uitstraling die goed staat in een kantoor- of thuis omgeving en sluit aanbij de Ultimaker 2**
Uit de enquête komt dat gebruikers hun Ultimaker vooral in werk- of woonkamer hebben staan (§2.5). Daarbij wordt de Ultimaker 2 wordt vaak gedemonstreerd of tentoongesteld. Hierbij is uitstraling belangrijk.

WENSEN

1 **Het product is ook bruikbaar voor de Ultimaker Original**
Veel gebruikers bezitten een Ultimaker Original. De Ultimaker Original is net iets groter dan een Ultimaker 2. Door het product ook daarvoor compatibel te maken wordt de afzetmarkt vergroot.

2 **De adapter is permanent functioneel plaatsbaar in het product**
Dit levert ruimtebesparing en gebruiksgemak op.

3 **Het product kan de printer 15 minuten laten printen op accu voeding laten printen**
Om tijdens het printen de Ultimaker 2 van een stopcontact naar het andere te kunnen verplaatsen is een accu wenselijk.

4 **Het product biedt de mogelijkheid om de temperatuur in de Ultimaker te verhogen tot 70 °C**
Een "heated chamber" verhoogt de kwaliteit van een 3D print.

5 **Het product biedt de mogelijkheid om de Ultimaker 2 met wielen te verplaatsen**
Een gedeelte van de gebruikers wil graag gebruik maken van wielen om hun Ultimaker 2 te verplaatsen.

6 **Het product kan mee verpakt worden voor verscheping met de Ultimaker printer**
Ultimakers komen beschadigd aan door ruig vervoer. Met het product bevestigd om de Ultimaker 2 verschepen kan hierbij helpen. Daarbij kan het een toevoeging zijn aan de "unboxing experience"

7 **Het product biedt bescherming tegen de regen**
Hoewel regen schade kan aanrichten aan de 3D printer is dat tot nu toe geen groot probleem voor gebruikers.
In Nederland regent het slechts 7,5% van de tijd. Gebruikers lossen het nu op door even te wachten tot het stopt met regenen of hun jas of dergelijke over de printer te hangen voor de afstand van de deur tot de auto.

4 Ideeën

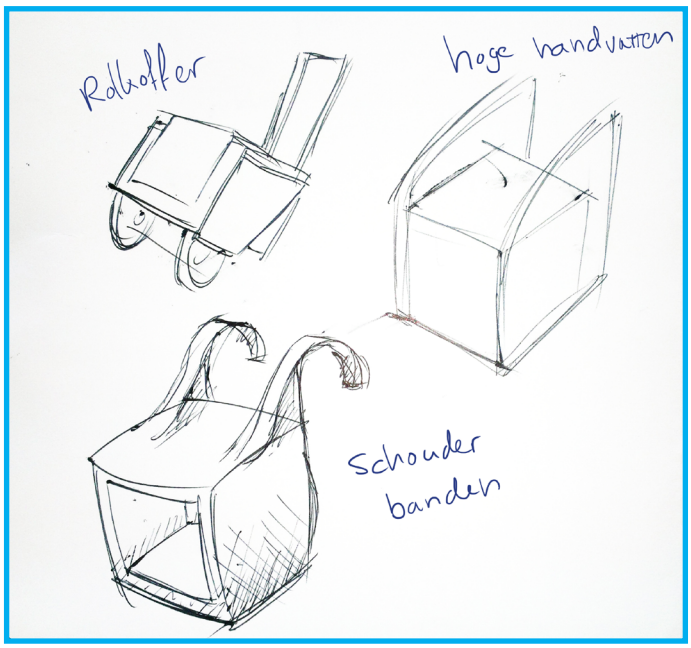
Met het kader voor de oplossing gedefinieerd in het Programma van Eisen (PvE) zijn er verschillende ideeën gegenereerd. Voor de eerste ideeëngeneratie werden 3 eisen uit het PvE gekozen. Deze zullen worden toegelicht in paragraaf 4.1. Uit deze ideeën werd een selectie gemaakt voor een morfologisch schema in paragraaf 4.2. Hieruit werd een tweede ideeëngeneratie afgeleid, welke wordt beschreven in paragraaf 4.3.

4.1 Eerste ideeëngeneratie

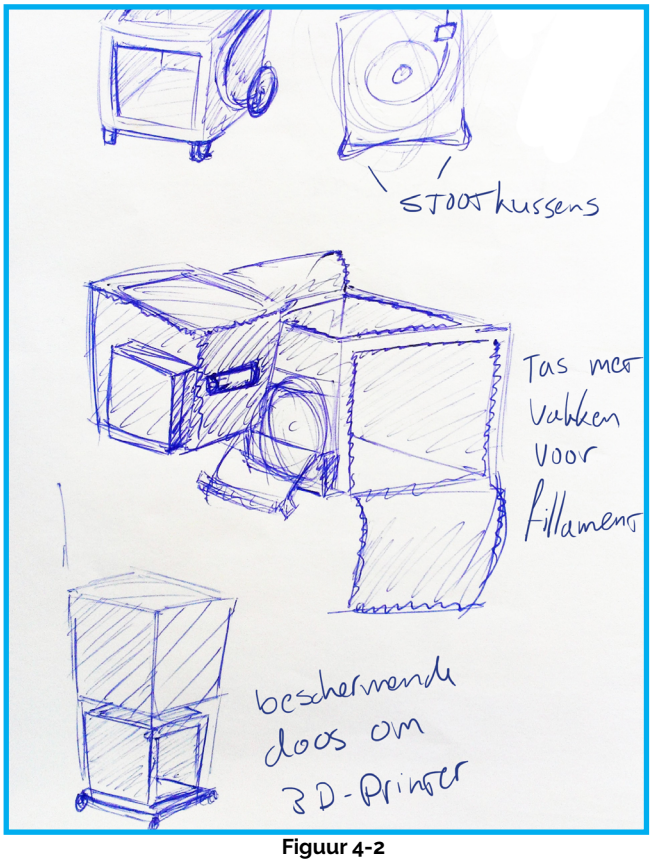
Het hoofddoel van de eerste ideeëngeneratie was om oplossingen te vinden voor drie eisen. Namelijk:

- Het product dient de Ultimaker 2 te beschermen tegen beschadigingen
- Het product dient de gebruiker in staat te stellen de Ultimaker 2 op tenminste 30 cm van de grond vast te pakken middels de handen op een ergonomische manier
- Het product geeft de gelegenheid om ten minste 1 filament rol en de voeding mee te nemen

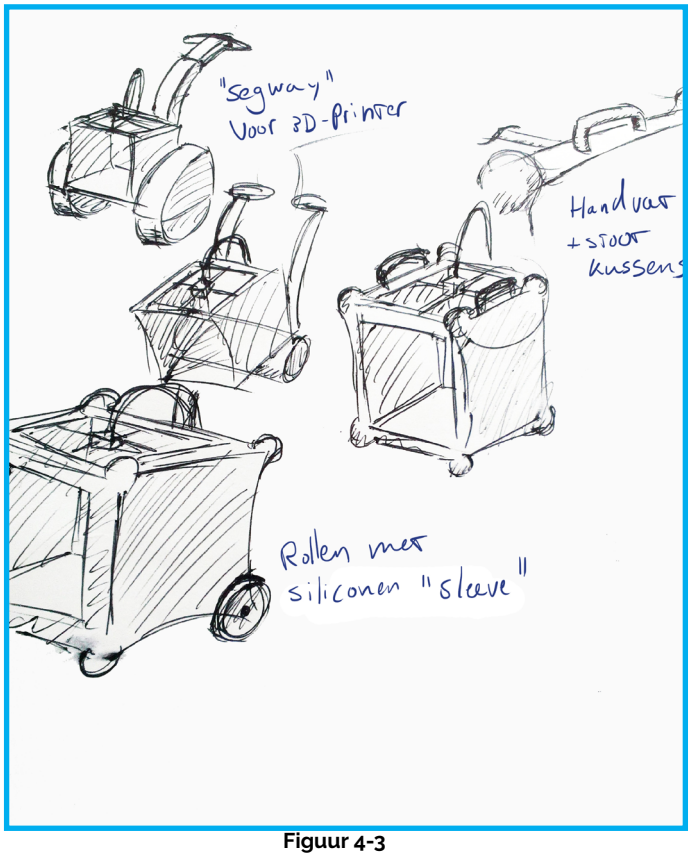
Er was gekozen om niet gelijk alle eisen een ideeëngeneratie te geven om zo tijd te besparen. Er waren drie eisen uitgekozen



Figuur 4-1

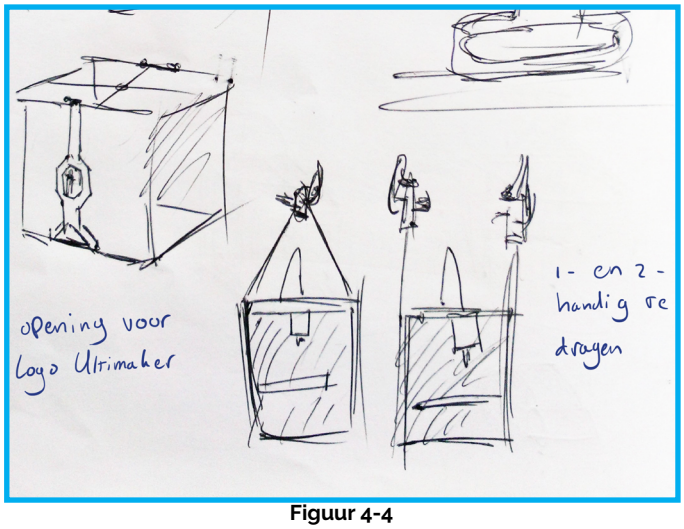


Figuur 4-2

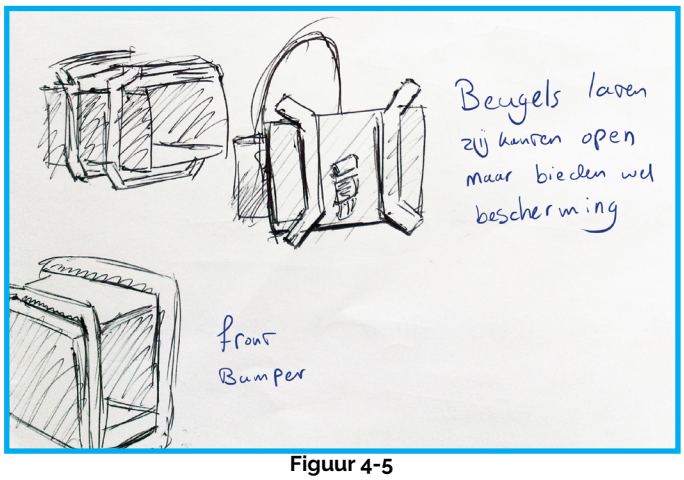


Figuur 4-3

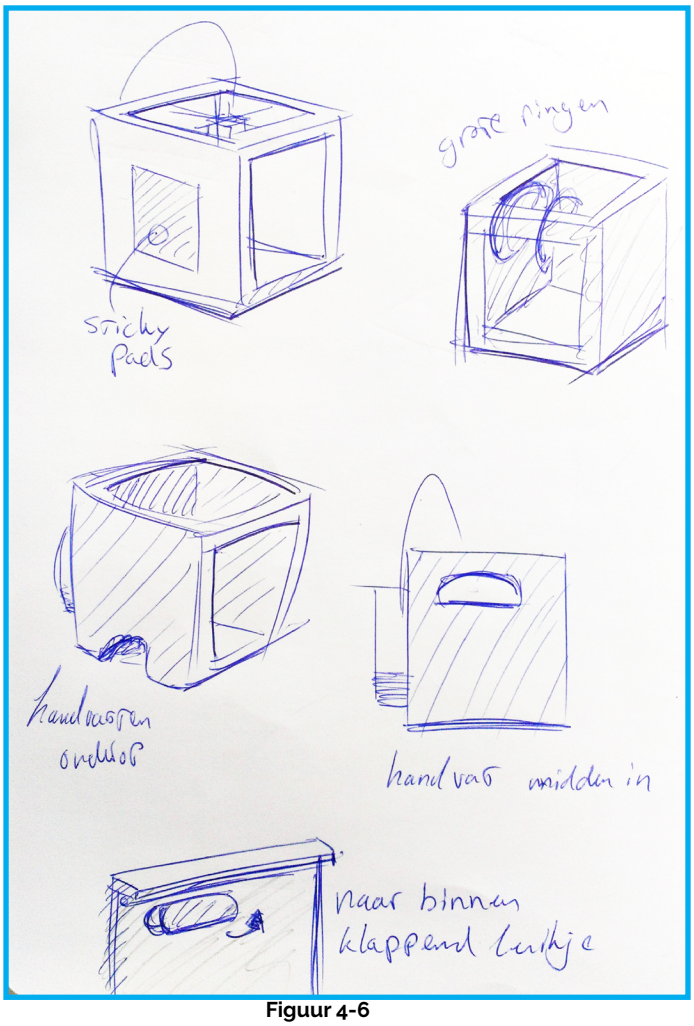
zodat deze eisen daarmee genoeg aandacht kregen maar de gehele eerste ideeëngeneratie niet teveel tijd koste. Deze drie eisen zijn zo uitgekozen omdat deze door de ontwerper als zeer belangrijk worden gezien. Voor deze eisen zijn namelijk duidelijke nieuwe oplossingen nodig. Waar de rest van de eisen overwegend meer als voorwaarden kunnen gelden waarbinnen geopereerd dient te worden. In eerste instantie werd bij het zoeken van oplossingen nog gekeken naar oplossingen die dragen met de handen combineren met wielen en dragen op de rug. Na overwegen van de tijdsduur van het project is echter besloten om oplossingen in deze richting te laten varen en volledig voor een draag methode met de handen te gaan. Om deze reden werd getracht om het dragen zo ergonomisch mogelijk te maken, met het gewicht zo dicht mogelijk bij het lichaam en zonder te veel te hoeven bukken om de 3D printer op te tillen. Verder werd een goed handvat om aan vast te pakken zoals bijvoorbeeld hengels, handvatten of uitsparingen, meegenomen in de ontwerpen. Tot slot is gekeken naar manieren van bescherming tegen vallen en stoten. Hierbij kwamen vaak



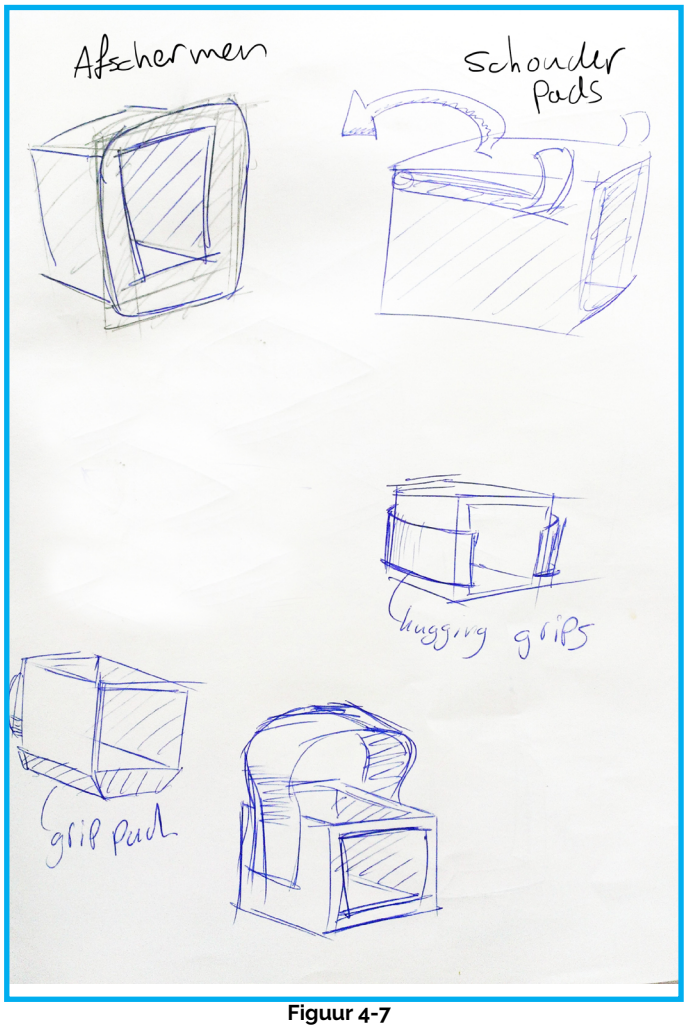
Figuur 4-4



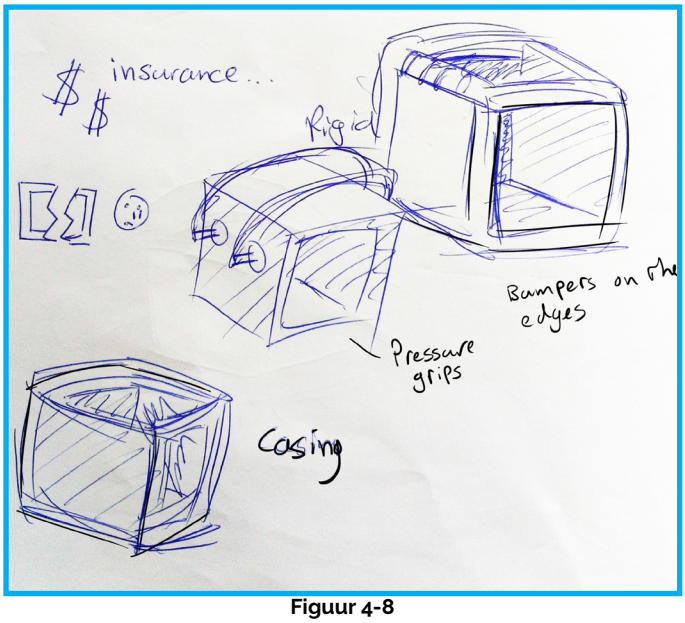
Figuur 4-5



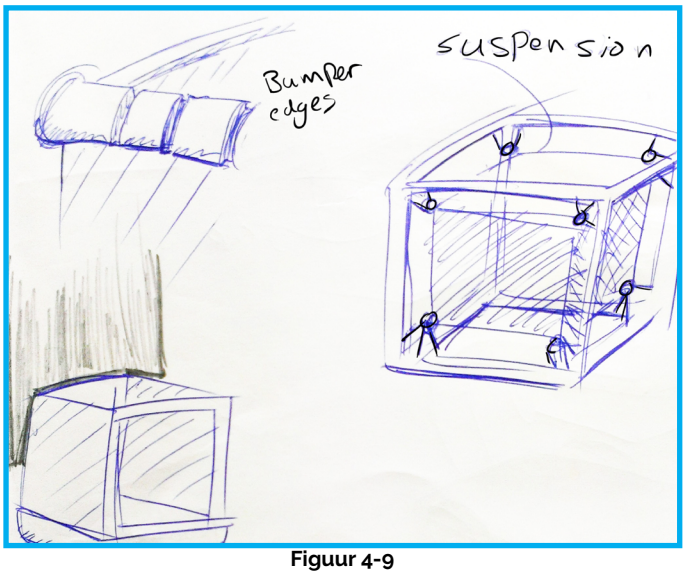
Figuur 4-6



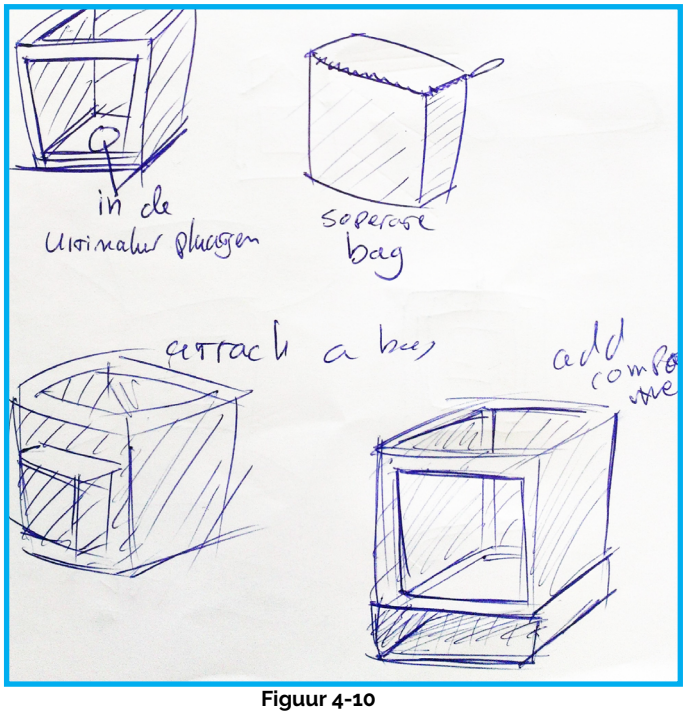
Figuur 4-7



Figuur 4-8



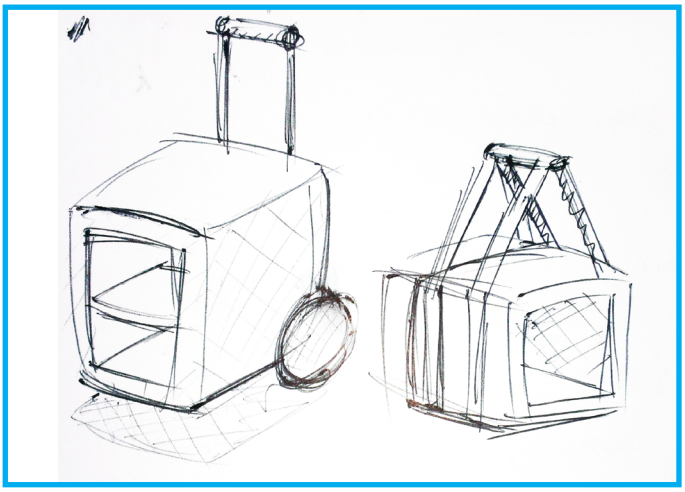
Figuur 4-9

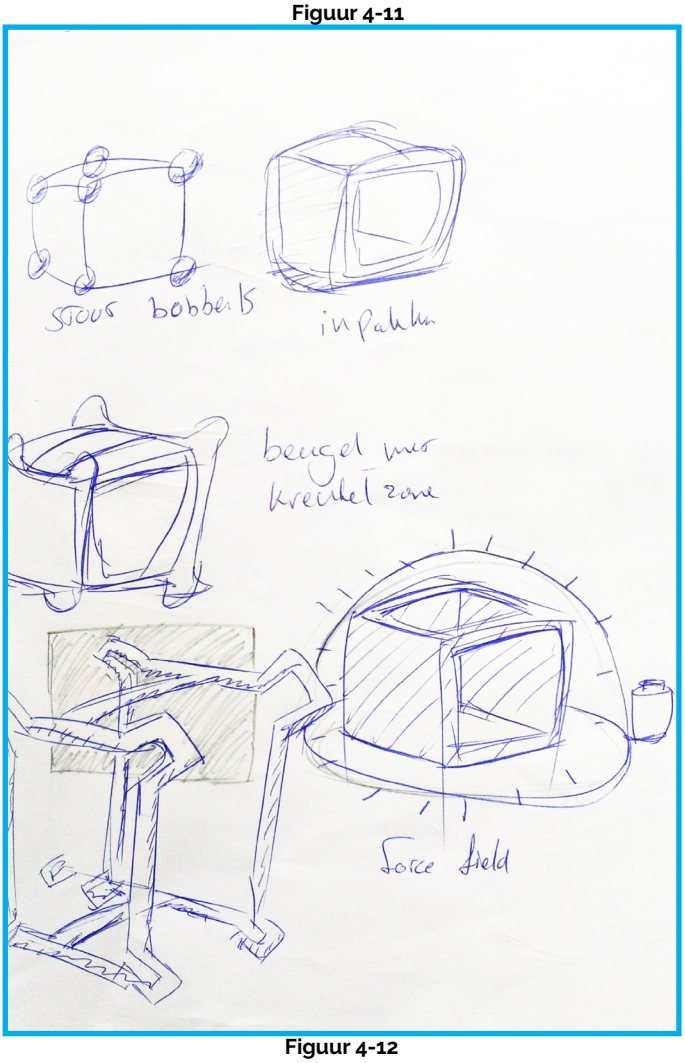


Figuur 4-10

frames, stootranden en stoothoeken voorbij. In de eerste ideeëngeneratie is al geprobeerd om waar mogelijk een gecombineerde oplossing te genereren van deelelementen.

Er is uit onder andere deze pagina's een selectie gemaakt met kansrijke ideeën voor oplossingen. Deze zijn nogmaals digitaal getekend om in een morfologisch schema te zetten.


Figuur 4-11



Figuur 4-12

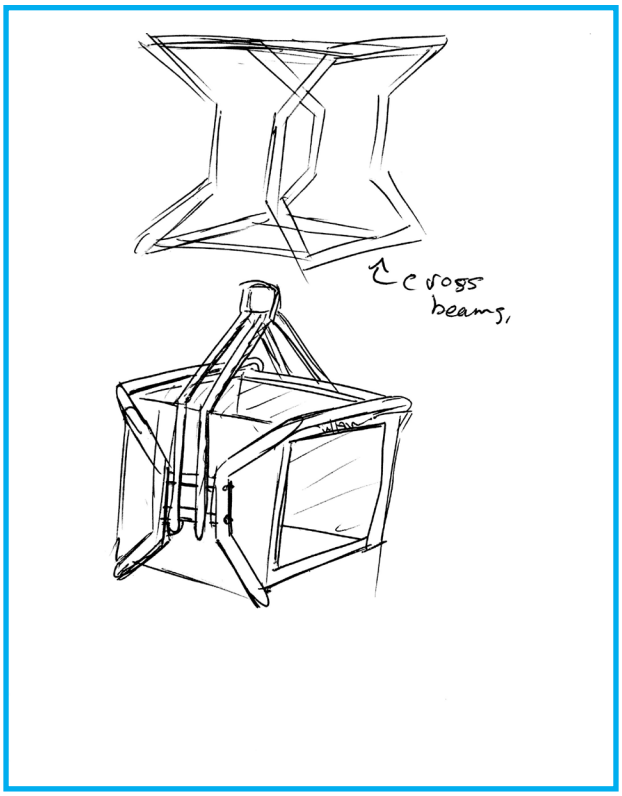
4.2 Morfologisch schema

Door de ideeën uit de eerste ideeëngeneratie in een schema te zetten wordt overzicht gecreëerd van verschillende opties voor het voldoen aan eisen voor tillen, veiligheid en het transporteren van filament en voeding. Dit maakt combineren van deeloplossingen makkelijker. Hierbij worden nog steeds de overige eisen uit het Programma van Eisen gehanteerd.

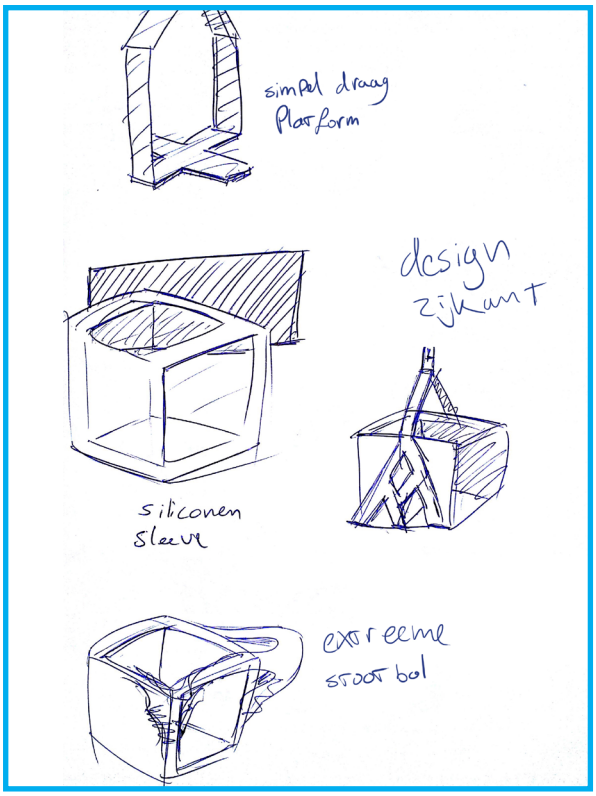
tillen met de handen	handvat	beugel	hengsel	grip pads	handvat onder	handvat boven	hug grip
veiligheid	kreukel zone	stootbollen	verzekering	beugel	zwevende ophanging		
filament rol en voeding	in de Ultimaker2	vaste tas	losse tas	compartiment	intergraal	netwerk	

4.3 Tweede ideeëngeneratie

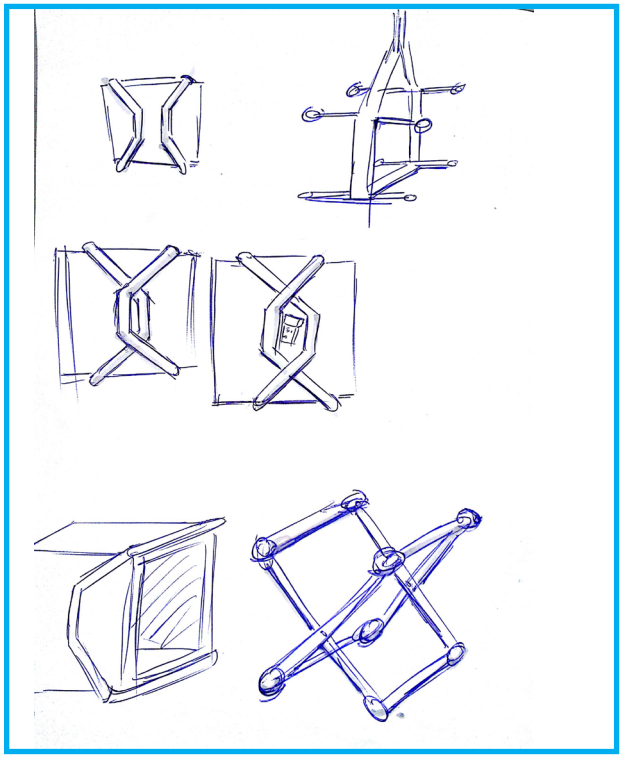
Door oplossingen te combineren vanuit het morfologisch schema werd een kick-start gegeven aan het proces van conceptvorming. Veel ideeën hadden in dit stadium nog een mogelijkheid tot vastpakken met hengsels en handvatten bevestigd aan het product. Uiteindelijk werden de hengels niet verder meegenomen in het uiteindelijke concept, omdat dit éénhandig dragen aanmoedigt. Dit is vanuit ergonomisch oogpunt onwenselijk.



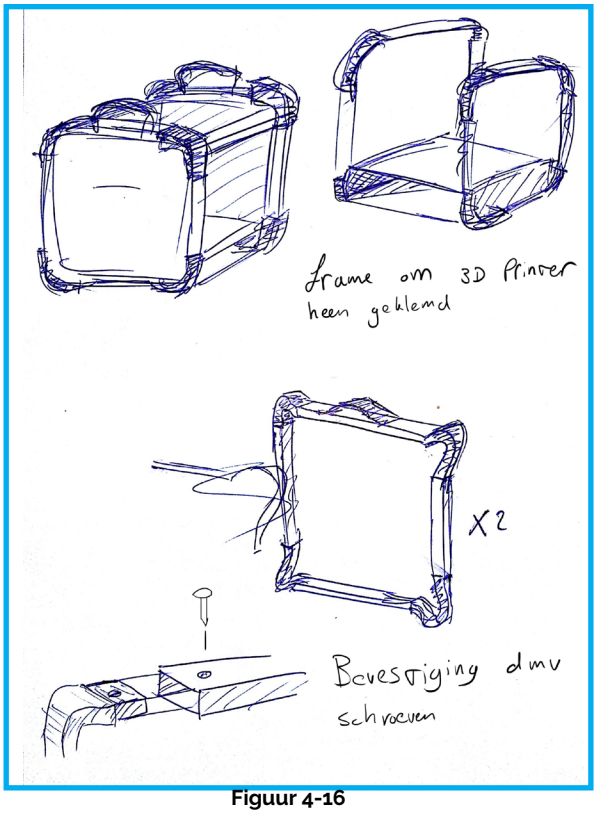
Figuur 4-13



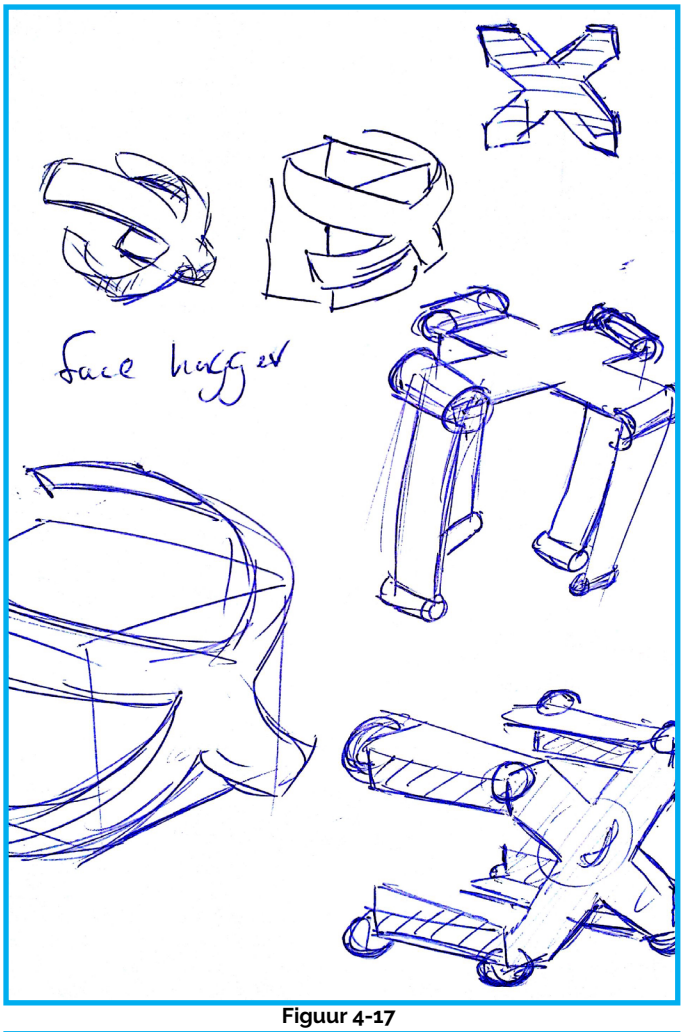
Figuur 4-14



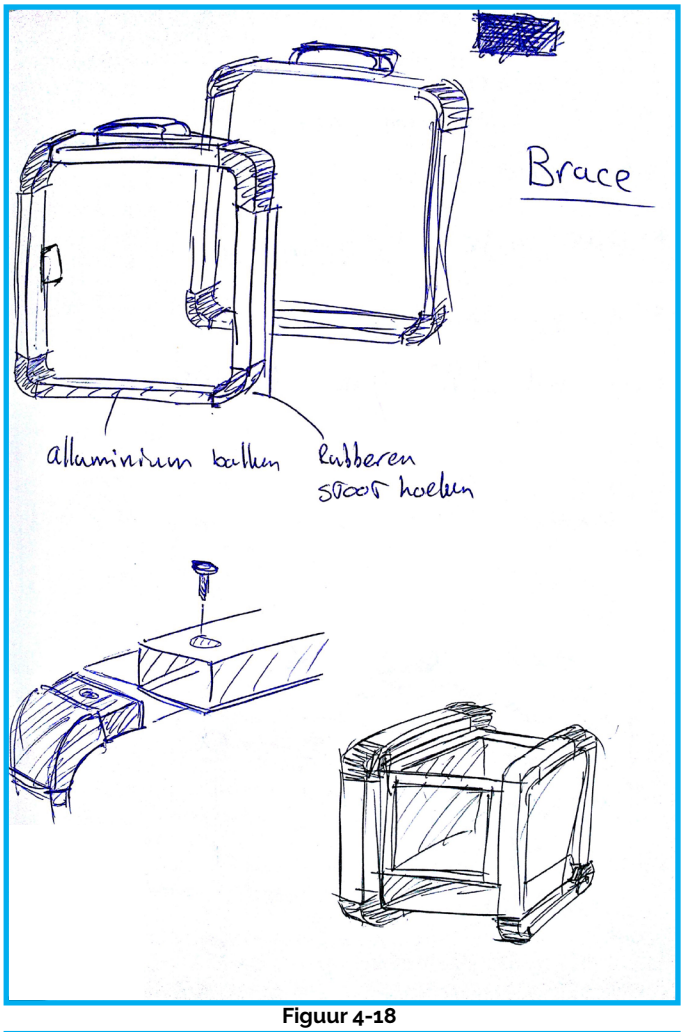
Figuur 4-15



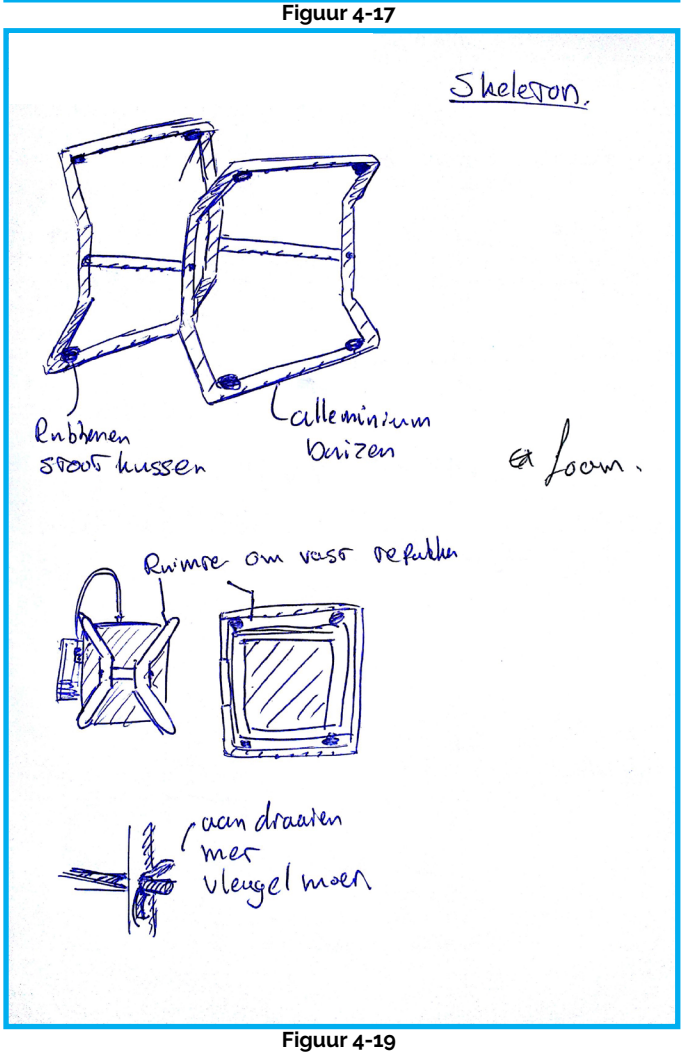
Figuur 4-16



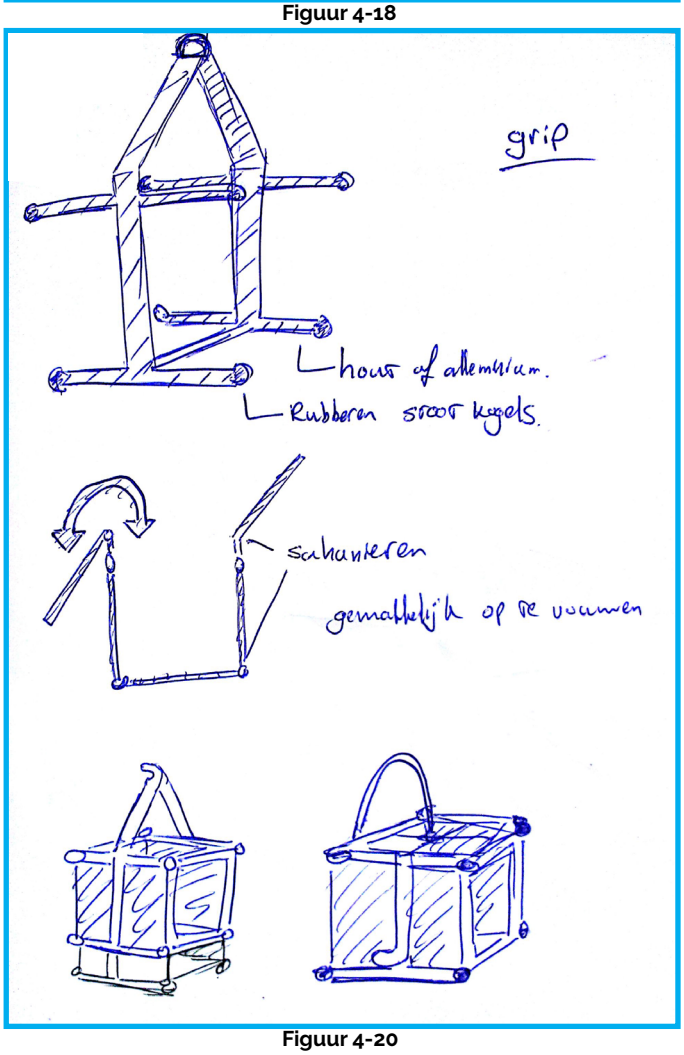
Figuur 4-17



Figuur 4-18



Figuur 4-19



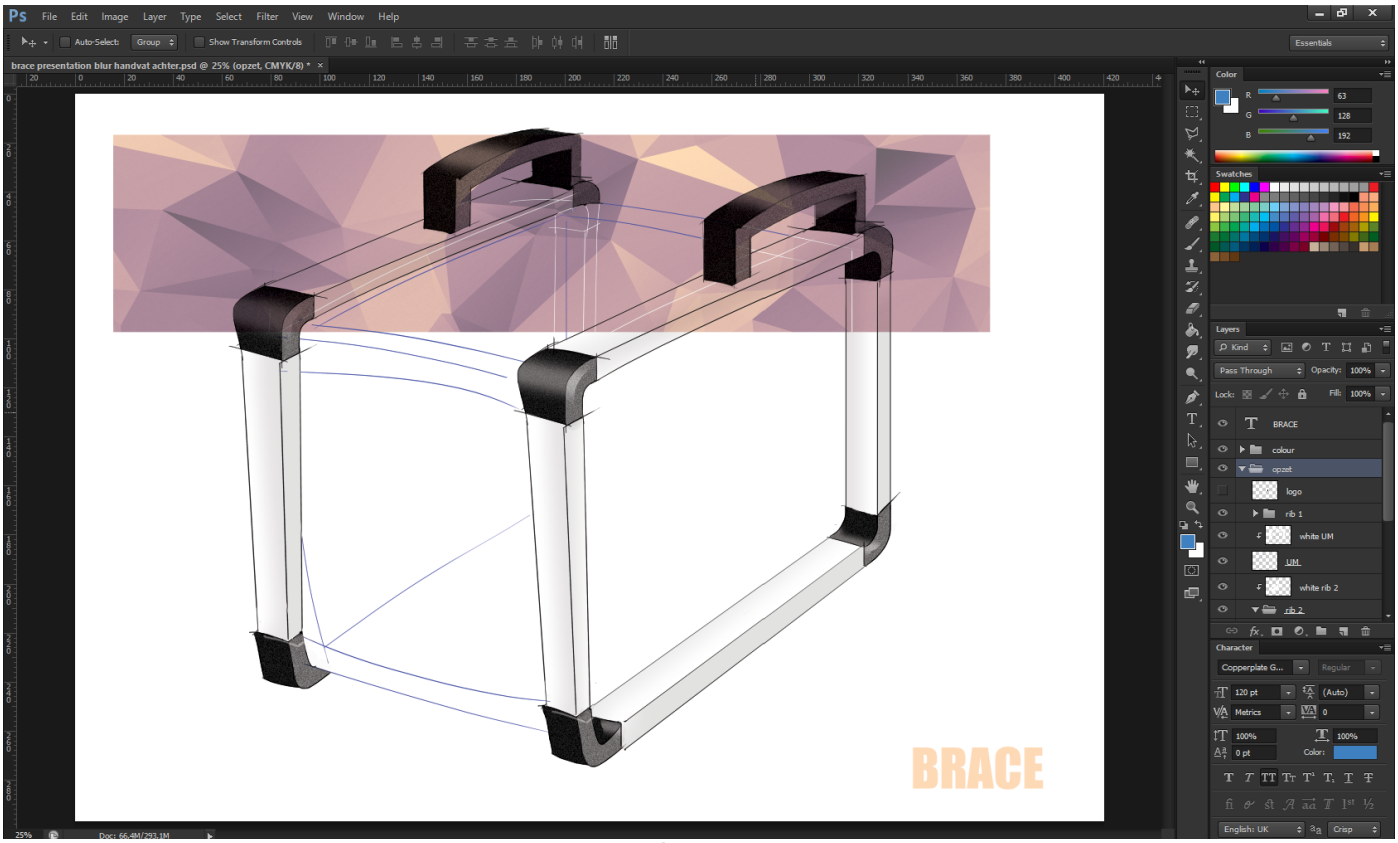
Figuur 4-20

5 Concepten

Uit de tweede ideeëngeneratie zijn drie ideeën gekozen die waarschijnlijk het beste aan de eisen zullen voldoen, om uit te werken tot concepten. Deze concepten zijn gebaseerd op de ideeën uit figuur 4-18, 4-19 en 4-20. In paragraaf 5.1 wordt voor elk concept een toelichting gegeven. In paragraaf 5.2 wordt er een gekozen om verder uit te werken en er wordt een argumentatie gegeven voor deze keuze.

5.1 Concept toelichting

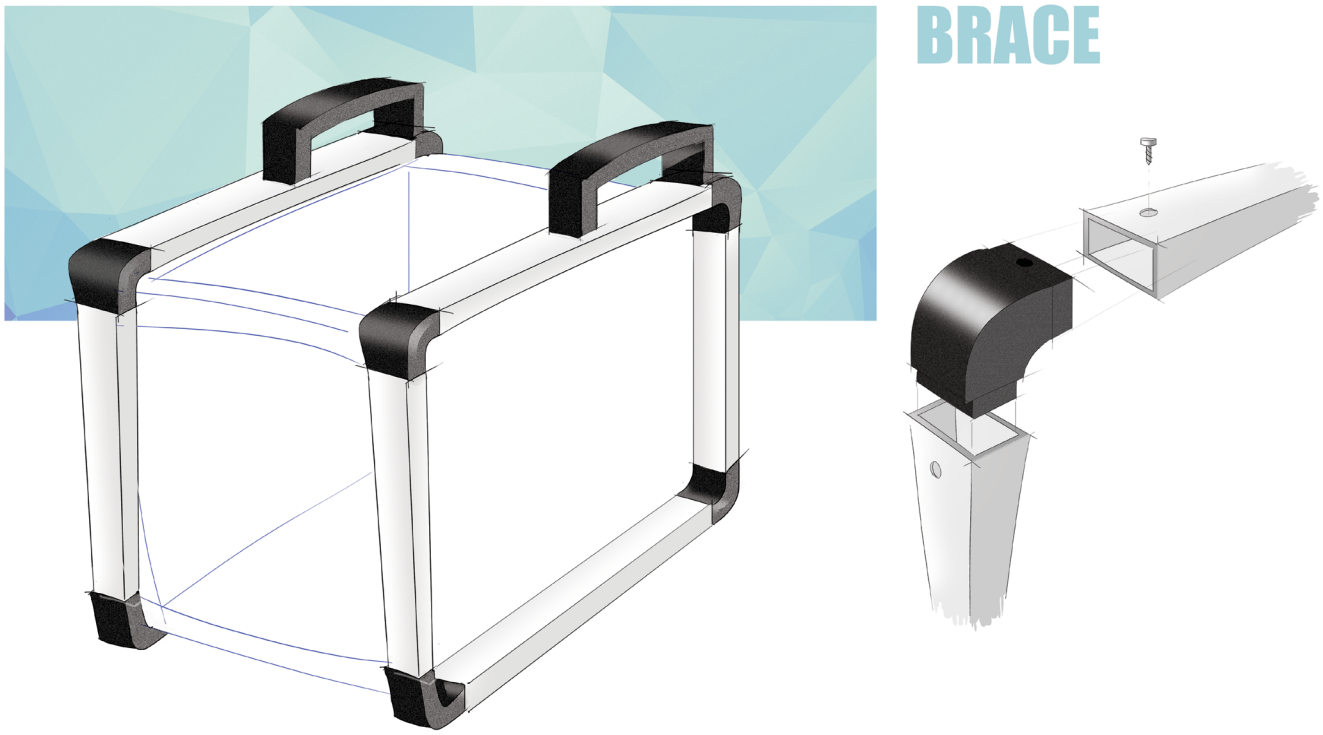
Over elk concept wordt kort verteld wat het is en hoe het werkt. Er wordt stilgestaan bij de uitstraling zoals de ontwerper hem ziet en de ergonomische aspecten van het concept. Verder wordt de produceerbaarheid in acht genomen en overige features besproken. Van elke concept is een presentatietekening gemaakt (fig 5-1).



Figuur 5-1

Brace

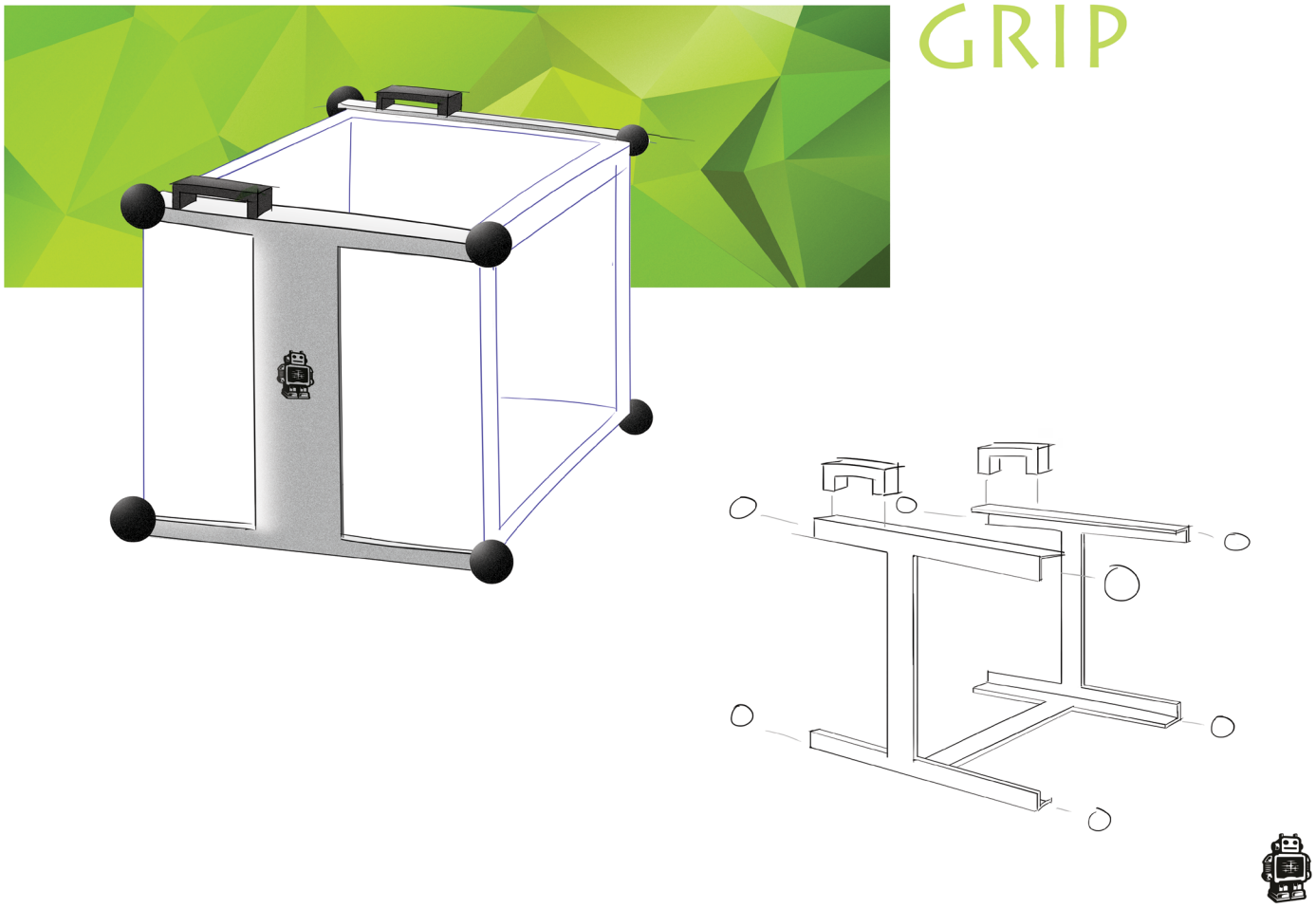
Bij het 'Brace-concept' (fig 5-2) zitten twee metalen frames middels rubberen stoothoeken om de 3D printer geklemd. De stoothoeken zorgen voor bescherming en demping, waar de metalen profielen zorgen voor stevigheid en een kreukelzone bij een harde impact. De uitstraling doet denken aan een metalen koffer en is daarmee zakelijk en clean. De handvatten zitten achterop, dichtbij het zwaartepunt. Door duidelijke handvatten is het de gebruiker meteen duidelijk waar die de printer opgetild kan worden. Met vrij simpele onderdelen zou dit concept middels simpele extrusie- en spuitgietprocessen goedkoop geproduceerd kunnen worden. Na bevestiging hoeft dit concept niet meer losgehaald te worden omdat het 3D-printen niet belemmerd wordt.



Figuur 5-2

Grip

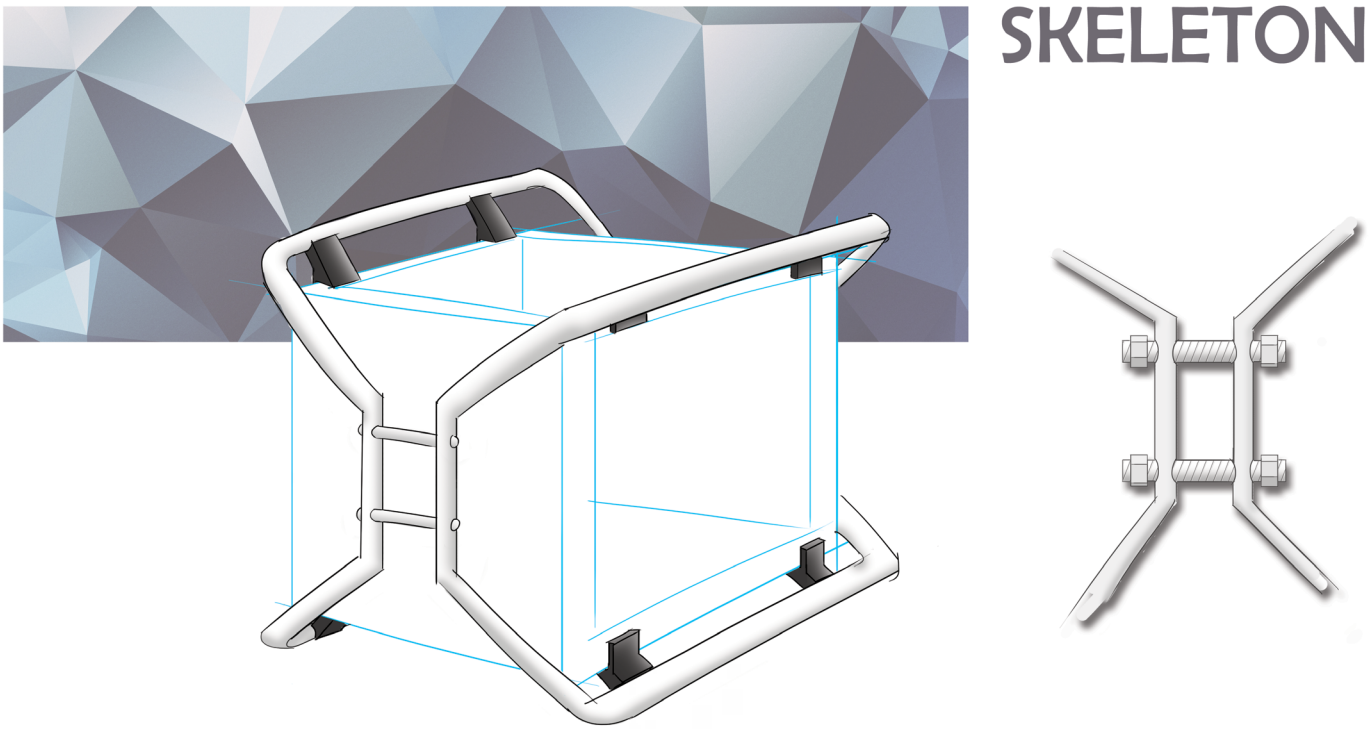
Het 'Grip-concept' (fig 5-3) maakt gebruik van een simpel stevig plaatmateriaal dat gevouwen wordt om de Ultimaker 2. Op de hoekpunten worden stootbollen bevestigd. Deze bieden bescherming tegen vallen en stoten en zorgen dat de Ultimaker 2 ingeklemd wordt in de Grip. De bollen werken verder nog als trillingsdempers en anti-slip. Het heeft een "do-it-yourself" (DIY) uitstraling die mensen van de community wellicht aan zal spreken. De community doet namelijk veel zelf aan DIY. De handvatten zijn bovenop geplaatst en wat meer naar achteren zodat ze boven het zwaartepunt uitkomen. Het is daarmee duidelijk waar de gebruiker het product vast moet pakken. Dit concept is simpel te produceren uit plaatstaal, kunststof of zelfs uit hout met verbindingsstukken. Naast massaproductie, kan het ook door de community zelf geproduceerd worden. Het product kan tot slot permanent geplaatst worden om de Ultimaker 2, maar is ook gemakkelijk los te halen.



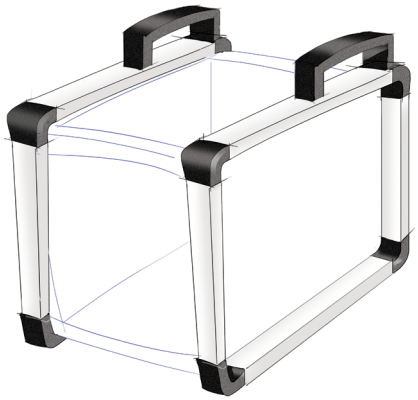
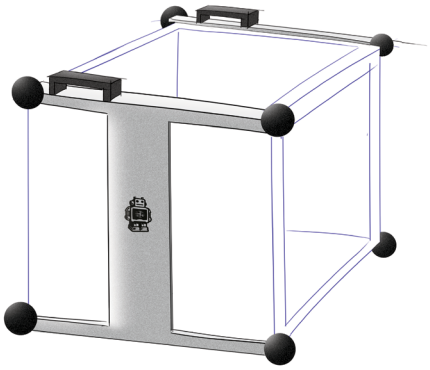
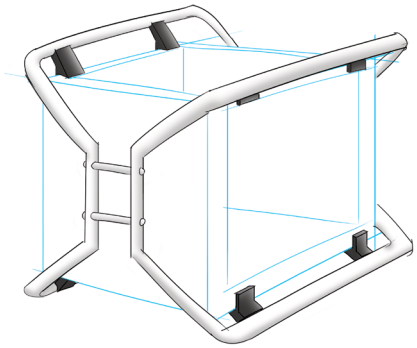
Figuur 5-3

Skeleton

Het 'Skeleton-concept' (fig 5-4) bestaat tot slot uit twee identieke frames die in het midden geklemd worden. Dit zorgt ervoor dat het frame blijft zitten. Monteren van het frame kan middels moeren en bouten maar ook door een klem. Rubberen stootkussens tussen de buizen en de printer bieden bescherming tegen vallen en stoten. Het heeft een stoere en degelijke uitstraling. Er is geen specifieke locatie om vast te houden en de gebruiker kan zelf bepalen waar het product vastgepakt wordt. Dit is waarschijnlijk bovenop met twee handen. Deze wordt met de opening naar de zijkant gedragen. Hierdoor steekt eventueel filamenthouder niet in de buik en kan het dichter bij het lichaam gedragen worden. Het is simpel te produceren door het buigen van buizen en het spuitgieten van rubberen stoot-onderdelen. Het conceptproduct kan permanent blijven zitten.



Figuur 5-4

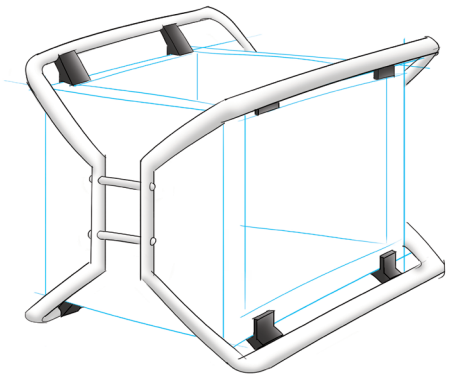
Concept	Voordelen	Nadelen
 Brace	• Zakelijke uitstaling • Permanente bevestiging • Ergonomisch vast te houden • Duidelijke communicatie over waar vast te houden	• Opvallende handvatten • Lastig te demonteren • Weinig stootdemping
 Grip	• Simpel (zelf) te produceren • Ergonomisch vast te houden • Duidelijke communicatie over waar vast te houden • Simpel te (de)monteren	• Opvallende handvatten • Uitstraling is knutselig • Minder stevig door plaatmateriaal
 Skeleton	• Stoere uitstraling • Veel schokdemping • Goedkoop te produceren • Geïntegreerd ontwerp • Overal vast te houden	• Handen niet boven zwaartepunt te plaatsen • veel onderdelen • Ronde buis buigen wordt lelijk

5.2 Concept keuze

De drie concepten zijn naast het Programma van Eisen en wensen gelegd. Hier kwamen alle drie de concepten vrijwel gelijk uit. Alle drie de concepten geven bescherming, maken oppakken gemakkelijk en geven permanent functionaliteit. Daarom is de mening van de opdrachtgever meegewogen in de conceptkeuze.

Er is gesproken met zowel de begeleider van de bachelor opdracht als het hoofd van R&D, een senior engineer en de CEO design van Ultimaker BV. Alle vier hebben zij voorkeur laten blijken voor het Skeleton ontwerp. Zij beargumenteerden onder andere dat het concept speelse uitstraling heeft die de Ultimaker 2 lijkt te doen zweven. Verder is de locatie van vastpakken mooi geïntegreerd in het ontwerp. De gebruiker krijgt hierbij zelf de keuze waar die het product wil vastpakken. Het is bovendien prettig dat de functies van beschermen en mogelijkheid tot vastpakken permanent beschikbaar zijn. Daarnaast is het mogelijk om dit product al voor verscheping te bevestigen en in de doos mee te sturen met de Ultimaker 2, wat bescherming biedt en bijdraagt aan de "unboxing experience". Bovendien is het vrij simpel te produceren en inhouse te assembleren. De CEO design zag tot slot mogelijkheden om middels spacers gemakkelijk meerdere Ultimakers te kunnen stapelen, iets wat nu ook veel gebeurt.
Een volledige verslag van de gesprekken is te vinden in **Bijlage E - Opmerkingen opdrachtgever**

Met een duidelijke voorkeur van de opdrachtgever en passend in het Programma van Eisen werd besloten om het Skeleton-concept verder uit te werken tot eindontwerp. Daarvoor moesten nog enkele aspecten uitgewerkt worden. De vorm en bevestiging van stootrubbers aan het frame moesten bepaald worden. Dit hing samen met de vorm van het profiel van de buizen, die ook bepaald moest worden. Tot slot werd het onderdeel wat de frames verbindt ontworpen en wed de productiemethode uitgewerkt. In dit gedetailleerde ontwerpproces werd de uitstraling van het product in acht te houden. Vanaf hier zal de transportoplossing 'product' genoemd worden.



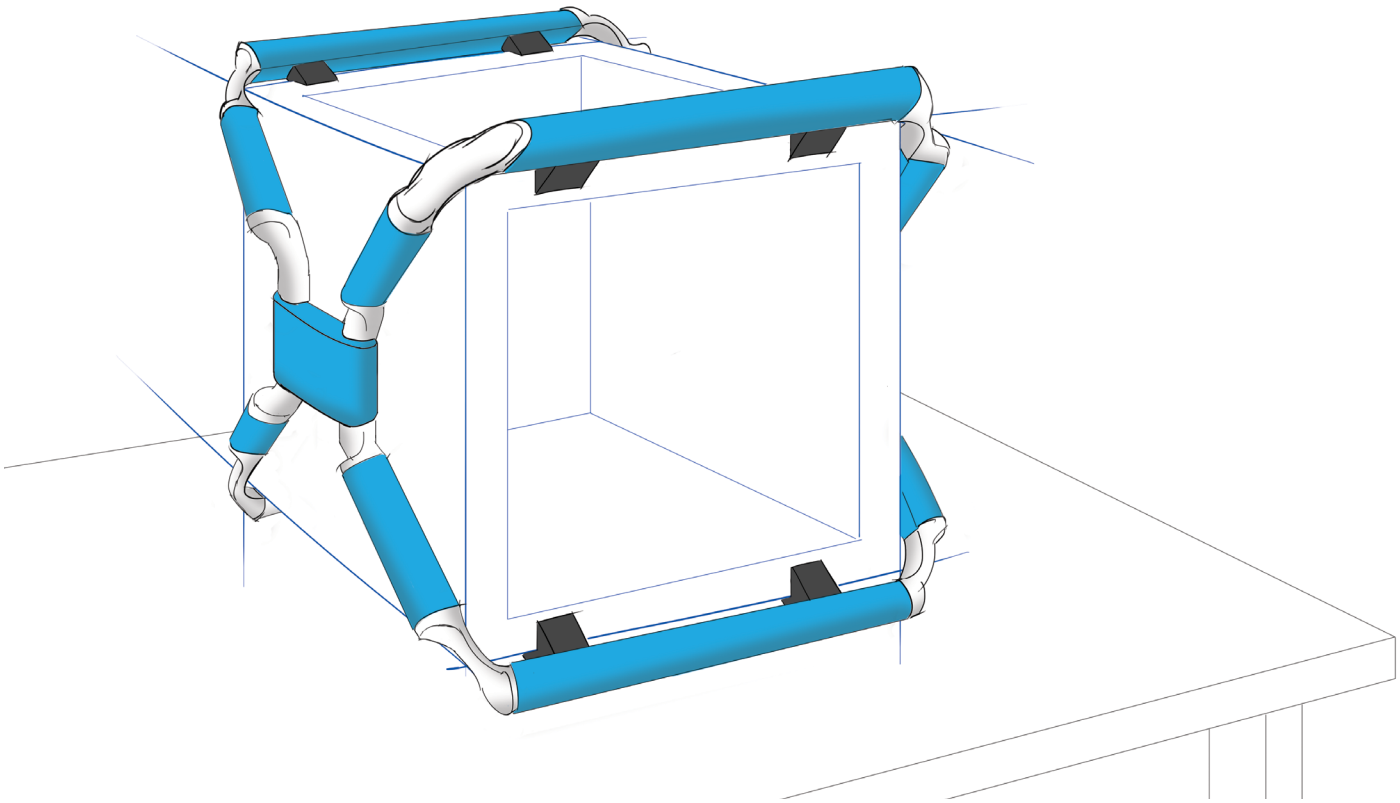
Figuur 5-5

6 Detaillering

Na de keuze voor een specifiek concept beschrijft dit hoofdstuk de detaillering van het product. Eerst is er een presentatietekening van het ontworpen product in paragraaf 6.1. Vervolgens worden de afzonderlijke onderdelen van het ontwerp gespecificeerd in paragraaf 6.2. Deze zijn uitgewerkt tot een CAD model in paragraaf 6.3 In paragraaf 6.4 worden ten slot de specificaties van het ontworpen product gesommeerd.

6.1 Ontwerp

Het product (fig 6-1) heeft vanwege een aantal ontwerp keuzes een lichtelijk ander uiterlijk gekregen dan het 'skeleton-concept'. Deze keuzes worden verder toegelicht in de volgende paragraaf. Op de verbindingsclip na zijn alle onderdelen gemaakt van aluminium. Dit kan middels poedercoating alle wenselijke kleuren krijgen. De clip kan als kunststof ook gemakkelijk een kleur toegewezen krijgen.



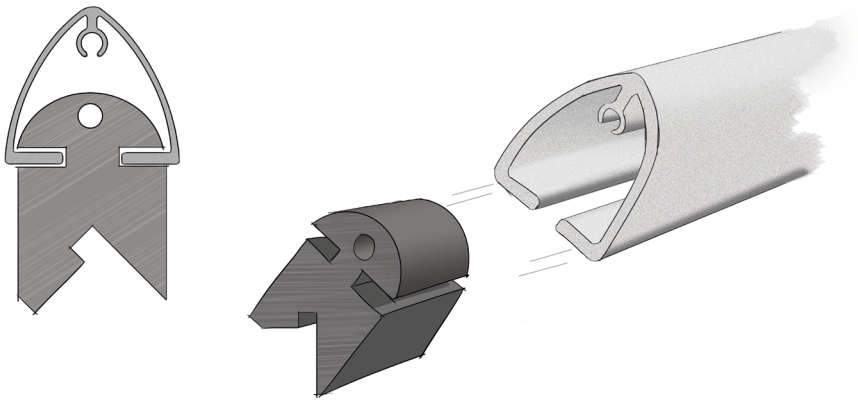
Figuur 6-1

6.2 Onderdelen

In het 'skeleton-concept' is uitgegaan van ronde buizen die simpel gebogen kunnen en waartussen rubberen stootprofielen geklemd kunnen worden. Buigen van ronde profielen levert echter lelijke resultaten op bij de buigpunten. Daarnaast is het buigen van het hele frame uit één stuk een bijzonder complexe handeling. Er is daarom voor gekozen om aluminium buizen te extruderen (fig 6.2). Dit geeft vormvrijheid, daarmee productievrijheid, en een uitstraling die past bij een bedrijf dat kwaliteit wil uitstralen. Hierbij ontstaat echter wel de noodzaak om hoekstukken te ontwerpen. Door de productievrijheid is bijna elk aluminiumprofiel mogelijk om te produceren. Hier zou een uitgebreide studie naar gedaan kunnen worden om te bepalen wat het allerbeste profiel zou zijn dat ergonomie met functionaliteit combineert. Gegeven de beperkte tijd van het gehele onderzoek werd er voor gekozen om hier niet dieper op in te gaan. Er was besloten om een degelijke suggestie te doen die aan alle eisen voldoet uit het PvE en direct op korte termijn door de opdrachtgever in productie kan worden genomen.

Aluminium profiel

Het buisprofiel (fig 6-2) heeft onderaan een afgeronde hoekige vorm, zodat de buis gemakkelijk en comfortabel vast te pakken is. Bovenin is een cirkel geplaatst waarin een schroef kan worden gedraaid. Het is een open profiel met zoveel mogelijk dezelfde wanddiktes om de kosten van productie laag te houden. Op het oppervlak van het profiel kunnen ribbels toegevoegd worden om de grip te vergroten.



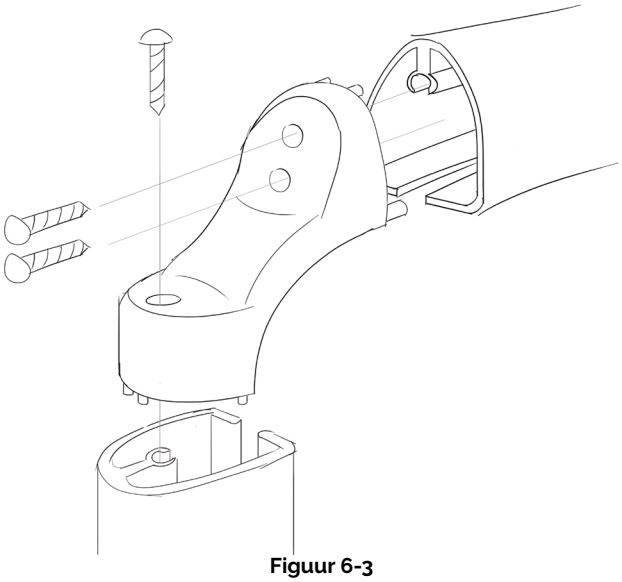
Figuur 6-2

Stootrubbers

Door de vormvrijheid van de aluminium profielen kan gemakkelijk een geëxtrudeerd rubberen profiel in de aluminium buis geplaatst worden. Het profiel (fig 6-2) is onderaan zodanig ontworpen dat het precies op de panelen van een Ultimaker 2 past. Het rubber wordt op zijn plek gehouden door een zelftappende schroef via het hoekstuk. Alles tussen de panelen en het schroefgat is vrij te bepalen. Hier werd gekozen voor een functioneel, recht ontwerp aan de onderkant. Bovenop werd gekozen voor een ronde vorm zodat deze gemakkelijk in de aluminium buisprofiel past. De onderkant zou met uitsparingen meer veerkracht gegeven kunnen worden. De bovenkant zal altijd afhankelijk zijn van de vorm van het aluminium buisprofiel.

Hoekstuk

Om bochten in het frame te maken zijn er aparte hoekstukken ontworpen (fig 6-3). Deze zijn identiek voor alle acht de hoekpunten. De ene kant bevat één gat voor het bevestigen aan het aluminium profiel, de andere kant bevat een extra gat om het stootrubber vast te zetten in de hoek. Dit gebeurt met standaard schroeven. Het buitenprofiel heeft dezelfde buitenvorm als het aluminium profiel. Vier kleine pinnen in het hoekstuk zorgen tot slot dat het profiel niet kan gaan draaien ten opzichte van het hoekstuk. Dit onderdeel kan gemaakt worden door middel van coquille gieten bij lage oplagen. Het model is niet lossend, dat wil zeggen dat de gietmal het model zo omsluit, dat het nergens klemt als de kap verwijderd wordt. Daarom moet bij dit onderdeel gebruik worden gemaakt van een schuif voor het enkele gat dat de andere kant opstaat. Bij grotere oplagen kan het hoekstuk geproduceerd worden door middel spuitgieten. Hiervoor kan het onderdeel in twee helften gegoten worden in de lengte as, deze zijn dan beide lossend. Met een klikverbinding kunnen de onderdelen vervolgens aan elkaar bevestigd worden.



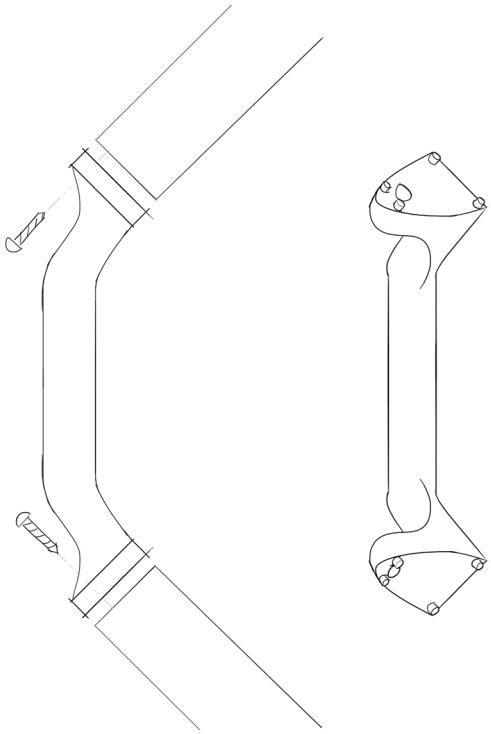
Figuur 6-3

Middenstuk

Het middenstuk van het product (fig 6-4) heeft twee functies: het bovenste gedeelte aan het onderste bevestigen en het voorste gedeelte aan het achterste. Boven wordt aan onder bevestigen door een schroef in het aluminium profiel. Net als een hoekstuk heeft het op het contact punt dezelfde vorm als het aluminium profiel. Ook hier zitten vier kleine pinnen om rotatie onmogelijk te maken.

De verbinding tussen voor en achter wordt gerealiseerd door inklemming. Dit is een makkelijke manier van verbinden waarvoor de producent een gemakkelijk te spuitgieten onderdeel kan gebruiken zoals een clip, die verderop wordt besproken.

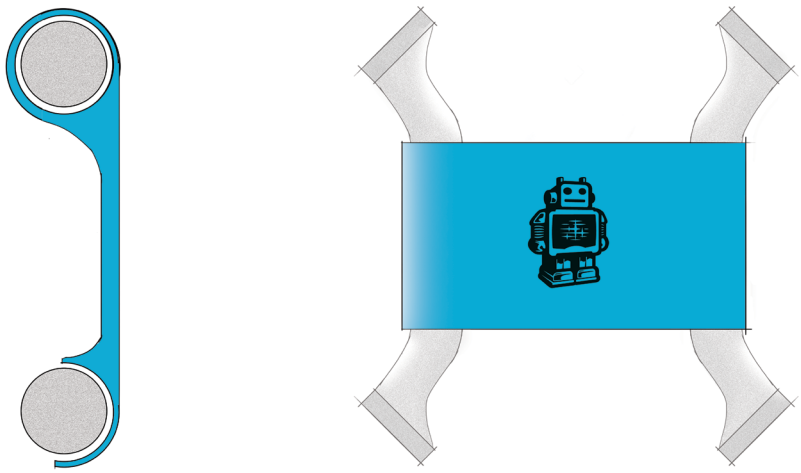
Met coquille gieten kan dit middenstuk vervaardigd worden. Omdat het onderdeel niet lossend is moet gebruik worden gemaakt van een schuif voor één van de gaten. Ook hier kan bij grotere oplagen het onderdeel met spuitgieten, in twee helften in de lengte as, gegoten worden en dan met een klikverbinding aan elkaar bevestigd worden.



Figuur 6-4

Klem

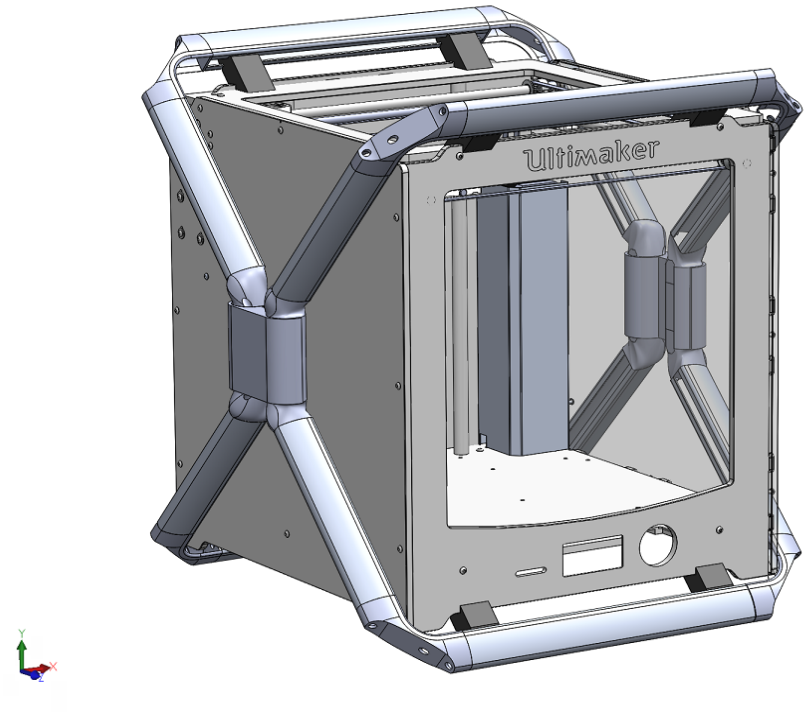
Het onderdeel dat de voor en achterkant bij elkaar houdt is een klem (fig 6-5). Deze kan simpel gegoten worden van kunststof of zelfs met 3D printing worden geproduceerd in kleine oplage. Hiermee kunnen gebruikers eventueel hun product customizen. De clip is aan één zeide volledig omsluitend en aan de andere zijde voor iets minder dan de helft open. Hiermee is de inklemming gemakkelijk te realiseren.



Figuur 6-5

6.3 CAD Model

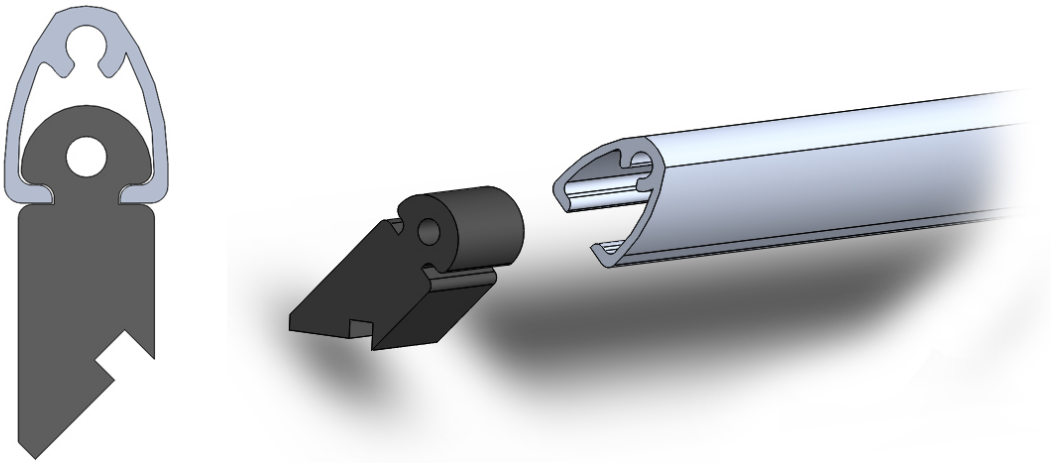
Voor extra duidelijkheid is het ontwerp met de specifieke onderdelen vertaald naar een 3D model in Solidworks (fig 6-6). Bouwtekeningen van elk onderdeel zijn te vinden **Bijlage F - bouwtekeningen.** Van het 3D model zijn ten slotte renderings gemaakt met het computerprogramma KeyShot.



Figuur 6-6

Aluminium profiel

Bij de vertaling naar een 3D profiel zijn enkele verbeteringen aangebracht in het profiel (fig 6-7). Het profiel is smaller en korter gemaakt zodat het lichter is en meer overeenkomt met het originele "Skeleton-concept". Ten slotte is het schroefgat is beter geïntegreerd met het profiel, wat de kwaliteit en kosten ten goede komt.

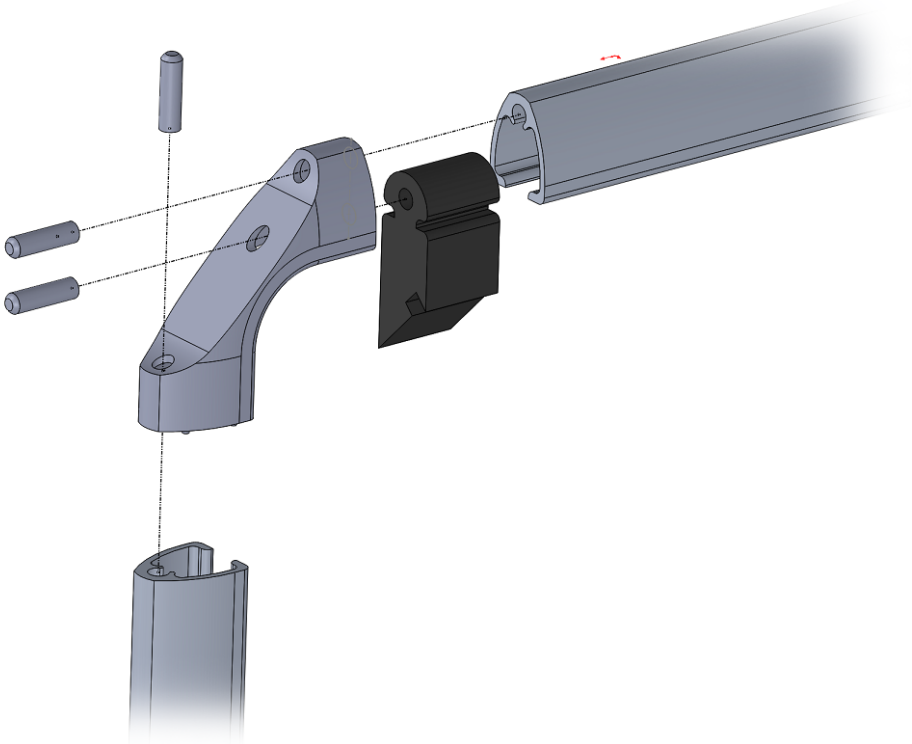


Figuur 6-7

Stootrubbers

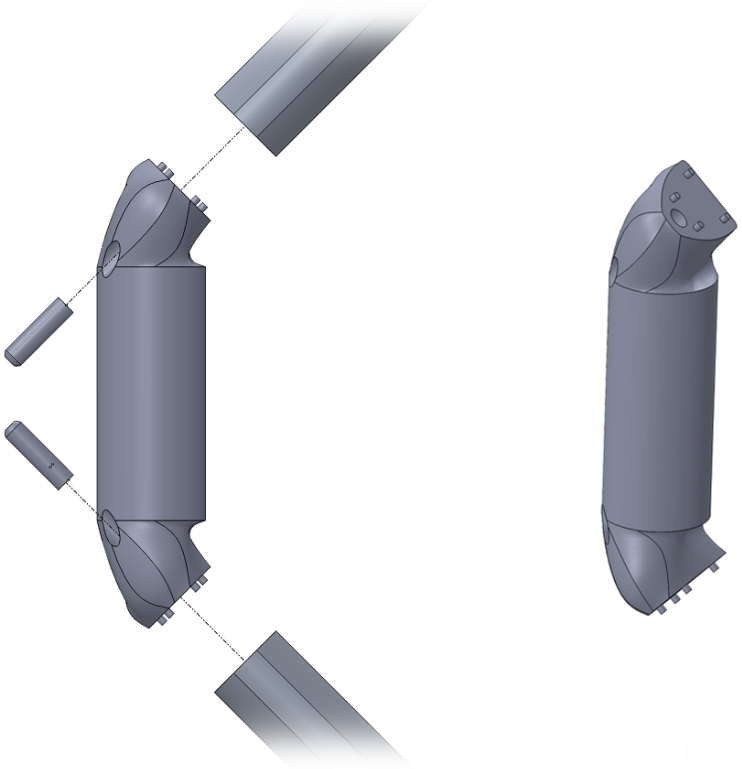
Het stootrubber (fig 6-7) is aangepast op het aluminium profiel. De vorm is smaller gemaakt zodat het rubber in het profiel past. Verder is de kop afgerond zodat deze mooi in het profiel past.

Hoekstukken
De hoekstukken (fig 6-8) zijn aangepast op de vorm van het aluminium profiel. Daarbij is de hoek van 90 graden over een kortere afstand verdeeld zodat er een groter gat in de hoek ontstaat. Dit was nodig om te zorgen dat de hoeken van de Ultimaker 2 iniet tegen het hoekstuk aankomen.



Figuur 6-8

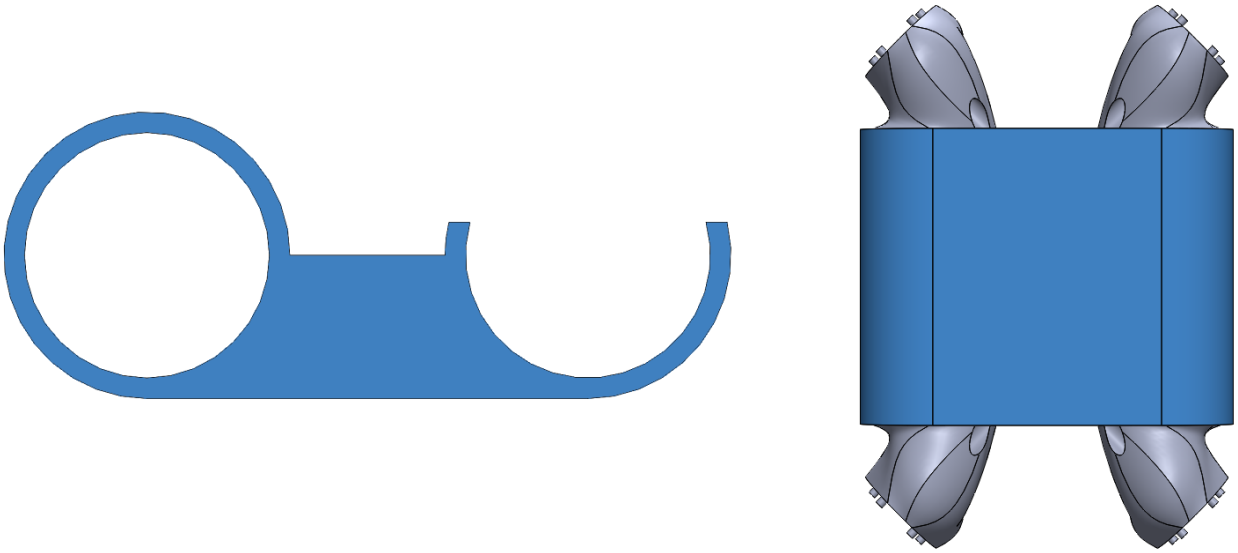
Middenstuk
Het middenstuk (fig 6-9) is korter geworden dan in het initiële eindontwerp. Het middenstuk kan in het uiteindelijke productie-onderdeel een andere vorm krijgen. De overgang tussen cilinder en het aluminium buisprofiel kan slanker en simpeler. Dit verschil is vanwege het feit dat dit onderdeel een hoge complexiteit heeft om goed te modelleren in Solidworks



Figuur 6-9

Klem

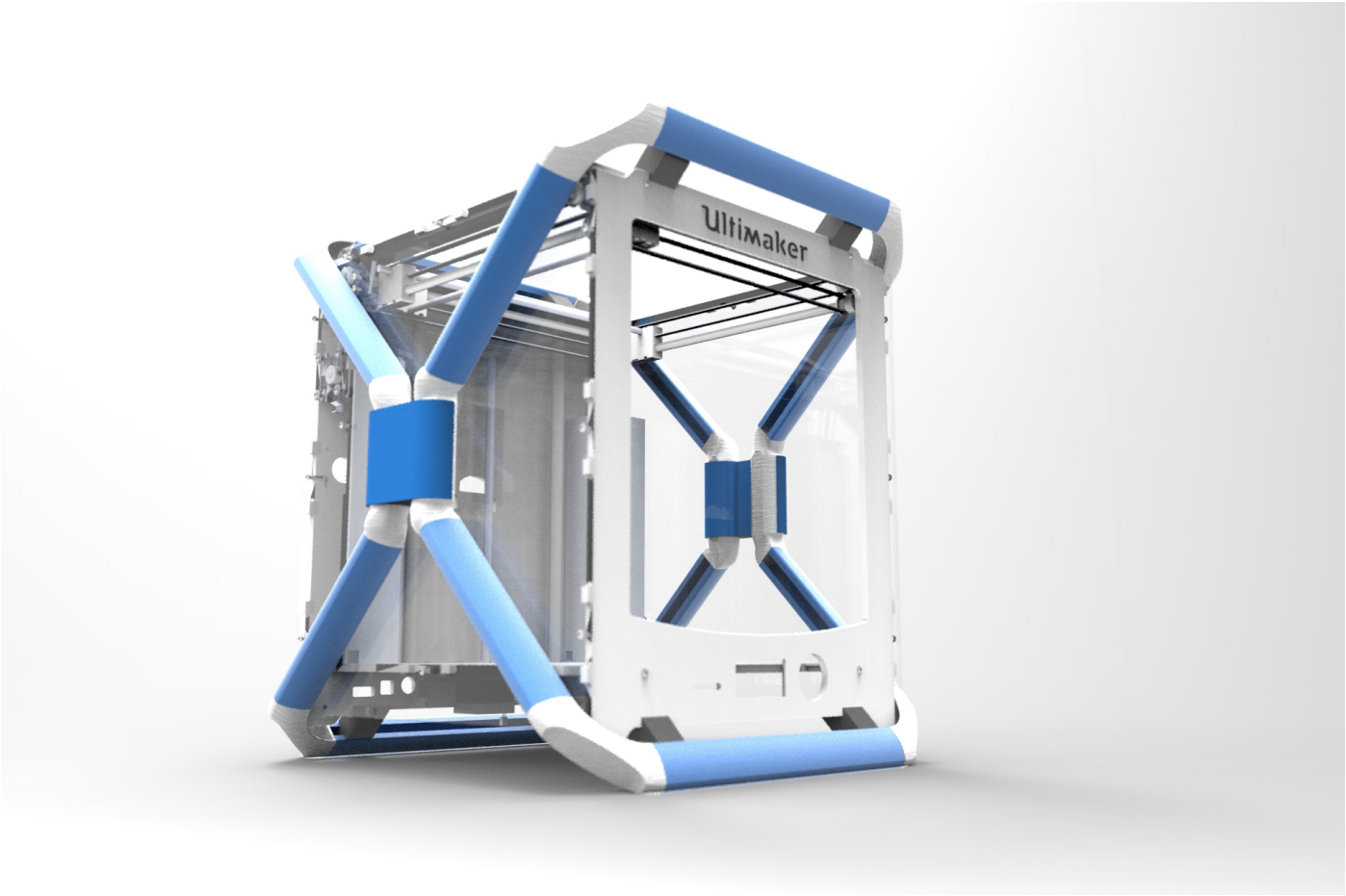
De klem (fig 6-10) is aangepast op de vorm van de middenstukken.



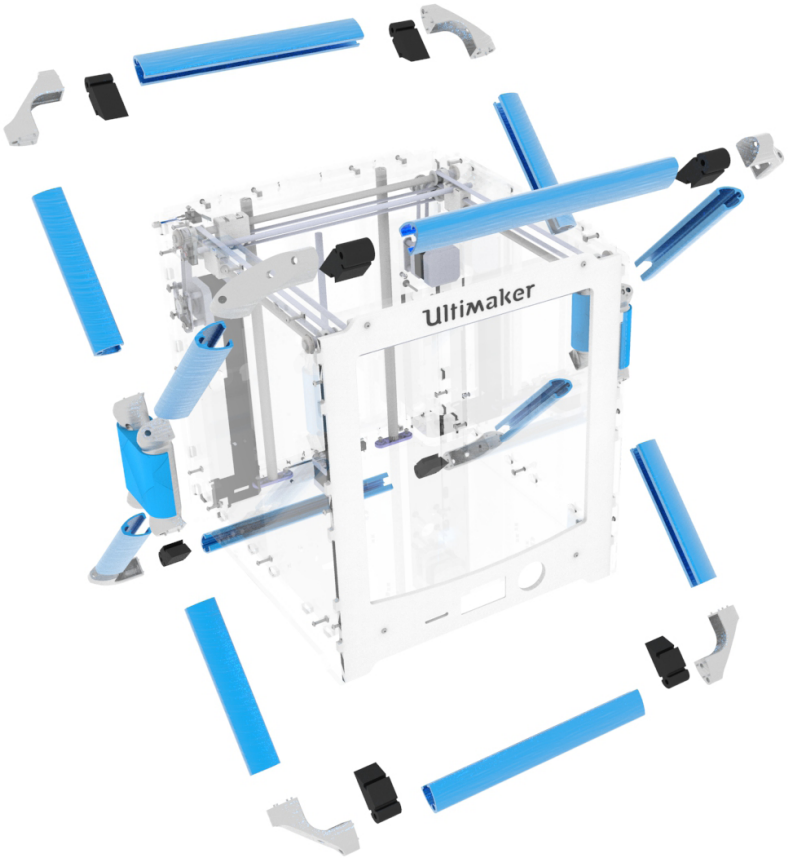
Figuur 6-10

Renders

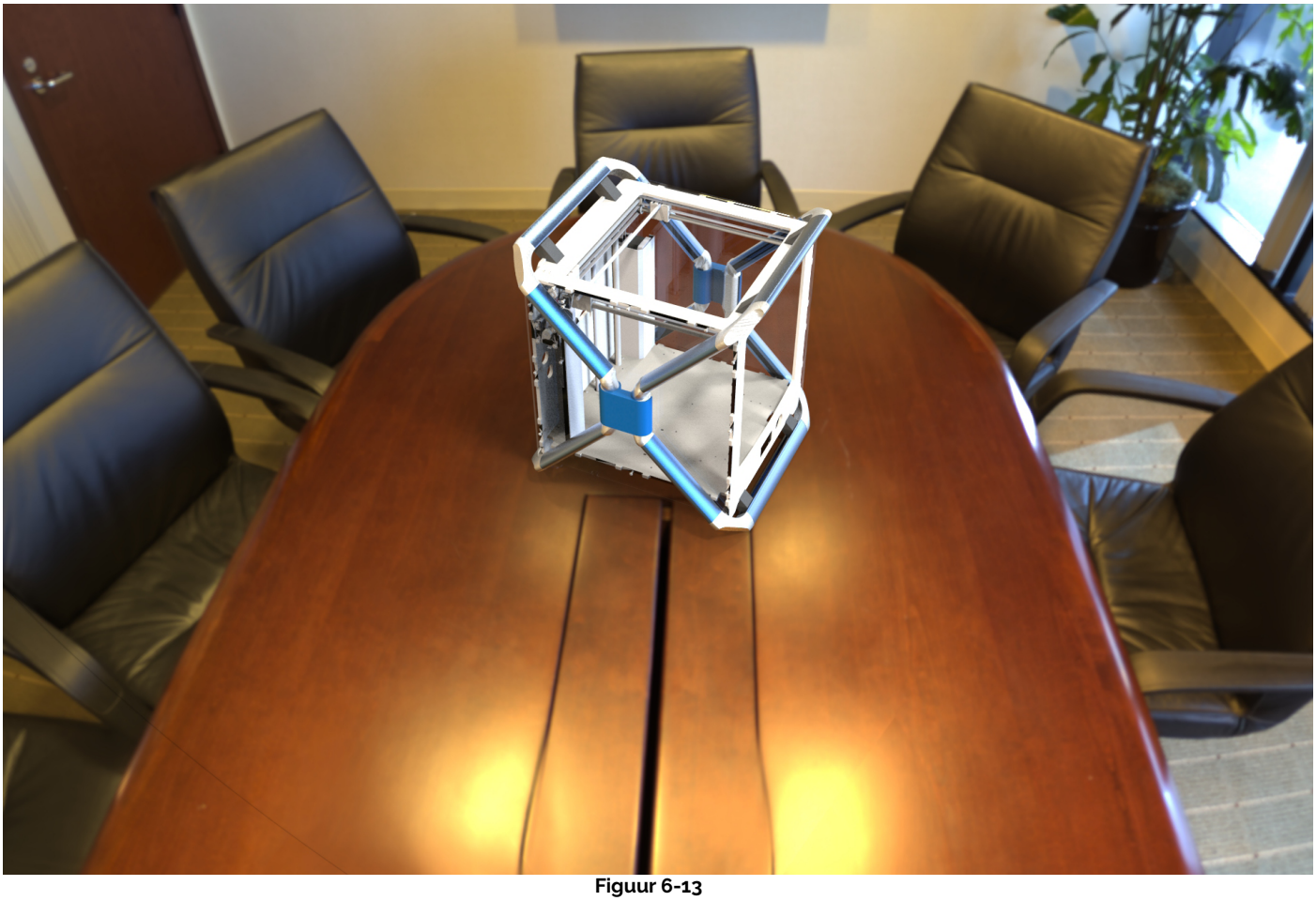
Het 3D-model is met behulp van KeyShot gevisualiseerd in figuur 6-11 en 6-12. Figuur 6-11 is in de kleur van Ultimaker: lichtblauw, maar het product kan ik elke kleur geproduceerd worden. Figuur 6-12 laat een exploded view van het product zien. Figuur 6-13 laat het product in een gebruiksomgeving zien.



Figuur 6-11



Figuur 6-12



Figuur 6-13

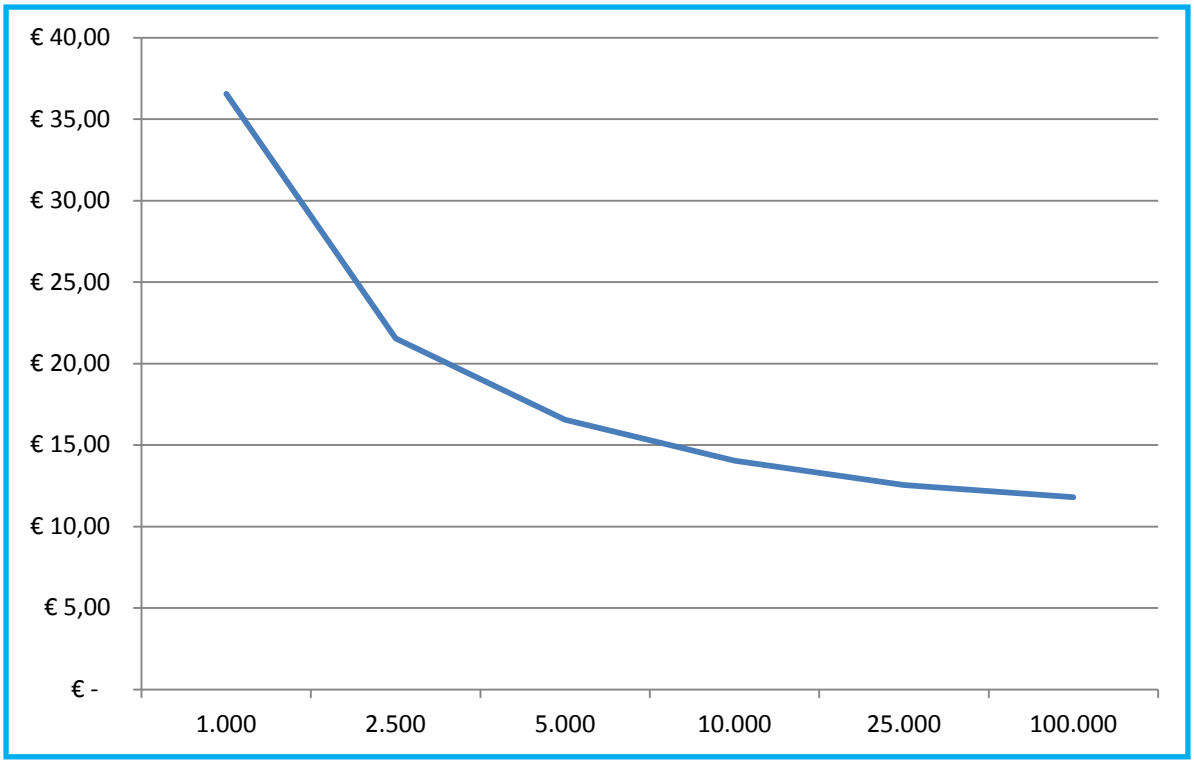
6.4 Specificaties

Gewicht

Gebruikmakend van de analyse van SolidWorks kon bepaald worden wat het gewicht van het product zou worden. Uitgaande van rubber voor de stootkussens, hard kunststof voor de clip en aluminium voor de rest van het frame komt het gewicht uit op 2,5 kg. Dit een toevoeging van 20% ten opzichte van de Ultimaker 2. Hiermee komt het totaal op 15.8 kg, wat onder code groen valt voor tweehandig tillen.
De volledige Solidworks analyse is te lezen in **bijlage G - Gewichtsanalyse.**

Kosten

Doordat de dimensies gespecificeerd waren konden de kosten voor productie bepaald worden. Er is uit gegaan van spuitgieproductie omdat dit beter in te schatten is dan coquillegieten. Door de hoge kosten voor mallen bij spuitgieten is het product volgens de schatting bij lage oplages vrij duur, waarna de prijs per product snel daalt (tabel 6-1). Voor de eerste 1.000 liggen de kosten rond de 35,- euro per product, bij 5.000 stuks zijn de kosten per product al gedaald naar 16,- euro per product.Hierbij zijn overhead kosten niet meegenomen. Er van uitgaand dat de verkoopprijs het dubbele van de kosten is, zal de verkoopprijs tussen de 50,- en 100,- euro komen te liggen. Dit bedrag is doorgaans vrij normaal voor toevoeging aan een product dat 1900,- euro kost. Als er bijvoorbeeld 10.000 stuks à 75,- euro worden verkocht kan een brutowinst van ruim 450 duizend euro worden gerealiseerd (tabel 6-2). De volledige berekening is te vinden in **Bijlage H - Kostenberekening**.



tabel 6-1

€75 verkoopprijs

Oplage	omzet	btw	kosten	winst	Marge	
1.000	€ 75,00	15,75	€ 36,55	€ 22,70	30%	€ 22.700
2.500	€ 75,00	15,75	€ 21,55	€ 37,70	50%	€ 94.250
5.000	€ 75,00	15,75	€ 16,55	€ 42,70	57%	€ 213.500
10.000	€ 75,00	15,75	€ 14,05	€ 45,20	60%	€ 452.000
25.000	€ 75,00	15,75	€ 12,55	€ 46,70	62%	€ 1.167.500

tabel 6-2

Eigenschappen

Het gekozen ontwerp met de hiervoor beschreven onderdelen en productiemethoden, ontworpen naar het gestelde Programma van Eisen heeft de volgende eigenschappen:

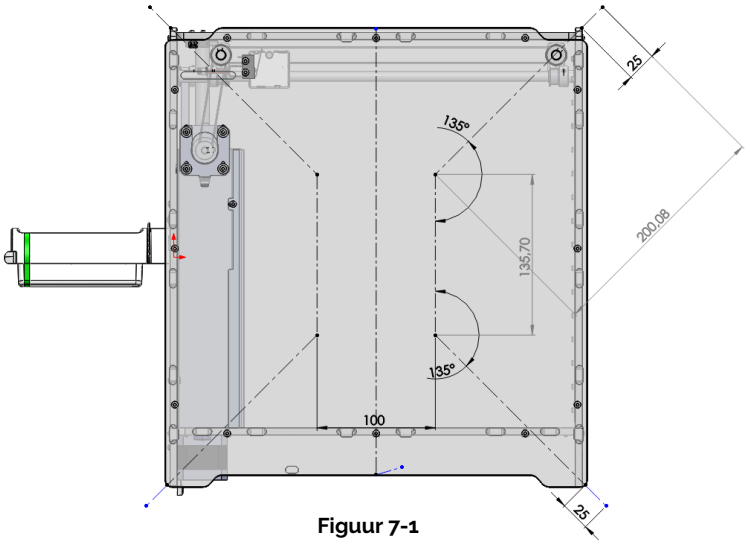
- Afmetingen 420 x 400 x 420 mm
- Gewicht van 2,5 kg
- Gemakkelijk vast te pakken en te verplaatsen
- Frame en stootrubbers beschermen tegen stoot- en valschade
- Makkelijk te produceren onderdelen
- Standaard gereedschappen en schroeven om te bevestigen
- Gemakkelijk uitwisselen van onderdelen laat modulaire toevoegingen toe
- Makkelijk schoon te houden en onderhoudsarme materialen
- Passend op Ultimaker original en Ultimaker 2
- Kan tijdens gebruik om printer blijven zitten
- Bestemd voor de high-end consumentenmarkt
- Past in een woon- en werkomgeving

7 Prototype

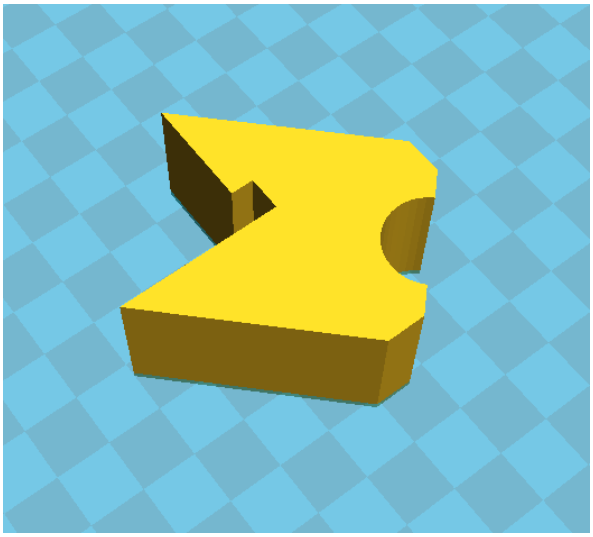
Om tot slot een houvast en een gevoel van dimensies te krijgen bij het product is een werkend zichtmodel gemaakt. Hiervan worden de onderdelen beschreven in paragaraaf 7.1. In paragraaf 7.2 wordt het prototype in gebruik getoond.

7.1 Onderdelen

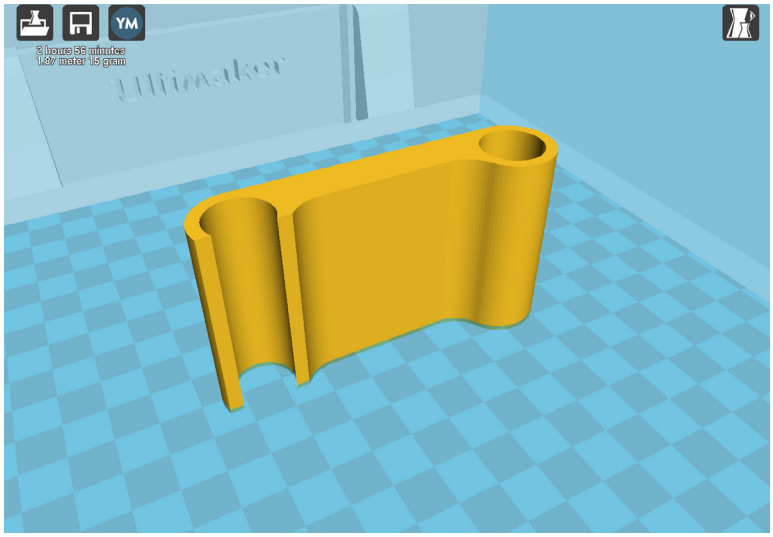
Het prototype bestaat voornamelijk uit onderdelen die te krijgen zijn bij de bouwmarkt. De overige onderdelen zijn middels 3D-printen vervaardigd. De buizen rondom zijn gasbuizen. De benodigde lengte hiervan is bepaald met een Solidworks-model (fig 7-1). De hoekstukken zijn verbindingselementen voor gasleidingen in hoeken van 45 en 90 graden. Deze zijn vastgelijmd aan de buizen. De bumpers (fig 7-2) zijn aangepast voor het gebruik van buizen en geprint met een 3D printer. Waarvoor hard kunststof gebruikt is, omdat dat gemakkelijker te vervaardigen is. Hierdoor is het niet stootdempend. De clip (fig 7-3) is ook geprint met een 3D printer en is aan een kant roterend en aan de andere klemmend.



Figuur 7-1



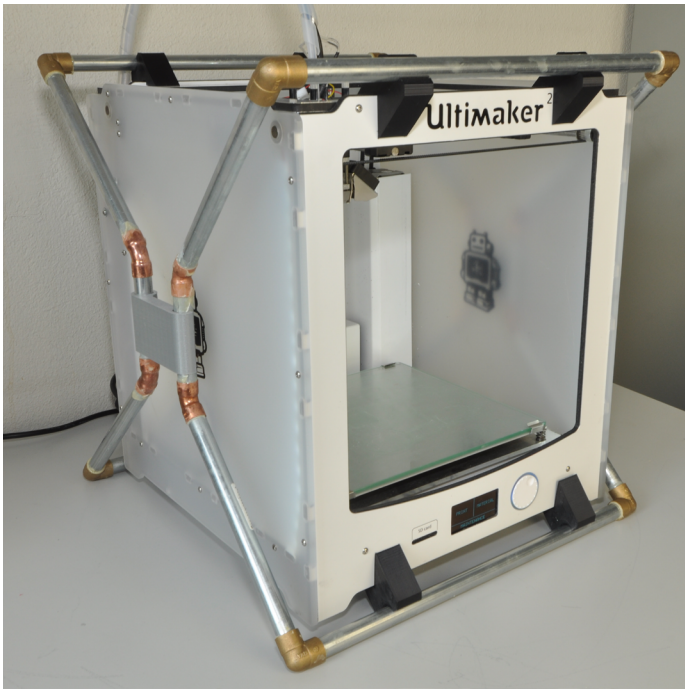
Figuur 7-2



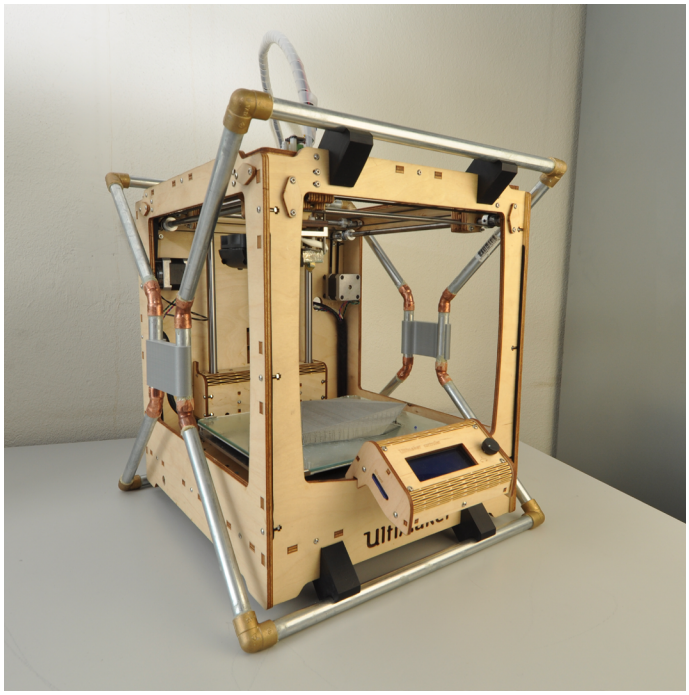
Figuur 7-3

7.2 Prototype in gebruik

Het prototype is vrij gemakkelijk te bevestigen. De functionaliteit van de printer blijft behouden en het prototype past goed om de Ultimaker 2. Het prototype heeft echter niet de uitstraling die bij de Ultimaker 2 past. Als het prototype met de materialen, bepaald in het ontwerp, gemaakt wordt zal deze uitstraling wel kloppen. Het prototype blijkt ook goed te passen op de Ultimaker original. Hierbij past de uitstraling wel erg goed. Als de klemmen goed dicht zitten is het mogelijk om beide Ultimaker printers zonder problemen op te tillen.

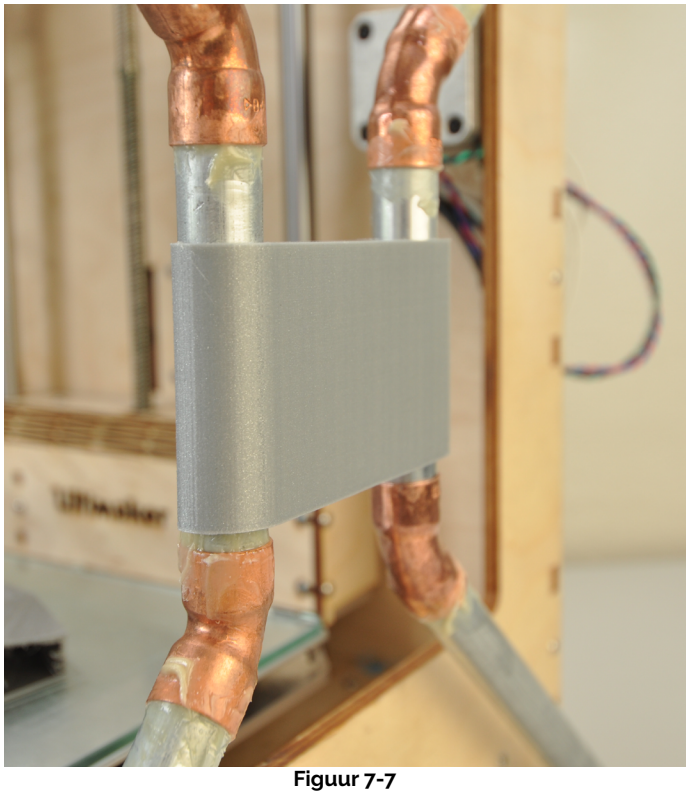


Figuur 7-4



Figuur 7-5

Figuur 7-6



Figuur 7-7

8 Evaluatie

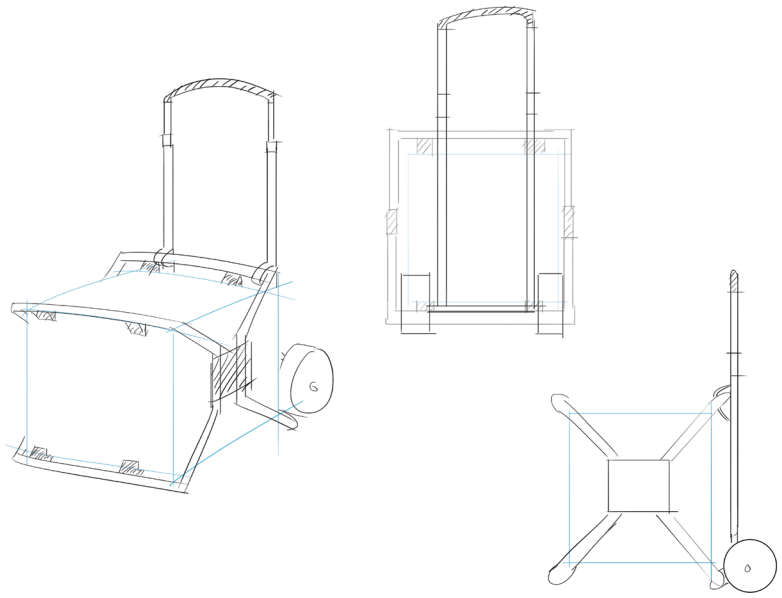
Ter afsluiting van het ontwerpprocess wordt het product en proces geëvalueerd. Paragraaf 8.1 doet aanbevelingen om het product verder te verbeteren. Paragraaf 8.2 evalueert het product aan de hand van het Programma van Eisen. Ten slotte wordt in paragraaf 8.3 en paragraaf 8.4 het proces geëvalueerd middels discussie en conclusie.

8.1 Product aanbevelingen

Om het uitgewerkte model nog verder te perfectioneren en aanvullende gebruikersopties te bieden kunnen er extra functionaliteiten toegevoegd worden aan het product. Enkele ideeën hiervoorworden kort gepresenteerd, zonder gedetailleerde uitwerking. Deze ideeën illustreren de mogelijkheden om het ontwerpproces te upgraden.

Rol module

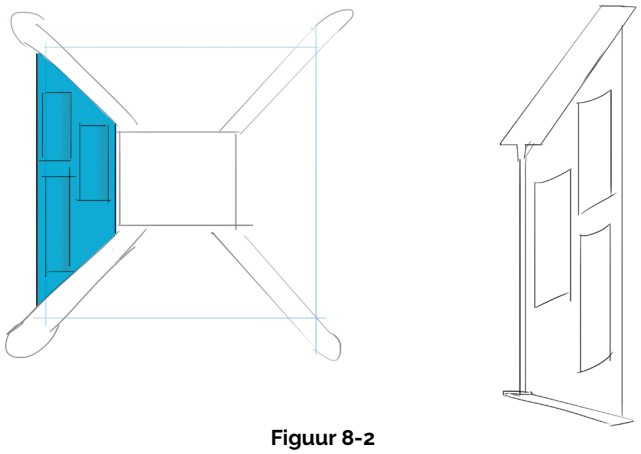
Een rolmodule geeft de mogelijkheid om langere afstanden met rollen te overbruggen. Deze zou bevestigd kunnen worden aan het frame met simpele klemmen (fig 8-1). Voor een meer permanente oplossing zouden de profielen van het frame vervangen kunnen worden met profielen die aan de rolmodule bevestigd zijn. Dit is zeer handig voor fysiek minder sterke gebruikers. Of voor transporten over langere afstanden over gladde oppervlaktes, zoals bij beurzen of scholen.



Figuur 8-1

Gereedschap module

Gebruikers maken vaak gebruik van een aantal gereedschappen om de Ultimaker te onderhouden en de kwaliteit van de prints te verhogen. De meest gebruikte tools zijn een combinatietang, Pritt stift en een plamuurmes. Deze zouden gemakkelijk mee genomen kunnen worden in een zakje (fig 8-2). Dit zakje kan op verschillende manier aan het frame bevestigd worden. Eén van de gemakkelijkste is bevestiging via een profiel dat in het buisprofiel past.



Figuur 8-2

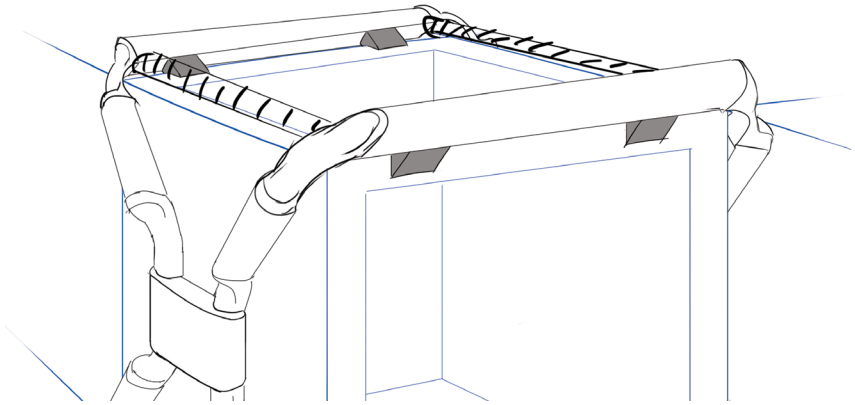
Verlichting

De aluminium profielen zijn met hun holle aard zeer geschikt om extra functionaliteiten toe te voegen en kabels door te voeren. Zo zouden er led strips in of tegen de profielen aan kunnen worden bevestigd om een bijzondere verlichting te realiseren op de Ultimaker 2 (fig 8-3).

Figuur 8-3

Dwarsframe

Doordat het frame dwars staat is het zwaartepunt van de printer tijdens vervoer nu niet gecentreerd. Hierdoor moet een arm meer kracht leveren dan de ander. Hiervoor zouden extra buizen in de lengte richting uitkomst kunnen bieden. In figuur 8-4 is hier suggestie gedaan waar de gearceerde delen dwarsbuizen zijn.



Figuur 8-4

8.2 Productevaluatie op basis van het Programma van Eisen

Aan het eind van het ontwerpproces is gekeken of het product voldoet aan de gestelde eisen en wensen. Hiervoor wordt voor elke eis en wens apart beschreven of er aan de eis of wens (deels) is voldaan.

1 **Het product dient de Ultimaker 2 te beschermen tegen beschadigingen**
De stootkussens zullen de grootste klap opvangen bij vallen en stoten. Hoewel de exacte bescherming niet is getest, is aan deze eis is waarschijnlijk voldaan.

2 **Het product dient de gebruiker in staat te stellen de Ultimaker 2 op tenminste 35 cm van de grond vast te pakken middels de handen op een ergonomische manier**
Door de profielen kan de gebruiker de Ultimaker 2 beter en hoog vastpakken. Aan deze eis is dus voldaan.

3 **Het product biedt permanent bescherming**
Het frame kan permanent blijven zitten terwijl de functionaliteiten van de printer blijven be houden en het product bescherming biedt. Aan deze eis is daarmee voldaan.

4 **Het product biedt permanent draagmogelijkheid**
Het frame kan permanent blijven zitten terwijl de functionaliteiten van de printer blijven behouden en het product draagmogelijkheid biedt. Aan deze eis is daarmee voldaan.

5 **Het product maakt het gemakkelijker om de Ultimaker 2 in de auto te vervoeren**
De Ultimaker kan 2 nu gemakkelijker in een auto getild worden en met een gordel vast gezet worden. Verder worden trillingen tijden het rijden gedempt Aan deze eis is daarom voldaan.

6 **Het product geeft de gelegenheid om ten minste 1 filament rol en de voeding mee te nemen**
Het product levert geen nieuwe mogelijkheid om de voeding en filament mee te nemen maar belemmert ook niet de manier waarop het tot nu toe vervoerd wordt. Aan deze eis is gedeeltelijk voldaan.

7 **Het product maakt buiten transport de Ultimaker maximaal 20% groter in de X, Y en Z richting (Respectievelijk 10cm, 7cm en 11 cm. Totaal 60cm, 42 en 66 cm)**
De uiteindelijke maten passen binnen deze maten. Aan deze eis is dus voldaan.

8 **Het product heeft een high-end uitstraling die goed staat in een kantoor- of thuis omgeving en sluit aan bij de Ultimaker 2**
Met de mogelijkheid tot het kiezen van alle kleuren en voornamelijk metalen onderdelen is aan deze eis voldaan.

Wensen

1 **Het product is ook bruikbaar voor de Ultimaker Original**
Het prototype leende zich ook voor de Original. Aan deze wens is voldaan.

2 **De adapter is permanent functioneel plaatsbaar in het product**
Aan deze wens is niet voldaan

3 **Het product kan de printer 15 minuten laten printen op accu voeding laten printen**
Aan deze wens is niet voldaan

4 **Het product biedt de mogelijkheid om de temperatuur in de Ultimaker te verhogen tot 70 °C**
Aan deze wens is niet voldaan

5 **Het product biedt de mogelijkheid om de Ultimaker 2 met wielen te verplaatsen**
Met een aanvullende module is dit mogelijk. Aan deze wens is daarom gedeeltelijk voldaan.

6 **Het product kan mee verpakt worden voor verscheping met de Ultimaker printer**
Hier is nog geen specifiek ontwerp voor gemaakt. Het extra ruimte gebruik is echter dermate klein dat het met kleine aanpassingen in de verpakking wel mogelijk zou zijn. Aan deze wens is daarom gedeeltelijk voldaan.

7 **Het product biedt bescherming tegen de regen**
Aan deze wens is niet voldaan

8.3 Discussie

Tijdens het project is tegen een aantal dingen aangelopen waarvan achteraf gezegd kan worden dat dit wellicht beter kan, anders kan, of uitgezocht dient te worden.

De enquête was vooral bedoeld voor gebruikers van de Ultimaker 2. De opdrachtgever was echter terughoudend om een enquête naar het gehele klantenbestand te versturen. Daarom is het vooral onder de community verspreid en werknemers van Ultimaker. Hierbij zaten relatief veel gebruikers van de Ultimaker Original wat wellicht een vertekend beeld heeft gegeven. Daarnaast was de enquête kwantitatief opgesteld waarbij veel om eigenschappen is gevraagd. Deze eigenschappen zijn later door de ontwerper geïnterpreteerd tot specificaties voor het te ontwerpen product. Hier is een subjectieve slag gemaakt waar een vervolg enquête of interview betere resultaten zou opleveren. Dit was echter moeilijk haalbaar in het tijdsframe van de opdracht.
Het uiteindelijke ontwerp leent zich voor grootschalige productie maar assembleren van het product is niet uitgewerkt. Dit zou bij grote oplage van geassembleerde producten een tegenvaller kunnen zijn.
Er is veel aandacht besteed om het ontwerp bescherming mee te geven. Maar hier is niet theoretisch berekend of empirisch bepaald tot welke krachten het product beschermt. Hiervoor zou een vervolgonderzoek moeten komen.

8.3 Conclusie

Ultimaker BV gaf de volgende opdracht:

Ontwikkel een oplossing om het transporteren van de Ultimaker 2 gemakkelijker en veilig te maken.

Dit onderzoeksrapport heeft laten zien hoe aan deze opdracht invulling is gegeven. In het eerste gedeelte is analyse opgezet. Hierin kwamen onder andere specificaties, opdrachtgever en gebruikers langs. De bevindingen van deze analyse zijn vertaald naar een Programma van Eisen en Wensen. Binnen dit kader is een ideeëngeneratie gehouden wat naar een conceptfase leidde. Hierin werden 3 concepten gepresenteerd en is er in overleg met de opdrachtgever tot een keuze gekomen. Van het gekozen ontwerp zijn ten slotte de onderdelen gespecificeerd en is het ontwerp gepresenteerd in digitale tekening, een CAD model en een prototype.

Het proces zelf is goed verlopen. De analyse fase ging snel van start en had enkel wat vertraging door het wachten op respondenten. De ideeën en conceptfase verliep volgens schema waardoor aan het einde zelfs tijd bleek om een prototype te bouwen. De verslaglegging is in eerste instantie zeer puntsgewijs gedaan waardoor en nog veel aangepast moest worden. Hierdoor heeft het iets langer geduurd dan wenselijk maar met de goede begeleiding is alles goed verlopen. Met de bedrijfsbegeleider is wekelijks contact geweest en is er veel inhoudelijke feedback gekomen. Met de begeleider vanuit de universiteit is gemiddeld eens in de twee weken een contact moment geweest om het proces te bespreken.

Het uiteindelijk ontworpen product is wellicht niet het eerste idee wat iemand zal hebben bij het doel om de mobiliteit te vergroten, veel mensen kwamen met het idee om sowieso wielen te gebruiken. Het ontworpen product verlicht niet direct de last maar maakt het ergonomisch dragen wel significant beter. Het is daarmee wel degelijk wat de gebruikers van het product graag willen: bescherming en een eenvoudige manier van transporteren. Binnen het gevonden kader is een uitstekende oplossing gevonden. Dit blijkt uit de toetsing aan de hand van het programma van eisen maar ook dat de opdrachtgever heeft aangegeven blij te zijn met de resultaten.

Referenties

fig 1-1
Overgenomen van “Extremely fat extrusion with a 1 mm nozzle” (2012), door Jeremie Francois. Verkregen op “http://www.tridimake.com/2013/07/extremely-fat-extrusion-with-1-mm-nozzle.html”

fig 1-2
Overgenomen van “Ultimaker store, PLA ultimaker blue” (g.d.). Door Ultimaker BV. Verkregen op “https://www.ultimaker.com/products/pla-ultimate-blue”

fig 1-3
Overgenomen van “Olaf Diegel’s 3D-printed Guitars available on Cubify” (2012). Door Olaf Diegel. Verkregen op “http://www.3ders.org/articles/20121030-olaf-diegel-3d-printed-guitars-available-on-cubify.html”

fig 1-4
Overgenomen van “10 Things 3D Printers Can Do Now!” (2008). Door Joseph Flaherty. Verkregen op “http://replicatorinc.com/blog/2008/11/10-things-3d-printers-can-do-now/”

fig 1-5
Aangepast van “Ultimaker store, Ultimaker Original” (g.d.). Door Ultimaker BV. Verkregen op “https://www.ultimaker.com/spree/products/104/carousel/Ultimaker-Original.png”

fig 1-6
Overgenomen van “Ultimaker 2”. Door “Make:” (2013). Verkregen op “http://makezine.com/review/guide-to-3d-printing-2014/ultimaker-2”

fig 2-1
Overgenomen uit “Ultimaker 2 User manual” (2013). . Door Ultimaker BV

fig 2-4
Overgenomen van “Short analysis: Ultimaker 2 vs Makerbot Replicator 2” (2013). Door “The 3D printing space”. Verkregen op “http://the3dprintingspace.com/blog/2013/9/27/short-analisys-ultimaker-2-vs-makerbot-replicator-2”

fig 2-5
Overgenomen van “Formlabs creates low-cost 3D printer” (2012), Door “Wired”. Verkregen op “http://www.wired.co.uk/news/archive/2012-09/27/formlabs-3d-printer”

fig 2-6
Overgenomen van “MAKERBOT REPLICATOR 2, Impresora 3D MakerBot Replicator™ 2 (g.d.). Door “FAB LAB BCN”. Verkregen op “http://www.fablabbcn.org/maquinas/makerbot-replicator-2/”

fig 2-7
Overgenomen van “UP! Plus 2 3D Printer (Black)” (g.d.). Door “Robotshop”. Verkregen op “http://www.robotshop.com/en/up-plus-2-3d-printer-black.html”

fig 2-8
Overgenomen van “Pierotucci Leather Business Briefcase with top handles, firm grain” (g.d.). Door “Pierotucci”. Verkregen op “http://www.pierotucci.com/bags/work_office/Pierotucci_Leather_Business_Briefcase_with_top_handles_firm_grain_28.htm”

fig 2-9
Aangepast van “Liberty Mutual Manual Material Handling Tables” (g.d.). Door “Ergonomics Image Gallery”. Verkregen op “http://libertymmhtables.libertymutual.com/CM_LMTablesWeb/taskAnalysis.do?action=initTaskAnalysis&pTaskCode=LMT07M”
fig 2-10
Overgenomen van “Backpack fridge with traveller dishes” (2008). Door Sebastian Bertram. Verkregen op “http://www.yankodesign.com/2008/03/13/backpack-fridge-with-traveller-dishes/”

fig 2-11
Overgenomen van “Bellino Rolling Briefcase” (g.d.). Door “HayNeedle”. Verkregen op “http://www.hayneedle.com/product/bellinorollingbrief.cfm”

fig 2-12
Overgenomen van “Matador Steekwagen met vaste steek max 200kg” (g.d.). Door “Handelsonderneming Antoon Jansen”. Verkregen op “http://www.hoajansen.nl/index.php/intern-transport/steekwagen-met-vaste-steek-de-eco-truck.html”

fig 2-13
Overgenomen van “Carucior transport marfa 300 Kg - MANNESMANN - M00930” (g.d.). Door “Scule-Expert”. Verkregen op “http://www.scule-expert.ro/272~arucioare--Roabe--Sisteme-de-transport/1080-C--rucior-transport-marfa-300-Kg---MANNESMANN.html:”

fig 2-14
Overgenomen van “BIER ASSORTIMENT” (g.d.). Door “De Bierkrat”. Verkregen op “http://www.debierraket.nl/bier-assortiment.html”

Bijlagen

Ultimaker transport oplossing
Rutger J. Pull
S0203149

Bijlage A - Plan van aanpak

Deelvragen

1. Wat zijn de bematingen en beperkingen van de Ultimaker
    a. Wat zijn de buitenste maten van een Ultimaker
    b. Welk gewicht moet er verplaatst worden
    c. Kunnen onderdelen los gehaald worden
    d. Wat zijn de kwetsbare onderdelen van een Ultimaker

2. Welke concurende producten zijn er op de markt
    a. Welke verschillende producten zijn er voor transport
    b. In welke prijsklassen vallen deze producten
    c. Wat zijn de mechanische kenmerken van deze producten

3. Welke manieren van transport zijn er
    a. Welke groepen van transport zijn er
    b. Wat zijn de voor en nadelen van deze groepen
    c. Voor welke toepassingen worden welke manieren gebruikt
    d. Wat zijn de maximale toelaatbare belastingen
    e. Welke veiligheid eisen zijn er

4. Welke gebruikssituaties van transport zijn er nu voor de Ultimaker
    a. Voor welke doelgroep wordt het product ontworpen
    b. Wanneer transporteert iemand een Ultimaker
    c. Waarom transporteert iemand een Ultimaker
    d. Op welke wijze wordt de Ultimaker nu getransporteerd

5. Wat zijn eisen van gebruikers.
    a. Welke functies vinden gebruikers noodzakelijk
    b. Welke eigenschappen vinden gebruikers het belangrijkst

6. Wat zijn de eisen van de opdrachtgever
    a. Wat is hun visie op de toekomst van de 3D printer
    b. Welke functies vinden zij noodzakelijk
    c. Welke manier van productie is wenselijk
    d. Hoeveel marge moet er op een product zitten

7. Wat is het programma van eisen voor een transportmiddel van een Ultimaker

8. Wat zijn mogelijke concepten voor het transporten van de Ultimaker
    a. Welke bestaande oplossingen zijn er
    b. Welke mogelijke deeloplossingen zijn er om aan de afzonderlijke eisen te vol doen
    c. Welke concepten zijn mogelijk die voldoen aan het programma van eisen
    d. Welk conceptvoorstel is aanbevolen n.a.v. toetsing op basis van het PvE?
    e. Welk concept voorstel heeft de voorkeur van de opdrachtgever
    9. Welk concept wordt aanbevolen

Begrippen

Open source community
Groep mensen online verbonden die (technische) kennis met elkaar genereren en delen als hobby en interesse
Transportmiddel
Product of aanpassingen aan huidig product om transport te versimpelen
3D printer
Apparaat dat middels toevoegen van materiaal (meestal kunststof) een 3D object kan produceren aan de hand van een digitaal model

Strategie

1. Wat zijn de bematingen en beperkingen van de Ultimaker
   a. Wat zijn de buitenste maten van een Ultimaker
      - Opdrachtgever » specs
   b. Welk gewicht moet er verplaatst worden
      - Opdrachtgever » Specs
   c. Kunnen onderdelen los gehaald worden
      - R&D » Overleg
      - Printer » product analyse
   d. Wat zijn de kwetsbare onderdelen van een Ultimaker
      - R&D » ondervragen
      - Community » ervaringen

2. Welke concurende producten zijn er op de markt
   a. Welke verschillende producten zijn er voor transport
      - Internet » inhoudsanalyse
   b. In welke prijsklassen vallen deze producten
      - Internet » inhoudsanalyse
      - Leveranciers » catalogus inhoudsanalyse
   c. Wat zijn de mechanische kenmerken van deze producten
      - Internet » inhoudsanalyse

3. Welke manieren van transport zijn er
   a. Welke groepen van transport zijn er
      - Internet » inhoudsanalyse
   b. Wat zijn de voor en nadelen van deze groepen
      - Internet » inhoudsanalyse
   c. Voor welke toepassingen worden welke manieren gebruikt
      - Internet » inhoudsanalyse
   d. Wat zijn de maximale toelaatbare belastingen
      - Arbowet » inhoudsanalyse
   e. Welke veiligheid eisen zijn er
      - Europese/ landelijke wetgeving » inhoudsanalyse

4. Welke gebruikssituaties van transport zijn er nu voor de Ultimaker
   a. Voor welke doelgroep wordt het product ontworpen
      - Opdrachtgever » beleidsplan
   b. Wanneer transporteert iemand een Ultimaker
      - Community » vraag topic op forum

- Gebruikers » enquête
- Opdrachtgever » interview

c. Waarom transporteert iemand een Ultimaker
- Community » vraag topic op forum
- Gebruikers » enquête
- Opdrachtgever » interview

d. Op welke wijze wordt de Ultimaker nu getransporteerd
- Community » vraag topic op forum
- Gebruikers » enquête
- Opdrachtgever » productie en verzending

5. Wat zijn eisen van gebruikers.

a. Welke functies vinden gebruikers noodzakelijk
- Gebruikers » enquête

b. Welke eigenschappen vinden gebruikers het belangrijkst
- Gebruikers » enquête

6. Wat zijn de eisen van de opdrachtgever

a. Wat is hun visie op de toekomst van de 3D printer
- Opdrachtgever » beleidsplan
- Opdrachtgever » marketing

b. Welke functies vinden zij noodzakelijk
- Opdrachtgever » interview

c. Welke manier van productie is wenselijk
- R&D » interview
- Productie » interview

d. Hoeveel marge moet er op een product zitten
- Opdrachtgever » marketing

7. Wat is het programma van eisen voor een transportmiddel van een Ultimaker

8. Wat zijn mogelijke concepten voor het transporten van de Ultimaker

a. Welke bestaande oplossingen zijn er
- Eerdere vragen

b. Welke mogelijke deeloplossingen zijn er om aan de afzonderlijke eisen te vol doen
- Brainstorm » morfologisch schema

c. Welke concepten zijn mogelijk die voldoen aan het programma van eisen

d. Welk conceptvoorstel is aanbevolen n.a.v. toetsing op basis van het PvE?

e. Welk concept voorstel heeft de voorkeur van de opdrachtgever

9. Welk concept wordt aanbevolen

Bijlage B - draaggewicht berekenig

Voor elke draagmethode is aan de hand van de schattingsrichtlijnen in de fysieke ergonomie reader een berekening gedaan. Hieronder de uitwerkingen.

Draagtas

C = D x A x G x W x R = 1.14 x 1 x 1 x 1 x 1 = 1.14

Uit normstelling voor 1-handig dragen (pag. 7 uit de reader)
(30 m draagafstand, frequentie: incidenteel)
Code groen voor kleiner dan 5.5 kg x C = 5.5 x 1.14 = 6.3 kg
Code oranje voor kleiner dan 10.5 kg x C = 10.5 x 1.14 = 11.8 kg

Uit normstelling voor 2-handig dragen (pag. 7)
(8.6 m draagafstand (langste afstand), 0,79m draaghoogte, 0.2 frequentie per minuut)
Code groen voor kleiner dan 14 kg x C = 14 x 1.14 = 16.0 kg
Code oranje voor kleiner dan 20 kg x C = 20 x 1.14 = 22.8 kg

Handvatten

C = D x A x G x W x R = 1.14 x 1 x 1 x 1 x 1 = 1.14

Uit normstelling voor 2-handig dragen (pag. 7 uit de reader)
(8.6 m draagafstand (langste afstand), 0,79m draaghoogte, 0.2 frequentie per minuut)
Code groen voor kleiner dan 14 kg x C = 14 x 1.14 = 16.0 kg
Code oranje voor kleiner dan 20 kg x C = 20 x 1.14 = 22.8 kg

Schuiven

uit Aanvaardbare duw- en trekkrachten in N voor duwen of trekken met het hele lichaam (pag. 17 uit de reader)
(30 m verplaatsing, 1/8 uur frequentie)
μ (Rubber op asfalt) =0,8
Code groen voor kleiner dan 120 N -> Mmax = (Fduw/μd) /g = (120/0.8)/9.81= 15.3 kg
Code Oranje voor kleiner dan 200 N -> Mmax = (Fduw/μd) /g = (200/0.8)/9.81= 25.5 kg

Roltas

Uit Normering / richtlijnen m.b.t. de bediening van machines (pag. 14 uit de reader)
Staan trekken met 1 hand (fequentie: 1 keer per uur). Lijn L.
het gebruik van de vermenigvuldigingsfactor 1.7 geeft de grenswaarde aan tussen het rode en het oranje gebied.
Rolweerstand: Crr = 0.015 (car tires on concrete)

Code groen voor kleiner dan 61 N -> Mmax = (Ftrek/Crr) /g = (61/0.015)/9.81= 415 kg
Code Oranje voor kleiner dan 104 N -> Mmax = (Ftrek/ Crr) /g = (104/0.015)/9.81= 707 kg

Rolplatform

uit Aanvaardbare duw- en trekkrachten in N voor duwen of trekken met het hele lichaam (pag. 17 uit de reader)

(30 m verplaatsing, 1/8 uur frequentie)
Crr = 0.015 (car tires on concrete)

Code groen voor kleiner dan 120 N -> Mmax = (Ftrek/Crr) /g = (120/0.015)/9.81= 815 kg
Code Oranje voor kleiner dan 200 N -> Mmax = (Ftrek/ Crr) /g = (200/0.015)/9.81= 1359 kg

Steekkar

uit Aanvaardbare duw- en trekkrachten in N voor duwen of trekken met het hele lichaam (pag. 17 uit de reader)
(30 m verplaatsing, 1/8 uur frequentie)
Crr = 0.015 (car tires on concrete)

Code groen voor kleiner dan 120 N -> Mmax = (Ftrek/Crr) /g = (120/0.015)/9.81= 815 kg
Code Oranje voor kleiner dan 200 N -> Mmax = (Ftrek/ Crr) /g = (200/0.015)/9.81= 1359 kg

Rugtas
Er staat helaas geen methode die specifiek aansluit bij het gebruik van een rugtas beschreven. Daarom zal bij de rugtas uitgegaan worden van tweehandig tillen.

Uit normstelling voor 2-handig dragen (pag. 7 uit de reader)
(8.6 m draagafstand (langste afstand), 0,79m draaghoogte (minst belastende hoogte), 0.2 frequentie per minuut)
Code groen voor kleiner dan 14 kg x C = 14 x 1.14 = 16.0 kg
Code oranje voor kleiner dan 20 kg x C = 20 x 1.14 = 22.8 kg

2 Dragen. Berekening van het maximaal toelaatbaar draaggewicht

2.1 Normering / richtlijnen volgens Peereboom

Bron: 2

Toelichting op de volgende tabellen:

- voor tussenliggende waarden voor draagafstand en frequentie kan worden geïnterpoleerd
- C = de factor waarmee de basisgetallen worden vermenigvuldigd om de grenswaarden aan te passen aan de werkomstandigheden
  C = D x A x G x W x R
  D: duurfactor
  A: asymmetriefactor
  G: gripfactor
  W: warmtefactor
  R: ruimtefactor

Normstelling voor 2-handig dragen:

draag-afstand (m)	draaghoogte (cm) man/vrouw	frequentie (per min)	groen (kg)	oranje (kg)	rood (kg)
2.1	111 / 105	10 5 1 0.2	< 11xC < 12xC < 13xC < 13xC		> 16xC > 17xC > 20xC > 20xC
	79 / 72	10 5 1 0.2	< 11xC < 14xC < 16xC < 16xC		> 19xC > 20xC > 20xC > 20xC
4.3	111 / 105	6 1 0.2	< 9xC < 13xC < 13xC		> 14xC > 20xC > 20xC
	79 / 72	6 1 0.2	< 10xC < 14xC < 14xC		> 15xC > 20xC > 20xC
8.5	111 / 105	3.3 1 0.2	< 10xC < 12xC < 12xC		> 15xC > 20xC > 20xC
	79 / 72	3.3 1 0.2	< 10xC < 14xC < 14xC		> 17xC > 20xC > 20xC

Normstelling voor 1-handig dragen

draagafstand (m)	frequentie (per min)	groen (kg)	oranje (kg)	rood (kg)
30	incidenteel frequent	< 5.5xC < 3.9xC		> 10.5xC > 7.4xC
60	incidenteel frequent	< 5.5xC < 3.9xC		> 9.5xC > 6.7xC
90	incidenteel frequent	< 5.0xC < 3.5xC		> 9.0xC > 6.3xC

D – werkduur:

(interpoleer voor tussenliggende waarden)

	duur (uren)			
	1 uur	4 uur	8 uur	12 uur
factor	1.14	1.08	1.00	0.92

A - asymmetrie:

draaiingshoek (°)	factor
0-30	1.00
30-60	0.92

G – grip

	factor	toelichting (indeling ontleend aan de ISO/CD 11228, 1995)
goed	1.00	als het object zonder extreme polsstanden beetgepakt kan worden aan comfortabele handvatten, uitsparingen of het object zelf
gewoon	0.93	als het object handvatten of uitsparingen heeft die niet aan het criterium 'goed' voldoen of wanneer het vastpakken mogelijk is met de vingers 90° gebogen om het object
slecht	0.85	als aan de criteria voor 'goed' en 'gewoon' niet wordt voldaan.

W – warmte
(interpoleer voor tussenliggende waarden)

	factor
tot 27 graden	1.00
bij 32 graden	0.88

R – ruimte
(interpoleer voor tussenliggende waarden)

	% van rechtop				
	rechtop	95	90	85	80
factor	1.00	0.60	0.40	0.38	0.36

2.2 Normering / richtlijnen volgens Mital

Bron: 3, 4, 5

Maximaal aanbevolen draaggewicht (D) = gewicht (uit tabel) x C

met: C de correctiefactor: C = WD x A x G x W x R

WD: werkduur

A: asymmetrie
G: grip
W: warmte
R: rechtop lopen

Aanbevolen draaggewichten voor 90% van de mannen, bij 2-handig dragen:

draagafstand (m)	draaghoogte (cm)	frequentie (per min)	aanbevolen draaggewicht (kg)
2.1.	111	10	< 10 x C
		5	< 14 x C
		1	< 17 x C
		0.2	< 19 x C
	79	10	< 13 x C
		5	< 17 x C
		1	< 21 x C
		0.2	< 23 x C
4.3.	111	6	< 9 x C
		1	< 15 x C
		0.2	< 17 x C
	79	6	< 11 x C
		1	< 18 x C
		0.2	< 21 x C
8.5.	111	3.3	< 10 x C
		1	< 13 x C
		0.2	< 15 x C
	79	3.3	< 13 x C
		1	< 17 x C
		0.2	< 20 x C

Aanbevolen draaggewichten voor 90% van de vrouwen, bij 2-handig dragen:

draagafstand (m)	draaghoogte (cm)	frequentie (per min)	aanbevolen draaggewicht (kg)
2.1.	105	10	< 11 x C
		5	< 12 x C
		1	< 13 x C
		0.2	< 13 x C
	72	10	< 11 x C
		5	< 14 x C
		1	< 16 x C
		0.2	< 16 x C
4.3.	105	6	< 9 x C
		1	< 13 x C
		0.2	< 13 x C
	72	6	< 10 x C
		1	< 14 x C
		0.2	< 14 x C
8.5.	105	3.3	< 10 x C
		1	< 12 x C
		0.2	< 12 x C
	72	3.3	< 10 x C
		1	< 14 x C
		0.2	< 14 x C

Aanbevolen draaggewichten voor 90% van de vrouwen, bij 1-handig dragen:

draagafstand (m)	frequentie	aanbevolen draaggewicht (kg)
30	incidenteel	< 5,5 x C
	frequent	< 3,9 x C
60	incidenteel	< 5,5 x C
	frequent	< 3,9 x C
90	incidenteel	< 5,0 x C
	frequent	< 3,5 x C

Aanbevolen draaggewichten voor 90% van de mannen, bij 1-handig dragen:

draagafstand (m)	frequentie	aanbevolen draaggewicht (kg)
30	incidenteel	< 6,5 x C
	frequent	< 4,3 x C
60	incidenteel	< 6,0 x C
	frequent	< 4,0 x C
90	incidenteel	< 6,0 x C
	frequent	< 4,0 x C

WD - werkduur:

	1 uur	4 uur	8 uur	12 uur
mannen	1,2	1,1	1,0	0,8
vrouwen	1,1	1,0	1,0	0,9

A - asymmetrie:

aantal graden gedraaid:	factor
0-30	1,00
30-60	0,92
60-90	0,85
> 90	0,80

G – grip

	factor
goed	1,00
gewoon	0,93
slecht	0,85

W – warmte

	Factor
tot 27 graden	1,00
bij 32 graden	0,88

R – rechtop

	% van rechtop			
Rechtop	95	90	85	80
1,00	0,60	0,40	0,38	0,36

2.3 Factoren die de belasting bij tillen en dragen bepalen

Bron: 2

Gelijk aan de factoren genoemd in par. 1.3.

2.3.1 Factoren die in overweging dienen te worden genomen bij het ontwerpen van MVL taken

Bron: 3, 4

Factoren die in overweging dienen te worden genomen bij het ontwerpen van MVL[1] taken:

- lichaamsbouw / anthropometrie / kracht
- fysieke conditie en spinale mobiliteit
- verschillen leeftijd / geslacht
- psychofysische factoren / motivatie
- training en selectie
- effecten van statisch werk
- houding / hanteertechnieken → zie opmerking over tilhouding op blz 20!!
- karakteristieken van een last
- handvatten / contactfactoren
- repetitieve handelingen
- asymmetrisch tillen / asymmetrische lasten
- beperkte werkomgeving / ruimtelijke beperkingen
- veiligheidsaspecten
- beschermende uitrusting
- werken in een warme omgeving
- taakduur
- werkorganisatie

Ontwerpbenaderingen om problemen op te lossen bij het manueel verplaatsen van lasten:

- epidemiologische benadering
  - relatie "tilkracht ratio" – "incidentie van lage-rugpijn"
  - relatie "lastzwaarte" – "ernst van het letsel"
  - relatie "compressiekracht L5/S1" – "incidentie van lage-rugpijn"
  - relatie "tilfrequentie" – "incidentie van lage-rugpijn"
  - relatie "andere werkplekgerelateerde risicofactoren (omdraaien, roteren, bukken, rekken, reiken, duwen, trekken" – "incidentie van lage-rugpijn"
  - ➢ JSI > 1,5 ⇒ bijna zeker aanzienlijke toename van ernsitg letsel
  - ➢ $F_{comp\ op\ L5/S1}$ (mannen) > 3930 N ⇒ waarschijnlijk aanleiding tot rugklachten
  - ➢ $F_{comp\ op\ L5/S1}$ (vrouwen) > 2689 N ⇒ waarschijnlijk aanleiding tot rugklachten
  - ➢ $F_{comp\ op\ L5/S1}$ > 6236 N ⇒ zeker leiden tot rugincidenties
- biomechanische benadering
  - $F_{comp\ op\ L5/S1}$, $F_{schuif\ op\ L5/S1}$, IAP[2]
  - krachten op ruggenwervel: modelvorming (simpel tot complex, 2D of 3D, …)
  - rol IAP: tegenstrijdige meningen
  - IAP > 100 mm Hg ⇒ aanzienlijk hogere incidentie van lage-rugpijn
  - m.n. niet-frequente tillen (bij maximale compressie- en afschuifkrachten geen rekening gehouden met repetitief handelen en werkduur)
  - ➢ grote variatie in sterkte van de lendewervelkolom; veel factoren beïnvloeden de sterkte nog eens ⇒ moeilijk ontwerpcriteria te definiëren
  - ➢ $F_{schuif\ op\ L5/S1}$ maximaal 1735 N
  - ➢ IAP maximaal 90 mm Hg
- fysiologische benadering
  - repetitief tillen
  - ➢ bovengrenzen: 21.0-21.8 kJ/min (ca. 1 l O_2/min)
  - ➢ 21-23% van aerobe capaciteit op de loopband onder hellingshoek

[1] MVL = manueel verplaatsen van lasten
[2] IAP = druk in de abdominale ruimte

  - 28-29% van ‘fiets’-aerobe capaciteit

- psychofysische benadering
  - het individu past frequentie, tilgewicht of op het lichaam uitgeoefende kracht aan z.d.d. de inspanning niet te groot is, niet te vermoeiend, men niet te warm wordt of buiten adem raakt, etc.
  - tillen met 1 hand: maximale frequentie = 50% van frequentie die gedurende 4 minuten volgehouden kan worden

3 Duwen, trekken & knijpen

3.1 Normering / richtlijnen m.b.t. de bediening van machines

Bron: 2

De door Peereboom *e.a.* ontwikkelde norm geeft aan welke krachten nog uitgeoefend mogen worden bij de bediening van machines. De norm gaat uit van isometrische krachtsuitoefening, d.w.z de spier verandert niet van lengte. Deze norm NEN-EN 1005-3 'Veiligheid van machine – Menselijke fysieke belasting – Aanbevolen maximale krachten bij machine werkzaamheden' is van toepassing op alle machines, die vallen onder de machine richtlijn en daardoor voorzien moeten zijn van een CE-markering.

Aanbevolen wordt deze norm te gebruiken indien men voor een bepaalde machine wil beoordelen of het bedienen niet teveel spierkracht vergt. Onder een machine wordt in dit kader verstaan (NEN-EN 292-1): een groep met elkaar verbonden onderdelen waarvan er tenminste één kan bewegen met de bijbehorende aandrijfmechanismen, alsmede alle (ook handmatig bediende) hijs- en hefwerktuigen. Deze norm is derhalve niet van toepassing op rolcontainers, maar heeft wel betrekking op middelen als b.v. handpallettrucks.

Op de volgende pagina is de norm NX 35 106 weergegeven, welke gebaseerd is op jarenlang praktijkonderzoek bij Usines Renault.

Voor de krachtswaarden die in de grafiek staan zijn nog vermenigvuldigingsfactoren gedefinieerd:

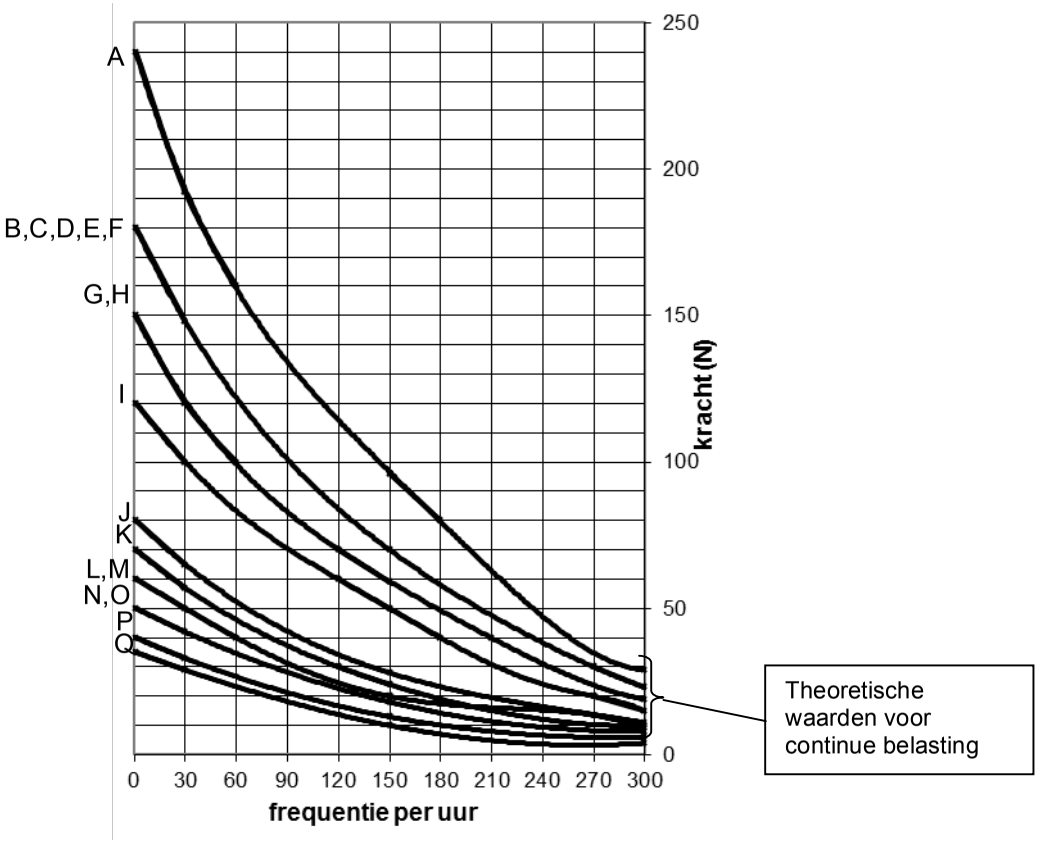
	krachten acceptabel voor:	
vermenigvuldigingsfactor	% vrouwen	% mannen
0.6	95	≈ 100
1.0	80	95
1.4	50	85
1.7	30	80
2.3	5	50
3.0	-	20
4.0	-	5

Peereboom *e.a.* definieert nu het stoplichtmodel als volgt:

- het gebruik van de vermenigvuldigingsfactor 1.7 geeft de grenswaarde aan tussen het rode en het oranje gebied.
- het gebruik van de vermenigvuldigingsfactor 1.0 geeft de grenswaarde aan tussen het oranje en het groene gebied.

Beweging	houding	uitbeelding	lijn *
Duwen met één arm	zitten met rugleuning		B
	staan		J
Trekken met één arm	zitten met voetensteun		G
	staan		L
Naar beneden brengen met één arm	zitten		N
	staan		K
Tillen met één arm	zitten		Q
	staan		M
Binnenwaartse duwbeweging	staan of zitten		O
Buitenwaartse duwbeweging			P
Knijpen met één hand			C
Draaien met twee handen aan een wiel (bijv. stuur)	zitten		I
			D
	staan		H
			E
Met de voet op een pedaal duwen	zitten met rugleuning		A
	staan		F

De letters in de meest rechtse kolom corresponderen met de letters bij de verticale as van de grafiek:



Overzicht **maximale uit te oefenen kracht afhankelijk van soort krachtuitoefening en frequentie**. Deze krachten zijn voor 80% van de vrouwen en voor 95% van de mannen acceptabel. De waarden volgen uit de norm **NX 35 106.**

Voorbeeld:

- gegeven: er wordt staand getrokken met 1 arm → lijn L
- gegeven: de frequentie is dertig keer per uur
- uit de grafiek volgt dan een maximale kracht van 50 N
- inclusief vermenigvuldigingsfactor 1.7 geeft dit: 85 N

dus:

als de werkelijke belasting is:	dan is de codering:
> 85 N	rood
tussen 50 en 85 N	oranje
< 50 N	groen

3.2 Stoplichtmodel.

Bron: 2

Table 1: Maximale kracht ($F_{\max}^{opt}$) die geleverd kan worden door de algemene werkende (Europese) populatie (mannen en vrouwen) in de aangegeven houding (waarbij de lengte van de (arm)spieren niet verandert) in geoptimaliseerde arbeidssituaties.

Activiteit	met:	romp ondersteuning	Max. isometrische kracht (N)
duwen	met 1 arm	ja	275
duwen	met 1 arm	nee	62
trekken	met 1 arm	ja	225
trekken	met 1 arm	nee	55
duwen	met 1 voet	ja	250
duwen	met hele been	ja	475

Reductiefactoren:
C = de factor waarmee de basisgetallen worden vermenigvuldigd om de grenswaarden aan te passen aan de werkomstandigheden
C = S x W x D
S = snelheidsfactor
W = frequentiefactor
D = duurfactor

Table 2: De snelheidsfactor S, gerelateerd aan het voorkomen van beweging (van de arm) tijdens het leveren van de duw- of trekkracht.

Geen / heel langzame beweging	Duidelijke beweging
1.0	0.8

Table 3: De frequentiefactor W, die afhangt van de duur van de individuele duw- of trekactie en van de frequentie van voorkomen.

duur van de actie	frequentie			
	≤ 0.2 min^{-1}	0.2 < … < 2 min^{-1}	2 < … < 20 min^{-1}	> 20 min^{-1}
≤ 3 sec	1.0	0.8	0.5	0.3
> 3 sec	0.6	0.4	0.2	niet toepasbaar

Table 4: De duurfactor D, gerelateerd aan de totale duur (uren) van de verschillende duw- en trekactiviteiten.

≤ 1 uur	1 < … < 2 uur	2 < … < 8 uur
1.0	0.8	0.5

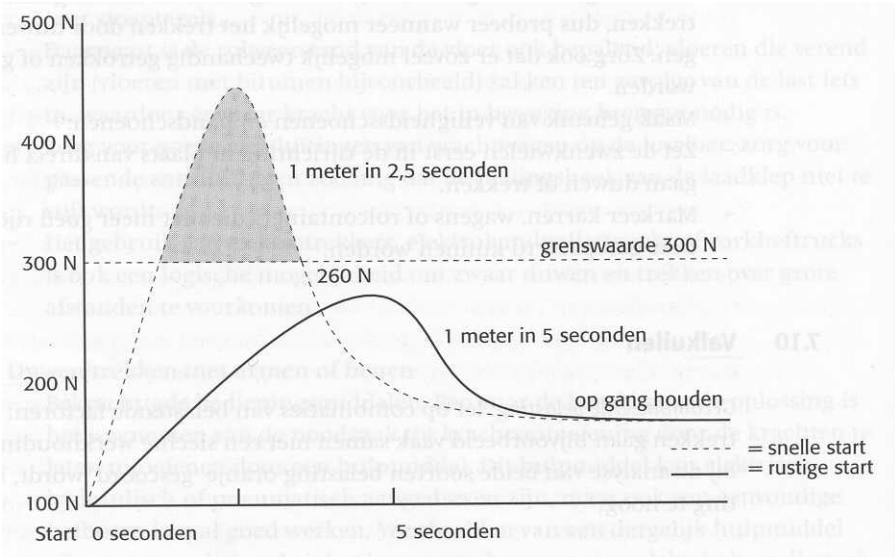
Maximale kracht: $\boldsymbol{F}_{max} = F_{max}^{opt} \times C = F_{max}^{opt} \times S \times W \times D$

Stoplichtmodel:
geleverde kracht is $F_{geleverd}$

groen	$F_{geleverd} < 0.5\ \boldsymbol{F}_{max}$
oranje	$0.5\ \boldsymbol{F}_{max} < F_{geleverd} < 0.7\ \boldsymbol{F}_{max}$
rood	$F_{geleverd} > 0.7\ \boldsymbol{F}_{max}$

3.3 Op gang brengen van een container

Uit te oefenen kracht in N bij het snel (in 2,5 seconde) en het rustig (in 5 seconden) op gang brengen van een rolcontainer met een totaalgewicht (lading en eigen gewicht) van 220 kg (Peereboom en Mol, 1999).



3.4 Duwen of trekken met het hele lichaam

Aanvaardbare duw- en trekrachten in N voor duwen of trekken met het hele lichaam:

verplaatsings-afstand (m)	codering	frequentie 10 /min	5 /min	1 /min	0.2 /min (=12 /uur)	1 /8 uur
2	rood	>160	>180	>200	D: >240 T: >200	D: >300 T: >200
	oranje					
	groen	<80	<140	<140	D: <160 T: <160	D: <200 T: <160
8	rood		>140	>200	>200	D: >260 T: >200
	oranje					
	groen		<60	<100	<140	<180
15	rood			>180	>200	>200
	oranje					
	groen			<80	<120	<140
30	rood			>160	>180	>200
	oranje					
	groen			<60	<100	<120
60	rood				>160	>200
	oranje					
	groen				<60	<100

Ultimaker mobility survey

Please help us improve the mobility of the Ultimaker 3D printer. Thank you for your participation

* Required

1. **What is your age?** *

   .....

2. **What is your gender?** *
   Mark only one oval.

   - Male
   - Female

3. **Which Ultimaker printer do you own?** *
   If you have both please fill in for the Ultimaker 2
   Mark only one oval.

   - Ultimaker Original
   - Ultimaker 2

4. **How do you use your Ultimaker?** *
   Mark only one oval.

   - Proffesional
   - Personal
   - Both

5. **For what uses do you use your Ultimaker** *
   Check all that apply.

   - [ ] Prototyping
   - [ ] Production
   - [ ] Display / Demonstration
   - [ ] Research
   - [ ] Fun
   - [ ] Other: .....

6. **Where do you keep your Ultimaker?** *
Check all that apply.

- [ ] Office
- [ ] Living room
- [ ] Workshop
- [ ] Reception / Lobby
- [ ] Bedroom
- [ ] Other: _____

7. **On what do you place your Ultimaker?** *
Check all that apply.

- [ ] Desk
- [ ] Display
- [ ] Workbench
- [ ] Ground
- [ ] In a closet
- [ ] Other: _____

8. **How often do you transport your Ultimaker?** *
Mark only one oval.

- ( ) Daily
- ( ) Weekly
- ( ) Monthely
- ( ) (Almost) never

9. **How do you pack your Ultimaker for transport?** *
Carried such as a backpack; Worn such as a shopping bag
Check all that apply.

- [ ] I don't
- [ ] In a bag (Carried)
- [ ] In a bag (Worn)
- [ ] In a box
- [ ] (Bubble) wrap
- [ ] Other: _____

10. **How do you transport your Ultimaker over LONG distances?** *
Long distance: From building to builing
Check all that apply.

- [ ] Carrying with hands only
- [ ] Carrying with a bag
- [ ] Rolling object (Bicycle, skateboard)
- [ ] Car
- [ ] Train
- [ ] Other: _____

11. **How do you transport your Ultimaker over SHORT distances?** *
Short distance: Within a building or to a parking lot
Check all that apply.

- [ ] Carrying with hands only
- [ ] Carrying with a bag
- [ ] Rolling object (Bicycle, skateboard)
- [ ] Sliding
- [ ] Other: _____

12. **Do you calibrate your Ultimaker after transport?** *
Mark only one oval.

- ( ) Always
- ( ) Most of the time
- ( ) Sometimes
- ( ) Rarely
- ( ) Never

13. **After which form of transportation do you calibrate your Ultimaker?** *
Check all that apply.

- [ ] None
- [ ] Carrying with hands only
- [ ] Carrying with a bag
- [ ] Rolling object (Bicycle, skateboard)
- [ ] Car
- [ ] Train
- [ ] Sliding
- [ ] Other: _____

14. **Why do you transport your Ultimaker?** *
Check all that apply.

- [ ] To display / Demonstrate
- [ ] To rent or loan
- [ ] To store away
- [ ] To print at location
- [ ] Other: _____

Ultimaker transporter

To improve the mobility for the Ultimaker a device may be developed. The following questions are about a potential device.

15. **What would be your ideal way of transport for your Ultimaker?** *
Please note that robot spiders, drones, teleportation, etc. are already taken into account.
Mark only one oval.

- ( ) On wheels
- ( ) Carying with the hands
- ( ) Wearing on the body
- ( ) Other: _____

16. **What would be the MOST important aspect of an Ultimaker transporter?** *
Mark only one oval.

- ( ) Ease of use
- ( ) Aesthetics
- ( ) Price
- ( ) Fun
- ( ) Features
- ( ) Durability
- ( ) Protection

17. **Feel free to elaborate your choice**

_____

18. **What would be the SECOND MOST important aspect of an Ultimaker transporter?** *
Mark only one oval.

- ( ) Ease of use
- ( ) Aesthetics
- ( ) Price
- ( ) Fun
- ( ) Features
- ( ) Durability
- ( ) Protection

19. **Feel free to elaborate your choice**

.....

20. **Are there other aspects which you find important?**

.....

21. **Which features would be essential for an Ultimaker Transporter?** *
Check all that apply.

- [ ] Heavy protection
- [ ] Being able to print during transport
- [ ] Minimal space usage
- [ ] Easy to place in car
- [ ] Easy to put on a bicycle
- [ ] Other: .....

22. **Which features would you like to see MOST for an Ultimaker Transporter?** *
Mark only one oval.

- ( ) Heavy protection
- ( ) Being able to print during transport
- ( ) Minimal space usage
- ( ) Easy to place in car
- ( ) Easy to put on a bicycle
- ( ) Other: .....

Please submit. Thank you for your time

Powered by

Bijlage D - Gebruiksanalyse

Analyse Ultimaker in de auto plaatsen

De gebruiker (man, in de 50) heeft de Ultimaker 2 op zijn bureau staan. Hij zet hem eerst uit met de schakelaar op de achterkant. Hierna haalt die de stekker uit het stop contact en uit de machine. Hij duwt het printplatform omhoog en plaatst de adapter met stekker in de Ultimaker 2. Hierna duwt hij het platform naar beneden zodat het de adapter licht vastklemt. Het filament laat hij zitten. Hij pakt de Ultimaker 2 onderaan vast met de achterkant naar hem toe. Zijn vingers klemmen tussen de Ultimaker 2 en de tafel. De filamentrolhouder steunt op zijn buik. Nu loopt hij naar de auto. Aangekomen bij zijn auto loopt hij naar de achterklep. Hij plaatst de Ultimaker op de grond. Hij buigt hierbij zijn rug. Zijn vingers schrapen tussen de grond en de Ultimaker wanneer die zijn vingers terughaalt. Na het openen van de achterklep wilt hij de Ultimaker weer oppakken. Hij probeert eerst door boven aan het frame aan de binnenkant vast te pakken. Hierbij krijgt hij zijn vingers niet goed tussen het frame en de assen en besluit toch weer zijn rug verder te buigen en zijn vingers onder de Ultimaker te plaatsen. Hierna plaatst hij hem licht voorover gebogen achter in de auto. De man sluit de achterklep en stapt achter het stuur.

Bijlage E - Opmerkingen opdrachtgever

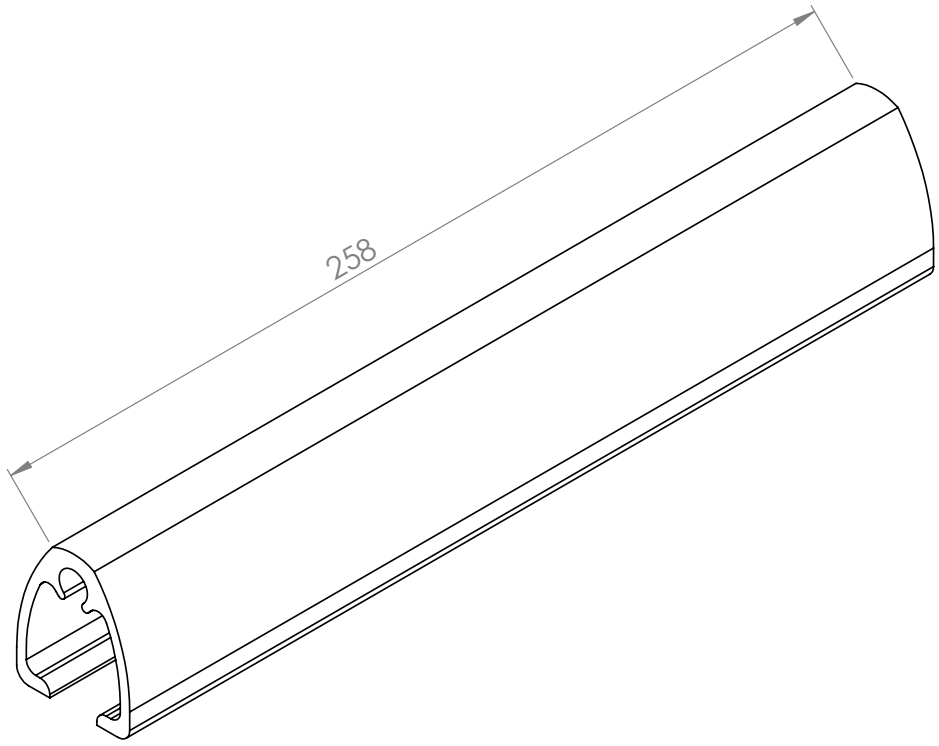
De opdracht gever heeft de volgende opmerkingen gegeven over de ontwerpen

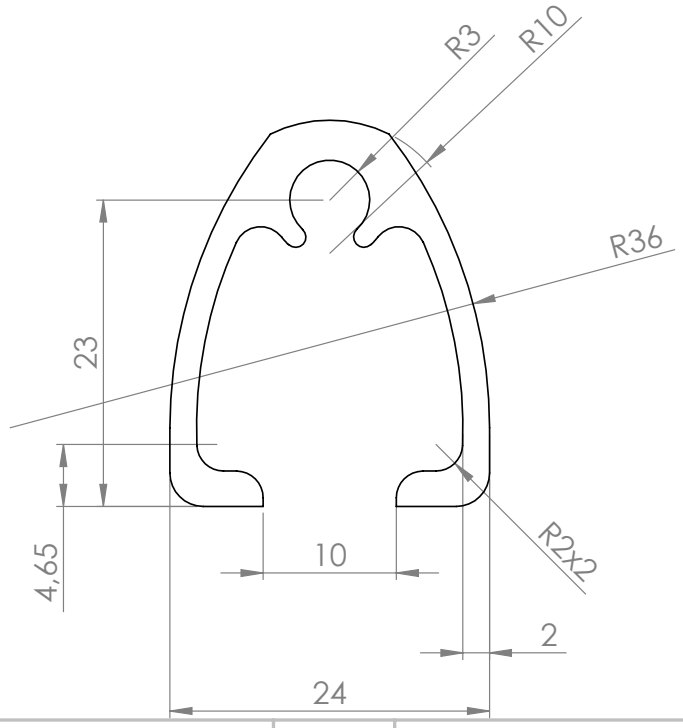
Grip
Harma (R&D): mooi simpel ontwerp. Productie zeer gemakkelijk. Ronde stootkussens passen niet bij vierkant ontwerp. Bovenop is maar weinig ruimte om naar binnen te overlappen met de constructie. Mooi dat de onderkant vrij blijft van de elektronica.
Marrit (begeleidster bachelor opdracht): Handvatten lijken te ver naar achter voor het zwaartepunt. Met de bolletjes wel gemakkelijk op de zijkant te plaatsen om onderhoud onderaan te doen.
Martijn (interaction designer): Handvat staat te los van de rest. Handvat integreren . Bolletjes zouden ook los kunnen.

Brace
Harma: Overlap met bovenkant komt nauw. Oppassen met printkop die in de hoeken moet kunnen komen.
Marrit: Oppassen met feeder achterkant
Martijn: Handvatten integreren

Skeleton
Harma: mooi clean ontwerp. Bouten niet een mooie oplossing voor klemmen van onderdelen. Busje met schroefdraad wellicht. Buizen gemakkelijk te maken.
Marrit: Fijn dat je zelf kunt bepalen waar je hem vasthoud. Prototypen met schaalmodel wellicht
Martijn: geeft mooi zwevende uitstraling , mogelijkheid tot stapelen is prettig. Makkelijk te produceren. Graag iets om het aan je riem te hangen. Communiceert duidelijk dat je hem overal vast kunt pakken zonder de Ultimaker te beschadigen.

Harma, Marrit en Martijn hebben hun voorkeur uitgesproken voor het Skeleton concept.





UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING / REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:

MATERIAL:

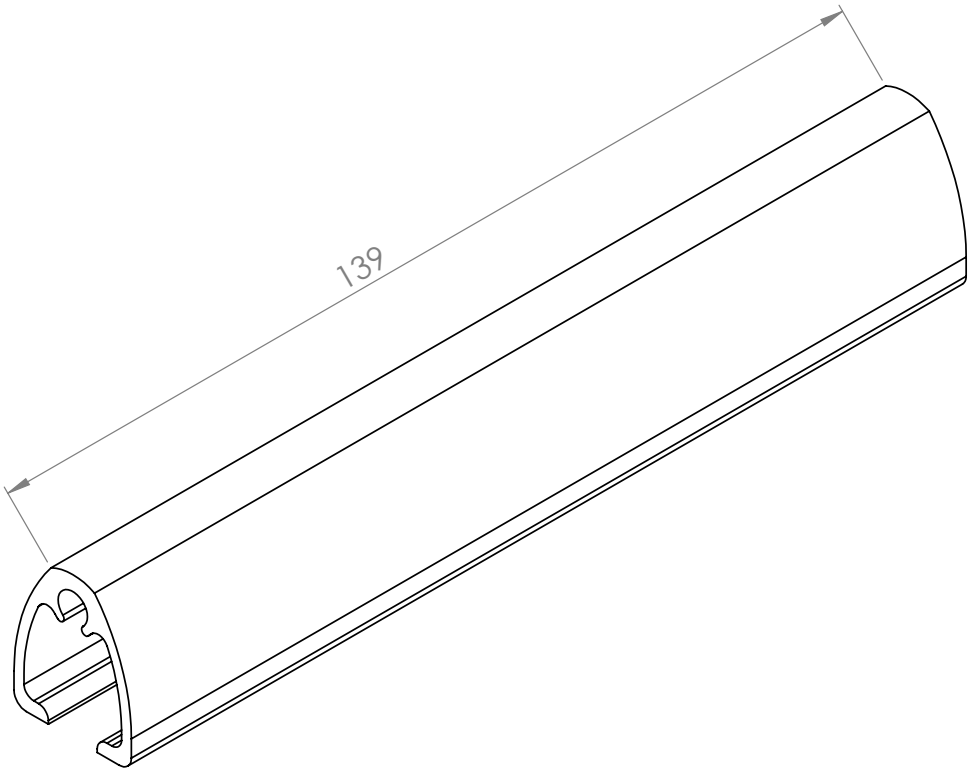
WEIGHT:

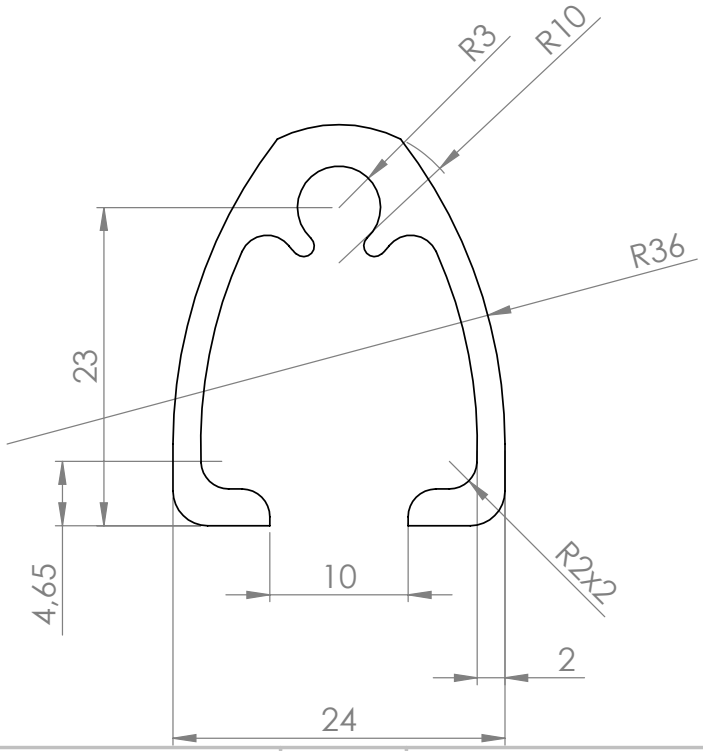
DWG NO. Buis extrude voor

A4

SCALE:1:2

SHEET 1 OF 1





UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH:	DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING / REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:

MATERIAL:

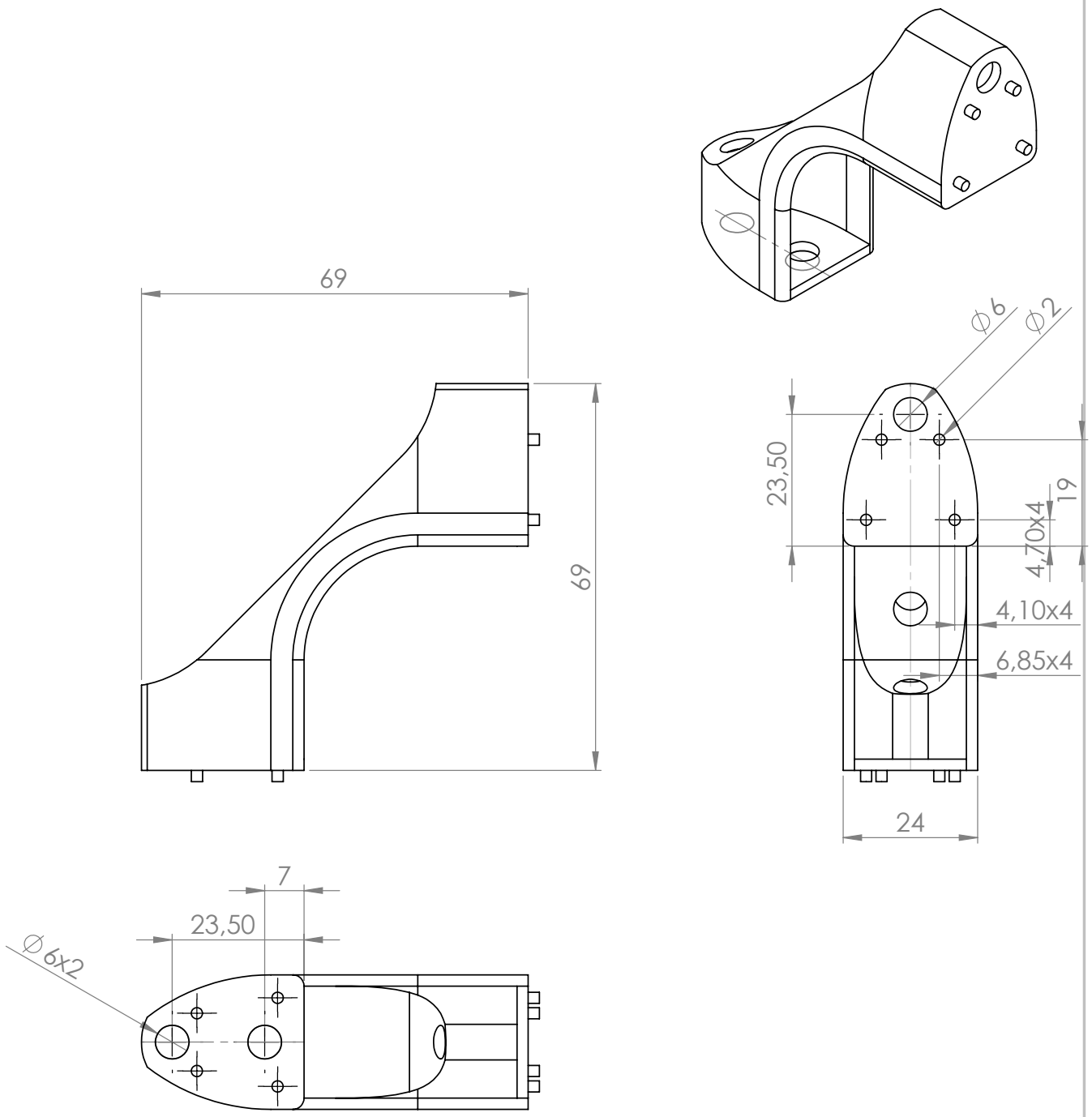
WEIGHT:

DWG NO. buis extrude zij

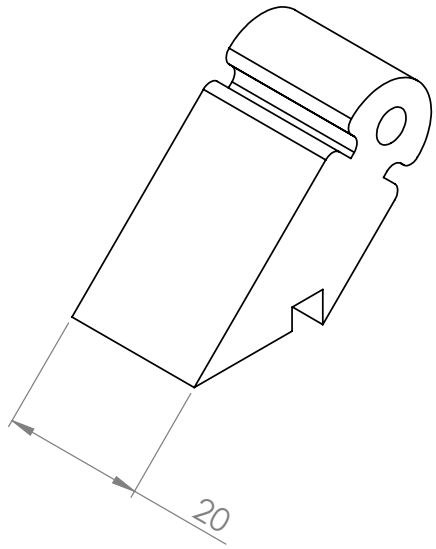
A4

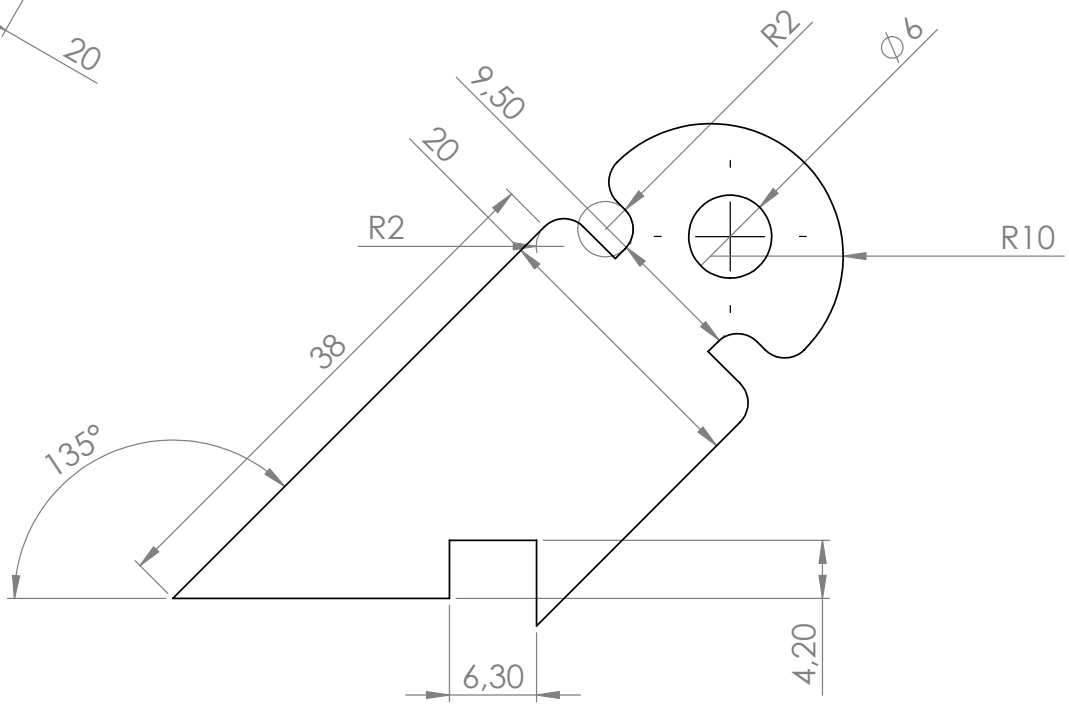
SCALE:1:2

SHEET 1 OF 1

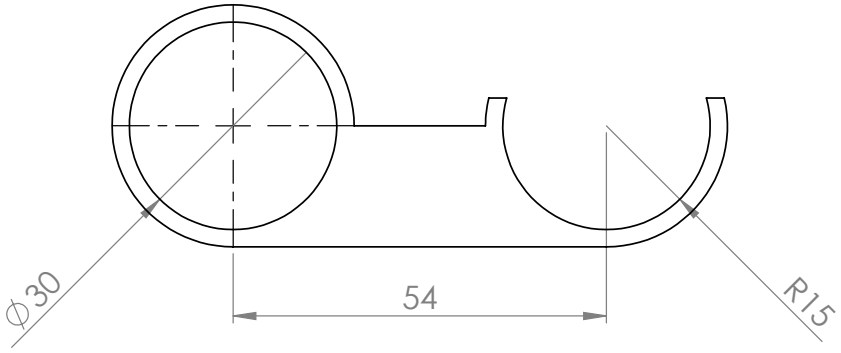


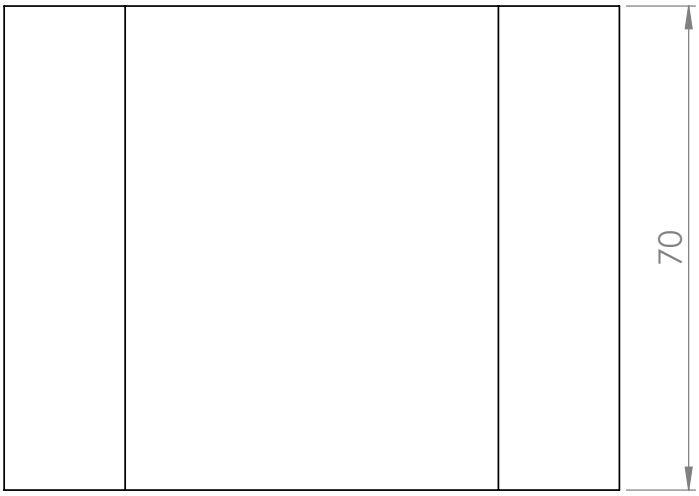
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH:			DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:
DRAWN						
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A				MATERIAL:	DWG NO.	hoek stuk
						A4
				WEIGHT:	SCALE:1:1	SHEET 1 OF 1





UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH:			DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
	NAME	SIGNATURE	DATE		TITLE:	
DRAWN						
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A				MATERIAL:	DWG NO. bumper stuk	A4
				WEIGHT:	SCALE:1:1	SHEET 1 OF 1





UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH:			DEBUR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
	NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:
DRAWN						
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A				MATERIAL:	DWG NO. clip 2	A4
				WEIGHT:	SCALE:1:2	SHEET 1 OF 1

Bijlage G - Gewichtsanalyse

Mass properties of selected components
Coordinate system: -- default --

The center of mass and the moments of inertia are output in the coordinate system of Full assembly 2
Mass = 2512.71 grams

Volume = 1025896.19 cubic millimeters

Surface area = 580625.11 square millimeters

Center of mass: (millimeters)
X = -0.04
Y = 5.68
Z = 171.30

Principal axes of inertia and princ Mass properties of selected components
Coordinate system: -- default --

The center of mass and the moments of inertia are output in the coordinate system of Full assembly 2
Mass = 2512.71 grams

Volume = 1025896.19 cubic millimeters

Surface area = 580625.11 square millimeters

Center of mass: (millimeters)
X = -0.04
Y = 5.68
Z = 171.30

Principal axes of inertia and principal moments of inertia: (grams * square millimeters)
Taken at the center of mass.
Ix = (1.00, -0.00, 0.00) Px = 95270153.02
Iy = (0.00, 1.00, 0.00) Py = 106186691.24
Iz = (0.00, 0.00, 1.00) Pz = 117928424.20

Moments of inertia: (grams * square millimeters)
Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system.
Lxx = 95270157.08 Lxy = -6659.94Lxz = 1.40
Lyx = -6659.94Lyy = 106186687.18 Lyz = -0.00
Lzx = 1.40 Lzy = -0.00 Lzz = 117928424.20

Moments of inertia: (grams * square millimeters)
Taken at the output coordinate system.
Ixx = 169087617.35 Ixy = -7186.29 Ixz = -15871.48
Iyx = -7186.29 Iyy = 179923070.31 Iyz = 2445114.80
Izx = -15871.48 Izy = 2445114.80 Izz = 118009508.17 ipal moments of inertia: (grams * square millimeters)

Taken at the center of mass.

Ix = (1.00, -0.00, 0.00) Px = 95270153.02
Iy = (0.00, 1.00, 0.00) Py = 106186691.24
Iz = (0.00, 0.00, 1.00) Pz = 117928424.20

Moments of inertia: (grams * square millimeters)
Taken at the center of mass and aligned with the output coordinate system.

Lxx = 95270157.08 Lxy = -6659.94 Lxz = 1.40
Lyx = -6659.94 Lyy = 106186687.18 Lyz = -0.00
Lzx = 1.40 Lzy = -0.00 Lzz = 117928424.20

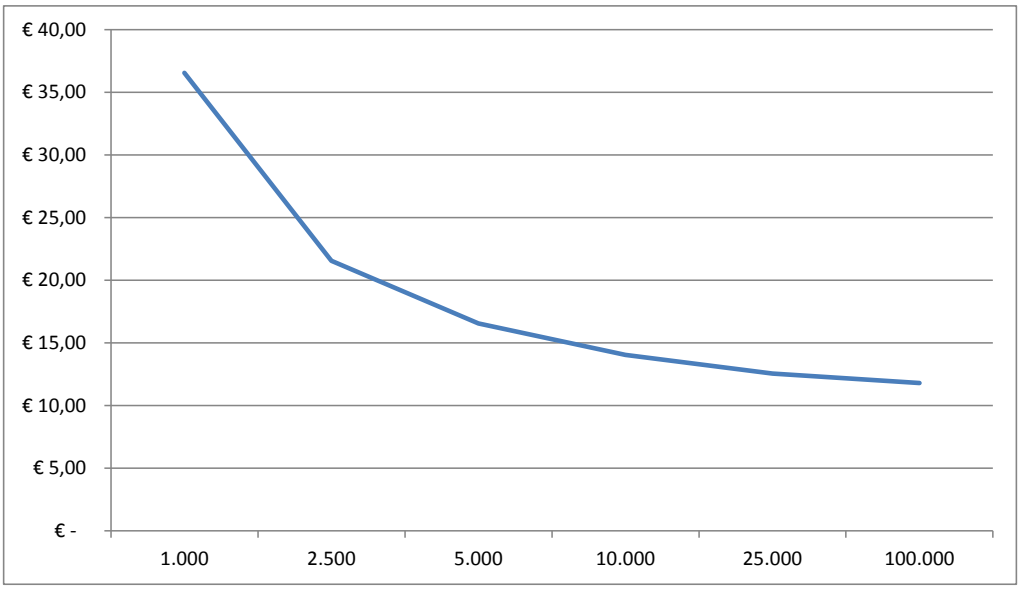
Moments of inertia: (grams * square millimeters)
Taken at the output coordinate system.

Ixx = 169087617.35 Ixy = -7186.29 Ixz = -15871.48
Iyx = -7186.29 Iyy = 179923070.31 Iyz = 2445114.80
Izx = -15871.48 Izy = 2445114.80 Izz = 118009508.17

Bijlage H - Kostenberekening

	Aantal
Materiaalkosten	2.500

Aluminium Profiel lang	Mal	Per kilo	Per gram	g/ onderdeel	#onderdelen	g/ product	per product
	€ 2.500,00	€ 3,00	€ 0,0030	130	4	520	€ 2,56
Aluminium Profiel kort	Mal	Per kilo	Per gram	g/ onderdeel	#onderdelen	kg/ product	per product
	-	€ 3,00	€ 0,0030	88	4	352	€ 1,06
Stoot rubber	Mal	Per kilo	Per gram	g/ onderdeel	#onderdelen	Kilo/ product	per product
	€ 2.500,00	€ 1,40	€ 0,0014	19	8	152	€ 1,21
Hoekstuk	Mal	Per kilo	Per gram	g/ onderdeel	#onderdelen	Kilo/ product	per product
	€ 10.000,00	€ 3,00	€ 0,0030	28	8	224	€ 4,67
Middenstuk	Mal	Per kilo	Per gram	g/ onderdeel	#onderdelen	Kilo/ product	per product
	€ 10.000,00	€ 3,00	€ 0,0030	205	4	820	€ 6,46
M6 x 38 schroeven		per 100	per stuk		#onderdelen		per product
		€ 10,05	€ 0,1005		32		€ 3,22
Loon		Per uur	# uur				per product
		€ 9,50	0,25				€ 2,38
Totaal							
	€ 25.000,00				28		€ 21,55



Aantal	per stuk
1.000	€ 36,55
2.500	€ 21,55
5.000	€ 16,55
10.000	€ 14,05
25.000	€ 12,55
100.000	€ 11,80

€100 verkoop

Oplage	omzet	btw	kosten	winst	Marge	Totale bruto winst
1.000	€ 100,00	21	€ 36,55	€ 42,45	42%	€ 42.450
2.500	€ 100,00	21	€ 21,55	€ 57,45	57%	€ 143.625
5.000	€ 100,00	21	€ 16,55	€ 62,45	62%	€ 312.250
10.000	€ 100,00	21	€ 14,05	€ 64,95	65%	€ 649.500
25.000	€ 100,00	21	€ 12,55	€ 66,45	66%	€ 1.661.250

€75 verkoop

Oplage	omzet	btw	kosten	winst	Marge	
1.000	€ 75,00	15,75	€ 36,55	€ 22,70	30%	€ 22.700
2.500	€ 75,00	15,75	€ 21,55	€ 37,70	50%	€ 94.250
5.000	€ 75,00	15,75	€ 16,55	€ 42,70	57%	€ 213.500
10.000	€ 75,00	15,75	€ 14,05	€ 45,20	60%	€ 452.000
25.000	€ 75,00	15,75	€ 12,55	€ 46,70	62%	€ 1.167.500

€50 verkoop

Oplage	omzet	btw	kosten	winst	Marge	
1.000	€ 50,00	10,5	€ 36,55	€ 2,95	6%	€ 2.950
2.500	€ 50,00	10,5	€ 21,55	€ 17,95	36%	€ 44.875
5.000	€ 50,00	10,5	€ 16,55	€ 22,95	46%	€ 114.750
10.000	€ 50,00	10,5	€ 14,05	€ 25,45	51%	€ 254.500
25.000	€ 50,00	10,5	€ 12,55	€ 26,95	54%	€ 673.750