BACHELOR-SCRIPTIE

"Ontwerp een slimme productiemethode/ -techniek voor een stompkoker"

Analyse fase

H.N. Kuis | Patrick Jager S2305445
In opdracht van: OIM Haren en SPRINT

Voorwoord

Dit is project is een ontwerpopdracht in opdracht van Orthopedische Instrumentmakerij (OIM) Haren en SPRINT als bachelor scriptie en project. In dit rapport gaat het om het volgende onderwerp:

"ontwerp een slimme productiemethode/ -techniek voor een stompkoker".
Ontwerp een verbeterde productiemethode/ -techniek om een stompkoker zo *goedkoop* en *zo snel mogelijk* te kunnen produceren, gebruik hierbij bestaande digitale technieken voor het aanmeten van stompkokers, het ontwerpen doe je in samenwerking met het bedrijf OIM.

Voor dit probleem is een oplossing bedacht en hopelijk zal OIM hier baat bij hebben, zodat het bedrijf meer mensen kunnen helpen met een op maat gemaakte stompkoker.

Inhoudsopgave

Inleiding....4
Analyse fase....5
Probleem definitie....5
Oorzaak-gevolg diagram: problemen....6
Oorzaak-gevolg diagram: doelen....7
Ontwerp opdracht....8
Bestaande methoden....8
Huidige methode OIM:....8
Productie Technieken....9
Eisenlijst....10
Wensenlijst....11
Analytic Hierarchy Process....11
Functie analyse....13
Terugblik analyse fase....13
Literatuurlijst....14

Inleiding

In dit project wordt gezocht naar verbeteringen rondom de productie techniek van de stompkoker. Het gehele ontwerp proces zal worden doorlopen met als doel een goede, snelle, goedkopere productietechniek te vinden om prothesekokers te maken.

Mensen kunnen door allerlei oorzaken een prothese nodig hebben. Wil men deze mensen zo goed mogelijk helpen, dan zal voor elk een eigen prothesehouder op maat gemaakt moeten worden. De mensen met een soort gelijke aandoening kunnen dezelfde prothese gebruiken, maar de aansluiting op het lichaam moet op maat gemaakt worden, omdat elke stomp uniek is. De koker moet goed zitten om verschillende redenen:

- De prothese moet comfortabel zitten
- De prothese moet blijven zitten
- De krachten moeten goed worden overgedragen van lichaam naar prothese

Op dit moment wordt elke stompkoker met de hand op maat gemaakt. OIM neemt maat van de stomp en maakt een negatief van de stomp. Door dit negatief te vullen met gips heeft OIM een model van de stomp waarmee gewerkt wordt, om het product te maken. Het voordeel hiervan is dat de patiënt niet telkens als model hoeft te dienden, wat tijdrovend en saai is voor de patiënt. Het nadeel is echter dat het product niet altijd in een keer past, door bijvoorbeeld deformatie van de mal bij het eruit halen van de stomp. Aanpassingen maken om fouten te corrigeren is veel werk en samen met de gewone productie drijft dit de kosten erg omhoog.

Analyse fase

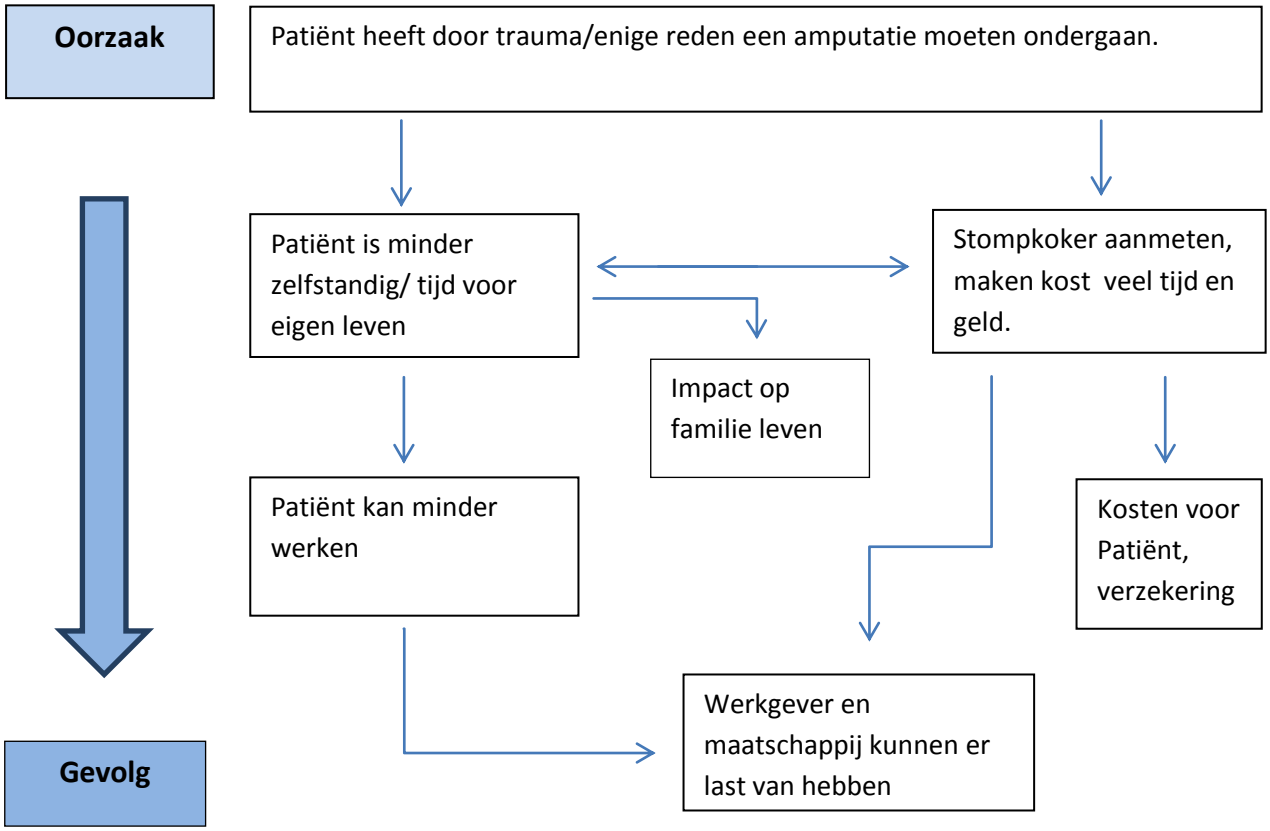
In de analyse fase wordt bekeken wat het probleem is en wie er problemen bij vinden. Daarna zal er een strategie gekozen worden om het probleem te bestrijden. Met behulp van een lijst van eisen, wensen en een functie analyse proberen we een kader te scheppen dat kan helpen om tot een oplossing te komen.

Probleem definitie

Wie	Wat	Waar	Waarom	Wanneer
Patiënt	Vele afspraken , voor meten, aanpassen, lange wachttijden totdat product geleverd kan worden	Thuis, OIM haren	Patiënt is fysiek beperkt	Altijd
Vrienden/Familie	Zorg verlenen aan patiënt	In contact met de patiënt	Ze voelen zich verantwoordelijk en emotioneel belast	Totdat de patiënt geholpen is. Daarna in mindere mate.
Arts	Zorg verlenen aan patiënt	In het ziekenhuis/ praktijk	Deze probeert uit zijn goede wil te helpen	Wanneer nodig
Verzekerings-maatschappij	Kost veel geld voor de verzekerings-maatschappij	Op de werkvloer	Extra geld, zorg en risico door de patiënt	Altijd
Maatschappij	Willen graag weinig patiënten en lage kosten maar wel een hoge kwaliteit	In de hele maatschappij	Betalen uiteindelijk mee aan de kosten	Altijd
Bedrijf/industrie	Interesse in vernieuwde producten bij een lage productie prijs	In de hele maatschappij	Geld in investeren	Altijd
Arbo	Geeft om werknemers	In het bedrijf	te veel werkdruk voor werknemers	In drukke periodes. Deadlines

Nu alle problemen in een schema zijn gezet, kunnen ze met elkaar in verband worden gebracht met behulp van een oorzaak-gevolg diagram die hieronder is weergegeven. Hieruit zou blijken waar het meest fundamentele probleem zit en wat dit inhoud.

Oorzaak-gevolg diagram: problemen



Uit dit oorzaak-gevolg diagram komen verschillende problemen naar voren. Omdat de patiënt al een trauma heeft gehad, kan dat niet voorkomen worden. Wat wel aangepakt kan worden is de tijd die het kost om een stompkoker te maken. Verder in het project zal dus gekeken worden naar mogelijkheden om zo snel mogelijk een op maat gemaakte stompkoker gemaakt kan worden. Uit de eventuele problemen die kunnen ontstaan, kan een doel geformuleerd worden. Ook kan er een hoofddoel gevonden worden voor het hoofdprobleem. Als dit doel gerealiseerd kan worden zullen alle andere doelen automatisch de andere problemen oplossen. De doelen die een oplossing kunnen geven zijn:

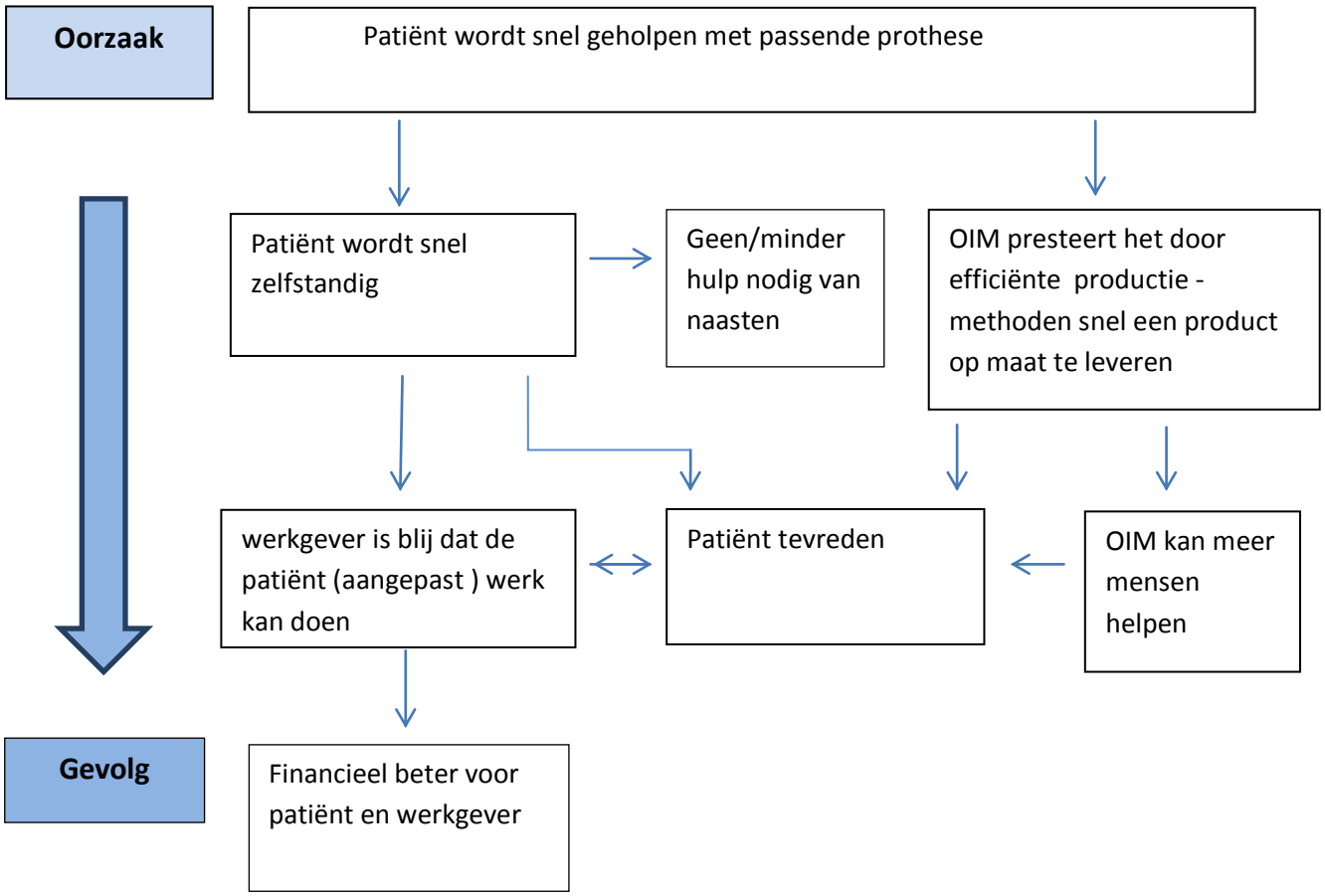
Doelen:

- Verminderen van kosten voor product
- Minder afspraken met patiënt nodig voor eindproduct
- Verhoogde productie
- Comfort en duurzaamheid van product behouden of verbeteren

Hoofddoel:
Het vinden van een geschikte productie techniek die sneller is, maar de kwaliteit behoud.
Waarbij kwaliteit staat voor goede fit en duurzaamheid.

Oorzaak-gevolg diagram: doelen

Als het hoofddoel wordt opgelost, zullen de rest van de problemen ook verdwijnen. Dit ziet er als volgt uit in een oorzaak-gevolg diagram:



Ontwerp opdracht

Uit het probleem en de doelen komt naar voren dat er een verbeterde productiemethode/-techniek moet komen om een stompkoker zo goedkoop en zo snel mogelijk te kunnen produceren. Om dit te verwezenlijken lijkt het digitaliseren van stompmodel een goede optie, omdat men van hieruit veel productie kanten op kan gaan, maar er moet worden gekeken of er geen snellere methode is. Misschien kan de stompkoker wel direct om de stomp heen gemaakt worden of zijn er andere technieken.

Bestaande methoden

Huidige methode OIM:

Om een prothese op maat te maken kunnen er twee methoden worden gebruikt. De eerste is digitaal maat nemen. Dit wordt gedaan door middel van een 3d scanner. Dit is een relatief snelle methode en niemand hoeft aan de stomp te komen, wat pijnlijke of ongemakkelijke situaties voorkomt. Het model dat wordt verkregen kan gemakkelijk gecorrigeerd worden zodat er een optimale fit is. Met behulp van dit model wordt de stompkoker gemaakt. [1]

De tweede optie is dat er met gips om de stomp wordt gezwachteld. Na vijf minuten is dit uitgehard en is er een negatief van de stomp verkregen. Dit negatief wordt vol gegoten met gips zodat er een replica van de stomp wordt verkregen. Dit model wordt gecontroleerd op maten en er worden aanpassingen gedaan voor optimale fit. Dit gips model moet zo goed mogelijk zijn omdat hier omheen de stompkoker wordt gemaakt.

De optimale modellen worden bewaard om een definitief product te maken. Mocht de patiënt later een nieuwe stompkoker nodig hebben, dan zijn alleen kleine aanpassingen nodig, omdat de stomp vervormd. Er wordt een adapter aan de stompkoker gemonteerd samen met de rest van de prothese.

<u>Maten die genomen worden:</u>
Schoenmaat
Lichaamslengte, voor verschillende onderdelen van prothese
Eventuele (stands)afwijkingen van de extremiteit aan de andere zijde.

De prothese wordt gemaakt door transparant plaatmateriaal te verwarmen en vacuüm te trekken om het gipsmodel. Het is doorzichtig, omdat als de prothese gepast wordt, kunnen de drukplekken en lege ruimtes bekeken worden. dit maakt aanpassingen maken makkelijker, omdat er zicht is op het probleem. Indien nodig kan het materiaal opnieuw verwarmt en vervormt worden om correcties te maken.[2]

[1] http://www.oim.nl/prothesen/beenprothesen/stap-voor-stap-naar-je-beenprothese/het-aanmeten-van-je-beenprothese
[2] http://www.oim.nl/prothesen/beenprothesen/stap-voor-stap-naar-je-beenprothese/het-maken-van-je-prothesekoker

Ook kan er gekozen worden om gelamineerd materiaal te kiezen. Ook hier wordt gebruik gemaakt van de vacuümtechniek. Om het model wordt een folie vacuüm getrokken. Hieromheen wordt tricot met of zonder koolstof aangebracht. De koolstof wordt aangebracht ter versteviging. Of koolstof gebruikt wordt hangt af van de sterkte die de koker moet hebben. Tussen de folies wordt acrylhars aangebracht. Als dit na drie kwartier onder vacuüm is uitgehard is de koker zo goed als klaar. [3]

Voor het maken van een been koker wordt minimaal vijf werkdagen uitgerekend en voor een arm koker tien werkdagen.

Het OIM maakt veel gebruik van de daadwerkelijke gips modellen, maar minder met de computer modellen. Er zijn verscheidene technieken die exacte kopie kan maken van het model. Hieronder staat een lijstje van verschillende technieken die gebruik maken van het computer model met een nauwkeurigheid van rondom 0,2mm. Elke techniek heeft zijn eigen voor- en nadelen. Deze gaan over afval, tijdsduur, materiaal keuze etc.

Productie Technieken

Produceren vanaf computer model met behulp van [4,5,6]:

3d printen

Fused Depositing Modeling (FDM):	Hierbij wordt steeds een stuk plastic gesmolten en boven op de vorige laag gelegd
stereolithografie:	Door middel van een laser wordt de boven laag van kunsthars verhard.
Selective Laser Sintering (SLS):	Dit lijkt op stereolithografie alleen wordt hier poeder gebruikt i.p.v. een vloeistof.
Z-corporation (Zcorp):	Zcorp lijkt op sls, maar de deeltjes worden aan elkaar vastgelijmd, minder sterke hechting.
Multi Jet Modeling (MJP):	Een andere naam is Polyjet. Deze techniek maakt gebruik van een UV lamp en polymeren die op UV reageren zodat er een bonding ontstaat.

CNC Waterstaalsnijmachine
CNC freesmachine
CNC draaibank

het voordeel van de print technieken is dat er in tegenstelling tot de CNC technieken weinig rest afval. Deze technieken hebben een bepaalde snelheid en nauwkeurigheid wat met machine merk verschilt. Als de machine erg nauwkeurig te werk moet gaan om het model exact na te maken zou dit vele malen meer tijd kosten om het product te maken. Bij 3d print technieken kan dan nog gekozen worden om het product niet 100% te vullen. Dit gaat ten koste van de stevigheid van het product, maar er wordt tijd mee gewonnen. Bij elk product zou moeten worden gekeken welke factor het belangrijkst is om het gewenste resultaat te bereiken.

[3] http://www.oim.nl/prothesen/armprothese/stap-voor-stap-armprothese/het-maken-van-je-prothesekoker
[4] http://www.filament-shop.nl/service/welke-3d-print-technieken-zijn-er/
[5] http://www.mmsonline.com/articles/machining-from-stl-files
[6] http://cnc-machine.eu/

Eisenlijst

Naast de aangegeven grenzen is er ook een lijst van eisen nodig om een goede oplossing te kunnen krijgen. het eindconcept zal aan zo veel mogelijk eisen moeten voldoen om een succes te worden. Als het gaat om het systeem dan gaat het om de technieken bij het maken van de stompkoker. Zodra het gaat over het product dan zal het gaan over de stompkoker.

Gebruiksvriendelijkheid

- Comfortabel product maken. Het product mag niet schuren met de huid.
- Aanpassingen aan product maken moeten snel zijn. binnen 2 uur
- product kan tegen temperatuursschommelingen
- product kan tegen water

Functionaliteit

- Productie omhoog door reduceren van productie tijd (huidig 5 werkdagen, eis 3 werkdagen)
  - d.m.v. betere techniek
  - d.m.v. minder ontmoetingen met patiënt
  - d.m.v. minder ambachtswerk
  - d.m.v. andere materialen
  - eerste fit is goed
- Modellen digitaal opslaan
- 3d scans gebruiken
- product goede fit en sluit om de huid
- systeem moet jaren mee gaan (5-10 jaar)

Veiligheid

- Systeem levert comfortabel product. Het product maar niet schuren met de huid.
- Materiaal kan dragende krachten weerstaand

Kosten

- Product mag niet veel meer kosten dan huidige.

Wensenlijst

Naast de lijst van eisen is er ook een wensenlijst opgesteld waaraan het eindconcept zo goed mogelijk moet voldoen:

Gebruiksvriendelijkheid

Geen aanpassingen nodig
Techniek moet multi-toepasbaar zijn. Zowel arm als been koker.
materiaal is recyclebaar

Functionaliteit

Product af in een dag
3d scan fase overslaan, product direct aan patiënt maken.
Proces te automatiseren en toch specifiek per product
techniek moet betere pas vorm bieden dan huidige techniek
Patiënt maximaal 2x op afspraak

Kosten

kosten lager dan huidige product.

Analytic Hierarchy Process

Nu de eisen- en wensenlijst zijn opgesteld, zal gekeken worden welk categorie belangrijk zijn voor dit probleem. Dit wordt gedaan met behulp van de *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Hier in worden twee verschillende eisen met elkaar vergeleken gezien van uit de verschillende gezichtspunten van de stakeholders. Dit laat zien dat er altijd meerdere kanten zijn van een eis. AHP zorgt voor meer begrip over wat echt belangrijk is en voor wie en zorgt zo voor een beter product.

De eisen en wensen zijn gecatogoriseerd en worden met elkaar vergeleken door een cijfer toe te kennen van 1 - 9. Waarbij een waarde van 5 zijn beide eisen even belangrijk. Dit wordt gedaan voor iedere stakeholder.

	1	-	9
A	Gebruiksvriendelijkheid	-	Functionaliteit
B	Gebruiksvriendelijkheid	-	Veiligheid
C	Gebruiksvriendelijkheid	-	Kosten
D	Functionaliteit	-	Veiligheid
E	Functionaliteit	-	Kosten
F	Veiligheid	-	Kosten

Hierbij zijn kosten van het systeem en functionaliteit zorgt voor tijdsvermindering waardoor het eventueel scheelt op de product prijs.

Na het afwegen van de eisen A t/m f zijn de gemiddelden berekend. Hier uit zijn de volgende dingen opgemaakt:

	Patiënt	Naasten	Medici	Verzekerings-maatschappij	Maatschappij	Bedrijf/ Indutrie	Arbo	Gemiddeld
A	7	7	7	8	7	8	8	7.4
B	7	7	7	8	7	7	8	7.3
C	6	6	5	6	4	3	3	4.7
D	4	4	5	6	4	5	6	4.9
E	4	5	5	4	4	4	3	4.1
F	4	5	3	3	5	4	3	3.9

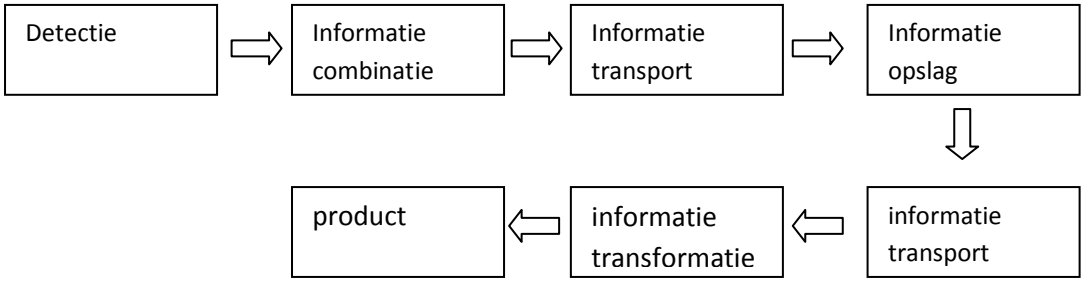
Uit het AHP blijkt dat het systeem dat de producten moet maken vooral functioneel moet zijn. Naast functioneel moet het veilig zijn en veilige producten leveren. Het systeem moet daarnaast door iedereen gebruikt kunnen worden zodat zo veel mogelijk mensen geholpen kunnen worden. Het systeem mag aardig wat kosten mits het veel productie tijd wegneemt. Het zou mooi zijn als het product wat er uitrolt goedkoper kan zijn dan het huidige product is.

Functie analyse

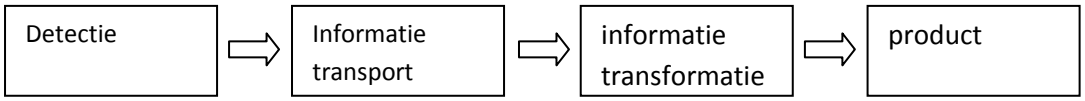
Hoofdfunctie: Het maken van een stompkoker vanuit een 3d model. Dit is informatie transformatie tot product.

Sub-functie: scannen van stomp
Gebruik maken van computermodellen
Opslaan van model en koker gegevens

Strategie 1: 3d scannen + productie



Strategie 2: Stompkoker direct om stomp gemaakt



Terugblik analyse fase

In de analyse fase is duidelijk geworden dat het huidige systeem om een stompkoker te maken lang duurt, omdat het ambachtswerk is. Ook is er een grote reeks aan bestaande technieken gevonden die de productie over kunnen nemen. De vraag is echter welke techniek er voor gaat zorgen dat de productie omhoog gaat. Het was lastig om duidelijkheid te scheppend rondom eisen en wensen, omdat het product wel bepaalde eisen heeft, maar de productie techniek niet zo veel. Bij de techniek gaat het om functionaliteit en veiligheid. Daarmee houd het bijna op.

Literatuurlijst

1. BONACINI, D., CORRADINI, C. et al., 3D DIGITAL MODELS RECONSTRUCTION: RESIDUAL LIMB ANALYSIS TO IMPROVE PROSTHESIS DESIGN, Body Modelling and Crime Scene Investigations (pp. 96-102)
   geraadpleegd op 14 april 2015, van
   http://www.roadrunnerfoot.com/de/attivita/3D_Model_recostruction.pdf

2. Sheridan Laing, Peter VS Lee, James CH Goh (2011), Engineering a Trans-Tibial Prosthetic Socket for the Lower Limb Amputee, Ann Acad Med Singapore 2011;40:252-9
   geraadpleegd op 14 april 2015, van
   http://www.annals.edu.sg/pdf/40VolNo5May2011/V40N5p252.pdf

3. Aherwar, A., Singh, A. Patnaik, A. (2014), A review on rapid prototyping and rapid tooling techniques for fabrication of prosthetic socket, High Value Manufacturing - Bártolo et al. (Eds) (pp. 345-348), London, Taylor & Francis Group
   geraadpleegd op 14 april 2015, van
   https://books.google.nl/books?id=alliAgAAQBAJ&pg=PA346&lpg=PA346&dq=custom+stump+socket+limb+production&source=bl&ots=MQ3m0WdS5v&sig=0wEEcL8JZ_j5ikL4d9N6-4n6554&hl=nl&sa=X&ei=zeEsVcbJFoubsgGr5oGQBg&ved=0CFMQ6AEwBQ#v=onepage&q=custom%20stump%20socket%20limb%20production&f=false

4. Cugini, U., Bertetti, M., Bonacini, D., Colombo, G., Corradini, C., Magrassi, C. (2006), Innovative Implementation in Socket Design: Digital Models to Customize the Product, Proceedings ArtAbilitation
   geraadpleegd op 14 april 2015, van
   http://www.icdvrat.org/2006/ArtAbilitation/Proceedings_Complete/Cugini.pdf

5. Orthopedische Instrument makerij, Het aanmeten van je beenprothese
   geraadpleegd op 14 april 2015, van
   http://www.oim.nl/prothesen/beenprothesen/stap-voor-stap-naar-je-beenprothese/het-aanmeten-van-je-beenprothese

6. Orthopedische Instrument makerij, Het maken van je prothesekoker
   geraadpleegd op 14 april 2015, van
   http://www.oim.nl/prothesen/armprothese/stap-voor-stap-armprothese/het-maken-van-je-prothesekoker

7. Orthopedische Instrument makerij, Het maken van je prothesekoker
   geraadpleegd op 14 april 2015, van
   http://www.oim.nl/prothesen/beenprothesen/stap-voor-stap-naar-je-beenprothese/het-maken-van-je-prothesekoker

8. Livit Orthopedie, Pilot prothese in 1 dag
   geraadpleegd op 14 april 2015, van
   https://www.livit.nl/nl-nl/nieuws/prothese_in_1_dag.aspx

9. Curralo, A., Queijo, L., Rocha, J. (2012), Manufracturing of lower-limb custom fit prostethics socket using reverse engineering, 15th International Conference on Experimental Mechanics
   geraadpleegd op 14 april 2015, van
   https://www.livit.nl/nl-nl/nieuws/prothese_in_1_dag.aspx

10. GOH, J., A new method of accurately fabricating artificial legs promises to get amputees back on their feet rapidly.
geraadpleegd op 14 april 2015, van
http://www.innovationmagazine.com/innovation/volumes/v6n1/feature2.shtml

11. Virtualization & Knowledge group, Socket Modeling Assistant
geraadpleegd op 14 april 2015, van
http://www.innovationmagazine.com/innovation/volumes/v6n1/feature2.shtml

12. GOH, J., A new method of accurately fabricating artificial legs promises to get amputees back on their feet rapidly.
geraadpleegd op 14 april 2015, van
http://www.innovationmagazine.com/innovation/volumes/v6n1/feature2.shtml