



# Ontwerp van een elektrische handverwarmer

Lieke ter Brugge (s1480790)

Ontwerp van een elektrische  
handverwarmer voor op het werkblad van  
een elektrische rolstoel.

**Auteurs gegevens**

Naam: Lieke ter Brugge  
Geboortedatum: 16-09-1995  
Studentennummer: s1480790

**Opleiding**

Industrieel ontwerpen  
Universiteit van Twente

**Datum eindpresentatie**

30 augustus 2016

**Gegevens opdrachtgever**

Stichting Miles for Muscles

**Beoordelingscommissie**

Edsko Hekman  
Mascha van der Voort

**Datum publicatie**

26-07-2016

**Aantal pagina's excl. bijlage**

42

**Aantal bijlagen**

4

# Voorwoord

De opdracht voor het ontwerpen van een handverwarmer, voor op een elektrische rolstoel, werd gedaan in opdracht van Miles for Muscles.

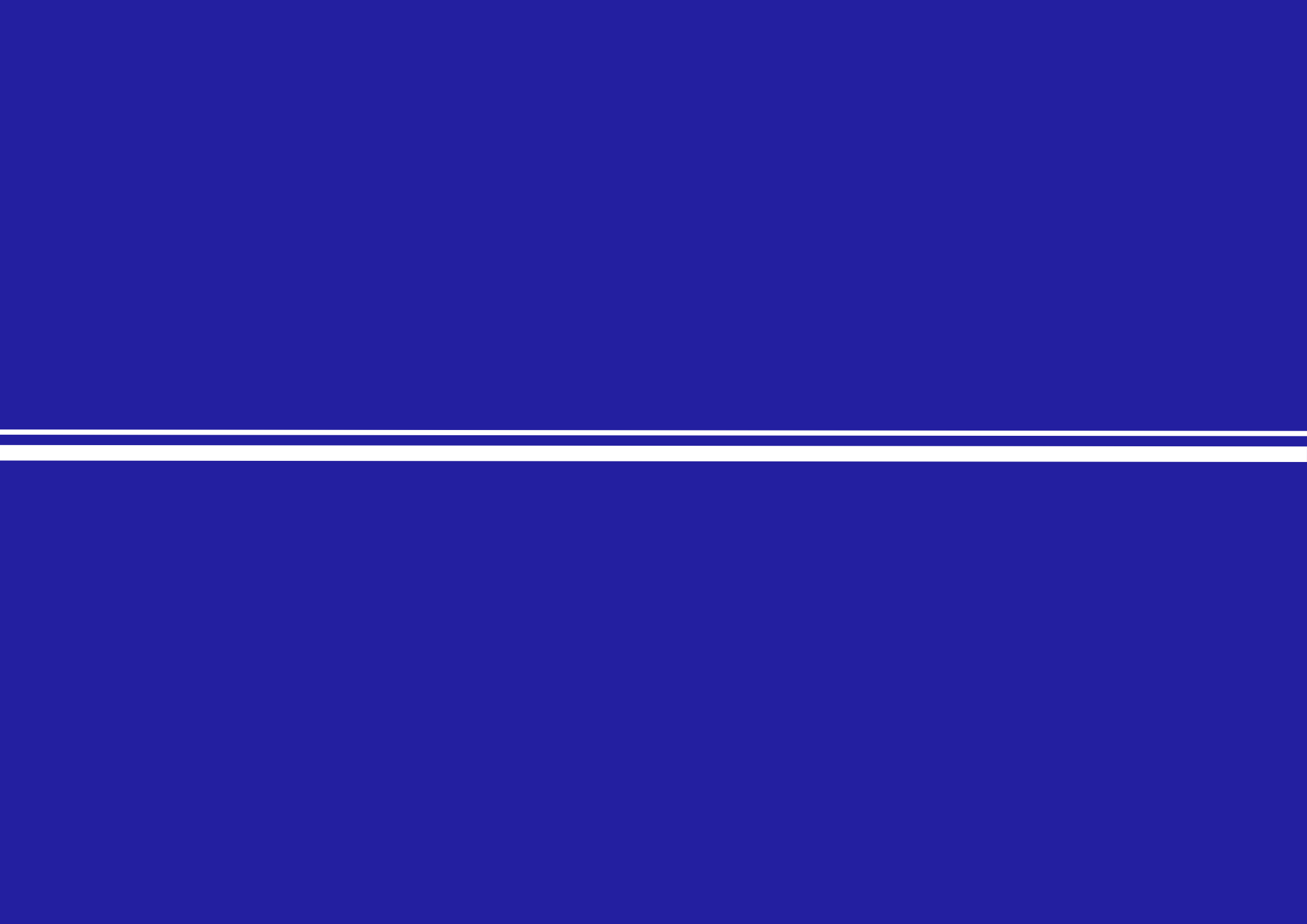
Stichting Miles for Muscles zet zich in voor mensen met de spierziekte SMA. De stichting zamelt geld in voor onderzoek en probeert ook meer aandacht te creëren voor de ziekte, zo laten ze mensen kennis maken met de beperking doormiddel van sport of voorlichting.

Aanleiding voor het onderzoek naar een nieuw ontwerp voor een handverwarmer is dat de handen koud worden en rolstoel hierdoor minder gemakkelijk te besturen is.

De opdracht werd uitgevoerd in opdracht van Miles for Muscles, locatie waar de opdracht is uitgevoerd is Harting Bank hengelo. Harting bank is een leverancier van zorg hulpmiddelen. Ik wil harting bank hengelo graag bedanken voor het delen van hun kennis en het beschikbaar stellen van hun materialen en tijd.

Lieke ter Brugge,  
Juli 2016





## Samenvatting

In dit verslag wordt het ontwerp van een handverwarmer voor mensen in een elektrische rolstoel beschreven.

Er zijn verschillende soorten ontwerpen van handverwarmers en andere soorten verwarmers, maar niets wat goed aansluit bij mensen met weinig spierfunctie in de armen, handen en vingers.

Op de markt is een product dat veel gebruikt wordt, maar bij dit product is de warmte niet goed verdeeld, het product maakt gebruik van convection en verspreid warmte vanuit één punt. De gebruiker loopt hierbij het risico op brandwonden.

Het nieuwe ontwerp streeft naar een betere verwarming van de hand door de hand op twee verschillende manieren te verwarmen.

De hand wordt direct van onder verwarmd en het bloed dat naar de hand stroomt zal voor opwarming van de hand zorgen.

Het product zal gemakkelijk en snel instelbaar zijn met drie functies. De functies kunnen nog verder gepersonaliseerd worden door de warmte te veranderen die aan deze functie hangt. De functies zorgen ervoor dat de gebruiker drie temperatuur standen heeft, om zo de handen op een comfortabele temperatuur te houden bij meerdere omgevingstemperaturen.

Verder kan een persoon kiezen of deze het product nodig heeft voor één of twee armen aangezien dit een los circuit is. Door het product zo flexibel te maken kan een grote groep mensen gebruik maken van het product.

Uit de test bleek dat het product de handen verwarmd, dat beweging flexibeler wordt en dat handen minder vochtig worden, met als resultaat dat de rolstoel beter bestuurbaar blijft. Zonder de handen te branden.

## Summary

In this paper the design process of an electric heater for the hands will be discussed. This heater will be designed for people in a power wheelchair.

There are several existing kinds of hand heaters, but nothing really suiting this specific target group. The target group in this case has little muscle functionality in the arms, hands and fingers.

Currently there is a product on the market that is used commonly among people with a muscle disorder. This product works with convection and hot air is distributed from one point to the areas around it. Therefore the heat is not constant and the user risks burning their fingers when getting too close to the heating element.

The new design strives to have a better distribution of heat by heating the hand in two ways.

The hand will be heated directly from beneath and will also be heated by warming the blood that's led to the hand.

The product will be easily adjustable by having three settings. The settings can be personalized by changing the warmth that's appointed to this setting. The settings are necessary for the user to keep their hands on a comfortable temperature with very cold or warmer temperatures.

The user can choose to use the product for one or two arms. By making the product this flexible a great group of people can make use of the product.

From testing we concluded that the hands get warmer, muscles get more flexible and hands are less wet, with as result that the wheelchair is much more usable. Without burning your hands.

# Inhoudsopgave

## **Inleiding 8**

- 1.1 Probleemomschrijving 9
- 1.2 Doelstelling 9
- 1.3 Methodiek 9

## **Analyse 10**

- 2.1 Doelgroep 11
- 2.2 context 12
- 2.3 Lichaamstemperatuur 13
- 2.3 Producten op de markt 15
- 2.4 Wat mist er op de markt? 17
- 2.6 Functies 17
- 2.7 programma van Eisen 18

## **Idee fase 19**

- 3.1 Soorten warmte 20
- 3.2 Idee generatie 21
- 3.3 Gesprekken met experts 22
- 3.4 Vormstudie van het Idee 24
- 3.5 Bediening 25
- 3.6 Bevestiging 26
- 3.7 Conclusie 26

## **Concept uitwerking 27**

- 4.1 Prototype 28
- 4.2 Verwarming van het bloed 29
- 4.3 Directe verwarming van de hand 29
- 4.4 Carpaal tunnel syndroom 29
- 4.5 Bediening 30

- 4.6 Elektronische werking 30

- 4.7 Materiaal keuze 31

- 4.8 Product onderdelen 32

## **Test fase 35**

- 5.1 Test opzet 36

- 5.2 Resultaten 37

- 5.3 Analyse test resultaat 38

- 5.4 Ervaring van de proefpersonen 38

- 5.5 Verdere test 38

## **Conclusie & aanbevelingen 39**

- 6.1 Verbetering ontwerp 40

- 6.2 Verder onderzoek 40

- 6.3 Discussie 40

## **Bronnenlijst 41**

## **Bijlage 43**

- 1. Myocafé 44

- 2. Materiaal 45

- 3. Ontwerp maten 46

- 4. Test resultaten 47

---

Inleiding

## 1.1 Probleemomschrijving

Stel dat je door een ernstige functiebeperking fysiek niet je handen kunt warmen door ze tegen elkaar aan te wrijven en dat handschoenen ook geen oplossing zijn. Terwijl je voor je mobiliteit wel afhankelijk bent van warme handen, want met koude handen neemt de fijne motoriek af en wordt het rijden met een Elektrische rolstoel bemoeilijkt. Dit is voor mensen met een ernstige functiebeperking een feit.

Het probleem is dat mensen met een spierziekte snel koude handen krijgen, de huidige handverwarmer functioneert niet naar wens. Bij de deze handverwarmer is de warmte niet goed verdeeld, waardoor er blaren op de handen ontstaan. Een nieuw product is nodig, omdat de manier van verwarmen van de handen niet optimaal werkt. Er moet dus een oplossing worden gevonden om de handen op een comfortabele manier warm te houden.

## 1.2 Doelstelling

Stichting Miles for Muscles wil een nieuw ontwerp voor een handverwarmer voor op een elektrische rolstoel. Het doel van deze opdracht is een nieuwe manier van verwarmen bedenken voor het verwarmen van beide handen. Als de handen koud worden neemt de fijne motoriek af en wordt het rijden met een rolstoel bemoeilijkt, daarom is een goede verwarming van de handen essentieel.

Het is de bedoeling dat de verwarming van de handen instelbaar is en dat de handen op temperatuur gebracht en gehouden kunnen worden. Op het moment wordt de voorkant van de handen te warm en aan de achterkant worden ze niet genoeg verwarmt. Er wordt daarom deze opdracht gestreefd naar een betere verdeling van warmte over de hand.

Bij het nieuwe ontwerp van de handverwarmer moeten de handen zichtbaar blijven. Dit is niet alleen goed voor het zien van de besturing, maar ook voor een beter zicht op de omgeving.

## 1.3 Methodiek

Het doel van de ontwerp opdracht zal worden bereikt, door eerst te kijken wat er op de markt is. Daarna zal er worden gekeken naar de meest comfortabele manier van verwarmen. Ook zal er tijdens de idee fase gekeken worden hoe de handen zichtbaar kunnen blijven.

Bij de uitwerking van het concept zal rekening worden gehouden met de manier van instellen en de hoeveelheid instellingen. Ook wordt er rekening gehouden met de verschillende gebruikers.

En uiteindelijk zal er een simpel prototype van het product worden gemaakt dat zal worden getest. In deze test zal blijken of het product invloed uitoefend op de temperatuur van de hand en welke invloed dit is.

Ook zullen er suggesties worden gedaan voor verdere ontwikkeling van het product, aangezien er nog veel onderzoek valt te doen op dit gebied en nog veel ruimte is voor verbetering.

Het verslag is in verschillende hoofdstukken opgedeeld in de analyse zullen de bestaande producten worden bekeken, zal de omgeving van het product worden geanalyseerd en zal worden gekeken naar temperatuurregeling van het menselijk lichaam.

In het hoofdstuk daarna zal de ideefase worden belicht, hier worden enkele ideeën over vorm, gebruik en bediening besproken. Ook zullen hier de visies van enkele experts aan bod komen.

Vervolgens worden de gekozen ideeën in de conceptfase uitgewerkt tot een productidee. Er wordt een ontwerp gemaakt voor een prototype en een final concept.

De test en de resultaten van de test met het prototype worden daarna besproken. En er zullen tot slot conclusies worden getrokken en aanbevelingen worden gedaan in de reflectie en discussie.

---

Analyse

## 2.1 Doelgroep

De doelgroep van dit project zijn mensen in een elektrische rolstoel met werkblad. Tijdens het ontwerpen van de handverwarmer focus ik mij vooral op mensen met een spierziekte. Deze mensen hebben mindere functionaliteit van de spieren, waardoor de handen sneller afkoelen. Bij kamertemperatuur zijn de handen eigenlijk al vrij koud.

Er zijn 600 verschillende spierziekten, waar aan naar schatting in Nederland 200.000 mensen lijden. (Prinses Beatrix Spier Fonds, z.j.)

De structuur van doorbloeding van het lichaam van deze groep is hetzelfde als bij een doorsnee persoon, het probleem is dat het lichaam zijn temperatuur niet kan verhogen door snellere verbranding in de cellen.

Wanneer we het koud hebben gaan we rillen, om zo een snellere stofwisseling te creëren in de cellen van ons lichaam. Bij iemand waarbij de spieren niet goed functioneren is deze mogelijkheid er niet en zal er op een andere manier warmte moeten worden verkregen.

Er zijn veel verschillende spierziekten, bij de meeste spierziekten worden de spieren steeds zwakker de oorzaak van het zwakker worden van de spieren ligt bij elke spierziekte ergens anders. Bij SMA worden de spieren steeds dunner, totdat iemand uiteindelijk verlamd raakt (Prinses Beatrix Spier Fonds, z.j.)

Omdat deze mensen al weinig mobiliteit hebben in de handen is het van belang dat deze mobiliteit behouden wordt, zodat de elektrische rolstoel nog bestuurd kan worden. Wanneer de handen koud worden wordt de mobiliteit vermindert. Hierdoor worden de mensen belemmerd in hun vrijheid om naar buiten te gaan wanneer het koud is.

De opdracht voor een nieuw design van een handverwarmer is in opdracht van Miles for Muscles, dit is een organisatie die zich inzet voor mensen met de spierziekte SMA. Daarom zal ik mij nader focussen op de spierziekte SMA.

SMA is een progressieve spierziekte, dit is bij meerdere spierziekten het geval. De situatie van de doelgroep blijft dus niet constant, maar gaat achteruit. Hoe snel de toestand van de persoon achteruit gaat is per persoon verschillend, omdat er verschillende varianten zijn van spierziekten. Zo kent SMA vier varianten (Prinses Beatrix Spier Fonds, z.j.).

Aan de hand van het boek van Patricia van Manen heb ik begrepen, door het lezen van de ervaringen van een persoon met SMA, dat er een grote kloof zit tussen het mentaal kunnen en fysiek kunnen van de persoon.

Ook wordt er in het boek aangegeven dat door de kou de handfunctie van de schrijfster sterk beperkt wordt. Hierdoor wordt het lastig om lange stukken te rijden over hobbelige weggetjes. (Van Manen, 2014)

Het is voor de doelgroep erg belangrijk dat de weinige spierkracht optimaal benut kan worden. Warmte helpt bij het optimaliseren van de spierkracht van deze doelgroep. Het is moeilijker voor een spier om samen te trekken onder koude omstandigheden dan warme.

De temperatuur beïnvloed hoe gemakkelijk zuurstof vrijgelaten wordt door de hemoglobine cellen. En de hoeveelheid zuurstof dat de spieren krijgen bepaald hoe sterk ze samen kunnen trekken, meer zuurstof laat meer samentrekking van de spieren toe. (Thompson, z.j.)

De doelgroep heeft een elektrische rolstoel met een werkblad de besturing van de rolstoel is per persoon verschillend, vanwege de progressieve aard van spierziekten. Omdat deze mensen weinig kracht in de vingers hebben is het voor hen erg lastig om de handen warm te houden. Ook is het erg lastig om van handschoenen gebruik te maken door te weinig kracht in de vingers, zijn deze moeilijk aan te krijgen. Daarom is er voor deze doelgroep een ander passend ontwerp nodig dat de temperatuur van de handen omhoog brengt.

## 2.2 context

De bedoeling is dat het verwarmingsproduct de handen goed verwarmd en hiermee het besturen van een elektrische rolstoel vergemakkelijkt. Het is daarom belangrijk om rekening te houden met de omgeving waarin het product zal worden gebruikt, dit zal buitenshuis en binnenshuis zijn. Ook zal dit altijd in de rolstoel zijn.

Er is gekeken naar hoe deze rolstoel er uit ziet en wat factoren zijn om rekening mee te houden bij het ontwerpen van een product voor op de rolstoel.

Er zijn verschillende soorten besturing voor elektrische rolstoelen met werkblad, deze zijn ook allemaal op verschillende plekken van het werkblad geplaatst. Het product zal daarom flexibel moeten zijn om bruikbaar te zijn voor een groot aantal mensen binnen de doelgroep. Om het product buiten te kunnen gebruiken zal het product bestand moeten zijn tegen wind en water maar ook tegen temperaturen onder nul tijdens de winterperiode.

### **De verschillende besturings systemen zijn:**

#### **1. Hand besturingssystemen:**

- o Advanced joystick
- o Compact joystick
- o Joystick geïntegreerd in werkblad
- o Vingerbesturing (fungeert als joystick met minimale inspanning van de vingers)
- o Mini-joystick
- o Tablet besturing

#### **2. Voetbesturingssystemen:**

- o Joystick

#### **3. Kinbesturing**

#### **4. hoofdbesturingssystemen**

#### **5. Zuig en blaas besturing**

in figuur 1 zijn de verschillende besturingstechnieken weergegeven.



**Compact joystick**  
Joystick voor de besturing



**Proportionele joystick**  
voetbesturing



**Kinbesturing**



**Hoofdbesturing**



**Zuig & blaas-**  
besturing

Figuur 1

Van bovenstaande bedieningssoorten zijn een aantal op het werkblad geplaatst, waarbij de plaatsing op het werkblad ook weer per persoon verschilt.

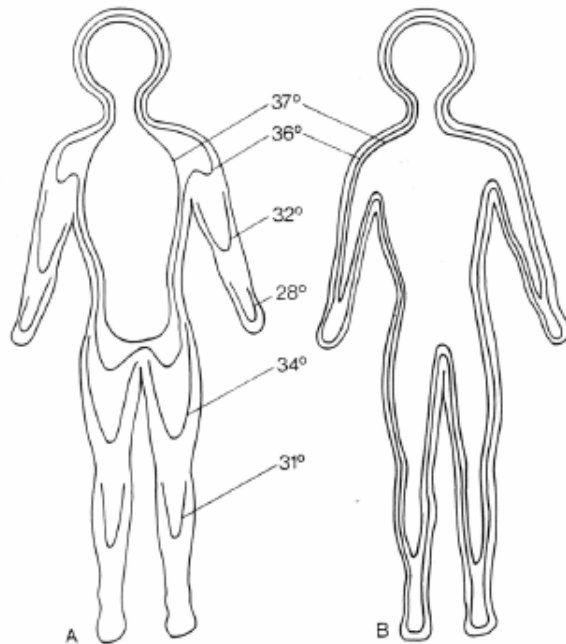
Veel van deze bovenstaande vormen van besturing zitten niet op het werkblad. Bij deze vormen van besturing zou een product op het werkblad geen verandering vormen voor de besturing.

Echter zijn er heel veel verschillende vormen van handbesturing die wel op het werkblad bevestigd zijn. Deze zitten bij verschillende personen ook nog eens op een andere plek.

## 2.3 Lichaamstemperatuur

Het menselijk lichaam wil de temperatuur van het lichaam graag constant houden op een temperatuur van ongeveer 37°C. De temperatuur in de armen en handen ligt iets lager. Het lichaam reageert op kou door de stofwisseling op te voeren en dat gebeurt onder andere door spieractiviteit. Ook worden huidporiën gesloten.

(Simmelink, z.j.)



De temperatuur van de handen is gemiddeld rond 33 °C.

Wind is een grote factor in het verliezen van warmte. Hoe kouder het is hoe sneller een persoon warmte verliest. Windchill is het verschijnsel waarbij wind ervoor zorgt dat de lucht veel kouder aanvoelt dan het

eigenlijk is. Daarom is goed afscherming van de wind een belangrijk aspect in het gevoel van warme handen.

Bij het op temperatuur houden van het lichaam speelt ook de bloedsomloop een rol. De hypothalamus bewaakt de temperatuur van het bloed en activeert mechanismen om veranderingen te compenseren. Rillen stimuleert spieractiviteit, dit is echter minder van toepassing op de doelgroep van het ontwerp.

Ook produceert het lichaam warmte door het opvoeren van de stofwisseling. Ook dit zou moeten gebeuren door het gebruik van de spieren.

### De hand

Met je handen neem je de verandering in temperatuur waar. Onze zintuigen nemen niet de echte temperatuur van de omgeving of een object waar, maar de gevoelstemperatuur. Voor de flexibiliteit van de spieren is het daarentegen belangrijk dat de spieren die de hand aansturen ook daadwerkelijk worden verwarmd.

Er zijn verschillende spieren verantwoordelijk voor de aansturing van de hand. Er zijn meer dan zestig verschillende spieren in de hand om de bewegingen van de hand te bereiken.

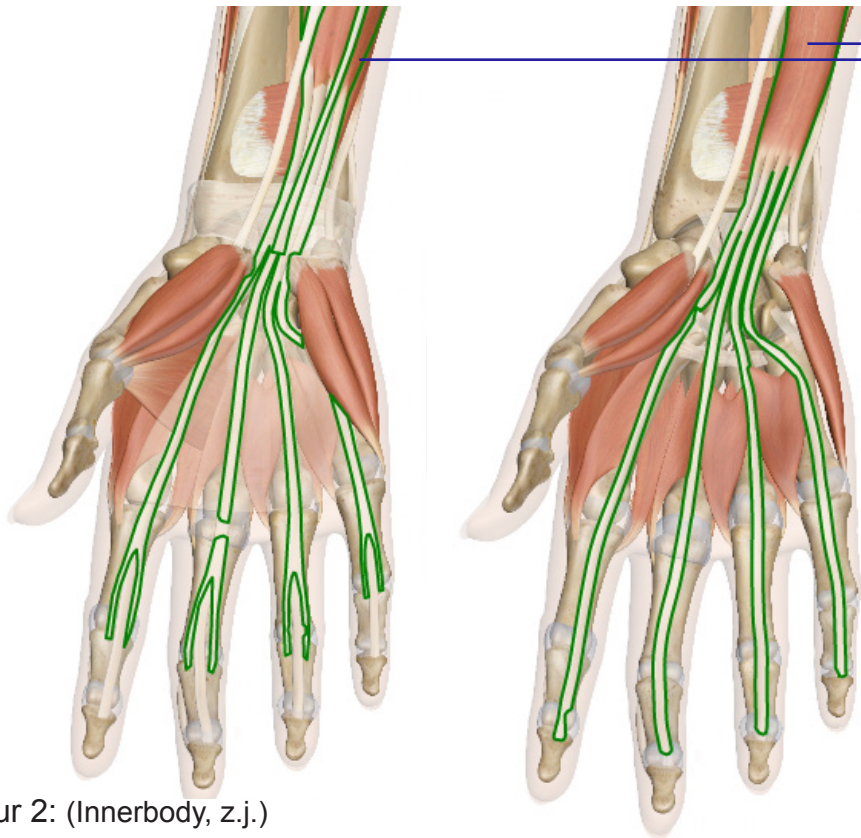
Flexie en extensie van de hand of vingers en kootjes worden bewerkstelligd door extrinsieke spieren van de hand (of die van onderarm). De precieze vingerbewegingen die voor de coördinatie nodig zijn worden gereguleerd door de kleine spieren in tussen de vingers.

De vingers worden vooral aangestuurd door spieren in de onderarm. Zes buigspieren bevinden zich in de onderarm, deze dunne lange spieren verlengen zich in de pols via pezen. Deze pezen zitten vast aan de pols,

handpalm en vingers.

De flexor carpus radialis, flexor carpus ulnaris en palmaris longus spieren hebben allemaal hun oorsprong op het opperarmbeen van de bovenarm en zitten vast aan de handwortelbeentjes en middelhandsbeentjes aan de palmaire zijde van de hand.

Deze spieren werken samen aan het buigen van de hand bij de pols. De andere drie buigspieren - flexor digitorum superficialis, flexor digitorum profundus en flexor pollicis longus - komen van de beenderen van de arm en onderarm en leiden naar de vingerkootjes van de hand om buiging van de vingers en duim aan te sturen. (Innerbody, z.j.)



Spieren in de onderarm zorgen voor buigen en strekken van de vingers.

figuur 2: (Innerbody, z.j.)

## 2.3 Producten op de markt

Er zijn verschillende soorten van handverwarming op de markt. Ik zal de verschillende soorten bespreken.

Luchtverwarmers verwarmen de handen doormiddel van convectie. Het medium, de lucht, wordt opgewarmd. Bij deze manier van verwarmen zitten de handen in een afgesloten ruimte om zo de lucht rond de hand warm te houden. Deze soort van verwarming werkt op een accu.

Ook zijn er hand verwarmers die werken met geleiding, hierbij wordt het product vaak vastgehouden of wordt de hand op het product gelegd. Deze producten werken soms op stroom zoals verwarmingsdekens, maar er zijn ook producten die werken met een chemische reactie of een gel die opgewarmd wordt en enkele uren warmte afgeeft.

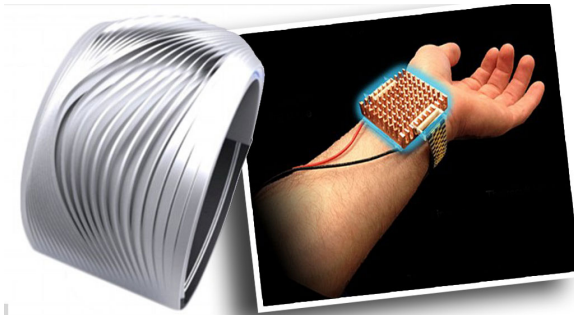
Verder werd er duidelijk dat de verwarmingstechniek in de auto en motor industrie veel verder is. Hier zijn vele verschillende verwarmingsproducten beschikbaar. Hierbij is er een verwarmingselement verwerkt in verschillende soorten kleding zoals schoenzolen, handschoenen en vesten.

Ook zijn er in de auto en motor industrie verwarmingselementen verwerkt in het voertuig zelf. Op de markt zijn verwarmde handvaten en verwarmde stoelen. Hier zijn dan weer variaties op door hoezen te maken waardoor het verwarmingselement een los product is en te plaatsen is op de zitting van een auto of om de handvaten van een motor.

Al zijn deze producten niet geschikt voor de doelgroep van rolstoelgebruikers, dit biedt wel informatie voor de ontwikkeling voor een mogelijk vernieuwend ontwerp van handverwarming voor op een elektrische rolstoel.



Daarnaast is er een geheel nieuw product in ontwikkeling wat temperatuur reguleert genaamd Wristify. Zie figuur 3.



Figuur 3: (Staff, 2014)

Dit product is bedoeld voor het besparen van energie van de CV door ieder persoon individueel te verwarmen en niet de gehele ruimte op te warmen.

Studenten van MIT hebben een thermo electric bracelet ontworpen die lucht en huid temperatuur in de gaten houdt. De armband zendt pulsen van warme of koude golfvormen naar de pols om warmte comfort te behouden. Ze ondervonden dat ze de pols op een snelheid van  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C} / \text{seconde}$  moesten verwarmen om zo het hele lichaam een paar graden warmer te laten voelen. (PHYS ORG, 2013)

Dit is een interessant product om als inspiratie te gebruiken voor het ontwerp, omdat het de lichaamstemperatuur beïnvloed en het product toch compact en effectief blijft. Ook focussed dit product zich goed op de gevoelstemperatuur door met de verwarmingsnelheid de gevoelstemperatuur te verhogen.

De huidige producten zijn echter ontoereikend, omdat deze niet genoeg aangepast zijn op de behoeften van mensen met spierziekten.

Voor de doelgroep is het gemakkelijker om de rolstoel te besturen als de mobiliteit van de handen niet verder wordt belemmerd en als de handen zichtbaar blijven, daardoor vallen al een groot aantal hulpmiddelen af als optimaal hulpmiddel.

Er zijn bijvoorbeeld diverse handschoenen en ook verwarmde handschoenen, maar zoals in meerdere reviews valt te lezen wordt dit niet gewaardeerd en zijn mensen op zoek naar een beter toereikende oplossing voor het probleem van koude handen. In Bijlage 1 zijn een aantal quotes van het forum Myocafé te lezen hieruit wordt het bovenstaande duidelijk. Ook blijkt hieruit dat de verwarmingskap van leverancier RTD vrijwel altijd als meest geschikte optie wordt gegeven.

Een onderzoek naar elektrische verwarmingsproducten levert als conclusie dat mensen als nadeel de restrictie in bewegelijkheid ervaren. (Haisman, 1988)



#### Eigenschappen

- 2 standen
- 40 a 50 graden bij de Heater
- 10 jaar op de markt
- 20 W
- Op accu van de elektrische rolstoel
- Bediening via losse schakelaar
- (lxbxh): 30 cm x 30 cm x 18 cm

Het huidige verwarmingsproduct dat gebruikt wordt is een verwarmingskap die op het werkblad van de elektrische rolstoel kan worden gezet. Dit product wordt geproduceerd door RTD, deze beschermt tegen kou, regen en wind. Een ventilator blaast warme lucht naar binnen. (Revalidatietechniek het Dorp)

Dit is de meest gebruikte en gewaardeerde oplossing door gebruikers met weinig mobiliteit in de vingers. Naar aanleiding van navraag via de mail ben ik via Arno Elbrecht hulpmiddelenspecialist bij RTD de specifieke eigenschappen van het product te weten.

De ervaring van miles for muscles is echter dat deze plaatselijk te heet wordt, doordat er alleen plaatselijk verwarmt wordt met een soort föhn aan de voorkant van het product.

Ook gaat er nog veel warmte verloren via het werkblad en het werkblad voelt ook koud aan aangezien het werkblad van plexiglas is gemaakt en dit materiaal veel warmte absorbeert en dus een zeer slechte isolator is.

Daarom zijn ze op zoek naar een nieuw product die deze problemen oplost.

## 2.4 Wat Mist er op de markt?

Op het moment zijn er geen verwarmingsproducten aanwezig die genoeg aangepast zijn op mensen met verminderde spierfunctie in de armen. Wel zijn er grote alomvangende producten aanwezig, maar naar de verbetering van deze producten is in geen jaren meer onderzoek gedaan het ontwerp van RTD stamt uit 2010.

Er mist een product dat licht van gewicht is en niet te groot en belemmerend voor de beweging en het zicht van de gebruiker. Ook is het voor deze doelgroep van groot belang dat het product gemakkelijk plaatsbaar is zonder spierinspanning van de gebruiker.

Voor het product dat ontworpen wordt is personalisatie ook erg belangrijk, omdat het een bredere doelgroep is met veel verschil in functionaliteit van de spieren.

## 2.6 Functies

Aan de hand van de markt analyse en door te spreken met enkele experts op het gebied van spierziekte en zorghulpmiddelen, die later in het verslag aan bod komen, heb ik de functies van het product kunnen specificeren.

Vanuit de experts werd duidelijk dat er gericht moet worden op het behouden van mobiliteit, door de bewegingsvrijheid niet te beperken met gewicht of ruimte. Ook moet de hand gemakkelijk verplaatsbaar blijven.

Functies:

Verwarmen van de hand

- Warmte toevoegen
- Warmte behouden (isoleren)
- Meerdere instelbare temperaturen

Mobiliteit bevorderen

- Behouden van vlak werkblad (schuif mogelijkheid)
- Spieren verwarmen
- Personaliseerbare temperatuur instelbaar

Besturing van elektrische rolstoel bevorderen

- Ventileren (voorkomt zweterige handen)
- Op meerdere plekken plaatsbaar

## 2.7 programma van Eisen

Al zijn deze producten niet geschikt voor de doelgroep van rolstoelgebruikers, dit biedt wel informatie voor de ontwikkeling voor een mogelijk vernieuwend ontwerp van handverwarming voor op een elektrische rolstoel. Aan de hand van de functies die zijn afgeleid vanuit de analyse kan een programma van eisen worden opgesteld.

### Eisen

- Handen moeten zichtbaar zijn
- Apparaat dat werkt op 12V
- Materiaal dat vochtig mag worden
- Mag niet verschuiven over het werkblad van de elektrische rolstoel
- twee handen moeten kunnen worden verwarmd
- Gelijkmatic verdeelde temperatuur
- Verwarming voor hand palm en de rug van de hand
- Geen gewicht op de hand
- Product moet kunnen worden gereinigd
- Product mag handen niet branden

### Wensen

- Temperatuur instelbaar
- Energie besparend

---

Idee fase

## 3.1 Soorten warmte

Temperatuur kan gemeten worden, maar de ervaring van warmte is per persoon verschillend.

Ook zijn er verschillende manieren van warmte verspreiding. Deze verschillende manieren zijn geleidings-, convectie- en stralings- warmte.

### **Geleiding of conductie**

Wanneer een materiaal warmer is trillen de deeltjes van dit materiaal op een hogere snelheid. Geleiding zorgt door het in contact komen met deze snel bewegende deeltjes dat warmte wordt doorgegeven en deeltjes van een ander object mee gaan bewegen.

Geleiding is afhankelijk van:

- dikte van het object
- warmtegeleidings coëfficiënt
- temperatuursverschil
- doorsnede of oppervlakte

### **Convectie**

Bij convectie wordt warmte overgedragen door stroming van een vloeistof of gas.

De warmtestroom is afhankelijk van:

- dichtheid en viscositeit van het medium
- afstand en oppervlakte
- warmteoverdrachts coëfficiënt
- temperatuurverschil
- snelheid van het medium

Convectie is een indirecte vorm van warmte overdracht, het medium functioneerd als transport middel.

### **Straling**

Dit is warmtetransport door elektromagnetische golven van een warm object naar een koud object.

De warmtestroom is afhankelijk van:

- gaseigenschappen
- temperatuurverschil
- temperatuur
- emissiecoëfficiënt
- oppervlakte

### **Meest effectieve manier van verwarmen**

De meest effectieve manier van verwarmen is doormiddel van conductie of straling.

Bij convectie wordt namelijk ook het medium opgewarmd en dit kost heel veel energie.

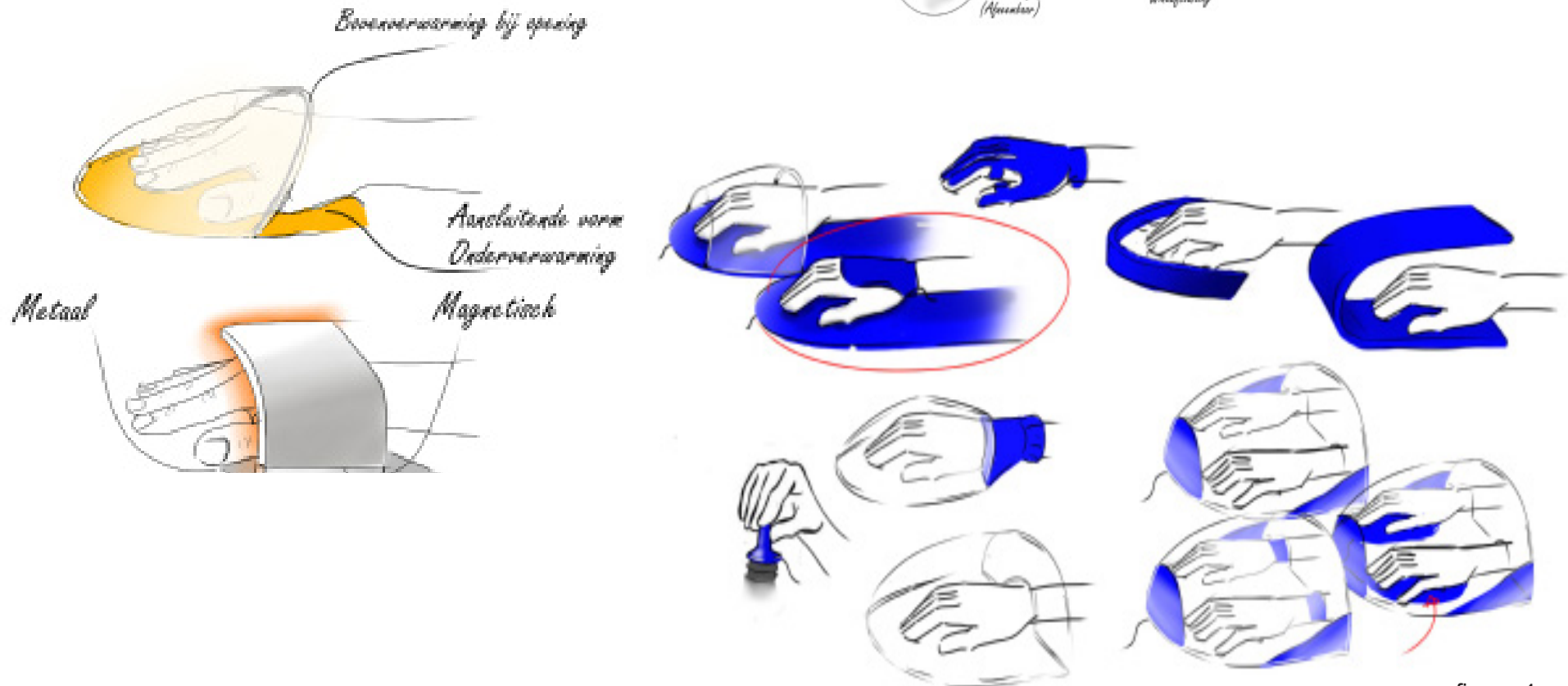
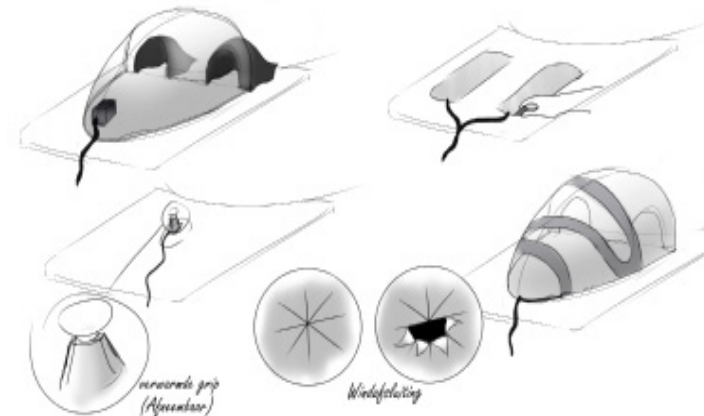
Voor deze vormen van verwarming kan gebruik gemaakt worden van IR LED's of van Weerstandsdraden.

### **Invloed op de gezondheid**

Verder is er uit onderzoek gebleken dat ver-infrarood ( infrarood met een lange golflengte) de bloedsomloop verbeterd. Wanneer de bloedsomloop wordt verbeterd wordt ook de stofwisseling verbeterd. Hierdoor wordt energie en vitaliteit verbeterd. Daarnaast kan verbetering van de stofwisseling ook invloed hebben op de lichaamstemperatuur. Als de stofwisseling verbeterd komt er meer warmte vrij. (Infrarood-gezondheid, z.j.)

## 3.2 Idee generatie

Bij de idee generatie is gekeken naar idee richtingen die de bewegingsvrijheid van de gebruiker steeds groter maken. Hier onder is een afbeelding te zien van de idee schetsen met de daarbij omcirkelde voorkeuren van de Revalidatie arts en de gebruiker in figuur 4. Uit de gesprekken met experts, op pagina 22 en 23, zal naar voren komen waarom deze ontwerpen beter worden gewaardeerd en welke aspecten als positief worden ervaren.



figuur 4

## 3.3 Gesprekken met experts



### Revalidatie arts

Imelda de groot, revalidatie arts van het Radboud UMC, heeft informatie gegeven over wat van belang is bij het ontwerpen van mensen met functiebeperking in de armen.

Doordat mensen met een spierziekte hun spieren veel minder kunnen gebruiken wordt het bloed, onder invloed van deze spieren, minder snel verder gepompt door het lichaam. Doordat het bloed minder snel door het lichaam wordt gepompt, koelt het in de ledematen sneller af. Hierdoor hebben mensen met een spierziekte het eerder koud dan mensen die hun spieren kunnen benutten om het warme bloed verder te pompen en de spieren kunnen gebruiken om zich warm te houden.

Bij het ontwerp van een verwarmder die de functie in de hand ook moet verbeteren, moet rekening worden gehouden met het feit dat de onderarmspier voor het grootste deel de beweging in de vingers aanstuurt. Kleine spieren in de hand zorgen voor de stabiliteit van de beweging. Op de onderarm beginnen met verwarmen zou een goede optie kunnen zijn omdat er een groter oppervlak is om het bloed op temperatuur te houden.

De hand van onder verwarmen zal waarschijnlijk weinig effect hebben, omdat de handen niet altijd plat op het blad liggen. Daarnaast heeft iedere persoon zijn handen in een andere positie op het werkblad liggen.

Het is belangrijk in het ontwerp dat bewegingsmogelijkheid die er nog is niet wordt belemmerd door het ontwerp. Voor mensen met een

spierziekte geldt dat elke gram telt, daarom zal het ontwerp zo licht mogelijk moeten worden ontworpen of zal het gewicht moeten worden opgeheven.

Veel warmte wordt verloren via het werkblad dit geven Imelda en Stéphane, oprichter van 'Miles for Muscles' met zelf ook de spierziekte SMA, beiden aan. Daarom zou het goed zijn om te kijken naar de mogelijkheid om het werkblad te verwarmen of isolerend te maken. Het is belangrijk dat het werkblad wel zijn transparantie behoudt, want Imelda geeft aan dat als het werkblad niet transparant is mensen eerder tegen objecten aan rijden. Zij heeft dit als revalidatie arts geobserveerd, wanneer patiënten een tijdelijk houten werkblad krijgen.

Mensen met SMA hebben vaak een gevoelige huid, een omgevingstemperatuur van 24 °C wordt meestal als prettig ervaren. Als er met 37 °C (lichaamstemperatuur) verwarmt wordt, wordt dit niet altijd als prettig ervaren.

Indien er met het idee van een "sleeve" om de onderarm zal worden doorgegaan zal dit ontwerp losjes om de arm moeten komen, want anders loop je het risico de zenuw af te knellen. Als de zenuw in de pols wordt afgekneld krijgt iemand een slapende hand en dit zal als gevolg hebben, dat de besturing van de elektrische rolstoel wordt belemmerd.



### **'Miles for Muscles' en werkplaatsmedewerkers Harting bank:**

Tijdens het gesprek met de Stichting 'Miles for Muscles' en werkplaatsmedewerkers van Harting bank zijn er een aantal zaken naar voren gekomen bij het bekijken van de idee generatie schetsen.

Bescherming tegen de regen wordt niet gezien als iets wat als eis wordt gesteld aan het product. Wel is het belangrijk dat er niet te veel gewicht en het liefst geen gewicht op de handen ligt.

Daarnaast hoeft de kap niet perse transparant te zijn zolang het zicht maar niet te veel wordt belemmerd.

Het product zou eventueel aanpasbaar moeten zijn aan winter of zomer periode. Tijdens de winter periode zal er meer bescherming moeten zijn van invloeden, zoals bijvoorbeeld de koude wind.

IR verwarming op een voeding van 12 of 24 volt wordt ook gezien als een goede manier van directe verwarming van de hand.

Wanneer er onder de hand verwarmd gaat worden is het belangrijk dat het werkblad glad blijft. Bij een ongelijk oppervlak onder de hand loopt men het risico dat de handen verschuiven.

Als er gewerkt gaat worden met verwarmingspads onder de hand zullen deze heel dun moeten zijn en daarnaast niet te veel weerstand bieden, zodat de gebruiker nog in staat is zijn of haar hand en arm naar een andere positie te verleggen.

Andere mogelijkheden zijn om de verwarming in het tafelblad of onder het tafelblad te plaatsen om zo het huidige werkoppervlak van het werkblad te behouden.

Voor de gebruiker zal het verder handig zijn om feedback te ontvangen van het product. Als het product feedback geeft over de situatie van het product zal de gebruiker weten of op dat moment het product stroom verbruikt of niet. Ook heeft feedback als voordeel dat men dan kan zien of het product in werking is.

Ook is er de optie van zonne energie besproken om energie te besparen en zodat de tijd die gereden kan worden niet ten koste gaat van het verwarmen van de handen.

## 3.4 Vormstudie van het Idee

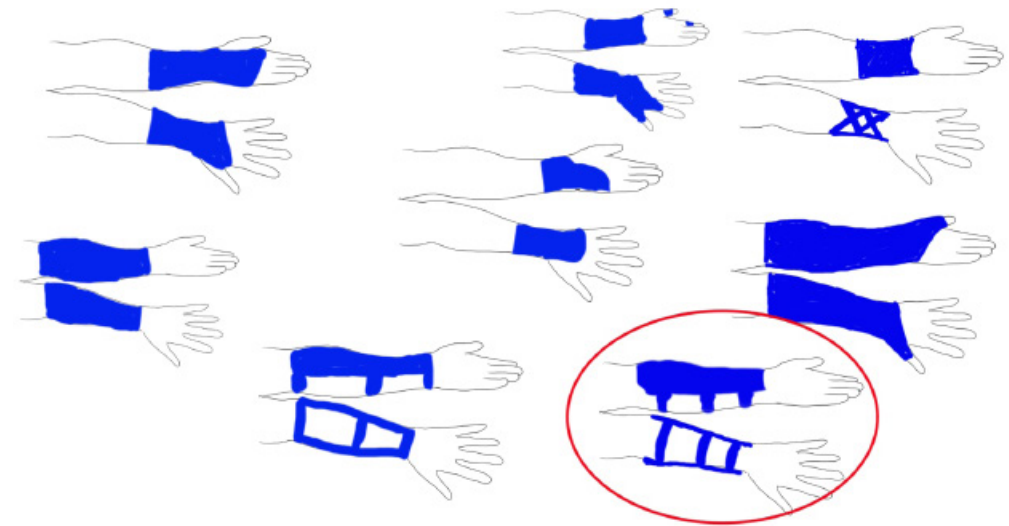
De vormgeving van het product blijkt uit gesprekken met Stephane Tijs en Foris Foekens, mede-oprichter van 'Miles for Muscles', niet hoofdzakelijk belangrijk. Hiermee wordt bedoeld dat er vooral wordt verlangd naar een functioneel product en dat het visuele aspect in dienst van dit het functionele moet staan.

Daarom heb ik bij mijn vormstudie de adviezen en de analyse meegenomen.

Deze vormen zijn gebaseerd op vermindering van materiaal. De meest omvattende ontwerpen die te zien zijn in figuur 5 zijn daarom afgevallen. De keuze is gevallen op een ontwerp dat alleen materiaal aan de onderkant heeft, waar verwarmt moet worden.

Ook heeft dit ontwerp weinig druk op de buigpunten, bij de elleboog en de pols.

Door de bevestiging wat verder van deze buigpunten te plaatsen, is er minder wrijvingsweerstand tijdens beweging. Daarnaast wordt bij de pols zo risico op carpaal tunnel syndroom voorkomen.



Weinig materiaal, en bevestiging iets naar achter geplaatst.

## 3.5 Bediening

Voor de bediening is het belangrijk om rekening te houden met de in te stellen waarden.

De huidige verwarmings producten hebben allemaal 1 a 2 settings met uitzondering heeft hebben ze er 3.

Ook is het natuurlijk mogelijk om de temperatuur zelf helemaal in te stellen.

Verder zijn er verschillende manieren van bediening. Er is schuiven draaien en drukken.

### Draaiknop

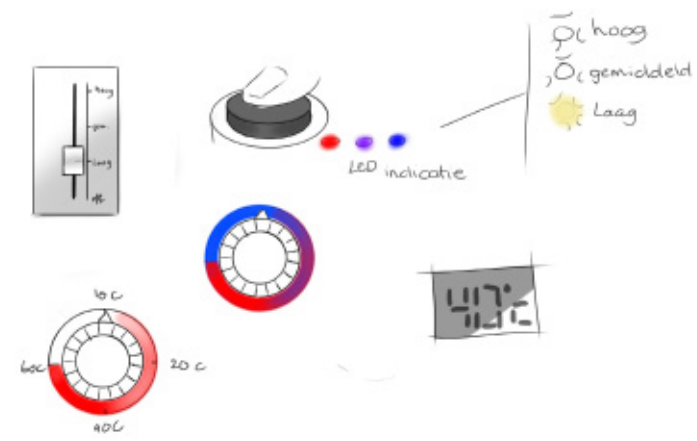
Bij het gebruik van een draai knop zullen meerder spieren moeten worden gebruikt. En een draaiknop zou wel meer risico met zich mee kunnen brengen, omdat de draaiknop te ver gedraait zou kunnen worden. Dit kan resulteren in een niet gewenste hoge temperatuur. wel is het bij een draaiknop mogelijk om het oppervlak van bediening klein te houden en de instelling heel nauwkeurig.

### Drukknop

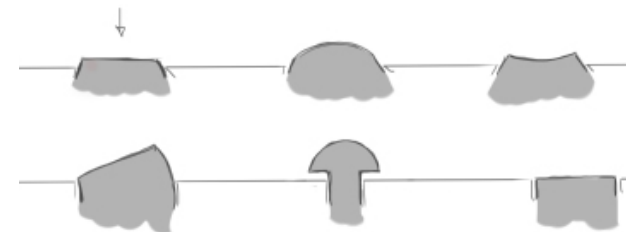
Bij een Drukknop hoeft er maar 1 vinger gebruikt te worden, dit betekent dat er weinig spieren gebruikt hoeven te worden. Het licht aan de wrijving van de knop hoe hard er gedrukt zal moeten worden op de knop. In figuur 6 is 1 drukkknop weergegeven, maar deze zijn in veel verschillende vormen zie figuur 7

### Schuifknop

Bij deze knop is het net zoals de draaiknop dat de temperatuur heel precies in te stellen is. de knop neemt daarintegen meer ruimte in. Daarnaast zal de knop moeten worden verplaatst en daarvoor moet de gebruiker de vinger of hand moeten bewegen en dit betekent dat er weer meerdere spieren worden gebruikt.



figuur 6



figuur 7

Voor de bediening zal een drukknop het meest handig zijn, omdat dit de minste beweging vergt. Met een drukknop zal het product afzonderlijk van de rolstoel bedienbaar zijn door het grootste gedeelte van de doelgroep. Ook neemt het weinig ruimte in op het werkblad, daardoor zal het de besturing van de gebruiker niet in de weg zitten.

Voor gebruikers die niet in staat zijn deze knop zelf in te drukken is het handig als er 3 standen zijn om uit te kiezen.

## 3.6 Bevestiging

Aangezien het gekozen idee om de arm wordt gedragen zal er moeten worden nagedacht over hoe deze zal worden bevestigd.

Uit voorgaand onderzoek is gebleken dat handschoenen en vergelijkbare producten niet handig zijn. Deze producten vergen te veel fysieke inspanning. Voor de gebruiker zal het daarom moeilijk zijn om de arm door een mouw te steken.

Twee mogelijke oplossingen zijn klittenband en elastiek of een combinatie hiervan.

Elastiek zal zorgen voor een goede aansluiting van het product op de arm. Bij het gebruik van elastiek loopt men echter de kans op afknelling van de zenuwen. Bij de doelgroep waar op gericht wordt is dit risico erg groot, omdat een deel van deze groep geholpen zal worden bij het ombinden van het hulpmiddel.

Daarom zal er in het ontwerp gebruik worden gemaakt van klittenband zonder elastiek. Wel zouden er eventueel licht elastische stoffen gebruikt kunnen worden.

## 3.7 Conclusie

Tijdens de idee fase zijn een aantal idee richtingen onderzocht. Hiervan zijn een aantal ideeën gekozen die gecombineerd zullen worden tot een concept.

Er is gekozen voor een idee dat weinig gewicht op de hand uitoefend. Aangezien het verwarmingselement in direct contact met de huid wordt gebracht zal de lucht om het ontwerp weinig worden opgewarmd. Er zal meer warmte worden overgedragen door geleiding. Stralingswarmte zal niet nodig zijn omdat de afstand tussen hand en product minimaal is.

Omdat de warmte niet een grote afstand door een medium zal hoeven te overbruggen zal stralingswarmte niet veel efficiënter blijken. Er zal worden verder gegaan met het idee van verwarming van de onderarm en van de onderkant van de hand. Qua bevestiging van het verwarmingselement om de arm is er gekozen voor een klittenband bevestiging. Ook is er gekozen voor het instellen van het ontwerp met een knop, dit vergt weinig beweging. Daarnaast zou het mooi zijn als de knop op verschillende plekken neer te leggen is en niet zwaar in te drukken is.

In het volgende hoofdstuk zal het idee verder uitgewerkt worden tot een concept.

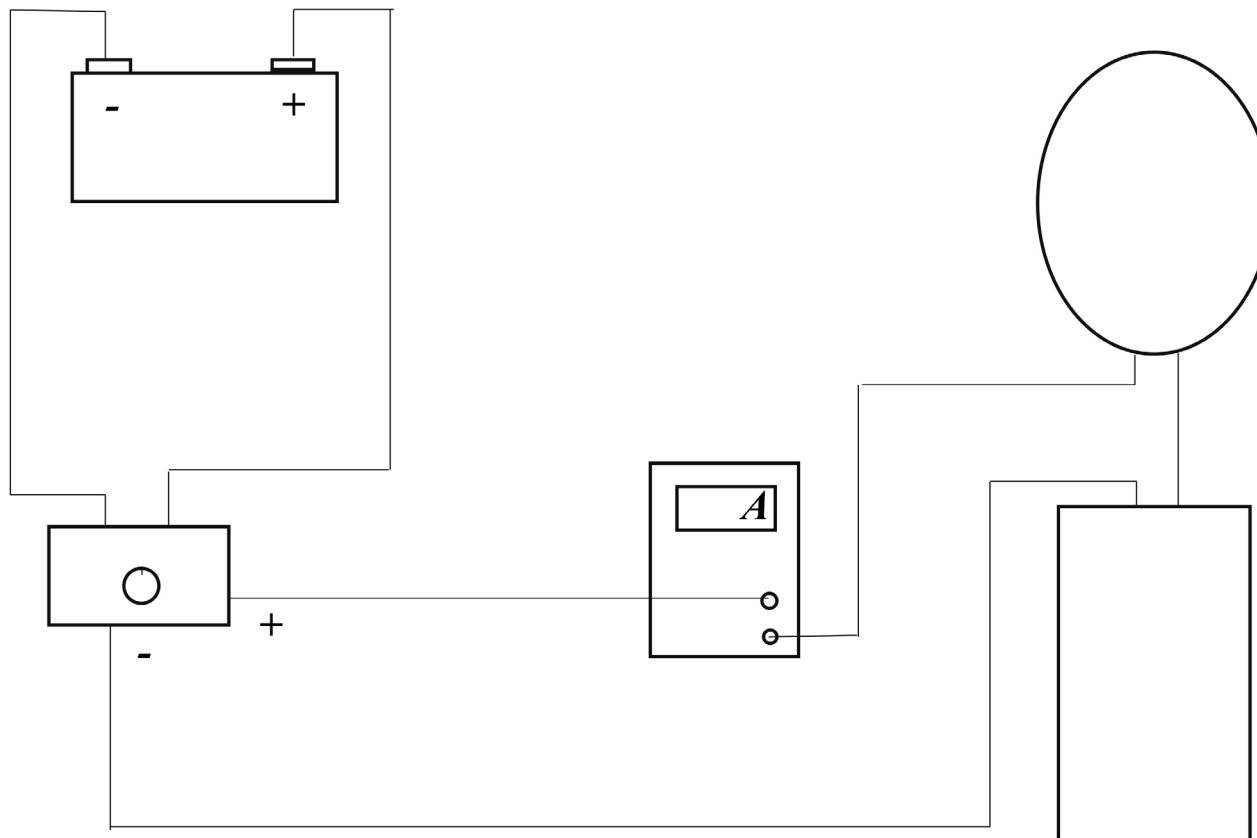
---

# Concept uitwerking

## 4.1 Prototype

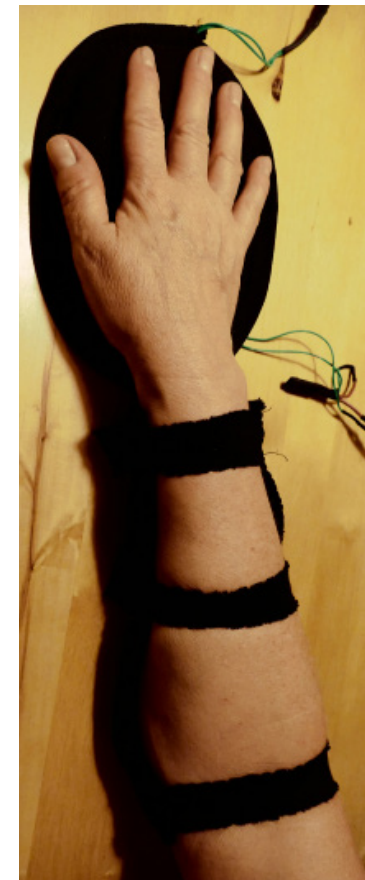
De ideeën zijn uitgewerkt tot een concept dat werkt met een mouw die het bloed dat naar de hand stroomt verwarmd en een pad die de hand direct verwarmd.

Er is een simpel prototype gemaakt om het concept te testen dit prototype is gemaakt met weerstandsdraden waar een stroom van 3 ampere maximaal doorheen mag lopen.



Onderstaande afbeelding geeft het product weer. het prototype werd bevestigd met klittenband en de weerstandsdraden kunnen maximaal tot een temperatuur van 60 graden. Er is een sensor in het circuit in aangebracht, die bij een overschrijding van deze temperatuur het circuit zal onderbreken.

Ook zit er een voltmeter en een stroomregelaar in het circuit om zo de stroom te kunnen opvoeren of lager te kunnen zetten. Met de voltmeter zal precies kunnen worden bekeken hoeveel vermogen er nu eigenlijk door het circuit loopt.



## 4.2 Verwarming van het bloed

Toevoer van bloed naar de hand gaat via de binnenkant van de pols daarom is het belangrijk om daar te verwarmen en minder belangrijk om boven op de pols te verwarmen, want hier zal het bloed geen warmte meenemen naar de hand. Dit is te zien in de video van (AnatomyZone, 2015).

De slagaders die over de arm naar de hand lopen zijn de arteria radialis en de arteria ulnaris.

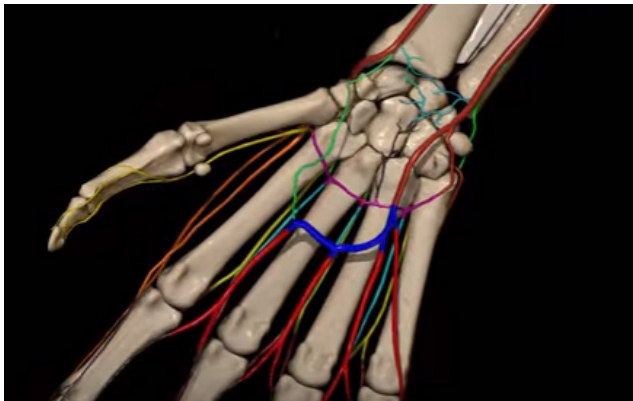
Deze bloedvaten zorgen voor bloedtoevoer in de arm. In de pols komen aftakkingen van de twee bloedvaten samen om een netwerk van bloedvaten te vormen die verantwoordelijk is voor de bloedtoevoer van de pols, hand en vingers.

De radiale slagader komt in de pols meer aan het oppervlak dan de ulnaire.

Voor de verwarming in het ontwerp zal de onderarm van onder worden verwarmd aangezien hier zich de radiale en ulnaire polsslagader bevinden.

Er wordt daarom aan de binnenkant van de pols verwarmd. Zo wordt het bloed dat naar de hand stroomd verwarmd.

Dit bloed zal door de hele hand verdeeld worden door het kleine bloedvaten netwerk zoals te zien in figuur 6.



Figuur 6: (AnatomyZone, 2015)

## 4.3 Directe verwarming van de hand

De hand zal ook direct van onder worden verwarmd, dit zal zorgen voor de verwarming van de spieren in de hand. De directe verwarming zal gebeuren door geleiding, daarbij is het belangrijk dat er een aanmerkelijk verschil tussen handtemperatuur en verwarmingstemperatuur zit.

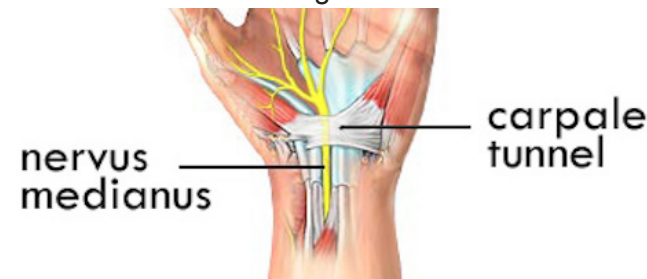
Handtemperatuur is rond de 33 graden Celsius, daarom zou een verwarming van minimaal 37 wenselijk zijn zoals ook bij testen ondervonden is. Verder wordt er gezorgd dat onder de gehele hand gelijk zal worden verwarmd voor een goede warmte verdeling.

## 4.4 Carpaal tunnel syndroom

Bij het ontwerp moet rekening worden gehouden in het ontwerp met het carpaal tunnel syndroom. Dit wordt veroorzaakt door beknelling van de zenuw die in het midden van de arm loopt.

Door beknelling van de zenuw kan een tintelend of pijnlijk gevoel in de hand en vingers ontstaan. Ook kan een verdoofd gevoel van de vingertoppen ontstaan wat leidt tot verminderde kracht. (Neurochirurgisch centrum Zwolle, z.j.)

Aangezien de gebruiker van het product minimaal beweegt is er voor gekozen om de druk op deze plek te verminderen door voor een idee uit de idee fase te kiezen dat geen of minimale druk uitoefend op dit gebied.



## 4.5 Bediening

Bij de bediening is gekozen voor een bediening waarbij de temperatuur in te stellen is van 0 °C tot 40 °C.

Er zal onderscheid worden gemaakt in Laag, gemiddeld en hoog. Er zullen geen exacte temperaturen worden weergegeven, omdat het voor de gebruiker niet belangrijk is om de exacte temperatuur te weten.

Door drie indicatie standen aan te geven zal het instellen sneller kunnen. Verder zal de temperatuur worden geregeld met een drukknop. De drie standen Laag middel en hoog zullen nog wel gepersonaliseerd kunnen worden. Door een monteur mee te sturen kan precies worden bekeken welke temperatuur voor de gebruiker prettig is bij welke stand.

De standen zijn te verstellen, omdat de doelgroep breed is en het bij de spierziekte zo is dat het een progressieve ziekte is, waarbij de persoon steeds minder in staat zal zijn zichzelf warm te houden.

Voor een knop met meerdere functies is software nodig.

```
if button pushed = 1 → set connection low.  
if button pushed = 2 → set connection medium  
if button pushed = 3 → set connection high
```

De variabele van  
button pushed = huidige waarde + 1

maar

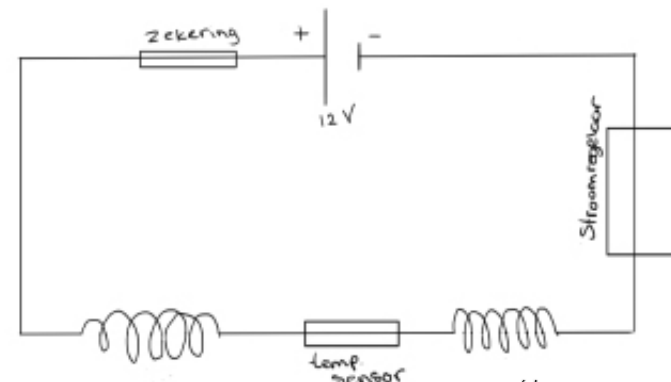
```
if button pushed = 4  
then set button pushed  
variabele = 0
```

And ~~set~~ Disconnect.

De bedieningsknop zal worden geprogrammeerd met IF en THEN functies om een keuze te maken uit de off, laag, middel en hoog functie. Een indicatielampje zal aangeven welke functie er is geselecteerd. En bij elke druk op de knop zal de volgende functie worden geselecteerd.

## 4.6 Elektronische werking

De spanningsbron van het product is 12 V, zo is het product aan te sluiten op een 12 V accu voor twee sleeves en twee pads zullen 2x 12 V accu's nodig zijn. De stroomsterkte die de weerstandsdraad aankan is 3 Ampere. Op de plus wordt een zekering bevestigd. Onderstaande schema geeft het product weer.

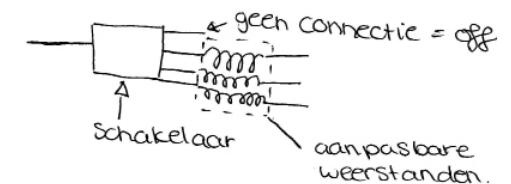


$$I = \frac{U}{R}$$

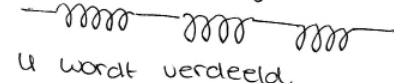
Stroom regelen door weerstand aan te passen

de spanningsbron levert 12V  
dus  $I = \frac{12}{R}$

we willen drie standen en een off stand



Serie schakeling



U wordt verdeeld.

## 4.7 Materiaal keuze

Het ontwerp bestaat uit een Sleeve en een verwarming Pad onder de hand.

De pad onder wordt verwerkt in het blad, om een goede integratie te creëren zal deze uit hetzelfde materiaal als het werkblad worden gemaakt.

Vaak is het werkblad van plexiglas, dus zal de verwarming pad ook van plexiglas zijn. In dit plexiglas zullen de weerstandsdraden als warmtebron fungeren. De verwarming pad zal aan alle kanten zijn gecoat met isolerende coating behalve aan de bovenkant waar de warmte moet worden overgedragen op de hand.

### Coatings

Bijna onzichtbare coatings bestaan uit metaaloxiden die het glas warmte-isolerende of zonnwerende eigenschappen geven.

Er bestaan 2 soorten coatings:

- Harde of pyrolytische coatings worden on line op het nog warme glas aangebracht. Ze kunnen gemakkelijk worden verhandeld en verwerkt.
- Zachte coatings of vacuüm coatings worden in een magnetron - dus onder vacuüm - aangebracht. Hun isolatie-eigenschappen zijn weliswaar beter dan die van harde coatings, maar ze zijn kwetsbaarder en moeten daarom in dubbele beglazing worden verwerkt.

Bij het kiezen van een coating kunnen we gaan voor een zachte coating aangezien deze betere eigenschappen heeft en de verwarming pad in het werkblad wordt verwerkt en dus niet op een kwetsbare plek zit.

De Sleeve zal uit verschillende soorten stof bestaan. Eén van deze soorten stof is Fleece, deze stof heeft een aantal eigenschappen die aan de eisen voor dit ontwerp voldoen. Ten eerste heeft fleece stof bij licht gewicht een hoog volume, dat warmte uitstekend isoleert. (Mandemie stoffen, z.j.)

Daarom zal deze stof aan de buitenkant van het verwarmingselement in de Sleeve worden geplaatst op deze manier zal er zo weinig mogelijk warmte verloren gaan aan de omgeving.

De binnenkant bij het verwarmingselement van de Sleeve zal van 60% katoen/40% polyester zijn, de kwaliteit hiervan ligt erg dit bij 100% katoen. Katoen isoleert slecht, hierdoor zal de warmte van de verwarmingsdraden gemakkelijker bij de huid aankomen en verbruikt het product minder stroom. De weerstandsdraden zullen een minder hoge temperatuur hoeven te bereiken. Ook heeft katoen de eigenschap dat het ongeveer 20 procent van zijn droge gewicht aan vocht kan opnemen zonder vochtig aan te voelen. (Carel Lurvink, 2007)

Dit heeft weer als voordeel dat bij het verwarmen van de arm het transpiratie vocht zal worden opgenomen en het product toch comfortabel aan blijft voelen. De ademende eigenschap van deze stof is zeer van belang bij dit ontwerp, aangezien de gebruiker het product een groot deel van de dag zal dragen.

Omdat we echter kiezen voor 60% katoen/40% polyester betekent dit:

- Meer slijtvastheid dan 100% katoen
- Minder krimpgevoeligheid dan 100% katoen
- Meer kreukherstellend dan 100% katoen

De eigenschappen van deze stof zijn ook te vinden in Bijlage 3. Het smeltpunt van polyester ligt bij +/- 250 °C en aangezien het ontwerp een sensor heeft die ervoor zorgt dat de temperatuur niet hoger zal worden dan 60 °C zal de stof hittebestendig genoeg zijn voor het ontwerp.

Figuur 7: (AGC Glass, z.j.)

## 4.8 Product onderdelen



### **Aansluiting op een eigen accu.**

Zodat het product geen uren van de reistijd afhaald zal het een eigen accu krijgen. Deze accu is wel op te laden samen met de accu van de rolstoel voor gebruiksgemak.



### **Bediening met druk knop die verplaatsbaar is.**

De flexibele plaatsing van de knop maakt hem bruikbaar voor rolstoelgebruiker en verzorger. Ook is deze knop gemakkelijk vast te pakken. En kost het weinig kracht om in te drukken.



### **Thermal protector**

Een sensor in het circuit zorgt ervoor dat de temperatuur van het product niet boven de 60 °C komt, ter bescherming van de gebruiker.



### **3 temperatuur standen**

Voor 3 outputs is er met de variabele weerstand een persoonlijke warmte functie te creëren.

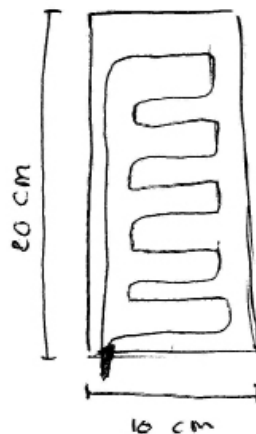
Aangezien het om een kwetsbare doelgroep gaat met ook verschil in afwijking kunnen de gewenste standen verschillen.

### Sleeve

Dit onderdeel van het ontwerp zorgt voor opwarming van bloed en spieren.

De lengte maat van de arm is belangrijk om het grootste deel van de onderarm verwarmd te krijgen. Tegelijkertijd moet ervoor worden gezorgd dat de mouw niet te lang is voor enkele gebruikers, omdat dit beweging belemmerd. In de bijlage 3 zijn maten van de onderarm te zien.

De maat van het product onder de arm mag maximaal 200 mm worden, dit is de kleinste maat voor de maten van de onderarm. Door de kleinste maat te gebruiken kan het product door het grootste deel van de beoogde doelgroep worden gebruikt en blijft de arm goed buigbaar.

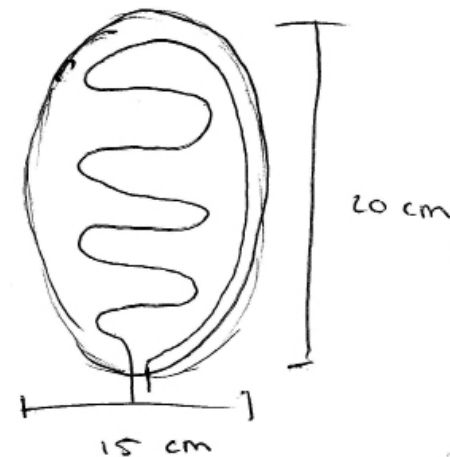


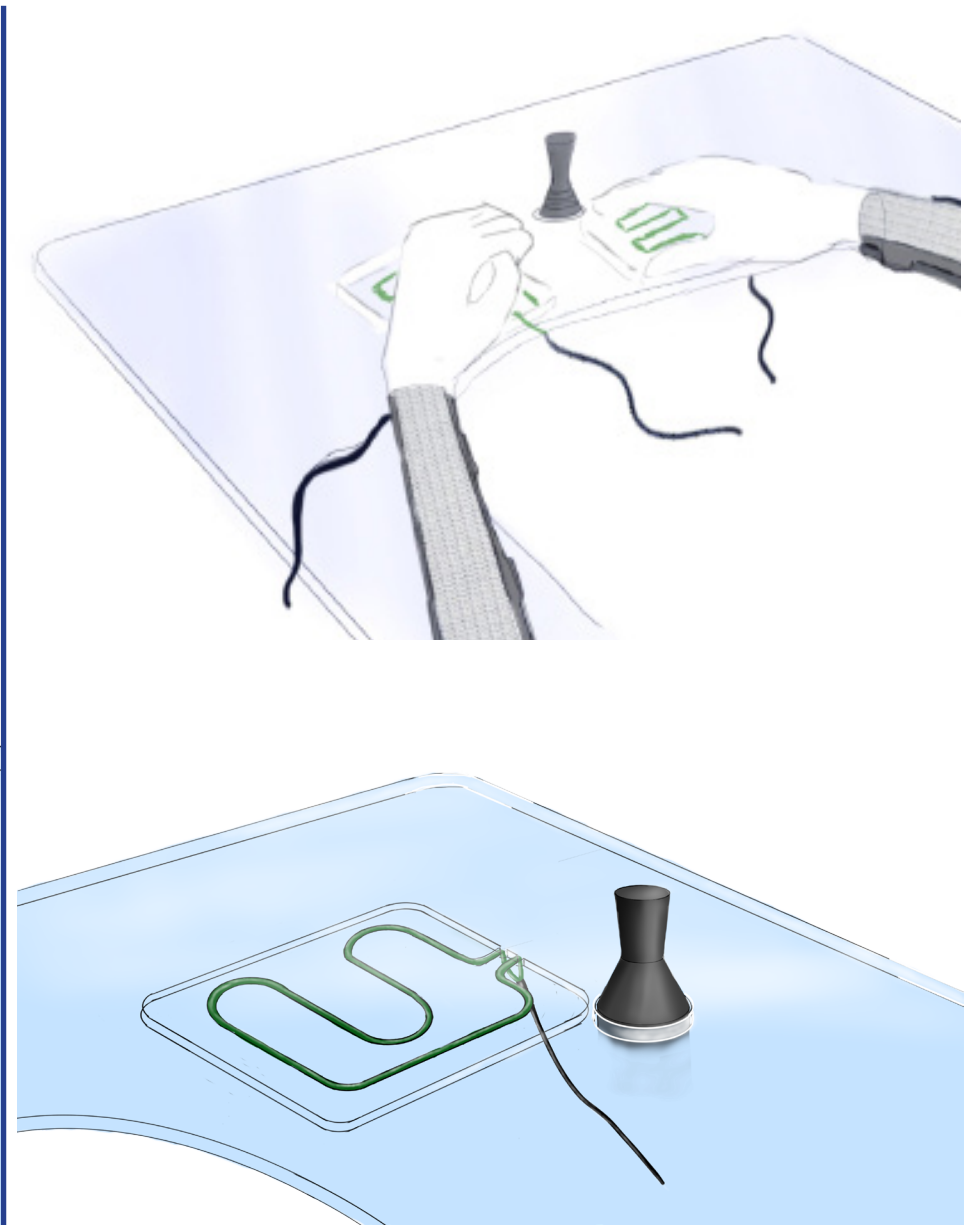
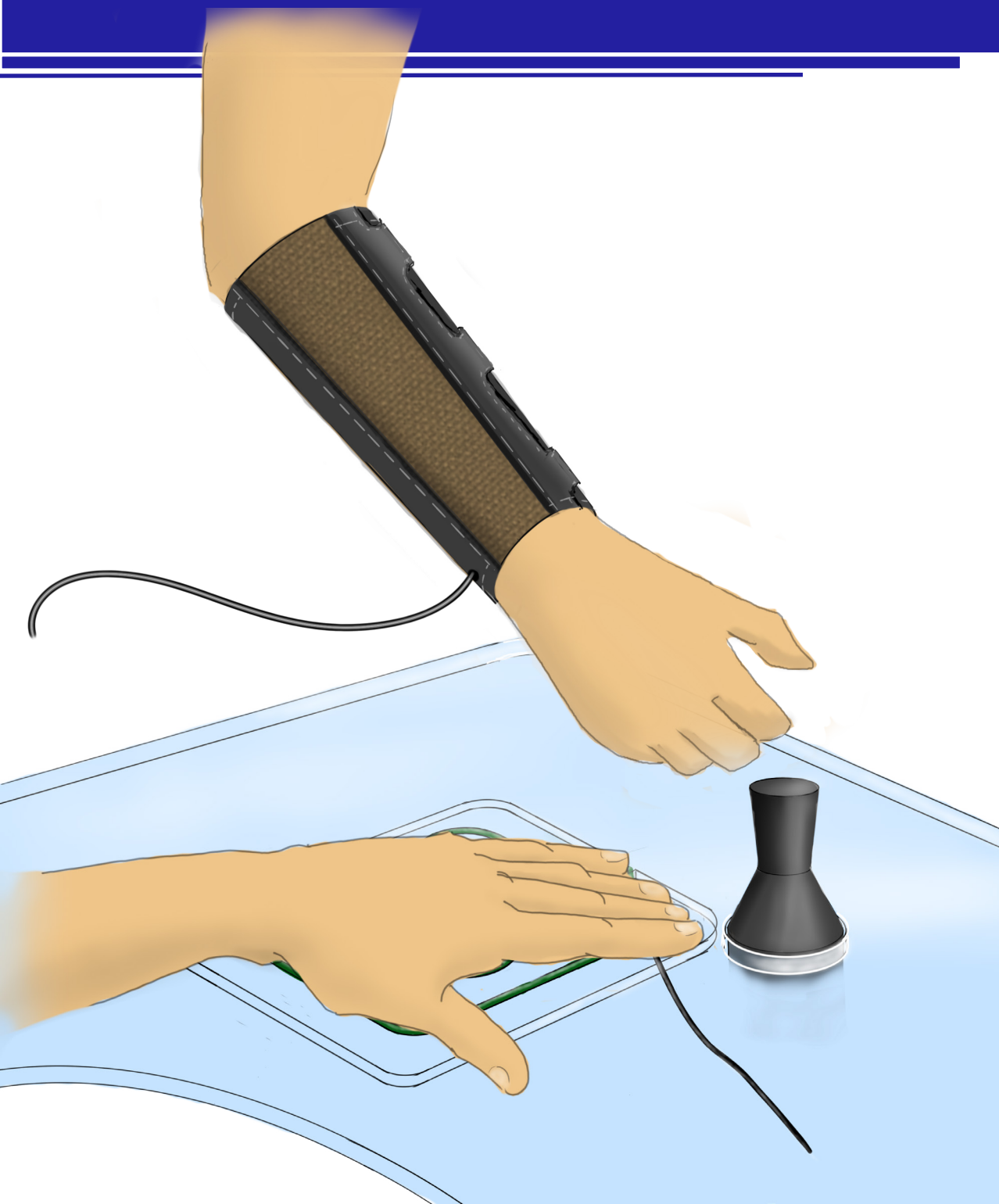
### Verwarming pad

Hier onder is een tekening van de verwarming pad te zien die onder de hand komt. De grootte van de verwarmings pad is gebaseerd op de maten van de hand.

De lengte maat van de hand, is belangrijk om de gehele hand vanaf onder verwarmd te krijgen. Door ervoor te zorgen dat de hand niet meer op het plexiglas werkblad van de rolstoel ligt zal er geen warmte meer verloren gaan via het blad. In bijlage 3 is te zien hoe de maat is afgeleid uit een tabel van DINED anthropometric database. De maat die is genomen is de grootste gemiddelde maat + standaard deviatie om ervoor te zorgen dat alle mogelijke gebruikers worden meegenomen. Maat 43 is 197mm + 11mm dus ongeveer 210 mm.

De verwarming pad zorgt voor verwarming van de hand en tegelijkertijd voorkomt het warmteverlies via het werkblad, aangezien plexiglas een zeer slechte isolator is.





---

Test fase

## 5.1 Test opzet

Bij deze test hebben twee proefpersonen het product gebruikt. Beide proefpersonen hebben de spierziekt SMA. Ook gebruiken beide proefpersonen gewoonlijk altijd de handverwarmingskap van RTD. Het is daarom voor beide proefpersonen mogelijk om de invloed te vergelijken met dit product.

### Doelstelling

In deze test zal worden bekeken of het verwarmingsproduct een positief effect heeft op de temperatuur van de hand. Het is daarbij belangrijk om erachter te komen wat de invloed is op de temperatuur van de hand, maar ook op de gebruiker.

### Methode

Bij deze test zal er worden getest met een simpel prototype. Wat zal worden gemeten is of er een verandering in de temperatuur van de hand is wanneer het product gebruikt wordt. Hierbij zal ook de temperatuur worden gemeten van het product.

Voor het starten van de test hebben de proefpersonen de handverwarmer minimaal 30 minuten niet gebruikt. De begin temperatuur van de hand wordt gemeten voordat gestart wordt met verwarmen

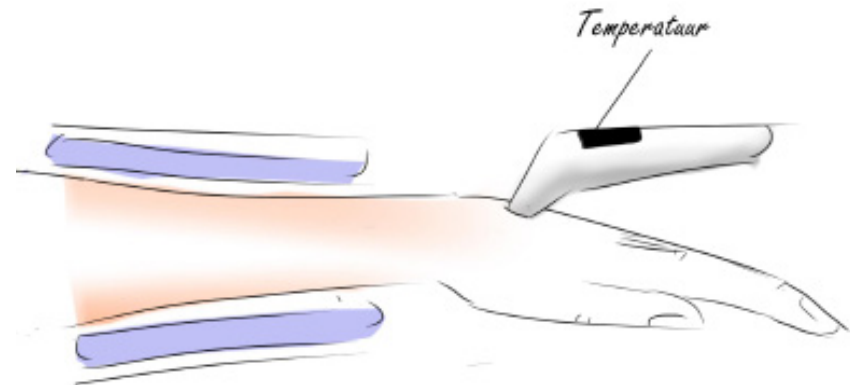
Er is binnen getest, omdat deze test alleen bedoeld was om te kijken of het product effect heeft en hoe snel het effect heeft.

Meting wordt elke minuut gedaan gedurende 30 minuten om zo een grafiek van stijging of daling van handtemperatuur te kunnen creëren. Ook wordt er telkens bovenop de hand gemeten.

Bovenop de hand zal de temperatuur het minst warm zijn aangezien deze plek het verst verwijderd is van het verwarmingselement.

### Materiaal

- VOLTcraft IR 260-8S Infrarood-thermometer met een bereik van -30 tot +260 °C
- MEDISANA Ecomed TM-65E thermometer. Bereik 34°C - 43°C voor lichaamstemperatuur. Bereik 0°C - 100°C voor een object.
- Prototype
- Multimeter die minimaal tot 5 Volt kan meten.
- Stopwatch



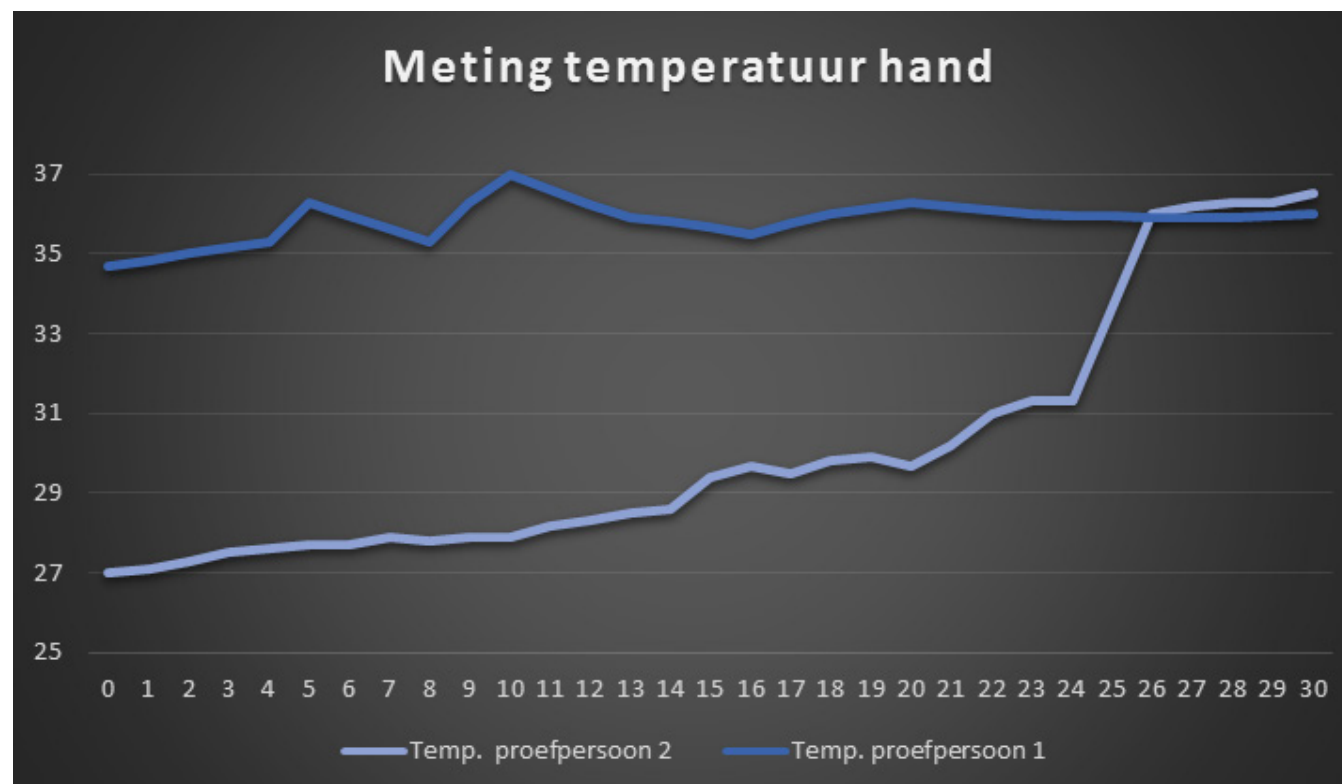
## 5.2 Resultaten

De test is uitgevoerd op locatie bij stichting 'Miles for Muscles'. Het prototype is getest met een multimeter aangesloten op het circuit die de stroom toevoer van het product heeft gemeten. De stroomsterkte die als meest prettig werd ervaren was ongeveer 1.60 A. Dit resulteerde in een warmte van het product van 36 tot 37 graden.

In de grafiek is te zien dat de hand van de proefpersonen ook tot die temperatuur ongeveer verwarmd wordt.

De test is binnen uitgevoerd voor het gebruik buiten zal nog verder moeten worden getest en bij extreme temperaturen kan gebruik worden gemaakt van de kap die bij het product wordt geleverd als bescherming tegen factoren als wind en regen.

Bij de test met proefpersoon 1 is ook het effect van alleen de Sleeve getest.



Figuur 8

## 5.3 Analyse test resultaat

In figuur 8 is een grafiek te zien die de temperatuur van de hand weergeeft.

Er is te zien dat beide grafieken stijgend zijn en tijdens de temperatuurmeting is de omgevingstemperatuur niet gestegen. Hieruit valt af te leiden dat op beide proefpersonen het product effect heeft gehad.

Bij proefpersoon 1 wordt invloed van het verwarmingsproduct duidelijk door constante stijging. Na het verlagen van de temperatuur naar 37-38 °C bleef de temperatuur van de hand ook vlak onder deze temperatuur hangen.

Proefpersoon 2 begon op een zeer lage temperatuur en er wordt waargenomen dat de temperatuur van de hand veel sneller steeg dan bij iemand met een begin temperatuur van 35 °C. Dit komt waarschijnlijk doordat het temperatuurverschil tussen verwarmers en hand groter is.

De temperatuur van het verwarmingselement is op 40 °C gezet, hoger dan deze temperatuur is oncomfortabel. Bij proefpersoon 2 begint pad op temperatuur van 55 graden Celsius. Dit blijkt echter te warm en de warmte wordt omlaag gezet naar 36 - 37 °C.

Het verwarmingselement lijkt voor deze proefpersonen te moeten verwarmen met een temperatuur van 36 - 40 °C.

## 5.4 Ervaring van de proefpersonen

Qua ervaring van het prototype kwam naar voor dat een mouw geheel om de arm prettiger zou zijn. Een gehele mouw geeft een constanter gevoel van warmte en een minder groot verschil tussen temperatuur bovenop de arm en onderop de arm.

Daarnaast gaven beide proefpersonen aan dat de handen flexibeler te bewegen waren. Ook hadden ze het gevoel dat de handen minder vochtig werden als gevolg van transpireren.

## 5.5 Verdere test

In de mogelijke aankomende test zou ik graag onderzoeken of er in deze proefpersonen ook een toename van de temperatuur van de hand plaats vind.

Ook zou ik graag het individuele effect van de sleeve en de verwarming onder de hand aantonen.

Daarnaast kan worden bekeken hoe de gevoelstemperatuur positief kan worden bevorderd. Er kan worden gekeken of als er telkens een iets hogere temperatuur pulse wordt gegeven dit effect heeft op de ervaren temperatuur, net zoals bij wristify.

Ten slotte kan worden bekeken wat de meest effectieve waarde tussen de 36 - 40 °C verwarmingstemperatuur is.

---

# Conclusie & aanbevelingen

## 6.1 Verbetering ontwerp

Het uiteindelijke ontwerp is een ontwerp dat vooral gebaseerd is op warmteoverdracht doormiddel van conductie.

In dit verslag heb ik echter ook aangegeven bij de idee fase dat er duidelijke voordelen aan stralingswarmte zitten. Ik denk dat daarom onderzocht kan worden of de warmte vanuit het blad stralingswarmte kan worden.

Er zijn gesprekken geweest met de Technische Universiteit van Eindhoven dat zij deze idee richting verder zouden gaan onderzoeken.

Ook denk ik dat het product nog verder getest kan worden en dat het ontwerp en de plaatsing van de weerstandsdraden op die manier beter geoptimaliseerd kan worden.

Verder is de manier van verwarmen aangepast en binnen getest en neem ik aan dat buiten nog wel gebruik zal moeten worden gemaakt van een afscherming tegen de wind en regen, deze zal echter niet hoeven te verwarmen.

## 6.2 Verder onderzoek

Voor verder onderzoek kan gekeken worden naar het effect dat de Sleeve en de pad los van elkaar hebben.

Ook kan er meer onderzoek worden gedaan naar wat de meest effectieve temperatuur is.

Aangezien ik in dit verslag ook de positieve effecten heb beschreven van IR straling zou er kunnen worden gekeken naar het verwerken van IR leds in het werkblad.

## 6.3 Discussie

Tijdens de test is er bij de temperatuur vanaf 34 °C gemeten met een koortsthermometer, daarvoor lag de temperatuur niet binnen dit bereik. Voor volgende tests zullen we een thermometer met groter bereik moeten hebben die lichaamstemperatuur meet, aangezien de lichaamstemperatuur in de hand van de proefpersoon soms erg laag ligt.

Ook zou het beter zijn om met meer proefpersonen te kunnen testen aangezien het een brede doelgroep is. Hierbij is het belangrijk dat er in de testgroep proefpersonen zitten die in verschillende mate nog spier functionaliteit hebben.

De verwarming van het bloed lijkt een positief effect te hebben op de flexibiliteit in de hand, ook dit kan nog verder getest worden. Hierbij kan ook gekeken worden of de grootte van het verwarmings element in Sleeve geminimaliseerd kan worden door het verwarmings element nog preciezer boven de slagaders die naar de hand leiden te plaatsen.

Door het ontwerpen van dit product heb ik geleerd dat er vele factoren zijn in het menselijk lichaam om rekening mee te houden. Ook heb ik geleerd dat mensen erg verschillend zijn en dat het daarom bij het ontwerp van sommige producten erg wenselijk is dat er personalisatie mogelijk is.

Verder heb ik geleerd een elektronisch simpel prototype te maken, waarbij er doormiddel van het gebruik van een multimeter toch duidelijk zicht blijft op wat er in het prototype gebeurt.

Al met al vond ik het een leerzaam project om te doen en denk ik dat deze conceptringing mogelijkheden bied voor verder onderzoek in deze richting.

---

# Bronnenlijst

AGC Glass. (z.j.). warmte-isolerend - AGC Glass Europe. Geraadpleegd van [https://www.google.nl/?gws\\_rd=ssl#q=Warmteisolerend\\_NL.pdf](https://www.google.nl/?gws_rd=ssl#q=Warmteisolerend_NL.pdf)

Carel Lurvink. (2007). Vezels. Geraadpleegd van [https://www.google.nl/?gws\\_rd=ssl#q=katoen+pdf](https://www.google.nl/?gws_rd=ssl#q=katoen+pdf)

Haisman, M. F. (1988, July). Physiological aspects of electrically heated garments. Opgehaald van [www.scopus.nl](http://www.scopus.nl): <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-0023713661&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=heated+glove&nlo=&nlr=&nls=&sid=7E1DC9731D0036EEB44C010E1EC4EE26.CnvcAmOODVwpVrjSeqQ%3a200&sot=b&sdt=cl&cluster=scosubjab-br%2c%22MEDI%22%2ct%2c%22ENGI>

Herschel. (z.j.). Grondbeginselen van warmteoverdracht: stralingswarmte versus convectiewarmte. Geraadpleegd van <http://www.herschel-infrared.com/nl/grondbeginselen-van-warmteoverdracht-stralingswarmte-versus-convectiewarmte/>

Infrarood-gezondheid. (z.j.). Infrarood gezondheid. Geraadpleegd van <http://www.infrarood-gezondheid.nl/infrarood-gezondheid-voor-iedereen/>

Innerbody. (z.j.). Muscles of the Hand and the Wrist. Geraadpleegd van [http://www.innerbody.com/image\\_skel13/ligm27.html#full-description](http://www.innerbody.com/image_skel13/ligm27.html#full-description)

Mandemie stoffen. (z.j.). Fleece. Geraadpleegd van <http://www.stoffen-mandemie.be/nl/stoffen/speciale-stoffen/fleece/>

Manen, P. van. (2014). Verdubbelde verwachtingen wat wilskracht met je doet. Utrecht, Nederland: De Graaff.

Neurochirurgisch centrum Zwolle. (z.j.). Carpaal tunnel syndroom. Geraadpleegd van <http://www.neurochirurgie-zwolle.nl/patienteninformatie/>

[zenuwletsels/carpaal-tunnel-syndroom/](#)

Prinses Beatrix Spier Fonds. (z.j.). SMA. Geraadpleegd van <https://www.prinsesbeatrixspierfonds.nl/spierziekten/sma/?gclid=CLrHjJ-0wM0CFRI-UGwodAksBMw>

Prinses Beatrix Spier Fonds. (z.j.). Spierziekten (algemeen). Geraadpleegd van <https://www.prinsesbeatrixspierfonds.nl/spierziekten/spierziekten-algemeen/>

PHYS ORG. (2013). Thermoelectric bracelet: 'Cool' invention wins first place at MADMEC. Geraadpleegd van [https://www.google.nl/?gws\\_rd=ssl#q=Thermoelectric+bracelet:+%E2%80%98Cool%E2%80%99+invention+wins+first+place+at+MADMEC.+pdf](https://www.google.nl/?gws_rd=ssl#q=Thermoelectric+bracelet:+%E2%80%98Cool%E2%80%99+invention+wins+first+place+at+MADMEC.+pdf)

Revalidatietechniek het Dorp. (sd). Rolstoelaanpassingen. Opgehaald van Eengoedhulpmiddel: <http://www.eengoedhulpmiddel.nl/uploads/items/71/Rolstoelaanpassingen.pdf>

Simmelink, J. (z.j.). De gevoelstemperatuur. Geraadpleegd van [https://www.google.nl/?gws\\_rd=ssl#q=weerlink.com+De+gevoelstemperatuur.pdf](https://www.google.nl/?gws_rd=ssl#q=weerlink.com+De+gevoelstemperatuur.pdf)

Spierziekten Nederland. (sd). Spinale musculaire atrofie, algemeen (SMA). Opgehaald van [www.spierziekten.nl](http://www.spierziekten.nl): [https://www.spierziekten.nl/overzicht/spinale-musculaire-atrofie-algemeen/?gclid=CLrn6s\\_ZqcwCFYMK0wodZzEKgQ](https://www.spierziekten.nl/overzicht/spinale-musculaire-atrofie-algemeen/?gclid=CLrn6s_ZqcwCFYMK0wodZzEKgQ)

Staff, E. (2014, 01 oktober). [Wristify] [Foto]. Geraadpleegd van <http://evoke.ie/news/wristify-smart-bracelet-provides-cool-or-warm-air-on-demand>

Thompson, N. (z.j.). The Effects of Temperature on Muscular Contraction. Geraadpleegd van <http://healthyliving.azcentral.com/effects-temperature-muscular-contraction-11504.html>

---

Bijlage

# 1. Myocafé

Myocafé is onderdeel van de site Spierziekten Nederland. Op dit forum kunnen mensen die met spierziekten te maken hebben of er meer over willen weten vragen stellen en discussies starten.

Op het forum zijn ook discussies over het verwarmen van de handen te vinden. Hieruit heb ik een aantal citaten gehaald.

## **Discussie Handschoenen**

“Vingerhandschoen en gewone wanten werken niet bij mijn dochter, omdat ze hiermee de joystick niet kan bedienen”

“Dit is een site van nederlandse firma [www.rtdhetdorp.nl](http://www.rtdhetdorp.nl) die ook van die handverwarm kap voor op de elektrische rolstoel maakt.”

<https://myocafe.spierziekten.nl/gesprek/handschoenen>

## **Handen warm houden**

“onze zoon heeft last van koude handen en kan daardoor zijn rolstoel niet besturen, kan iemand een tip geven wat daaraan te doen is?”

“Bij RTD dorp hebben ze een handverwarmingskap”

“Ik heb een handverwarmingskap van de RTD. Deze is tegenwoordig doorzichtig wat erg handig is. Je kunt nu gewoon naarvoren kijken en het zicht wordt niet door de kap belemmert. Eveneens heeft het apparaat twee verschillende standen. Volgens mij kunnen ze de kap (de oude in ieder geval wel) ook aanpassen

voor personen met alleen besturing aan de zijkant van rolstoel.”

“bedankt voor jullie reacties - door zijn minimale hand/vingerfunctie zijn handschoenen met verwarming geen oplossing - Nicole , voordat ik verder op Internet ga zoeken, wat is RTD ?”

<https://myocafe.spierziekten.nl/gesprek/handen-warmhouden>

## **Koude handen**

**“Mijn dochtertje heeft de laatste tijd last van koude handen als ze met haar rolstoel aan het rijden is. Heeft er iemand tips voor dunne handschoenen zodat ze nog wel haar rolstoel kan bedienen en wat beweging in haar handen houdt maar dat dan toch haar handen goed warm blijven?”**

**“Ik denk dat ze misschien veel meer heeft aan een handverwarmingskap van bijv RTD <http://www.rtdhetdorp.nl/onzehulpmiddelen/mobiliteit/diverse-aanpassingen/handverwarmingskap/> Hierbij worden de bewegingen van haar handen niet belemmerd.”**

<https://myocafe.spierziekten.nl/gesprek/koude-handen>

## 2. Materiaal

| Kwaliteit eigenschap | katoen | katoen/polyester | polyester/katoen |
|----------------------|--------|------------------|------------------|
| Slijtvast            | -      | +                | ++               |
| Kleurecht            | -      | +                | ++               |
| Krimpgevoelig        | +      | -                | --               |
| Kreukherstellend     | -      | ++               | ++               |
| Vochtabsorberend     | ++     | +                | -                |
| Warmte isolerend     | +      | +                | -                |
| Wasbaar              | ++     | ++               | ++               |
| Drogen/persen        | +      | +                | -                |
| Comfortabel          | ++     | ++               | +                |
| Bescherming olie/vet | ++     | ++               | +                |
| prijsverhouding      | 100    | 120              | 105              |

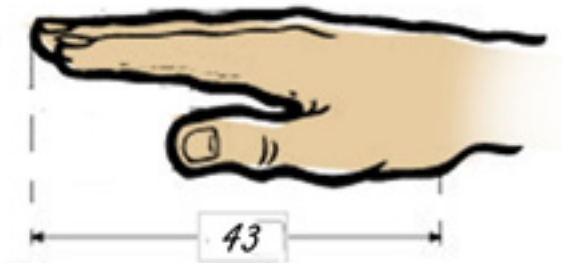
Eigenschappen: katoen, katoen/polyester en polyester/katoen

### Katoen/polyester:

Draagcomfort: Goed i.v.m. vochtabsorberend en isolerend vermogen.  
Krimp: Ongeveer 3 à 4 % bij een goede wasserij.  
Kleurechtheid: Hoog, het polyester gaat een chemische reactie aan met het pigment en laat zich niet uitwassen.  
Slijtweerstand: Hoger dan katoen maar lager dan polyester/katoen  
Scheurweerstand: Lager dan polyester/katoen maar hoger dan katoen.  
Brand/hitte: Slechte bescherming; qua isolatie redelijk maar t.a.v. brandgedrag erg slecht: polyester gaat druppen en veroorzaakt erge brandwonden.  
Gewicht: Ca. 330 gr./m<sup>2</sup>  
Algemeen: Is een goed alternatief voor de andere doeksoorten, met name als het comfort van katoen is gewenst en het industrieel moet worden gewassen. Dit doek is sterk in opkomst.

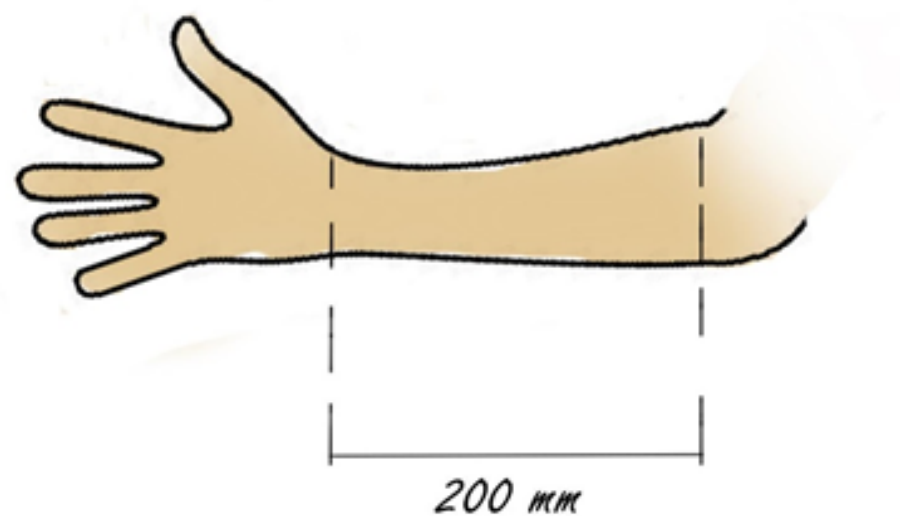
### 3. Ontwerp maten

| populations          | DINED 2004 (20-30 years), female |    | DINED 2004 (20-30 years), male |    | DINED 2004 (20-30 years), mixed |    |
|----------------------|----------------------------------|----|--------------------------------|----|---------------------------------|----|
|                      | mean                             | sd | mean                           | sd | mean                            | sd |
| 43. hand length (mm) | 177                              | 8  | 197                            | 11 | 186                             | 14 |



Bron: <http://dined.io.tudelft.nl/en/database/tool>

| Maat | Afstand tussen pols en elleboog |
|------|---------------------------------|
| S    | 20 - 23 cm                      |
| M    | 23 - 25,5 cm                    |
| L    | 22,5 - 28 cm                    |



Bron: <https://dehulpmiddelenshop.nl/product/tennisarm-bandage/>

## 4. Test resultaten

Test uitgevoerd op 20 . 06 . 2016

### Proefpersoon 1

| Begin temperatuur hand | Begin temperatuur omgeving | Begin temperatuur pad | Begin temperatuur sleeve |
|------------------------|----------------------------|-----------------------|--------------------------|
| 34,7 °C                | 24 °C                      | 55 °C                 | 39 °C                    |

| Tijd             | Temperatuur hand   | Opmerkingen                                            |
|------------------|--------------------|--------------------------------------------------------|
| 13:07            | 34,7 °C            |                                                        |
| <del>13:11</del> | <del>35,3 °C</del> |                                                        |
| 13:12            | 36,3 °C            |                                                        |
| <del>13:15</del> | <del>35,3 °C</del> |                                                        |
| 13:16            | 36,3 °C            |                                                        |
| <del>13:17</del> | <del>37,0 °C</del> |                                                        |
| 13:18            | 36,6 °C            |                                                        |
| <del>13:20</del> | <del>36,6 °C</del> | Verlaging temperatuur pad naar 38 °C sleeve naar 37 °C |
| 13:22            | 35,9 °C            |                                                        |
| <del>13:24</del> | <del>35,7 °C</del> |                                                        |
| 13:25            | 35,5 °C            |                                                        |
| <del>13:27</del> | <del>36,0 °C</del> |                                                        |
| 13:29            | 36,3 °C            |                                                        |
| <del>13:32</del> | <del>36,0 °C</del> |                                                        |
| 13:36            | 35,9 °C            |                                                        |

**Reactie van proefpersoon op de vraag hoe het gevoel in de hand is veranderd.**

Het product zorgt voor meer flexibiliteit en de handen worden minder vochtig. Wel voelt de onderarm aan de bovenkant in verhouding koud aan.

## Proefpersoon 2

| Begin temperatuur hand | Begin temperatuur omgeving | Begin temperatuur matje | Begin temperatuur sleeve |
|------------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 27,1 °C                | 24 °C                      | 40 °C                   | 32,0 °C                  |

| Tijd             | Temperatuur hand   | Opmerkingen                                                                                        |
|------------------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 14:01            | 27,1 °C            | Begin met alleen arm verwarming                                                                    |
| <del>14:03</del> | <del>27,5 °C</del> |                                                                                                    |
| 14:05            | 27,7 °C            |                                                                                                    |
| <del>14:06</del> | <del>27,7 °C</del> |                                                                                                    |
| 14:07            | 27,8 °C            |                                                                                                    |
| <del>14:08</del> | <del>27,9 °C</del> |                                                                                                    |
| 14:09            | 27,9 °C            |                                                                                                    |
| <b>14:10</b>     | <b>27,9 °C</b>     | <b>Sleeve + pad vanaf dit tijdstip</b>                                                             |
| 14:11            | 28,2 °C            |                                                                                                    |
| <del>14:12</del> | <del>28,3 °C</del> |                                                                                                    |
| 14:13            | 28,5 °C            |                                                                                                    |
| <del>14:14</del> | <del>28,6 °C</del> |                                                                                                    |
| 14:15            | 29,4 °C            |                                                                                                    |
| <del>14:16</del> | <del>29,7 °C</del> |                                                                                                    |
| 14:17            | 29,5 °C            |                                                                                                    |
| <del>14:18</del> | <del>29,8 °C</del> |                                                                                                    |
| 14:19            | 29,9 °C            |                                                                                                    |
| <del>14:20</del> | <del>29,7 °C</del> |                                                                                                    |
| 14:21            | 30,2 °C            |                                                                                                    |
| <del>14:22</del> | <del>31,0 °C</del> |                                                                                                    |
| 14:23            | 31,3 °C            |                                                                                                    |
| <b>14:24</b>     | <b>31,3 °C</b>     | <b>Vanaf hier zijn de waarden meetbaar met de koortsthermometer ( deze meet dieper in de hand)</b> |
| 14:25            | 36,0 °C            |                                                                                                    |
| <del>14:26</del> | <del>36,0 °C</del> |                                                                                                    |
| 14:27            | 36,2 °C            |                                                                                                    |
| <del>14:28</del> | <del>36,3 °C</del> |                                                                                                    |
| 14:29            | 36,3 °C            |                                                                                                    |
| <b>14:30</b>     | <b>36,5 °C</b>     |                                                                                                    |

**Reactie van proefpersoon op de vraag hoe het gevoel in de hand is veranderd.**

Het product voelt comfortabel aan en zorgt voor meer flexibiliteit.