

HEBI incubator

Het (her)ontwerpen van een couveuse voor ontwikkelingslanden





Universiteit Twente
de ondernemende universiteit

Universiteit Twente
Faculteit der Construerende Technische Wetenschappen
Opleiding Industrieel Ontwerpen
Postbus 217
7500AE Enschede
tel. 053-489 9111



Stichting HEBI
www.hebi-incubator.org
Postbus 291
3140AG Maassluis

KENMERK UT IO Bachelor Eindopdracht
Vakcode: 280310

13 oktober 2008

“HEBI incubator”

Het (her)ontwerpen van een couveuse voor ontwikkelingslanden

Dit rapport is geschreven in het kader van de bachelor eindopdracht, een opdracht ter afsluiting van de Bachelor Fase van de opleiding industrieel ontwerpen

Examencommissie:

Hoogleraar Universiteit: Prof. Dr. Ir. A. de Boer
a.deboer@utwente.nl

Begeleider Universiteit: Ir. J.A. Garde
j.a.garde@ctw.utwente.nl

Begeleider HEBI: Ing. R. Stout
info@hebi-incubator.org

Nienke Kea
S0070408

Oplage: 5 exemplaren, 60 pagina's met 5 bijlagen

Voorwoord

De bacheloropdracht is de afsluitende fase van de de bachelor opleiding Industrieel Ontwerpen; hierin kun je laten zien wat je geleerd hebt tijdens je studie.

Bij het zoeken naar een bacheloropdracht heb ik mij gericht op het zoeken naar een opdracht met een productontwerp voor kinderen. Tijdens een project in het eerste jaar van de opleiding is daar aandacht aan besteed en omdat het ontwerpen voor kinderen mij toen erg aansprak wilde ik mij hier nogmaals op richten. Er kwamen twee opdrachten voorbij. De eerste was een (luXe)product voor de westerse markt. De tweede een couveuse voor ontwikkelingslanden. Met beide partijen een gesprek aangegaan, maar eigenlijk was ik al verkocht. Het verdiepen en verplaatsen in gebruikers en omstandigheden was wat mij het meest aantrok. Het is ook een mooi voordeel dat ik mij bij deze opdracht in kan zetten voor een goed doel.

De omschrijving voor de opdracht was in dit stadium nog niet volledig geformuleerd, toch was voor mij al snel duidelijk dat dit mijn opdracht was.

In dit verslag vind u de ontwikkelingen en resultaten van mijn onderzoek naar het (her)ontwerp van een couveuse voor ontwikkelingslanden.

Inhoud

Voorwoord	III	Bijlagen	
Samenvatting	7	Bijlage A - Plan van Aanpak	A1
Summary	7	Bijlage B - Werktekeningen huidige HEBI	B9
Inleiding	9	Bijlage C - Vragenlijst gebruikersonderzoek	C17
		Bijlage D - Berekeningen gewicht HEBI	D21
		Bijlage E - Werktekeningen HEBIsphere	E25
1 De HEBI Couveuse	11		
1.1 Samenstelling van de HEBI	13		
1.1.1 <i>Materialen</i>	13		
1.1.2 <i>Afmetingen</i>	14		
1.1.3 <i>Transport</i>	14		
1.1.4 <i>Temperatuurregeling</i>	14		
1.1.5 <i>Luchtvochtigheidsbeheersing</i>	14		
1.1.6 <i>Proefdraaien met de HEBI</i>	15		
1.2 Locale omstandigheden	15		
1.3 Alternatieve couveuses	16		
2 Verkenning oplossingen tot gewichtsbepierking	19		
2.1 Afmetingen	21		
2.2 Materialen	21		
2.3 Onderdelen	23		
2.4 Problemen laag gewicht	23		
2.5 Verzending	23		
3 Mogelijke verbindingen	25		
4 Programma van eisen	29		
5 HEBI redesign	33		
5.1 Stromingen in de HEBI	35		
5.2 Concepten nieuwe HEBI	36		
5.2.1 <i>HEBI upgrade</i>	37		
5.2.2 <i>HEBI add-more-sphere</i>	38		
5.2.3 <i>HEBIsphere</i>	38		
5.3 Keuze concepten	39		
5.4 Uitwerken concepten	40		
5.4.1 <i>Uitwerking HEBI upgrade</i>	40		
5.4.2 <i>Uitwerking HEBIsphere</i>	42		
5.5 Een nieuwe HEBI	44		
6 Detailuitwerking	47		
6.1 Warmtecompartiment	49		
6.2 Lade	50		
6.3 Ligvlak	50		
6.4 Koepel	51		
6.5 Kap	51		
6.6 Inkooponderdelen	51		
7 Conclusies en aanbevelingen	53		
7.1 Ontwerp	55		
7.2 Project	56		
8 Bronnenlijst	57		

Samenvatting

Deze opdracht is uitgevoerd in opdracht van de stichting HEBI. Zij vervaardigen en versturen couveuses geschikt voor gebruik in ontwikkelingslanden. De couveuse is in 1968 ontworpen door Dr. van Hemel. Sinds die tijd wordt de couveuse verder ontwikkeld. HEBI is opgericht om het werk van Dr. van Hemel te ondersteunen en het nu en in de toekomst voort te zetten. De couveuses verschijnen nu in kleine oplage. Een deel wordt gemaakt in een werkvoorzieningsbedrijf. Andere onderdelen worden ingekocht of zelf in de kleine werkplaats vervaardigd.

Een belangrijk punt van de couveuse is het kunnen functioneren onder wisselende omstandigheden in stroomvoorziening. De elektronica in westerse couveuses is te gevoelig voor de stroompieken die in ontwikkelingslanden kunnen ontstaan. De couveuse bevat echter ook kritische punten die verbeterd moeten worden om het voortbestaan van de HEBI te garanderen. Voor de warmtevoorziening is stroom noodzakelijk, maar het is wenselijk zonder stroom te kunnen werken. Daarnaast wordt het voortbestaan van de gloeilampen die nu warmte genereren bedreigd door het opkomen van LED-technologie.

Omdat de duur van de opdracht kort is, worden twee onderdelen (gewicht en uiterlijk) behandeld. Het te verzenden pakket is met een gewicht van ruim 35 kilo een zwaar geheel. Te zwaar om te voldoen aan de Nederlandse ARBO-normen die recentelijk zijn teruggeschoefd naar 23 kilo. Voor de behandeling op Schiphol is dit een punt van aandacht. Daarnaast is het belangrijk het gewicht omlaag te brengen in verband met de “relatief” hoge verzendkosten van het product.

Tijdens het maken van het project kwam ook naar voren dat het uiterlijk van de couveuse voor de gebruiker ook een belangrijke rol speelt, daarom is dit onderwerp ook meegenomen in het herontwerp van de couveuse.

In dit verslag wordt gekeken naar de samenstelling van het huidige model van de HEBI, de omstandigheden waarin het product functioneert en de gebruikers van de couveuse. Daarna worden mogelijkheden bekeken die aansluiten bij het doel van de opdracht. Uit de verschillende analyses ontstaat een programma van eisen. Deze eisen zijn de start geweest van het ontwerptraject, waarin aan de hand van ontwerpen en deeloplossingen een nieuw ontwerp voor de HEBI is ontwikkeld. Dit ontwerp is daarna gedetailleerd uitgewerkt.

Uit het project blijkt dat het om een multidisciplinair probleem gaat. Het is lastig om een ontwerp te maken wat voldoet aan alle eisen. Er worden beslissingen gemaakt terwijl andere aspecten, die wellicht ook van toepassing zijn op het ontwerp, niet meegenomen worden. Het zou een completer beeld gegeven hebben wanneer ook voor de andere problemen, zoals de warmtevoorziening, een (deel)oplossing beschikbaar was terwijl het ontwerp werd gemaakt.

Het blijkt voor één persoon lastig om in het korte tijdsbestek dat is gesteld voor de opdracht, 3 maanden, een levenswerk van 40 jaar ontwikkeling te verbeteren.

Summary

This assignment is executed for the HEBI foundation. HEBI produces and ships child incubators capable of operating in developing countries. The incubator is designed in 1968 by Dr. van Hemel. Since then, the incubator has been continuously redesigned. The HEBI foundation is established to assist in the work of Dr. van Hemel and continue it in the future.

The circulation of incubators is small. A section of parts is manufactured in a (external) sheltered work environment. Other parts are bought or made in HEBI's small workshop.

An important point considering the incubator is the ability to function under varying conditions in power supply. The electronics in a western child incubator is too sensitive for peaks in power supply that exist in developing countries.

A number of critical issues are also associated with the incubator. They need to be improved to continue the existence of the HEBI. The provision of heat requires an electrical power supply, while it is a wish to create an incubator without the need for an electrical supply. Apart from that, availability of light bulbs is threatened by upcoming LED-technology.

However, because the time to execute the assignment is short, other parts of the incubator (weight and appearance) are chosen to work on. The weight of the shipping goods is around 35 kilos, a heavy parcel. Too heavy to suffice the dutch measures for heavy lifting, recently brought back to 23 kilos. Considering the Schiphol handling it is a point of attention.

Another result of lowering the weight of the product is lowering the “relatively” high shipping costs.

During the execution of this project the importance of looks for the user was estimated higher than expected. Therefore the appearance of the product is included in the redesign of the incubator.

In this report work is done on the principles of the HEBI, the circumstances in which the product operates and the users of the incubator. Then the possibilities that match the goal of the assignment are examined. From the analyses a program of demands is composed. These demands are the start of the designing process; they are the guidelines that lead to a new design. Afterwards, this design is discussed in detail.

From this project it becomes clear that it requires a multidisciplinary design team. It has proven difficult to create a design that fits all demands, even while other aspects, that may have had their influence in the design, were not included. The redesign would have been more complete if the other problems, like heating possibilities, had been explored before a design was made. Now future aspects aren't included, so this design will not lead to a new design appropriate for long-term future use. It can be concluded that it is hard for one person to improve a life work of 40 years in a mere three months.

Inleiding

Dokter van Hemel heeft in 1968 een eerste couveuse voor derdewereldlanden ontwikkeld in Uganda. In de loop der jaren is deze couveuse steeds aangepast en verbeterd. Omdat de heer Van Hemel niet meer in staat is het werk aan de couveuse zelfstandig voort te zetten is de stichting Hemel Baby Incubator (of kortweg HEBI) in het leven geroepen om zijn ontwikkeling en verstrekking van couveuses voor ontwikkelingslanden voort te zetten. HEBI is gevestigd in Rotterdam.

Naast de fysiek aanwezige couveuse is er bij de stichting geen documentatie aanwezig over de werking van de couveuse.

De couveuse is gedurende 40 jaar verder ontwikkeld, nu wordt echter tegen een aantal problemen aangelopen.

Er is nauwelijks tot geen documentatie aanwezig waarin de werking en de onderdelen van de couveuse zijn vastgelegd.

- De couveuse is te zwaar volgens ARBO-wetten. Dit is een probleem bij de afhandeling op Schiphol en zorgt voor hoge verzendkosten.
- De couveuse wordt verwarmt met gloeilampen. Door de opkomst van LED-technologie kan deze methode in de toekomst moeilijker te handhaven zijn.
- De warmtestroming in de couveuse functioneert minder naarmate binnen en buitentemperatuur meer aan elkaar gelijk zijn. De stroming zou te allen tijde in stand moeten blijven.

Omdat het behandelen van al deze punten te omvangrijk is voor de duur van de opdracht, is er een deelopdracht gekozen. Het doel van de opdracht is het herontwerpen van de couveuse zodat deze qua gewicht kan worden klaargemaakt voor de toekomst. Voor deze nieuwe versie dient ook een bijbehorende gebruikershandleiding te worden ontwikkeld. Bij het ontwerpen dient rekening gehouden te worden met specifieke problemen die zich in derdewereldlanden voordoen. De gebruikers staan bij het ontwerp centraal; de belangrijkste eisen komen vanuit deze groep.

Uit deze doelstelling volgen vragen ten aanzien van het herontwerp van de couveuse.

Deze vragen behandelen ten eerste een analyse van de huidige HEBI. Hoe werkt de couveuse? Waar bestaat hij uit? Wat zijn de omstandigheden voor een couveuse in ontwikkelingslanden? En zijn er alternatieven of andere methoden op de markt?

Vervolgens worden er vragen gesteld over de mogelijkheden voor het ontwerp om aan de nieuwe eisen te voldoen, zoals: Wat voor materialen zijn beschikbaar en geschikt voor de couveuse? Wat zijn de benodigde afmetingen en welke onderdelen zijn noodzakelijk? Hoe kunnen de verbindingen worden gerealiseerd? Ook de vraag of de gewenste eigenschappen van de couveuse ook nog nadelen met zich meebrengen is belangrijk.

Dan komen de vragen ten aanzien van de te vervaardigen ontwerpen. Wat is een geschikt, haalbaar concept?

Tot slot zijn er vragen over de samenstelling van de handleiding bij de couveuse. Waar moet de handleiding aan voldoen en wat is een geschikte methode voor uitleg. Deze

vragen zijn echter komen te vervallen bij de uitvoering van het project, wegens de omvangrijkheid van de eerdere vragen. Het volledige plan van aanpak is terug te vinden in bijlage A.

Dit verslag is opgedeeld in 4 fasen. De eerste fase behandelt de analyse van de couveuse en haar omstandigheden. De analyse van de couveuse zelf, haar omstandigheden en mogelijke alternatieven zijn terug te vinden in hoofdstuk 1. In hoofdstuk 2 en 3 vindt men de tweede fase, dit is de onderzoeksfase. In deze fase worden de mogelijkheden en beperkingen ten aanzien van materialen en samenstelling van de couveuse, onderdelen en verbindingen, besproken.

De eerste twee fasen komen samen in een pakket van Eisen en Wensen zoals terug te vinden is in hoofdstuk 4.

De derde fase is de conceptfase, hierin worden verschillende mogelijke concepten gegenereerd en teruggebracht tot een aantal bruikbare concepten. Uit deze concepten wordt, in het laatste deel van hoofdstuk 5, een keuze gemaakt ten aanzien van het ontwerp.

In de detailleringsfase is gewerkt aan de details van de couveuse. Hierin zijn meer ontwerpkeuzes gemaakt ten aanzien van plaatsing van onderdelen en de uitvoering van de couveuse. Deze keuzes en een selectie van de bijbehorende tekeningen zijn terug te vinden in hoofdstuk 6.

Tot slot worden er in hoofdstuk 7 conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan ten aanzien van het ontwerp en het project.



De stichting HEBI, gevestigd te Rotterdam, houdt zich bezig met de ontwikkeling en verstrekking van couveuses voor derdewereldlanden. De stichting is opgericht in naam van Dr. van Hemel die in 1968 in Uganda is begonnen met het ontwikkelen en verstrekken van de Hemel Baby Incubator (HEBI).

Naast de fysiek aanwezige couveuse is er bij de stichting geen documentatie aanwezig over de werking van de couveuse. De couveuse bestaat uit een systeem van verwarming door middel van gloeilampen en waterdamp. Dit wordt gereguleerd door een regelsysteem waarbij een thermostaat aan de hand van gemeten waarden de verwarming (de)activeert.

De couveuse is samengesteld uit onderdelen die op verschillende plekken worden gefabriceerd. Het grootste deel bestaat uit hout dat wordt bewerkt in een lokaal werkvoorzieningsbedrijf. De kunststof onderdelen worden vervaardigd door Stout Perspex. Kleine (metalen) onderdelen worden in eigen beheer gemaakt. Tot slot worden er een aantal onderdelen ingekocht zoals de elektrische componenten en een rooster.

Het afzetgebied is erg groot, de couveuse wordt zowel in warme als koude gebieden succesvol ingezet.

Hoewel het ontwerp momenteel goed voldoet is het onderhevig aan toekomstige veranderingen, warmte-generatie en beheersing en gewichtsbepijking zijn daarbij belangrijke aandachtspunten.

1.1 Samenstelling van de HEBI

Het eerste ontwerp van de couveuse is 40 jaar oud, sindsdien zijn de verbeteringen geleidelijk doorgevoerd. Deze veranderingen dragen voornamelijk bij aan de functionaliteit van de couveuse. Bijvoorbeeld de toevoeging van een rooster ter voorkoming van dichtstoppen van de luchtstroming. Omdat er naast bouwtekeningen weinig documentatie en informatie is over de bouw van de couveuse zal als eerste het huidige ontwerp worden bestudeerd. Redenen voor gebruik van bepaalde materialen zijn niet altijd (meer) bekend. De couveuse is grotendeels ontstaan via een trial and error-methode. Onderdelen worden gebruikt omdat het op deze manier werkt. Een overzicht van veel besproken onderdelen vindt u terug in figuur 1, een foto van de couveuse is weergegeven in figuur 2.

1.1.1 Materialen

De basis van de couveuse is gemaakt van hout. Voor de achterwand, zijwanden, bodem, tussenplank (ligvlak baby) en steunplank (voorzijde) is gebruik gemaakt van 18mm multiplex. Ten behoeve van de warmteisolatie worden er platen van de firma Promat gebruikt, hierbij gaat het om 8mm PROMATECT®-100. Hiervan is een plaat bevestigd op de bodem, een plaat om de luchtgeleiding te realiseren en een plaat onder de tussenplank, het ligvlak van de baby. De schuifdeurtjes worden gemaakt van 6mm volkernplaat en er worden 5mm beuken deklathjes gebruikt om de voorkant bij de schuifdeurtjes af te werken.

Om in de couveuse te kunnen kijken wordt gebruik gemaakt van perspex materiaal. De boven en voorkant van de couveuse zijn gerealiseerd van transparant perspex. Deze zijn ver-

bonden door scharnieren gemaakt van slagvast gemodificeerd perspex.

In oudere modellen is voor het opklappen een pianoscharnier gebruikt. Omdat dit geen stevige en gemakkelijke oplossing is, is ervoor gekozen dit scharnier te vervangen door perspex exemplaren. Om stevigheid van de bovenplaat te bewaren is er een perspex "rib" toegevoegd om de constructie te verstijven.

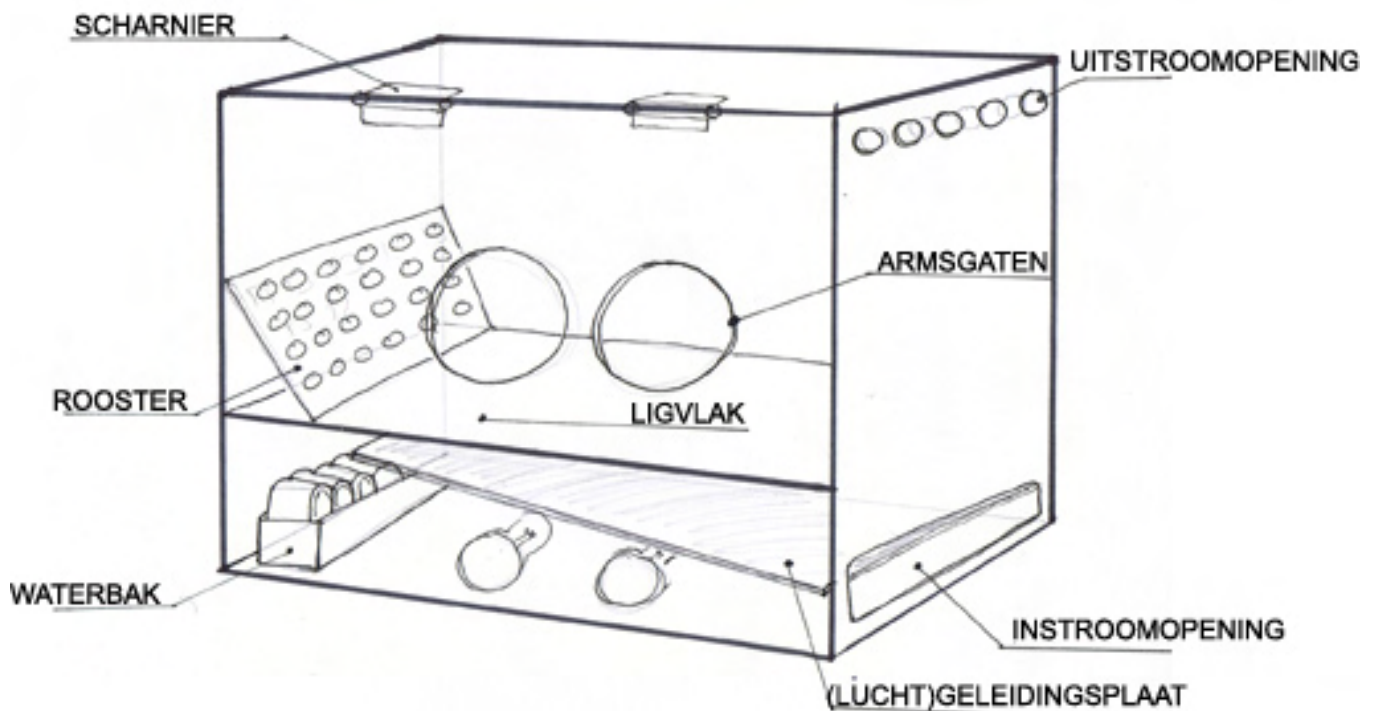
In de voorkant zitten twee gaten waar katoenen mouwen in kunnen worden geklemd. In deze gaten bevinden zich kunststof ringen (figuur 3) om de mouwen aan vast te klemmen. Deze ringen werden tot voor kort met een draaibank vervaardigd, maar door externe sponsoring is hiervoor tegenwoordig een matrijs beschikbaar.

Een perspex strip op de tussenplank voorkomt dat de baby uit de couveuse kan rollen wanneer de klep open staat. Bij komend voordeel is dat de klep bij het dichtdoen niet verder naar binnen (tegen het kind aan) zwiept.

In de onderste bak, waar de verwarming plaatsvindt, wordt gebruik gemaakt van een metalen bakje met een inzetstuk met 11 ribben. Hierover wordt een katoenen lap gezigzagd. Deze lap hangt in het water waardoor vochtverspreiding wordt gerealiseerd. Door middel van 2 kleine platen multiplex (18mm) kan het bakje hoger en lager geplaatst worden om de luchtvochtigheid te beïnvloeden.

Daarnaast zijn er een aantal inkoopdelen voor de couveuse. De thermostaat, thermometer en hygrometer zijn ingekochte meetapparaten.

Om te voorkomen dat de luchttoevoer wordt afgesloten is er een radiatorrooster schuin geplaatst.



figuur 1- onderdelen

Voor de verwarming van de couveuse worden gloeilampen van 75watt gebruikt. Omdat de types fitting per afzetgebied kunnen verschillen (bijvoorbeeld bajonet fitting of de in Nederland gebruikelijke E27 "spiraal"fitting) kunnen deze niet bijgeleverd worden. Daarom is er een lijst op de verpakking van de couveuse is bevestigd. Hierop staan de ter plaatse in te kopen benodigde artikelen die noodzakelijk zijn voor de werking van de couveuse.

Bijgeleverd worden 27 lange schroeven en 19 korte plaat-schroeven. Er zijn twee draaiklemmen om de klep dicht te houden, en 6 kabelgeleiders om de snoeren naar lamp en thermostaat netjes in de couveuse te bevestigen.

1.1.2 Afmetingen

De afmetingen van de HEBI couveuse zijn vastgelegd in de bouwtekeningen. Deze zijn toegevoegd onder bijlage B. De basis van de couveuse is 766mm lang en 377mm diep. Het warmtecompartiment is 184mm hoog, de ruimte voor de baby is 299mm hoog. De lengte van de tussenplank waarop de baby ligt is 650mm. Er is daarnaast 80mm over voor luchttoevoer. In de zijwand links zitten 5 gaten van ieder 18mm diameter om de warme lucht te circuleren. Er is een inlaatgat voor lucht in het warmtecompartiment van 280mm bij 50mm.

1.1.3 Transport

Voor het transport van de couveuse wordt gebruik gemaakt van een koffer die eveneens is gerealiseerd uit multiplex. In deze koffer passen alle onderdelen van de couveuse. Benodigdheden voor lampen zijn daar echter niet aan toegevoegd, maar op de koffer staat aangegeven dat deze ter plekke nog gekocht moeten worden. Het totaalpakket van de koffer weegt 35 kilo.

1.1.4 Temperatuurregeling

De temperatuur in de couveuse wordt verkregen door de energie van gloeilampen.

Onderin, in het warmtecompartiment (figuur 4) van de couveuse zijn drie gloeilampen van 75watt in gebruik om warmte te verstrekken. Deze warmte wordt via de lucht verspreidt naar het ligcompartiment van het kind, hierna legt het de weg af naar buiten via de gaten in de wand. Voor één van deze gaten is een simpele thermostaat bevestigd. Deze thermostaat meet de temperatuur van de uitgaande lucht en vergelijkt deze met de ingekomen waarde. Wanneer de temperatuur hoger is zullen de lampen uitgeschakeld worden of uit blijven, is de temperatuur te laag worden de lampen ingeschakeld of blijven deze aan.

1.1.5 Luchtvochtigheidsbeheersing

De beheersing van de luchtvochtigheid wordt geregeld door middel van het verdampen van water. De verdamping vindt plaats onder invloed van de warmte van de lampen die ook de temperatuur regelen. Onder de doorvoeropening in de couveuse is in het warmtecompartiment een speciaal waterbakje geplaatst, zie figuur 5. Dit bakje is voorzien van een rooster met 11 ribben. Tussen deze ribben is een doek ge-



figuur 2- HEBI couveuse



figuur 3 - armgat en perspex scharnier



figuur 4 - binnenkant warmtecompartiment

hangen op een zigzagmethode zodat er een groot vochtig oppervlak gecreëerd wordt. Op deze manier kan het water gelijkmatiger verdampen en wordt zodoende beter verspreid. De mate van afgifte van waterdamp kan geregeld worden door het bakje door middel van losse plankjes hoger te plaatsen voor een hoger luchtvochtigheid en lager te plaatsen voor een lagere luchtvochtigheid. Dit systeem wordt door de gebruiker geregeld door middel van het aflezen van de hygrometer.

1.1.6 Proefdraaien met de HEBI

Om de werking verder te bestuderen was er de beschikking over een HEBI. Hierbij is vooral gekeken naar de opwarmtijd en de relevantie van de geleidingsplaat hierbij.

In eerste instantie ontbrak de geleidingsplaat in de HEBI en is er gemeten wat de opwarmtijd van de HEBI was in dit geval. Uit deze metingen bleek dat de HEBI zonder een dergelijke luchtgeleiding niet zou functioneren. De HEBI kwam niet op temperatuur en ook de luchtvochtigheid was onvoldoende. Omdat er geen beschikking was over een promatect-plaat is er een luchtgeleiding van triplex gemaakt. Omdat deze dunne plaat brandgevaarlijk leek te zijn is er uitvoerig gecontroleerd terwijl de HEBI aantond. De geleiding van de lucht heeft een enorme invloed op de werking van de couveuse. Duidelijk effect hiervan is het snel bereiken van de gewenste luchtvochtigheid. De temperatuur komt iets langzamer omhoog, maar bereikt uiteindelijk ook de juiste temperatuur. De brandgevaarlijkheid valt mee; na 2 uur branden van de lampen zijn er geen onveilige zaken ontdekt. Het triplex blijft onaangetast.

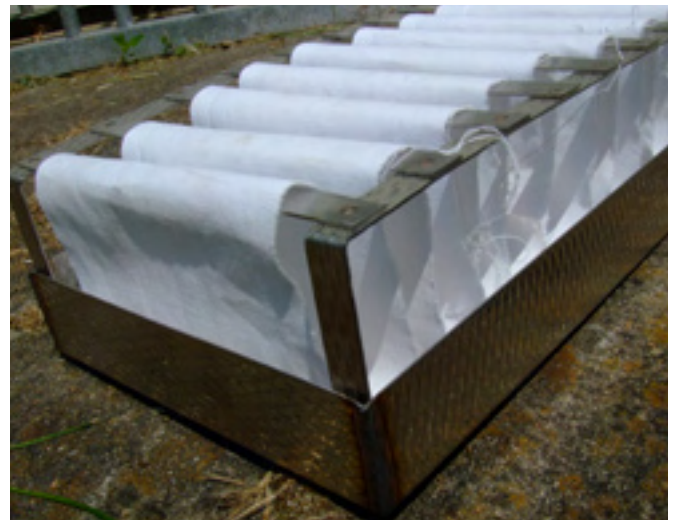
Bij gebruik van de promatect-plaat is geen duidelijk verschil gemeten. De waarden bereiken iets eerder de gewenste temperatuur. Maar omdat het hier om een eenmalige test gaat kunnen we in dit stadium niet bevestigen dat de isolatie met promatect daadwerkelijk dit effect heeft.

De proefen zijn op verschillende dagen uitgevoerd, temperatuur van het water in de couveuse en de omgevings-temperatuur kunnen van invloed zijn op de verkregen meetresultaten.

1.2 Locale omstandigheden

Om inzicht te krijgen in verschillende omstandigheden in ontwikkelingslanden heb ik tropenartsen, met name op het gebied van neonatologie, aangeschreven. Een aantal van deze artsen hebben de meegestuurde vragenlijst (Bijlage C) ingevuld waarin verschillende onderwerpen werden behandeld. Vragen met betrekking tot de eigen situatie, de lokale gebruiken, lokale ziekenhuizen, veelvoorkomende ziekten en ervaringen met de HEBI of andere neonatologie producten resulteerden in beter inzicht in de omstandigheden waarin de couveuse moet functioneren. Figuur 6 laat u een voorbeeld van een Afrikaanse gynaecology afdeling zien.

Om te kunnen definiëren wat voor eisen de gebruiker heeft is het belangrijk meer te weten over de gebruiker zelf. De couveuse moet worden ingezet in veel verschillende landen. Voor dit onderzoek zal ik mij echter meer richten op de



figuur 5 - waterbakje

specifieke omstandigheden in Afrika.

Kinderen worden voornamelijk geboren in tweeouder-gezinnen waarbij er sprake is van 4-6 kinderen per gezin. Polygame en monogame huwelijken bestaan naast elkaar. Er is een verband tussen de opleiding en het aantal kinderen: geen opleiding of een lagere opleiding is gerelateerd aan een hoger aantal kinderen. De bevallingen vinden bij lager opgeleiden ook vaker thuis plaats. Ongeveer de helft van het totaal aantal bevallingen is thuis, de overige 50% is verdeeld over gezondheidscentra, klinieken en ziekenhuizen.

In een ziekenhuis of kliniek bestaat het personeel voornamelijk uit een uitgezonden arts en enkele lokale artsen. Daarnaast is er een groot aantal verpleegsters/vroedvrouwen. Soms zijn er in het ziekenhuis echter geen of nauwelijks artsen aanwezig en komt de zorg (bijna) helemaal neer op verpleegsters. Het opleidingsniveau van deze verpleegsters verschilt enorm. De meeste hebben wel basisonderwijs genoten, maar de vervolgopleiding kan variëren van een praktijkopleiding van ongeveer een jaar tot een opleiding die min of meer gelijk is aan het Nederlandse HBO-Verpleegkunde onderwijs. Van de vierjarige studie lopen ook stagiaires uit het laatste jaar mee in veel ziekenhuizen. De werkdruk voor verpleegsters is vaak hoog, maar kan heel erg verschillen. In enkele gevallen heeft een hoofdverpleegster wel 55 prematuren onder haar hoede.

Daarnaast geven verschillende artsen aan dat het heel belangrijk is de moeder actief te betrekken in de verzorging van haar kind. Het is belangrijk dat zij een band ontwikkelt en leert omgaan met de specifieke wensen van haar pasgeborene. De moeder wordt hierin veel bijgestaan door vrouwelijke familieleden, de vader bemoeit zich over het algemeen niet met pasgeborenen. De moeder kan zelf heel goed zorgen voor de voeding en eventueel in de gaten houden wanneer antibiotica moet worden toegediend. Soms kunnen vrouwen ook zelf de ademhaling van het kind in de gaten houden, maar niet alle vrouwen kunnen goed tellen.

De ondervraagde artsen hebben verschillende meningen over het gebruik van de couveuse. Sommige stellen er vragen bij omdat de couveuse het moeder-kind contact bemoeilijkt, zij prefereren de kangoeroemethode. Deze methode houdt in dat de moeder het kind zelf door middel van haar eigen lichaamswarmte op temperatuur houdt. De baby verblijft

24uur per dag naakt tegen de naakte borst van de moeder en wordt toegedekt met een dekentje. De kangoeroemethode kan leiden tot goede resultaten. Andere artsen merken op dat ook deze methode niet ideaal is. De moeder moet zelf ook in een warme kamer verblijven en er is meer infectiegevaar omdat zich veel kwetsbare kinderen in één ruimte bevinden of door eventuele wondjes en infecties bij de moeder. Soms is deze methode ook maar matig geaccepteerd. Het kan ook voorkomen dat de moeder nog niet gezond genoeg is om deel te nemen aan deze methode.

Er wordt groot belang gehecht aan status in de Afrikaanse landen. Met deze reden heerst de opvatting: “alles wat technisch is en uit het westen komt is goed” nog wel eens. Om deze reden wordt het gebruik de kangoeroemethode, maar ook die van de HEBI nog wel eens geweerd. De gebruikers van technologie houden beslist niet van simpele low tech apparatuur. De status en magie die hoort bij state of the art technologie is buitengewoon belangrijk. Een van de ondervraagden gaf in dit verband zelfs aan dat “verpleegkundigen liever een kind in een NIET werkende Amerikaanse couveuse (110 V) leggen dan in een weinig indrukwekkende (maar werkende!) HEBI”.

Toch wordt de HEBI ook wel succesvol ingezet. Wanneer men beschikt over stroom is het apparaat succesvol. Vooral de robuustheid en goede observatiemogelijkheden worden als positieve punten genoemd. Naast het niet technische uiterlijk wordt ook het onderhoud genoemd in verband met verbeteringen. Het blijkt bijvoorbeeld lastig te zijn het water-niveau in de couveuse goed in de gaten te houden.

Ook de thermostaat is niet veilig afgeschermd, in één van de enquêtes werd beschreven hoe een kind “gekookt” was in de couveuse doordat de thermostaat (vermoedelijk door insecten) was aangetast.

Tot slot moet duidelijk gemaakt worden dat de couveuse geen wondermiddel is en niet automatisch alle zorg voor de prematuur overneemt. De kinderen werden door komst van de couveuse niet meer (genoeg) door de zuster in de gaten gehouden waardoor zij kwamen te overlijden.

1.3 Alternatieve couveuses

De HEBI couveuse is niet het enige redmiddel dat is ontworpen voor ontwikkelingslanden. Het is echter wel het enige apparaat met een volledige couveuse functie. Alternatieve oplossingen zijn vooral gericht op snel vervoer naar het ziekenhuis. Hierin worden echter wel interessante oplossingen gebruikt. Van de verschillende oplossingen zullen er hier 3 besproken worden.

Ten eerste is er op Stanford een zo goedkoop mogelijke uitvoering bedacht om kinderen te kunnen redden. Geen geavanceerde medische zorg maar wel een heel haalbaar product dat voor een bedrag van \$25,- gerealiseerd kan worden. Het gaat hierbij om de “embrace”, een slaapzak waarin een kind door middel van een van fase veranderend materiaal warm gehouden wordt, zie ook figuur 7. Embrace is gericht op gebruik in plattelandsgebieden of thuis. Het materiaal kan een baby gedurende 4 uur warm houden, meer tijd dan tussen twee voedingen in zit. Het is daarnaast gemakkelijk schoon te maken. Tot slot is het zeer geschikt om toe te passen bij de kangoeroe-methode, waarbij het kind veel “lichamelijk” contact heeft met de moeder.

Deze oplossing is gebaseerd op een van het Massachusetts Institute of Technology (MIT). Hierin wordt het chemisch veranderd materiaal gebruikt in een tent waarin het kind kan liggen in plaats van in een slaapzak.

Een ander alternatief is ontstaan op Harvard University onder leiding van Justin Yarrow. Hierbij gaat het voornamelijk om het warmhouden van kinderen. Het ontwerp is een paalconstructie die boven een normaal bedje in een ziekenhuis kan hangen, zie de foto in figuur 8. Deze oplossing is vooral gericht op de zelfmaakbaarheid ter plaatse. Er wordt hierbij geen product verstrekt maar een bouwhandleiding. Baby's worden verwarmd door gloeilampen die boven hen worden geplaatst. Met een elektrische schakeling kunnen de lampen harder en zachter gezet worden. Daarnaast is er ruimte voor



figuur 6 - gynaecologie afdeling Afrika

andere apparatuur op de stelling.

Een derde oplossing, ontstaan op Stanford tijdens dezelfde cursus als de embrace (Entrepreneurial Design for Extreme Affordability), lijkt het meest op een volledige couveuse, zie ook figuur 9. Hieraan is voornamelijk interessant dat de basis, een versimpelde versie van het verwarmingscompartiment van de HEBI, los kan van de opbouw. Hierbij is het wellicht mogelijk de manier van het MIT, met een tent voor transport, te combineren met een definitieve situatie zonder het kind daarbij extra te moeten verplaatsen.



figuur 7 - embrace



figuur 8 - warmtetherapie



figuur 9 - couveuse uit twee delen

A photograph of three birds, possibly pelicans, in flight against a light blue sky. The birds are captured in mid-flight, with their wings spread wide. One bird is in the foreground, slightly to the left, and two others are further back and higher up. The overall scene is serene and natural.

2

Verkenning oplossingen tot gewichtsbepierking

De couveuse wordt verzonden per luchtpost. Om de kosten hiervoor zo laag mogelijk te houden is het van belang het gewicht en formaat lager te brengen dan bij het huidige model. Daarnaast is zoals eerder vermeld in Nederland nog sprake van ARBO-wetten die het tillen boven de 23kg op korte termijn gaan verbieden. Omdat de couveuse bij vervoer vanuit Nederland (op Schiphol) nog onder deze regelgeving valt is het van belang om de couveuse onder het gewicht van 25kg te kunnen vervoeren. Wenselijk is het om de couveuse minder dan 20kg te laten wegen, zodat deze is voorbereid op verdere verlagingen van tilgewicht in de toekomst.

2.1 Afmetingen

Een mogelijke oplossing voor het gewichtsprobleem is het omlaag brengen van de afmetingen van de couveuse. Bij minder materiaalgebruik wordt de couveuse ook minder zwaar.

Bij onderzoek naar de benodigde afmeting van met name het ligvlak voor de baby is gekeken in het handboek Childata. De gemiddelde lengte van een baby van 0-2 maanden is volgens onderzoek uit 1977 door Snijder 56,3cm met een standaarddeviatie van 3,9. Het gaat hier om een onderzoek onder Amerikaanse kinderen, waarbij er een p5 geldt van 50,7cm en een p95 van 63cm. Baby's van 9-11 maanden hebben een gemiddelde lengte van 76,5cm.

Onderzoek van Copper uit 1993, waarvan 69% van de deelnemende moeder een afro-amerikaans uiterlijk hadden, gaf een gemiddelde lengte van 50,5cm onder pasgeboren (vol-dragen) kinderen.

Een laatste onderzoek van Rasheed in Saudie-Arabië geeft een gemiddelde lengte van 49,21 cm bij voldragen baby's geboren in de 37-42ste week van de zwangerschap.

Omdat het in het geval van de HEBI-couveuse gaat om te vroeg geboren kinderen in ontwikkelingslanden zal de gemiddelde lengte daar lager liggen dan de genoemde gemiddelde waarden. Wanneer we uitgaan van de p90 bij het onderzoek van Rasheed, is de langste baby (volgens formule van dinbelg.be) 52,3cm. De huidige liglengte van de couveuse is 650 mm. De lengte zal over het algemeen onder de 50 cm liggen, dit kan tevens geconcludeerd worden uit het feit dat de kinderen momenteel ook vaak overdwars, in de breedte van de couveuse worden gelegd. De lengte kan dus omlaaggebracht tot een liglengte groter dan 50cm.

Met betrekking tot de breedte van de couveuse heb ik gekeken naar de schouderbreedte (breedste punt bij een baby in natuurlijke houding) en de spanwijdte. De schouderbreedte van een baby tussen de 0-2 maanden in Nederland (Steenbekers, 1993) is 17,3 cm met een standaarddeviatie van 1,4 cm. Wanneer we weer uitgaan van een maximale p90 waarde gaat het hier om 19,1cm schouderbreedte. Over de armspanwijdte, elleboogspanwijdte of armlengte staan in Childata geen waarde voor kinderen jonger dan 2 jaar.

De huidige couveuse heeft een ligbreedte van 32,9 cm. De beenlengte van een gezonde baby in de VS is 23,1 cm, de p90 (sd: 1,9) is dan 25,5cm. Er van uitgaande dat de baby de benen maximaal in een hoek van 60 graden uit elkaar legt. Is de span van de beentjes eveneens 25,5 cm. (gelijkzijdige driehoek). In dit geval gaat het om te vroeg geboren kinderen in ontwikkelingslanden, 2 factoren die ertoe leiden dat de kinderen veel kleiner zijn dan de gevonden waarden in Childata.

Omdat te vroeg geboren kinderen vaak zelfs in de breedte in de couveuse (naast elkaar) gelegd kunnen worden, wordt verondersteld dat de couveuse met een ligbreedte van 22cm ook aan de functionaliteit moet kunnen voldoen.

Naast het effect op de verzendkosten kan het verkleinen van de couveuse een gunstig neveneffect hebben op het infectiegevaar. Er passen minder baby's in de couveuse waardoor ze elkaar niet kunnen besmetten. Dit komt maar zelden voor

maar kan als "negatief" effect op de verzendkosten hebben dat er meer couveuses nodig zijn omdat de kinderen ieder een eigen couveuse krijgen. Voor de gezondheid van de kinderen is het echter weer veel beter.

Een andere optie is het verkleinen van het onderste compartiment. Er kan bijvoorbeeld worden overwogen deze ruimte half zo hoog te maken. Hierbij moet er echter wel rekening gehouden worden met de luchtstroming in dit compartiment. Deze verandert onder invloed van de verkleining van deze bak. Doordat de lucht sneller zal gaan stromen krijgt deze minder tijd om op te warmen. Hieraan zal meer aandacht worden besteed in hoofdstuk 5, paragraaf 1.

Het verlagen van de wanddikte van het materiaal is ook een mogelijkheid. Het is bijvoorbeeld mogelijk in plaats van 18mm multiplex, gebruik te maken van een dikte van 12mm. Dit heeft echter wel invloed op het warmteverlies, convectie zal gemakkelijker plaatsvinden. Dit zal uitgebreider bekeken worden met betrekking tot de materiaalkeuze.

In bijlage D zijn ten aanzien van deze constatering een aantal berekeningen uitgevoerd. De uitkomst van deze berekeningen geeft een volgende uitkomst.

De bestaande couveuse weegt zonder verpakking 27,1kg. Het verkleinen van het ligvlak geeft een besparing van 10% naar 24,5kg. Verkleinen van zowel het ligvlak als het halveren van het onderste compartiment geeft een besparing van 19% naar een totaalgewicht van 22kg.

Toepassen van dunner plaatmateriaal (12mm multiplex) zoals hierboven besproken levert een besparing van 24% in gewicht. De couveuse zal nog 20,5kg wegen.

Door alle bovenstaande mogelijkheden te combineren krijgen we de grootste besparing in gewicht: 32% met een resultaat van 16,7kg. Deze couveuse moet inclusief verpakking aan de huidige arbonormen kunnen voldoen.

Of de resultaten met betrekking tot de werking van de couveuse ook nog voldoende zijn zal in komende hoofdstukken duidelijk moeten worden.

2.2 Materialen

Een ander alternatief voor het omlaag brengen van het gewicht in de couveuse is het gebruik van lichtere materialen.

De materialen moeten goed functioneren in de omstandigheden in ontwikkelingslanden. De couveuse staat binnen in een ziekenhuis en staat dus niet direct bloot aan weersomstandigheden. De luchtvochtigheid is in de couveuse echter hoog, waardoor er rekening gehouden moet worden met schimmelvorming. In de huidige couveuse wordt dit probleem opgelost door de houten delen te lakken nadat de couveuse geassembleerd is. Hiermee worden meteen ongewenste kieren gedicht zodat bacteriën zich moeilijk kunnen verspreiden of hechten.



figuur 10 - Grafiek thermische conductiviteit materialen

Een belangrijke eis is dat de couveuse goed te reinigen valt zodat er sprake is van een veilige medische omgeving.

Daarnaast is het een wens dat het materiaal tegen uv-licht kan, zodat de couveuse niet aangetast wordt in zonnigere gebieden. Omdat de HEBI over het algemeen binnen zal staan is zoninval geen direct probleem.

In de HEBI wordt bij lichttherapie gebruik gemaakt van gewone TL-lampen in tegenstelling tot UV-lampen die bij westerse behandeling vaak gebruikelijk zijn. De TL-lampen leveren een goed resultaat, dus UV-licht is niet nodig.

Een groot deel van het gewicht ontstaat door het gebruik van multiplex. Het is een mogelijkheid hiervoor een alternatief te zoeken.

Met CesSelector is geselecteerd op materialen die zowel warmte als electriciteit goed isoleren, zodat het een veilige omgeving is voor de pasgeborene, de grafiek is weergegeven in figuur 10. Om de uitstraling van de couveuse professioneler te laten zijn is het als eerste gekeken naar gebruik van transparante materialen. Zo kan er ingespeeld worden op de wens de couveuse aan te passen aan de culturele wensen ten aanzien van status. Omdat bij voorkeur de wanddikte lager wordt gehouden is er voor gekozen materialen te selecteren die een lager Thermisch Conductie-coëfficiënt kennen dan multiplex. Materialen die dan naar voren komen in combinatie met de bovenstaande eisen komen uit de reeks transparante plastics. Om te beginnen is er de mogelijkheid tot het gebruik van polystyreen (PS), dit materiaal wordt bijvoorbeeld gebruikt in CD-hoesjes en BIC-pennen. Het is gemakkelijk vervormbaar, goedkoop en transparant. Warmtegeleiding heeft een lage waarde, waardoor dit materiaal goed isoleert. De werk-

temperatuur is tussen de -73 en +76 graden Celsius. Nadelen zijn de lagere UV-bestendigheid, maar voornamelijk ook de breekbaarheid van het materiaal.

Polyetyleen Tereftalaat (PET) kent wel goede eigenschappen met betrekking tot UV-bestendigheid en breekbaarheid. Het kan eventueel nog extra beveiligd worden tegen hitte en brand. UV gestabiliseerd PETG bestaat tot 8mm dikte. Het materiaal heeft een maximaal toepasbare temperatuur van 60 graden. De prijs van het materiaal is in verhouding met alternatieven erg hoog.

Perspex (PMMA) wordt gebruikt in de huidige HEBI couveuse. Perspex komt qua optische eigenschappen het dichtst in de buurt van glas, het breekt dan ook gemakkelijker dan andere kunststoffen. Schoonmaken met alcohol is bij perspex niet mogelijk. Dit materiaal is Impact Modified te verkrijgen, in dit geval is het gemengd met rubber waardoor de breekbaarheid omlaag gaat. Het verwerken van dit materiaal is niet extreem kostbaar. De werkteemperatuur is tot 75 graden.

Polycarbonaat (PC) wordt gebruikt in westerse couveuses. Polycarbonaat kent een aantal voordelen. Het is slagvast, waardoor er weinig kans is op schade aan het materiaal en het is het goed bestand tegen aanwezigheid van UV-licht. Het is een veelgebruikte stof in de medische wereld mede ook door de goede reinigingsmogelijkheden, het is bestand tegen de meeste schoonmaakmiddelen. Het functioneert goed bij temperaturen tussen de -73 en +100 graden Celsius. Tot slot is de transparantie erg goed. Het product is lastig in verwerking. Het is mogelijk om PC te spuitgieten. Verbindingen door middel van lassen hebben veel kromtrekken en spanningen

tot gevolg.

Polycarbonaten zijn ook verkrijgbaar in dubbele wanden, waarbij de isolatiewaarden omhoog gaan. Hoewel deze platen nog steeds transparant te verkrijgen zijn wordt het zicht waarschijnlijk wel (hinderlijk) belemmerd door de lamellen in de dwarsrichting. Een ander nadeel zit in de manier van verbinden; het is noodzakelijk om deze platen te verbinden met “dure” profielen die vrij veel overlap kennen met het materiaal en het daardoor lastig in gebruik maken bij kleinere producten.

De kopse kanten van het materiaal zijn open dus moet er goed op gelet worden dat er geen insecten bij kunnen komen. Tot slot kan het zijn dat de isolerende eigenschap van dit materiaal voor de couveuse wellicht onwenselijk sterk is. In een kas van dit materiaal worden temperaturen tot 70 graden Celsius bereikt. Of het materiaal veilig is in gebruik bij de couveuse kan daarom in twijfel getrokken worden. De huidige couveuse heeft al voldoende warmtecapaciteit en kan ook al in overcapaciteit voorzien. Het gebruik van te zwaar isolerende materialen brengt weer nieuwe risico's met zich mee. Er zou dan opnieuw gekeken moeten worden of de warmteregeling dit aan kan.

Polymere schuimen hebben in de grafiek de laagste warmtecoëfficiënten. Deze zijn echter niet transparant, maar ze kunnen eventueel wel geschikt zijn om de niet-transparante delen te vervangen. Tevens zien deze platen er professioneler uit dan het gebruikte multiplex waardoor de couveuse interessanter wordt voor de gebruiker.

Een nadeel van het voorvormen van kunststof kan zijn dat het vooral bij voorvorming duurder is in verzending in verband met het volumegewicht van de producten.

Daarnaast is een nadeel dat bij transparante materialen de warmteuitstraling erg groot is. Bij de bestaande HEBI wordt daarom aangeraden een doek over de bovenste plaat perspex te leggen. Deze doek mag de luchtgaten dan niet afdichten.

2.3 Onderdelen

Een laatste oplossing voor het beperken van het gewicht is het terugbrengen van het aantal onderdelen. De couveuse bestaat echter al uit een laag aantal onderdelen. Naast het kleiner maken van de couveuse om gewicht te besparen kunnen er geen zware onderdelen weggelaten worden.

Een zwaar onderdeel van de couveuse zijn de brandwerende platen van promatect-100. Wanneer we deze platen kunnen vervangen of weg kunnen laten zal dat het gewicht met bijna 5kg omlaag brengen.

Wanneer we selecteren op onontvlambare of zelfdovende materialen zoeken we eigenlijk naar een stof met de eigenschappen van bakeliet. Goedkoop, zelfdovend, goed isolerend, goed te verwerken en tegen een hoop invloeden van buitenaf bestand.

Bakeliet is een ouderwets materiaal. Het is weliswaar nog steeds verkrijgbaar, echter niet geschikt om toe te passen in een productontwerp dat gericht is op de toekomst. Sheet

Molding Compound (SMC) is een moderner materiaal, gemaakt uit polyester hars versterkt met georiënteerde vezels of deeltjes (veelal glas). Hoewel het wat duurder is dan bakeliet kent het overeenkomsten in de overige eigenschappen. Meer gelijk aan bakeliet is Dough Molding Compound (DMC) een variant op SMC, het bevat een hogere concentratie vulmiddel en de deeltjes zijn willekeurig georiënteerd. Van DMC worden tegenwoordig de toepassingen gemaakt die voorheen uit bakeliet vervaardigd werden zoals telefoons en behuizing voor elektrische onderdelen.

Wanneer het gebruik van deze materialen wordt overwogen voor gebruik in de couveuse moet er wel extra onderzoek gedaan worden. Een belangrijk onderdeel is om te kijken of de materialen geen schade toebrengen aan de gezondheid van het kind.

2.4 Problemen laag gewicht

Het toepassen van een laag gewicht is erop gericht het verzendgewicht van de couveuse omlaag te brengen, zodoende kan de couveuse voldoen aan de ARBO-regelgeving. Voor de functionaliteit ter plekken werd het huidige gewicht niet als een probleem aangemerkt.

Om deze reden zal ook gekeken moeten worden naar problemen die zich voordoen bij een couveuse met een laag gewicht in de gebruikssituatie.

Een mogelijk probleem in van een laag gewicht is het risico op ongewenste verplaatsing bij normaal gebruik van de couveuse. Wanneer de couveuse te licht is zal deze bij bijvoorbeeld het sluiten van de babyruimte al over tafel of zelfs ervanaf kunnen schuiven. Hiermee moet rekening worden gehouden in het ontwerp van de nieuwe couveuse. Wanneer deze te licht is voor normaal gebruik zal er een manier gevonden moeten worden om het apparaat ter plekke te verzwaren of op de plek te bevestigen.

Beperking van het risico op afschuiving kan ook bereikt worden door een ondergrond met veel wrijving (bijvoorbeeld rubber) aan te brengen. Deze voorkomt dan door middel van wrijving dat de couveuse van de tafel wordt gestoten.

Tot slot moet er gekeken worden of de couveuse met een lager gewicht niet te fragiel wordt voor gebruik in ontwikkelingslanden. Hij moet in een lange levensduur voorzien en mag dus niet bestaan uit te lichte en/of breekbare onderdelen.

2.5 Verzending

De couveuse wordt per luchtvracht verzonden naar ontwikkelingslanden. Het tarief voor luchtvracht wordt berekend aan de hand van gewicht, en een enkele keer aan de hand van volumegewicht. Het volumegewicht is een maat waarbij voor grotere pakketten toch extra wordt betaald ondanks het lage gewicht omdat een groot formaat toch veel extra ruimte inneemt in de vervoerssituatie.

Wanneer het volumegewicht het ware gewicht overstijgt wordt door middel van volumegewicht het tarief berekend. Op de website van de carrier kunnen de afmetingen in een volumecalculator worden ingevuld. Het volumegewicht wordt dan berekend door te vermenigvuldigen met een vastgesteld gewicht per m³.

Voor vervoer van hulpgoederen als de van Hemel Baby Incubator zijn speciale liefdadigheidstarieven. De huidige couveuse weegt momenteel 35 kg. Hiermee overschrijdt het zijn volumegewicht waardoor er een vaste kiloprijs wordt gerekend. Als voorbeeld rekenen we met de verzending naar Mombasa, Kenya.

De prijs per kilogram kost hier 4,83 euro. Hierbij komen vaste verwerkingskosten van 30 euro. Ervan uitgaande dat er één couveuse wordt verzonden komen de kosten in het liefdadigheidstarief bij het huidige model op €199,05.

Wanneer er een nieuwe couveuse ontworpen wordt dient deze qua prijs onder dit bedrag te blijven. Wanneer de couveuse gemonteerd verzonden zou worden is de omvang ruim genomen voor verpakkingsmaten 85*60*45cm. Het volumegewicht zou daarbij komen op $0,23\text{m}^3 \cdot 167\text{kg} = 38,4\text{kg}$. Dit verschil is dus niet extreem groot. Een break-evenpoint met het huidige gewicht/verzendkosten betekent een maximaal volume van 0,21m³. Wanneer verwerking/assemblage van bepaalde (lichtere) materialen in Nederland noodzakelijk zal zijn, sluit dit niet uit dat het transport toch voordeliger kan zijn.

Hoe lichter het pakket, hoe eerder het volumegewicht zal worden toegepast. Het is dus belangrijk dit aspect bij het ontwerpen van een lichter model in de gaten te houden.

De verpakking van de HEBI is momenteel erg zwaar. Voor een nieuw ontwerp zou het wenselijk zijn de verpakking indien mogelijk ook aan te passen. Voor een lichter ontwerp kan de verpakking uit karton bestaan, wellicht opgevuld met piepschuim tegen stoten.



Ver·bin·ding de; v -en 1 het verbinden: zich in ~ stellen met 2 iets dat verbindt:
de ~ is verbroken 3 (chem) stof die uit andere stoffen is samengesteld

3 Verbindingen

De verschillende onderdelen in de couveuse moeten met elkaar verbonden worden. In het huidige ontwerp wordt grotendeels gebruik gemaakt van schroeven om de onderdelen te verbinden. De kunststof scharnieren zijn aan de perspex platen gelast. Tot slot wordt er gebruik gemaakt van inklemming.

Om in perspex te kunnen schroeven worden de gaten voor-geboord zodat de platen op locatie niet zullen splijten.

Wanneer er alleen gebruik wordt gemaakt van geschroefde verbindingen wordt de constructie niet volledig vochtdicht. Bacteriën kunnen nog in de kieren tussen de verbindingen komen en zich zo in de zaagkanten van de platen nestelen. Om te voorkomen dat bacteriëngroei tussen de houten platen zal ontstaan, is het nodig om de couveuse te lakken. De lak heeft dan twee functies. Ten eerste is het bevorderlijk voor de levensduur van het hout. Daarnaast is het een belangrijk middel om de kieren te dichtten.

Hoe minder verbindingen zich in de HEBI bevinden hoe beter hij beschermd is tegen ongewenste indringers. Daarnaast moeten de mensen ter plaatse in staat zijn om de couveuse (verder) te assembleren. Daarom moet het principe goed over te brengen zijn zodat het een begrijpelijk geheel is. Daarnaast moet er rekening gehouden worden met de beperkingen aan gereedschap ter plaatse.

Mogelijke verbindingen voor het ontwerp zijn talrijk maar hebben allen hun voor en nadelen.

Het is te overwegen de kunststof platen te lassen, hierbij zal een mooie verbinding ontstaan. Dit lassen kan echter niet ter plaatse gebeuren en zal dus op de productielocatie moeten plaatsvinden. Dit kan gevolgen hebben voor de grootte van het te verzenden pakket. Daarnaast is het alleen tussen kunststoffen mogelijk, bij verbindingen aan andere materialen zal een andere oplossing gezocht moeten worden.

Daarnaast is het mogelijk gebruik te maken van profielen. Dit zal met name moeten gebeuren bij materialen die na op maat maken een poreuze zijde kennen, zoals schuimplaten en multi-layered polycarbonaat. Hierbij moet ook voorkomen worden dat bacteriën of zelfs grotere insecten zich in de kern van de plaat nestelen. Daarom zal er gebruik gemaakt moeten worden van een goed afsluitend profiel. Deze profielen zijn echter vrij kostbaar en zullen goed bevestigd moeten worden om de bacteriegroei tegen te gaan. Dit maakt de assemblage ter plaatse weer ingewikkelder omdat er een extra stap bij komt per onderdeel. Daardoor is deze bevestiging gevoeliger voor fouten. Wanneer er één profiel niet goed bevestigd is kan dit grote gevolgen hebben voor de steriliteit van de couveuse en zodoende de gezondheid van het kind.

Ook het verlijmen van verschillende onderdelen is een mogelijkheid. Hierbij kan men er voor kiezen om de lijm mee te leveren of ter plaatse te laten kopen. Het voordeel van ter plaatse kopen is dat de gebruiksaanwijzing van de lijm in de gewenste taal is. Een nadeel daarvan is dat er veel verschillende soorten lijm zijn en de specifieke materialen hun eigen soort lijm nodig hebben. Het kan zijn dat hiervoor te weinig kennis beschikbaar is of dat er slechts een beperkt assortiment is in de winkels. Ander nadeel is dat wanneer de

lijm niet goed is toegepast de onderdelen gemakkelijk loslaten. Tevens moet hierbij in de gaten gehouden worden of de lijm geschikt is om te gebruiken met bepaalde schoonmaakmiddelen/water.

Als laatste hier besproken is het in elkaar schuiven van onderdelen. Dit is een gemakkelijke manier van assembleren en er is geen gereedschap nodig. De couveuse kan dan ook goed uit elkaar om schoongemaakt te worden. Nadeel is dat er onderdelen kwijt kunnen raken wanneer de couveuse met losse delen wordt schoongemaakt. Daarnaast moet er goed gelet worden op stevigheid bij gebruik en wederom de toegangsmogelijkheden voor insecten.



Middels het voorgaande onderzoek kan een programma van eisen ten aanzien van de couveuse worden opgesteld. Deze eisen zullen leiden tot een vernieuwd en verbeterd ontwerp van de van Hemel Baby Incubator.

4. Programma van eisen

<i>Functie</i>	<i>Eisen</i>	<i>Wensen</i>	<i>Technische specificaties</i>
Van gewenste temperatuur voorzien	Warmte genereren om baby op veilige temperatuur te houden.	Temperatuur nauwkeurig regelbaar	Temperatuurvenster genereren van 35-40 graden Celsius (lichaamstemperatuur)
Op gewenste temperatuur houden	Voorzien van goede isolerende eigenschappen	Voorkomen van grote hoeveelheid uitstraling	Maximum warmtecapaciteit bron groter dan maximaal temperatuurverlies (voor opwarmen)
	Minimaal warmteverlies via toegangsgaten		Zo klein mogelijk
	Regelsysteem bevatten om de temperatuur automatisch te controleren		Continu meet en regelsysteem
Van gewenste luchtvochtigheid voorzien	Luchtvochtigheid genereren ten behoeve van goede conductie en voorkoming uitdroging baby	Luchtvochtigheid nauwkeurig regelbaar	Relatieve luchtvochtigheid moet hoger zijn dan 60% Wenselijk: trapsgewijs te regelen tot 1% relatief verschil
Van goede luchtcirculatie voorzien	Er moet luchtdoorvoer zijn in de couveuse		Er moet een constante luchtcirculatie aanwezig zijn
Verpakking met couveuse moet per luchtpost te versturen zijn	Het gewicht van het pakket moet voldoen aan bestaande arbowetten	Het gewicht van het pakket is voorbereid op toekomstige arbowetten	Het pakket moet minder wegen dan 23kg Wenselijk: minder dan 20kg
	Het formaat van het pakket moet zo klein mogelijk zijn		Kleiner of gelijk aan het huidige pakket. Maximaal volume 0,21m ³ (volumegewicht equivalent met huidig gewicht)
Het pakket moet maakbaar zijn	Ontvanger in ontwikkelingsland moet het pakket in elkaar kunnen zetten met minimaal gereedschap	Ontvanger in ontwikkelingsland moet het pakket in elkaar kunnen zetten zonder gereedschap	Maximale benodigdheden: schroevendraaiers (kruiskop en elektra)
Goede observatiemogelijkheden genereren	Couveuse moet goed zicht bieden op een naakte baby		Couveuse moet voorzien zijn van transparante delen. Baby moet in geheel geobserveerd kunnen worden.
	Inzicht geven in omstandigheden in de couveuse		Temperatuur en luchtvochtigheidsaanduiding bieden
Band tussen moeder en kind moet behouden/versterkt worden	Moeder en kind moeten lichamelijk contact kunnen hebben terwijl het kind in de couveuse ligt		Couveuse moet minimaal ruimte geven om met twee armen bij de baby te kunnen

<i>Functie</i>	<i>Eisen</i>	<i>Wensen</i>	<i>Technische specificaties</i>
De couveuse moet van energie voorzien worden	De couveuse moet kunnen worden aangesloten op het lichtnet	De couveuse moet kunnen werken op een eigen losstaande energievoorziening	
Een ziekenhuis in ontwikkelingslanden moet een couveuse aan kunnen schaffen	De couveuse moet betaalbaar zijn		Aanschaf van de couveuse mag de €325,- niet overschrijden
De couveuse moet een hygienische omgeving zijn	De couveuse moet van goed te reinigen materiaal zijn gemaakt		Moet gereinigd kunnen worden met water, lichte zeepoplossing Wenselijk: desinfectiemiddel
	De couveuse moet infecties weren		Weerstand bieden tegen bacteriegroei/vochtigheid
De couveuse moet begrijpbaar zijn	De couveuse moet gemakkelijk in werking worden genomen door het medisch personeel	De couveuse moet gebruikt kunnen worden door ongetrainde personen (moeder), intuïtief.	Er moet een simpele handleiding aanwezig zijn
De couveuse moet gemakkelijk zijn in onderhoud	De couveuse moet niet snel defecten vertonen		Onderhoud moet uitgevoerd kunnen worden met behulp van handleiding zonder ervaring
De couveuse moet gemakkelijk zijn in gebruik	Het moet duidelijk zijn wanneer er verrichtingen aan de couveuse uitgevoerd moeten worden		Meters/aanduidingen moeten aangeven dat er een handeling moet gebeuren
De couveuse moet een veilige omgeving bieden	Een val van de baby uit de couveuse moet voorkomen worden		De couveuse moet beschikken over een goede (automatische) sluiting
			De couveuse moet een barrière bieden ter voorkoming van uitrollen bij slechte sluiting
	Een val van de couveuse moet voorkomen worden		De couveuse moet stabiel geplaatst worden en blijven staan bij aanstoting.
De couveuse moet aanspreken voor gebruik in ontwikkelingslanden	De couveuse moet aansluiten bij de culturele statuswensen van gebruikers		De couveuse moet een professionele uitstraling hebben.
	De couveuse moet een lange levensduur hebben		De couveuse moet 10 jaar meegaan
De couveuse moet plaats bieden aan een baby	De couveuse moet één pasgeboren baby kunnen herbergen lengte van 50cm		De couveuse moet een liglengte hebben van >50 cm en breedte van > 22 cm



Om tot het ontwerp van een nieuw model voor de couveuse te komen dat voldoet aan bovenstaande eisen zullen een aantal fasen worden doorlopen. In dit hoofdstuk zullen dan ook stappen genomen worden die leiden tot passende voorstellen. Hieruit kan een keuze worden gemaakt voor het toekomstig ontwerp van de Van Hemel Couveruse. Om tot een ontwerp te komen zal een samenspel van berekeningen, concepten en eerste details in dit hoofdstuk behandeld worden.

5.1 Stromingen in de HEBI

Wanneer er veranderingen worden aangebracht in de couveuse is het belangrijk te kijken of met deze aanpassingen de werking van de couveuse niet wordt verstoord. Het zou bijvoorbeeld kunnen zijn dat door aanpassingen aan het formaat de luchtstroom in de couveuse negatief beïnvloed. De huidige couveuse werkt zonder hulpmiddelen (zoals ventilatoren) om lucht door de couveuse te stuwen.

De couveuse creëert warmte door middel van de gloeilampen. Warmte gaat verloren via de wanden (conductie) en via de uitstroomopening(convectie). De conductie door de wanden vindt plaats omdat de couveuse binnen warmer is dan buiten. Via het oppervlak van de wand wordt de temperatuur dan doorgegeven. Op dit gegeven zijn de isolatiewaarde van de materiaalsoort, de dikte van het materiaal en het temperatuursverschil van toepassing.

Het is voor de baby vooral belangrijk zo min mogelijk uitstraling te hebben. Dit komt vooral voor bij heldere materialen zoals perspex en polycarbonaat. Je kunt dit vergelijken met de volgende situatie: In Zwitserland krijg je bij -7 graden Celsius in de zon toch nog een warm gezicht. De luchttemperatuur van een Hollandse nacht is 15 graden maar onder een heldere hemel kun je koude handen krijgen.

Om enigzins in beeld te kunnen brengen hoe de luchtstroom in de couveuse werkt is er een simpel model gemaakt om het ontwerp aan te kunnen toetsen.

Wanneer we naar de couveuse kijken is er een simpele luchtstroom door een gebogen kanaal. In het model wat gemaakt is om de werkelijkheid te benaderen is dit kanaal uitgeklapt tot een rechte lijn, zie figuur 11.

De lijn bestaat uit een kanaal waarin zich links een instroom-

In deze vergelijking geeft ρ de luchtdichtheid weer, A het oppervlak van de opening en u de stroomsnelheid voor de lucht. Voor (1) en na (2) de "black box" is het oppervlak gelijk. Echter, door het verwarmen van de lucht gaan de deeltjes sneller bewegen en daardoor meer van elkaar afstaan. Er bevinden zich dus minder deeltjes per eenheid lucht. Omdat de dichtheid van de lucht omlaag gaat en de oppervlakte van het kanaal gelijk blijft zal de lucht sneller gaan stromen na verwarming. Hierdoor ontstaat voor de black-box een soort "luchttekort" en zal de couveuse lucht aanzuigen.

Na verwarming wordt er warmte verloren via de wanden van de couveuse. De formule hiervoor is:

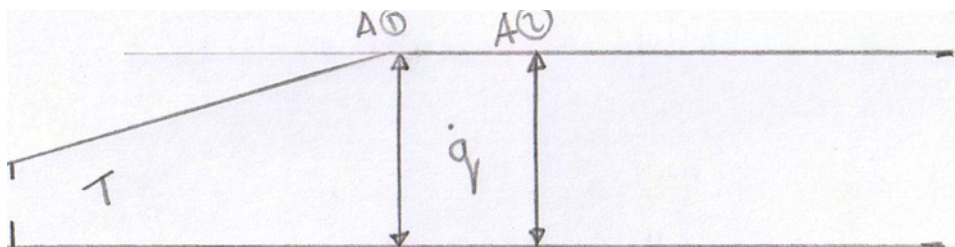
$$Q = k * A((t(1)-t(2))/L)$$

Hierin geldt: k =conductie-coëfficiënt, A =oppervlakte, t =temperaturen binnen en buiten de wand en L is de wanddikte. Uit deze formule kunnen we afleiden dat bij gelijke materialen (en dikten daarvan) en gelijke temperaturen een groter oppervlak van de wand leidt tot een groter energieverlies daarlangs.

In de ruimte voor het kind neemt de stroomsnelheid weer af omdat het stromingsoppervlak hier weer groter is.

Tot slot zal de couveuse warmte verliezen door de uitstroomopening, hierbij zal de lucht weer wat sneller gaan stromen.

Om het ontwerpen in deze fase nog niet te veel te beperken is er voor gekozen genoeg te nemen met de wetenschap



figuur 11 - Model luchtstroming

opening bevindt, daarna bevindt zich een ruimte met daarachter een "black box" waarin de warmte wordt gegenereerd. Hier stroomt de warmte weer uit naar de open ruimte voor het kind en vervolgens door de uitstroomopening(en) het kanaal weer uit.

Bekend zijn de oppervlakten van de couveuseonderdelen, de materialen en hun eigenschappen.

Voor vergelijking en rekenen aan de luchtstroom wordt de volgende formule gebruikt.

$$\rho * A(1) * U(1) = \rho * A(2) * U(2)$$

dat het verkleinen van de couveuse voornamelijk invloed heeft op het oppervlak van de wanden, wat slechts de positieve invloed heeft dat het warmteverlies lager wordt. Met gebruik van andere materialen moet echter wel rekening gehouden worden met aanpassen van diktes en andere conductiviteits-coëfficiënten.

Ook moet er bij grote ontwerpaanpassingen rekening gehouden worden met het feit dat de couveuse ook te warm kan worden. Er moet dan gekeken worden naar mogelijkheden voor beheersing van de temperatuur.

5.2 Concepten nieuwe HEBI

De HEBI couveuse is een samenkomen van veel verschillende aspecten uit variërende vakgebieden. In dit verslag wordt met name gekeken naar twee van deze concepten.

Ten eerste heeft het onderzoek uitgewezen dat er vraag is naar een professioneler uiterlijk van de HEBI. Het product moet er voor alle gebruikers aantrekkelijk uit gaan zien.

Het tweede aspect ter verbetering van de HEBI couveuse is het aanpassen van het gewicht. Het lichter maken van het te verzenden pakket is een eis ten aanzien van het toegestane tilgewicht op de luchthaven. Daarnaast betekent een lager gewicht ook een besparing op de verzendkosten. Hiertoe moet onderzocht worden of er andere materialen kunnen worden toegepast. Bij grote aanpassingen moet ook gekeken worden naar de mogelijkheden van de stichting HEBI.

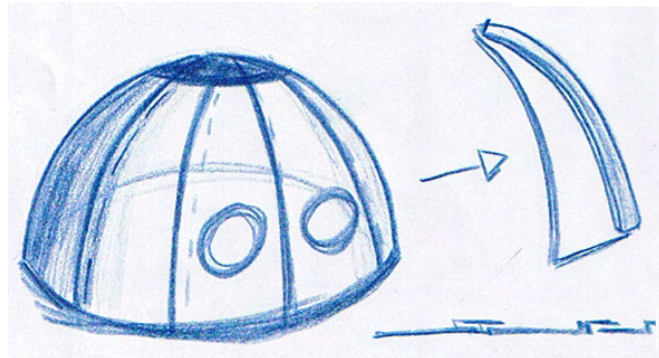
Bij het maken van de conceptschetsen is in de eerste fase vooral aandacht gevestigd op de vormgeving en daarbij het materiaalgebruik. Het huidige ontwerp wordt door de gebruikers niet gewaardeerd door het duidelijke uiterlijk van een derdewereldproduct. De lokale artsen (maar ook ouders) willen meedoen met de ontwikkelingen die ook de westerse wereld doormaakt. In gebruiksartikelen willen ze niet achterblijven. De HEBI moet echter qua functionaliteit simpel blijven om aan te sluiten op de faciliteiten ter plaatse. Het combineren van een simpele functionaliteit met een professioneel uiterlijk is belangrijk om het product aantrekkelijker te maken voor de gebruiker.

Door gebruik van andere vormen, materialen en kleuren is een professioneler uiterlijk mogelijk te bewerkstelligen. Er is daarbij ook gekeken naar complexere vormen en mogelijkheden om onderdelen te verbinden.

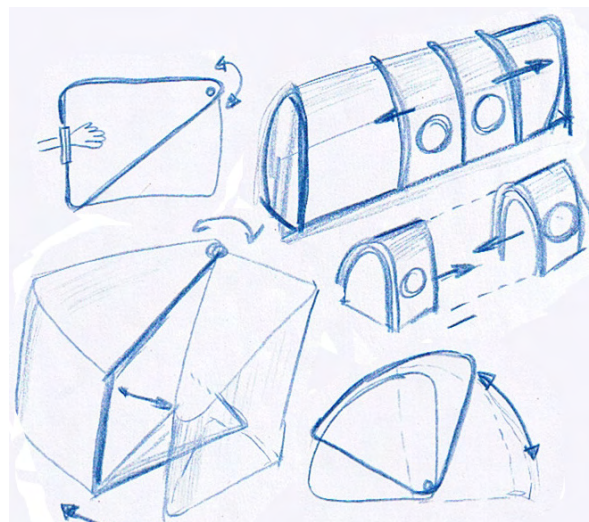
Als start zijn er dan ook veel verschillende schetsen gemaakt om een groot aantal verschillende mogelijkheden in kaart te brengen. Zo zijn er couveuses in veel verschillende vormen, van rond tot hoekig. En couveuses uit veel of juist weinig onderdelen.

Een ontwerp dat in de eerste schetsfase aanspraak is een halve bol, zoals weergegeven in figuur 12. Deze bol bestaat uit verschillende segmenten die gekoppeld worden. Zoals in het uiterlijk van overnaadse boten waarbij de houten planken elkaar gedeeltelijk overlappen kunnen bij dit ontwerp de gelijke onderdelen dan aan elkaar gemaakt worden. Ze kunnen worden samengehouden door een band om de bodem van de cirkel of een klein koepeltje dat als een hoedje op de bol wordt geplaatst. Een voordeel van dit idee is dat kapotte onderdelen gemakkelijk te vervangen zijn, er kunnen wellicht zelfs al enkele reserve stukken meegeleverd. Een nadeel is dat er risico is op bacterievorming in de overlappende gedeelten. Daarnaast zullen voor de armgaten toch weer aparte bewerkingen moeten plaatsvinden of losse onderdelen worden gemaakt. Een variant op dit ontwerp waarbij men een bol aan de top als harmonica uittrok viel eerder af omdat hier alle onderdelen verschillend van maat waren.

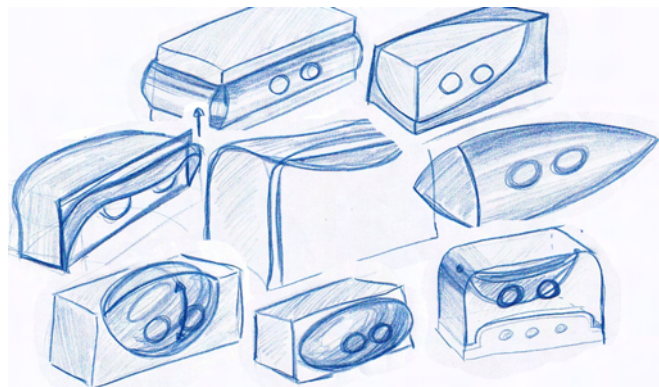
Een andere optie om het product bij verzending kleiner en



figuur 12- Bol met segmenten



figuur 13 - Manieren deelbare kap



figuur 14 - Vormenstudie

lichter te maken was het ontwerpen van een stapelbare kap. Deze is qua verzending met meer producten goedkoper dan per stuk. Omdat er bij HEBI echter (nog) geen grote aantallen besteld worden per locatie is dit geen waardevolle toevoeging. Daarom is er gekeken naar manieren om de kap toch in een kleiner formaat te vervoeren. De kap zal in dit geval weer uit meerdere delen bestaan die uiteindelijk in elkaar vallen. Echter blijft het probleem dat kieren, vooral bij bewegende onderdelen, slecht dicht te krijgen zijn. Daarnaast zal het product waarschijnlijk in een vierkante doos vervoerd worden, waardoor bijvoorbeeld het verkleinen tot twee driehoeken, zoals onder andere te zien is in figuur 13, uiteindelijk weinig effect heeft.

Een veelvoud aan vormen heeft daarna nog de revue gepasseerd. Hiervan is een gedeelte terug te vinden in figuur 14. Modellen met beter zicht op de baby door gebruik van 3 zijden inkijk zijn behandeld. Een transparante baan rondom met een dichte top tegen uitstraling was een alternatief. De gesloten top belemmert echter toch in grote mate het zicht op de baby. Daarnaast zijn er ontwerpen die sluiten door een plaat die wordt ingeschoven of geklemd. Tot slot zijn er concepten waarbij de kap op een los onderstel wordt geplaatst waarin de warmte wordt geproduceerd.

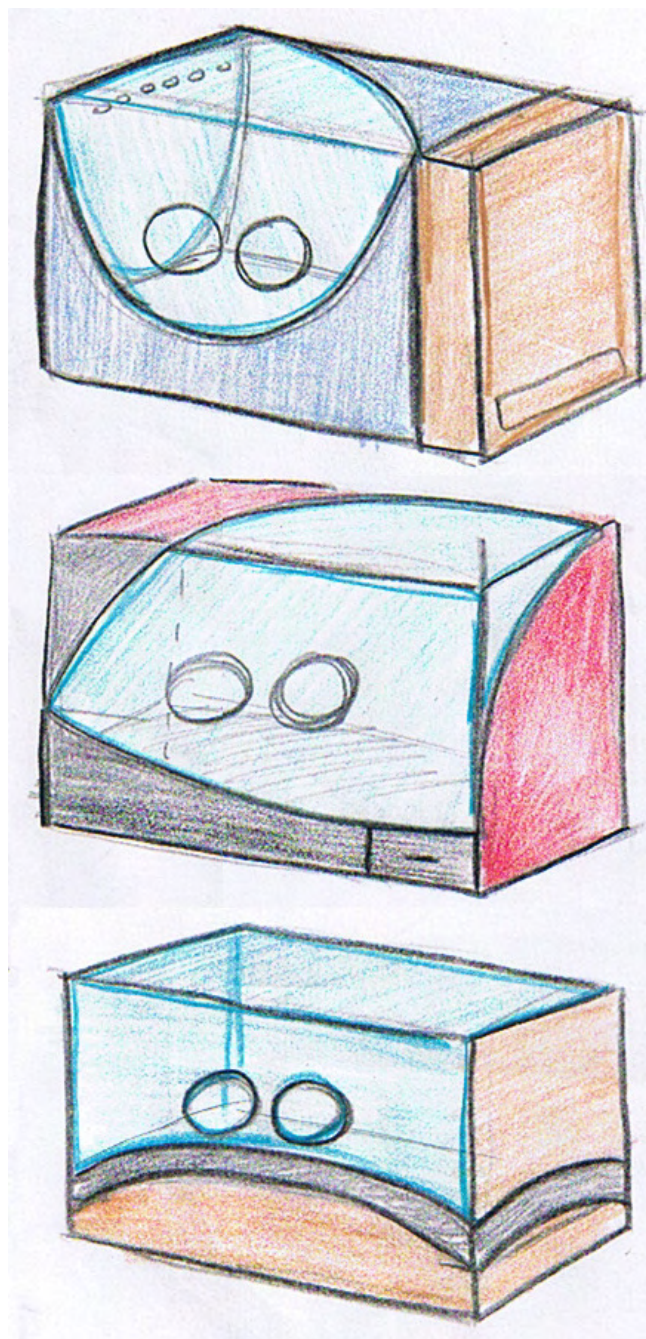
Uit al deze ontwerpen zijn 3 hoofdvormen geselecteerd die in de volgende paragrafen worden behandeld en uitgewerkt.

Het ontwerp met waarbij men van drie kanten kan inkijken sluit beter aan bij de wensen van de gebruiker en is eigenlijk meer een soort upgrade van het huidige ontwerp, deze is rechtsboven in figuur 14 te vinden. Een ontwerp bestaande uit een rechthoekige basis met een bolle vorm als toevoeging toont wat vriendelijker en professioneler, zoals de twee ontwerpen midden- en linksonder in figuur 14. Tot slot is er een model toegevoegd met een uit één stuk gegoten koepel op een los onderstel. Dit voorziet in goed zicht op het kind en ziet er door een los onderstel minder massief uit.

5.2.1 HEBI upgrade

De HEBI upgrade is het eerste concept. In dit ontwerp wordt het ontwerp op een simpele manier aantrekkelijker en gebruiksvriendelijker gemaakt. Op dit ontwerp is het principe van 3-zijdige inkijk gebruikt. Van de HEBI upgrade zijn ook een flink aantal verschillende versies getekend om de mogelijkheden te verkennen. Een aantal varianten zijn weergegeven in figuur 15.

Belangrijke kenmerken van de couveuse is dat er aan drie kanten transparant kunststof is geplaatst zodat er nog meer zicht is op het kind. Daarnaast worden er rondere vormen toegevoegd zodat het product professioneler overkomt. Met dit ontwerp kan ook gebruik worden gemaakt van verschillende materialen, dit zal bijdragen aan een modernere uitstraling. Tevens is er de mogelijkheid hetzelfde materiaal in verschillende kleuren te gebruiken, hiermee kan op een gemakkelijker manier een luxer effect bereikt worden. De waterbak wordt in en uit de ruimte geschoven op een lade. Hierdoor is sneller te kijken of het water moet worden bijgevuld en ook daadwerkelijk bij te vullen. Voorheen moest de schuifdeur worden opengeschoven en daarna de waterbak uitgenomen om bij te vullen. Met gebruik van een lade



figuur 15 - HEBI upgrade

kan deze dubbele handeling vervangen worden door een enkele.

Voor plaatsing van de verwarming zijn twee mogelijkheden, waarvan één de huidige plaats onder het ligvlak is. Een andere mogelijkheid (bovenste concept in figuur 15) is de verwarming naast de ligruimte te laten plaatsvinden, zoals boven in de figuur. Hierbij wordt het water hoger geplaatst dan de lampen. De volgorde van doorstroom blijft gelijk alleen de richting wordt aangepast. Voordeel van deze aanpassing is dat de doorstroomopening niet meer hoeft worden afgesloten met een rooster. In de bestaande HEBI voorkomt een diagonaal rooster dat de luchtstrooming wordt geblokkeerd

door een deken of matras. Wanneer de doorstroomopening niet meer op ligniveau is, is de kans dat de doorstroom belemmerd wordt veel kleiner.

5.2.2 HEBI add-more-sphere

Het tweede concept bestaat uit een simpele rechthoek met daaraan toegevoegd een bolling. Deze bolling voorziet ook weer in betere inijkmogelijkheden. De bolvorm maakt de couveuse ook aantrekkelijker qua aanblik.

De bol kan weer op verschillende manieren worden toegepast. Boven in figuur 16 is een klep aangevuld met een deel van een cilinder, waarbij het scharnierpunt van de HEBI zich meer naar achter bevindt zodat er meer ruimte is om het kind in en uit de couveuse te tillen. De couveuse kan wat betreft het ligvlak wat kleiner worden omdat het kind extra beweegruimte heeft door de cilinder die uitsteekt. De verwarming zit nog steeds onder in de bak, deze wordt ook afgesloten door dezelfde klep. Dit geeft de couveuse een rustigere aanblik, er zijn minder deuren die het ontwerp storen.

Wanneer de klep geopend wordt kan echter ook de lucht uit het onderste compartiment ontsnappen. Daarom kan ervoor gekozen worden de klep alleen optisch te laten doorlopen, in werkelijkheid bestaat hij dan uit twee delen, een voor het warmtecompartiment en een voor de ruimte van de baby. Bij de onderste couveuse in figuur 16 is de warmtecapaciteit ook in de bodem geregeld, de scharnier hiervoor zit echter in het rechterdeel. Aan de linkerzijde zou de couveuse eventueel geopend kunnen worden voor vervanging van de lampen/tussenplaat. De bolling, waarin het kind weer extra strekruimte heeft, bestaat uit twee delen en kan worden geopend door deze over elkaar te schuiven.

De middelste couveuse in de afbeelding maakt gebruik van een meer statische bolling. De gehele bol moet worden opgeklapt om in de couveuse te komen. De onderruimte kan geopend worden door de onderste (in dit geval bruine) hoek als lade weg te schuiven. Voordeel van deze bolling is dat hij platter is en dus het meest geschikt voor verzending. Nadeel is gebrek aan beweegruimte voor de baby waardoor de couveuse in het geheel weer wat groter moet zijn.

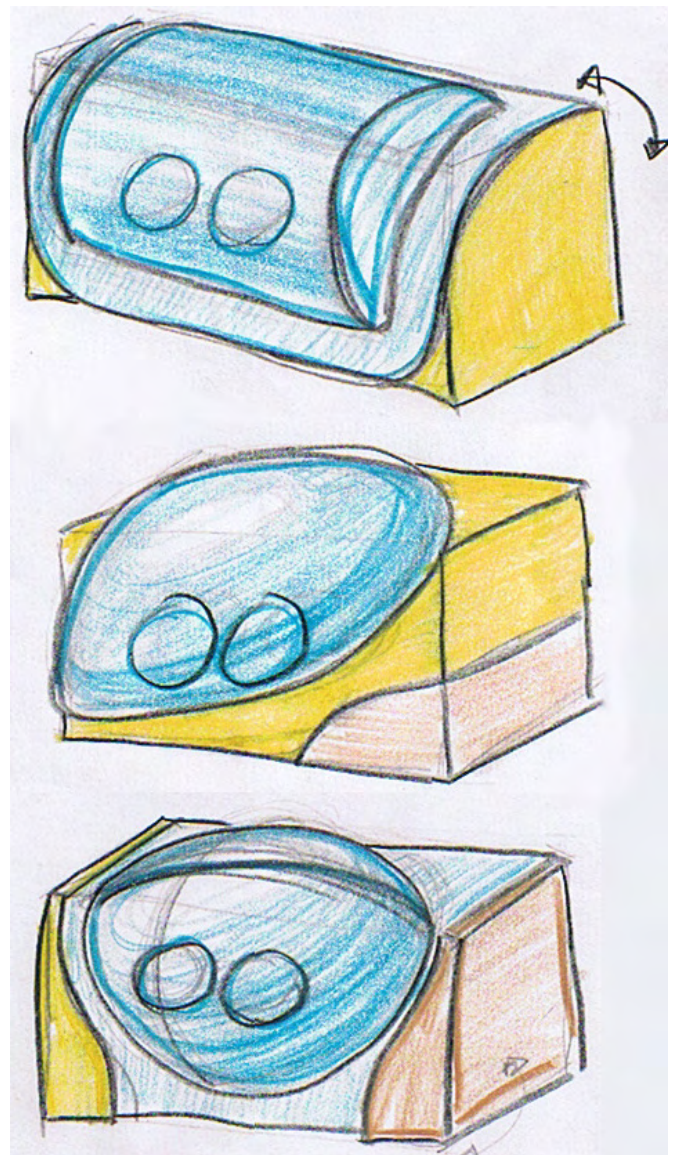
Ook in deze concepten wordt weer gebruik gemaakt van meerdere kleuren/materialen om het concept een professioneler uiterlijk te geven.

5.2.3 HEBIsphere

In dit ontwerp is de basis een halve bol. Hierbij is de extra toegevoegde waarde dat er van alle kanten goed naar het kind gekeken kan worden. Er bevinden zich minder hoeken waaraan moeder en kind zich kunnen beschadigen. Een ander groot voordeel van een bolle vorm is dat deze minder snel omgestoten kan worden, wat als probleem gezien wordt bij een lichtere couveuse. Omdat het zwaartepunt van de couveuse een stuk lager komt te liggen zal dit de stabiliteit bevorderen. Daarnaast zul je eerder langs het oppervlak meeglijden in plaats van eraan blijven hangen waardoor het omgeduwd wordt. Zeker wanneer de bodem van antislip wordt voorzien is dit een stabiele situatie.

Een nadeel van het grote inijkgebied is dat er ook een grote hoeveelheid warmteverlies door convectie kan plaatsvinden.

De omgeving zal voor het kind eerder koud aanvoelen. Daarom is er in het middelste concept in figuur 17 gekozen om het ontwerp van een dekkap te voorzien. Hieraan zou dan eventueel ook de lamp voor lichttherapie bevestigd kunnen worden. De onderbak loopt taps naar boven en zou zodoende omgekeerd in de bolling passen zodat deze geen extra ruimte neemt tijdens de verzending. Het tweede concept lijkt veel op het eerste maar hierbij is de bolling van onderaf afgedekt. Dit concept is geïnspireerd op een wieg, hierdoor is het minder vervreemdend van de thuissituatie dan een reguliere couveuse. De kap beschermt het kind tegen de buitenwereld en wordt er als het waren overheen gezet. Het groene gedeelte in het onderste ontwerp in figuur 17 is los over het geheel geschoven. Op deze manier camoufleert het de onderste bak. Het warmtecompartiment wordt echter wel veel minder toegankelijk om bij te vullen. Hier zal dus een andere oplossing voor gevonden moeten worden.



figuur 16 - HEBI add-more-sphere

Bij het laatste concept, boven in figuur 17, wordt de transparante kap met banden aan het onderstel verbonden. Dit geeft een soort snelbinder-effect waardoor de kap stevig op het onderstel gedrukt wordt. Tussen de banden kan eventueel een doek gespannen worden om de couveuse verder af te dekken. Ook blijft de onderste helft bereikbaar voor het bijvullen van het water of het vervangen van een lamp. Nadeel is dat het minder gemakkelijk is om het kind in en uit de couveuse te halen. Daarnaast kunnen de banden (te) veel uitrekken.

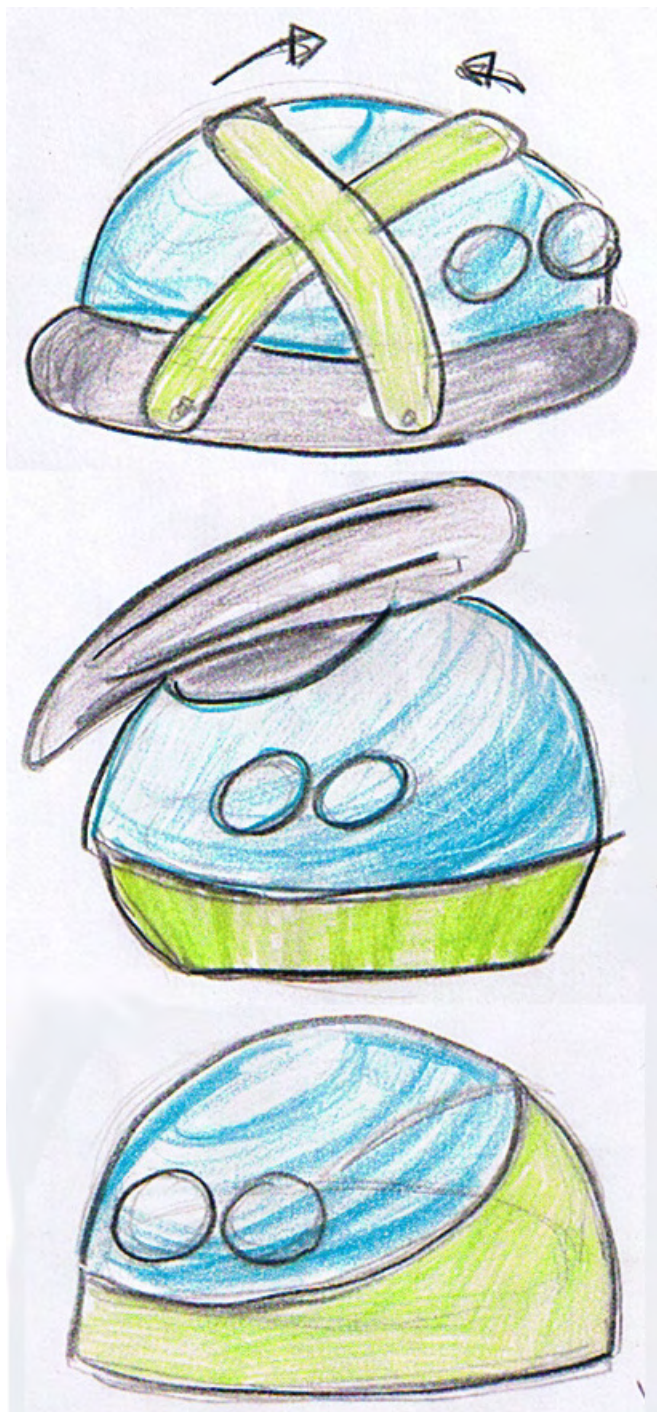
5.3 Keuze concepten

Wat betreft de maakbaarheid van het product komt de HEBI upgrade het meest in aanmerking. Er komen geen ingewikkelde nieuwe bewerkingen aan te pas. Het toepassen van vormen en kleuren vergt meer werk dan het achterwege laten van deze veranderingen, maar kunnen zo eenvoudig mogelijk opgelost worden. Zo kan er bijvoorbeeld een rand gefreesd worden om te suggereren dat het onderdeel uit twee delen bestaat zonder dat dat ook echt zo is. Deze twee “delen” kunnen dan ook in verschillende kleuren geverfd worden om de suggestie extra te benadrukken. Hoewel de bewerking uitgebreider is zal dit ten goede komen van het uiterlijk van de couveuse en hopelijk bijdragen aan acceptatie van dit product.

De bevestiging in de hoek waar de 3 delen kunststof samenkomen zal nader bestudeerd moeten worden. Het verbinden van kunststoffen is lastiger ter plaatse uit te voeren waardoor het wellicht handiger is de couveuse (gedeeltelijk) gemonteerd te leveren. Voor het overige deel zijn er weer simpele schroefverbindingen te realiseren. Het kind ligt in een ruime omgeving. Het is interessant om verder te werken met de warmtegeneratie aan de zijkant in plaats van onder het kind, vooral om de praktische waarde van dit idee.

Wat betreft het 3e concept, de HEBIsphere, is ook het maken van de simpele bolvorm haalbaar. Wanneer er eenmaal een mal voor deze vorm is, is het gemakkelijk en relatief goedkoop te produceren. Het creëren van een extra bolling in een kunststof kap zoals bij de HEBI add-more-sphere is ingewikkelder. Zeker wanneer hierbij nog extra functionaliteit wordt ingevoegd aan bewegende delen, wordt de vervaardiging van dit concept erg lastig. Daarnaast lijkt het voor de luchtstroming niet goed wanneer de kap ineens een opbolling heeft waarin de ruimte groter is. De lucht zal hier dan weer tijdelijk langzamer gaan stromen of misschien zelfs stil komen staan. Er is geen geleidelijke luchtstroom.

Alle concepten zijn in principe goed geschikt voor de gebruiker. De armsgaten voor het eerste (belangrijke) lichaamscontact met het kind zijn in alle gevallen behouden. Qua uiterlijk zijn de ontwerpen aantrekkelijker dan het oude model waardoor de lokale artsen wellicht eerder overgaan tot de aanschaf van een HEBI omdat ze hier evenveel vertrouwen in hebben als in een westerse couveuse. Een kind wordt dan ook eerder toevertrouwd aan de couveuse, wat levens kan redden.



figuur 17 - HEBIsphere

Het gemakkelijk in de gaten houden van het waterpeil in de bak en het eenvoudig bijvullen hiervan zal ook nog bijdragen aan de gebruiksvriendelijkheid van het product. Daarnaast is het belangrijk dat het openen van de couveuse gemakkelijk in zijn werk gaat. Hiermee wordt rekening gehouden in de volgende fase van het ontwerpproces waarin verder zal worden gekeken naar details en eigenschappen van de couveuse.

Op basis van maakbaarheid, maar ook vooral op luchtstroming is het concept “add-more-sphere” komen te vervallen. Het lijkt niet geschikt om goed te kunnen functioneren en heeft geen andere meerwaarde boven de andere concepten.

5.4 Uitwerken concepten

Van de twee overgebleven concepten is gekeken hoe de luchtstroming door het concept zou lopen en wat dan de plaatsingsmogelijkheden worden voor de verschillende onderdelen ten behoeve van de warmteontwikkelingen.

Een ander belangrijk onderdeel van de uitwerking is de aansluiting van het warmtegenererende deel op het ligcompartiment. Deze komt bij de HEBIsphere meer naar voren dan in de HEBI upgrade. Omdat tijdens het proefdraaien met de couveuse geen duidelijk voordeel van de promatect platen is gebleken, is er gekozen om hiervoor geen of eventueel vervangend materiaal te gebruiken.

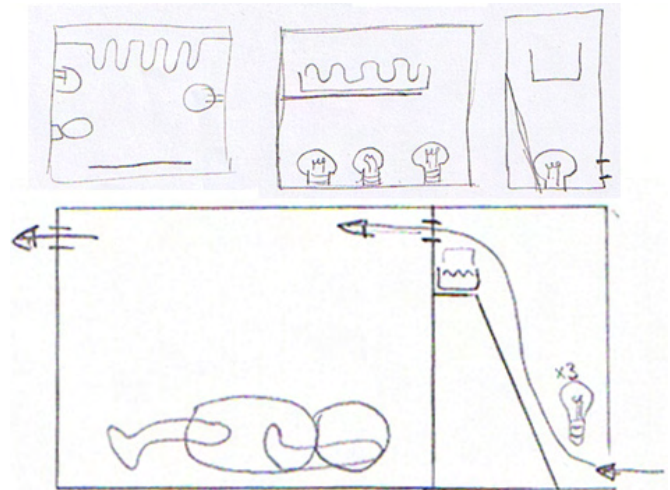
5.4.1 Uitwerking HEBI upgrade

Omdat de HEBI upgrade met alternatief geplaatste verwarming (naast in plaats van onder het kind) een interessante nieuwe ontwerpoplossing biedt, is deze verder uitgewerkt. Bij de HEBI upgrade is ten eerste gekeken naar de warmtestroming en de plaatsing van de onderdelen van de HEBI. Omdat deze niet traditioneel geplaatst worden is het nodig te kijken wat de mogelijkheden zijn. Er is uiteindelijk voor gekozen om het verloop op eenzelfde manier te laten plaatsvinden als in de huidige couveuse, dit is waar te nemen in figuur 18. Door de opening komt lucht binnen, deze wordt opgewarmd door 3 gloeilampen die langs de wand naar boven toe bevestigd zijn. De lucht stroomt langs de geleidingsplaat naar een plateau waarop de waterbak is geplaatst en vervolgens de ruimte voor het kind in.

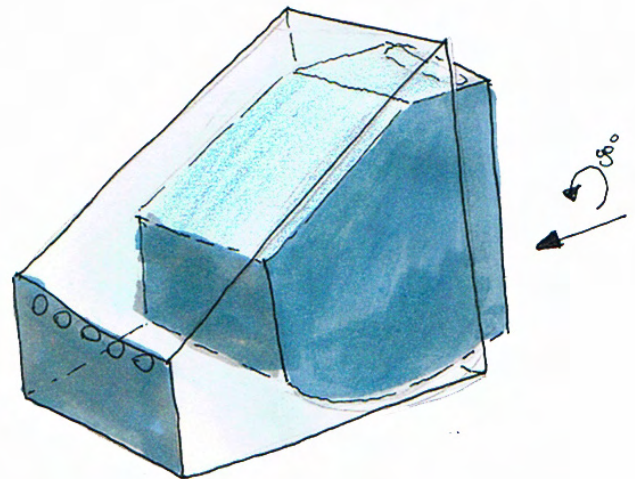
In verband met gevaar op lekken in de buurt van de elektrische onderdelen is het belangrijk het water gescheiden te houden.

Tijdens het ontwikkelen van dit warmtesysteem zijn een aantal aanpassingen gedaan. Dit heeft ertoe geleid dat het concept er ook uiterlijk heel anders uit ziet dan de oorspronkelijke ideeën van de HEBI upgrade. Het principe niet teveel complexe vormen te gebruiken is gebleven, maar ontwikkeling heeft wel plaatsgevonden in de vorm van de couveuse. Belangrijke redenen hiervoor zijn de plaatsing van de warmtebron.

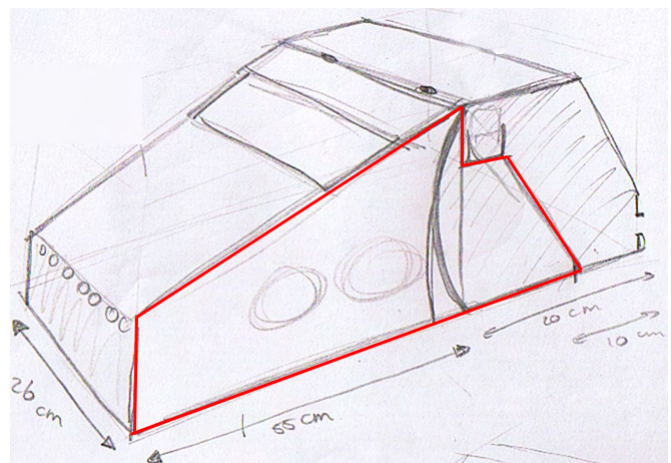
Door toepassing van een smallere ruimte voor verwarming zal de lucht hier sneller gaan stromen. Bij binnenkomst in het ligcompartiment zal de snelheid wat afnemen omdat het oppervlak daar weer groter is. Dit is weer af te leiden uit de vergelijking: $\text{luchtdichtheid} \cdot \text{doorstroomoppervlakte} \cdot \text{stroom snelheid} = \text{constant}$, zoals deze ook in paragraaf 5.1 gebruikt is. De langzamere stroming zal het kind comfortabel opwarmen. Zoals in figuur 18 te zien is, is in een rechthoekig ontwerp een luchtstroom langs het kind moeilijk te realiseren. Met behulp van een schuin vlak zal de luchtstroom worden afgebogen en kan er wellicht een werveling langs het kind ontstaan. Daarnaast geldt dat naarmate de lucht de uitstroombopening nadert de doorstroom weer kleiner wordt waardoor de lucht de couveuse vlot weer verlaat. Of de luchtstroming ook werkelijk naar wens zal gebeuren op basis van vrije convectie is onbekend en zal verder moeten worden onder-



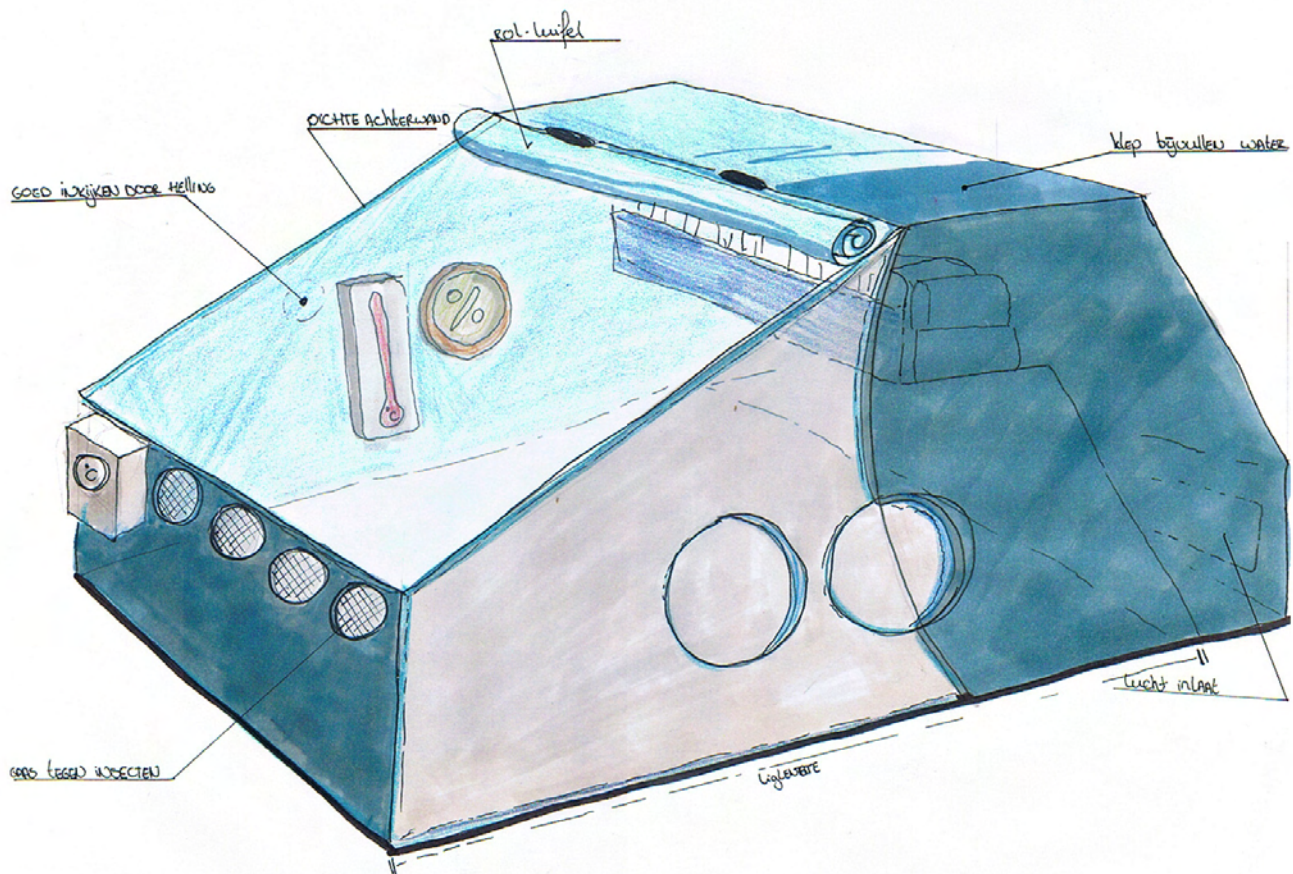
figuur 18 - Verkenning verwarming dwars



figuur 19 - Vervoerssituatie



figuur 20 - Voetruimte onder



figuur 21 - Ontwerp HEBI upgrade

zocht.

Door het gebruik van een schuin aflopend bovenvlak is ook het probleem van de verbinding van drie vlakken kunststof weggevallen. Het schuine vlak zorgt voor een prettiger aanblik op het kind dan de rechte bovenplaat. Bijkomend voordeel van dit ontwerp is dat het lastig is meer kinderen tegelijk in de couveuse te leggen omdat de schuinaflopende kant dit bemoeilijkt. Tegelijkertijd heeft het kind dat erin ligt wel flink de ruimte om zich heen.

Voordeel van het concept is daarnaast dat het bij verzenden in elkaar geschoven kan worden. Het verwarmingscompartiment kan 90 graden gekanteld in het ligcompartiment geschoven worden. Hierdoor is het uiteindelijke pakket maar klein, zoals te zien is in figuur 19.

Nadeel van het concept is dat het totaal erg breed is geworden. Op deze manier nemen ze in het ziekenhuis veel ruimte in beslag. Daarom is in een vervolgoncept de loze ruimte onder de waterbak erbij getrokken. Het kind ligt met de voeten onder de waterbak, in het rode kader, waardoor de couveuse 10cm korter kan worden, zie hiervoor figuur 20.

Met betrekking tot maakbaarheid is dit een vrij eenvoudig concept. Het ontwerp kent geen complexe vormen en is daardoor gemakkelijk in productie te nemen. Voordeel is dat er geen loze ruimte meer onder de geleidingsplaat is, deze

wordt nu ingenomen door het kind.

Een zeer kritisch punt bij dit ontwerp is echter de oplossing voor de warmtestroming. Omdat er in de couveuse sprake is van vrije convectie, wat inhoudt dat de stroming niet mechanisch wordt opgewekt maar vanzelf ontstaat, is er een probleem ten aanzien van de warmtestroming. Lucht kiest bij verwarming de natuurlijke weg omhoog. Probleem is echter dat de lucht dan ook boven zal blijven. Er is geprobeerd met dit systeem rekening te houden door de lucht door middel van de schuin aflopende kap naar beneden te geleiden. Of de convectie nog steeds plaatsvindt in deze vorm is nog onduidelijk.

Daarnaast is ervoor gekozen om de lucht langs een dunne wand te laten verlopen die isoleert maar ook geleid. De warmte kiest de weg van de minste weerstand. Op deze manier verwarmt het eerder de ruimte voor het kind dan dat het, door de houten wand, naar buiten stroomt. Een materiaal wat in aanmerking komt voor de geleidingswand is neopreen, zoals gebruikt in surfpakken. De warmte wordt zo ten dele ook doorgegeven door de geleidingswand. Het merendeel van de lucht stroomt via de waterbak, waar de lucht vochtiger wordt. Een overzicht van de HEBI upgrade is te zien in figuur 21.

Omdat zich in deze HEBI minder onderdelen bevinden zal er minder materiaal nodig zijn, dit komt ten goede aan het gewicht en aan de kosten van het product. Wel komt er de

standaard levering van een luifel ter afdekking van de transparante delen en gaas voor de openingen extra bij zodat dit ook werkelijk wordt toegepast en niet ter plaatse wordt vergeten. Het voorkomen van uitstraling is in het belang van het kind.

Voor alle openingen komt gaas, waardoor er geen insecten meer bij de kwetsbare onderdelen (bijvoorbeeld in de thermostaat) kunnen kruipen, zodat optimale functionaliteit gegarandeerd kan worden.

De transparante onderdelen, de bovenklep en de zijplaat voor zullen vervaardigd worden uit perspex. De overige onderdelen uit multiplex. Er is toch gekozen voor multiplex om ervoor te zorgen dat het in elkaar zetten van het materiaal goed zal verlopen. Er zijn geen extra gereedschappen of dure productiemethoden nodig. Daarnaast kan het bacteriedicht worden afgewerkt door middel van lakken of verfen. Eventueel kan een basiskleur reeds in Nederland gespoten worden zodat de couveuse er aantrekkelijk uit ziet.

De geleidingsplaat wordt gemaakt van een kunststof als neopreen. Dit geleidt en isoleert goed, zodat het geschikt is voor de warmtestroming in dit ontwerp.

Het formaat van het pakket is 45x30x26cm. Verpakking meegerekend komt het formaat uit op ongeveer 50x35x30cm. Het volumegewicht komt dan op 9 kilo. Het gewicht ligt volgens een globale berekening op 7 kilo (berekening in bijlage D). Het is aannemelijk dat het uiteindelijke gewicht onder de 10 kilo zal blijven. Dit is een grotere besparing dan in eerdere berekeningen. Een belangrijke verandering in dit concept is het vervallen van een plaat multiplex ten behoeve van het ligvlak ten opzichte van het huidige model. Bij een gewicht van 10 kilo zullen de kosten komen op €120,-. Hierbij rekenen we net als in hoofdstuk 2.5, met de bestemming Mombasa, Kenya.

Omdat de het gewicht van de HEBI upgrade onder het minimum bedrag blijft zal verzending het minimum van €90,- kosten. Hierbij komen vaste verwerkingskosten van €30,-. Ervan uitgaande dat er één couveuse wordt verzonden komen de kosten bij de HEBI upgrade op €120,-.

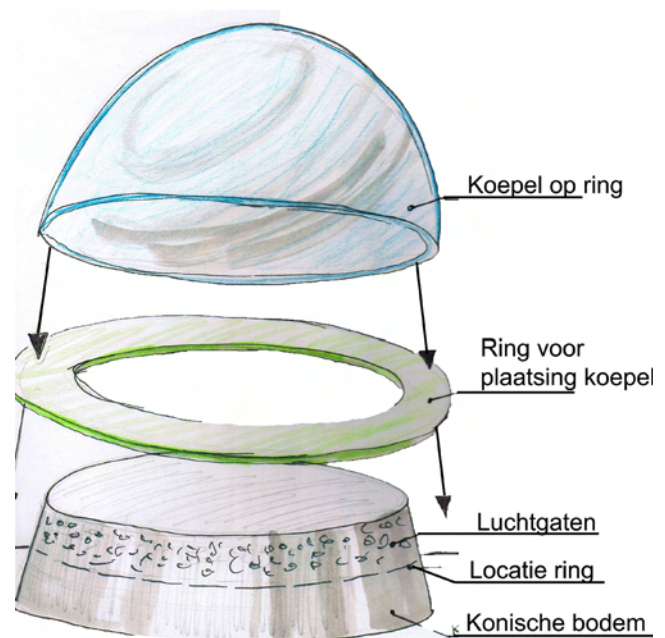
Belangrijk is dat er een testmodel gemaakt zal worden om te controleren dat de HEBI in deze vorm nog steeds naar behoren werkt. Wat betreft theorie en praktijk kan dit uiteenlopen en zullen er aanpassingen gedaan moeten worden aan het model. Hierbij kan dan tevens met en zonder brandwerende platen/neopreen getest worden.

5.4.2 Uitwerking HEBIsphere

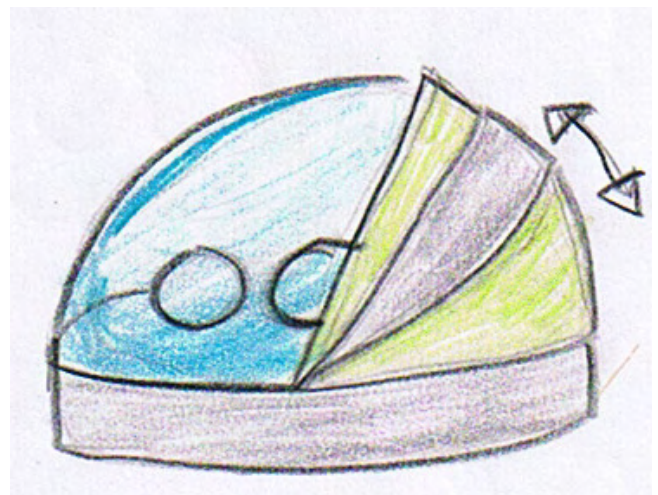
Voor verdere uitwerking van de HEBIsphere is gekozen omdat deze een heel kindvriendelijk en professioneel uiterlijk heeft. Je krijgt op deze manier een modern product dat zowel aansluit bij de wensen van de ouders als bij de wensen van de arts.

Voor de HEBIsphere was met name de aansluiting van de losse bolvorm op het onderste compartiment een interessant onderdeel.

De huidige manier van verwarmen, door middel van gloei-



figuur 22 - Model met ring



figuur 23 - Wandelwagenkap

lampen, wordt ook in dit concept behouden. Om deze verwarming succesvol te laten verlopen zijn verschillende manieren bedacht om het toe te passen in een bolvormige couveuse. Een mogelijkheid hiervan is weergegeven in figuur 22. Daarbij is gekeken naar een taps toelopend model waar bovenin gaten zijn gemaakt rondom. Om dit deel (onderin de afbeelding, grijs) wordt een ring geschoven (groen). Deze klemt om de basis net onder de gaten op de getekende lijn. Op deze ring zal dan de koepel (blauw) komen te staan.

Een ander concept was om naast het ronde compartiment een aanbouw te maken voor de warmtegeneratie waarin dit gemakkelijker te integreren valt.

Het is nog de vraag of de warmte op deze manier goed te verdelen en af te voeren is in de couveuse. Daarnaast is het plaatsen van de bestaande onderdelen in een ronde vorm lastig. Tevens is het maken van het ronde bodemcompartiment erg complex.

Hierdoor lijkt dit concept door complexiteit niet geschikt. Er is gekozen om de koepel op een rechthoekige bak te plaatsen, dit zal eenvoudiger en goedkoper te realiseren zijn. Daarnaast is dit ter plaatse ook gemakkelijker te assembleren.

Naast het warmtecompartiment kent ook een bolvormige koepel nadelen. Er is een flinke diameter nodig om een kind comfortabel te laten liggen door de aflopende randen. Doordat er gewerkt wordt met volumegewicht kan dit een hogere prijs voor verzending als gevolg hebben. Daarnaast moet om de temperatuur te regelen in de couveuse de thermostaat op het ligcompartiment zijn aangesloten. Deze is moeilijk te bevestigen op een rond geheel. Het plaatsen van sensoren zou het product weer te ingewikkeld maken in gebruik en assemblage ter plaatse. Als alternatief voor de bolvorm is gekozen voor een vorm die niet geheel rond is maar bestaat uit een kwart bol die uitloopt naar twee hoeken op de bodem.

Omdat het concept kenmerken vertoonde van de wieg en dit goed aansluit bij het gewenste uiterlijk, is gekozen om gebruik te maken van een soort wandelwagenkap, zie ook figuur 23. Deze kap, bestaande uit verschillende onderdelen, kan naar beneden gedaan worden om het kind te observeren en dichtgeschoven worden om uitstraling tegen te gaan en het kind

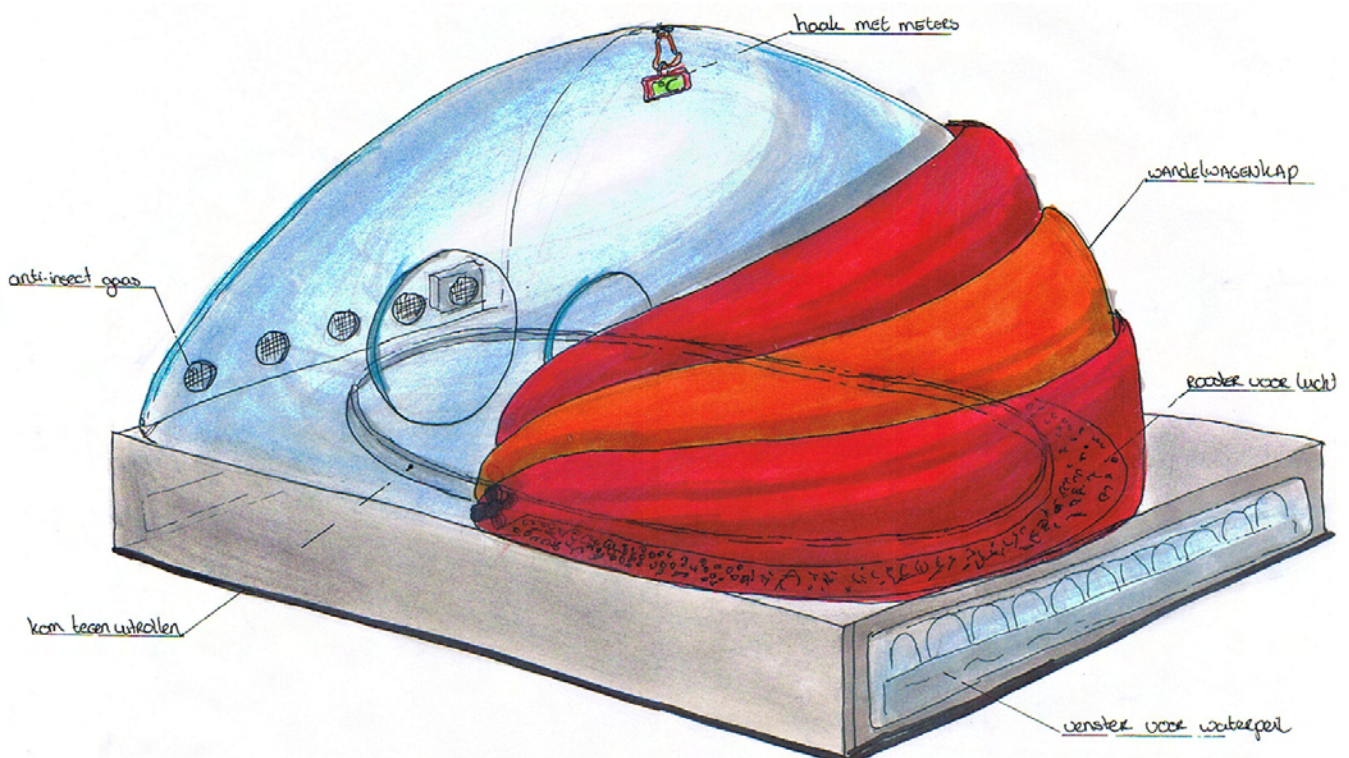
een veilige omgeving te bieden.

Het warmtecompartiment heeft een grote gelijkheid met de bestaande HEBI, doordat de onderdelen op eenzelfde manier binnen een rechthoek zijn gerangschikt. Om te zorgen voor een groter gebruikersgemak is gekozen om de schuifdeuren voor het waterreservoir te laten vervallen en deze zoals in de oorspronkelijke ideeën voor de HEBIupgrade op een lade te plaatsen. Deze lade heeft een (gedeeltelijk) transparant front zodat het bijvullen minder snel vergeten wordt.

Voor de uitstroomopeningen van de lucht, die in de koepel gemaakt zijn, wordt ook hier gebruik gemaakt van gaas om de kwetsbare onderdelen te beschermen. De thermostaat is bevestigd op de achterste uitstroomopening. De perspex koepel kantelt door middel van scharnieren achterover zodat men gemakkelijk bij het kind kan.

De meters, in stoerdere digitale uitvoering worden in de nok van de koepel gehangen, als een soort mobiel waar het kind naar kan kijken. Door dit geheel in combinatie met de kap en toevoeging van een ronde opstaande rand die het ligvlak van het kind afbakend, heeft dit de associatie met de geborgenheid van een wieg. Zo wordt de gebruiksvriendelijkheid en professionele uitstraling van de kap voor de arts gecombineerd met een geborgen omgeving die de ouders een prettiger gevoel zal geven. De verschillende onderdelen zijn eveneens weergegeven in de overzichtstekening (figuur 24).

Om de bolle vorm van de kap te verkrijgen is er een mal nodig. De mal is een kostbaar artikel en zal afhankelijk van



figuur 24 - Ontwerp HEBIsphere

het aantal te maken HEBI's wel of niet toegepast kunnen worden. Wellicht is het mogelijk door een schenking of een materiaalponsor alsnog deze kap te kunnen maken bij een kleinere oplage. Wanneer het aantal HEBI's groter wordt is de productie van dit ontwerp goedkoper omdat de mal een eenmalige uitgave is. Het gewicht van dit concept zal door middel van het gebruik van een grote hoeveelheid perspex wel omlaag gaan.

Het gebruik van de kap zal warmteverlies als gevolg van de transparante koepel tegengaan.

De onderbak is simpel gebleven. Een rechthoek met als meest complexe onderdelen het halfronde rooster van rvs, en de opstaande ronde rand die het liggebied markeert. Het warmtecompartiment zelf wordt gemaakt uit multiplex, voor de geleidingsplaat binnenin wordt gekozen voor een dun isolerend materiaal, dit wordt naar aanleiding van materiaalonderzoek aan de hand van de "HEBI upgrade" ook in de HEBIsphere van neopreen gemaakt. Tevens wordt de kap van de couveuse ook gemaakt van neopreen, dit heeft gemakkelijke vervormingseigenschappen en isoleert heel sterk. Daarnaast is het ook in verschillende kleuren leverbaar en wasbaar.

Als gevolg van deze materiaalkeuze komt het totaalgewicht van het product op ongeveer 12 kg (berekening in bijlage D). Voor vervoer kan de kap in de bak gezet worden en de tussenplaten hieronder geplaatst, overige onderdelen kunnen in de bol geplaatst worden, zoals weergegeven in figuur 25. De verpakkingsmaat komt daarmee op 70x30x40 cm, de verzendkosten komen hiermee lager te liggen dan de huidige HEBI, maar vergeleken met de Upgrade juist hoger.

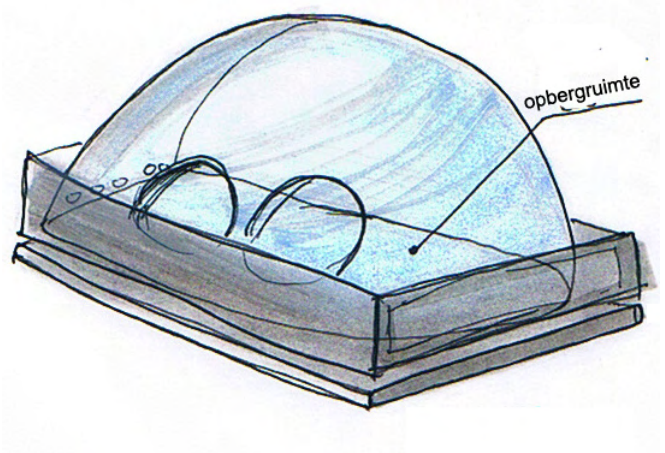
Ook hier wordt weer gerekend met de gegevens van de huidige vervoerder van de couveuse. Het gaat in de berekening om de verzending van één couveuse naar Mombasa, Kenya. Het volumegewicht ligt met 14kg hoger dan het globaal berekende werkelijke gewicht dus we zullen van 14 kilo uitgaan. Ook dit komt onder het minimum uit. De verzending van de HEBIsphere zal dus eveneens uitkomen op een verzendbedrag van €120,-

De grens voor overschrijding van het minimumtarief ligt bij 17,5 kilo. Dit betekent dat met deze afmetingen het product pas bij een werkelijk gewicht van 17,5 kilo zwaarder wordt dan de berekening van het bijbehorende volumegewicht.

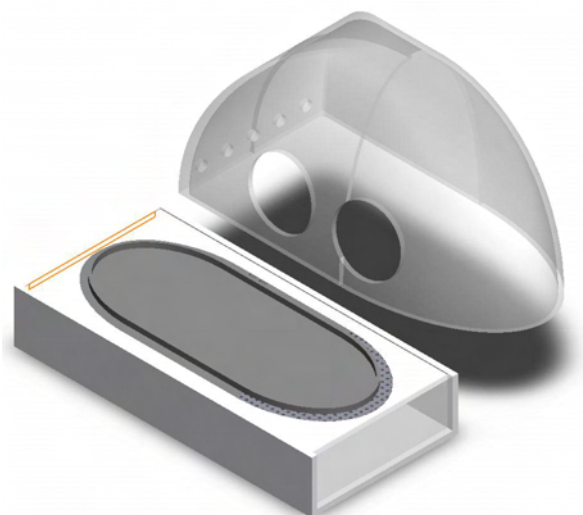
Ook in dit geval geldt dat alleen goed testen kan uitwijzen of deze versie van de HEBI net zo goed functioneert als het huidige model. Figuur 26 laat u een verkennend 3d ontwerp van de HEBIsphere zien.

5.5 Een nieuwe HEBI

Wanneer we kijken naar het opgestelde programma van eisen kunnen we concluderen dat beide ontwerpen in aanmerking komen. Ze voldoen aan de eisen op gebied van maten en gewichten. Door het gebruiken van het bestaande verwarmingssysteem in de couveuse zal de juiste temperatuur en vochtigheid bereikt en geregeld kunnen worden. Beide systemen zijn maakbaar, voorzien in contact tussen moeder en kind, en genereren goede observatiemogelijkheden.



figuur 25 - Vervoerssituatie



figuur 26 - 3d model

De HEBIupgrade is lichter van gewicht, maar door de minimumprijs voor verzending is er geen verschil in de verzendkosten.

De HEBIupgrade is daarnaast makkelijker om in productie te nemen. Er hoeven geen extra apparaten of materialen worden aangeschaft om deze op de huidige productielocaties te vervaardigen. Voor de HEBIsphere is een mal nodig, dit maakt de stap om het ontwerp in productie te nemen een stuk lastiger.

Qua uitvoering en "klantvriendelijkheid" lijkt de HEBIsphere net iets meer geschikt. Hij spreekt door professioneel en vriendelijk uiterlijk zowel aan bij arts als de patiënt. Door de

bolle vorm straalt hij minder uit dat het speciaal voor ontwikkelingslanden is ontworpen, een belangrijk punt voor de eindgebruiker. De HEBIsphere sluit beter aan bij de culturele wens, maar de couveuses ontlopen elkaar niet veel aangezien de HEBI Upgrade ook een aantrekkelijker uiterlijk heeft gekregen.

Beide ontwerpen zijn goed schoon te maken doordat door de grote openingen en mogelijke uitneembaarheid van de geleidingsplaat alle onderdelen bereikbaar zijn.

Ook zijn beide ontwerpen met enkel een schroevendraaier ter plaatse te assembleren.

Grotendeels eindigen de ontwerpen gelijk wanneer ze getoetst worden aan het programma van eisen, de eis die echter de doorslag geeft in de ontwerpkeuze is de lucht-circulatie. Het gebruik van natuurlijke convectie komt te veel in het gedrang bij de uitvoering van de HEBIupgrade. Hoewel dit concept in veel opzichten aantrekkelijk is, is de uitvoering met betrekking tot de werkelijke functionaliteit te risicovol. Er is veel kans op stilstaande, koude lucht, juist in de omgeving van het kind. Er zitten teveel haken en ogen aan dit model en de werking is te onzeker. Daarom is besloten, door behoud van vrije convectie, het ontwerp niet verder door te ontwikkelen. De keuze voor het eindconcept is gevallen op de HEBIsphere.



Nu er is gekozen voor de HEBIsphere zal deze uitgewerkt worden tot detailniveau. Ten aanzien van maten en materialen moeten er keuzes gemaakt worden. Deze keuzes en hun verantwoording zullen in dit hoofdstuk behandeld worden. In dit proces zijn er eerst globale tekeningen met maten gemaakt. Daarna zijn deze tekeningen met de hand uitgewerkt tot werktekeningen. Deze tekeningen zijn vervolgens weer omgezet tot een model in Solidworks en bijbehorende “digitale” werktekeningen.

6.1 Warmtecompartiment

Als eerste is gekeken naar het warmtecompartiment. Het ontwerp is weergegeven in figuur 27. Met warmtecompartiment bedoelen we de onderste helft van de couveuse waarin de warmte gecreeërd wordt. Deze bak moet aan bepaalde eisen voldoen. Er moet een instroomopening zijn. Er moet gekeken worden naar de plaatsing van de gloeilampen, werking van de lade voor het bijvullen van het water, de creatie van de warmtegeleiding, de bevestiging, en het materiaal.

Voor het overgrote deel van de warmtebak wordt het gebruik van multiplex behouden. In het onderzoek is geen gemakkelijker of goedkoper materiaal naar voren gekomen. Vordelen van het hout zijn de gemakkelijke bevestiging door middel van schroeven en het relatief eenvoudige lakproces om het product ter plaatse bacteriedicht te maken. Het heeft de voorkeur om de platen alvast een gekleurde laag (wit) te geven, zodat de couveuse een professioneler uiterlijk krijgt.

De basis van de warmtebak bestaat uit 4 planken. Twee zijplanken, een bodemplaat en een achterplaat met instroomopening.

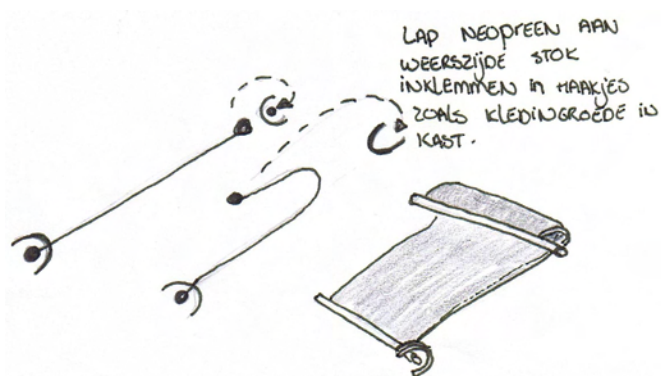
De zijden van de bak en de steunen voor het ligvlak zijn van 18mm multiplex.

In de bak komt een geleidingsplaat van neopreen. Dit materiaal is wellicht beter bekend door gebruik in surfpakken. Het kwam in het materiaalonderzoek naar voren omdat het goede isolerende eigenschappen heeft, tegen hoge temperaturen bestand is en zelfdovend werkt. Hierdoor was het geschikt om toe te passen in de couveuse.

Door flexibiliteit leek het voor de couveuse niet geschikt, maar kan echter heel goed toegepast worden als luchtgeleidingsplaat.

Omdat in hoofdstuk 1.1.6 is geconcludeerd dat de brandwerende eigenschappen van promatect niet noodzakelijk zijn voor een veilig gebruik van de couveuse, is er voorlopig gekozen om de promatect-platen te laten vervallen. De geleidingsplaat wordt vervangen door neopreen. Hierop kunnen na een testfase nog aanpassingen worden gedaan.

Voordeel van de rekbaarheid en flexibiliteit van neopreen is dat het uitnemen van de plaat gemakkelijk kan om bijvoorbeeld de lampen te vervangen of goed schoon te



figuur 28 - Ophanging neopreen

maken.

De plaat wordt met behulp van twee “roedes” opgehangen in de bak. Hij wordt geklemd tussen twee profielen, vergelijkbaar met de ophanging van de roede in een kledingkast. Door aan beide zijden dit systeem toe te passen wordt de lap neopreen in de warmtebak gespannen, zoals ook te zien in figuur 28.

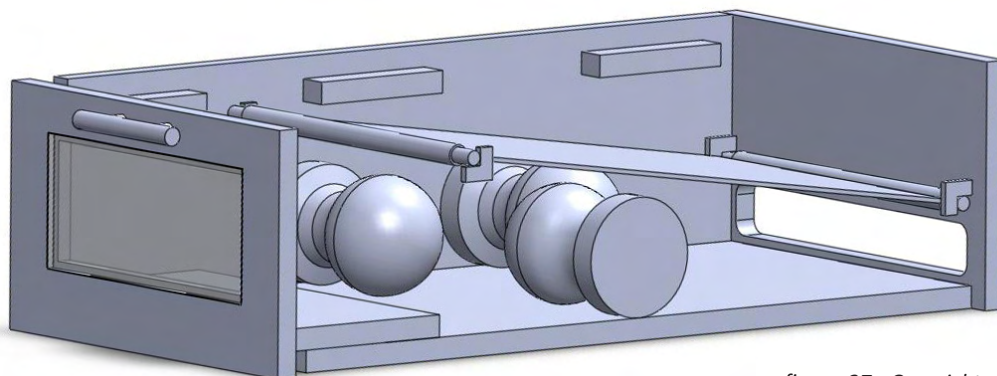
De buisjes voor het neopreen zijn 1cm in diameter, deze worden gemaakt van aluminium of RVS. Dit is duurzamer en vochtwerender dan bijvoorbeeld hout en schuift gemakkelijk door de neopreen sleuven.

De steunen voor de roedes worden gemaakt van hout. Dit is een goedkoop materiaal en het kan tegelijk met de andere onderdelen gelakt worden.

Een alternatief is een standaard inkoopdeel dat dezelfde functie heeft, maar niet per definitie dezelfde vorm.

Het inzetligvlak van het kind is ook uitneembaar, waardoor er veel meer ruimte is om de lampen in geval van defecten te vervangen of andere reparaties uit te voeren zonder de couveuse compleet uit elkaar te hoeven halen.

Voor de lampen is rekening gehouden met een maximale diameter van 8 cm. Om deze reden is de onderbak toch wat hoger geworden dan in de oorspronkelijke tekening.



figuur 27 - Overzicht warmtecompartiment

Alle onderdelen van de onderbak (planken, fittingen, steunen voor ligvlak en neopreengeleiding) worden geschroefd. Specifieke afmetingen zijn te vinden in de bundel werktekeningen in bijlage E. Onder de warmtebak wordt antislip geplakt, zodat het afschuiven extra belemmerd wordt.

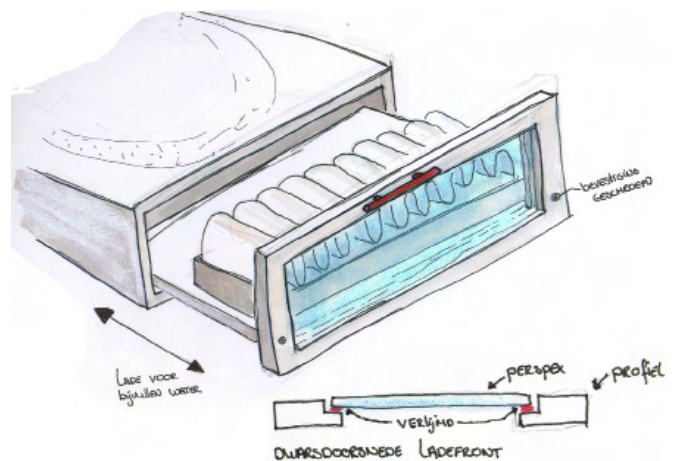
6.2 Lade

De schuifdeurtjes in de bestaande couveuse zijn in dit ontwerp vervangen door een lade aan de kopse kant. Voordeel is dat nu met één handeling de couveuse open gemaakt en het waterreservoir eruit geschoven kan worden. Via deze weg kunnen ook de lampen vervangen worden.

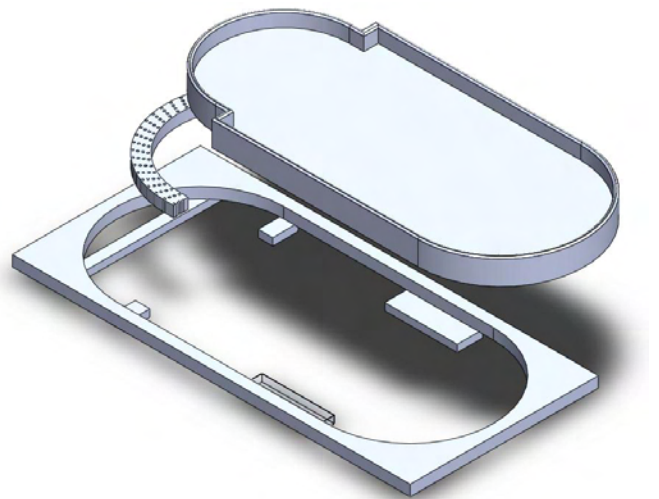
De lade schuift omdat hij niet zo heel zwaar beladen is zonder hulpgeleiding over de bodem. Doordat de onderkant van het ladefront op de grond staat zal deze niet wijken. (zie ook figuur 29)

De lade is voorzien van een handgreep (inkoop) en een uitgefreesde ruimte in het front voor een plaatje perspex. Het ladefront en de bodem zullen gemaakt worden van 18mm multiplex, deze zullen aan elkaar geschroefd worden vanaf de voorkant van het ladefront. De perspex ruit wordt in de uitgefreesde ruimte van het front gelijmd.

Door de opvallende plek en transparantie springt het waterreservoir meer in het oog. Hoewel het waterpeil op deze manier niet direct zichtbaar is wordt de lade, doordat deze niet meer aan het zicht ontnomen is, minder snel vergeten. Het regelen van de vochtigheidsgraad gebeurt net als in de bestaande HEBI door middel van extra 18mm multiplex plankjes die (gestapeld) onder het reservoir, de hoogte aanpassen.



figuur 29- Lade



figuur 30 - ligvlak

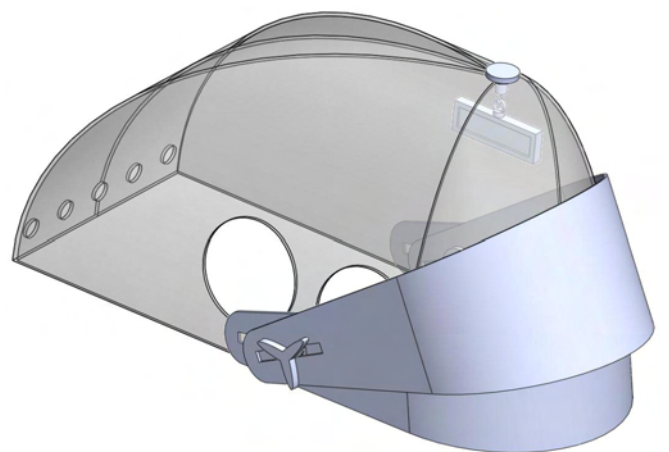
6.3 Ligvlak

Het ligvlak bestaat uit meerdere onderdelen (figuur 30). Het frame (onder in de afbeelding) biedt plaats aan een ligvlak voor de baby (boven in de afbeelding) en (in het midden) een rooster.

Het frame wordt bovenop de steunen in de bak geschroefd, en is daarbij verzonken tussen de zijplaten van het warmtecompartiment. In het frame zijn balken en steunen aangebracht waarop het rooster en de inzet rusten. Deze steunen worden zowel aan het frame gelijmd als geschroefd.

Het rooster is een aluminiumplaat met gaten. Deze heeft de vorm van een halve cirkel met korte "benen" (U-vorm).

Daarbinnen valt de inzet van het ligvlak. Dit is de ligplaats van de baby en deze is "veilig" omgeven door een rand. Deze rand dient niet alleen tegen het uitrollen van het kind, maar geeft door de ronde vorm ook een gevoel van geborgenheid. Daarnaast heeft de gebruiker een meer gespecificeerde ligruimte waardoor er het buiten de ruimte leggen van dekens



figuur 31 - Koepel met kappen

(op het rooster) belemmerd wordt.

Om zoveel mogelijk ruimte te houden is gekozen onder het hoofd de ruimte breder te maken. Doordat het hoofd niet zoveel ruimte nodig heeft kan de couveuse dankzij dit verloop smal uitgevoerd worden. Wanneer het gehele ligvlak breed is zal het totaal ook breder worden om plaats te bieden voor het rooster. De hoeken zijn in de afbeelding nog scherp, voor veiligheid van de baby is een vloeiender verloop wellicht meer geschikt.

Het ligvlak ligt los op de steunen zodat het goed schoon-gemaakt kan worden. Om het ligvlak goed uit te kunnen nemen zijn er twee kleine gaten voor de vingers gemaakt. De flexibele rand van dun perspex wordt om het ligvlak heen vastgelijmd en geschroefd.

6.4 Koepel

Het grondvlak van de koepel bestaat uit een halve cirkel die uitloopt naar een rechthoek. Bij het hoofd van het kind, in de bolling, is de couveuse hoog, de ruimte loopt af richting de voeten. Door deze aflopende constructie wordt voorkomen dat er meer kinderen "overdwars" in de couveuse gelegd worden, zo kunnen infecties worden voorkomen.

De koepel is gemaakt van perspex met een dikte van 0,8cm zodat er goed zicht is op de baby.

In de koepel zitten twee armsgaten zoals we die ook al kennen vanuit de huidige HEBI. Hier kan gebruik worden gemaakt van de nu ook al toegepaste ringen en mouwen.

Bovenin de couveuse zit een gat waardoor een moeder met rubber ring gestoken zodat in de couveuse een thermometer/hygrometer opgehangen kan worden. Deze meters hangen boven het kind wat de illusie wekt dat het kind iets heeft om naar te kijken. Daarnaast zijn er in de zijkant ook twee gaten voor een gelijke moeder- ring constructie als in de top. Hieraan worden aan de buitenkant de kappen ter afdekking bevestigd. Tot slot bevinden zich in de koepel, op de zijde van de rechthoek 5 gaten die zorgen voor uitstroom van de lucht. Voor deze gaten is gaas bevestigd, dit gaas voorkomt dat er insecten bij het kind of de thermostaat kunnen komen. Dit is echter niet verwerkt in het computermodel.

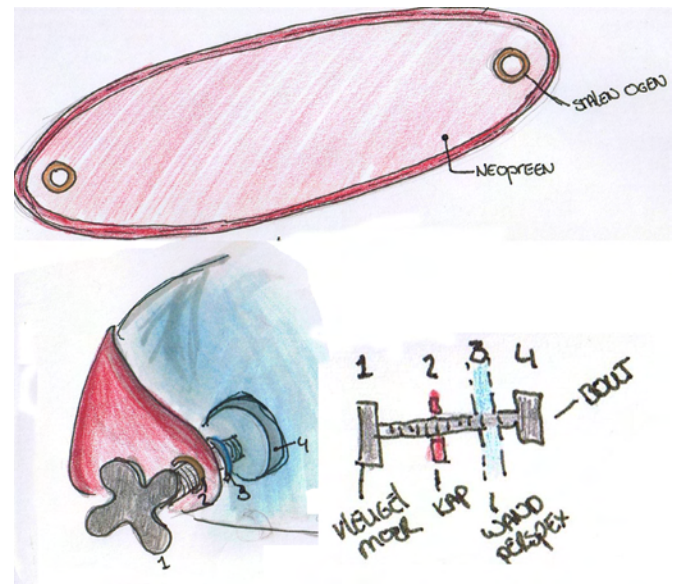
De koepel zit aan de achterkant (t.o.v. de armsgaten) met 2 perspex scharnieren vast. Deze zijn aan de koepel gelast en in het hout van de onderbak geschroefd. Hierdoor kan de koepel naar achteren klappen om goed bij het kind te kunnen.

6.5 Kap

De kap voorkomt dat het kind teveel afkoelt door uitstraling via het heldere perspex. De kap bestaat uit losse onderdelen die net als de luchtgeleidingsplaat gemaakt zijn van neopreen. Hierbij gaven weer de goede isolerende eigenschappen de doorslag. Maar ook robuuste uitstraling en verkrijgbaarheid in verschillende kleuren en makkelijke verwerking en afwerking zijn positieve eigenschappen. Zo geeft de kap de couveuse een veilig "kinderlijk" uiterlijk. Het neopreen wordt

met behulp van bandjes aan een frame van staaldraad bevestigd. In de kappen zitten langwerpige ogen. Deze zijn nodig omdat de couveuse geen uniforme bol is. Door gebruik te maken van langwerpige gaten kunnen ze desgewenst wat verder of juist minder ver naar buiten getrokken worden. Zoals te zien in figuur 31 passen de identieke flappen op deze manier toch op iedere plaats om de couveuse heen. De kappen kunnen vastgeklemd worden door de grote kunststof "vleugel" moeren die op de bout door de koepel zitten strak te draaien. Dit type moer is ook terug te vinden bij bijvoorbeeld verstelbare tafelpoten.

Het opzetten van de kap is meer werk dan een simpele doek over de vlakke couveuse leggen, maar kan heel goed door de moeder zelf uitgevoerd worden. Zij wordt op deze manier meer betrokken bij de verzorging van het kind en heeft het gevoel dat ze haar kind "warm" toe kan dekken. Tevens kunnen met een bijbehorende kap niet per ongeluk de luchtgaten worden dichtgestopt. De bevestiging van de kappen aan de koepel is weergegeven in figuur 32.



figuur 32 - Bevestiging kap

6.6 Inkooponderdelen

De onderdelen die zullen worden ingekocht zijn de bouten en moeren, en de vleugelmoeien om de kap aan te draaien. Tevens moet het handvat voor op de laden worden ingekocht. Ook de thermostaat, fittingen, lampen en meetapparatuur blijven inkooponderdelen zoals ze dat nu ook al zijn.

De thermometer zal gelijk blijven aan de huidige uitvoering en met een bout/moer door het voorgeboorde gat in de nok van de couveuse worden opgehangen, dit is ook te zien in figuur 31. De thermometer wordt op dezelfde manier bevestigd als op de huidige HEBI, de uitstroomopening linksachter, zoals te zien in figuur 33.

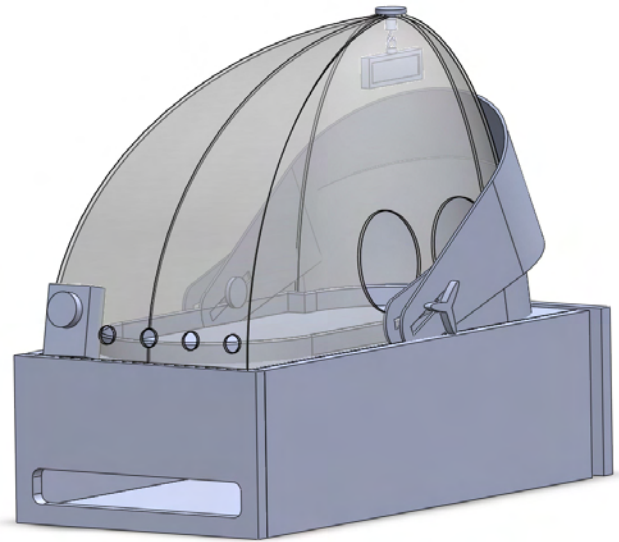
De lampen en fittingen moeten nog steeds ter plaatse gekocht worden evenals lak om de couveuse (gedeeltelijk) dicht te lakken.

Een ander onderdeel dat hetzelfde blijft in de couveuse is het waterreservoir, dit kan op dezelfde manier gemaakt blijven

worden.

De inkoop van de thermo- en hygrometer kent verschillende mogelijkheden. Een gemakkelijke oplossing is een digitale oplossing die beide waarden kan meten. Het is echter moeilijk voor een moeder die analfabeet is om digitale cijfers af te lezen. Zij ziet geen verband tussen de opeenvolgende getallen. Een product met een wijzer is dan overzichtelijker, zo kan ze het verloop waarnemen doordat de wijzer verschuift, eventueel kunnen zelfs kanten op de schaal groen of rood gemarkeerd worden. Dit geldt tevens voor de hygrometer. Voor gebruik in ontwikkelingslanden zijn meters met een wijzer geschikter dan digitaal. Het past minder bij de waarneming dat alles heel modern moet zijn omdat het meer aanslaat. Maar omdat het gebruik van analoge middelen wezenlijk bijdraagt aan de bruikbaarheid van de couveuse door gebruikers van alle niveaus, een belangrijke wens in het programma van eisen, wordt er gekozen voor analoge meters. De meters zullen rond zijn omdat dit meer past bij de uitstraling en de toepassing ervan in de couveuse en dit heeft verder geen gevolgen voor de bruikbaarheid.

De figuren 34 en 35 geven de couveuse weer in verschillende standen en de gebruikssituatie.



figuur 33 - Couveuse met locatie thermostaat



figuur 34 - Couveuse rechtsvoor



figuur 35 - Couveuse in gebruik

7

Conclusies en aanbevelingen

Naar aanleiding van mijn bacheloropdracht zijn vele conclusies te trekken. Om in al deze constatering een goed overzicht te krijgen zal ik dit hoofdstuk in twee delen splitsen. Het eerste deel behandelt de conclusies en aanbevelingen die specifiek van toepassing zijn op het ontwerptraject en de tot stand koming van de de HEBIsphere. Het tweede deel zal het project in het algemeen behandelen. Het verloop van het algemene deel en de verschillende problemen en relevante onderdelen die daarbij komen kijken.

7.1 Ontwerp

De HEBIsphere is een volwaardige nieuwe couveuse, die weliswaar nog getest zal moeten worden, maar die voldoet aan de eisen die gesteld zijn in de aanloop van het project. Toch zijn er een aantal aanbevelingen te maken ten aanzien van het vervolg van het herontwerpen van de HEBI.

De warmtestroming in de HEBI blijkt een heel kwetsbaar punt. Hierdoor zit men redelijk vast aan het traditionele ontwerp. Dit is een reden om aan te bevelen dat er gekeken wordt naar een nieuw verwarmingssysteem. Aangezien LED-verlichting sterk in opkomst is, lijkt dat een tweede reden om te zoeken naar een alternatieve verwarming. Wellicht kan er gekeken worden of IR-LED's toegepast kunnen worden in het systeem. Omdat er in dit project maar korte tijd beschikbaar was om te werken aan een complete couveuse is het lastig gebleken alles in de couveuse te verwerken. De warmtestroming blijkt een vrij complex punt, waarbij meer verdieping en kennis nodig is dan te verwerven viel in dit traject. Het is aan te raden hier verder in te verdiepen en goede alternatieven voor te genereren. Wanneer er alternatieve verwarming mogelijk is, moet er kritisch gekeken worden naar het gebruik van de HEBIsphere, eventueel kan hierbij een model dat lijkt op de HEBIupgrade wel meer van toepassing zijn.

Het is goed mogelijk de bestaande HEBI lichter te maken. Ook zijn er vele moderne materialen te vinden. Hoewel ze in dit onderzoek (nog) niet geschikt lijken worden andere manieren van verbinden nog niet uitgesloten. Er kan bijvoorbeeld een combinatie van kunststof platen en verbingsprofielen gemaakt worden.

Wanneer er goede mogelijkheden zijn om voordeling en gemakkelijk kunststoffen te verbinden en ze goed van verwerking en bacteriën van buitenaf af te sluiten moet dit zeker weer in overweging genomen worden.

In het verleden is gebleken dat bij gebruik van de couveuse veel het rooster werd dichtgestopt omdat het idee bestaat dat daar koude lucht doorheen komt. Om dit te voorkomen kan er een passende doek/matrasje in de vorm van de ligruimte bijgeleverd worden zodat deze het luchtrooster niet afdekt. Een eventuele andere oplossing is het rooster een meer bolle vorm te geven, waardoor het eveneens moeilijk afgedekt kan worden.

De rand van perspex is eventueel een duur onderdeel in het vernieuwde concept. Hier kan gekozen worden voor een goedkoper, dun en flexibel materiaal zoals bijvoorbeeld hardboard. Dit heeft echter een ruwe kant die dan nog afgewerkt moet worden. Een andere optie is het plaatsen van rechte randen langs de couveuse ruimte. Zo wordt de functie tegen het uitrollen van het kind behouden. De geborgenheid van de ruimte en de belemmering om het rooster af te dichten gaan hierbij echter wel verloren.

Daarnaast is een probleempunt van deze couveuse de ronde kap. Het is moeilijk in te schatten of er een sponsor opstaat die kan helpen de vervaardiging van deze couveuse in gang te

zetten. Daarom zijn er ook een aantal algemene aanbevelingen te doen die wellicht geïmplementeerd kunnen worden in een alternatief ontwerp of in het huidige ontwerp.

Een eerste aanbeveling is dat de aanpassing van het waterreservoir. Dit is in het ontwerp van de HEBIsphere gerealiseerd door toevoeging van een ruit. Een andere oplossing kan gevonden worden in de vorm van hevelen. Een voorbeeld hiervan vinden we in de accessoires bij vogelkooien. Hierbij is sprake van een drinkfontein zoals te zien is in figuur 36. Deze fontein werkt met een groot zichtbaar reservoir wat aan de buitenkant zichtbaar (en na te vullen) is. Het water stroomt dan in de uitloop. In dit geval hoeft de couveuse niet meer open (voorkomt warmteverlies) dat in een uitloopbakje stroomt. Zo is goed te zien hoeveel water er nog in het reservoir zit en kan bijna niet meer vergeten worden dit op tijd te vullen. Het reservoir kan bijvoorbeeld een standaard PET-fles zijn. Omdat de inhoud van het reservoir groter is dan die van het bakje hoeft er ook minder vaak nagevuld te worden.

Een andere oplossing die is ontstaan aan de hand van het ontwerpen van de HEBIsphere is het maken van de couveuse in twee delen. Doordat het losse onderdelen zijn kunnen deze eventueel los van elkaar vervangen worden. Daarnaast is er de mogelijkheid om het gedeeltelijk geassembleerd te versturen en kunnen de onderdelen op meer manieren geplaatst worden bij verzending.

Wat betreft het menselijk tintje is het belangrijk om de ouders, en dan voornamelijk de moeder, goed te betrekken in het proces. Opvallend was dat het uiterlijk van de couveuse een enorme impact heeft op het gebruik ervan. Uit de enquête bleek dat meerdere gebruikers aangaven dat het



figuur 36 - Waterreservoir

een geval van status is om het kind in een modernere couveuse te leggen. Het is daarom aan te raden de couveuse een frissere look te geven die meer past bij de moderne insteek. In de HEBIsphere is dit opgelost door hem een geborgen uiterlijk mee te geven. Je hebt je kind het liefst in een veilige omgeving. Om hiervoor te zorgen heb ik gekozen voor de gekleurde kap. Het ziet er veilig en knus uit als in een wieg.

Ook in de westerse couveuse schort het aan een prettig gevoel. Hiervoor is ook nog geen toepassing om niet alleen de ruimte, maar ook de couveuse zelf een wat kindvriendelijker uitstraling te geven.

Een mogelijke kanttekening hierbij zou kunnen zijn, dat ouders van een ziek kind een medische, klinische, technische omgeving als veiliger ervaren omdat dat wel goed móet zijn. Mocht dit het geval blijken kan er voor de kap een neutrale kleur gekozen worden om het er industriëler uit te laten zien.

De bestaande kap ten behoeve van lichttherapie is hier niet meegenomen in het ontwerp. Een mogelijkheid hierin kan zijn het ontwerp van een standaard, in hoogte verplaatsbare lichtunit, die zowel boven de couveuse als boven een los bedje geplaatst kan worden. Als inspiratiebron hiervoor kan het ontwerp van Justin Yarrow et al. gebruikt worden zoals beschreven in hoofdstuk 1.3.

7.2 Project

Met betrekking tot het project is een belangrijke conclusie te trekken: het is nooit af!

Een levenswerk van 40 jaar valt niet aan te passen in 3 maanden. Bij het kennismakingsgesprek werd al duidelijk dat het een groot project zou worden. Het maken van een gekaderd onderwerp om er toch iets van te maken in de korte tijd bleek al moeilijk. Het gekozen brandpunt in het onderzoek, het lichter en aantrekkelijker maken van de couveuse, bleek al een enorm project. Alle verbeterpunten die buiten het kader vielen, zoals het oplossen van het warmteprobleem, kwamen toch weer om de hoek. Hoewel ik tevreden ben over het resultaat dat ik heb kunnen boeken (met name op onderzoeksgebied) in de korte tijd, blijft het gevoel heersen nog lang niet klaar te zijn. Het blijkt voor één persoon in een korte tijd niet mogelijk om een compleet ontwerp neer te zetten, zelfs niet op één punt in het ontwerp. Doordat ontwerp eigenlijk heel sterk samenhangt met de functionaliteit is het niet gemakkelijk dit los van elkaar te bekijken. Ik denk echter dat het een heel interessant multi-disciplinair project is om op verder te gaan.

Daarnaast blijft het lastig om op afstand een project uit te voeren voor een bevolkingsgroep die leeft in omstandigheden die je je maar nauwelijks voor kunt stellen. Het werken met email viel me ontzettend mee. Rekening houdend de beperkte mogelijkheden tot downloaden en online zijn in ontwikkelingsgebieden, heb ik een offline in te vullen en vervolgens online met één druk op de knop te versturen vragenlijst ontworpen. Deze werd heel aardig beantwoord en er zijn veel mensen die

de lijst hebben ingevuld. Toch mis je een stukje verplaatsing, die ondanks vele inspanningen en vragen moeilijk te krijgen zijn zonder op locatie te zijn geweest.

Tot slot heb ik het als lastig ervaren op afstand te werken. Hoewel het vrij was alles op ieder moment per email te vragen mis je toch een stukje verhaal en een stukje feedback en context. Het is gemakkelijk als je wat meer ideeën kan spuien en overleggen met de belanghebbenden. Omdat HEBI een startende stichting is op basis van vrijwilligers die allemaal daarnaast ook nog drukke bezigheden hebben is het maar weinig gelukt om overleg te plannen.

Alles bij elkaar vond ik het zeker een interessant project en blijft het werken met en voor mensen me erg boeien. Het verplaatsen in andere leefwerelden is wellicht niet gemakkelijk maar ik vind het een erg leuk onderdeel. Ik hoop dat ik ondanks de korte tijd toch wat heb bij kunnen dragen aan de HEBI. Ik hoop dat er in de toekomst (misschien wel op basis van mijn verslag en ontwerp) een nieuwe HEBI komt die weer 40 jaar mee kan!



Om tot een goed resultaat te komen heb ik verschillende bronnen geraadpleegd. Alle papieren bronnen, maar ook websites en personen zijn hier vermeld.

8 Bronnen

Bronartikelen voor de analyse:

Y. Khodadadeh, F. Nili, F. Nayeri, Y. Wickramasinghe, 2001, *Comparative clinical evaluation of a prototype nonelectric transport incubator and an electrical infant incubator in a neonatal unit*, *Medical & Biological Engineering & Computing*, vol. 39, p594-600

A. Constantinides, P.M. Colletti, R.A. Snyder, 1973, *A nonelectrical incubator for developing countries*, *Medical and Biological Engineering*.

N. Laroia, D.L. Phelps, J. Roy, 2006, *Double wall versus single wall incubator for reducing heat loss in very low birth weight infants in incubators*.

<http://www.nichd.nih.gov/COCHRANE/Laroia/LAROIA.HTM>

Frank Magnarelli, 2006, *The fundamentals of infant incubators*, *Biomedical Instrumentation & Technology*, vol. may/june, p215-218

A.F. Robertson, J.P. Baker, 2005, *Lessons from the past*, *Seminars in Fetal & Neonatal Medicine*, vol. 10, p23-30

R. Byaruhanga, A. Bergstrom, P. Okong, 2005, *Neonatal Hypothermia in Uganda: Prevalence and Risk Factors*, *Journal of Tropical Pediatrics*, vol. 51, no. 4, p212-280

T. Adam, S.S. Lim, S. Mehta, Z. A Bhutta, H. Fogstad, M. Mathai, J. Zupan, G.L. Darmstadt, *Achieving the millenium development goals for health: Cost effectiveness analysis of strategies for maternal and neonatal health in developing countries*, *bmj.com*

E. Coutinho de Macedo, F. Cruvinel, K. Lukasova, M. Eloisa Famá D'Antino, *The mood variation in mothers of preterm infants in kangaroo mother care and conventional incubator care*, 2007, *Journal of Tropical Pediatrics*, vol. 53, no. 5, p344-346

R.A. Bulatao, J.A. Ross, 2002, *Rating maternal and neonatal health services in developing countries*, *Bulletin of the World Health Organization*, vol. 80, no. 9, p721-727

M.K. Ginalski, A.J. Nowak, L.C. Wrobel, *A combined study of heat and mass transfer in an infant incubator with an overhead screen*, bura.brunel.ac.uk/bitstream/2438/1701/1/Medical+Engineering+&+Physics.pdf

Y.-H. Kim, C.-H. Kwon, S.-C. Yoo, 2002, *Experimental and numerical studies on convective heat transfer in a neonatal incubator*, *Medical & Biological Engineering & Computing*, vol. 40, p114-121

Prasanga D. Hiniduma Lokuge, Yael Maguire, Aileen Wu, *Design of a Passive Incubator for Premature Infants in the Developing World*, n.a., contact me at n.l.m.kea@student.utwente.nl

Websites:

www.hebi-incubator.org

www.embraceglobal.org

<http://extreme.stanford.edu>

http://designthatmatters.org/news/dtm-blog/2008/01/spring_2007_inc_1.php

Personen:

Ik heb veel informatie verkregen van personen, deze wil ik hieronder noemen en bedanken:

Alle respondenten van de vragenlijst en diegenen onder hen die geholpen hebben de lijst te verspreiden.

Justin Yarrow, Harvard University, voor de uitleg over zijn project het opsturen van zijn gegevens en zijn visie op het probleem.

Dhr. C. Venner, Twente University, voor de uitleg over stromingsleer.

Daarnaast wil ik bedanken:

René Stout en Julia Garde voor het begeleiden van het project.

Alle proof-readers die geholpen hebben dit verslag leesbaar te maken.



Achter dit blad vindt u de verschillende bijlagen waarnaar in de tekst van het verslag verwezen is.

- Bijlage A - Plan van aanpak
- Bijlage B - Werktekeningen Huidige HEBI
- Bijlage C - Vragenlijst gebruikersonderzoek
- Bijlage D - Berekeningen gewicht HEBI
- Bijlage E - Werktekeningen HEBIsphere

Bijlage A - Plan van Aanpak

Plan van Aanpak Bacheloropdracht HEBI – Nienke Kea

couveuse voor derdewereldlanden

Actoranalyse

De opdrachtgever is de stichting HEBI gevestigd te Rotterdam, deze stichting houdt zich bezig met de ontwikkeling en verstrekking van couveuses voor derdewereldlanden.

Dokter van Hemel heeft in 1968 een eerste couveuse voor derdewereldlanden ontwikkeld in Uganda, in de loop der jaren is deze couveuse steeds aangepast en verbeterd. Omdat de heer van Hemel niet meer in staat is zelf nog mee te werken aan de verdere ontwikkeling van de couveuse is de stichting Hemel Baby Incubator (of kortweg HEBI) in het leven geroepen om zijn werk voort te zetten.

Naast de fysiek aanwezige couveuse is er bij de stichting geen documentatie aanwezig over de werking van de couveuse.

De couveuse is samengesteld uit onderdelen die op verschillende plekken worden gerealiseerd. Het grootste deel bestaat uit hout, dat wordt bewerkt in een lokaal werkvoorzieningsbedrijf. De kunststof onderdelen worden vervaardigd door Stout Perspex. Kleine (metalen) onderdelen worden in eigen beheer gemaakt. Tot slot worden er een aantal onderdelen ingekocht zoals de elektrische componenten en een rooster.

De afzetmarkt is erg groot, de couveuse wordt zowel in warme als koude gebieden succesvol ingezet.

Hoewel het ontwerp momenteel goed voldoet is het onderhevig aan toekomstige veranderingen, warmte-generatie en beheersing en gewichtsbeperking zijn in de daarbij belangrijke aandachtspunten.

Projectkader

De stichting is recent opgericht en zodoende nog steeds in ontwikkeling. Problemen met betrekking tot de ontwikkeling van de couveuse bevinden zich met name in twee richting.

Ten eerste, weinig/geen documentatie met betrekking tot het huidige ontwerp van de couveuse om op terug te vallen. Van sommige onderdelen is de toepassing niet duidelijk.

Ten tweede worden er problemen gesignaleerd met betrekking tot de toekomstige werking van de couveuse. De warmtevoorziening gebeurt momenteel met gloeilampen, de inefficiëntie van deze lampen is gunstig met betrekking tot de warmteontwikkeling. De snelle opkomst van led-verlichting kan in de toekomst het verkrijgen van gloeilampen lastig maken. Omdat led-verlichting nauwelijks warmte creëert moet er een andere oplossing gezocht worden om de couveuse van warmte te voorzien. Daarnaast is het gewicht van de couveuse een belangrijk aspect. De verzending per vliegtuig gebeurt weliswaar tegen een speciaal liefdadigheidstarief, maar is nog steeds een belangrijk onderdeel van de prijs. Sinds de ramp in Amerika op 11 september 2001 is de controle op het vervoer ook steeds scherper geworden. Daarnaast worden de ARBO-normen binnenkort aangepast in Nederland naar een maximum tilgewicht van 23 kilo.

Aangezien het product wordt gecreeerd in opdracht van de stichting is het de bedoeling dat dit zo praktisch en goedkoop mogelijk gebeurt. De belangen liggen bij de eindgebruikers in de derdewereldlanden.

Doelstelling

Het doel van de opdracht is het herontwerpen van de couveuse zodat deze qua gewicht kan worden klaargemaakt voor de toekomst. Voor deze nieuwe versie dient ook een bijbehorende gebruikershandleiding te worden ontwikkeld. Hierbij moet rekening gehouden worden met specifieke problemen die zich in derdewereldlanden

voordoen zoals bijvoorbeeld, diefstal door armoede en onjuist gebruik door gebrek aan scholing. De gebruikers staan bij het ontwerp centraal, de belangrijkste eisen komen vanuit deze groep.

De doelstelling zal bereikt worden door een analyse te doen van het gesignaleerde probleem en door te huidige couveuse en haar oplossingen op goed te documenteren. Een bureauonderzoek en tests uit te voeren met betrekking tot mogelijke oplossingen van het gesignaleerde gewichtsprobleem. Gebruikerseisen zullen worden opgesteld met hulp van ervaringsdeskundigen. Daaruitvolgend zullen door middel van schets en uitleg aanbevelingen worden gedaan voor toekomstige uitvoeringen van de hebi-couveuse. Tevens wordt er een (gedeeltelijk) model gemaakt van de nieuwe oplossing. Dit alles zal plaatsvinden binnen een tijdsbestek van 3 maanden.

Vraagstelling

1. Wat zijn de kenmerken van de huidige derdewereld couveuse?
 - 1.1. Hoe is de huidige HEBI-couveuse opgebouwd?
 - 1.1.1. Welke materialen zijn er gebruikt?
 - 1.1.2. Welke afmetingen worden er gehanteerd voor de couveuse?
 - 1.1.3. Hoe wordt de couveuse getransporteerd?
 - 1.1.4. Hoe is de temperatuurhuishouding geregeld?
 - 1.1.5. Hoe is beheersing van de vochtigheid geregeld?
 - 1.2. Wat zijn typische derdewereldomstandigheden waarmee rekening moet worden gehouden?
 - 1.2.1. Welke eisen heeft de gebruiker aan de couveuse?
 - 1.2.2. Welke omgevingsfactoren beïnvloeden de werking van de couveuse?
 - 1.2.3. Welke culturele factoren beïnvloeden de werking van de couveuse?
 - 1.3. Zijn er alternatieve couveuses op de markt?
2. Welke oplossingen kunnen er bedacht worden met betrekking tot het gewicht van de couveuse?
 - 2.1. Kunnen de afmetingen van de couveuse worden aangepast?
 - 2.1.1. Hoe groot is de invloed van lagere afmetingen op het gewicht?
 - 2.2. Welke materialen zijn mogelijk geschikt voor gebruik in de couveuse?
 - 2.2.1. Onder welke omstandigheden moeten de materialen functioneren?
 - 2.2.2. Hoe groot is de invloed op het gewicht indien er lichtere materialen worden toegepast?
 - 2.3. Hoe kan het aantal onderdelen in de couveuse worden beperkt?
 - 2.3.1. Hoe groot invloed op het gewicht wanneer er minder onderdelen gebruikt worden?
 - 2.4. Hoe worden verbindingen tussen de verschillende onderdelen gerealiseerd?
 - 2.4.1. Hoe zijn de verbindingen momenteel gerealiseerd?
 - 2.4.2. Welke eisen worden er gesteld aan de verbindingen?
 - 2.4.3. Welke verbindingvormen zijn geschikt voor gebruik in de couveuse?
 - 2.5. Wat zijn mogelijke problemen bij het uitvoeren van een lichtere couveuse?
 - 2.6. Wat zijn de mogelijkheden voor een lichtere verpakking bij verzending?
3. Welke oplossing ten behoeve van gewichtsbesparing is aan te bevelen?
 - 3.1. Welke oplossing is het makkelijkst maakbaar?
 - 3.2. Welke oplossing is het meest geschikt voor de gebruiker?
 - 3.3. Welke oplossing is het minst kostbaar?
4. Hoe ziet een geschikte gebruikershandleiding voor de derde wereld eruit?
 - 4.1. Hoe is momenteel de gebruikershandleiding vormgegeven?
 - 4.2. Wat zijn de beperkingen aan een gebruikershandleiding voor ongeschoolde gebruikers?
 - 4.3. Wat zijn de mogelijkheden tot vormgeving voor een gebruikershandleiding?
 - 4.4. Welke oplossing is het meest geschikt voor gebruik bij de couveuse?

Begripsbepaling

De couveuse;

De couveuse zoals deze momenteel door Hebi naar derdewereldlanden wordt verstuurd.

Westerse couveuse;

Couveuse zoals deze wordt ingezet in ziekenhuizen in ontwikkelde landen zoals Nederland.

Gewicht;

Het gewicht van de couveuse wanneer deze verzendklaar, dus verpakt voor transport, wordt afgeleverd.

Gebruikers;

Mensen die ter plaatse in aanraking komen met de couveuse, monteur, verzorgende, moeder en kind (ook wel: patiënt)

Stroomvoorziening;

Aanvoer van stroom naar een ziekenhuis via een netwerk

Materiaal

Vraag	Bron	Ontsluiting
1. kenmerken couveuse		
1.1.1. Huidig	Werkelijkheid	Observatie van de couveuse
1.1.2.	Werkelijkheid	Meetinstrument; opmeten product
1.1.3.	Personen	Ondervraging stichting hebi
	Werkelijkheid	Observatie verpakking
1.1.4.	Werkelijkheid	Observatie van de couveuse
1.1.5.	Werkelijkheid	Observatie van de couveuse
1.2.1. Omstandigheden	Personen	Ondervraging gebruiker, derdewerldarts en hebi
1.2.2.	Literatuur	Zoeksysteem
	Personen	Ondervraging derderwereldarts
1.2.3.	Literatuur	Zoeksysteem
	Personen	Ondervraging derdewereldarts
1.3. Alternatieven	Literatuur	Zoeksysteem
2. gewicht couveuse		
2.1. Afmetingen	Literatuur	Zoeksysteem
	Personen	Ondervraging
2.1.1.	Werkelijkheid	Meetinstrument, berekeningen
2.2. Materialen	Literatuur	Zoeksysteem
2.2.1.	Personen	Ondervraging
	Literatuur	Zoeksysteem
2.2.2.	Werkelijkheid	Meetinstrument, berekeningen
2.3. Onderdelen	Literatuur	Zoeksysteem
	Werkelijkheid	Meetinstrument, berekeningen
2.3.1.	Werkelijkheid	observatie
	Documenten	Analyse eerdere bevindingen
2.4. Constructie	Literatuur	Zoeksysteem
2.4.1.	Werkelijkheid	Observatie
2.4.2.	Personen	Ondervraging
	Literatuur	Zoeksysteem
2.4.3.	Documenten	Evaluatie concepten en analyse
	Personen	Ondervraging Hebi
2.5. Problemen	Documenten	Analyse
	Personen	Ondervraging Hebi
2.6. Verpakking	Werkelijkheid	Observatie
	Documenten	Analyse
	Literatuur	zoeksysteem
3. Conclusie gewicht		
3.1. Maakbaar	Documenten	Evaluatie concepten en analyse
	Personen	Ondervraging Hebi
3.2. Gebruiker	Documenten	Evaluatie concepten en analyse
3.3. Kostbaar	Documenten	Evaluatie concepten en analyse
	Personen	Ondervraging Hebi
4. Handleiding		
4.1. Huidig	Werkelijkheid	Observatie
4.2. Beperkingen	Personen	Ondervraging
4.3. Vormgeving	Literatuur	Zoeksysteem
	Creatie	Conceptontwikkeling
4.4. Oplossing	Documenten	Analyse
	Personen	Ondervraging Hebi

Strategie

Om de eerste vraag te beantwoorden is het nodig om veel informatie in te winnen. Deze wordt beantwoord door analyse en onderzoek.

Ten eerste is het nodig de bestaande hebi-couveuse goed te documenteren. Hiertoe moeten metingen gedaan worden en een interview gehouden worden met Hebi.

Daarnaast is het nodig om te inventariseren in welke omstandigheden de couveuse zich ter plaatse bevindt. Omdat het niet mogelijk is op locatie de omstandigheden te bekijken is het onderzoek met name gericht op diepte-interviews met ervaringsdeskundigen (artsen in derdewereldlanden en hebi). Daarnaast wil ik proberen contact te houden met een ziekenhuis ter plaatse. Hierdoor moet er inzicht verworven worden met betrekking tot de vastgestelde problemen die behandeld worden in het onderzoek.

Vervolgens wordt er gezocht naar oplossingen op voor gewichtsbeperking. Een literatuur en documentenstudie zal leiden tot een inzicht in de mogelijke oplossingen. Naast materialen zal ook gekeken worden naar mogelijke verbindingen. Met hulp van een overleg met een expert op het desbetreffende gebied zal moeten worden gekeken welke oplossingen ook daadwerkelijk inzetbaar zijn. In deze case-study worden van de mogelijke oplossingen schetsen gemaakt. En worden er (gedeeltelijke) modellen gemaakt van mogelijke oplossingen.

Daarna moeten de meest haalbare probleemoplossende concepten gekozen worden. Door middel van opnieuw een overleg met hebi, literatuuronderzoek en vergelijk met de eerdere analyse wordt gekeken welke oplossing het best zal voldoen. De conclusies van dit onderzoek zullen uitwijzen aan welke aspecten van de geselecteerde oplossing nog verder gewerkt moet worden. Hiertoe zullen aanbevelingen worden gedaan.

Tot slot moet bij het nieuwe ontwerp een nieuwe gebruikershandleiding worden gemaakt. Hier wordt gekeken naar mogelijkheden en beperkingen in derde wereldlanden. In overleg met experts en door conceptgeneratie zullen hiertoe oplossingen worden gevonden en gekozen.

Knelpunten

In de planning zal het grootste knelpunt het contact met personen zijn. Afspreken is het lastigste onderdeel van de planning. Om dit op te lossen is voor het onderzoek dan ook een langere doorloop dan werktijd gekozen. In de doorlooptijd kan dan eventueel al verder gewerkt worden, en gemakkelijker afspraken worden gepland. Verderop in de planning, dienen weer afspraken plaats te vinden. Deze afspraken zullen vooraf gepland moeten worden en het is daarom belangrijk de planning nauwgezet te volgen, zodat de inhoud van deze afspraken ook gereed is. Een ander knelpunt is het gebrek aan inzicht van de gang van zaken op de locatie van het product. Dit wordt ondervangen door in het onderzoek tijd te besteden aan ervaringsdeskundigen. Het is niet mogelijk om ter plaatse te gaan kijken. Daar de stichting voornamelijk contacten heeft met Kenia en de situatie in dat land momenteel gevaarlijk is.

Contact onderhouden met een plaatselijke gebruikslocatie zal wordt wel geprobeerd, knelpunt is hier echter dat deze locaties erg afgelegen en onbereikbaar zijn. Dit zal ook worden ondervangen met ervaringsdeskundigen.

Een ander knelpunt kan zijn dat er slechts drie maanden aan bod komen. Dit is ondervangen door niet alle toekomstige problemen te behandelen maar te richten op het gewicht.

Bronvermelding

- Verschuren, P. & Doorewaard, H. (2000)
Het ontwerpen van een onderzoek
Utrecht: Lemma
- Informatiebrochure en uitleg stichting Hebi
- Arbo tilgewicht
<http://www.arbobondgenoten.nl/arbothem/lichblst/lift.htm>
<http://www.arbo-online.nl/?subject=article&id=142>
- Website opdrachtgever
<http://www.hebi-incubator.org>

Gespreksaantekeningen

locatie: Stout Perspex
datum en tijd: 18 december 2007, 12.00 – 14.00 uur
deelnemers: Dhr. Stout en Dhr. Zweers van stichting Hebi, Nienke Kea
onderwerp: Mogelijkheden bacheloropdracht

Kennismaking – opdrachtgever

Ontvangen door dhr Chris Zweers. Deze heeft mij ingeleid in de achtergrond van de stichting. De stichting is opgezet om het werk van Dhr. van Hemel die de couveuse ontwikkeld heeft voort te zetten. Dhr. van Hemel is zelf niet meer in staat hieraan mee te werken aangezien hij lijdt aan Alzheimer.

De stichting is nog niet lang bezig en ontwikkeld alleen de couveuse. Later arriveert ook dhr. Stout eigenaar van Stout perspex en voorzitter van Hebi, hij zal mijn aanspreekpunt zijn gedurende de opdracht. We kijken in het naastgelegen pand waar de couveuses op dit moment klaargemaakt worden naar een model. Hierbij vertelt de heer Stout ook over zijn ervaringen van een reis met Dr. van Hemel door afrika. De couveuse is niet gedocumenteerd en van enkele onderdelen blijkt de functie dan ook niet bekend. De voornaamste problemen lijken nu het gebrek aan gloeilampen in de toekomst, het hoge gewicht van het te verzenden pakket en moeilijkheden met luchtcirculatie bij hoge temperaturen.

Onderdelen voor de couveuse worden op verschillende locaties gemaakt. De perspex onderdelen worden gemaakt in de fabriek van dhr. Stout, houten onderdelen worden gemaakt in een lokaal werkvoorzieningsbedrijf, kleine metalen onderdelen gemaakt in de werkplaats van Hebi en tot slot wordt er een aantal delen ingekocht.

Tot slot volgt nog een ronde door het bedrijf van dhr. Stout om te kijken wat er allemaal gemaakt kan worden.

Kennismaking – Nienke Kea

Ik heb verteld over de opleiding Industrieel Ontwerpen. Welke vakken er onderwezen worden, wat een bacheloropdracht is, enzovoort. Daarnaast heb ik wat over mezelf verteld, en wat mijn interesses zijn binnen het Industrieel Ontwerpen. Ik word vooral aangetrokken door het praktische gebruik van de couveuse. Eerst nog wat twijfels over het hoge werktuigbouwkarakter van de opdracht uitgesproken. Maar blijf erg aangetrokken tot het product. Producten die dichtbij mensen staan spreken mij altijd erg aan. Ook het verdiepen in cultuur en de medische achtergrond vind ik interessante onderdelen. Aangegeven dat ik wanneer het lukt ook graag in praktijk naar de couveuse wil kijken. Hebi geeft aan goede contacten te hebben in Kenia.

Ideeën voor opdracht

Omdat de opdracht nog zo breed is en er nog veel aan de couveuse gedaan moet worden hebben we afgesproken dat ik een voorstel voor een opdrachtsomschrijving/plan van aanpak zou doen. Daarna proberen we daarover in overeenstemming te komen. Hebi heeft geen duidelijk beeld van wat de voorkeur is voor de opdracht. Het mag een compleet nieuw ontwerp zijn maar ook verbeteringen van de aangegeven onderdelen.

Praktische zaken

Afgesproken is dat ik het initiatief neem met de opdracht. Er zal dus een opdrachtsomschrijving van mijn kant komen.

De stichting kan geen goede werkplek bieden, maar is wel behulpzaam met contacten en afspraken. Mailcontact en vragen kunnen gemakkelijk gesteld worden. Langskomen is ook geen probleem. René Stout wordt mijn begeleider.

Ik heb aangegeven nog niet zeker te zijn van een startdatum, maar dat ik streef naar een start eind februari/begin maart. Hebi zit niet vast aan deadlines dus zij zien dit niet als een probleem.

Omdat hebi een stichting is kan zij geen loonvergoeding aanbieden. Dit is voor mij geen probleem. Een geringe onkostenvergoeding is eventueel wel mogelijk.

Afsluiting

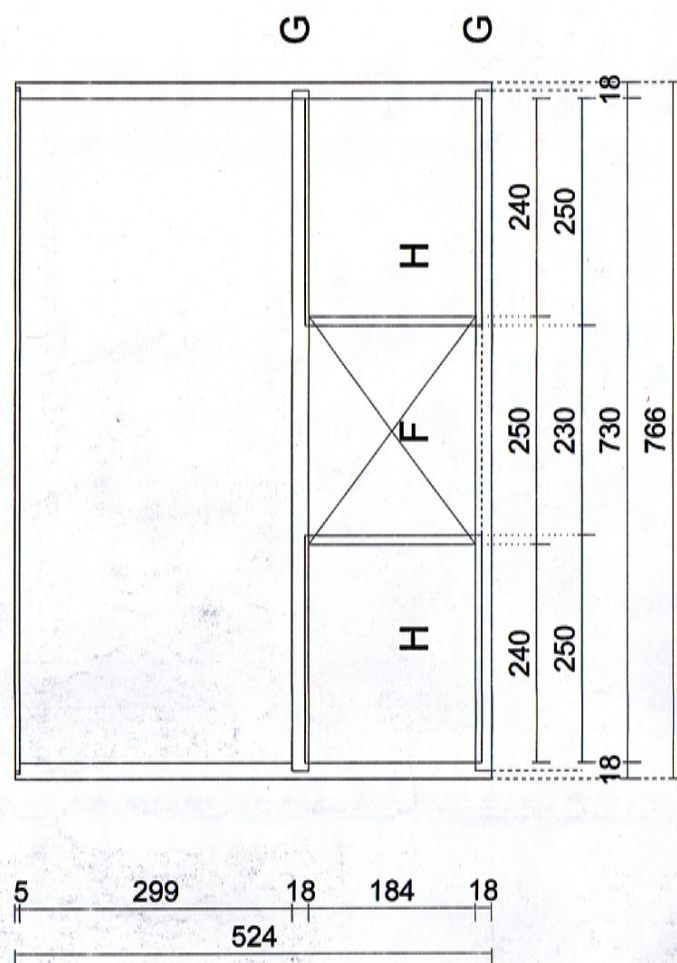
Gegevens zijn uitgewisseld. Verder contact wordt voortgezet via email en telefoon. Het plan van aanpak zal de nieuwe aanzet zijn tot de opdracht.

Bijlage B - Werktekeningen huidige HEBI

MATERIAALLIJST

A. achterwand	multiplex 18 mm	748 x 524 mm
B. zijwand links	multiplex 18 mm	377 x 524 mm
C. zijwand rechts	multiplex 18 mm	377 x 524 mm
D. bodem	multiplex 18 mm	748 x 363 mm
E. tussenplank	multiplex 18 mm	748 x 363 mm
F. steunplank	multiplex 18 mm	250 x 184 mm
G. deklaf 2x	beuken 5 mm	lang 748 mm
H. schuifdeur 2x	volkerplaat 6 mm	250 x 198 mm
K. bodembesch	promat 8 mm	328 x 730 mm
L. tussenplbs	promat 8 mm	328 x 650 mm
M. luchtgeleiding	promat 8 mm	328 x 638 mm
M. luchtgeleiding	indien ingefreesd	346 x 638 mm

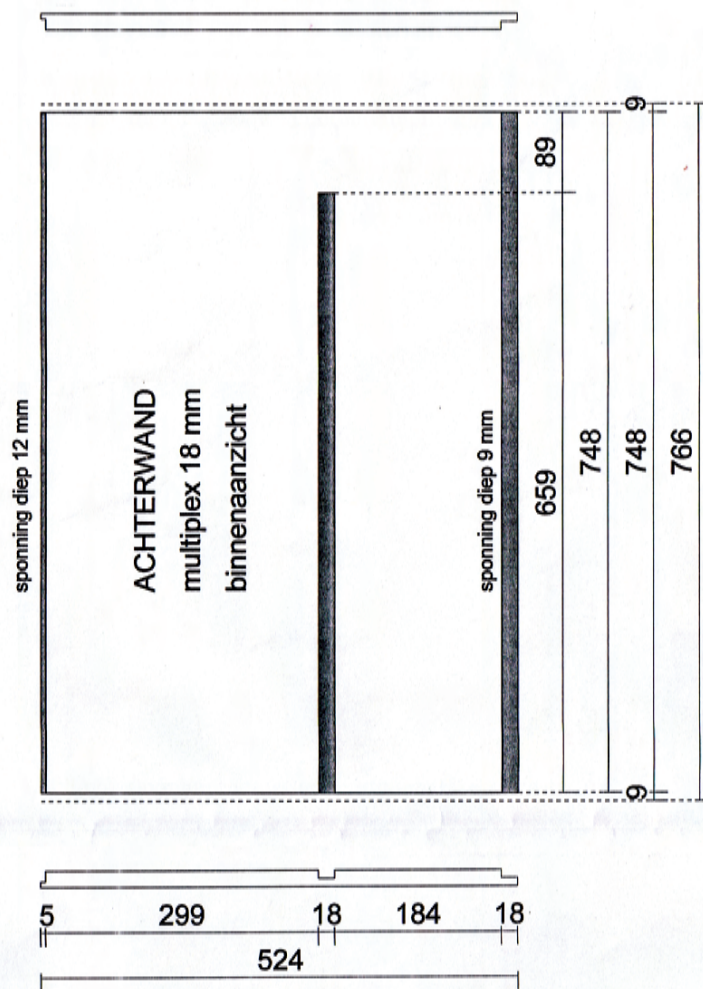
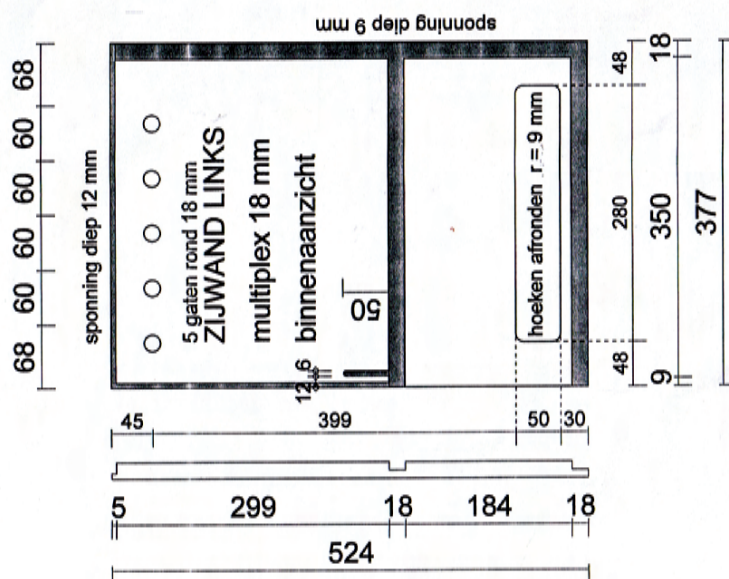
VOORAANZICHT



VAN HEMEL'S PREMATURE INCUBATOR

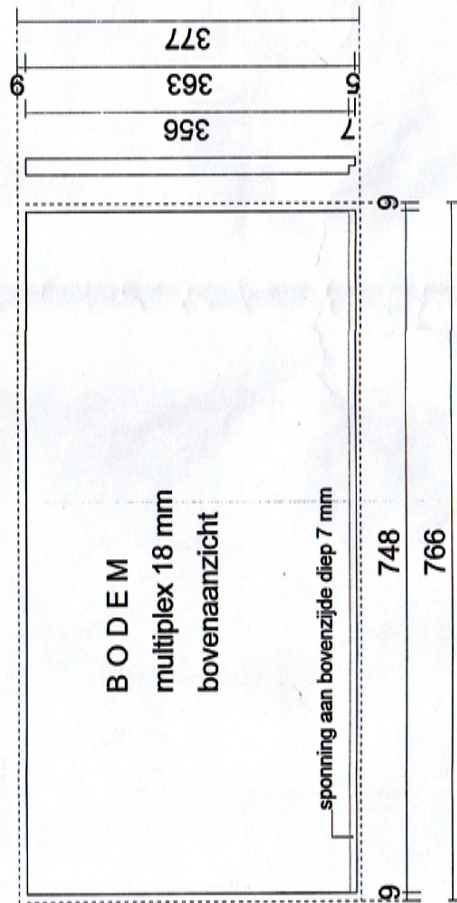
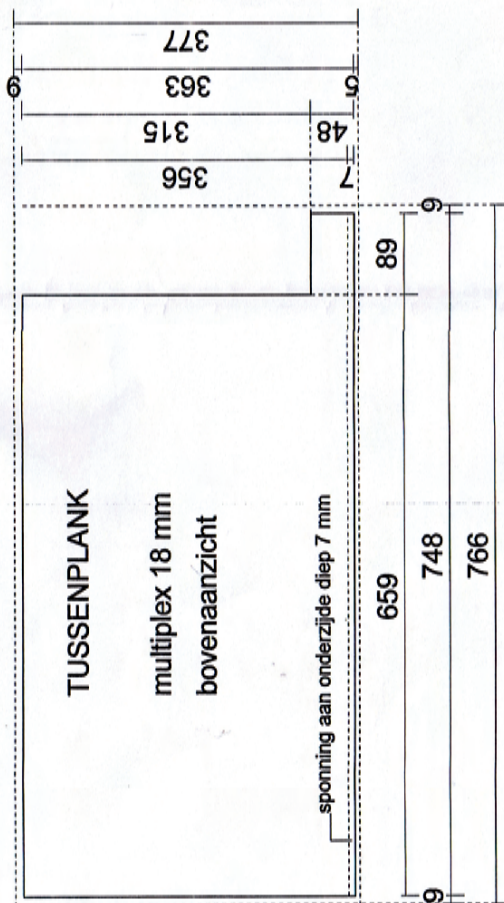
KIWA 72 - 01 / 05022008 / 1 :5





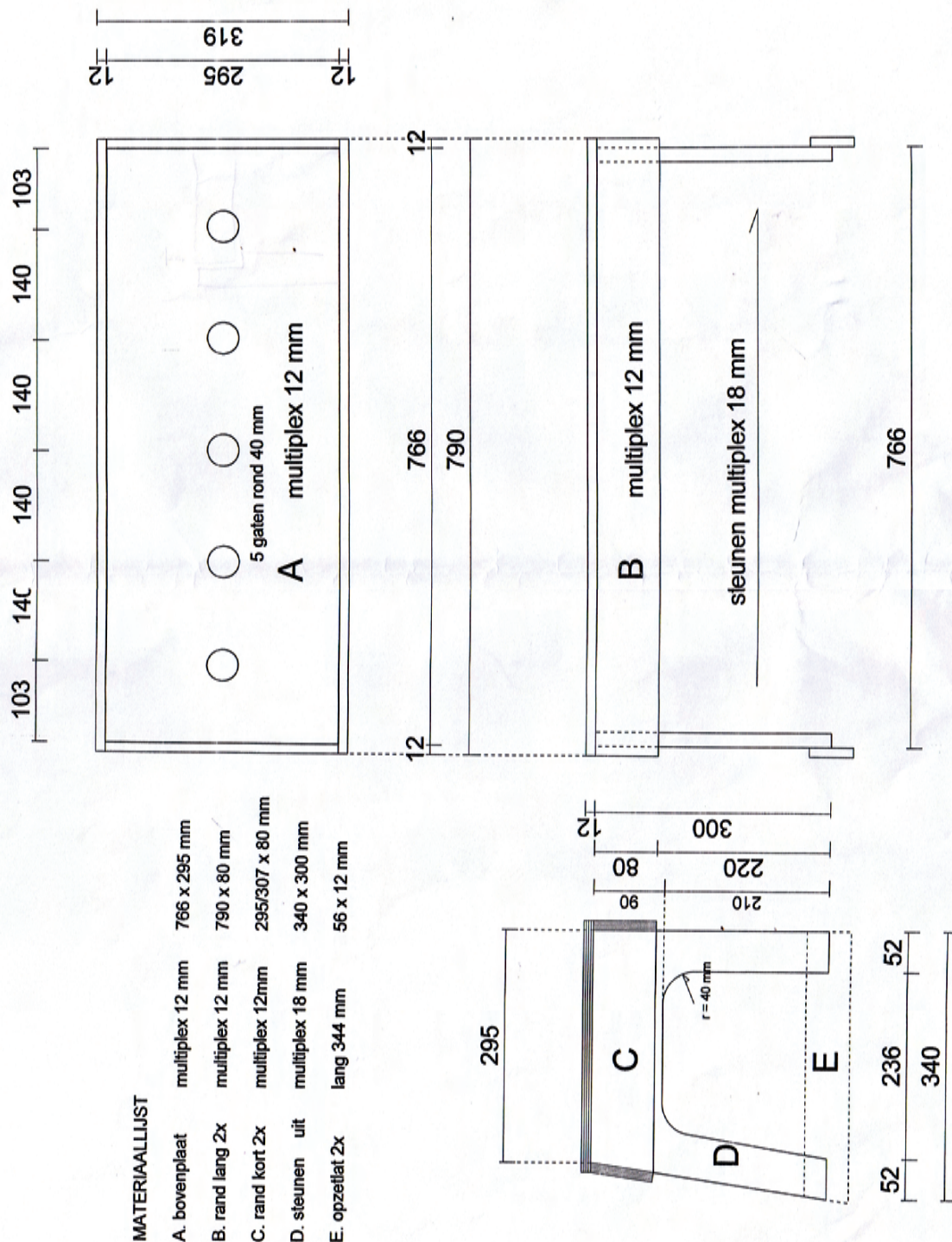
VAN HEMEL'S PREMATURE INCUBATOR

05022008
KIWA 72 - 03



VAN HEMEL'S PREMATURE INCUBATOR

05022008
KIWA 72 - 05



05022008
KIWA 72 - 06

VAN HEMEL'S PREMATURE INCUBATOR

Bijlage C - Vragenlijst gebruikersonderzoek

Vragenlijst Neonatologie in Ontwikkelingslanden

Ten behoeve van herontwerp Hemel Baby Incubator

Als student Industrieel Ontwerpen houd ik mij momenteel bezig met een herontwerp van de Hemel Baby Incubator, kortweg HEBI, voor de gelijknamige stichting. Om een goed beeld te krijgen van de situatie ter plaatse heb ik een vragenlijst opgesteld die mij meer inzicht moet geven in het gebruik van en de eisen aan een couveuse in ontwikkelingslanden.

Graag zou ik u dan ook vragen om dit formulier in te vullen! En vervolgens met de knop submit by email naar mij te zenden.

Mocht dit niet werken kunt u ook handmatig opslaan en sturen naar: n.l.m.kea@student.utwente.nl

Met vriendelijke groet,
Nienke Kea

Voor meer informatie over de HEBI: www.hebi-incubator.org

Om uw informatie goed in te kunnen delen zou ik graag weten vanuit welke achtergrond u deze vragen beantwoord. Daarom zullen we beginnen met vragen die uw eigen situatie beschrijven. De velden kunnen zoveel tekst bevatten als u kwijt wilt, automatisch zal het veld doorlopen wanneer u de zichtbare ruimte overschrijdt.

Uw (werk)situatie

1. Welke opleiding heeft u gevolgd?

2. In wat voor werkomgeving/bedrijf werkt u nu? (bijv. ziekenhuis, raadgevend)

3. In wat voor functie bent u momenteel werkzaam?

Indien u in een ontwikkelingsgebied werkt of heeft gewerkt:

4. In welk werelddeel/land bent u werkzaam (geweest)?
In welke jaren?

5. Heeft u daarbij voornamelijk in stedelijke of plattelandsgebieden gewerkt?

Medische situatie ontwikkelingslanden

6. In wat voor soort omgeving worden kinderen opgevangen wanneer zij nog medische zorg nodig hebben na de geboorte? (ziekenhuis, dorpshuis, thuis?)

7. Welke aandoeningen komt u zoal tegen bij vroeg/pasgeborenen in ontwikkelingslanden?
Wat zijn hiervan, de meestvoorkomende?

8. Hoe kunnen deze aandoeningen worden behandeld?

Culturele situatie ontwikkelingslanden

9. In welke gezinssamenstelling worden de meeste kinderen geboren? Is ook de vader actief bij de situatie betrokken? Kunt u hiervan een beschrijving geven?

10. Hoe staat de bevolking tegenover het gebruik van medische apparatuur? Zijn er hierbij ook verschillen per product?

Indien er in uw omgeving ook couveuses gebruikt worden:

11. Begrijpen ouders wat er gebeurt in een couveuse? Staat het gebruik van een couveuse ver af van de culturele gebruiken? Is er kans op verstoting van een kind?(kunt u dit toelichten?)

Neonatologie producten

12. Heeft u wel eens gewerkt met een HEBI? Zo ja, kunt u een beschrijving geven van de omstandigheden op locatie en eventuele positieve/negatieve ervaringen?

13. Heeft u gewerkt met andere producten op het gebied van neonatologie in ontwikkelingslanden? (andere couveuse, verwarmde slaapzak) Kunt u hier een beschrijving/ervaringen van geven?

Omstandigheden ziekenhuis ontwikkelingslanden

14. Hoe is het personeel in een ziekenhuis samengesteld?

15. Door wie worden pasgeborenen hoofdzakelijk behandeld? (dagelijkse dingen)?

16. Hoe hoog is de werkdruk op de verpleging? Aantal babys per verpleegster?

17. Wat voor scholing heeft het verplegend personeel doorgaans gehad?

18. Wie zijn verantwoordelijk voor de handhaving van de hygiëne in het ziekenhuis?

Betrokkenheid moeder

19. Hoe is de moeder betrokken bij de verzorging van haar kind?

20. Is het mogelijk de moeder actief in te zetten bij de verzorging van haar kind, waarbij zij eventueel ook zelf simpele (medische) waarnemingen/verrichtingen kan uitvoeren? (Bijvoorbeeld ondersteund door het ontwerp van de couveuse) Wat is uw visie hierop?

Indien u zelf nog opmerkingen/vragen/toevoegingen of ander commentaar heeft kunt u de ruimte hieronder gebruiken:

Hartelijk dank voor het invullen van deze vragenlijst! U kunt deze verzenden door op de onderstaande knop "submit by email" te klikken. Wanneer dit niet lukt is het ook mogelijk de vragenlijst ingevuld op te slaan en deze als attachment te versturen naar: n.l.m.kea@student.utwente.nl

Submit by Email

Bijlage D - Berekeningen gewicht HEBI

Afmetingen en gewicht HEBI coueuse

Huidige HEBI	onderdeel	materiaal	dikte (mm)	lengte	breedte	aantal	mm3	m3	dichtheid (kg/m3)	gewicht (kg)	
	achterwand	multiplex	18	748	524	1	7055136	0.0071	800	5.644	
	zijwand links	multiplex	18	377	524	1	3555864	0.0036	800	2.845	
	zijwand rechts	multiplex	18	377	524	1	3555864	0.0036	800	2.845	
	Bodem	multiplex	18	748	363	1	4887432	0.0049	800	3.910	
	tussenplank	multiplex	18	748	363	1	4887432	0.0049	800	3.910	
	steunplank	multiplex	18	250	184	1	828000	0.0008	800	0.662	
	deklat	beuken	5	748		2	0	0.0000		0.000	
	schuifdeur	volkern	6	250	198	2	594000	0.0006	1350	0.802	
	bodembescherming	promatectH	8	328	730	1	1915520	0.0019	875	1.676	
	tussenplbs	promatectH	8	328	650	1	1705600	0.0017	875	1.492	
	luchtgeleiding	promatectH	8	328	638	1	1674112	0.0017	875	1.465	
	bovenplaat	pmma	6	748	363	1	1629144	0.0016	1160	1.890	
	zijplaat	pmma	6	748	299	1	1341912	0.0013	1160	1.557	

Kleinere HEBI										
onderdeel	materiaal	dikte (mm)	lengte	breedte	aantal	mm3	m3	dichtheid (kg/m3)	gewicht (kg)	
ligvlak 300*600mm	achterwand	multiplex	18	698	524	1	6583536	0.0066	800	5.267
	zijwand links	multiplex	18	350	524	1	3301200	0.0033	800	2.641
	zijwand rechts	multiplex	18	350	524	1	3301200	0.0033	800	2.641
	Bodem	multiplex	18	698	336	1	4221504	0.0042	800	3.377
	tussenplank	multiplex	18	698	336	1	4221504	0.0042	800	3.377
	steunplank	multiplex	18	240	184	1	794880	0.0008	800	0.636
	deklat	beuken	5	698		2	0	0.0000		0.000
	schuifdeur	volkern	6	250	198	2	594000	0.0006	1350	0.802
	bodembescherming	promatectH	8	301	680	1	1637440	0.0016	875	1.433
	tussenplbs	promatectH	8	301	650	1	1565200	0.0016	875	1.370
	luchtgeleiding	promatectH	8	301	638	1	1536304	0.0015	875	1.344
	bovenplaat	pmma	6	698	336	1	1407168	0.0014	1160	1.632
zijplaat	pmma	6	698	299	1	1252212	0.0013	1160	1.453	
totaal gewicht									24.520	

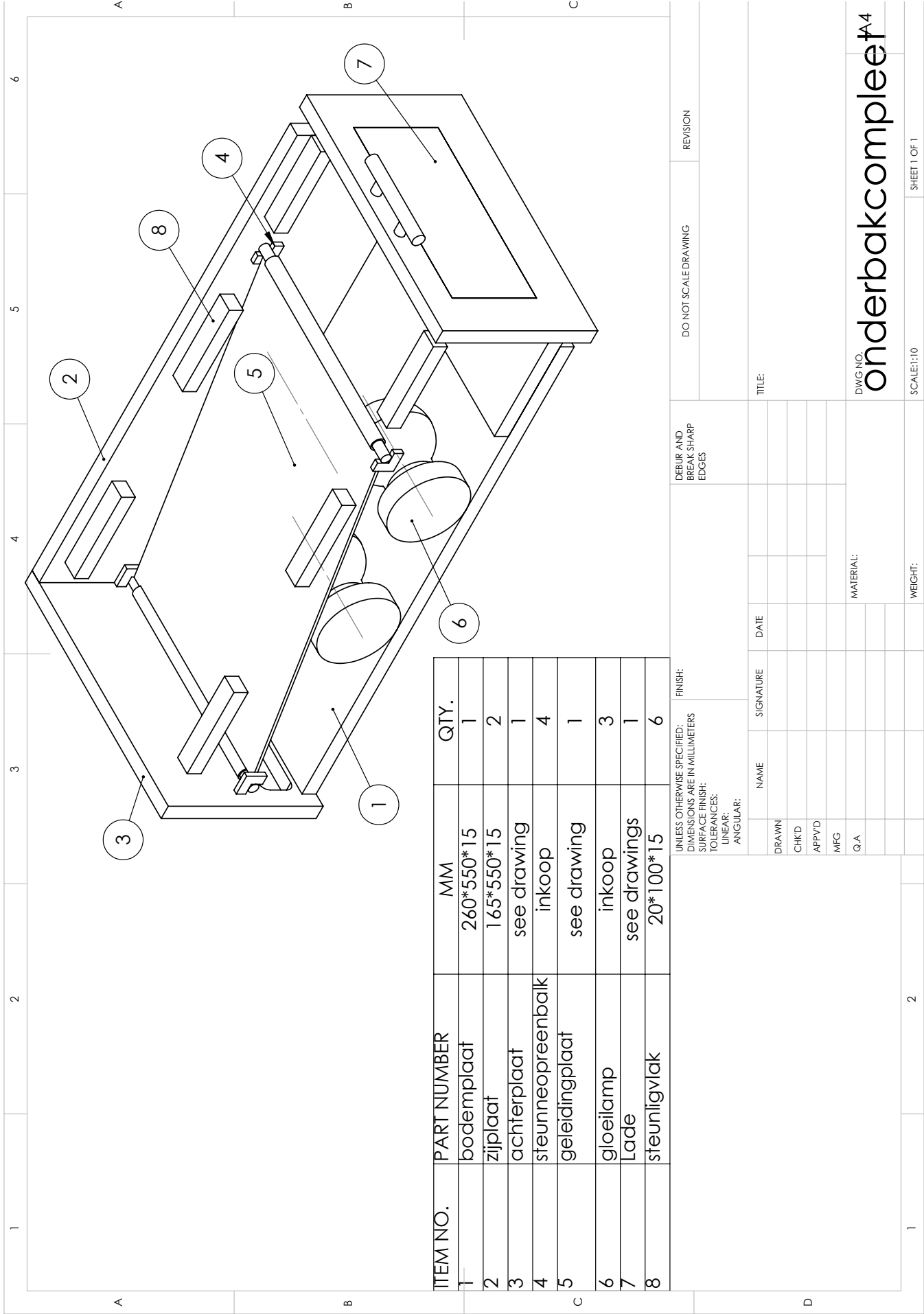
	onderdeel	materiaal	dikte (mm)	lengte	breedte	aantal	mm3	m3	dichtheid (kg/m3)	gewicht (kg)
Lagere HEBI ligvlak 300*600mm hoogte onderste compartiment 92mm	achterwand	multiplex	18	698	524	1	6583536	0.0066	800	5.267
	zijwand links	multiplex	18	350	524	1	3301200	0.0033	800	2.641
	zijwand rechts	multiplex	18	350	524	1	3301200	0.0033	800	2.641
	Bodem	multiplex	18	698	336	1	4221504	0.0042	800	3.377
	tussenplank	multiplex	18	698	336	1	4221504	0.0042	800	3.377
	steunplank	multiplex	18	240	184	1	794880	0.0008	800	0.636
	deklat	beuken	5	698		2	0	0.0000		0.000
	schuifdeur	volkern	6	250	198	2	594000	0.0006	1350	0.802
	bodembescherming	promatectH	8	301	680	1	1637440	0.0016	875	1.433
	tussenplbs	promatectH	8	301	650	1	1565200	0.0016	875	1.370
	luchtgeleiding	promatectH	8	301	638	1	1536304	0.0015	875	1.344
	bovenplaat	pmma	6	698	336	1	1407168	0.0014	1160	1.632
	zijplaat	pmma	6	698	299	1	1252212	0.0013	1160	1.453
							totaal gewicht			24.520

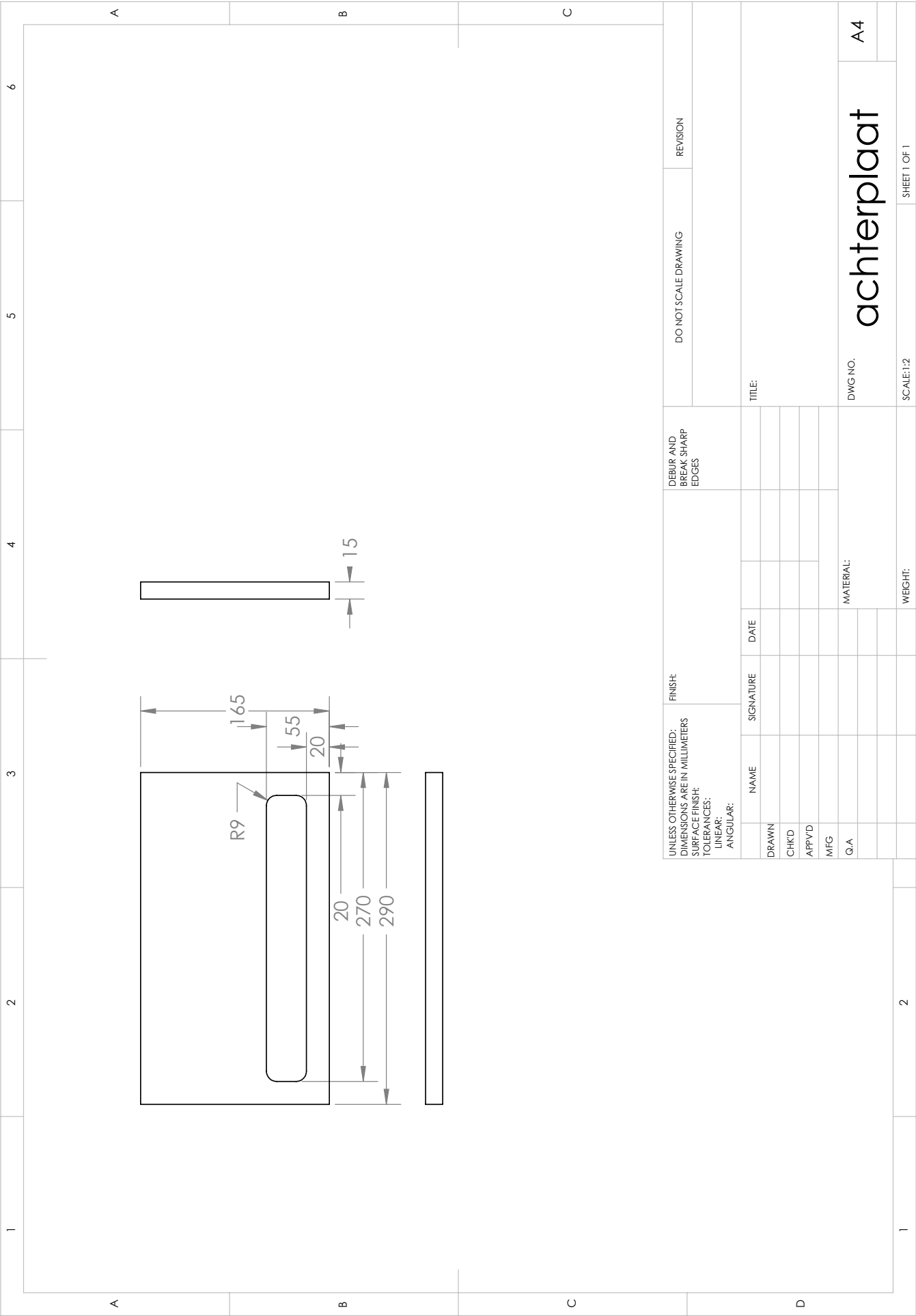
	onderdeel	materiaal	dikte (mm)	lengte	breedte	aantal	mm3	m3	dichtheid (kg/m3)	gewicht (kg)
HEBI upgrade benadering	onderplaat	multiplex	15	650	260	1	2535000	0.0025	800	2.028
	zijwand hout 2x	multiplex	15	200	300	2	1800000	0.0018	800	1.440
	zijwand plexiglas 2x	pmma	6	450	230	2	1242000	0.0012	1160	1.441
	schuine kap plexi	pmma	6	480	260	1	748800	0.0007	1160	0.869
	schuine kap hout	multiplex	15	200	260	1	780000	0.0008	800	0.624
	topplank hout	multiplex	15	100	260	1	390000	0.0004	800	0.312
	steun waterbakje	multiplex	9	70	260	1	163800	0.0002	800	0.131
	geleidingplaat	neopreen	3	200	260	1	156000	0.0002	1250	0.195
							totaal gewicht			7.039

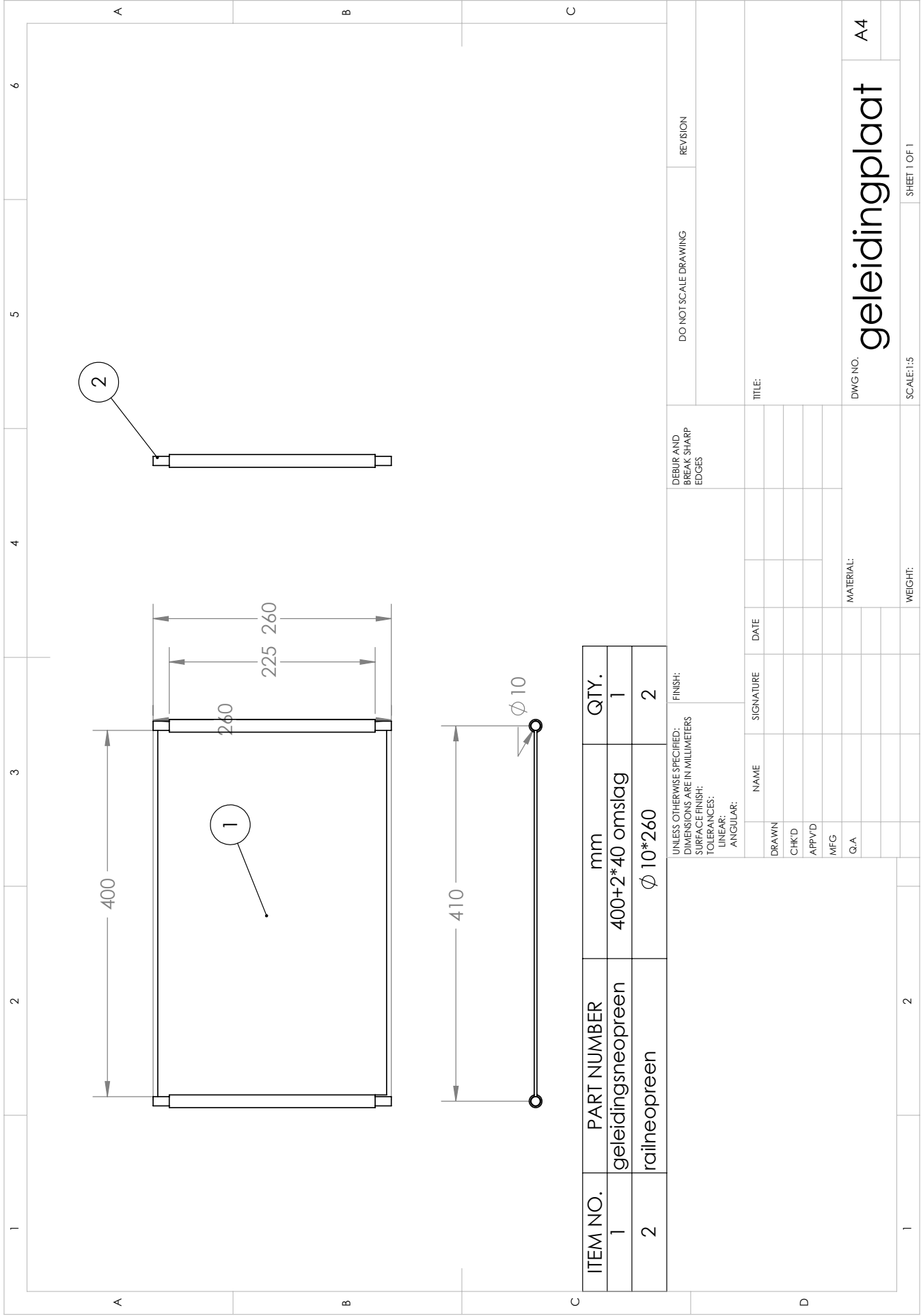
D24 Berekeningen gewicht HEBI

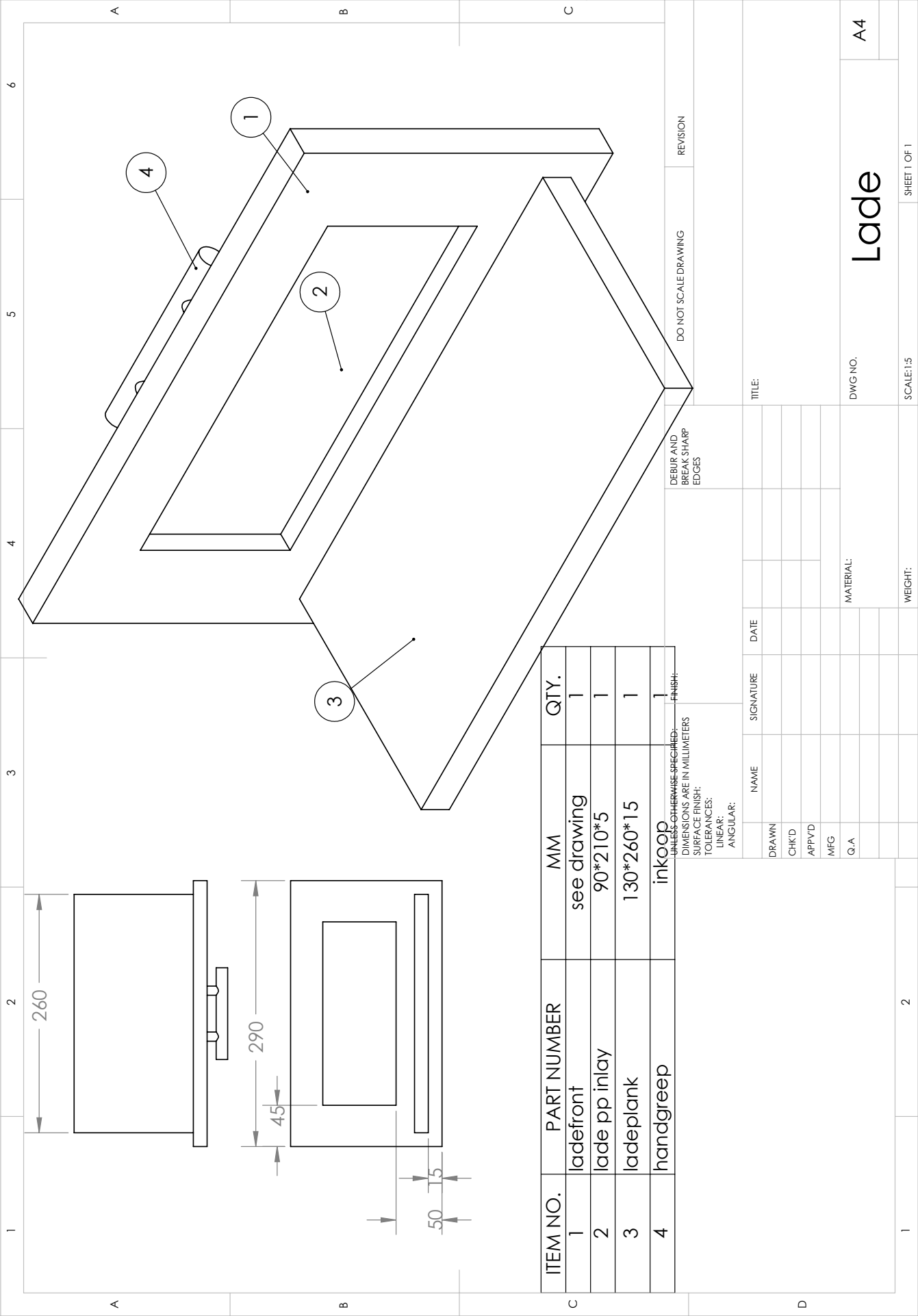
HEBI sphere benadering	onderdeel	materiaal	dikte (mm)	lengte	breedte	aantal	mm3	m3	dichtheid (kg/m3)	gewicht (kg)
	onderplaat	multiplex	15	550	260	1	2145000	0.0021	800	1.716
	zijwand hout 2x	multiplex	15	165	550	2	2722500	0.0027	800	2.178
	achterwand hout	multiplex	15	290	155	2	1348500	0.0013	800	1.079
	ladefront	multiplex	15	130	260	1	412500	0.0004	800	0.330
	ladefront inzet	pmma	5	210	90	1	94500	0.0001	1160	0.110
	ladebodem	multiplex	15	100	260	1	390000	0.0004	800	0.312
	ligvlak	multiplex	15	260	550	1	2145000	0.0021	800	1.716
	koepel (bij benadering)	pmma	8	550	670	1	2948000	0.0029	1160	3.420
	kap	neopreen	3	100	560	2	336000	0.0003	1250	0.420
	geleiding	neopreen	3	250	400	1	300000	0.0003	1250	0.375
									totaal gewicht	11.655

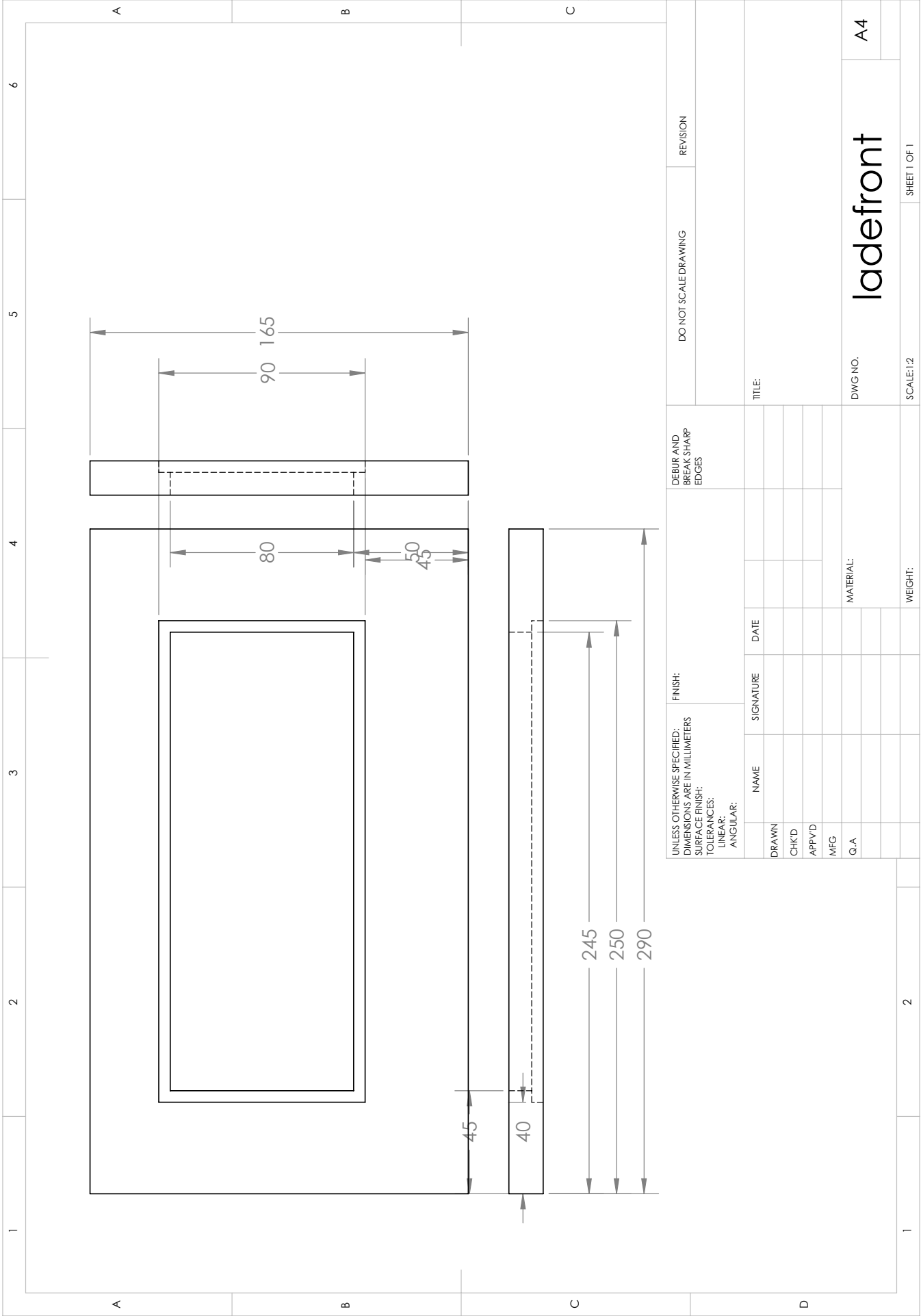
Bijlage E - Werktekeningen HEBIsphere

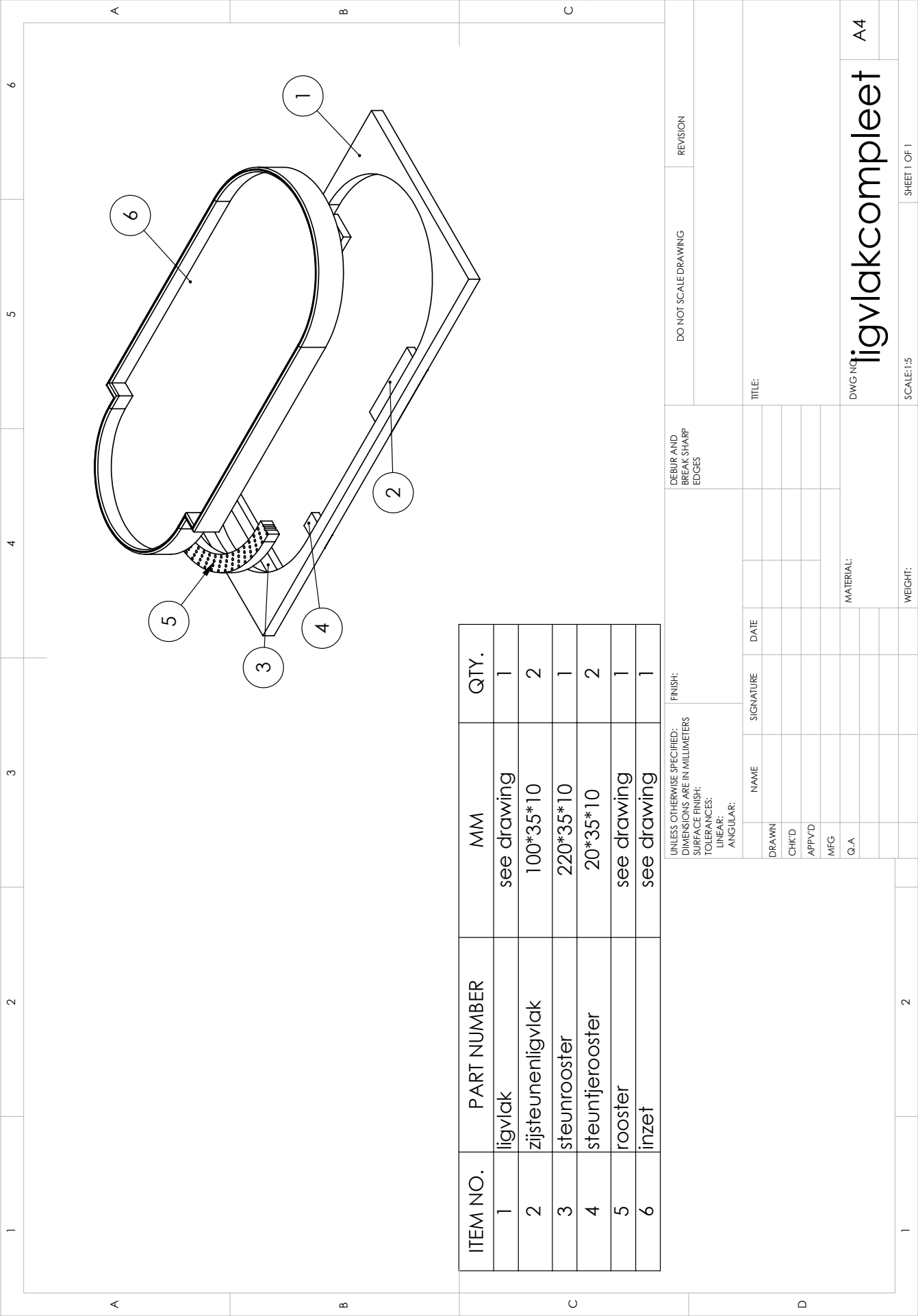


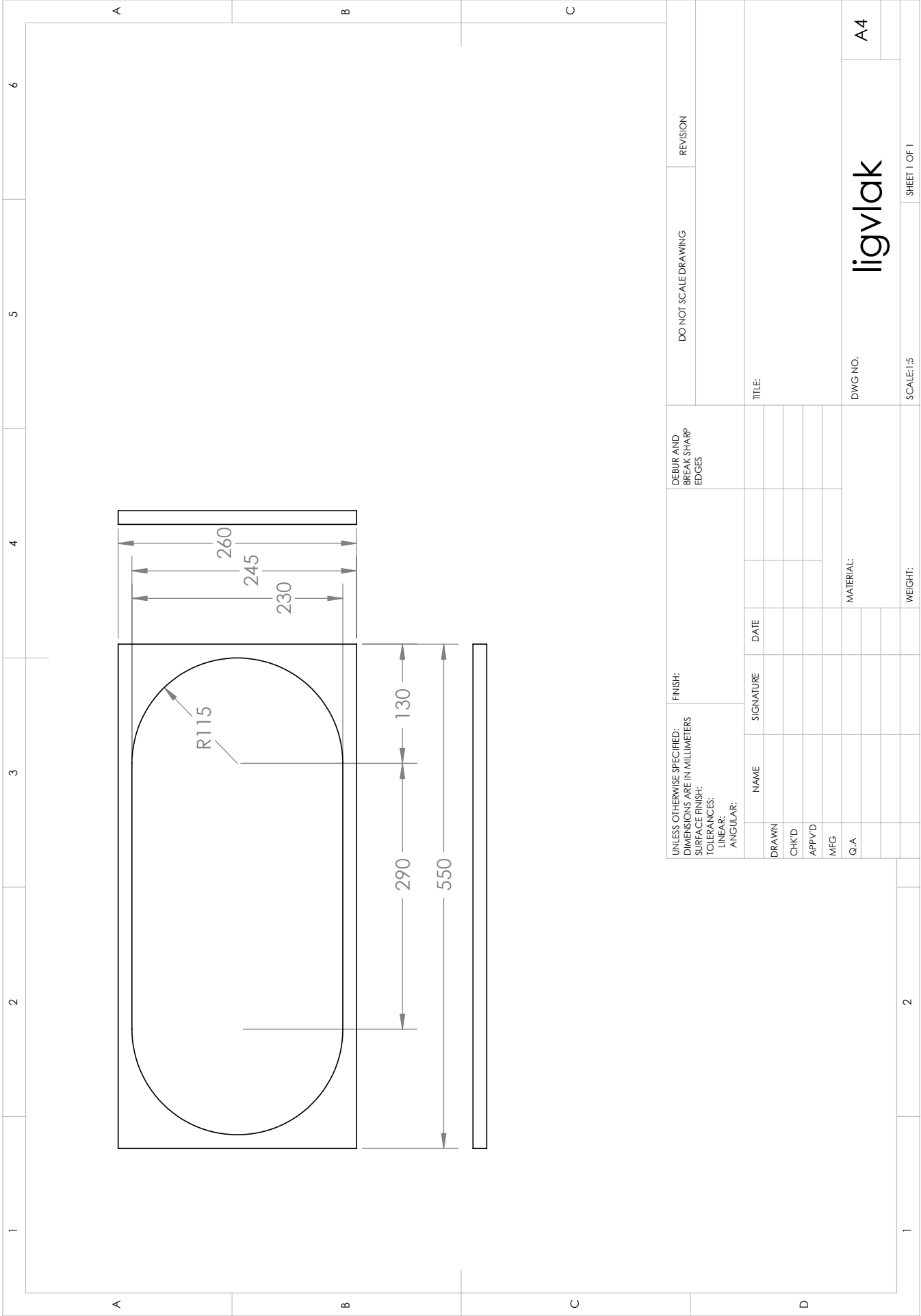












UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:												
	NAME	SIGNATURE	DATE					TITLE:				A4
DRAWN												
CHK'D												
APP'VD												
MFG												
Q.A						MATERIAL:		DWG NO.				
								ligvllak				
								SCALE: 1:5				
								SHEET 1 OF 1				

