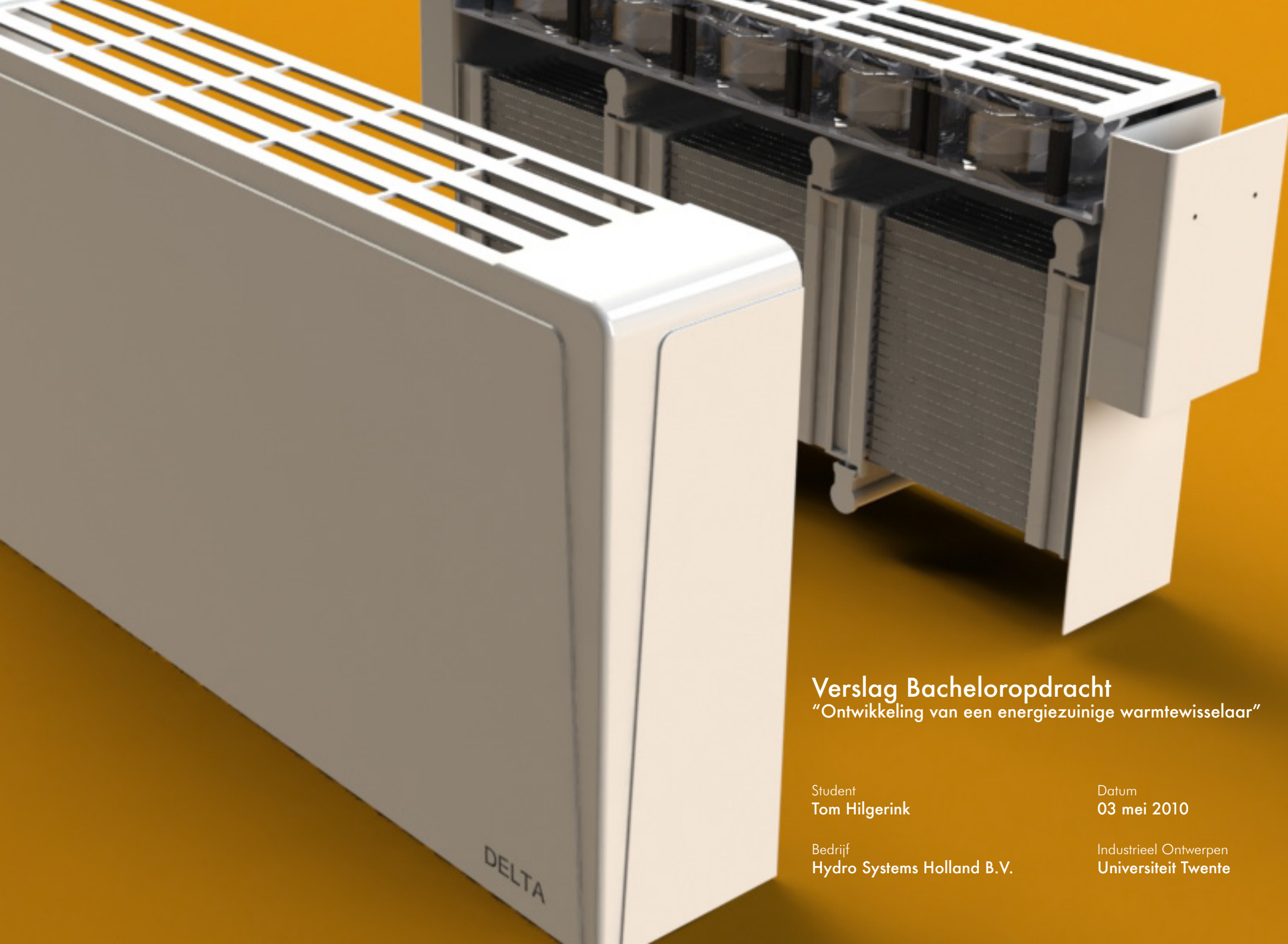




Verslag Bacheloropdracht

“Ontwikkeling van een energiezuinige warmtewisselaar”

Student
Tom Hilgerink

Datum
03 mei 2010

Bedrijf
Hydro Systems Holland B.V.

Industrieel Ontwerpen
Universiteit Twente

Ontwikkeling van een energiezuinige warmtewisselaar

Deze opdracht is uitgevoerd door:

T. Hilgerink, student Industrieel Ontwerpen
Studentnummer s0139424

Gegevens verslag

Oplage : 3
Aantal pagina's : 45
Aantal bijlagen : 12

Deze opdracht is uitgevoerd in samenwerking met:

Hydro Systems Holland BV
Kleibultweg 2a
7575 BN Oldenzaal

Leden examencommissie

Voorzitter : Prof. de Boer
UT- begeleider : P. van Passel
Bedrijfsbegeleider : G.H.A. Veldhof

Voor u ligt mijn eindverslag, het resultaat van de Bachelor eindopdracht Industrieel Ontwerpen. Voor deze opdracht ben ik gedurende de afgelopen maanden werkzaam geweest bij Hydro Systems Holland B.V. (verder te noemen als HSH) in Oldenzaal om de nieuwste telg in hun productfamilie van warmtewisselaars te ontwikkelen.



Figuur 1: Hoofkantoor HSH Bosnië

Al vroeg in deze opdracht bleek dat de opdrachtschrijving (bijlage A) niet volstond om een bevredigend resultaat te behalen. Waar de opdracht immers voorschreef dat er een behuizing van een product ontworpen moest worden, bleek dat in de praktijk het ontwerp van het gehele product herzien moest worden. Omdat ik het een uitdaging vond om deze taak op me te nemen en tevens mijn oorspronkelijke opdracht niet uit kon voeren zonder deze uitbreiding ben ik begonnen aan deze herziene opdracht.

Tijdens het uitvoeren van de opdracht ben ik er achter gekomen hoe grillig het bedrijfsleven kan zijn in al haar facetten. Het feit dat HSH een klein bedrijf is dat nog in de opstartfase verkeerd, versterkte dit. Keuzes die gemaakt werden zijn soms weken later teruggedraaid vanwege financiële risico's die vermeden moeten worden en professionele apparatuur om mee te werken ontbrak veelal. Het ontwerptraject is hierdoor een slingerpad geworden wat de duur ervan flink verlengd heeft. Het eindresultaat van ruim vijf maand werk is echter niet voor niets geweest en het lijkt er op dat het ontwikkelde product, de Delta, binnenkort geproduceerd kan gaan worden.

Ik wil graag deze mogelijkheid gebruiken om de personen te bedanken die mij hebben geholpen tijdens deze opdracht. In de eerste plaats wil ik graag alle medewerkers van HSH bedanken voor de hulp, kennis en assistentie die zij mij verleend hebben tijdens het ontwerpproces. In het bijzonder wil ik Trudy Veldhof en Gerard ter Beek bedanken voor het mogelijk maken van deze opdracht. Daarnaast wil ik graag Pepijn van Passel bedanken voor de begeleiding die hij mij gegeven heeft vanuit de Universiteit Twente en de tips die mij soms weer op de juiste weg brachten. Tenslotte gaat mijn dank uit naar de middelen en kennis die verscheidene bedrijven mij beschikbaar hebben gesteld om de opdracht tot een goed eind te brengen.

	Pagina		Pagina
Verklarende woordenlijst	5		
Samenvatting/abstract	6		
<i>Hoofdstuk 1 : Inleiding</i>	7	<i>Hoofdstuk 6 : Analyse van de casing</i>	
<i>Hoofdstuk 2 : Bedrijf, techniek en product</i>		6.1 Ontwerp parameters	29
2.1 Hydro Systems Holland B.V.	8	6.2 Doelgroepanalyse	29
2.2 FiwiHex® technologie	9	6.3 Concurrentieanalyse	31
2.3 Productaanbod	10	6.4 Vacuümvormen	36
<i>Hoofdstuk 3 : Analyse van de Delta</i>		<i>Hoofdstuk 7 : Conceptontwikkeling casing</i>	
3.1 Prototype Delta	13	7.1 Conceptvoorstellen Delta	39
3.2 De Delta ontleed	14	7.2 Eindresultaat van het ontwerp	42
3.3 Programma van eisen en wensen	15	<i>Hoofdstuk 8 : Conclusie en aanbevelingen</i>	
<i>Hoofdstuk 4 : Het interne ontwerp van de Delta: conceptfase</i>		8.1 Conclusie	44
4.1 Ontwikkeling van het ontwerp	16	8.2 Aanbevelingen	44
4.2 Delta fase 1	16	Literatuurlijst	46
4.3 Delta fase 2	17		
4.4 Delta fase 3	17		
4.5 Configuratie van het ontwerp	18		
4.6 Ventilatorkeuze	20		
<i>Hoofdstuk 5 : Het interne ontwerp van de Delta: detailleringsfase</i>			
5.1 Detail ontwerp Delta	23		
5.2 De gevacuümvormde Delta	25		

Fiwihex®	Fiwihex® is een geregistreerd merk en zal verder als Fiwhex opgenomen worden in het verslag.
Fiwihex blok	Een assemblage van headers, subheaders en Fiwihex matten.
Achterkap	Het onderdeel van de Delta waarmee de Delta aan de wand bevestigd zit. Tevens biedt de achterkap plaats aan de binnen behuizing.
De binnen behuizing	Hierin zitten de interne onderdelen van de Delta bevestigd; de Fiwihex blokken, de ventilatoren, het filter en de leidingen en aansluitingen.
Interne ontwerp	Alle interne onderdelen van de Delta inclusief de achterkap.
Casing	De voorkap waarmee het interne ontwerp wordt afgesloten.
Bewoonde omgeving	Gebouwen waar mensen woonachtig zijn.

Hydro Systems Holland B.V. houdt zich bezig met de ontwikkeling van duurzame warmtewisselaars met een zeer hoog rendement. Dit verslag behandelt de ontwikkeling van de jongste telg in de productfamilie, de Delta. De Delta is een compacte lucht/water warmtewisselaar die kan warmen en koelen. Hij kan gezien worden als de vervanging van de huidige generatie radiatoren en vindt zijn toepassing in de bebouwde omgeving, van woningen tot kantoren en scholen.

De ontwikkeling van een nieuw verwarmingselement brengt veel verschillende eisen en wensen met zich mee. In het geval van de Delta zijn voornamelijk het te behalen vermogen, de maximale geluidsproductie en de afmetingen eisen die van groot belang zijn. Deze eisen vormen de rode draad in het ontwikkelingstraject en zijn bepalend geweest voor veel ontwerpkeuzes.

De zojuist genoemde eisen dagen voornamelijk de technische aspecten van de Delta uit. Naast de technische functionaliteit dient een verwarming tegenwoordig vaak ook esthetische waarde toe te voegen aan de woonruimte. Onderzoek naar de wensen van de doelgroep en het analyseren van concurrenten brengen extra eisen en wensen in kaart die kunnen helpen bij het zoeken naar de juiste vormgeving.

Door techniek en esthetiek te combineren ontstaat ten slotte het eindresultaat; een warmtewisselaar die in staat is om snel te verwarmen, koelen en tegelijkertijd een uitstraling heeft die de consument aanspreekt.

Hydro Systems Holland B.V. is developing sustainable heat exchangers which are highly efficient. This report will cover the development of the newest product in their product line; the Delta. The Delta is an air/water heat exchanger that will be able to heat and cool. It can be seen as the improved version of the classic radiator and its use of application can be found in homes, offices and even schools.

The development of a new heating device brings along a variety of requirements. In the Delta case, the most important requirements are the heating capacity, the level of sound it produces and its size. These requirements will be the red thread throughout the report and will form the basis of many decisions that are made during the development of the Delta.

The requirements listed above will mostly challenge the technical aspects of the Delta. Apart from these technical functionality a radiator often has to add aesthetics to a room nowadays. Researching the requirements of the target group and competitors on the radiator market will be helpful to find a design solution. By combining the technical and aesthetical aspects of the design a final product can be made; a heat exchanger that can warm and cool rapidly and has the desired charisma at the same time.

Duurzame producten nemen tegenwoordig een steeds prominentere plaats in in onze samenleving. Een duurzame levenswijze staat voor veel mensen gelijk aan een gezonde of verstandige levenswijze. Tevens gaan economische aspecten een steeds belangrijkere rol spelen bij de aanschaf van “groene” producten (Volkskrant, 2010). Ook het bedrijfsleven en de overheid spelen een belangrijke rol in de vergroening van de samenleving. Wet- en regelgeving verplichten ons er steeds vaker toe te ‘verduurzamen’ (Fortuijn, 2009). Hydro Systems Holland B.V. is een bedrijf dat zich hiervan bewust is en heeft zich ten doel gesteld om hier een steentje aan bij te dragen. Dit doen zij door het ontwikkelen van duurzame warmtewisselaars die ingezet kunnen worden als verwarming en koeling. Tot nu toe vinden deze warmtewisselaars hun toepassing in de kastuinbouw en de utiliteitsbouw. HSH heeft hiernaast een concept warmtewisselaar ontwikkeld die ingezet kan worden in een bewoonde bouwomgeving als een alternatief van de radiator. In dit verslag zal de ontwikkeling van de Delta, zoals de warmtewisselaar zal gaan heten, beschreven worden.

Hoofdstuk 2 zal ingaan op het bedrijf HSH. Hoe is het bedrijf georganiseerd en welke producten maken ze. Daarnaast wordt er uitgelegd wat een warmtewisselaar is en hoe de warmtewisselaars van HSH werken. Een eerste prototype van de Delta geeft een beter inzicht in de staat van het ontwerp.

In hoofdstuk 3 zal het ontwerp van de Delta verder worden geanalyseerd. Om deze analyse te structureren, wordt het ontwerp van de Delta gesplitst in twee delen; het interne ontwerp en de casing van de Delta. De verschillende onderdelen van het interne ontwerp worden besproken en de voor- en nadelen van het ontwerp worden onder de loep genomen. Deze informatie wordt vervolgens gebundeld in een programma van eisen. (Het ontwerp van de casing zal behandeld worden vanaf hoofdstuk 5).

Het programma van eisen dient als uitgangspunt voor het herontwerp van de Delta. In hoofdstuk 4 zal het interne ontwerp van de Delta in kaart worden gebracht. De evolutie van het ontwerp is door middel van een aantal ontwerpen

weergegeven. Door de verschillende fasen in het ontwerptraject te bespreken, is de ontwikkeling van de Delta duidelijk te volgen.

Hoofdstuk 5 zal ingaan op de optimalisatie en detaillering van het interne ontwerp. Met behulp van prototypes zijn verschillende metingen uitgevoerd om het ontwerp van de Delta te verbeteren. De resultaten van de metingen hebben geleid tot een laatste herontwerp van de Delta.

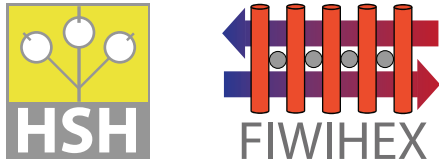
Met de afronding van het interne ontwerp is in hoofdstuk 6 begonnen met het ontwerp van de casing van de Delta. Omdat de casing de uitstraling van de Delta bepaald is het belangrijk om in kaart te brengen aan welke eisen de casing moet voldoen. Hiervoor is gebruik gemaakt van een doelgroep- en een concurrentieanalyse. Beide onderzoeken leveren richtlijnen op voor het ontwerp van de casing. Tevens wordt in hoofdstuk 6 de derde factor behandeld die van belang is voor het ontwerp van de casing, de productiemethode. De casing zal gemaakt worden door middel van vacuümvormen; dit brengt verschillende ontwerpeisen met zich mee. Door hier rekening mee te houden bij het ontwerp worden onaangename verrassingen voorkomen.

In hoofdstuk 7 zullen op basis van de doelgroep- en concurrentieanalyse en de randvoorwaarden van het vacuümvormen verschillende ontwerpen van de casing gepresenteerd worden. De voorstellen zijn voorgelegd aan HSH en op basis hiervan is het ontwerp vastgelegd.

Tot slot zal in hoofdstuk 8 het ontwerp van de Delta geëvalueerd worden aan de hand van conclusies en aanbevelingen.

2.1 Hydro Systems Holland B.V.

HSH heeft zich als bedrijf gespecialiseerd in de ontwikkeling van kennis op het gebied van lucht/water warmtewisselaars. Deze warmtewisselaars worden geproduceerd en verkocht in eigen beheer. HSH biedt met de warmtewisselaars een duurzame opvolger aan van verwarmings- en koelsystemen die momenteel op de markt verkrijgbaar zijn. Door gebruik te maken van een gepatenteerd warmte overdracht systeem zijn de warmtewisselaars van HSH op dit moment de best functionerende zeer lage temperatuur (ZLT) warmtewisselaars die beschikbaar zijn (HSH, 2009).



Figuur 2: Logo's HSH en FiwiHex

Door het innovatieve karakter en de wil om duurzaam alternatief te produceren en verder te ontwikkelen, die huidige producten voorbijstreven, heeft HSH de potentie in zich om een belangrijke speler op de markt van warmtewisselaars te worden. Een sprekend voorbeeld in de vorm van het ontvangen van de Pioneering innovation award gaf aan dat bij gerenomeerde instellingen als de Universiteit Twente, Saxion Hogescholen en de Twentse bouwsector interesse bestaat in de producten van HSH.

HSH heeft zich momenteel gevestigd in Nederland en Bosnië e Herzegovina. In Oldenzaal is het hoofdkantoor van de firma gevestigd waar de zakelijke, bedrijfskundige en financiële zaken geregeld worden. Daarnaast zijn de (semi) geautomatiseerde productielijnen die het bedrijf rijk is zijn in Oldenzaal geïnstalleerd. Arbeidsintensief werk als het verlijmen en assembleren van de producten wordt uitgevoerd in Bosnië e Herzegovina om de prijs van de producten laag te kunnen houden.

De warmtewisselaars

Een warmtewisselaar is een apparaat dat warmte/koelte van het ene medium overbrengt naar het andere medium. Een ideale warmtewisselaar koelt één medium af tot de temperatuur waarmee de andere begon en omgekeerd. De warmtewisselaars die geproduceerd worden door HSH worden ingezet als verwarming en koeling voor verschillende doeleinden (waarover later meer). Iedere warmtewisselaar van HSH maakt gebruik van een geforceerde luchtstroom die gecreëerd wordt door ventilatoren. Deze lucht vormt het ene medium en rondgepompt water vormt het andere. Door de temperatuur van het water aan te passen, kan er verwarmd en gekoeld worden met de apparaten. Ze kunnen dus gezien worden als een verwarming en airconditioning in één apparaat.

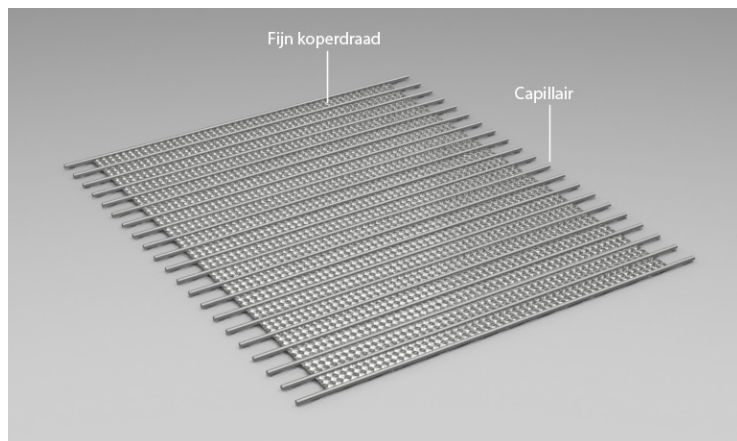
De warmtewisselaars worden bij voorkeur aangesloten op een warmtepomp. Door de effectieve energieomzetting van de warmtepomp kan er veel (tot 70%) bespaard worden op het energieverbruik van het verwarmen en koelen. Het aansluiten op een CV-ketel behoort ook tot de mogelijkheden van de warmtewisselaars. De besparingen die hiermee bereikt kunnen worden, liggen echter aanmerkelijk lager (tot 10%) in vergelijking met de warmtepomp.

Zoals genoemd is het met de warmtewisselaars van HSH mogelijk om te verwarmen met water van een lage temperatuur. Dit is mogelijk door ervoor te zorgen dat de warmteoverdracht tussen de media zeer gunstig is. De warmtewisselaars van HSH maken voor het verwarmen gebruik van water dat tussen de 28 en 35 graden Celsius (warm) is. Deze lage temperaturen voor verwarmen zijn mogelijk doordat er in het ontwerp van de warmtewisselaars gebruik wordt gemaakt van het gepatenteerde FiwiHex systeem. Voor koelen kan gebruik gemaakt worden van water dat kouder is dan 18 graden Celsius.

Een gevolg van de lage temperaturen is het ontbreken van natuurlijke convectie in de warmtewisselaars van HSH. Om deze trek te realiseren is iedere warmtewisselaar uitgerust met ventilatoren die de lucht door de warmtewisselaars blazen of zuigen.

2.2 FiwiHex® technologie

De warmtewisselaars die door HSH worden ontwikkeld, maken allen gebruik van dezelfde warmteoverdracht techniek genaamd FiwiHex. FiwiHex, dat staat voor Fine Wire Heat Exchange, is ontwikkeld om een zeer grote warmte overdrachtscoëfficiënt tussen water en lucht te bereiken in de warmtewisselaars. Deze efficiëntie wordt bereikt door ervoor te zorgen dat het contactoppervlak tussen het water en de lucht zeer groot is. Daarnaast zijn de materialen die gebruikt worden zo gekozen dat de geleiding tussen het water en de lucht zo hoog mogelijk is. Uit de technologie is de productie van de zogenaamde FiwiHex mat voortgekomen (figuur 3).



Figuur 3: FiwiHex mat

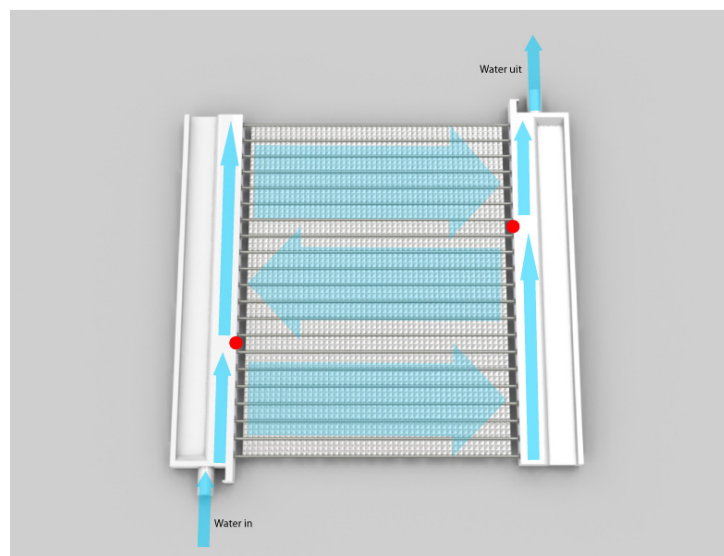
De matten zijn 31.5 * 18.5 mm groot en bestaan uit een 35 holle koperen buisjes (capillairen) waar water door kan stromen. Het oppervlak van de matten wordt zo groot mogelijk gemaakt door de capillairen te integreren in een weefsel van zeer fijn koperdraad. Om de geleiding tussen de capillairen en het weefsel te optimaliseren en verschuivingen te voorkomen, worden de draden op de capillairen gesoldeerd. Op deze manier ontstaat een solide weefsel met een

extreem goede geleiding en een groot contact oppervlak.

Voor de warmtewisselaars hebben deze eigenschappen als gevolg dat de Coëfficiënt of Performance (COP) van de ketel of warmtepomp, waarop deze is aangesloten, vergroot wordt. De COP geeft de verhouding weer tussen de hoeveelheid afgegeven warmte en de hoeveelheid gebruikte energie die het kost om dit te bewerkstelligen. Het gebruik van de FiwiHex matten in de warmtewisselaars zorgt dus voor een afname in energieverbruik van de warmtepomp of ketel.

Implementatie van de FiwiHex® technologie

Om de FiwiHex matten te kunnen gebruiken in de warmtewisselaars is een systeem ontwikkeld om het water op een effectieve manier rond te kunnen pompen. Door de capillairen door middel van rubbers te klemmen in zogenaamde subheaders, ontstaat een gesloten systeem dat zorg kan dragen voor het watertransport. In figuur 3 is te zien hoe de mat in de subheaders gefixeerd wordt.

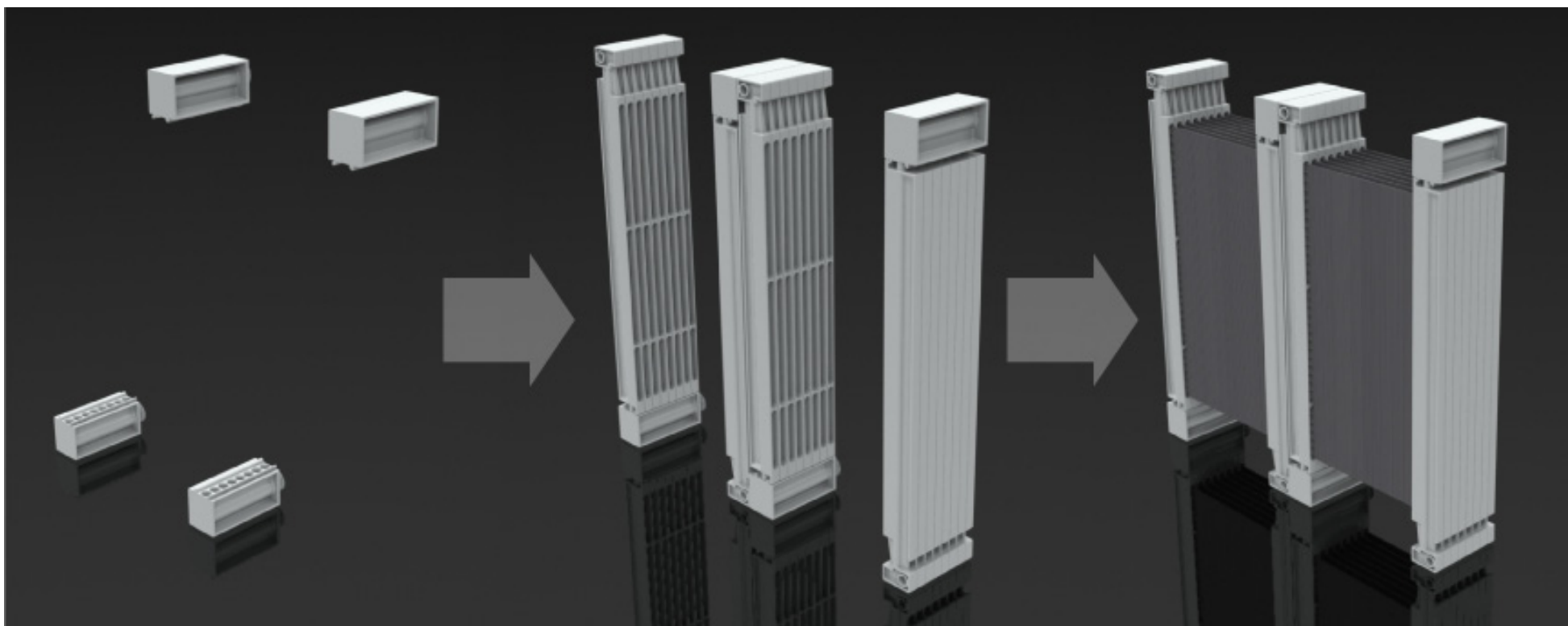


Figuur 3: Stromingsprincipe FiwiHex

Tevens is in figuur 3 te zien hoe het water door de capillairen gevoerd wordt. Doordat er bruggen zijn geplaatst in de subheader (gemarkeerd met een rode stip in de afbeelding) kan het water in tegenstroom met de luchtverplaatsing door de capillairen gevoerd worden. Dit betekent dat de stromingsrichting van het water tegengesteld is aan de stromingsrichting van de lucht. Dit principe maakt het mogelijk om een meer volledige warmteoverdracht plaats te laten vinden in de warmtewisselaar.

De warmtewisselaars die door HSH geproduceerd worden bevatten meerdere FiwiHex matten per product. In de grootste uitvoering zitten bijvoorbeeld 96

matten verwerkt. Om deze subheaders en matten te fixeren, wordt gebruik gemaakt van headers. Door een eenvoudige klik verbinding kunnen de subheaders in een header bevestigd worden. Op deze manier is het mogelijk blokken te maken van FiwiHex matten. Deze blokken vormen het hart van de warmtewisselaars. In figuur 4 is te zien hoe de blokken opgebouwd worden uit headers, subheaders en matten. Zoals te zien is, vormt het een modulair systeem. De hoeveelheid matten kan dus aangepast worden aan het type warmtewisselaar. Dit is van belang om de verschillende modellen die door HSH op de markt gebracht worden, te kunnen realiseren. In bijlage B zijn maattekeningen opgenomen van de FiwiHex blokken om de belangrijkste maten duidelijk te maken.



Figuur 4: Samenstelling van een FiwiHex blok

2.3 Productaanbod

De FiwiHex technologie heeft binnen HSH tot op heden geleid tot twee warmtewisselaars die op de markt worden gebracht, de Alpha 96 en de Alpha 24. Omdat beide modellen overeenkomsten vertonen met het nieuwe model warmtewisselaar, de Delta, worden deze kort toegelicht.

De Alpha 96

De Alpha 96 is het eerste model warmtewisselaar dat door HSH op de markt is gebracht. De standaard toepassing van de Alpha 96 is het reguleren van het klimaat in grote kassen in de kas- tuinbouw (zie figuur 5). Zoals uit de naam afgeleid kan worden, zitten er 96 FiwiHex matten in de warmtewisselaar verwerkt. Vanwege deze afmetingen is de Alpha in staat om grote ruimtes te kunnen verwarmen of koelen. Verscheidene kassen in Nederland en het buitenland zijn uitgerust met de Alpha's. Helaas werd de tuinbouwsector hard getroffen door de kredietcrisis. Het aantal verkochte warmtewisselaars is hierdoor gestagneerd, wat voor HSH betekende dat er gezocht moest worden naar een nieuw model warmtewisselaar. De eerst nieuwe warmtewisselaar is de Alpha 24 geworden.



Figuur 5: De Alpha 96



Figuur 6: De Alpha 24

De Alpha 24

De Alpha 24 (figuur 6) is een inbouw warmtewisselaar die geïnstalleerd kan worden in bewoonde omgevingen en in de utiliteitsbouw. Vanwege zijn uiterlijk is de Alpha 24 niet geschikt om te plaatsen in ruimtes waar het product zichtbaar aanwezig is. De Alpha 24 dient geplaatst te worden tussen systeemplafonds, in kruipruimtes of in andere ruimtes die niet in het zicht liggen. De warmtewisselaar bevat 24 FiwiHex matten en een krachtige uitwendige centrifugaal ventilator. Hierdoor is het mogelijk (grote) ruimtes snel te verwarmen of te koelen tot de gewenste temperatuur.

Na de ontwikkeling van de Alpha 24 is HSH de mogelijkheden van een warmtewisselaar die kan dienen als alternatief van de klassieke radiator gaan analyseren. De ontwikkeling van dit product, dat de naam Delta zal gaan dragen, vormt de ontwerp opdracht van dit verslag.

De Delta

Zoals op te maken valt uit de bovenstaande beschrijvingen, is de Alpha serie voornamelijk vanuit functioneel oogpunt ontworpen. De focus ligt hierbij op het creëren van een warmtewisselaar met een zo hoog mogelijk vermogen. De consequenties hiervan (geproduceerd geluid en hoge luchtsnelheden) zijn hierbij van ondergeschikt belang. Net als de interne onderdelen is ook het uiterlijk van de Alpha functioneel vormgegeven. Hierdoor kunnen de productie kosten laag blijven en de prestaties hoog.

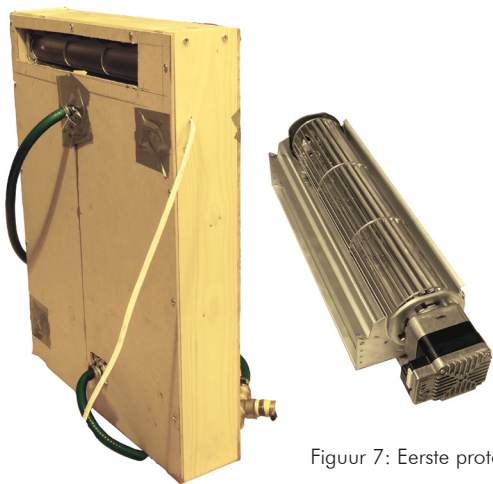
Met de komst van de Delta warmtewisselaar is HSH een nieuwe weg ingeslagen. De Delta moet een consumentenproduct worden dat deel gaat uitmaken van de leefruimte van de gebruiker. Hierdoor spelen ontwerpaspecten die onbelangrijk waren bij de ontwikkeling van de Alpha serie, ineens een cruciale rol. De Delta zal worden uitgevoerd met 16 FiwiHex matten, waarbij twee blokken van 8 matten naast elkaar opgesteld worden. Hierdoor kunnen de afmetingen van de Delta voldoende klein gehouden worden om montage aan wanden mogelijk te maken.

Naast de veranderingen op technisch gebied, zullen de verwachtingen die een consument heeft van de Delta anders tot stand komen. De Delta moet namelijk een alternatief vormen voor en zo mogelijk een vervanger worden van een product waar iedereen bekend mee is; de radiator. Een directe vergelijking tussen beide producten ligt dus voor de hand. Dit biedt zowel kansen als bedreigingen voor HSH. Een Delta met specificaties die superieur zijn aan de specificaties van overige radiatoren kan snel omhelst worden door de markt. Tegenvallende resultaten zullen echter het omgekeerde effect teweegbrengen, waardoor het product niet zal slagen in de markt.

3.1 Prototype Delta

Om een eerste indruk te krijgen van de mogelijkheden van de Delta warmtewisselaar, is HSH begonnen met de ontwikkeling van een eerste functioneel prototype (zie figuur 7). Dit prototype bevat alle basisonderdelen om te kunnen werken. Zoals gezegd zitten er twee FiwiHex blokken in het prototype gebouwd. Een tangentielle ventilator verzorgt de luchtverplaatsing en door middel van twee koppelingen kan het prototype worden aangesloten op de water aan- en afvoer. Het rooster aan de achterzijde maakt luchtaanzuiging mogelijk.

Omdat de Delta -net als de Alpha warmtewisselaars- gebruik maakt van de FiwiHex techniek zijn er door middel van interpolatie grove eisen gesteld aan de technische specificaties van de Delta. Daarnaast heeft HSH door middel van grove richtlijnen een aantal wensen vastgelegd om ervoor te zorgen dat de Delta een verkoopbaar product blijft dat voldoet aan wensen van de consument. De basisfuncties zijn afgeleid van de specificaties van de Alpha 96 en de Alpha 24. De gewenste dimensies zijn bepaald aan de hand van de afmetingen van radiatoren die op het moment verkrijgbaar zijn. In paragraaf 3.3 zal dit programma van eisen verder worden uitgebreid om het ontwerp verder te kunnen specificeren.



Figuur 7: Eerste prototype Delta 16

Eisen	Specificatie
De Delta moet in staat zijn te verwarmen	Het vermogen van de Delta is minimaal 1 kW bij standaard condities (temperatuur water _{in} = 35 °C, water _{uit} = 30 °C en lucht _{in} = 20 °C). Wens 1.5 kW
De Delta moet in staat zijn te koelen	Het koelvermogen van de Delta is minimaal 0.5 kW bij standaard condities (temperatuur water _{in} = 18 °C, water _{uit} = 21 °C en lucht _{in} = 25 °C). Wens 0.8 kW
De hoogte van de Delta vorm geen belemmering voor de plaatsing onder vensterbanken	De opbouwhoogte van de Delta is maximaal 60 centimeter. Wens 40 centimeter
De diepte van Delta blijft beperkt	De diepte van de Delta is maximaal 15 centimeter

Het prototype met de bijbehorende eisen vormt het uitgangspunt voor het ontwerptraject dat doorlopen is om de Delta warmtewisselaar toepasbaar te maken voor de woningbouw markt. Om deze uitgangspunten van de Delta te kunnen controleren, is het prototype intern binnen HSH getest en geanalyseerd. De conclusie die hieruit getrokken kan worden, is dat structuur in het ontwerp van de Delta op dit moment ontbreekt. Een gestructureerde benadering van het ontwerp van de Delta is noodzakelijk om tot een integraal ontwerp te komen. Dit kan bereikt worden door per onderdeel te onderzoeken of deze geschikt is om de Delta te laten voldoen aan de gestelde eisen. Mocht dit niet het geval zijn, dan zal er gezocht moeten worden naar oplossingen.

Om tijdens de analyse fase structuur te houden in het ontwerp is er gekozen om de Delta te scheiden in twee verschillende ontwerp onderdelen: het interne ontwerp en de casing. Deze ontwerpen zullen ook apart behandeld worden in dit verslag.

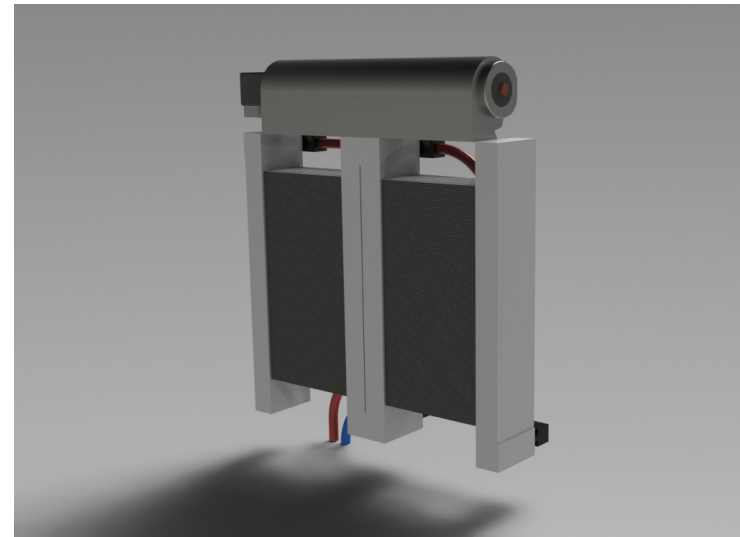
Hoewel een gescheiden aanpak en een integraal ontwerp elkaar tegen lijken te spreken dient er hierbij rekening gehouden te worden met het feit dat het ontwerp wordt uitgevoerd als één project. De onderdelen zullen aan elkaar gekoppeld moeten worden en dit zal altijd in het achterhoofd gehouden worden tijdens het doorlopen van het proces.

3.2 De Delta ontleed

Het interne ontwerp van de Delta bepaald voor een groot deel de functionaliteit van de Delta. De onderdelen zullen met zorg uitgekozen moeten worden en op elkaar moeten worden afgestemd. Om de verschillende mogelijkheden van onderdelen te analyseren, is contact gezocht met toeleveranciers van de onderdelen. Omdat veel ontwerpkeuzes (ongewenst) al vastlagen in prototype 1.0, is er voor gekozen om het ontwerp verder uit te kleden. Door zoveel mogelijk onderdelen weg te laten, blijven de mogelijkheden om het ontwerp aan te passen het grootst. Op deze manier is het visuele model uit figuur 8 in het leven geroepen om te communiceren met de leveranciers. Door het ontwerp te laten analyseren ontstaan oplossingen die niet ontstaan waren door prototype 1.0 te laten zien.

De gesprekken met de leveranciers hebben geleid tot ingrijpende veranderingen in het ontwerp van de Delta. De belangrijkste resultaten van de gesprekken zijn te vinden in bijlage C.

Om het ontwerptraject van het interne ontwerp van de Delta gestructureerd te houden, is er gekozen om de onderdelenlijst op te delen in primaire, secundaire en tertiäre onderdelen. De ontwerpkeuzes van de primaire onderdelen zullen

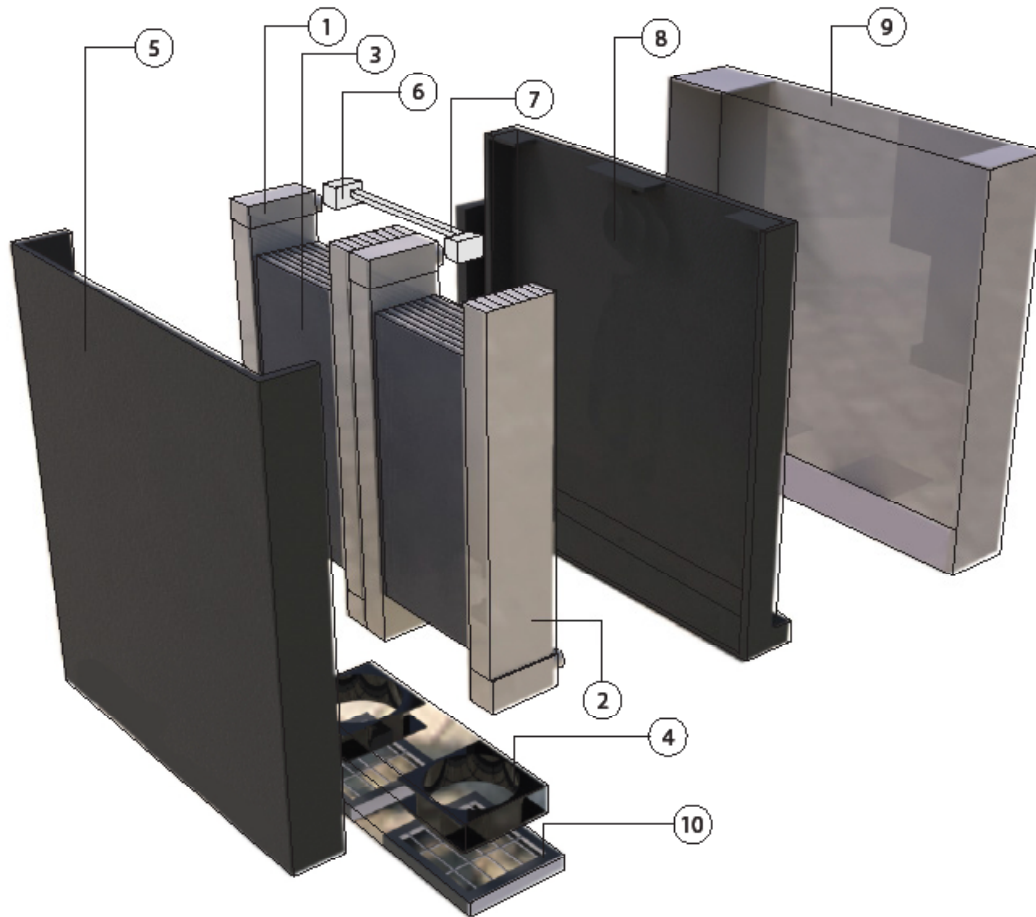


Figuur 8: Visueel model Delta

de grootste invloed hebben op de functionaliteit van de Delta. Vervolgens de secundaire onderdelen en ten slotte de tertiäre. De primaire onderdelen zullen het eerst vastgelegd moeten worden. De secundaire onderdelen kunnen hierop aangepast worden en de tertiäre onderdelen zullen als laatste passend gemaakt worden voor het ontwerp.

Primair	Secundair	Tertiär
(1) Header	(5/8) Binnen behuizing	(10) Filter
(2) Subheader	(6) Aan- afvoer koppelingen	Aansluitingen elektrisch
(3) FiwiHex mat	(7) Aan- afvoer leiding	Montageonderdelen
(4) Ventilator	(9) Achterkap	

In de figuur op de volgende pagina is te zien hoe de onderdelen toegepast worden in de Delta. Van ieder onderdeel staat in bijlage D een korte beschrijving, welke de basisgegevens beschrijft die van belang zijn voor het ontwerp.



Figuur 9: Exploded view Delta

3.3 Programma van eisen en wensen

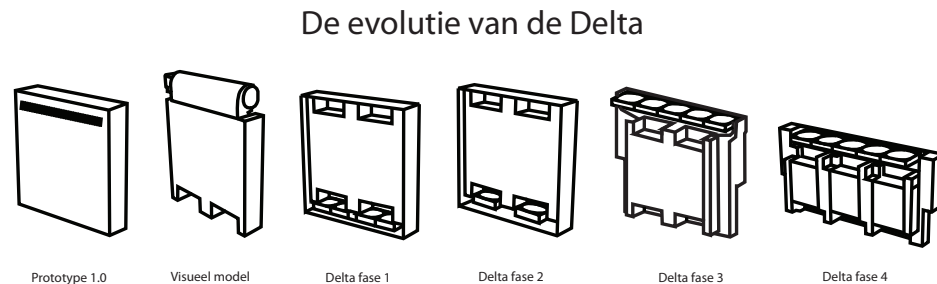
Zoals op te maken valt uit de gegevens over de onderdelen in het vorige hoofdstuk, liggen bepaalde ontwerpkeuzes omtrent de onderdelen nog niet vast. De specifieke onderdelen zelf zijn in de meeste gevallen wel vastgelegd, wat gericht zoeken naar ontwerpoplossingen vereenvoudigd. Om de mogelijkheden te analyseren, is er gekozen om vroeg in het ontwerpstadium gesprekken te voeren met de leveranciers om de mogelijkheden en onmogelijkheden van het ontwerp te onderzoeken. De conclusies uit deze gesprekken hebben geleid tot aanvullingen en aanpassingen van het programma van eisen (PvE). De informatie die op deze manier is verkregen is veelal theoretisch van aard. Vaak heeft de informatie betrekking op de mogelijkheden van de producten, de kwaliteit van materialen, de prijs en dergelijke. Omdat er aan het ontwerp van de Delta ook veel (installatie technische) eisen vanuit de praktijk gesteld worden, zijn er ook gesprekken gevoerd met bedrijven die meer ervaring hebben met het produceren en installeren van consumentenproducten. Bedrijven als Model en Matrijs Makerij Twente (MMT) en installatiebedrijf van Tilburg BV zijn hier goede voorbeelden van. Deze bedrijven hebben veel ervaring op het gebied van praktische implementatie van producten, welke bijdragen aan het ontwerp van de Delta. Door de eisen die hieruit voortkomen te combineren met de eisen die gesteld worden aan de onderdelen van de Delta kan het PvE worden opgesteld.

Om het PvE te structureren, is er gekozen om de eisen te categoriseren. Eerst worden de eisen behandeld die invloed hebben op de werkingsprincipes van de Delta. Hierna volgen de eisen die gesteld worden aan de afzonderlijke onderdelen. Ten slotte zullen er eisen worden gesteld aan zaken waar ieder consumentenproduct mee te maken heeft: assemblage, installatie, veiligheid en prijs.

Het PvE, dat te vinden is in bijlage E zal een leidraad zijn voor het interne ontwerp van de Delta, dat besproken wordt in het volgende hoofdstuk.

4.1 Ontwikkeling van het ontwerp

Het interne ontwerp van de Delta wordt in dit hoofdstuk behandeld. Het ontwerp is tot stand gekomen door het visueel model als uitgangspunt te nemen en deze te combineren met het PvE. Doordat er geen verschillende concepten gegenereerd hoeven te worden van het interne ontwerp zal de chronologische ontwikkeling van de Delta in stappen beschreven worden. In figuur 10 zijn de verschillende versimpelde modellen te zien die zijn ontworpen. Van ieder ontwerp is tevens een prototype gemaakt om de functionaliteit te testen.



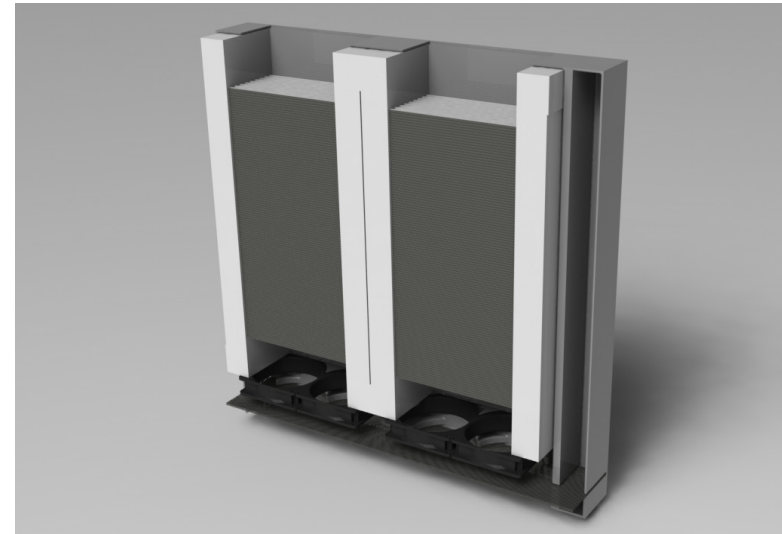
Figuur 10: De ontwikkeling van de Delta

Ieder ontwerp (uitgezonderd het prototype en het visuele model) zal kort worden toegelicht om duidelijk te maken voor welke oplossing gekozen is. Het eindontwerp zal ten slotte uitgebreid behandeld worden, waardoor ontwerpdetails naar voren komen.

4.2 Delta fase 1

De Delta 1 is het eerste herontwerp dat gemaakt is naar aanleiding van het PvE. Zoals daarin vermeld staat, bieden axiale ventilatoren betere mogelijkheden voor de Delta (Vibo Benelux, 2009). Er is gekozen om vier axiale compact ventilatoren (92 x 92 x 25 mm) te gebruiken. De specificaties hiervan zijn op alle

fronten beter dan die van de tangentiale ventilator. Naast het type ventilator is ook de plaatsing van de ventilator aangepast. De lucht uitstroom is naar boven gericht om tocht te voorkomen, waardoor de ventilatoren onder in de Delta geplaatst zijn. Door het filter hier onder te plaatsen, wordt de levensduur van de ventilatoren verlengd en wordt de stromende lucht gefilterd. De verschillende onderdelen zijn met behulp van klempassingen gefixeerd in een kunststof achterkap. De open ruimte aan de rechterkant van de Delta doet dienst als ruimte voor kabels en leidingen. Op deze manier zijn alle onderdelen verborgen wanneer de achterkap gesloten wordt door de casing hier op te monteren.



Figuur 11: Delta fase 1

Voordelen ontwerp:

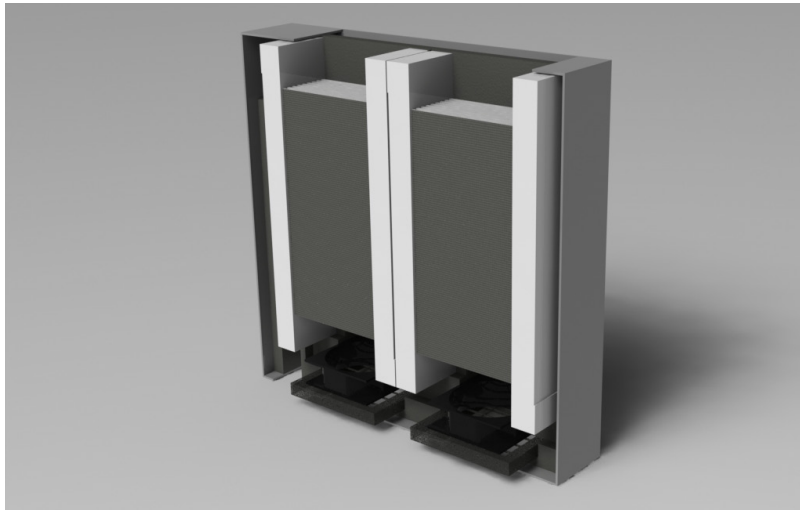
- Ventilator grootte is minimaal
- Onderdelen zijn weggewerkt
- Compact ontwerp mogelijk
- Klempassing maakt assemblage eenvoudig

Nadelen ontwerp:

- Hoeveelheid verplaatste lucht is niet voldoende onder belasting
- De druk die geleverd kan worden door de ventilatoren is laag
- Ventilatoren zijn niet stil genoeg bij hoge toerentallen
- Klempassing kan resonantie tot gevolg hebben
- Klempassingen vereisen een hoge product nauwkeurigheid

4.3 Delta fase 2

De Delta 2 maakt, net als de Delta 1, gebruik van axiale ventilatoren. Het formaat van de ventilatoren is gewijzigd naar ventilatoren van 120 x 120 x 38 millimeter. Door de grotere oppervlakte kan meer lucht verplaatst worden, terwijl het geluid juist gereduceerd wordt. Doordat de ventilator 38 mm hoog is, is hij in staat meer druk op te bouwen, waardoor de lucht eenvoudiger door de Delta geblazen kan worden.



Figuur 12: Delta fase 2

Een tweede belangrijke aanpassing is de implementatie van een binnen behuizing. De binnenbehuizing heeft twee belangrijke functies in het ontwerp van de Delta. Ten eerste kunnen de onderdelen snel en eenvoudig geassembleerd worden door gebruik te maken van een binnen behuizing die op de onderdelen is aangepast. Ten tweede zorgt de binnenbehuizing er voor dat de luchtstroom op de juiste manier door de matten geblazen kan worden. Hierdoor wordt voorkomen dat er lucht aangezogen wordt die in het ontwerp zelf aanwezig is, bijvoorbeeld in de ruimte waar de leidingen lopen.

Omdat de functie van de binnenbehuizing vergelijkbaar is met de functie die de behuizing van de Alpha 24 heeft, is er gekozen om het ontwerp van de behuizing op een vergelijkbare manier te realiseren. De kappen worden spuitgegoten door Synprodo en zijn gemaakt van geëxpandeerd polypropreen. Dit maakt de kap licht, sterk, flexibel en goedkoop.

Voordelen ontwerp:

- Hoge luchtverplaatsing/druk ventilatoren
- Elastische klempassing onderdelen
- Aantal interne onderdelen blijft laag, dus goedkoop
- Compacte opbouwhoogte

Nadelen ontwerp:

- De behuizing van de onderdelen bestaat uit meerdere onderdelen
- Luidruchtig door zware motoren
- Ventilatoren blazen tegen binnen behuizing, wat tegendruk creëert

4.4 Delta fase 3

Herontwerp 3 van de Delta is voornamelijk gericht op het verbeteren van de luchtverplaatsing. Er is gekozen om in de Delta gebruikt te maken van zeer stille computer ventilatoren. Het geproduceerde geluid kan op deze manier beperkt

worden tot het gestelde maximum van 35 decibel. Tijdens normaal gebruik zijn de ventilatoren niet te onderscheiden van stil, huiselijke omgevingsgeluid (<30 dB(A)) (Gemeente Utrecht, 2008). De lage geluidsproductie van de ventilatoren gaat gepaard met een afname van de luchtverplaatsing. Deze afname wordt gecompenseerd door vijf ventilatoren te plaatsen om de eis van 400 m³/h luchtverplaatsing te halen. In paragraaf 4.5 zullen drie typen ventilatoren getest worden in het prototype van de Delta.

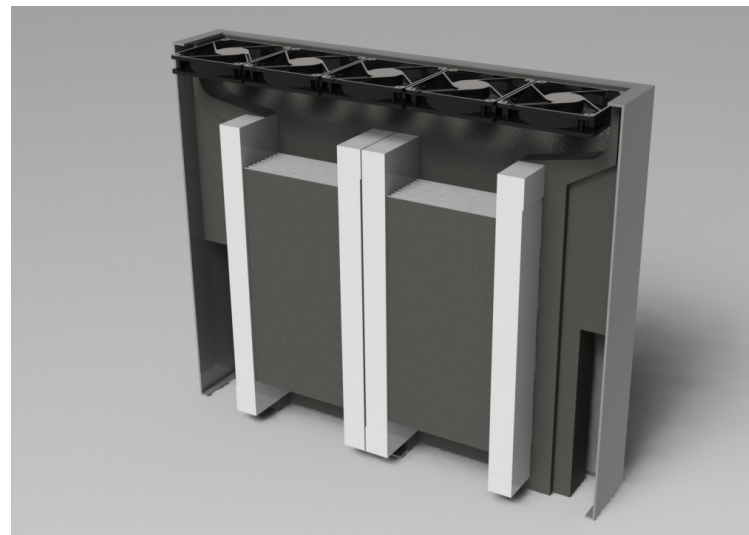
De indeling van de Delta is door deze aanpassing sterk veranderd. Zoals te zien is in figuur 13, is de totale breedte van vijf ventilatoren meer dan die van de FiwiHex matten waar de lucht langs moet stromen. Als er gekozen zou worden om de ventilatoren onder de matten te plaatsen ontstaat er voor de buitenste ventilatoren een grote tegendruk als gevolg van de weerstand van de binnenbehuizing. Deze tegendruk zal tot gevolg hebben dat de ventilatoren niet optimaal presteren en de verplaatste lucht zal afnemen. Om dit probleem op te lossen, is er gekozen om de ventilatoren boven de FiwiHex blokken te plaatsen. Op deze manier wordt de lucht door de Delta gezogen in plaats van erdoor geblazen. Omdat de luchtstroming de weg van de minste weerstand kiest, kan het drukverlies –en hiermee gepaard het efficiëntie verlies van de Delta- beperkt worden tot een minimum.

Voordelen ontwerp:

- Zeer geluidsarm
- Efficiënte luchtstroming
- Hoge luchtverplaatsing

Nadelen ontwerp:

- Grootte opbouwhoogte noodzakelijk
- Veel ongebruikte ruimte
- Breedte/hoogteverhouding is uit balans.



Figuur 13: Delta fase 3

4.5 Configuratie van het ontwerp

Tijdens ontwerpfase 3 zijn drie modellen computer ventilatoren geselecteerd om te testen in de Delta. Ze voldoen allen aan de eis van genoeg luchtverplaatsing bij een minimale geluidsproductie. Testen zal uitwijzen welke ventilator de beste prestaties levert. De afmetingen van het totale ontwerp en de positionering van de onderdelen zijn aspecten die verbeterd moeten worden. Op dit moment is het ontwerp te hoog om inzetbaar te zijn als radiator onder vensterbanken. Daarnaast is de ventilator verdeling boven de matten niet optimaal.

Om de eisen betreffende de afmetingen van de Delta te halen, is er gekeken naar mogelijkheden om het ontwerp lager te maken. Aangezien de FiwiHex blokken de enige onderdelen van de Delta zijn die ingekort kunnen worden, zal hier verandering in aangebracht moeten worden.

Een nadeel aan het verkleinen van de Fiwihex blokken is de verkorting van de matten die hiermee gepaard gaat. De warmteoverdracht van de warmtewisselaars is namelijk gebaseerd op de hoeveelheid warmte die overgedragen kan worden door de matten. Bij een afname van de oppervlakte van de mat kan minder warmte overgedragen worden. Deze overdrachtscoëfficiënt wordt ook wel de number of transfer units (NTU) waarde van de warmtewisselaar genoemd. Deze NTU waarde geeft de verhouding van de warmteoverdracht van een warmtewisselaar weer.

De NTU waarde van de Delta met matten van 35 capillairen (oorspronkelijke waarde) is 1.1. Het inkorten van de matten zal leiden tot een afname van de NTU tot 0.66 (HSH, 2010). Omdat het vermogen van de Delta een belangrijke eis is om te halen, zijn verschillende ontwerp oplossingen bedacht om deze daling van de NTU waarde te compenseren.

- Plaatsing van drie of vier Fiwihex blokken naast elkaar.
 - o Verbeterde verdeling van de ventilatoren boven de matten
 - o Minder tegendruk voor de ventilatoren
 - o Delta wordt breder
- Het plaatsen van tien matten achter elkaar in de header in plaats van acht.
 - o NTU neemt weer toe met 20%
 - o Delta wordt dieper
- Een combinatie van meer Fiwihex blokken naast elkaar en tien matten in de header

Om een keuze te maken welke ontwerp oplossingen de beste resultaten bieden voor de Delta is er een werkend prototype gemaakt van de Delta 3. Van dit prototype is het vermogen bepaald evenals de verplaatste hoeveelheid lucht. De metingen dienen als uitgangspunt voor een vergelijkingstabel van verschillende configuraties van de Delta. De vergelijkingstabel is te vinden in bijlage F.

Door middel van inter- en extrapolatie zijn de vermogens bepaald voor de verschillende samenstellingen van twee, drie of vier Fiwihex blokken, hoge en lage matten en de hoeveelheid matten. Het vermogen is het eerste criterium waardoor de keuze voor het ontwerp bepaald wordt. Daarnaast zijn de afmetingen van de ontwerpen een belangrijke weegfactor, evenals de prijs per kilowatt.

Uit de tabel blijkt dat de Delta gebaat is bij voldoende luchtverplaatsing. Bij een luchtverplaatsing van 65 m³/h presteren enkel de ontwerpen met de hoge Fiwihex blokken (NTU = 1.1) voldoende wat betreft het vermogen. Omdat deze hoogte te veel beperkingen met zich meebrengt voor het ontwerp vallen alle hoge modellen echter af.

Bij een luchtverplaatsing van 100 en 150 m³/h vormen de lage ontwerpen (NTU = 0.66) een steeds beter alternatief. Het vermogen passeert de gestelde eis van 1 kW ruimschoots terwijl de afmetingen beperkt blijven. Hieronder is te zien dat er uiteindelijk drie configuraties over blijven die geschikt zouden zijn voor het ontwerp van de Delta.

Ontwerp	Ventilatoren	Matten	NTU	Afmetingen (l*b*d)	Vermogen (kW)
1	100 m ³ /h	3*10	0.66	83*40*17	1.40
2	150 m ³ /h	3*8	0.66	83*40*15	1.68
3	150 m ³ /h	3*10	0.66	83*40*17	2.10

Uit de resultaten in de bovenstaande tabel blijkt dat als het mogelijk is 150 m³/h lucht te verplaatsen met de ventilatoren dat ontwerp 1 af valt. Om een keuze te maken tussen ontwerp 2 en ontwerp 3, dient de afweging gemaakt te worden tussen het vermogen en de diepte van de Delta. Na overleg met HSH is er gekozen om te kiezen voor ontwerp 2. De Delta haalt op deze manier een vermogen dat flink boven de gestelde eis ligt en het ontwerp behoudt de huidige diepte. De toename van de diepte die gepaard gaat met het plaatsen

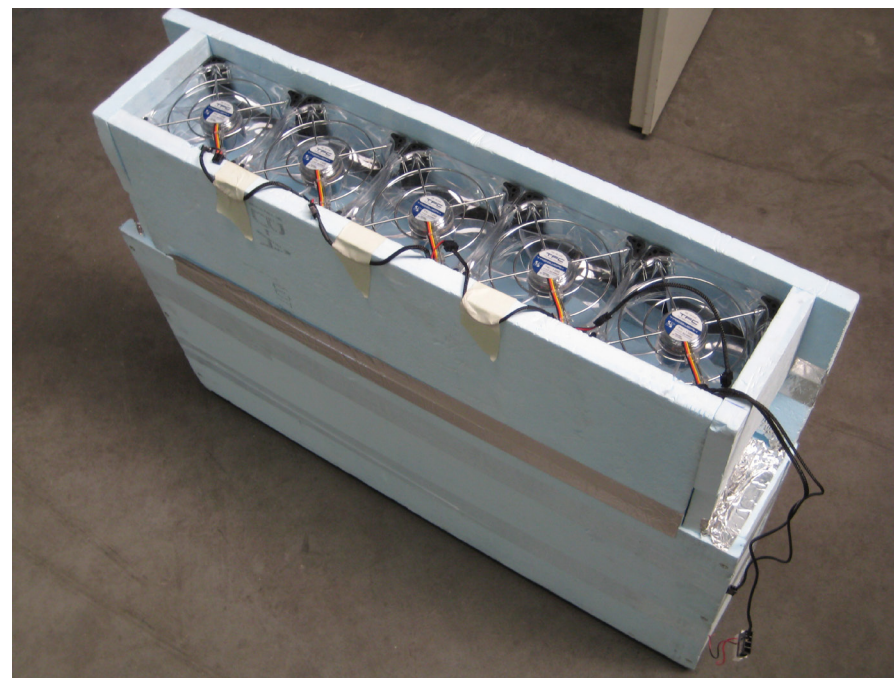
van twee extra matten zorgt ervoor dat de maten van het ontwerp uit verhouding raken. De Delta komt hierdoor over als een log kastje wat afbreuk doet aan het ontwerp.

Bijna alle onderdelen van het interne ontwerp zijn op dit moment bepaald. De enige variabele die nog niet is vastgelegd is de hoeveelheid lucht die verplaatst wordt. Hiervoor dient een beargumenteerde keuze gemaakt te worden tussen de ventilatoren die geselecteerd zijn tijdens de ontwerpfase. Om deze ventilatoren te testen, zal een nieuw prototype gemaakt worden. Dit prototype zal de specificaties volgen van ontwerp 2 uit de bovenstaande tabel; drie ingekorte Fiwhex blokken naast elkaar met 8 matten per header. De testen die uitgevoerd zijn met dit prototype zullen in het volgende hoofdstuk besproken worden.

4.6 Ventilatorkeuze

Om de Delta te testen dient een prototype gemaakt te worden dat het ontwerp nauwkeurig nabootst. Om dit te bewerkstelligen is een prototype gemaakt met een buitenkant van geëxtrudeerd polystyreen hard schuim (figuur 14).

Het schuim bootst de materiaaleigenschappen van de polypropreen binnen behuizing na op het gebied van klempassingen en luchtdoorvoer. De ventilatoren zijn uitneembaar in het prototype geplaatst om verschillende typen ventilatoren te kunnen testen en de bouw van het prototype verder gelijk te houden. De aansluitingen en leidingen zijn identiek aan de gekozen onderdelen wat betreft doorstroming. Omdat er nog geen definitieve keuze is gemaakt over het plaatsen van het filter, is deze niet geplaatst in het prototype. Het luchtrooster aan de bovenkant is tevens niet aanwezig, omdat het ontwerp hiervan nog niet gemaakt is. Hier dient dus rekening mee gehouden te worden bij het interpreteren van de meetresultaten.

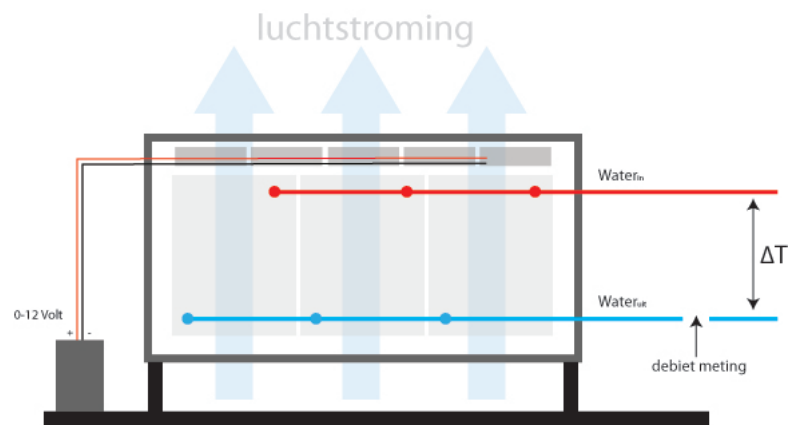


Figuur 14: Prototype PS schuim Delta

De metingen

Het doel van de metingen is om het vermogen van de Delta te bepalen. Dit zal gedaan worden door het verschil in temperatuur te meten tussen het ingaande en het uitgaande water dat door de Delta stroomt. Dit temperatuurverschil, gecombineerd met een debietmeting en de soortelijke warmte van het water bepalen de hoeveelheid afgegeven energie. Volgens de wet van behoud van energie is deze energie afgegeven aan de lucht die door de Delta stroomt, waarmee de capaciteit van de Delta bepaald kan worden.

In onderstaande figuur is de opstelling van het prototype weergegeven, samen met de wijze waarop gemeten zal worden.



Figuur 15: Testopstelling Delta

Het debiet wordt berekend volgens de volgende formule:

$$q = V/t.$$

Waarin:
 q = debiet
 V = volume van het water
 T = tijd.

De totale afgegeven hoeveel energie wordt als volgt bepaald:

$$\text{Vermogen}_{\text{totaal}} = q * \text{soortelijke warmte}_{\text{water}} * \Delta T$$

De Delta wordt getest in een testruimte bij HSH zelf. Het voordeel hiervan is dat er snel metingen verricht kunnen worden en kleine aanpassingen in het prototype

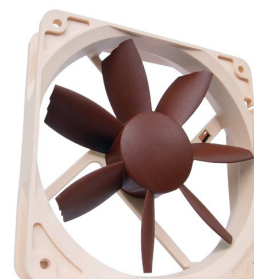
eenvoudig te maken zijn. Een nadeel aan de omgeving is dat laboratorium omstandigheden niet haalbaar zijn. Metingen kunnen hierdoor niet volledig consistent uitgevoerd worden. De grootste meetfout wordt gemaakt door de wisselende temperatuur van het water. Om deze meetfout te middelen zullen meerdere metingen verricht worden. Een kleine verandering van de ΔT heeft namelijk een grote invloed op het berekend vermogen.

In totaal zullen drie typen ventilatoren getest gaan worden in het prototype welke zijn geselecteerd op basis van testresultaten (. De keuze voor deze ventilatoren is gebaseerd op testen die zijn uitgevoerd door silentpcreview.com. De ventilatoren uit figuur 16 worden getest. Datasheets met gegevens over de ventilatoren zijn te vinden in bijlage G.

Scythe S-Flex SFF21G



Noctua NF-S12B FLX



Triebwerk TK-122



Figuur 16: Selectie geteste ventilatoren

De ventilatoren zijn alle drie op dezelfde wijze in het prototype geplaatst. Hierna zijn per ventilator vier metingen gedaan. Het gemiddelde hiervan is het uitgangspunt voor verdere berekeningen. De meetresultaten van de gehele metingen zijn te vinden in bijlage H. De belangrijkste gegevens voor de verschillende ventilatoren zijn weergegeven in de tabel op de volgende pagina.

Noctua NF-S12B FLX		
Water "in"	38.95	°C
Water "uit"	35.75	°C
Lucht "in"	16.85	°C RV
Lucht "uit"	26.91	°C RV
Vermogen totaal (luchtzijdig)	1.14	kW
Scythe S-Flex SFF21G		
Water "in"	37.63	°C
Water "uit"	33.68	°C
Lucht "in"	16.93	°C RV
Lucht "uit"	26.11	°C RV
Vermogen totaal (luchtzijdig)	1.67	kW
Triebwerk TK-122		
Water "in"	46.28	°C
Water "uit"	39.90	°C
Lucht "in"	19.55	°C RV
Lucht "uit"	31.23	°C RV
Vermogen totaal (luchtzijdig)	2.11	kW

De bovenstaande metingen geven de vermogens van de Delta weer bij een water temperatuur die ten tijde van de meting beschikbaar was. Om een eerlijke vergelijking te maken tussen de effectiviteit van de ventilatoren dienen de watertemperaturen gelijk te zijn. Hiervoor kan gebruik gemaakt worden van een rekentabel die door HSH is opgesteld. Met behulp van deze tabel is aan de hand van drie variabelen te berekenen wat het theoretische vermogen is van de Delta. Deze variabelen zijn watertemperatuur in, de luchttemperatuur van de ingaande lucht en de luchtsnelheid door de Delta.

De water- en luchttemperatuur worden gestandaardiseerd om eerlijk te vergelijken:

Watertemperatuur_{in} = 35 °C Deze temperatuur is gekozen vanwege het feit dat veel warmtepompen standaard ingesteld worden op deze temperatuur.

Luchttemperatuur_{in} = 20 °C Deze temperatuur is gekozen omdat het een standaard temperatuur is voor een verwarmd vertrek.

Luchtsnelheid De luchtsnelheid is af te leiden uit het berekend luchtdebiet, gemeten in de bovenstaande tabellen.

Het invullen van de gestandaardiseerde waarden levert de volgende vermogens op voor de Delta bij de verschillende ventilatoren. De totale berekening is opgenomen in bijlage I.

	Scythe S-Flex SFF21G	Noctua NF-S12B FLX	Triebwerk TR-122
vermogen	1.12 (kW)	0.71 (kW)	1.23 (kW)

Uit de testresultaten van de ventilatoren blijkt dat de Triebwerk TR-122 de beste prestaties levert. Dit was ook te verwachten op basis van de specificaties die opgegeven worden door de leveranciers. Een nadeel van de Triebwerk ventilator blijkt de gevoeligheid voor resonantie. Er zal dus zorgvuldig omgegaan moeten worden met de plaatsing van de ventilator om ongewenst geluid te voorkomen.

Met de keuze van de ventilatoren zijn alle onderdelen van het interne ontwerp van de Delta bepaald. Het totaal ontwerp zal in het volgende hoofdstuk toegelicht worden.

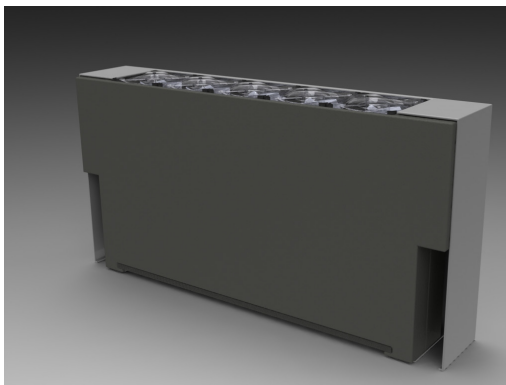
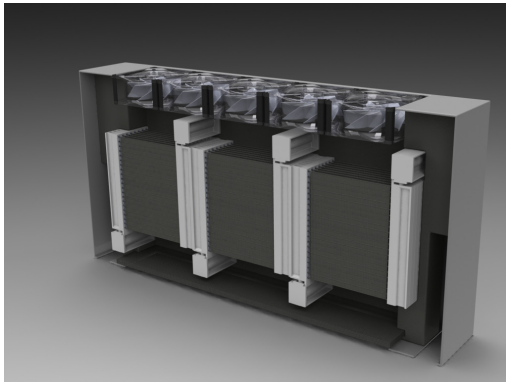
5.1 Detail ontwerp Delta

De veranderingen in het ontwerp van de Delta ten opzichte van het laatste conceptontwerp zijn voornamelijk gericht op de positionering van de onderdelen. De plaatsing van de afzonderlijke onderdelen is overgenomen uit de conceptfase, zoals te zien is in de figuren 17 en 19.

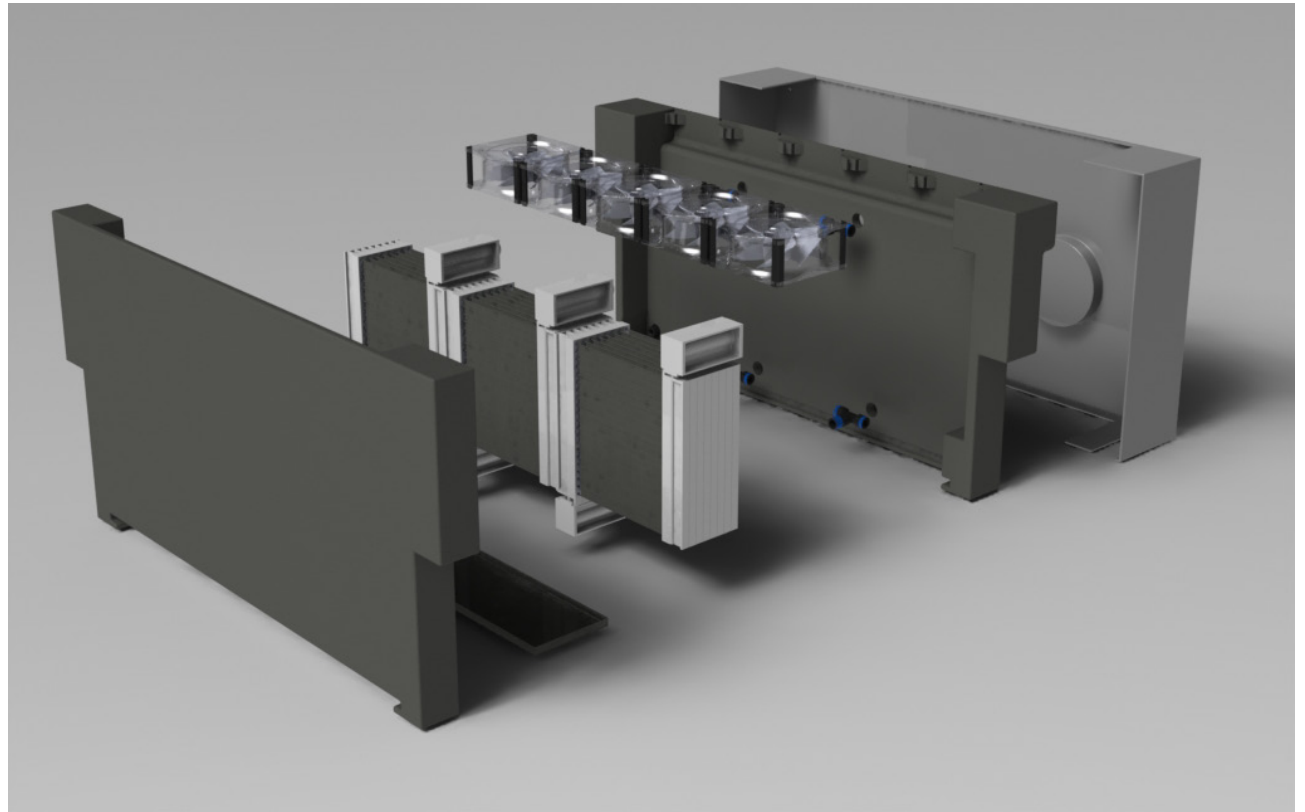
In afbeelding 19 is een exploded view te zien van de Delta om een goede indruk

te krijgen van de verschillende onderdelen die deel uitmaken van het ontwerp.

Hierin is te zien dat de binnen behuizing een integraal onderdeel uitmaakt van het ontwerp. De Fiwi-hex blokken, de geselecteerde ventilatoren en het filter worden geklemd door op de juiste plaatsen uitsparingen of nokken in het schuim aan te brengen. Door de binnen behuizing vervolgens af te sluiten met de voorkap ontstaat een afgesloten blok waarin enkel de bovenkant van de ventilatoren en het filter nog zichtbaar zijn (figuur 18).

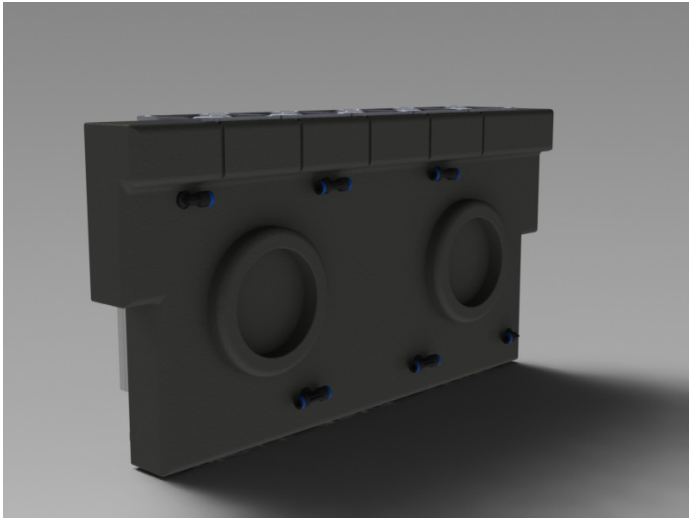


Figuur 17 (boven): Delta open
Figuur 18 (onder): Delta afgesloten



Figuur 19: Delta exploded view

Naast het op de plaats houden van de onderdelen biedt de binnenbehuizing ook plaats aan het leidingwerk en de kabels van de ventilatoren. Door middel van gaten en uitsparingen in de achterzijde wordt ruimte gecreëerd voor koppelingen, leidingen en aansluitingen. Dit is te zien in figuur 20.



Figuur 20: Achterzijde binnebeuizing Delta

In afbeelding 20 is tevens te zien hoe de binnenbehuizing gefixeerd wordt in de achterkap. De twee grote ringen in de kap vormen de contravorm van de nokken die zijn gevormd in de kunststof achterkap. Door de elasticiteit van het schuim kan de binnen behuizing met een klempassing in de achterkap gemonteerd worden.

De achterkap van de Delta zal gevormd worden uit ABS. Er is gekozen voor ABS vanwege de vormvastheid en starre eigenschappen. Bovendien heeft ABS tijdens het vormingsproces weinig last van krimp. Deze eigenschappen maken het mogelijk om met een eenvoudig vormingsproces de nauwkeurigheid en

toleranties te halen die benodigd zijn voor de klempassingen (Dynalab Corp). Als vormingsproces is gekozen voor vacuümvormen. Omdat het minimale investeringen vraagt, wat voor HSH een zeer belangrijk aspect is.

Om de mogelijkheden van het vacuümvormen te bespreken is er contact opgenomen met Model- en Matrijs makerij Twente (MMT). In een bespreking is de functionaliteit van de Delta besproken en de rol die de achterkap hierin zal spelen. Uit het gesprek blijkt echter dat MMT wil investeren in het ontwerp van de Delta. Na een inventarisatie van de eisen waar het interne ontwerp aan moet voldoen, biedt MMT aan om te investeren in de ontwikkeling van de gehele behuizing van de Delta. Concreet wordt het volgende aangeboden:

- De ontwikkeling van een achterkap die zowel de functie van de achterkap als de binnenbehuizing overneemt. Alle onderdelen kunnen hier dus in gefixeerd worden
 - o Het frezen van matrijzen voor prototypes en een nulserie uit hout of ureol
 - o Het leveren van aluminium matrijzen als de nulserie is goedgekeurd
- De ontwikkeling van de casing
 - o Het frezen van matrijzen voor prototypes en een nulserie uit hout of ureol.
 - o Het leveren van aluminium matrijzen als de nulserie is goedgekeurd
- HSH betaalt per geleverd product aan MMT

De besparingen die gepaard gaan met dit aanbod zijn zeer groot voor HSH, dat weinig investeringskapitaal bezit. Met het accepteren van deze samenwerking zal het ontwerp van de Delta dus wederom aangepast moeten worden. De aanpassingen die gemaakt worden aan de interne onderdelen worden besproken in het volgende hoofdstuk. Het definitieve ontwerp van de vacuüm gevormde achterkap zal door MMT verzorgd worden.

5.2 De gevacuümvormde delta

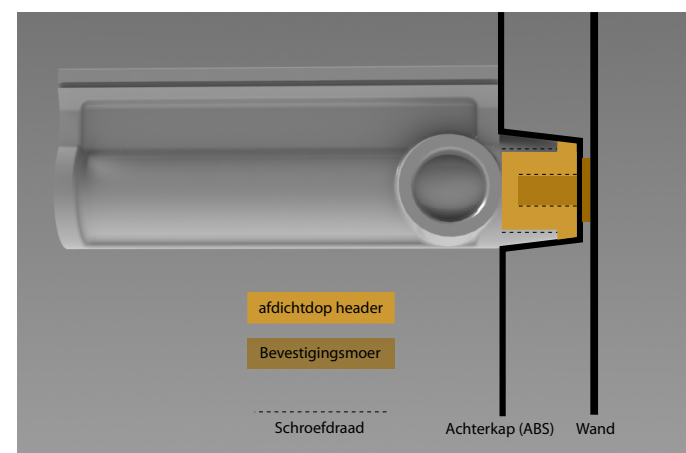
De implementatie van een ABS achterkap in de Delta waar de interne onderdelen in bevestigd worden brengt voor- en nadelen met zich mee. Het grootste voordeel is de ruimtebesparing die gerealiseerd kan worden door het ontbreken van de schuimen onderdelen. Het ontbreken van deze binnen behuizing zorgt er echter wel voor dat er nog beperkte mogelijkheden zijn om de Fiwihex blokken, de ventilatoren en het filter te klemmen in het ABS. Daarnaast is er geen lege ruimte meer beschikbaar om de leidingen weg te werken aan de achterzijde van de matten. Om het rendement van de Delta te behouden zullen voor deze problemen oplossingen gevonden moeten worden.

Door deze ruimtebesparing is een heroverweging van de conceptkeuze uit hoofdstuk 4 noodzakelijk geworden. De keuze om 8 matten in een header te plaatsen was gebaseerd op de maximaal toelaatbare diepte van de Delta. Doordat het ontwerp zonder binnen behuizing 25 millimeter in diepte is afgenomen, is er ruimte ontstaan om de 2 extra matten alsnog te plaatsen. Het rendement van de Delta kan hierdoor theoretisch toenemen met zo'n 20 procent. De nieuwe header zal dus plaats bieden aan tien subheaders, waardoor er tien Fiwihex matten per Fiwihex blok geplaatst kunnen worden. Helaas is het model header dat gebruikt wordt in de figuren in dit hoofdstuk uitgerust met acht gaten. Het model, dat gemaakt wordt door MMT is nog niet aangepast aan de nieuwe situatie.

Zoals vermeld vormen klempassingen van de onderdelen in de Delta een probleem. Om de Fiwihex blokken te fixeren in de achterkap is in samenwerking met MMT gekeken naar oplossingen voor dit probleem. De oplossing is gevonden door het ontwerp van de header aan te passen. In plaats van de enkele aansluiting aan de achterzijde zal de header uitgevoerd worden met drie aansluitpunten. In figuur 21 is het ontwerp van de nieuwe header te zien.

Koppelstuk 3 in figuur 21 is niet langer de aansluiting waar de water aan-

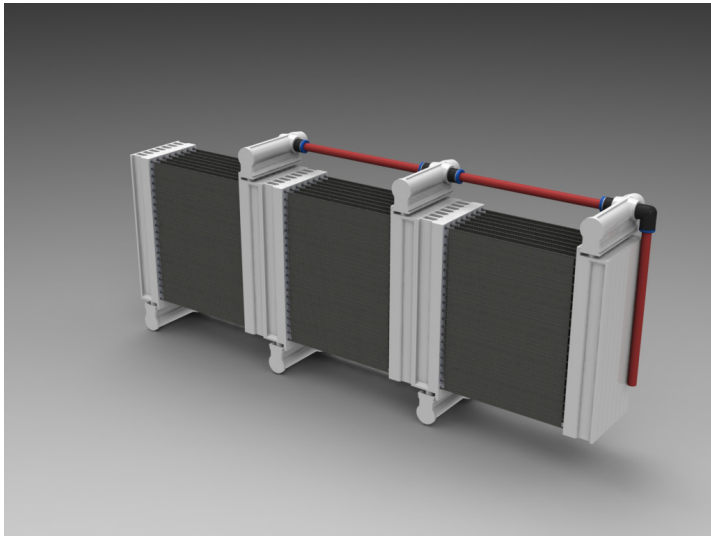
en afvoer op wordt aangesloten. In de plaats daarvan dient de koppeling als montagepunt van de Fiwihex blokken. In de afbeelding is tevens schematisch de werking van de koppeling weergegeven. Koppelstukken 1 en 2 dienen nu voor de water aan- en afvoer. In het geval dat beide koppelstukken verbonden worden met een leiding heeft de header de functie van een T-koppeling. Mits koppelstuk 1 of 2 wordt afgesloten is een L-koppeling gecreëerd. Ongebruikte koppelstukken kunnen afgedicht worden met behulp van een schroefdoop. Dit principe zal door MMT worden toegepast in het ontwerp van de achterkap.



Figuur 21: Aangepast header

Het tweede aandachtspunt waarop gelet moet worden bij het nieuwe ontwerp is het wegwerken van de leidingen. In het voorgaande ontwerp werd ruimte gecreëerd doordat de ventilatoren breder waren dan de Fiwihex blokken. Nu er tien matten naast elkaar geplaatst worden, is deze ruimte niet langer aanwezig. Zoals echter al af te leiden valt aan nieuwe ontwerp van de header, lopen de leidingen niet langer achter de Fiwihex blokken langs. In plaats daarvan kunnen de headers met elkaar verbonden worden door een kort stukje leiding. Deze leidingen lopen dus boven en onder de matten langs, zoals te zien is in figuur 22 op de volgende pagina. Het voordeel hiervan is dat er geen ruimte ontstaat

aan de achterzijde van de matten, waardoor de lucht die door de Delta wordt gezogen optimaal contact kan maken met het koperdraad van de matten. In figuur 22 is te zien hoe drie FiwiHex blokken aan elkaar gekoppeld kunnen worden. Tevens is hier te zien hoe de leidingen uiteindelijk weggewerkt kunnen worden aan de zijkant van de Delta om aangesloten te worden op de water aan- en afvoer.



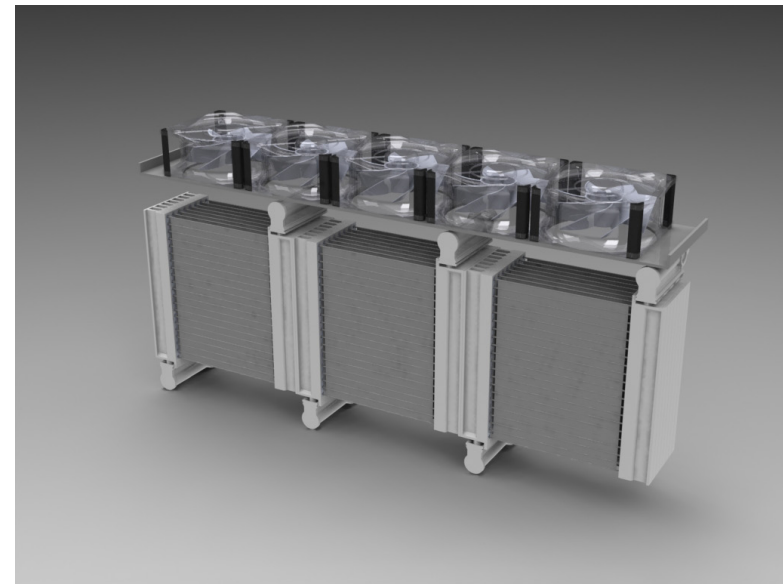
Figuur 22: Leidingwerk Delta

De ventilatoren

Uit de testresultaten van de ventilatoren is gebleken dat de Triebwerk ventilatoren het best presteren in de Delta. Ze verplaatsen de meeste lucht en produceren het minste geluid. Deze laatste eigenschap gaat echter enkel op wanneer de ventilator op de juiste wijze gemonteerd wordt, zoals vermeld in hoofdstuk 4. De nadelen van montage van de ventilatoren in de ABS kap zijn resonantie en klempassing. De gevoeligheid voor resonantie zal vergroot worden door de ventilatoren rechtstreeks in contact te brengen met het ABS. Kleine trillingen

worden overgebracht in het kunststof waardoor de geluidsproductie van de Delta omhoog zal gaan. Daarnaast is de nauwkeurigheid waarmee de achterkap gevormd moet worden niet haalbaar door middel van vacuümvormen. Een kleine vormafwijking zal namelijk al snel leiden tot een te losse of juist te vaste passing.

Om beide problemen te voorkomen zullen de ventilatoren geplaatst worden op een afzonderlijke ventilatorhouder. Één houder zal dus plaats bieden aan de vijf ventilatoren. Door de ventilatoren te plaatsen op de wijze die de fabrikant voorschrijft moeten vibraties voorkomen worden. Door middel van vier rubbers worden de ventilatoren afgesteund op de ventilatorhouder. Dit onderstel kan vervolgens in zijn geheel in de achterkap gemonteerd worden, wat de vormcomplexiteit van de achterkap sterk doet afnemen. In figuur 23 is een schematische voorstelling te zien van de implementatie van de ventilatorhouder. MMT zal deze toepassing verder uitwerken in het ontwerp van de achterkap.



Figuur 23: Bevestiging ventilatoren

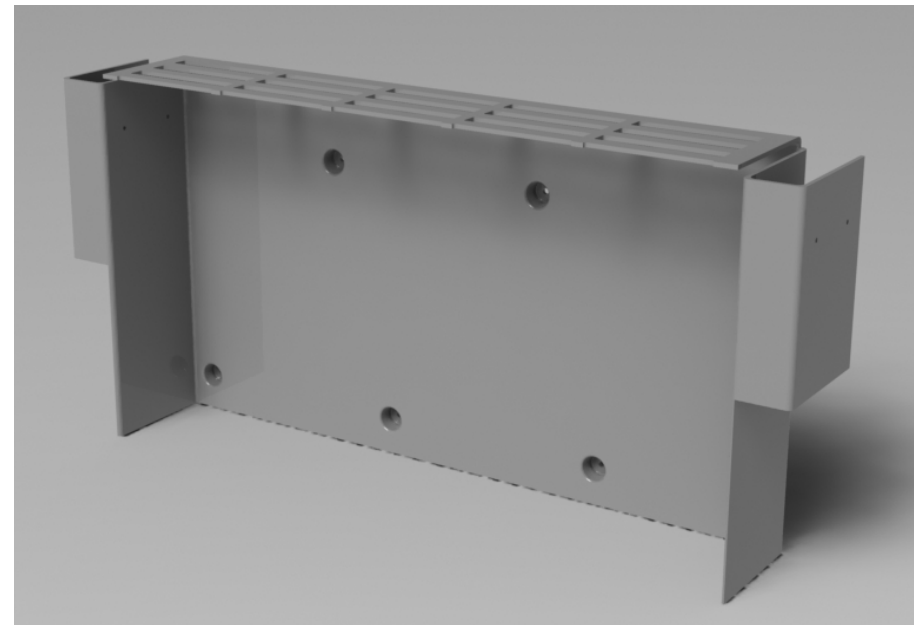
De plaats van de Fiwihex blokken, de ventilatoren en de benodigde aansluitingen zijn nu definitief bepaald voor de Delta. In afbeelding 23 is het definitieve ontwerp te zien van het interne ontwerp van de Delta. Dit ontwerp zal het uitgangspunt zijn voor het ontwerp van de achterkap. Een belangrijke eis die daarnaast gesteld wordt aan de achterkap is de integratie met de casing van de Delta. Om te zorgen dat de achterkap de functies op de juiste manier vervult is er in samenwerking met MMT gekeken naar de functies die de achterkap moet vervullen. De besproken functies zijn de volgende.

- De achterkap moet de Fiwihex blokken op hun plaats houden zoals aangegeven in figuur 21.
- De achterkap moet de Fiwihex blokken zo luchtdicht mogelijk afsluiten om rendementsverlies te voorkomen
- De ventilatoren inclusief de houder moeten in de achterkap bevestigd kunnen worden.
- De leidingen moeten via de zijkanten naar beneden afgevoerd kunnen worden.
- De achterkap moet voldoende stevigheid bevatten om het product te beschermen
- De achterkap moet aan een wand bevestigd kunnen worden
- De casing moet aan de achterkap bevestigd kunnen worden

Op het moment dat er een definitief ontwerp gemaakt gaat worden door MMT zal er gekeken worden naar al deze eisen. In dit stadium van het ontwerp is echter nog niet voldoende bekend over de definitieve uitvoering van de achterkap. Daarom is er op basis van enkele bovengenoemde eisen een concept ontwikkeld van de achterkap die aan de eisen voldoet. Deze is te zien in figuur 24.

Zoals te zien is vertoont het ontwerp gelijkenissen met zowel de ABS achterkap uit de voorgaande concepten als de binnenbehuizing. Dit is een logisch gevolg van de functionaliteit die de achterkap over moet nemen van beide onderdelen. Een opvallend verschil ten opzichte van het voorgaande ontwerp ABS achterkap

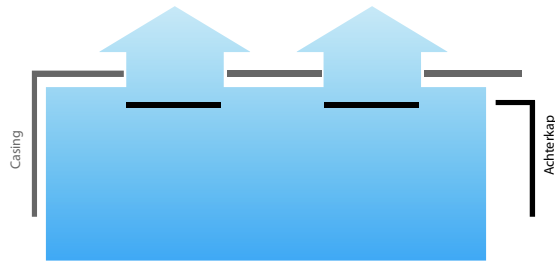
is de aanwezigheid van een luchtrooster. De reden dat dit rooster in de achterkap geplaatst wordt, is het gevolg van de beperkte mogelijkheden die een vacuümgevormde casing biedt om een efficiënt en effectief luchtrooster te vormen. Een rooster dat uit een enkele laag materiaal gevormd moet worden brengt namelijk een aantal vervelende eigenschappen met zich mee. Visueel zal het nadelig zijn (er kan direct in het hart van de Delta gekeken worden) en ook functioneel ontstaan er problemen (vingers, pennen of andere voorwerpen kunnen in de ventilatoren terecht komen).



Figuur 24: Achterkap Delta

Door gebruik te maken van een dubbel rooster dat alternerend geplaatst wordt kan dit voorkomen worden. In figuur 25 op de volgende pagina is te zien hoe een alternerend rooster functioneert. De vormgeving die gehanteerd wordt in figuur 24 is dus ook slechts één van de mogelijkheden qua uitvoering.

MMT kan aan de hand van dit ontwerp een soortgelijke achterkap uitwerken tot een realiseerbaar model met de middelen en mogelijkheden die zij daarvoor beschikbaar hebben.



Figuur 25: Alternierend rooster

6.1 Ontwerp parameters

Met de afronding van het interne ontwerp dient het ontwerp van de casing Delta zich aan. Deze casing is een verlengstuk van het interne ontwerp en speelt een belangrijke dubbele rol in het ontwerp van de Delta. De eerste functie van de casing is de bescherming die hij biedt aan de onderdelen in de achterkap. Door de achterkap af te sluiten is het niet langer mogelijk om in het hart van het product te kijken. Hierdoor wordt de veiligheid van zowel het product als de gebruiker gewaarborgd. Naast een goede bescherming is het van belang dat de casing de juiste uitstraling heeft. Het is namelijk het enige onderdeel van de Delta dat door de gebruiker wordt waargenomen en zal hierop worden beoordeeld als het gaat om vormgeving, kleurgebruik, materiaalgebruik en dergelijke.

Om tot een succesvol ontwerp te komen voor de casing zal er geanalyseerd moeten worden aan welke eisen en wensen het product moet voldoen. In de eerste plaats zijn dit de eisen en wensen van de kopers van het product. Deze doelgroepen zullen behandeld worden in het volgende hoofdstuk. Vervolgens zal er gekeken worden naar concurrenten van de Delta. Wat doen zij met het ontwerp, wie spreken ze aan en waarom spreekt het aan. Door middel van een concurrentieanalyse zullen stijkenmerken en trends geanalyseerd worden die toegepast kunnen worden in het ontwerp van de casing. Ten slotte hangt het ontwerp van de casing sterk af van de gebruikte productietechniek, vacuümvormen. De mogelijkheden, voordelen en nadelen hiervan worden geanalyseerd in hoofdstuk 7.

De uitkomsten van deze onderzoeken zullen gecombineerd worden tot richtlijnen voor het ontwerp van de casing. Hierna zullen enkele conceptvoorstellen gedaan worden waarna voor het definitieve ontwerp van de Delta gekozen kan worden.

6.2 Doelgroep analyse

In vrijwel ieder bewoond gebouw is tegenwoordig verwarming geïnstalleerd. Aangezien de Delta een vervanger kan zijn van de standaard radiator is het

marktpotentieel gezien net zo groot. Een groot aantal plaatsings mogelijkheden betekent echter ook een groot aantal gebruikers van de verwarming waarvan de eisen en wensen sterk uiteen zullen lopen. Zo zal van een Delta die gebruikt wordt in een openbare ruimte meer robuustheid verwacht worden, dan een Delta in een seniorencomplex, waar een behouden ontwerp waarschijnlijk meer tot zijn recht zal komen. Bedrijven zullen misschien hun eigen logo op de verwarming willen zien, terwijl gezinnen meer belang hechten aan uniforme verwarming in ieder vertrek.

Uit bovenstaande beweringen blijkt dat het ontwerp van de Delta sterk afhankelijk is van de doelgroep. Om tot een ontwerp te komen zal deze doelgroep eerst geanalyseerd moeten worden. Deze doelgroep analyse zal opgedeeld worden in twee onderdelen:

- 1) Differentiatie van de doelgroep (de doelgroep in kaart brengen)
- 2) Eisen en wensen van de doelgroep

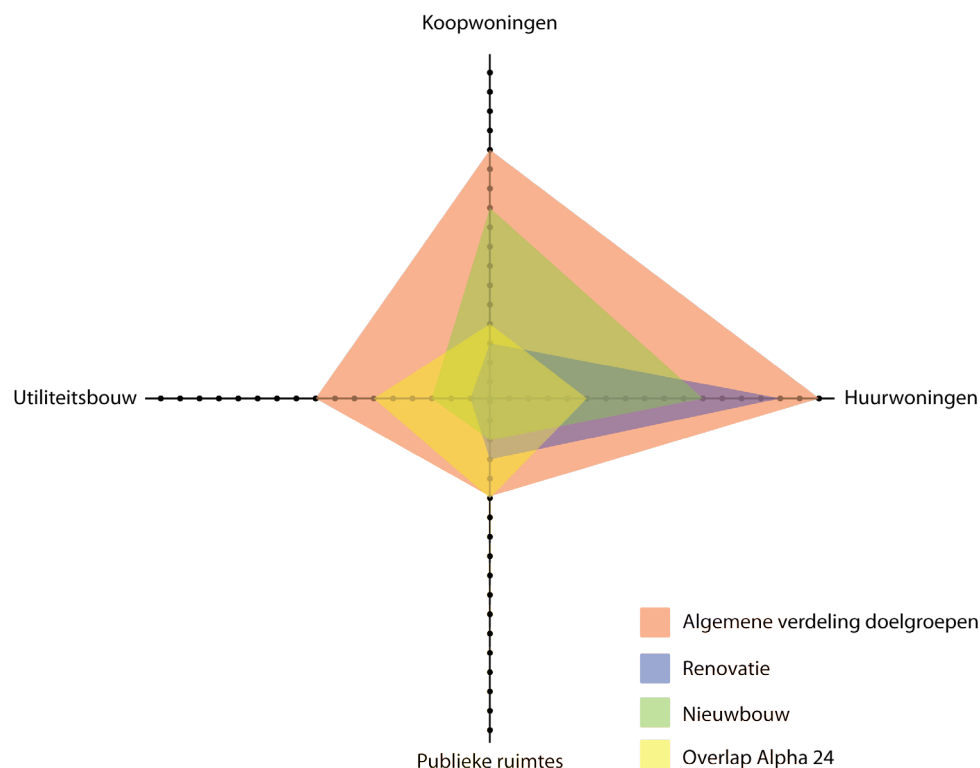
Differentiatie van de doelgroep

Omdat de Delta toegepast kan worden in uiteenlopende markten zal eerst een analyse gemaakt moeten worden van de toepassingsgebieden. De markten zijn al door HSH in kaart gebracht en als volgt gedefinieerd:

- Innovatie/renovatiebouw binnen woningbouwcorporaties
- Nieuwbouwmarkt, particulier en woningbouwcorporaties
- Utiliteitsbouw
- Publieke ruimtes

In de grafiek op de volgende pagina zijn de verhoudingen van deze verdeling per marktsegment weergegeven. Zoals te zien is vormen huurwoningen het grootste marktsegment, waarbij de renovatie/innovatiebouw het grootst is. Koopwoningen vormen de tweede groep. Hierin heeft de nieuwbouw juist een groter aandeel. Utiliteitsbouw en de publieke sector bieden duidelijk minder potentie, voornamelijk ook door de hoge concurrentie van de Alpha.

Focus doelgroepen HSH



Figuur 26: Differentiatie doelgroepen

Over iedere toepassing staat in bijlage J een toelichting betreffende de kans van slagen van de Delta op basis van voor- en nadelen die van toepassing zijn. Hoewel de afzetmarkt van de Delta in kaart is gebracht, dient er tevens nagedacht te worden over wie de daadwerkelijke kopers van het product zijn. Er kan hiervoor onderscheid gemaakt worden tussen particuliere en zakelijke

kopers van de Delta. Er doen zich echter situaties voor waarbij de particulier de eindgebruiker is, maar niet de koper. Een voorbeeld hiervan vormen bijvoorbeeld wooncorporaties. In de grafiek is te zien dat de huurwoning sector de belangrijkste afzetmarkt moet worden. De huurders kiezen vrijwel nooit zelf hun type verwarming uit. In dit geval is de klant dus de wooncorporatie. Dit verschil in afzetmarkt en koper is een belangrijk uitgangspunt bij het in kaart brengen van eisen en wensen die gesteld worden aan de Delta.

Wensen van de doelgroepen

Om eisen en wensen op te stellen voor het ontwerp van de casing is het van belang om de belangen van de verschillende doelgroepen hierin mee te nemen. Een risico hiervan is dat er veel tegenstrijdige belangen ontstaan. Om deze reden is er gekozen om de wensen van verschillende marktsegmenten samen te voegen en slechts de verdeling particulier/zakelijk te onderscheiden.

In bijlage J is per groep een lijst van wenselijke eigenschappen opgenomen voor de casing van de Delta. Hierin is rekening gehouden met eisen die door particuliere en zakelijke kopers gesteld kunnen worden aan de Delta.

Zoals te zien is in de lijst met eisen worden verschillende kenmerken zowel door particuliere als zakelijke kopers gehonoreerd. Dit zijn veelal functionele eisen die ervoor zorgen dat de Delta goed zal functioneren. Een luchtuitstroom rooster dat voorkomt dat er direct in het hart van de Delta gekeken kan worden of een eenvoudig schoon te houden casing, zijn hier voorbeelden van.

Een belangrijk verschil tussen de particuliere en de zakelijke markt is de gewenste uitstraling van de Delta. De zakelijke markt zoekt een neutralere uitstraling die iedere klant past, terwijl particulieren vaak producten aanschaffen die bij de stijl van de woning passen.

Uit de lijst zijn verschillende gewenste ontwerprichtingen te destilleren, welke hieronder zijn omschreven. De mogelijkheden zijn gesorteerd op basis van de

hoeveelheid vrijheid die de koper van het product krijgt bij de aankoop. Meer vrijheid voor de koper betekent echter dat het ontwerp van de casing ook zal toenemen in complexiteit.

- (1) Een neutraal ontwerp
- (2) Een ontwerp met keuzevrijheid qua uitstraling
- (3) Een ontwerp met keuzevrijheid qua vorm
- (4) Een ontwerp met keuzevrijheid qua functie
- (5) Een ontwerp met keuzevrijheden qua uitstraling, vorm en/of functie

De bovenstaande keuzes voor ontwerp vrijheden zijn bepaald aan de hand van bestaande radiatoren die momenteel op de markt verkrijgbaar zijn. Bekende radiator merken als Jaga brengen modellen op de markt met een hoge mate van aanpasbaarheid door de klant. Voorbeelden hiervan zijn de keuze van een materiaal soort, een folie aanbrengen op een radiator paneel of luxere kranen en leidingen. Deze keuzevrijheden verhogen de kans dat de koper een radiator kan aanschaffen die past bij zijn of haar specifieke wensen.

Zoals hierboven genoemd brengt meer keuzevrijheid in het ontwerp een complexer ontwerp van de casing met zich mee. Een complexer ontwerp betekent veelal een ingewikkeldere matrix, waarbij de prijs steeds verder oploopt bij toenemende complexiteit. Voor HSH is het belangrijk dat de investeringskosten die gemaakt worden in het project laag blijven. Om deze reden zal er bij het kiezen van een ontwerp sterk rekening gehouden moeten worden met de kosten die gepaard gaan met de geboden mogelijkheden. Dit kan gerealiseerd worden door bijvoorbeeld in eerste instantie alleen variatie qua uitstraling aan te bieden. Uitbreidingen hierop kunnen volgen als blijkt dat de consument geïnteresseerd is in het product.

De keuze om in eerste instantie te kiezen voor een lage keuzevrijheid in het ontwerp brengt gevolgen met zich mee voor de vormgeving. De Delta moet namelijk een zo breed mogelijk scala aan consumenten aantrekken die allen

tevreden zijn met een vrijwel op dezelfde manier uitgevoerde Delta. Dit betekent dat de vormgeving vrij uniform moet blijven en dat er niet gericht ontworpen kan worden voor een specifieke doelgroep. De volgende paragraaf zal ingaan op de vormgeving van radiatoren die op de huidige markt verkrijgbaar zijn, in de vorm van een concurrentie analyse.

6.3 Concurrentie analyse

Op het gebied van verwarming is er momenteel geen enkele verwarming op de markt die kan verwarmen met zulke minimale temperatuurverschillen tussen de omgevingslucht en het verwarmingswater (HSH, 2009). Dit zorgt ervoor dat de warmtewisselaars van HSH een unieke positie innemen in de markt van de energiezuinige verwarming. Omdat het energieverbruik van apparaten tegenwoordig vaak ter discussie staat kan dit voordelig zijn voor de producten van HSH, waaronder de Delta. Uiteraard zijn concurrenten van HSH ook op de hoogte van de noodzaak om energiezuinige verwarmingselementen op de markt te brengen. Om te analyseren welke producten concurreren met de Delta is het belangrijk om eerst in kaart te brengen hoe de Delta zich verhoudt tot zijn concurrenten. Eerst zullen de functionele aspecten in kaart worden gebracht en vervolgens zal er gekeken worden naar vormgevingsaspecten die voortvloeien uit deze functionaliteit.

Functionaliteit

Op het gebied van verwarmingselementen bestaan er enkele verschillende typen. De meest voorkomende zijn de radiatoren en de convectoren. Het verschil tussen beide typen is de manier waarop de warmte van het water wordt overgedragen aan de lucht. Bij een radiator gebeurt dit voornamelijk via stralingswarmte, terwijl een convector vooral gebruik maakt van de natuurlijk convectie van warme lucht. Zowel radiatoren als convectoren zijn tegenwoordig overal te koop en het lijkt vooral een kwestie van persoonlijke voorkeur te zijn welke van beide systemen wordt geprefereerd. Naast de radiator en de convector kan er gekozen worden

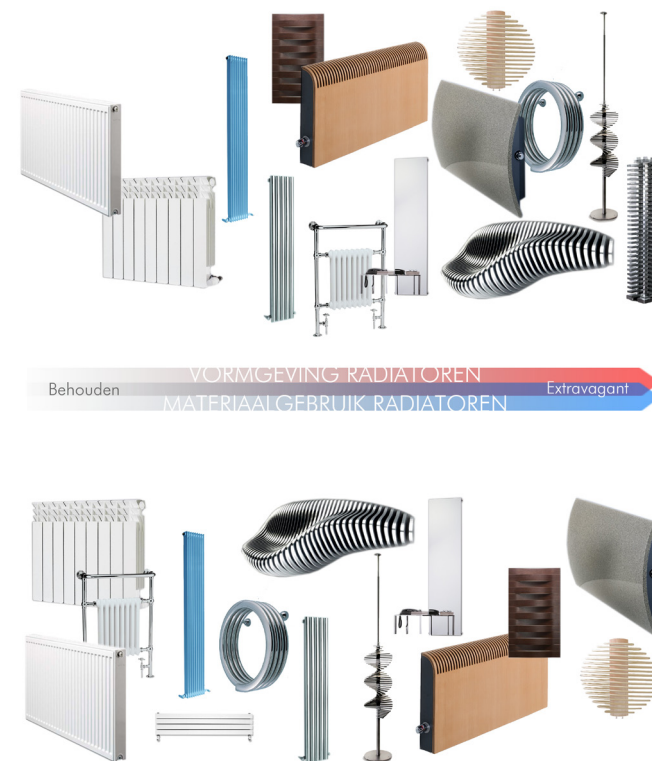
voor vloer-, wand- of luchtverwarming. In de tabel hieronder pagina zijn voor- en nadelen van de verschillende typen verwarming tegen elkaar afgewogen (Livios), . Hierin is ++ zeer gunstig, + gunstig, - ongunstig -- zeer ongunstig en 0 neutraal.

	Vloer	Lucht	Radiator	Convactor	Muur	Delta
onderhoud	++	--	0	0	++	-
Snelheid van opwarmen	-	++	+	++	-	++
Warmte accumulatie	++	--	+	-	++	-
Consequenties voor interieur	++	++	-	-	+/-	-
Aanpassingen mogelijk	-	--	++	++	--	++
Mogelijk bij renovatie	-	--	++	++	--	++
Zuivering van lucht	0	++	0	0	+	+
Zuinigheid	++	0	0	+	+	+++
Architectonische consequenties	-	--	+	+	--	+
Koeling mogelijk	-	++	-	-	++	++

Zoals uit de tabel op de maken valt verschillen de voor- en nadelen voor ieder type verwarmingselement. Als er gekeken wordt naar de Delta, dan combineert deze verschillende verwarmingsbronnen tot een product. De warmteoverdracht vindt namelijk plaats door middel van luchtstroming, terwijl het uiterlijk van het product lijkt op dat van een convactor. Hierdoor worden bepaalde voordelen van beide systemen benut.

Vormgeving

Wanneer er gekeken wordt naar overeenkomsten in de vormgeving tussen de Delta en concurrerende modellen vallen vloer- lucht- en wandverwarming vanzelfsprekend af. Radiatoren, convectoren en dus ook de Delta zijn aanwezig in de ruimte waar in geleefd wordt en hebben hierdoor consequenties voor het interieur, zoals in de tabel weergegeven is. Qua vormgeving vertoont de Delta de grootste overeenkomsten met de convectoren. Doordat de afgifte van stralingswarmte bij een convactor ondergeschikt is aan convectiewarmte hoeven ze geen open structuur te hebben zoals een radiator. Bijna alle convectoren worden daarom uitgerust met een casing, net als de Delta.



Figuur 27: Collage radiatoren

Om een overzicht te krijgen van mogelijkheden betreffende vormgeving en materiaalgebruik van radiatoren en convectoren is een collage gemaakt. In deze collage zijn de producten boven gerangschikt op basis van extravagantie qua vormgeving en onder op basis van materiaalgebruik.

Zoals te zien is in de collage is er geen duidelijk verband tussen extravagantie in materiaal en vormgeving. Een bijzondere vormgeving van een verwarmingselement creëert al snel een product waarvan de toepasbaarheid in twijfel kan worden getrokken. Zo'n product moet passen in het interieur van de koper en biedt verder geen mogelijkheden voor de consument uit de doelgroep van de Delta.

Extravagant materiaalgebruik daarentegen kan wel leiden tot een grotere bruikbaarheid. Verwarmingen worden tegenwoordig -voornamelijk door de komst van lage temperatuur verwarming- steeds vaker uitgevoerd in andere materiaal dan metalen. Deze materialen bieden soms betere mogelijkheden om een ontwerp te produceren, te personaliseren of een bepaalde sfeer over te dragen.

Opmerkelijk aan het gevarieerde aanbod van radiatoren is de afwezigheid van kunststof radiatoren. Op een enkele radiator na wordt er nog nauwelijks gebruik gemaakt van kunststof behuizingen. Een verklaring hiervoor kan de temperatuur van het water zijn, die bij veel typen verwarming nog te hoog ligt om onderdelen van kunststof toe te kunnen passen. Aangezien de Delta een casing zal krijgen van kunststof zal hij daarom een nieuw segment kunnen toevoegen binnen het assortiment verwarmingselementen.

Ontwerp en doelgroep

De radiatoren uit de collage laten duidelijk zien dat er extremen zijn waarmee radiatoren ontworpen kunnen worden. Deze ontwerpen voldoen daardoor duidelijk niet aan de conclusie die getrokken is naar aanleiding van de doelgroepenanalyse. Daar is gesteld dat de Delta een ontwerp moet krijgen dat

verschillende doelgroepen aantrekt en op deze manier een radiator wordt die ingezet kan worden in veel verschillende leefomgevingen. Er zal dus in kaart moeten worden gebracht welk ontwerp radiatoren past bij welke stijl.

Om een onderscheid te maken tussen de ontwerpen van radiatoren zijn deze grofweg in te delen in drie categorieën. Ten eerst zijn er de klassieke radiatoren. De vormgeving is behouden, evenals het kleurgebruik. Het voornaamste doel is de functionaliteit die de radiator moet bieden. Ten tweede zijn er de zogenaamde design radiatoren. Modellen die in deze categorie vallen hebben vaak een karakteristiek uiterlijk. Dit kan zowel komen door de vormgeving, het materiaalgebruik of een combinatie van beide. Design radiatoren bieden een combinatie van design en functionaliteit.

Radiatoren uit de derde categorie worden ook veelal onder de noemer design radiator op de markt gebracht. In de praktijk vallen deze radiatoren eerder in de categorie sier radiator. De functionaliteit is ondergeschikt geraakt aan de vormgeving en de radiator wordt eerder gezien als kunststuk dan als verwarmingselement. Om de verschillende categorieën radiatoren te verduidelijken, is een collage gemaakt waarin de drie verschillende categorieën zijn weergegeven aan de hand van verschillende modellen radiatoren. De collage is te zien op de volgende pagina.

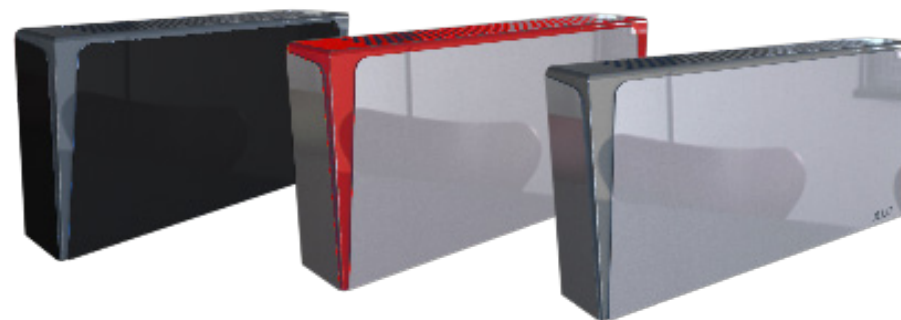
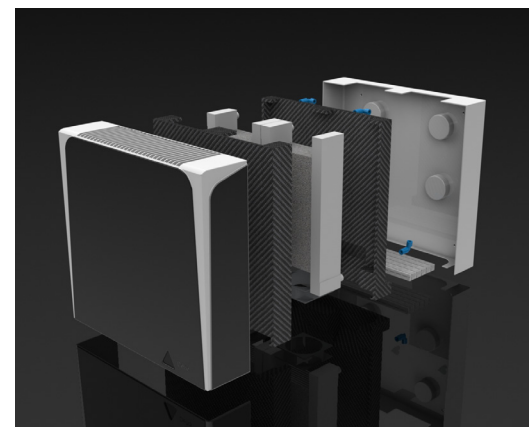
34

Uit de verschillende groepen in de collage zijn de voornaamste kenmerken betreffende het ontwerp gestedilleerd.

	Traditioneel	Design	Sier
Kleur	Koele, lichte kleuren	Veel variatie, voornamelijk donkere, warme kleuren	Veel variatie in kleurgebruik. Veel bonte kleuren
Materiaal	Voornamelijk metalen	Metaal, hout, kunststof en combinaties daarvan	Exotische materialen: steen, schuimen, kunststoffen
Vorm	Geometrisch, strak	Geometrisch en organisch	Strak organisch, veel ornamenten

Aan de hand van de eisen en wensen die naar voren zijn gekomen uit de doelgroep analyse blijkt dat het ontwerp van de Delta idealiter ligt tussen de functionele en de design radiatoren. De kenmerken hiervan kunnen dus gecombineerd dienen als ontwerpregels voor de conceptontwerpen van de casing.

In de loop van de ontwikkeling van de Delta zijn er al verscheidene conceptontwerpen gemaakt van de Delta die gedeeltelijk aan de kenmerken van de gewenste uitstraling voldoen. Deze ontwerpen komen voort uit verschillende ontwerpfases in het proces. Deze conceptafbeeldingen zijn gebruikt in presentaties, gegeven door HSH, waar het ontwerp de Delta in voor komt om geïnteresseerden op de hoogte te houden van de status van het product. Omdat de afbeeldingen inzicht kunnen geven in de stijl waarin de Delta uitgevoerd kan worden zijn hiernaast enkele voorbeelden te zien (figuur 29).



Figuur 29: Conceptontwerpen Delta

Naast de doelgroep- en concurrentieanalyse is er nog een derde belangrijke factor in het ontwerp van de casing, de productiewijze. Zoals vermeld in hoofdstuk 4 zal de casing van de Delta vacuüm gevormd worden uit ABS plaatmateriaal. Een bepaalde productiemethode stelt vaak verschillende eisen aan het ontwerp van het product. De volgende paragraaf zal daarom ingaan op de mogelijkheden en beperkingen van het vacuümvormen.

6.4 Vacuümvormen

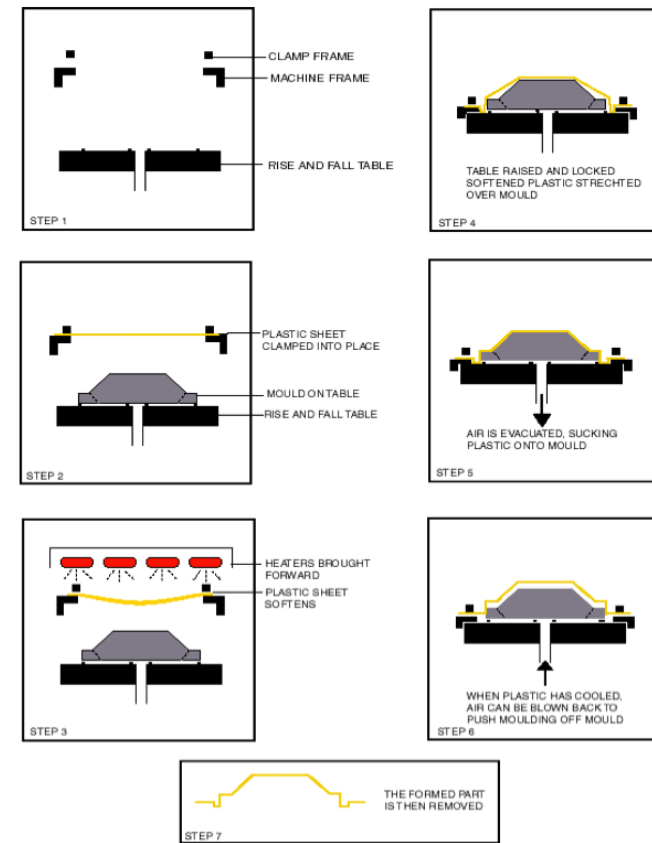
Vacuümvormen is een van de varianten van de oudste en bekendste kunststof vormtechniek; het thermovormen. Thermovormen beslaat alle technieken die gebruik maken van warmte om polymeren te vervormen. Als polymeer wordt er veelal gebruik gemaakt van kunststof plaatmateriaal, welke door middel van mallen of matrijzen in de gewenste vorm wordt gebracht. Vacuümvormen wordt tegenwoordig nog steeds veel toegepast en is verantwoordelijk voor een scala aan producten, variërend van skiboxen tot keukengereedschap (Formech).

Om een product te maken door middel van vacuümvormen is het belangrijk om te weten hoe het proces verloopt. Het proces is op te delen in zeven stappen, te weten:

1. Het instellen van de vacuümvorm machine. De klemmen, het frame en de tafel waar het product op gevormd word moeten op de juiste plaats worden geplaatst.
2. Het klemmen van het materiaal. Het plaatmateriaal dient voldoende stevig op de vacuümvorm machine geklemd worden om verschuiving te voorkomen tijdens het vormen.
3. Het verwarmen van het kunststof. De kunststof plaat wordt door middel van infrarood verwarmingselementen opgewarmd tot deze in een rubberachtige toestand geraakt (de zogenaamde T_g , of glas-rubber overgangstemperatuur genoemd).
4. Het sluiten van de machine. De tafel met de matrijs wordt omhoog gebracht, waardoor de kunststof plaat in de vorm van de matrijs gevormd wordt.
5. Het vacuüm vormen van het model. Door de kunststof plaat van onderen vacuüm te zuigen, wordt de vormnauwkeurigheid van het product vergroot en ontstaat een gaver product.
6. Na een periode van koelen is het product klaar om gelost te worden uit de matrijs. Hiervoor wordt er nu juist lucht tegen het

product aangeblazen om het lossen te vereenvoudigen. Na het openen van de klemmen kan het product uit de machine gepakt worden. Openingen, accenten en verdere afwerking van het product kunnen tijdens het vormen zelf gebeuren bij zeer geavanceerde machines, maar dient veelal achteraf te gebeuren.

In figuur 30 is het proces schematisch weergegeven.

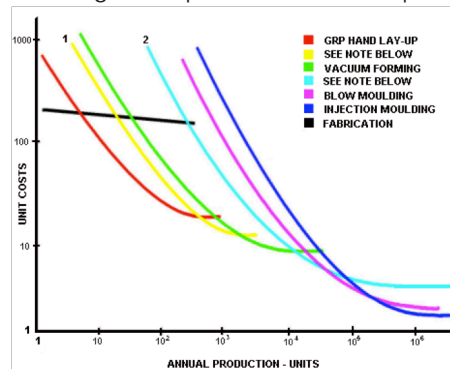


Figuur 30: Vacuümvormen in de praktijk

Voor- en nadelen

Net als iedere andere vormtechniek zitten er verschillende voor- en nadelen aan vacuümvormen. Het grootste voordeel van vacuümvormen zijn de lage opstartkosten van het proces. Doordat er weinig druk nodig is om de producten te vormen, blijven de krachten die op de matrijs komen te staan gering. Dit zorgt ervoor dat relatief grote producten als de Delta, gevormd kunnen worden met relatief goedkope matrijzen. De lage druk zorgt er ook voor dat de matrijzen minder nauwkeurig bewerkt hoeven worden, wat een snelle opstarttijd voor de fabricage mogelijk maakt. Ook dit is een belangrijk aspect voor HSH om rekening mee te houden.

Nadelig aan het proces is het feit dat de 'grondstof' een kunststof plaat moet zijn. De meeste andere kunststofbewerking technieken gebruiken granulaat als grondstof. Het voordeel hiervan is dat er nauwelijks restafval ontstaat. Vacuüm gevormde producten zullen na het nabewerken altijd restafval opleveren. Een tweede nadeel is de doorlooptijd van de producten. Het vacuümvorm proces duurt vrij lang, waarna het product nog nabewerkt dient te worden. Bij lage productieaantallen (zoals hier het geval is) speelt dit een ondergeschikte rol. Zoals te zien is in figuur 31 biedt de techniek een goede prijs/productie verhouding tot een jaarlijkse productie van zo'n 10.000 stuks. Mochten er in de toekomst meer producten gemaakt worden, dan doet HSH er verstandig aan om te gaan kijken naar andere productietechnieken, bijvoorbeeld spuitgieten.



Figuur 31: Prijsvergelijking productietechnieken

Als er gebruik gemaakt wordt van vacuümvormen in het ontwerp van een product dan dient er rekening gehouden te worden met de mogelijkheden, maar vooral ook de onmogelijkheden van de techniek. Het ontwerp van de casing van de Delta krijgt vanzelfsprekend ook te maken met deze ontwerpregels. De meeste van deze regels stellen eisen aan de geometrie van het ontwerp. Hieronder staan enkele vuistregels welke de belangrijkste randvoorwaarden voor het ontwerp van de casing zullen vormen (Formech).

- Om het product goed te kunnen verwijderen uit de matrijs dient er rekening gehouden te worden met de lossingshoeken van het product. Over het algemeen bedragen deze hoeken bij vacuümvormen zo'n 3 tot 5°. Door gebruik te maken van speciale matrijzen kan de lossingshoek nog kleiner worden.
- Holtes in de matrijs dienen minder diep te zijn dan 75% van de doorsnede van het product, met een maximale diepte van zo'n 20 centimeter. Bij het vormen van diepere producten ontstaan te grote verschillen in de wanddikte.
- Grote, platte vlakken zakken sneller door. Dit kan opgelost worden door gebruik te maken van een kleine curve in het vlak of door detaillering aan te brengen in het ontwerp.

Naast de ontwerpregels die opgelegd worden aan een product, is ook de matrijskeuze een belangrijke factor in het ontwerp van de casing. Matrijzen voor het vacuümvormen kunnen gemaakt worden uit verschillende materialen. Voor prototypes, modellen en nulseries kan volstaan worden met gemodelleerde matrijzen uit hout, gips of epoxyhars. Wanneer de productiegraad toeneemt, worden matrijzen veelal vervaardigd uit aluminium. Aluminium wordt gekozen vanwege zijn uitstekende sterke/gewicht verhoudingen en lage slijtagegevoeligheid. De beste resultaten worden gehaald met matrijzen van poreus aluminium. Dit relatief nieuwe materiaal zorgt voor een preciezere afwerking van het materiaal vanwege de natuurlijke ventilatie dat het aluminium biedt. Deze ventilatie zorgt ervoor dat ventilatiegaten die normaliter in een

matrijs geboord moeten worden, overbodig zijn. Een laatste voordeel van poreus aluminium is het feit dat lossingshoeken kleiner kunnen worden.

Net als het proces zelf legt de matrijs ook een aantal ontwerpregels op aan de casing (Formech).

- Scherpe hoeken en bochten met een kleine radius moeten voorkomen worden. Het materiaal wordt op deze plaatsen namelijk hevig belast wat scheuren in de hand werkt.
- Iedere oneffenheid in de matrijs wordt tijdens het vacuümvormen overgenomen in het model. Het is dus erg belangrijk dat de matrijs nauwkeurig afgewerkt wordt.
- Naden en fijne details in het ontwerp dienen voorzien te worden van ventilatiegaten om het product goed vacuüm te kunnen trekken (uitgezonderd bij matrijzen van poreus aluminium).

Afwerking en decoratie

Voor de afwerking en decoratie van het model zijn er verschillende mogelijkheden bij het vacuümvormen. In de eerste plaats kan het gevormde model zelf aangepast worden, zowel tijdens als na het vormingsproces. Daarnaast is het ook mogelijk om de matrijs aan te passen en op deze manier de vorm van het model te wijzigen.

De meest gebruikte manier is om alle handelingen die naast het vormen van het product plaatsvinden pas te doen als het product uit de matrijs gehaald is. In het geval van de casing zullen (boor)gaten, sleuven voor het luchtrooster en andere benodigde openingen dus achteraf in de kap gefreesd worden. Mocht er gebruik gemaakt willen worden van een casing die meerdere kleuren of afwerkingen bevat, dan zal dit ook achteraf aangebracht moeten worden. Verven, coaten of (zand)stralen behoren hierbij tot de mogelijkheden. Het is bij vacuümvormen ook mogelijk om bovenstaande bewerkingen reeds in de matrijs te laten plaatsvinden. Het grootste nadeel hiervan vormen de kosten van de

matrijs die oplopen met elke extra bewerking.

De tweede mogelijkheid, het aanpassen van de matrijs, kan voor HSH een aantrekkelijk optie zijn. Door gebruik te maken van een wisseldeel in de matrijs kan er relatief eenvoudig verandering worden aangepast in het ontwerp van de casing. Een wisseldeel is een losneembaar onderdeel in een matrijs die eenvoudig verwisselbaar is met een ander wisseldeel. Het veranderen van motieven, het invoegen van (bedrijfs)logo's of andere kleine aanpassingen kunnen zo gedaan worden.

Nu de mogelijkheden van vacuümvormen voor de casing van de Delta in kaart gebracht zijn kan er begonnen worden met de ontwikkeling van concepten. Naar aanleiding van de doelgroepanalyse, de concurrentieanalyse en de ontwerprichtlijnen zullen in het volgende hoofdstuk drie concepten ontwikkeld worden voor de casing.

7.1 Conceptvoorstellen Delta

In de voorgaande hoofdstukken zijn direct of indirect verschillende eisen opgelegd aan het ontwerp van de casing. De eisen die de vormgeving van de casing het meest beïnvloeden staan hieronder nogmaals kort opgesomd:

- De vormgeving moet een breed publiek aanspreken
- De vormgeving moet aanpasbaar zijn indien gewenst
- De vormgeving van de Delta moet het midden houden tussen een traditionele en design radiator
- De casing wordt geproduceerd door middel van vacuümvormen

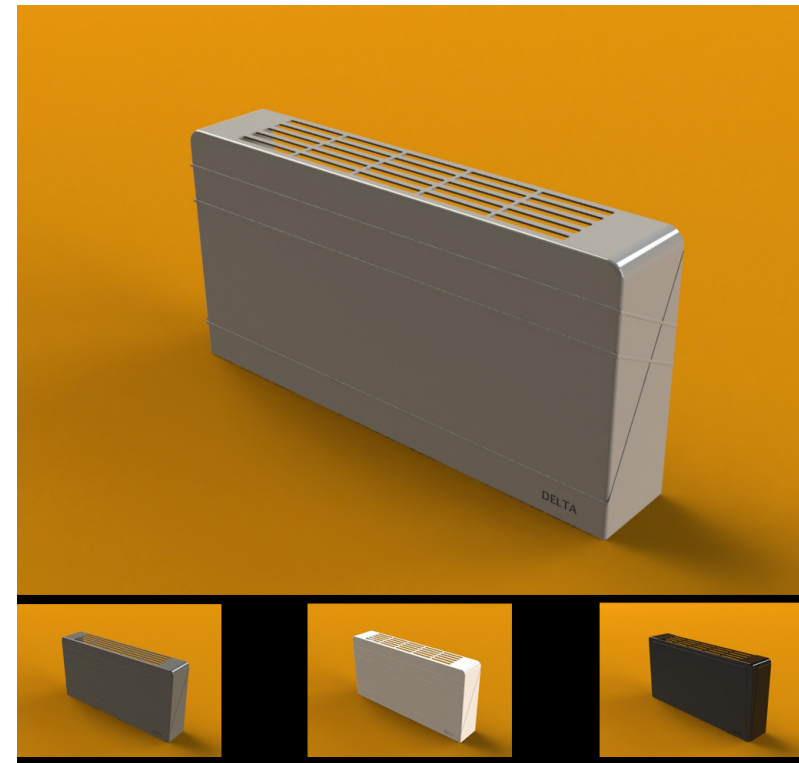
Op basis van de gestelde eisen is een vormstudie gedaan naar de casing van de Delta. Deze vormstudies zijn te vinden in bijlage I. Door verschillende concepten uit de vormstudies met elkaar te combineren ontstaan ontwerpen die karakteristieke eigenschappen hebben uit zowel de traditionele als de design richting. Deze combinatieroutes zijn ook terug te vinden in de vormstudies. Door middel van kleur is aangegeven welke ontwerpen gecombineerd zijn. Uit de combinaties zijn vijf concepten gekozen om verder uit te werken. Deze concepten zijn als aparte pagina te zien in bijlage x. Van deze vijf concepten zijn vervolgens de concepten kriskras, bars en traps verder uitgewerkt als visuele concepten.

De concepten zullen door het ontbreken van gegevens over het definitieve ontwerp van de achterkap globaal worden beschreven. De interactie met de achterkap, zoals de verbindingen komen hierdoor te vervallen. De focus ligt op het uiterlijk van de casing. Ieder concept zal gepresenteerd worden in dezelfde kleur- en materiaalsetting om vergelijkingen tussen de concepten mogelijk te maken. Naar aanleiding van deze vergelijking zal een aanbeveling gedaan worden aan HSH om te kiezen voor één van de concepten.

Concept 1, kriskras

Het ontwerp van concept 1 is gebaseerd op de horizontale layout die veel design

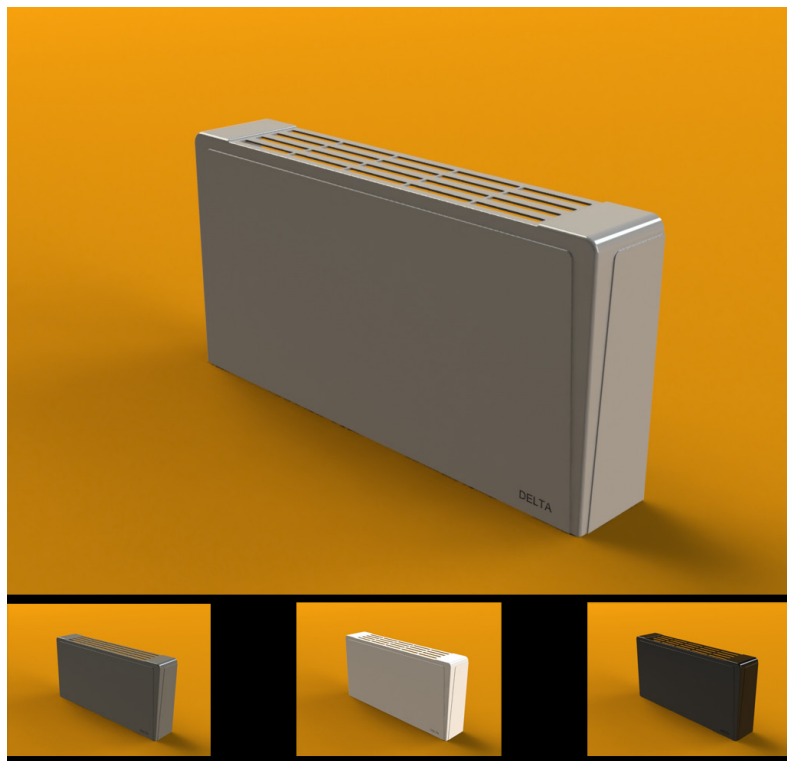
radiatoren hanteren. Door dit patroon te minimaliseren en hier op speelse wijze mee te combineren ontstaat een lijnenpatroon dat het ontwerp een dynamisch gevoel mee geeft. Door ervoor te zorgen dat de lijnen een beperkte hoogte houden is het mogelijk om het ontwerp te vacuümvormen. De afrondingen langs de randen zorgen voor een verbeterde stijfheid in het ontwerp. Daarnaast zorgen ze er ook voor dat het ontwerp minder groot oogt. Het rooster bestaat uit vijf secties van vijf sleuven. Er is gekozen voor vijf secties omdat iedere ventilator op deze manier precies onder een luchtrooster geplaatst kan worden. Daarnaast hebben meerdere secties een positieve invloed op de sterkte die verkregen kan worden in het rooster.



Figuur 32: Concept kriskras

Concept 2, traps

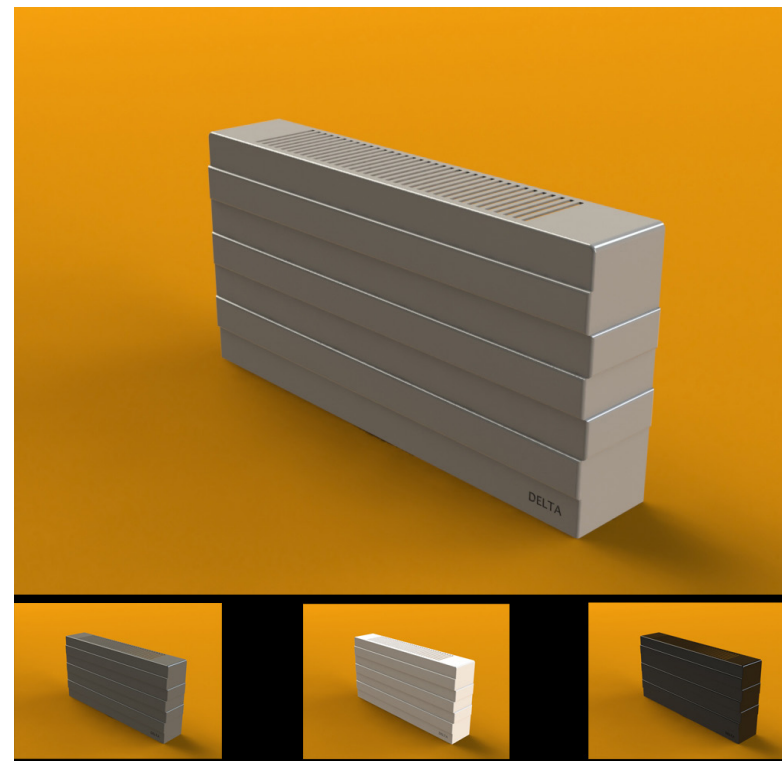
Traps heeft in vergelijking met de andere concepten een redelijk behouden vormgeving. Grote, platte vlakken zorgen voor een rustige uitstraling. De afrondingen zorgen voor esthetische spanning in het ontwerp en verhullen de vorm van de standaard rechthoek. Door de opstaande ribben lichtelijk in de vorm van een trapezium te plaatsen worden de afrondingen versterkt en vervaagd de vorm van de rechthoek verder. Het luchtrooster is enkele millimeters verdiept in de casing aangebracht om de aanwezigheid van de 'schouders' van het ontwerp te benadrukken. Het rooster van concept traps heeft dezelfde uitvoering als het rooster van concept kriskras, vijf secties van vijf sleuven.



Figuur 33: Concept traps

Concept 3, bars

Bars ontleent zijn vormkenmerken zowel aan de horizontale als verticaal georiënteerde radiatoren. De horizontale vlakken liggen voldoende verdiept in het voor- en zijvlak om ervoor te zorgen dat invallend licht het reliëf verduidelijkt. Door de strepen aan de zijkanten van de casing in tegengestelde fase te laten lopen ontstaat een gebroken patroon van schaduw, licht en highlights. Het rooster is bij dit concept haaks op de andere lijnen geplaatst. Dit is gedaan ter compensatie voor de vele horizontale lijnen die over de casing lopen. Het rooster houdt de verhoudingen tussen horizontale en verticale accenten in balans.



Figuur 34: Concept bars

Conceptkeuze

Om een keuze te kunnen maken tussen de verschillende concepten dient gekeken te worden welk concept het best voldoet aan de gestelde eisen die zijn voortgekomen uit de doelgroepanalyse, de concurrentieanalyse en de productiemethode.

Toepasbaarheid

Alle drie de concepten kunnen qua ontwerp gepositioneerd worden tussen de traditionele radiator en de design radiator. De vormgeving van concept 3 kan de meest opvallende genoemd worden in vergelijking met concept 1 en 2. Deze concepten laten hun vorm spreken met subtielere details. Het voordeel hiervan is dat de toepasbaarheid van de Delta in verschillende situaties hierdoor zal toenemen.

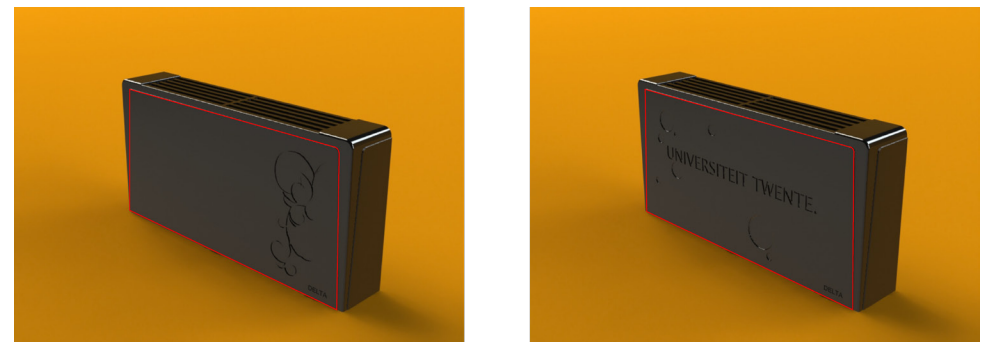
Aanpasbaarheid

Zoals aangegeven is in de doelgroep analyse kan het voordelig zijn voor HSH als het ontwerp eenvoudig aanpasbaar is aan verschillende situaties. De mogelijkheden die de vacuümvorm techniek hiervoor biedt, zijn behandeld in hoofdstuk 6.4. Een wisselmatrijs biedt de beste mogelijkheden als nabewerking met de hand voorkomen dient te worden en het onderscheid in de vorm gemaakt moet worden (MMT, 2009). Concepten 1 en 2 bevatten beide platte vlakken aan de voorzijde waar een wisseldeel in de matrijs geplaatst zou kunnen worden. Concept 3 biedt hier minder ruimte voor. Het ribbelige ontwerp is minder geschikt voor aanpassingen. In figuur 35 zijn twee voorbeelden te zien van ontwerpen waarbij de voorzijde van concept 2 is aangepast. Het wisseldeel is aangegeven door de rode lijnen.

Produceerbaarheid

Alle concepten moet produceerbaar zijn met dezelfde techniek; vacuümvormen. In ieder concept is rekening gehouden met de voorwaarden die gesteld zijn in hoofdstuk 6.4. De details aan de zijanten van concept 1 kunnen echter problemen opleveren het lossen van de matrijs. Om de kans op fouten zo klein mogelijk te houden is het belangrijk dat tegen lossende delen zo klein mogelijk worden gehouden. Voor concept 1 betekent dit dat er een kans bestaat dat er detail verloren gaat. Concept 2 en 3 zullen geen problemen opleveren tijdens de productie.

De bovenstaande factoren hebben allemaal invloed op de keuze voor het concept dat aanbeveling verdient. Om de verschillen tussen de concepten duidelijker te maken zijn er gekozen om gebruik te maken van een Harris profile. Een Harris profile geeft op basis van een grafische representatie weer wat de sterktes en zwaktes van verschillende concepten zijn. Een Harris profile biedt voornamelijk uitkomst wanneer er op basis van indrukken en intuïtie een aantal concepten met elkaar vergeleken moeten worden. Ieder concept krijgt een score toegewezen per punt waarop ze vergeleken worden. Na de vergelijking wordt het totaaloverzicht per concept bekeken en kan er een keuze gemaakt worden voor een van de concepten (Roozenburg en Eekels, 1995). De tabel is te vinden op de volgende pagina.



Figuur 35: Aanpasbaarheid casing

	Concept 1				Concept 2				Concept 3			
	-2	-1	1	2	-2	-1	1	2	-2	-1	1	2
<i>Toepasbaarheid</i>												
Het ontwerp is traditioneel												
Het ontwerp is design												
Het ontwerp valt op												
Uitstraling verschilt per kleur												
<i>Aanpasbaarheid</i>												
Vormwijzigingen mogelijk												
Aanpassing door consument mogelijk												
Verschillende materialen en kleuren tegelijk mogelijk												
<i>Produceerbaarheid</i>												
Het ontwerp is lossend												
Het ontwerp bevat geen scherpe randen of hoeken												
Stevigheid												
Nabewerking												

Uit het Harris profiel blijkt dat de concepten niet veel verschillen in de beoordeling als het aankomt op toepasbaarheid en produceerbaarheid. Wel komt concept 2 als beste concept naar voren als het aankomt op aanpasbaarheid. De aanpasbaarheid is het criterium wat het zwaarst weegt voor de gebruiker van de Delta. Om deze reden is gekozen om het ontwerp van concept 2 aan te bevelen aan HSH.

7.2 Eindresultaat van het ontwerp

Met het kiezen van concept 2 als casing voor de Delta kan het totaal ontwerp van de Delta samengesteld worden, zie figuur 36. Op de volgende pagina is in afbeelding 37 te zien hoe de Delta geplaatst kan worden in een interieur. Vanwege de kleurstelling van de ruimte is gekozen om de witte casing nogmaals te gebruiken.



Figuur 36: Totaal ontwerp Delta

Met de keuze van het ontwerp voor de casing is het ontwerp van de Delta afgerond in het kader van deze opdracht. Het product zal verder in samenwerking met MMT worden ontwikkeld naar aanleiding van de ontwerprichtlijnen, concepten en productaanpassingen die zijn behandeld en aangereikt. In het volgende hoofdstuk zullen de conclusies van het onderzoek worden behandeld, alsmede de aanbevelingen die het project verder verdient.



Figuur 37: Plaatsingsmogelijkheden Delta

8.1 Conclusie

Interne ontwerp

Het ontwerp van de Delta is in de loop van het project meerdere malen ingrijpend veranderd. Deze veranderingen hebben iedere keer geleidt tot een verbetering van de werking van het product. Het uitgangspunt van iedere verandering is het optimaliseren van (bepaalde) onderdelen binnen het ontwerp van de Delta. Hiervoor is iedere keer een analyse gemaakt van de theoretische wensen om te bepalen welke oplossing het optimale resultaat oplevert. Door vervolgens in de praktijk te testen en onderzoeken of de oplossingen mogelijk zijn kan er een besluit genomen worden over het al dan niet aanpassen van het product.

Interne ontwerp

De focus van de ontwerpopdracht is met name komen te liggen op het interne ontwerp van de Delta. Zoals hierboven vermeld staat heeft de constante ontwikkeling van het ontwerp geleidt tot een optimalisering van het oorspronkelijke product. Het iteratief ontwerpen heeft duidelijk een stempel gedrukt op de opdracht. Wat betreft de functionaliteit van de Delta zijn de eisen die gesteld zijn aan het ontwerp gehaald. Het vermogen van de Delta komt zelfs in de buurt van de wens van 1.5 kW. Naast het vermogen is het beperken van de afmetingen van de Delta een belangrijk aspect van de opdracht geweest. Veel aanpassingen in het ontwerp van de Delta vinden hun oorsprong dan ook in het beperken van de afmetingen. De ventilatorkeuze, de configuratie van de Fiwihex blokken, het wegwerken van de leidingen; al deze oplossingen maken het mogelijk dat de Delta een compacte, maar toch krachtige warmtewisselaar is.

Met de komst van het aanbod van MMT om de ontwikkeling van de vacuümvorm onderdelen op zich te nemen heeft het project aan het eind nog een wenteling ondergaan. Het gevolg hiervan is dat het ontwerp van de Delta uiteindelijk in een ver ontwikkeld, gedetailleerd concept stadium is afgeleverd. De randvoorwaarden waar het ontwerp aan moet voldoen zijn vastgelegd, de onderdelen zijn bepaald en er zijn conceptvoorstellen gemaakt om alle

losstaande onderdelen te integreren in een compleet product.

De casing

Het ontwerp van de casing van de Delta vereist in tegenstelling tot het interne ontwerp meer onderzoek naar de eisen en wensen vanuit de gebruikersomgeving. Uit een doelgroepanalyse, een concurrentieanalyse en een onderzoek naar de techniek achter het vacuümvormen zijn verschillende eisen en wensen naar voren gekomen. Deze eisen en wensen zijn als richtlijn gebruikt bij het maken van een vormstudie om geschikte ontwerpen voor de Delta te creëren. Uit de vormstudie zijn drie concepten gedestilleerd die gepresenteerd kunnen worden aan HSH. De concepten kunnen alle drie geplaatst worden binnen het huidige aanbod radiatoren in het gewenste segment, tussen de traditionele- en design radiatoren. Om dit te laten zien is daarom in figuur 38 op de volgende pagina nogmaals de collage uit hoofdstuk 6 te zien, inclusief de ontwerpen van de Delta.

Net als bij het interne ontwerp zijn de handgrepen aangereikt waarmee het ontwerp van de Delta kan worden afgerond. Hiermee is het ontwerp van de Delta in het kader van deze opdracht afgerond. In samenwerking met MMT zal de casing verder uitontwikkeld worden. Wanneer voor de vacuümvorm onderdelen een definitief ontwerp wordt gemaakt is de tijd tot de marktintroductie van de Delta bijna voorbij en zal het product hopelijk snel in de markt gezet kunnen worden.

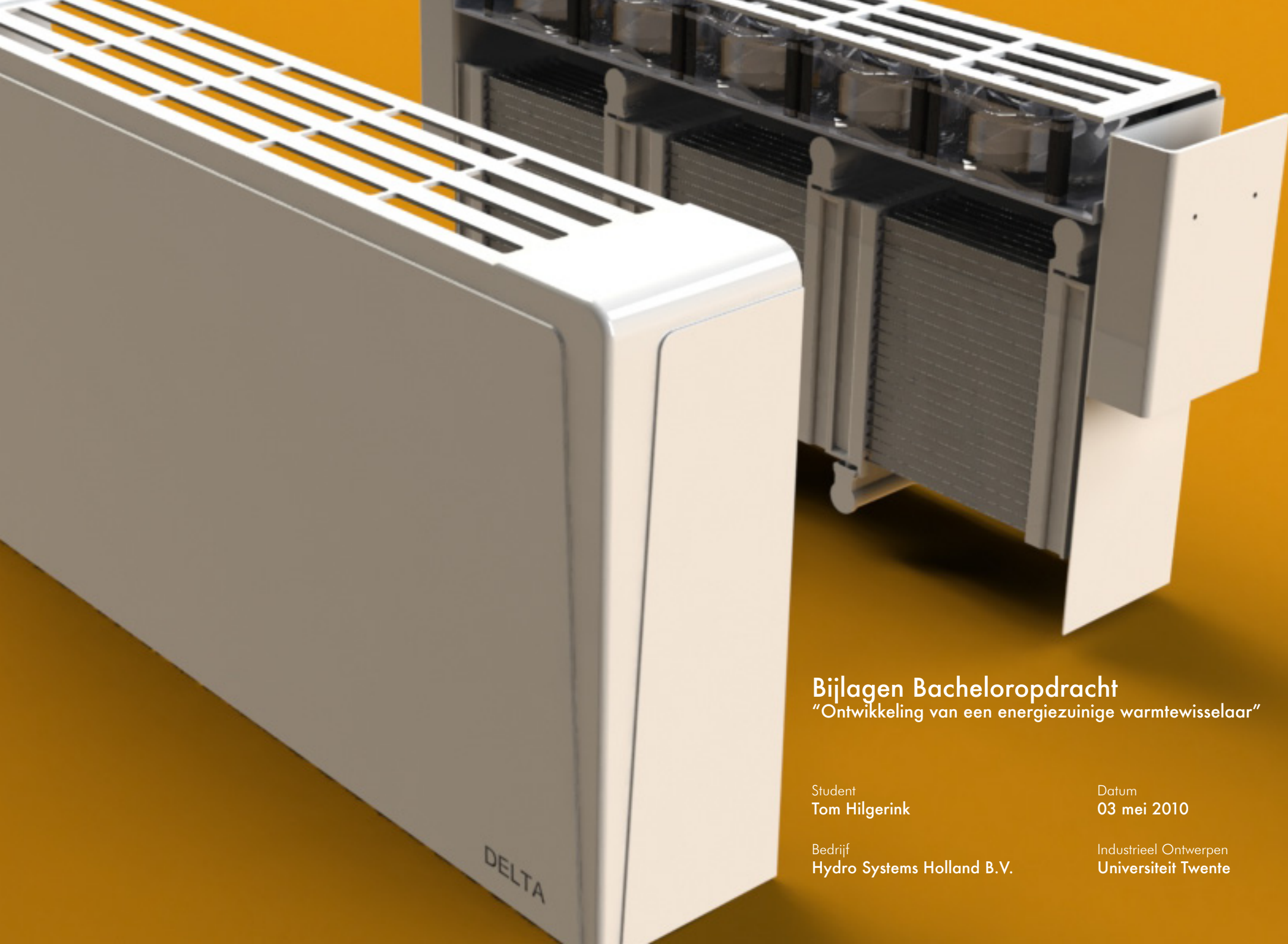
8.2 Aanbevelingen

De aanbevelingen naar aanleiding van dit ontwerprapport zijn voornamelijk gericht aan MMT aangezien zij zorg zullen dragen voor de ontwikkeling van het eindproduct.

Interne ontwerp

- De achterkap dient de Fiwihex blokken zo nauwkeurig mogelijk te

- Dynalab Corp (jaartal onbekend) "Plastic Properties of Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)" URL bezocht op 16 december 2009
- Formech International Ltd (jaartal onbekend) "A vacuum forming guide" URL bezocht op 3 februari 2010
- Fortuijn, E (2009) "Kunnen we duurzaamheid van de consument verwachten", Context masterclass. URL bezocht op 13 januari 2010
- Gemeente Utrecht (2008) "Wat is geluid?", Gemeente Utrecht. URL bezocht op 12 november 2009
- HSH (2009) "HSH-Fiwhex® warmtewisselaar", HSH-Fiwhex. URL bezocht op 16 oktober 2010
- HSH (2010) "NTU bepalingen capillairen", (persoonlijke gesprek, 11 februari, 2010)
- Livos (jaartal onbekend) "Vergelijking van de verschillende warmtelichamen". URL bezocht op 15 januari 2010
- MMT (2010) "Bespreken mogelijkheden vacuümvormen", (persoonlijk gesprek, 3 maart 2010)
- N. Roozenburg and E. Eekels (1995) Product Design: Fundamentals and Methods, Lemma, Utrecht
- Silent PC review (2006) "SPCR's Fan Round-Up #2: 120 mm Fans". URL bezocht op 12 december 2009
- Vibo Benelux (2009) "Mogelijkheden en beperkingen verschillende ventilatoren", (persoonlijke gesprek, 20 oktober, 2010)
- De Waard, P (2010) "Consument vraagt om duurzame producten", de Volkskrant. URL bezocht op 24 maart 2010



DELTA

Bijlagen Bacheloropdracht

“Ontwikkeling van een energiezuinige warmtewisselaar”

Student
Tom Hilgerink

Datum
03 mei 2010

Bedrijf
Hydro Systems Holland B.V.

Industrieel Ontwerpen
Universiteit Twente

Hydro Systems Holland (HSH) heeft een nieuwe warmtewisselaar technologie (HSH-Fiwihex) ontwikkeld waarbij een weefsel van fijn koperdraad de warmteoverdracht tussen water en lucht verzorgt. Hiermee is het mogelijk om ruimtes te verwarmen (met water van 28-35 °C) en te koelen (met water van 10-12 °C). Deze warmtewisselaars worden toegepast in systemen met warmtepompen gecombineerd met koude/warmte opslag. Hiermee kan men een sterke vermindering aan energiekosten realiseren.

Reeds enige jaren produceert en levert HSH op basis van de Fiwihex technologie systemen voor de klimaatbeheersing in kassen en bedrijfsruimten. Nu is men bezig om met deze technologie warmtewisselaar product te realiseren die geschikt zijn om te worden toegepast in scholen, kantoren en overheidsgebouwen. Zowel geschikt voor nieuwbouw als voor het vervangen van een (oude) CV installatie met radiatoren.

Dat nieuwe product bestaat uit enkele Fiwihex warmtewisselaar units met geluidsarme ventilatoren. Externe interfaces zijn de water aan- en afvoer, de voeding en sturing van de ventilatoren en de ophanging van het geheel. Er komen meerdere versies die verschillen in capaciteit, afhankelijk van het aantal Fiwihex units. Dat beïnvloed de externe maatvoering.

In tegenstelling tot industriële toepassingen dient er bij een product voor gebruik in gebouwen meer aandacht te worden besteed aan de vormgeving en het design. Ook zal er rekening moeten worden gehouden met allerlei veiligheidsvoorschriften. Speciale aandacht is nodig voor het dempen van geluid van de ventilatoren en het opvangen van condens dat in bepaalde omstandigheden kan ontstaan.

Het ontwerp moet zodanig zijn dat er een hoge mate aan flexibiliteit mogelijk is bij de keus van de klant omtrent de kleur en/of uitstraling van de buitenkant. Ook dient er rekening te worden gehouden met een zekere mate aan robuustheid (beschadiging, verkleuring, etc.) en de onderhoudbaarheid (stof, schoonmaak, etc.). Verder is het van belang dat het product erg eenvoudig kan worden

ge(de)monteert om zo de installatiekosten te beperken en flexibel te zijn in het vergroten/verkleinen van de capaciteit.

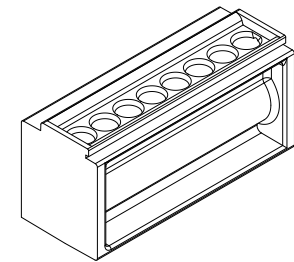
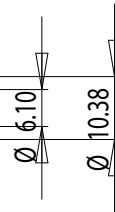
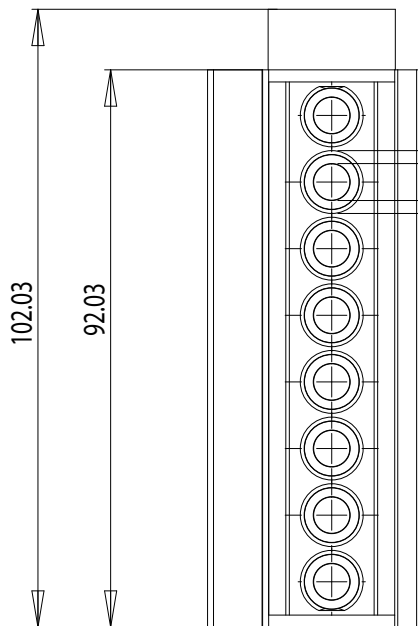
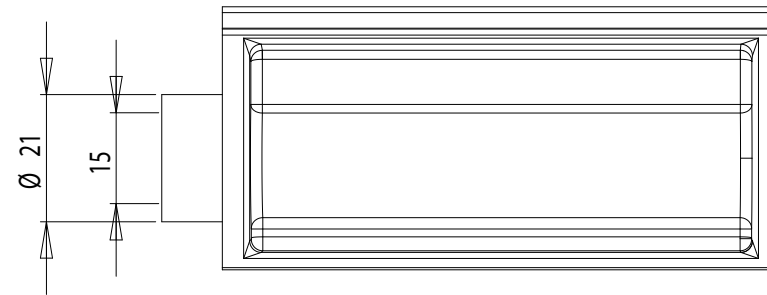
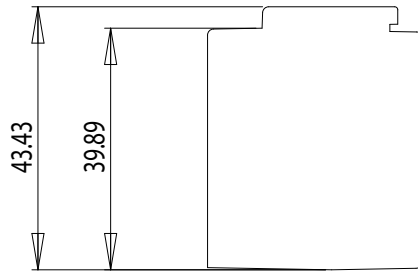
Samengevat kan de opdracht als volgt worden omschreven:

Analyse van de toepassing in de beoogde omgevingen en het vaststellen van de eisen, wensen en mogelijkheden met betrekking tot de diverse doelgroepen.

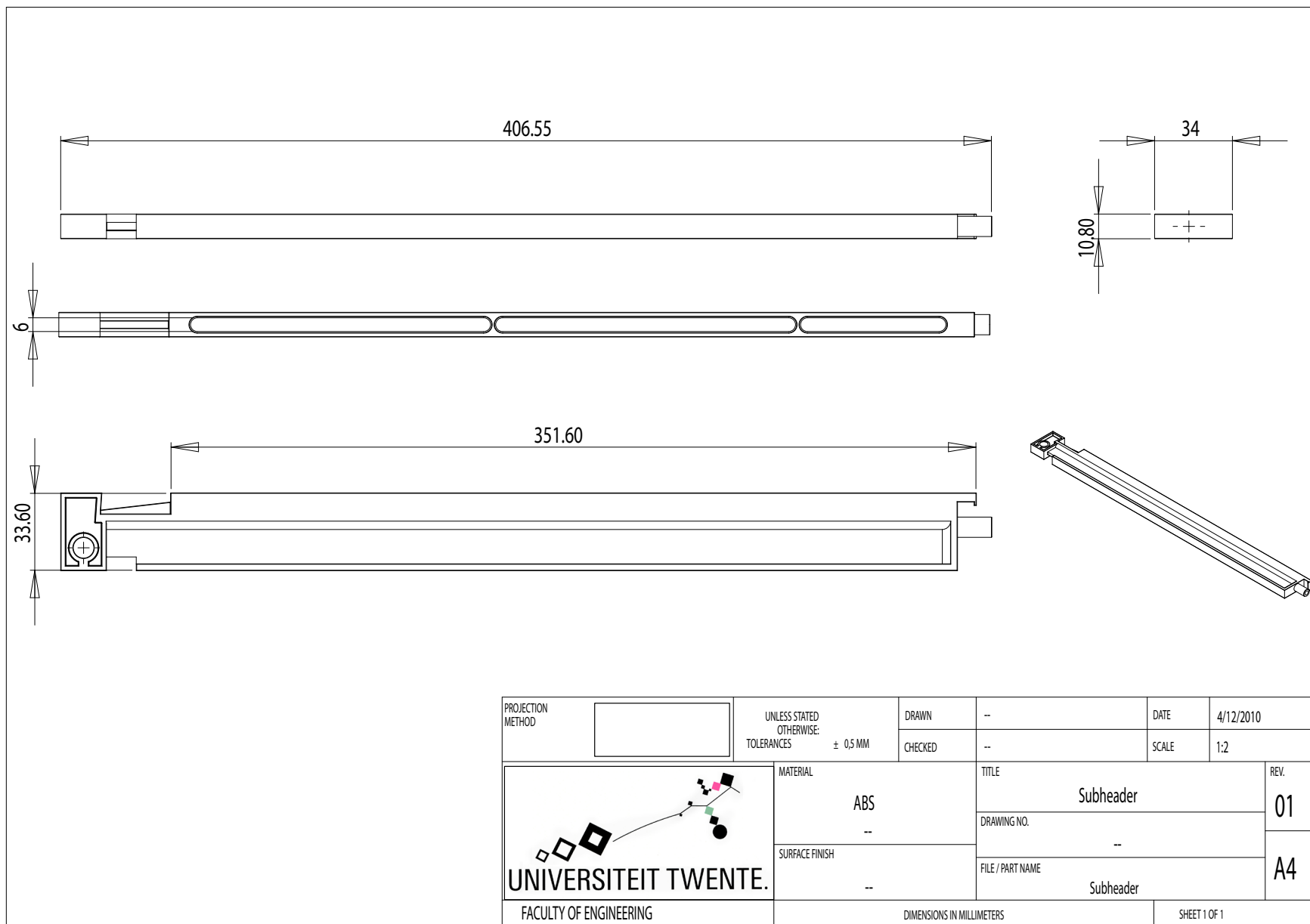
Ontwikkelen van een modulair designconcept dat voldoet aan de functionele eisen en aan de wensen met betrekking tot vormgeving, uitstraling en flexibiliteit in gebruik.

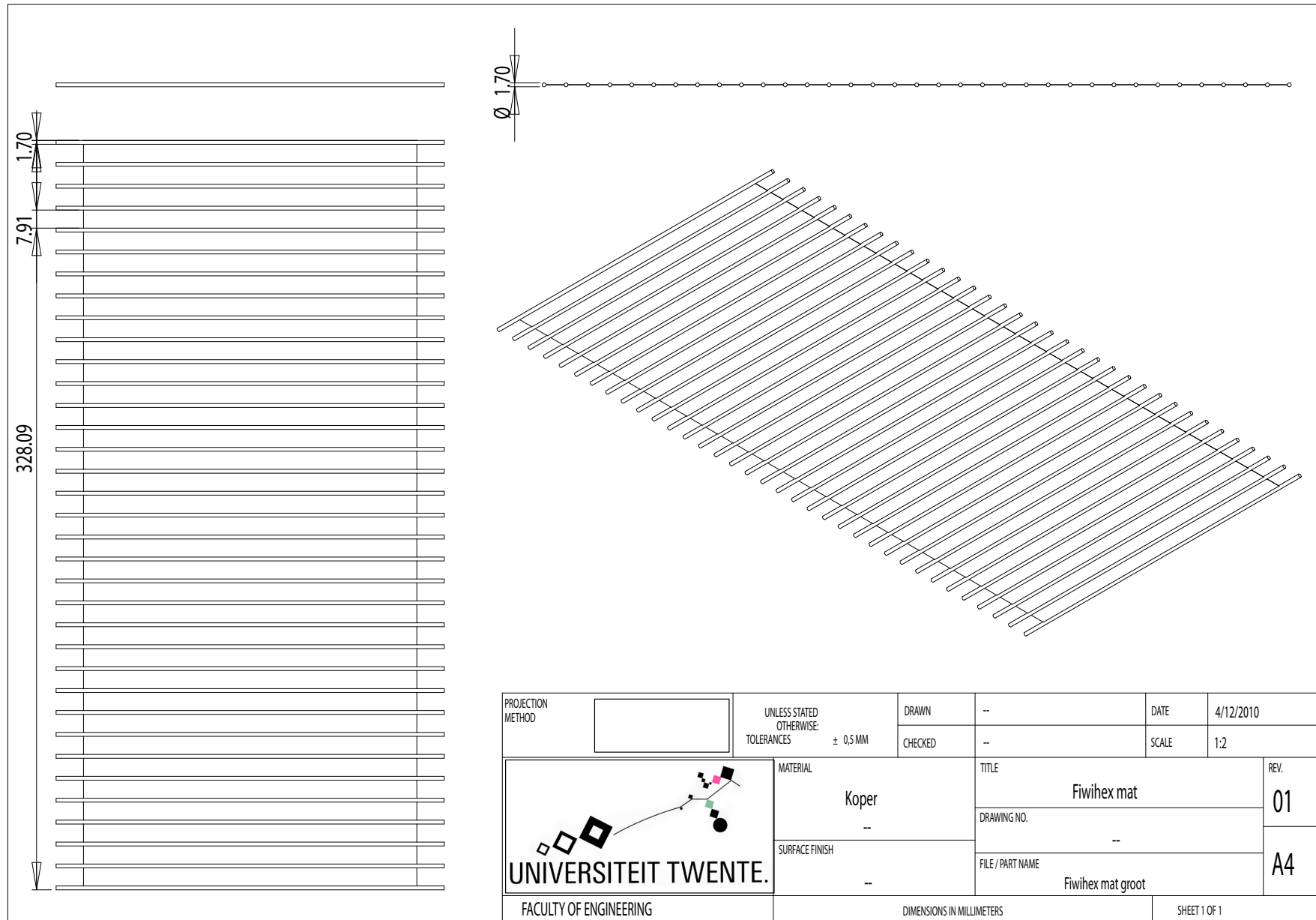
Advies over materiaal gebruik en de produceerbaarheid van de apparaat omhulling met indicaties voor de kostprijs.

De opdracht zal worden uitgevoerd in het bedrijfsspan van HSH in Oldenzaal waar interne begeleiding en faciliteiten beschikbaar zijn. Omdat er vanuit HSH niet directe kennis beschikbaar is op het gebied van industriële vormgeving is besloten om voor een beperkt aantal uren een senior ontwerper van het bedrijf FIRST product creation te betrekken bij het project.



PROJECTION METHOD		UNLESS STATED OTHERWISE: TOLERANCES ± 0.5 MM	DRAWN	--	DATE	4/12/2010
			CHECKED	--	SCALE	1:1
 UNIVERSITEIT TWENTE.			MATERIAL	TITLE		REV.
			ABS	HEADER		01
			SURFACE FINISH	DRAWING NO.		A4
				--		
FACULTY OF ENGINEERING			--	FILE / PART NAME		Header origineel
				DIMENSIONS IN MILLIMETERS		
					SHEET 1 OF 1	





Overlegsessie met Hotraco, Van Tilburg en Vibo Benelux, 27 november 2009

Hotraco

“Hotraco Industrial BV maakt deel uit van de Hotraco Group en is al meer dan 30 jaar een toeleverancier voor de industriële, utiliteitsmarkt en de tuinbouwsector. Kerntaak daarbij is het ontwerpen en produceren van klantspecifieke oplossingen op het gebied van regelen, besturen en schakelen van processen en machines. Wij zijn gespecialiseerd in het realiseren van complexe regeltechnische installaties.”

Belangrijkste conclusies van de overleg sessie:

- Iedere Delta afzonderlijk aanstuurbaar maken vereist regelapparatuur in ieder Delta noodzakelijk.
- Aansturen van de Delta's via een centraal geregeld systeem verdient de voorkeur.
 - o Aansturen via een bestaand systeem is aan te raden (thermostaat).

Van Tilburg

“Als allround installatiebedrijf leggen wij zowel werktuigbouwkundige als elektrotechnische installaties aan. Dat biedt in veel gevallen het gemak van één aanspreekpunt: de werktuigbouwkundige en elektrische installaties van een huis of gebouw in één hand. Wij informeren, adviseren en verzorgen de complete uitvoering.”

Belangrijkste conclusies:

- Het uitblazen van lucht aan de onderkant van de Delta zorgt voor een onaangename tocht over de vloer (dit is vooral bij het uitblazen van koude lucht goed merkbaar).
 - o De lucht dient aan de bovenzijde de Delta te verlaten.
- Koelen met water kouder dan 18 graden moet voorkomen worden in verband met het ontstaan van condens.

- Koelen met water kouder dan 18 graden Celsius is technisch gezien vaak niet haalbaar (juist omdat er dan condensaat kan ontstaan). De meeste warmtepompen kunnen deze temperaturen niet halen.

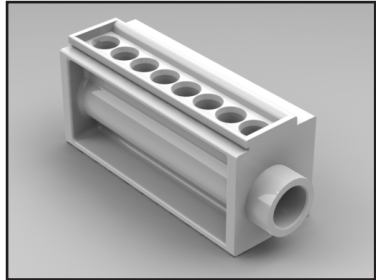
Vibo Benelux

“Vibo Benelux is een organisatie die als marktleider actief is met de verkoop, levering en service van een compleet gamma ventilatoren, motoren en regelapparatuur voor toepassingen in de meest uiteenlopende applicaties.”

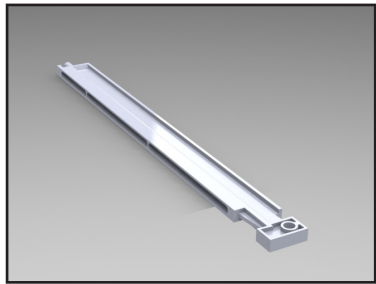
Belangrijkste conclusies:

- De tangential ventilator die gebruikt wordt in het prototype voldoet niet aan de eisen die gesteld worden aan de Delta.
 - o Het geproduceerde geluid overschrijdt de gewenste waarden (meer dan 30 decibel op de gemiddelde stand).
 - o De gewenste air flow (400 m³/uur) van de ventilator wordt niet gehaald.
 - o Vanwege handmatige assemblage en de fragiele constructie is de ventilator eenvoudig uit balans te brengen. Deze onbalans zorgt vervolgens weer voor versterking van de twee bovengenoemde punten.
 - o Door de uitvoering van de rotorbladen is de kans dat er stof of ander vuil in vast komt te zitten vrij groot. Ook hierdoor kan de ventilator meer in onbalans raken.
- Compacte axiaal ventilatoren bieden een betere oplossing voor de Delta.
 - o De Delta bevat vier axiaal ventilatoren van 92 x 92 mm.
- De Delta bevat een filter waar stof in op wordt gevangen om de ventilatoren te beschermen tegen vroegtijdig uitvallen.
 - o Ten minste haren en grof vuil worden opgevangen in filter.

Onderdeel 1 De header

	Functie De header verzorgt de watertoevoer naar de subheaders. In iedere header kunnen 8 subheaders worden geklemd en vervolgens verlijmd.	Status De header is afgeleid van het ontwerp header in de Alpha 96. Hierna is het ontwerp verder aangepast aan de specificaties van de Delta.	Leverancier HSH is zelf verantwoordelijk voor de productie van de headers. Deze worden spuitgegoten in Bosnië.
---	--	---	--

Onderdeel 3 De subheader

	Functie De subheader zorgt ervoor dat het water dat aan/afgevoerd wordt in de header verder door de Delta geleid wordt. De subheader biedt plaats aan drie rubbers, waar vervolgens Fiwihex matten in geplaatst kunnen worden.	Status De subheader wordt al gebruikt in de Alpha 96 en de Alpha 24. Het ontwerp hiervan is ongewijzigd gebleven.	Leverancier HSH is zelf verantwoordelijk voor de productie van de subheaders. Deze worden spuitgegoten in Bosnië.
---	--	---	---

Onderdeel 2 De Fiwihex matten

	Functie De matten bevatten capillairen waar het water door kan stromen. De capillairen zijn verweven in zeer fijne koperdraden. Hierdoor is de warmteoverdracht tussen het water en de lucht die langs de matten stroomt zeer groot.	Status De matten worden geproduceerd in lange matten. Hier worden matten van de benodigde lengte (35 capillairen) vanaf geknipt. De matten zijn dezelfde als de matten die gebruikt worden in de Alpha 96 en 24.	Leverancier HSH is zelf verantwoordelijk voor de productie van de headers. De matten worden geproduceerd in Oldenzaal, waar omgebouwde weefgetouwen de matten weven.
--	--	--	--

Onderdeel 4 De ventilatoren

	Functie	Status	Leverancier
	De ventilator creëert de benodigde luchtverplaatsing van de Delta. Vanwege het ontbreken van natuurlijk convectie is deze geforceerde luchtstroming noodzakelijk om te kunnen verwarmen of koelen.	Het ontwerp van de Delta zal gebruik gaan maken van axiale ventilatoren. Dit type is gekozen vanwege de eisen die gesteld worden aan duurzaamheid, geluidsproductie en luchtverplaatsing.	De ventilatoren zullen geleverd worden door Vibo Benelux, leverancier van EBMpapst ventilatoren. EBMpapst heeft een uitgebreid assortiment ventilatoren tot haar beschikking en biedt maatwerk.

Onderdeel 5/8 De binnenbehuizing

	Functie	Status	Leverancier
	De binnenbehuizing dient als bescherming voor de interne onderdelen. Tevens kunnen deze onderdelen in de behuizing worden gepositioneerd en gefixeerd.	De implementatie van een binnenbehuizing is nog niet zeker. Een ontwerp voor de behuizing is er nog niet.	De binnenbehuizing zal geproduceerd worden door Synprodo. Synprodo is tevens verantwoordelijk voor de productie van de behuizing van de Alpha 24.

Onderdeel 6 De aan- en afvoer koppelingen

	Functie	Status	Leverancier
	De koppelingen worden verbonden met de kopse kant van de header. Ze verzorgen de overdracht van het water tussen de Fiwihex blokken onderling.	Er is gekozen om gebruik te maken van push-fit verbindingen. Het aansluiten van deze verbindingen gaat snel, is eenvoudig en vereist geen speciaal gereedschap. Hierdoor blijven de krachten die op de header komen te staan beperkt.	Push-fit verbinden worden geleverd door verschillende bedrijven. Per merk verschillen voornamelijk de afmetingen en de kwaliteit van het materiaal. Er is nog geen leverancier gekozen voor de koppelingen.

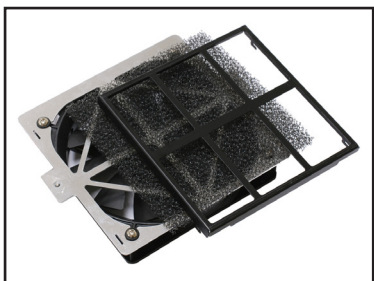
Onderdeel 7 De leidingen

	Functie	Status	Leverancier
	De leiding verzorgt de wateroverdracht tussen de koppelstukken en vormt daarmee de koppeling met de aan- en afvoer vanuit de omgeving.	De Delta zal gebruik maken van kunststof leidingen met een buiten diameter van 10 mm. De lage water temperaturen en hoeveelheid water maken het gebruik van deze leidingen mogelijk.	Kunststof leiding is universeel en vrijwel overal verkrijgbaar.

Onderdeel 9 De achterkap

	Functie	Status	Leverancier
	De achterkap van de Delta zorgt ervoor dat zowel de interne onderdelen als de gehele Delta kunnen worden gemonteerd aan een wand.	De achterkap wordt gevacuümvormd uit kunststof ABS plaatmateriaal. De eigenschappen van ABS zorgen ervoor dat de achterkap voldoende stijfheid en sterkte bezit.	MMT zal zorgdragen voor de matrijzen die nodig zijn voor het vacuümvormen. Zij zullen ook een advies doen over de leverancier van de achterkap.

Onderdeel 9

	Functie	Status	Leverancier
	De filter die geplaatst zal worden in de Delta zorgt ervoor dat grove stofdeeltjes niet in de Fiwihex matten en de ventilatoren terecht komen.	Om de luchtverplaatsing van de Delta zo groot mogelijk te houden is het belangrijk dat het filter een zeer hoge luchtdoorlaat heeft. Om deze reden is gekozen voor een filter dat gemaakt is van een grofmazig schuim.	De filters zullen geleverd worden door Filtech. Zij bieden de mogelijkheid om op maat gemaakte filters te leveren.

Eis	Meetbare waarde / conditie
Werkingsprincipes Delta	
De Delta moet in staat zijn te verwarmen	Het vermogen van de Delta is minimaal 1 kW bij standaard condities (temperatuur water _{in} = 35 °C, water _{uit} = 30 °C en lucht _{in} = 20 °C). Wens 1.5 kW
De Delta moet in staat zijn te koelen	Het koelvermogen van de Delta is minimaal 0.5 kW bij standaard condities (temperatuur water _{in} = 18 °C, water _{uit} = 21 °C en lucht _{in} = 25 °C). Wens 0.8 kW
De luchtverplaatsing door de Delta is voldoende om het vermogen te halen	Er wordt minimaal 400 m ³ lucht per uur door de Delta geblazen
De luchtverplaatsing van de Delta veroorzaakt geen gevoel van tocht	De maximale gevoelsnelheid van de uitstromende lucht bedraagt 0.15 m/s (winter) - 0.25 m/s (zomer)
De lucht dient de Delta aan de bovenzijde te verlaten	De stromingsrichting is van onder naar boven georiënteerd
De stromingsrichting van het water is tegengesteld aan de richting van de lucht	De bovenzijde van de Delta dient als aanvoer, de onderzijde als afvoer
De waterdruk binnen de Delta blijft beperkt	De maximale druk bedraagt 1.5 bar
Het vermogen van de Delta is aanpasbaar aan de warmte of koude vraag	Het vermogen van de Delta is traploos te regelen
De watertemperatuur blijft beperkt	Het water is maximaal 50 °C

Onderdelen Delta

De afmetingen van de ventilatoren bedragen minimaal de maat van de Fiwihex blokken	De ventilatoren zijn minimaal 80 x 80 mm
De ventilatoren die gebruikt worden in de Delta zijn axiale ventilatoren	Axiale ventilatoren zijn robuus, klein, goedkoop en hebben een lange levensduur
De ventilatoren zijn regelbaar	De ventilatoren zijn instelbaar op verschillende toerentallen
De binnen behuizing bevat de interne onderdelen van de Delta	De binnen behuizing is in staat de interne onderdelen te bevestigen middels klempassingen
De binnen behuizing bevordert de luchtstroming	De binnenbehuizing sluit de Fiwihex blokken luchtdicht af
Er kan voldoende water door de leidingen van de Delta stromen	De minimale binnen diameter van de leidingen is 6 millimeter
De leidingen zijn eenvoudig aan te sluiten en te koppelen	De leidingen en koppelingen maken gebruik van het push-fit principe
De achterkap van de Delta is in staat om de binnen behuizing te dragen	De achterkap bevat bevestigingspunten voor de binnen behuizing
De achterkap van de Delta dient aan een wand bevestigd te worden	Er zitten bevestigingspunten in de achterkap
De achterkap is voldoende stevig om de Delta te kunnen beschermen	De achterkap moet een gewicht kunnen dragen van minimaal 2.5 maal het eigen gewicht
De achterkap moet gekoppeld kunnen worden aan de casing	
De Delta bevat een filter met een lage drukval en een hoge doorlaat	De maximale drukval bedraagt 50 Pa en de doorlaat is minimaal 90%

Assemblage	
Het aantal onderdelen waar de Delta uit bestaat blijft zo klein mogelijk	
De Delta is te assembleren zonder specialistische kennis	De huidige werknemers van HSH moeten in staat zijn de Delta te assembleren
Er is geen speciaal gereedschap nodig om de Delta te assembleren	De Delta is te assembleren met de huidige middelen die HSH bezit
Installatie	
Voor de installatie van de Delta dient geen specialistische kennis vereist te zijn	De Delta moet geïnstalleerd kunnen worden door een regulier installatiebedrijf
De Delta kan aangesloten worden door gebruik te maken van gestandaardiseerde aansluitingen	De leidingen en koppelstukken van de Delta zijn standaard leverbaar en verkrijgbaar
Veiligheid	
De Delta bevat een afsluitbare verbinding	De Delta is niet te openen zonder voorbedachte rade
Bewegende onderdelen in de Delta zijn afgeschermd	De ventilatoren zijn afgeschermd door fingerguards en een luchtrooster
Prijs	
De Delta is niet duurder dan vergelijkbare radiatoren die verkrijgbaar zijn bij concurrenten	De prijs van de Delta is maximaal 600 euro.

Vergelijkingstabel indelingen Delta

Legenda (bekeken per groep)

	Valt af vanwege te weinig vermogen
	Valt af vanwege afmetingen
	Valt af vanwege esthetiek (l*h*d verhouding uit balans)
	Beste keuze uit serie

ventilatoren 65 m3/stuk		Vermogen (kW)		Kosten			Kosten per kW (€)		Dimensies (cm)	
Aantal ventilatoren	cellen configuratie	NTU = 1.1 (hoge matten)	NTU = 0.66 (lage matten)	Ventilatoren	Fiwihex matten	Vermenigvuldigingsfactor	NTU = 1,1	NTU=0,6	NTU = 1,1	NTU=0,6
						2.5			l*h*d	l*h*d
4	2*8	0.82	0.54	40	160	500	611	740	60*53*15	60*40*15
5	3*8	1.12	0.74	50	240	725	647	784	83*53*15	83*40*15
7	4*8	1.53	1.01	70	320	975	637	772	106*53*15	106*40*15
4	2*10	1.02	0.68	40	200	600	586	711	60*53*17	60*40*17
5	3*10	1.40	0.93	50	300	875	624	757	83*53*17	83*40*17
7	4*10	1.91	1.26	70	400	1175	614	744	106*53*17	106*40*17

ventilatoren 100 m3/stuk		Vermogen (kW)		Kosten			Kosten per kW (€)		Dimensies (cm)	
Aantal ventilatoren	cellen configuratie	NTU = 1.1 (hoge matten)	NTU = 0.66 (lage matten)	Ventilatoren	Fiwihex matten	Vermenigvuldigingsfactor	NTU = 1,1	NTU=0,6	NTU = 1,1	NTU=0,6
						2.5			l*h*d	l*h*d
4	2*8	1.24	0.82	40	160	500	403	489	60*53*15	60*40*15
5	3*8	1.70	1.12	50	240	725	427	517	83*53*15	83*40*15
7	4*8	2.32	1.53	70	320	975	420	510	106*53*15	106*40*15
4	2*10	1.55	1.02	40	200	600	387	469	60*53*17	60*40*17
5	3*10	2.12	1.40	50	300	875	412	499	83*53*17	83*40*17
7	4*10	2.90	1.91	70	400	1175	405	491	106*53*17	106*40*17

ventilatoren 150 m3/stuk		Vermogen (kW)		Kosten			Kosten per kW (€)		Dimensies (cm)	
Aantal ventilatoren	cellen configuratie	NTU = 1.1 (hoge matten)	NTU = 0.66 (lage matten)	Ventilatoren	Fiwihex matten	Vermenigvuldigingsfactor	NTU = 1,1	NTU=0,6	NTU = 1,1	NTU=0,6
						2.5			l*h*d	l*h*d
4	2*8	1.86	1.23	40	160	500	269	326	60*53*15	60*40*15
5	3*8	2.55	1.68	50	240	725	285	345	83*53*15	83*40*15
7	4*8	3.48	2.30	70	320	975	280	340	106*53*15	106*40*15
4	2*10	2.33	1.53	40	200	600	258	313	60*53*17	60*40*17
5	3*10	3.19	2.10	50	300	875	275	333	83*53*17	83*40*17
7	4*10	4.35	2.87	70	400	1175	270	328	106*53*17	106*40*17



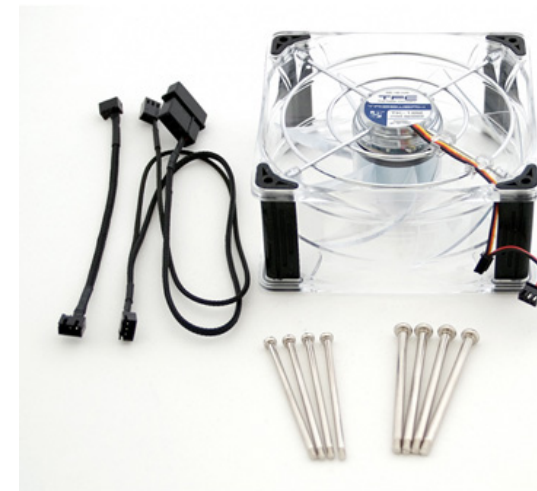
Scythe S-Flex SFF21G

Afmetingen	120 x 120 x 25 mm
RPM	1900
Lagering	SONY fluid dynamic bearing
Geluidsproductie	35.0 dB(A)
Luchtverplaatsing	120 m³/h
Spanning	0.24 A
Voltage	12 V DC
Vermogen	1.3 Watt
Levensduur	150.000 uur
Drukopbouw	3.78 mm-H ₂ O max
Materiaal	ABS



Noctua NF-S12B FLX

Afmetingen	120 x 120 x 25 mm
RPM	1200
Lagering	SSO-bearing
Geluidsproductie	18.1 dB(A)
Luchtverplaatsing	100.6 m³/h
Spanning	0.1 A
Voltage	12 V DC
Vermogen	1.2 Watt
Levensduur	150.000 uur
Drukopbouw	1.31 mm-H ₂ O max
Materiaal	ABS



Triebwerk TK-122

Afmetingen	120 x 120 x 55 mm
RPM	1800
Lagering	NBNanoSLI - Sleeve
Geluidsproductie	30.0 dB(A)
Luchtverplaatsing	150.2 m³/h
Spanning	0.29 A
Voltage	12 V DC
Vermogen	3.48 Watt
Levensduur	80.000 uur
Drukopbouw	3.38 mm-H ₂ O max
Materiaal	PC

Metingen Noctua ventilatoren	Vermogen	11.9 Volt				
water in (°C)	39.00	38.90	39.20	38.40		
water uit (°C)	36.20	35.60	35.60	35.60		
water debiet (L/s)	0.09	0.09	0.09	0.09		
warmteoverdracht gemiddeld (kW)	1.00	1.18	1.29	1.00		
	Meting 1	Meting 2	Meting 3	Meting 4	Gemiddelde meting	Eenheid
Ntu	0.65	0.65	0.65	0.65		
Opgenomen vermogen ventilator	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Watt
Water "in"	39.00	39.20	39.20	38.40	38.95	°C
Water "uit"	36.20	35.60	35.60	35.60	35.75	°C
Lucht "in"	17.00	17.00	16.70	16.70	16.85	°C RV
Lucht "uit" (excl. ventilatorwarmte)	27.11	27.01	26.85	26.66	26.91	°C RV
Rekenkundig temperatuursverschil	15.55	15.40	15.62	15.32	15.47	K
Logaritmisch temperatuursverschil	15.26	15.17	15.39	15.04	15.21	K
Luchtsnelheid Fiwhex "in"	0.58	0.70	0.72	0.58	0.65	m/s
Luchtdebiet door Fiwhex	0.10	0.12	0.13	0.10	0.11	kg/s
Waterdebiet	0.32	0.29	0.31	0.31	0.31	m3/h
Vermogen voelbaar	1.03	1.23	1.28	1.01	1.14	kW
Vermogen Latent	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kW
Ventilator warmte	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kW
Vermogen totaal (luchtzijdig)	1.03	1.23	1.28	1.01	1.14	kW
Specifieke overdracht Fiwhex*	49.91	60.23	62.03	49.97	55.53	W/K
*t.o.v. (lucht "in" - gemiddelde watertemperatuur)						
enthalpie in	39.92	39.92	39.18	39.18	39.55	kJ/kg
enthalpie uit	50.02	49.93	49.33	49.13	49.60	kJ/kg
berekend luchtdebiet	302.76	365.40	375.84	302.76	336.69	m3/h
berekend waterdebiet	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	kg/s
ratio deb gem/ber	0.97	1.04	1.00	0.99	1.00	

Metingen Scythe ventilatoren	Vermogen	11.8 Volt				
water in (°C)	38.00	37.60	37.40	37.50		
water uit (°C)	33.50	33.80	33.60	33.60		
water debiet (L/s)	0.10	0.10	0.10	0.10		
warmteoverdracht gemiddeld (kW)	1.85	1.56	1.56	1.64		
	Meting 1	Meting 2	Meting 3	Meting 4	Gemiddelde meting	Eenheid
Ntu	0.65	0.65	0.65	0.65		
Opgenomen vermogen ventilator	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Watt
Water "in"	38.00	37.60	37.40	37.50	37.63	°C
Water "uit"	33.50	33.80	33.80	33.60	33.68	°C
Lucht "in"	17.00	17.00	17.00	16.70	16.93	°C RV
Lucht "uit" (excl. ventilatorwarmte)	26.20	26.17	26.12	25.95	26.11	°C RV
Rekenkundig temperatuursverschil	14.15	14.11	14.04	14.23	14.13	K
Logaritmisch temperatuursverschil	14.02	13.94	13.85	14.06	13.97	K
Luchtsnelheid FiwiHex "in"	1.17	0.99	0.99	1.01	1.04	m/s
Luchtdebiet door FiwiHex	0.21	0.17	0.17	0.18	0.18	kg/s
Waterdebiet	0.36	0.36	0.38	0.36	0.37	m3/h
Vermogen voelbaar	1.89	1.59	1.58	1.64	1.68	kW
Vermogen Latent	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kW
Ventilator warmte	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kW
Vermogen totaal (luchtzijdig)	1.88	1.59	1.58	1.64	1.67	kW
Specifieke overdracht FiwiHex*	100.68	85.19	85.19	87.01	89.52	W/K
*t.o.v. (lucht "in" - gemiddelde watertemperatuur)						
enthalpie in	39.92	39.92	39.92	39.18	39.73	kJ/kg
enthalpie uit	49.12	49.09	49.04	48.42	48.92	kJ/kg
berekend luchtdebiet	610.74	516.78	516.78	527.22	542.88	m3/h
berekend waterdebiet	0.10	0.10	0.11	0.10	0.10	kg/s
ratio deb gem/ber	0.98	0.98	0.93	0.99	0.97	

Triebwerk	Vermogen	12.0 Volt				
water in (°C)	39.50	38.90	56.00	55.20		
water uit (°C)	36.50	36.20	44.60	46.80		
water debiet (L/s)	0.16	0.16	0.05	0.08		
warmteoverdracht gemiddeld (kW)	1.98	1.78	2.46	2.73		
	Meting 1	Meting 2	Meting 3	Meting 4	Gemiddelde meting	Eenheid
Ntu	0.65	0.65	0.65	0.65		
Opgenomen vermogen ventilator	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Watt
Water "in"	35.00	38.90	56.00	55.20	46.28	°C
Water "uit"	32.00	36.20	44.60	46.80	39.90	°C
Lucht "in"	20.00	20.00	19.10	19.10	19.55	°C RV
Lucht "uit" (excl. ventilatorwarmte)	26.70	28.71	34.58	34.93	31.23	°C RV
Rekenkundig temperatuursverschil	10.15	13.20	23.46	23.98	17.70	K
Logaritmisch temperatuursverschil	10.04	12.96	23.40	23.79	17.55	K
Luchtsnelheid FiwiHex "in"	1.30	1.18	0.92	0.98	1.10	m/s
Luchtdebiet door FiwiHex	0.23	0.20	0.16	0.17	0.19	kg/s
Waterdebiet	0.43	0.57	0.19	0.28	0.37	m3/h
Vermogen voelbaar	1.51	1.78	2.48	2.70	2.12	kW
Vermogen Latent	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kW
Ventilator warmte	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	kW
Vermogen totaal (luchtzijdig)	1.51	1.78	2.48	2.70	2.11	kW
Specifieke overdracht FiwiHex*	111.87	101.55	79.44	84.63	94.37	W/K
*t.o.v. (lucht "in" - gemiddelde watertemperatuur)						
enthalpie in	47.80	47.80	45.35	45.35	46.57	kJ/kg
enthalpie uit	54.50	56.51	60.83	61.18	58.25	kJ/kg
berekend luchtdebiet	678.60	615.96	480.24	511.56	571.59	m3/h
berekend waterdebiet	0.12	0.16	0.05	0.08	0.10	kg/s
ratio deb gem/ber	1.30	0.99	0.99	1.01	1.07	

Noctua NF-S12B FLX				
	koelen	warmen		
Ntu	0.37	0.66		
Opgenomen vermogen ventilator	0	Watt		
Water "in"	35.0	°C		
Water "uit"	30.0	°C		
Lucht "in"	20.0	°C RV	47.8	kJ/kg
Lucht "uit" (excl. ventilatorwarmte)	26.2	°C RV	54.0	kJ/kg
Rekenkundig temperatuursverschil	9.4	K		
Logaritmisch temperatuursverschil	9.4	K		
Luchtsnelheid Fiwhex "in"	0.6	m/s		
Luchtdebiet door Fiwhex	0.112	kg/s	337	m³/h
Waterdebiet	0.12	m³/h	0.03	kg/s
Vermogen voelbaar	0.7	kW		
Vermogen Latent	0.0	kW		
Ventilator warmte	0.0	kW		
Vermogen totaal (luchtzijdig)	0.69	kW		
Specifieke overdracht Fiwhex*	55.50668	W/K		

Scythe S-flex SFF21G				
	koelen	warmen		
Ntu	0.37	0.66		
Opgenomen vermogen ventilator	0	Watt		
Water "in"	35.0	°C		
Water "uit"	30.0	°C		
Lucht "in"	20.0	°C RV	47.8	kJ/kg
Lucht "uit" (excl. ventilatorwarmte)	26.2	°C RV	54.0	kJ/kg
Rekenkundig temperatuursverschil	9.4	K		
Logaritmisch temperatuursverschil	9.4	K		
Luchtsnelheid Fiwhex "in"	1.0	m/s		
Luchtdebiet door Fiwhex	0.181	kg/s	543	m³/h
Waterdebiet	0.19	m³/h	0.05	kg/s
Vermogen voelbaar	1.1	kW		
Vermogen Latent	0.0	kW		
Ventilator warmte	0.0	kW		
Vermogen totaal (luchtzijdig)	1.12	kW		
Specifieke overdracht Fiwhex*	89.5852	W/K		

Triebwerk TK-122				
	koelen	warmen		
Ntu	0.37	0.66		
Opgenomen vermogen ventilator	0	Watt		
Water "in"	35.0	°C		
Water "uit"	30.0	°C		
Lucht "in"	20.0	°C RV	47.8	kJ/kg
Lucht "uit" (excl. ventilatorwarmte)	26.2	°C RV	54.0	kJ/kg
Rekenkundig temperatuursverschil	9.4	K		
Logaritmisch temperatuursverschil	9.4	K		
Luchtsnelheid Fiwhex "in"	1.2	m/s		
Luchtdebiet door Fiwhex	0.199	kg/s	600	m³/h
Waterdebiet	0.21	m³/h	0.06	kg/s
Vermogen voelbaar	1.2	kW		
Vermogen Latent	0.0	kW		
Ventilator warmte	0.0	kW		
Vermogen totaal (luchtzijdig)	1.23	kW		
Specifieke overdracht Fiwhex*	98.9654	W/K		

Omdat de Delta ingezet kan worden in uiteenlopende situaties zal eerst een analyse gemaakt worden van de toepassingsgebieden. Bij iedere situatie zal een korte toelichting volgen betreffende de kans van slagen van de Delta op basis van voor- en nadelen die van toepassing zullen zijn.

Eigen woning (particulier)

1) Nieuwbouw

Nieuwbouw projecten voor de particuliere woningbouwmarkt hebben als voordeel dat de inrichting van de woning nog niet plaats heeft gevonden. Het plaatsen van leidingen, aansluitingen en type verwarming wordt met de klant besproken en er kan maatwerk afgeleverd worden. Op deze manier kan een nieuw type verwarming naadloos geïntegreerd worden met de bouw van de woning. Een tweede voordeel is het feit dat in nieuwe woningen steeds vaker gebruik wordt gemaakt van een warmtepomp. Aangezien de samenwerking van de warmtewisselaars met een warmtepomp zeer efficiënt is, zal eerder de keuze gemaakt worden voor een Fiwhex systeem. Een derde, voor de hand liggend voordeel is uiteraard de energie besparing die bereikt kan worden.

Nadelen aan implementatie in een particulier woonhuis zijn de hoge installatiekosten van het systeem als geheel. De aanschafprijs van een warmtepomp ligt vooralsnog hoog en zal pas dalen wanneer deze massaal geproduceerd gaat worden. Daarnaast geldt ook voor het systeem dat het qua kostprijs in het hogere segment verwarmingen ligt. Deze drempel kan voor consumenten te hoog worden, waardoor het systeem buiten haar bereik komt te liggen.

2) Renovatie/innovatie

In woningen waar gezocht wordt naar mogelijkheden om de leefomgeving te verbeteren kan gekeken worden naar veranderingen op het gebied van de verwarming. Bij installatie van Fiwhex warmtewisselaars moeten de voordelen hier met name gezocht worden in de besparing die hiermee bereikt kan worden.

Renovatie woningen brengen echter meer problemen met zich mee dan nieuwbouw woningen. Het leidingwerk is al gelegd en in de meeste gevallen zullen de aansluitingen op gefixeerde plaatsen bevestigd zijn. Dit bemoeilijkt de overstap naar een ander type radiator met andere aansluitingen en maten. Daarnaast is er vrijwel altijd een CV-ketel aanwezig in de woning, waardoor het rendement van het Fiwhex systeem sterk afneemt.

Mits de bewoners bereid zijn veel te investeren in de verbouwing van huis kan implementatie van de Delta dus rendabel zijn. In de meeste gevallen zal waarschijnlijk gekozen worden voor een alternatieve oplossing die minder verbouw werkzaamheden met zich meebrengt.

Huurwoning

1) Nieuwbouw

Nieuwbouw projecten in de huur sector worden vaak beheerd door woningbouwcorporaties. Zij zijn in dat geval verantwoordelijk voor de bouw van de nieuwe huurwoningen. Vaak betreft het hierbij de bouw van woningcomplexen, woningblokken of appartementen.

De voordelen van het gebruik van Fiwhex systemen zijn voor de woningbouwcorporaties groter dan voor de particulier. De aanschafprijs van een warmtepomp heeft hierin het grootste aandeel. Aangezien warmtepompen kunnen voorzien in de wateraanvoer van meerdere woningen en zelfs tot gehele wijken (een collectief systeem) kan de prijs per woning aanzienlijk dalen. Verder gelden dezelfde voordelen als bij de particuliere woningbouw ook; het huis kan op maat afgeleverd worden om zo voorbereid te zijn op de integratie van de Delta's. Een laatste voordeel is waarschijnlijk van tijdelijke aard maar op dit moment zeer belangrijk. Woningbouwcorporaties zijn gedwongen de CO₂ uitstoot de komende jaren met 20% verminderen. De Fiwhex systemen kunnen hier zeer goed in bijdragen door het lage brandstofgebruik.

De nadelen die installatie van de Delta's met zich meebrengen zullen voornamelijk de kosten van het systeem zelf zijn. In vergelijking met een eenvoudige radiator is een Delta duur, wat de kosten van de woning omhoog zal drijven.

2) Renovatie en mutaties

Naast nieuwbouw vinden er in de huursector ook renovaties en mutaties plaats. Renovaties betreffen aanpassingen aan bestaande woningen, waardoor de kwaliteit van de woning vergroot wordt. Mutaties zijn renovaties die uitgevoerd worden in de tijd tussen een huurderswissel. De voordelen die gelden bij nieuwbouw huurwoningen gelden ook voor renovatie woningen, met uitzondering van de gezamenlijke warmtepomp.

De nadelen komen sterk overeen met die van een particuliere renovatie woning. Het is niet eenvoudig een nieuw systeem in te bouwen in een bestaande situatie zonder excessief breekwerk. Daarnaast zal in deze situaties gewerkt moeten worden met een individuele warmtepomp, wat de kostprijs omhoog zal drijven. Een uitzondering op de regel zal gelden voor woonblokken die gelijktijdig leeg komen te staan of gerenoveerd moeten worden. Hiervoor zal de keuze voor een nieuw type verwarming eerder worden overwogen.

Kantoorpanden

Kantoorpanden zijn vaak grootgebruikers als het aankomt op energieverbruik. Becijferd is dat 40% van de CO₂-uitstoot veroorzaakt wordt door kantoren en bedrijfsgebouwen. Om deze reden valt er in deze branche juist veel te besparen door de inzet van de juiste maatregelen. Bovendien zijn bedrijven tegenwoordig minder snel geneigd een pand te huren met een hoog energieverbruik. Door de enorme stijging van de energiekosten in de afgelopen jaren stellen huurders steeds meer eisen ten aanzien van het energieverbruik in hun kantoorpand. Met het productaanbod van HSH kunnen bedrijven de keuze maken tussen gebruik van de Alpha 24 of de Delta. Gezien het feit dat veel kantoorpanden beschikken over systeemplafonds lijkt de Alpha in het voordeel te zijn. Dit maakt het namelijk

mogelijk de verwarmingsinstallatie uit het zicht te plaatsen wat de kantoren een groter effectief werkoppervlakte biedt. De lagere aanschafprijs en het hogere vermogen van de Alpha bieden beide ook voordelen ten opzichte van de Delta. Wanneer een bedrijf echter uit esthetisch oogpunt besluit de radiatoren op te nemen in het ontwerp of de huisstijl van het kantoor, biedt de Delta hier betere mogelijkheden voor. De keuze zal dus afhangen van het doel dat gediend wordt; effectief en niet zichtbaar of verrijking van het interieur en het uitdragen van een boodschap. Wat betreft het gebruik van een warmtepomp kunnen (grotere) kantoorpanden gezien worden als woning blokken. Een enkele warmtepomp kan voorzien in de verwarming van het totale pand, wat de aanschafprijs snel rendabel maakt.

Openbare gebouwen (scholen, winkels, musea etc.)

Net als kantoorpanden verbruiken openbare gebouwen vaak veel energie. Om dit energieverbruik te verminderen kan installatie van een Fiwhex systeem een zeer goede investering zijn. Warmtepompen kunnen wederom collectief of op grote schaal ingezet worden en de terugverdiendtijd loopt hierdoor snel terug. Openbare gebouwen die publiekelijk toegankelijk zijn stellen echter andere eisen aan een verwarmingssysteem dan particuliere situaties. Toegepaste producten moeten robuust zijn en in enkele gevallen zelfs hufferproof. Gezien de toepassingsmogelijkheden van de Delta in particuliere situaties groter zijn dan in openbare gebouwen zal de focus in eerste instantie niet op openbare gebouwen komen te liggen. In deze situaties zal (waar mogelijk) de keuze gemaakt worden om te werken met de Alpha modellen, voornamelijk vanwege het feit dat deze niet zichtbaar aanwezig zijn in de ruimte.

<i>Particulier</i>	<i>Zakelijk</i>
De uitstraling van de casing is aanpasbaar aan het interieur	De casing is breed toepasbaar
De uitstraling van de casing past in het interieur	De uitstraling van de casing is universeel
De casing is verkrijgbaar in meerdere uitvoeringen	De casing kan uitgevoerd worden met een bedrijfskenmerkende vormgeving
De Delta is verkrijgbaar in meerdere materiaalsoorten/uitstralingen	De casing past binnen de huisstijl
De casing is compact	Het ontwerp van de casing is stevig, robuust en duurzaam
De casing is universeel plaatsbaar	De casing is eenvoudig vervangbaar
De casing is veilig in gebruik	De casing is permanent te bevestigen
De uitstraling van de casing is conform de aanschafprijs	
De casing is eenvoudig in onderhoud	
De casing draagt bij aan een onderhoudsarm ontwerp	
De casing is losneembaar bevestigd	

