



Bachelor Opdracht
Industrieel Ontwerpen
Universiteit Twente

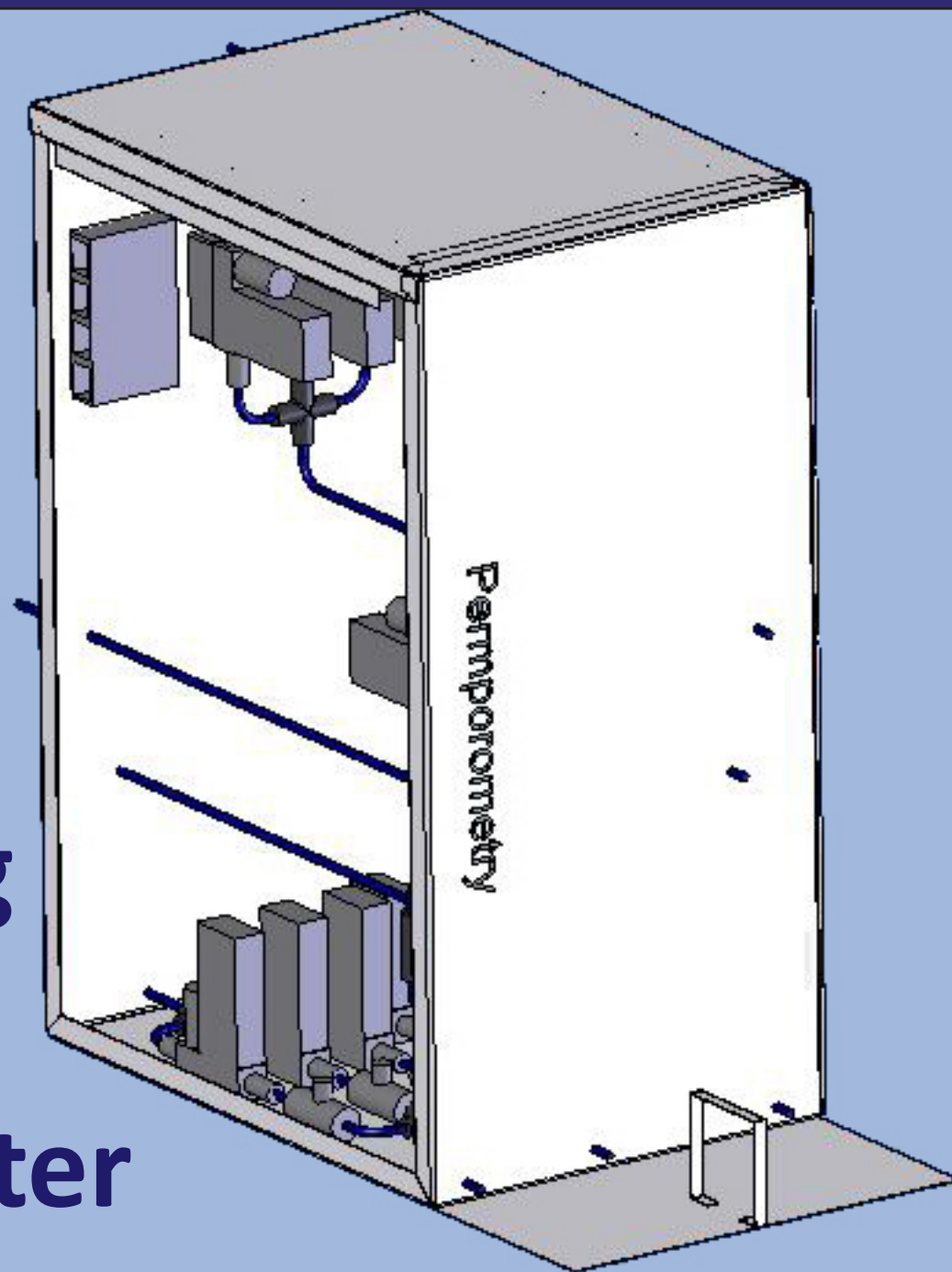
Dr.ir. R.G.H. Lammertink
Membryon

ir. A.P. van den Beukel
Dr.ir. A. de Boer
Universiteit Twente

R.S. Zwakenberg

22 maart 2008

De ontwikkeling van de permporometer



Rapport bestemd voor Membryon en de examinatoren.

Volledige titel: De ontwikkeling van de permporometer

R.S. Zakenberg
s0066990

Opdrachtgever: Dr.ir. R.G.H Lammertink

Examinatoren: ir. A.P. Van den Beukel

Prof. Dr. ir. A. de Boer

Datum van publicatie: 22-02-2008

Dit rapport is geschreven in het kader van de Bachelor Opdracht van de opleiding Industrieel Ontwerpen.

Samenvatting

Voor het spin-off bedrijf Membryon van de vakgroep membraantechnologie van de Universiteit Twente, is een bachelor opdracht uitgevoerd. De opdracht was het ontwerpen van de behuizing van de permoporometer en de porometer.

De permoporometer en de porometer zijn analyse apparaten die de poriegrootte en de poriegrootte verdeling van een membraan meten. Een membraan is een vliesje, al dan niet met poriën, dat twee componenten kan scheiden.

De theorie van de permoporometer, de analyse van andere analytische apparaten en de analyse van de omgeving en de doelgroep hebben geleid tot vijf aspecten die belangrijk zijn voor het ontwerp van de behuizing van de apparaten. Deze aspecten zijn:

- Compactheid
- Gebruiksgemak tijdens gebruik
- Gebruiksgemak tijdens onderhoud
- Bescherming bieden tijdens gebruik
- Vormgeving

Daarbij zijn de eerste vier aspecten beduidend belangrijker dan de laatste.

Het laatste aspect is van belang indien het apparaat verkocht gaat worden aan derde. Hierbij is het belangrijk dat de vormgeving de kwaliteit van het product uitstraalt

Deze bovenstaande aspecten vormen de ba-

sis voor de ontwerpen uit de ontwerpfase. De binnenkant is ontworpen door middel van schuimmodellen. Daarbij wordt optimaal gebruik gemaakt van de hoogte en de diepte die aanwezig is op een labtafel. Door middel van schetsen is een goede, maar eenvoudige behuizing ontworpen gebaseerd op het ontwerp van een computerkast. De afmetingen van de deze kast zijn 475x335x695 mm. De membraancel wordt aan de voorkant van deze kast geplaatst. Aangezien de membraancel regelmatig vervangen dient te worden wordt deze buiten de kast geplaatst om beperkingen te voorkomen. Een kleine houder dat is ontworpen voor de membraancel zorgt er voor de membraancel altijd goed gepositioneerd is en geeft een lichte ondersteuning aan de membraancel. De membraancel staat op een plaat met een afmeting van 175 mm in de lengte en 335 mm in de breedte. De totale lengte van het geheel wordt 650 mm.

Het materiaal waarvan de kast vervaardigd wordt is RVS. Door de grote afmetingen en het gewicht heeft de kast extra stevigheid nodig om het gewicht te kunnen ondersteunen. Dit gewicht wordt ondersteund door profielen in de kast.

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
Inhoudsopgave	3
Dankwoord	4
Inleiding	5
woordenlijst	7
Hoofdstuk 1. Introductie fase	8
1.1 Inleiding in de membraantechnologie	8
1.2 Membraan	8
1.3 Membraanproces	9
Hoofdstuk 2. Analysefase	10
2.1 Permporometer	11
2.2 Bepaling systeemgrenzen	11
2.3 Onderdelen permporometer	12
2.4 Andere analyse apparaten	15
2.5 Doelgroepanalyse en omgevingsanalyse	18
2.6 Programma van eisen	19
Hoofdstuk 3 Ontwerpfase	21
3.1 Bescherming van de permporometer	21
3.2 Vormgeving	22
3.2.1 Membraancel	23
3.2.2 Binnenkant	24
3.2.3 Buitenkant	29
Hoofdstuk 4 Detailleringfase	34
4.1 Mass flow controller (MFC)	34
4.2 Liquiflowmeter (LF)	35
4.3. Mass Flow Controller (MFC)	36
4.4 Controlled evaporator mixer (CEM)	36
4.5 Drukverschilmeter (dP)	37
4.6 Drukcontroller (PIC)	38
4.7 Cold trap	39
4.8 Mass flow meter (MFM)	39

4.9 Hub	40
4.10 Membraancel	40
4.11 Buitenkast	41
Hoofdstuk 5 Evaluatiefase	44
5.1 Programma van eisen	44
5.2 Gebruikers	46
Referenties	49
Conclusie	50
Aanbevelingen	51
Evaluatie	52

Dankwoord

Dit verslag is de afsluiting van de bachelor Industrieel Ontwerpen aan de Universiteit Twente. Aan het begin van dit collegejaar ben ik gestart met het zoeken naar een bachelor project. Binnen een maand ben ik begonnen binnen de vakgroep membraantechnologie aan de Universiteit Twente. Daar heb ik vier maanden intensief gewerkt aan dit project. Vier maanden lang heb ik zoveel als ik kon en zoveel als nodig was geleerd over membraantechnologie, wat niet altijd meeviel. Daarvoor wil ik een aantal mensen bedanken.

Ten eerste wil ik Rob Lammertink bedanken die me wegwijs heeft gemaakt in de wereld van membraantechnologie. Daarbij kan ik ook zeker niet Herman Teunis vergeten die altijd klaarstond om mij te helpen met vragen over membraantechnologie, maar vooral over de permoporometer.

Als laatste wil ik Arie Paul van den Beukel bedanken die me elke week weer de energie gaf om door te gaan met het project.

Inleiding

De vakgroep Membraantechnologie van de Universiteit Twente ontwerpt membranen en onderzoeken de eigenschappen van deze membranen. Membryon is een bedrijf in oprichting, het is een spin-off van de vakgroep Membraantechnologie. Het bedrijf houdt zich enerzijds bezig met het doorontwikkelen van fundamentele kennis tot relevante toepassingen, anderzijds verkoopt het bedrijf apparatuur gerelateerd aan de fabricage en karakterisering van membranen. Dit zijn veelal “one of a kind” apparaten, welke binnenshuis ontwikkeld zijn. Een van die apparaten is de permporometer. Dit project staat in het teken van het ontwerp van de permporometer. Daarnaast zal de porometer meegenomen worden in dit onderzoek. Deze is toe aan vervanging en zal ook door de vakgroep zelf gebouwd gaan worden. Omdat er veel informatie ontbreekt over deze porometer wordt deze ontwikkeling weggelaten in dit verslag. In bijlage A is het onderzoek naar de porometer beschreven. In bijlage B is het plan van aanpak te lezen.

In dit verslag wordt eerst een korte introductie gegeven in de membraantechnologie. Daarbij wordt uitleg gegeven over membranen en membraanprocessen.

Om een product te ontwerpen van een analytisch apparaat moet onderzocht worden wat het apparaat kan en wat voor handelingen

nodig zijn om het apparaat metingen te laten uitvoeren. Verder moeten probleemgebieden en de centrale punten van het apparaat bestuurd worden. In het tweede hoofdstuk van dit verslag zal deze analyse uitgevoerd worden. Daarnaast wordt er in dit hoofdstuk een tweede analyse uitgevoerd, waarbij vergelijkbare apparaten worden bekeken. Het doel hiervan is het filteren van goede en slechte eigenschappen. Deze eigenschappen worden meegenomen tijdens de ontwerpfase, om tot een optimaal ontwerp te komen. Daarnaast zal de doelgroep en de omgeving waarin de apparaten komen te staan beschreven worden. De resultaten van de analyses die worden uitgevoerd vormen de input voor het programma van eisen.

Het derde gedeelte van het verslag is de ontwerpfase. Het doel van de ontwerpfase is het ontwikkelen van een goed concept. Het derde hoofdstuk begint met een kort onderzoek over bescherming van invloeden van buitenaf. Dit wordt vervolgd door de vormgeving van het membraancel gedeelte, de binnenkant van de kast en vervolgens het ontwerp van de buitenkast. De keuze voor een definitief concept wordt bepaald door de keuze van de opdrachtgever, de keuze van de ervaringsdeskundige en aan de hand van de toetsing aan het programma van eisen.

In de vierde fase zal het concept dat als beste is gekozen in de ontwerpfase, worden uitgewerkt

tot in detail. Van elk onderdeel van de opstelling zal in detail worden beschreven waar deze geplaatst wordt en hoe deze worden aangesloten aan de andere onderdelen in de opstelling. Daarnaast zal de werking van de kast en de keuze van het materiaal in het vierde hoofdstuk worden besproken.

De evaluatie van het ontwerp zal in het laatste hoofdstuk worden besproken. Dit gebeurt aan de hand van een kort gebruiksonderzoek. Een klein gebruiksonderzoek zal aan de hand van een prototype uitgevoerd worden. Dit gebruiksonderzoek zal worden uitgevoerd door twee personen die ervaring hebben met het werken aan de permporometer.

Woordenlijst

- Absorptie

het opnemen van stoffen uit de omgeving.

- Actieve poriën

Poriën die van geheel door het membraan lopen en dus niet de poriën die halverwege het membraan stoppen.

- Additionele stoffen

Toegevoegde Stoffen.

- Desorptie

Het tegenovergestelde an absorptie. Het loslaten van materie uit een omgeving.

- Diffusie

Vermenging van twee ongelijksoortige stoffen.

- Drukgedreven absorptie

Het onder druk opnemen van stoffen uit de omgeving.

- Membraan

Een selectieve barrière tussen twee fasen [2]

- Membraanscheidingsproces

Proces waarbij twee componenten van elkaar worden gescheiden met behulp van een membraan.

- Membraantechnologie

Membraantechnologie is een methode waarmee twee componenten van elkaar gescheiden kunnen worden.

- Toplaag

De bovenste laag in een membraan

Hoofdstuk 1

Introductie fase

Hoofdstuk 1 geeft een korte inleiding in de membraantechnologie. Het is belangrijk om te begrijpen wat membraantechnologie inhoudt om de juiste beslissingen te kunnen nemen in het vervolg van dit project.

1.1

Inleiding in de membraantechnologie

Membraantechnologie is een methode waarmee twee componenten van elkaar gescheiden kunnen worden. Elk membraanscheidingsproces, zoals dit wordt genoemd, wordt gekarakteriseerd door het gebruik van een membraan. Deze technologie is redelijk nieuw. Tot 35 jaar geleden werd deze scheidingsmethode niet als belangrijk beschouwd. Vandaag de dag worden membraanprocessen gebruikt voor vele toepassingen en het aantal groeit nog steeds. Membraantechnologie wordt beschouwd als een veelbelovend alternatief voor traditionele technieken zoals absorptie en drukgedreven adsorptie. De kracht van de technologie ligt in het werken zonder toevoeging van additionele stoffen, met een relatief lage energiebehoefte en met een goed regelbare en op te schalen procesvoering [1].

Een voorbeeld van een toepassing van membraantechnologie is de opwekking van grond-, oppervlakte- of afvalwater tot proceswater. Een voorbeeld van een meer dagelijks gebruik van een membraan is het zetten van koffie, waarbij

het koffiefilter het membraan is en de koffie de permeaat van de scheiding en het koffiedik het retentaat van de scheiding; deze termen worden in hoofdstuk 1.3 verder uitgelegd.

1.2

Membraan

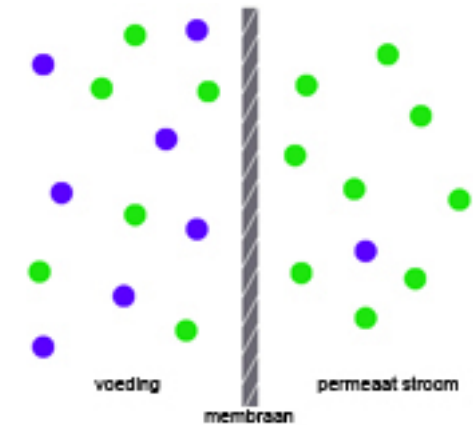
Het is moeilijk om een exacte definitie te geven van een membraan. Een globale definitie zou kunnen zijn:

Een selectieve barrière tussen twee fasen [2]

Een afbeelding hiervan is te zien in figuur 1. Deze selectieve barrière kan beschouwd worden als een dun vliesje waar, al dan niet, poriën in zitten. Elk membraan heeft de capaciteit om het ene component sneller te transporteren dan de ander, door verschil in fysieke en/of chemische eigenschappen tussen het membraan en de door te dringen componenten. Het transport van een gas of een vloeistof door het membraan vindt plaats als resultaat van een drijvende kracht zoals, druk of concentratie.

Voor het karakteriseren van een membraan voor praktische toepassingen zijn vooral twee eigenschappen van belang, namelijk flux en selectiviteit [3].

- *Flux* is de hoeveelheid vloeistof die door een membraan wordt getransporteerd per eenheid van membraanoppervlak en per eenheid van de tijd.



Figuur 1. membraan

- *Selectiviteit* van een membraan wordt uitgedrukt in de scheidingsfactor, datge-
ne wat wel of juist niet wordt doorgela-
ten.

De selectiviteit en de daarbij bereikte flux be-
palen tezamen de scheidingsprestaties van een
bepaald scheidingsproces.

Membranen kunnen op veel vlakken van elkaar
verschillen. Een eerste indeling kan gemaakt
worden tussen poreuze en niet poreuze mem-
branen. Poreuze membranen hebben poriën en
kunnen oplossingen, dampen, ionen etc. door-
laten. Deeltjes en/of moleculen met afmetin-
gen groter dan de poriën worden tegengehou-
den, kleinere moleculen worden doorgelaten.
Niet poreuze membranen worden onder ande-
re gebruikt bij scheiding van gassen. Scheiding
van gassen is gebaseerd op de absorptie van de
gasmoleculen in het membraan gevolgd door
diffusie van deze moleculen door het mem-
braan en uiteindelijk de desorptie van het gas
aan de permeaat zijde (hierover wordt meer
beschreven in hoofdstuk 1.3) .

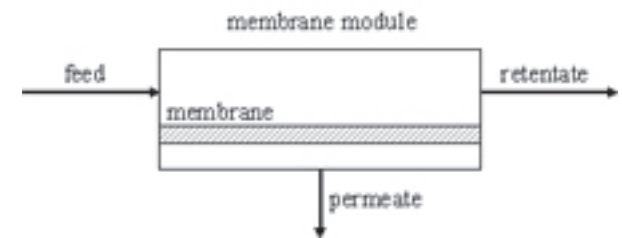
Een tweede indeling kan gemaakt worden
tussen organische membranen, bijvoorbeeld
polymeer membranen, en anorganische
membranen, zoals keramische-, glas- of me-
taalmembranen. De keuze voor bepaalde
membraanmaterialen wordt voornamelijk ge-
baseerd op de eigenschappen van de toege-

paste stoffen.

1.3 Membraanproces

Binnen een membraanproces zijn er drie
stromen aanwezig, de voeding, de permeaat-
stroom ('doorgelaten') en de retentaat-stroom
('tegengehouden'). De voeding is de stroom
die over het membraan wordt geleid. Het
membraan verdeelt de voeding in een perme-
aat-stroom en een retentie-stroom. De perme-
aat-stroom is de stroom van de stof die door
het membraan heen gaat. De retentie-stroom
is de stroom van de stof die niet de eigen-
schappen heeft om door het membraan heen
te kunnen. Een van deze twee stromen, de per-
meaat-stroom of de retentie-stroom, bevat het
product van de scheiding, zie figuur 2.

Dit bachelor project gaat over drukgedreven
membraan filtratie technieken, zoals micro-
filtratie (MF) en ultrafiltratie (UF). Scheiding
vindt hier plaats op basis van afmetingen van
deeltjes of moleculen, in het schema van figuur
3 is de verdeling van de deeltjesgrootte sche-
matisch te zien. Onder invloed van een druk-
verschil wordt water of oplosmiddel door de
poriën van het membraan geperst. Een uitge-
breide uitleg hierover volgt in hoofdstuk 2.



Figuur 2. membraanproces

	low molecu- lar range	high molecu- lar range	micro particle range	macro pa- rticle range
particle size				
micrometer	0.001	0.01	0.1	1.0
nanometer	1.0	10	100	1000
molecular weight	1000	100,000	500,000	
solute	salt	colloidal silica		yeast
		virus		bacteria
		proteins		
	gas			
	microsolutes			
membrane separation process	dialysis	nanofiltration	ultrafiltration	microfiltration
	reverse osmosis			
	ion exchange			
	diaphragm			
	electrodialysis			

Figuur 3. Bereik van verschillende membraanprocessen

Hoofdstuk 2

Analysefase

In hoofdstuk 1 is uitgelegd dat bij de analyse apparatuur die wordt beschreven een scheiding plaats vindt op basis van afmetingen van deeltjes of moleculen. Daarbij zijn de poriegrootte en de poriegrootte verdeling de bepalende factor voor de permeaat-stroom en de retentaat-stroom.

De bepaling van de poriegrootte van een membraan en poriegrootte verdeling is belangrijk voor:

- 'Membraansynthese', waarbij de goede eigenschappen van componenten worden gecombineerd om uiteindelijk de flux en de selectiviteit van een membraan te verhogen.
- Het bepalen van karakteristieken van membranen

- De toepassingen van membranen. Een specifieke toepassing van de betreffende membranen is bijvoorbeeld het zuiveren van drinkwater.

Een permoporometer is een analytisch apparaat waarmee de poriegrootte verdeling van een membraan bepaald kan worden. Ze karaktereert alleen de zogenoemde actieve poriën, waarvan de meeste in de toplaag van een membraan aanwezig zijn.

In dit hoofdstuk volgt een uitleg over de opstelling van de permoporometer. Daarnaast zullen andere analyse opstellingen onderzocht worden en wordt de doelgroep en de omgeving bestudeerd. Deze analyses zullen resulteren in een programma van eisen voor het ontwerp.

Om een indruk te geven van het ontwerp dat verbeterd moet worden is in figuur 4 een foto te zien van de huidige opstelling van de permoporometer.



figuur 4. de huidige opstelling van de permoporometer

2.1

Permporometer

Voor het meten van poriegroottes kleiner dan 50 nanometer wordt binnen de membraan-technologie het principe van de permporometrie gebruikt. Permporometrie is een methode om de actieve poriën van een UF (ultrafiltratie) membraan te evalueren. Kort gezegd wordt bij deze methode een hoeveelheid gasstroom gemeten als deze door middel van de dampspanning door de poriën heen stroomt. Daarbij bepaalt de dampspanning en de poriegrootte de hoeveelheid gasstroom die door het membraan heen stroomt. Deze wordt bepaald met de Kelvin vergelijking:

$$\ln pr = (-\gamma v / RT) \cos \varnothing * (1/rk1 + 1/rk2)$$

pr = relatieve drampdruk [-]

γ = oppervlakte spanning [N/m]

v = molair volume van de condensatie [m³/mol]

$\varnothing$ = contacthoek [o]

rk = Kelvin radius

Hiernaast in figuur 5 staat een schematische weergave van de opstelling die in dit project gebruikt zal worden.

Een uitgebreide uitleg over dit schema volgt in hoofdstuk 2.3. Elk onderdeel zal onder de loep worden genomen. Nu volgt een korte uitleg.

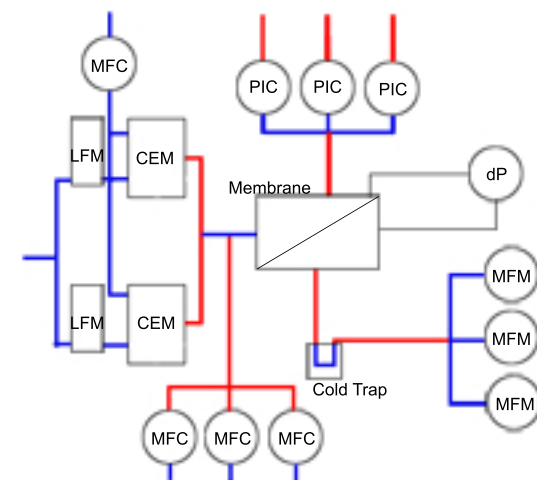
Ethanol komt als vloeistof aan en wordt door liquiflowmeters (LF) gecontroleerd toegevoerd

aan de Controlled Evaporator Mixer (CEM). Aan de andere kant van de CEM wordt door een Mass Flow Controller stikstof gecontroleerd de CEM binnen geleidt. Binnen de CEM worden de twee stoffen gemengd. De gemengde verzadigde stroom van stikstof en ethanol komt de CEM uit en wordt door een leiding vervoerd richting het membraan. Ondertussen wordt er een gecontroleerde stroom stikstof toegevoegd aan de stroom uit de CEM, zodat een stroom met een gecontroleerde dampspanning het membraan binnenkomt. De stroom na het membraan wordt via een cold trap, die de ethanol condenseert, naar een Mass Flow Meter (MFM) geleid en daar wordt de gasstroom gemeten. De gemeten gasstroom bepaalt de poriegrootte en de poriegrootte distributie van het membraan.

2.2

Bepaling systeemgrenzen permporometer

De opstelling van de permporometer te zien in figuur 4 ziet er complex en ingewikkeld uit. Het is onoverzichtelijk waar de meting begint en waar de meting eindigt. Voor het ontwerp is het belangrijk te weten welke onderdelen verwerkt moeten worden tijdens het ontwerpen en welke onderdelen tijdens het ontwerpen buiten beschouwing gelaten kunnen worden. Het bepalen van systeemgrenzen is van belang. Hieronder wordt uitlegd waar de systeemgrenzen liggen tijdens het ontwerpen.



Figuur 5. Schema van permporometer

Een schematische tekening te zien in figuur 5 geeft meer overzicht waar metingen beginnen en waar metingen eindigen. Op de punten waar stoffen de opstelling binnen komen begint volgens dit schema de meting en op de punten waar stoffen de opstelling verlaten eindigt de meting. Wat toegevoegd moet worden aan dit schema zijn de punten waar stoffen vandaan komen voordat deze de opstelling binnen komen. Omdat deze aanvoer van stoffen nogal kan verschillen, van een vat of bijvoorbeeld uit leidingen uit de muur, is het belangrijk niet te vergeten deze in acht te nemen bij de keuze van de systeemgrenzen. Komen deze stoffen namelijk niet uit de muur, dan betekent dat, dat er naast het apparaat een vat aanwezig zal zijn.

Per laboratorium is het verschillend hoe stoffen geleverd worden aan een opstelling. Zoals hiervoor vermeld kan dit via een los vat komen dat naast een opstelling wordt geplaatst of via leidingen uit de muur. Door de aanvoer van stoffen buiten de systeemgrenzen te houden kan elk in ieder laboratorium afzonderlijk bepaald worden hoe de aanvoer van gassen en vloeistoffen zal verlopen, via een vat of via leidingen.

Een tweede belangrijk punt dat niet is verwerkt in dit schema is de computer. De computer stuurt de opstelling aan en ontvangt gegevens terug van de opstelling. De computer is in verhouding een groot onderdeel van de opstelling en zal bepalend zijn voor de vormgeving ervan. Door de computer buiten de systeemgrenzen te

laten vallen zal dit voorkomen kunnen worden. Daarnaast is het gebruikelijk bij analyseapparatuur om de computer buiten het ontwerp te laten vallen. In figuur 6 zijn de systeemgrenzen zoals hierboven is uitgelegd te zien.

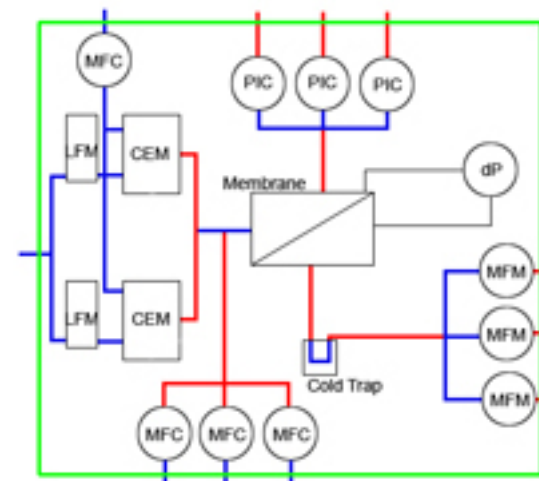
2.3

Onderdelen permporometer

In dit gedeelte van het verslag zullen de opstelling en de werking van de meting van de permporometer nauwkeurig worden beschreven. Dit gebeurt aan de hand van een beschrijving per onderdeel van de opstelling. Deze uitleg wordt ondersteund met foto's.

Hiernaast in figuur 6 staat het schema van de permporometer met systeemgrens, deze kan in dit hoofdstuk ter verduidelijking gebruikt worden.

Van de onderdelen mass flow controllers (MFC), mass flow meters (MFM) en de drukcontrollers (PIC) is nog niet duidelijk hoeveel van deze onderdelen aanwezig moeten zijn in de opstelling. Het bereik van bijvoorbeeld drie MFC groter is dan van één MFC. Het bereik dat nodig is voor de metingen die worden uitgevoerd is nog niet bekend, maar valt in ieder geval binnen het bereik van drie MFC. Ditzelfde geldt ook voor de MFM en de PIC. Om problemen met betrekking tot de benodigde ruimte te voorkomen is uitgegaan van de maximale verwachting van drie aantallen voor de MFC, MFM en PIC.



Figuur 6. Schema permporometer inclusief systeemgrens

De levensduur van alle onderdelen die in de opstelling aanwezig zijn, wordt geschat op 10 tot 15 jaar. Dit is gebaseerd aan de hand van de ervaring die is opgedaan tijdens het gebruik van de opstelling die nu aanwezig is op het laboratorium van de Membrane Technology Group van de Universiteit Twente.

Aanvoer gassen en vloeistoffen

In het schema is te zien dat op drie verschillende plekken gas of vloeistof wordt aangevoerd. In figuur 7 en 8 is een voorbeeld te zien van een gas dat uit de muur wordt aangevoerd richting een opstelling.

Liquiflow meter (LFM)

De eerste stof die de opstelling binnenkomt is ethanol dat de liquiflowmeters (LFM) (figuur 9) binnen gaat. De LFM controleert de stroomsnelheid van een vloeistof dat de opstelling binnenkomt. In de opstelling zullen twee LFM aanwezig zijn.



Figuur 9. Liquiflow Meter (LFM)

Mass flow controllers (MFC)

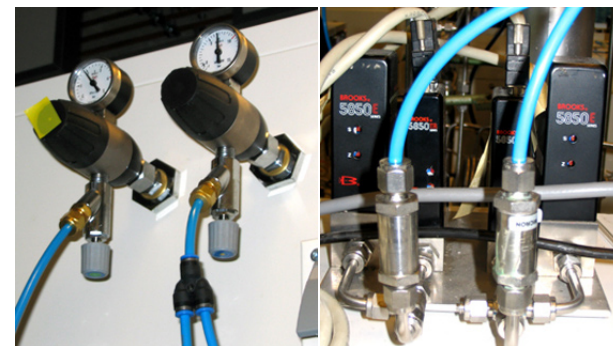
De tweede stof die wordt aangevoerd is stikstof. Deze komt via de mass flow controllers (MFC) binnen en stroomt richting het uiteinde van de condensor evaporator mixer (CEM). De stikstof is tevens de derde ingang van buitenaf en gaat richting een vierde MFC. De stroom die uit deze ene MFC komt is de ingang van de CEM in tegenstelling tot de andere drie MFC die bij het uiteinde van de CEM worden toegevoegd aan de stroom die uit de CEM komt.

Mass flow controllers (MFC), figuur 10, controleren de stroomsnelheid van het gas dat de opstelling binnenkomt. Deze zorgen er voor dat de stroom die uit de MFC's komt precies de gewenste hoeveelheid bedraagt.

De MFC's behoeven geen handelingen tijdens metingen of tussen metingen door. Een keer per jaar zal onderhoud nodig zijn. Als deze defect raken moeten ze vervangen kunnen worden.



Figuur 10. Mass Flow Controller (MFC)

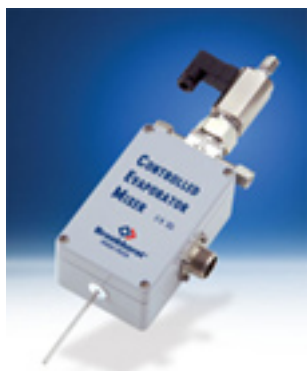


Figuur 7. aanvoer gassen vanuit de muur

Figuur 8. Aankomst gassen in opstelling

Condensor evaporator mixer (CEM)

De CEM, figuur 11, zorgt ervoor dat de ethanol en de stikstof gemengd worden. De verzadigde stroom die uit de CEM komt gaat richting het membraan waar het eerst met droge stikstof wordt gemengd om zodoende de dampdruk te kunnen controlleren. Er zullen 2 CEM's aanwezig zijn in de opstelling.



Figuur 11. Condensor Evaporator Mixer (CEM)

Membraancel

De stroom die vanuit de CEM komt, gaat richting de membraancel, figuur 12, waar het membraan zelf binnenin aanwezig is. Het membraan moet per meting vervangen kunnen worden en is tevens het centrum van de permporometer. Er zal één membraancel aanwezig zijn.

Pressure controller (PIC)

De PIC's, figuur 13, zorgen ervoor dat er een drukverschil staat over het membraan. Er zullen drie PIC's aanwezig zijn in de permporometer.



Figuur 13. Pressure Controller (PIC)

Drukverschilmeter (dP)

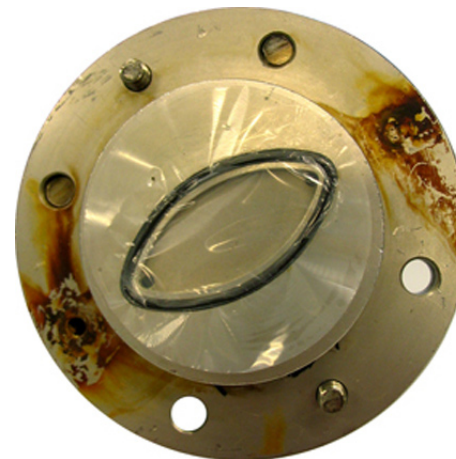
De drukverschilmeter, figuur 14, meet hoeveel drukverschil er over het membraan staat. Hier van is er één aanwezig in de permporometer.



Figuur 14. Drukverschilmeter (dP)

Cold Trap

De cold trap, figuur 15, vangt de damp, in dit geval ethanol, op die bij de meting is gebruikt. Deze wordt 'gevangen' door de cold trap, middels condensatie. De overgebleven stikstof gaat richting de mass flow meters. De cold trap moet regelmatig worden geleegd. Er is één cold trap aanwezig in de opstelling van de permpo-



Figuur 12. Membraancel



Figuur 15. Cold Trap

rometer.

Mass flow meter (MFM)

De MFM's, figuur 16, meten de gasstroomsnelheid die door de poriën van het membraan gaat. Het verschil met de MFC is dat de MFM meten en de MFC controlleren. Ook van de MFM zullen er drie aanwezig zijn in de perm-porometer.

2.4

Andere analyse apparaten

Het onderzoeken van vergelijkbare apparaten geeft veel inzicht in de praktische ideeën van een nieuw ontwerp. Sterktes en zwaktes van deze apparaten komen in deze analyse aan bod. Hieronder worden drie analyse apparaten beschreven:

- de Äkta Purifier
- de Inspector
- de Field Flow Fractionation

Äkta Purifier, Amersham Biosciences

De Äkta Purifier (figuur 17) is een analyse apparaat dat verschillende eigenschappen van een stof kan meten. De eigenschappen die de Äkta Purifier kan meten zijn:

- UV-vis
UV/visspectroscopie is een chemische analysetechniek waarbij de concentratie van een bepaalde stof in een te analyseren monster bepaald wordt door de ab-

sorptie van zichtbaar licht (vis = visible) of van UV-licht te meten.

- Geleiding
- pH-waardes

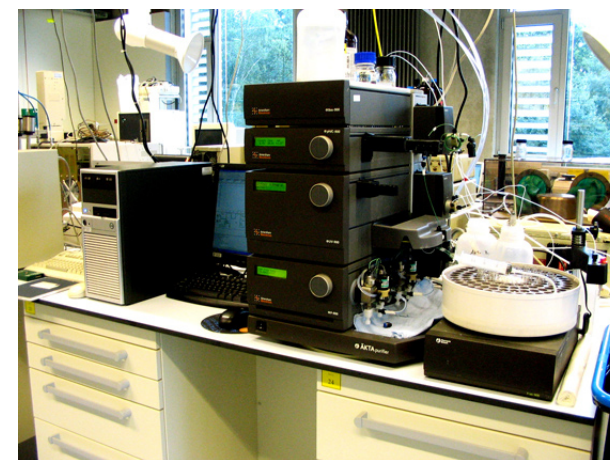
De verschillende eigenschappen van de vloeistoffen worden gemeten door ze via slangen het apparaat door te leiden. Een mengsel stoffen wordt eerst gescheiden van elkaar en dan door het apparaat geleid. De vloeistof komt door verschillende sensoren die de verschillende waardes meten. Deze waardes worden doorgestuurd naar een computer. Aan het einde wordt de vloeistof afgetapt. De laborant kan zelf aangeven welke eigenschappen het apparaat moet detecteren.

De Äkta Purifier bestaat uit meerdere lagen die op elkaar gestapeld kunnen worden. Elke laag kan een eigenschap meten. Het geheel ziet eruit als een zwarte kast met daarnaast een 'fraction collector', een apparaat waar samples van verschillende stoffen worden genomen. Het apparaat is aangesloten op een PC die de gemeten waardes kan weergeven op het beeldscherm.

De sensoren die de eigenschappen meten zitten aan de binnenkant van het apparaat en ook de electronica zit binnenin de zwarte kast. Andere onderdelen zitten aan de rechterkant buiten de zwarte kast, zoals pompen, ventielen, leidingen etc, zie figuur 18. Elk onderdeel van de kast heeft dezelfde interface. Deze bestaat



Figuur 16. Mass Flow Meter (MFM)



figuur 17. Äkta Purifier

2. Analysefase

uit een draaiknop met twee geïntegreerde drukknoppen, en een schermje waar vanaf gelezen kan worden. De interface wordt niet gebruikt tijdens metingen. Deze informatie wordt namelijk van de PC afgelezen. De interface op de Äkta Purifier dient vooral voor het detecteren van defecte onderdelen in het apparaat.

Het schoonmaken van het apparaat gebeurt wanneer waardes gaan afwijken. Dit kan simpel worden uitgevoerd door een bepaalde vloeistof door het apparaat te pompen.

Het voordeel van de Äkta Purifier is de veelzijdigheid ervan en de mogelijkheid om verschillende eigenschappen van oplossingen te meten. Vaak meer dan de laborant nodig heeft. Hetgeen wat verbeterd kan worden is het aanbieden van meer mogelijkheden om leidingen te bevestigen, zodat niet alle metingen apart uitgevoerd hoeven te worden. Door te weinig aansluitmogelijkheden voor de leidingen is dit nu niet mogelijk. Deze verandering creëert meer flexibiliteit. Daarnaast is de afvoer van de gemeten vloeistof niet ideaal. Er is geen afvoer, waardoor de vloeistof handmatig afgevoerd moet worden. Een mogelijke oplossing is een pomp voor de afvoer van vloeistof. Een laatste opmerking wat betreft de Äkta Purifier is de grootte van het apparaat. De opstelling neemt veel ruimte in beslag. Of dit noodzakelijk is, is niet bekend, maar een kleinere opstelling is wel gewenst.

Field flow fractionation

Field flow fractionation is een op deeltjesgrootte gebaseerde scheidingstechniek van toepassing op biomoleculen, colloïden, en bacteriën in een oplossing.

Door een vloeistof aan de buitenkant van het apparaat te injecteren, zie figuur 19, en de computer correct in te stellen kan binnen een minuut de metingen worden gestart.

De field flow fractionation is een nieuw apparaat, dat modern is vormgegeven (figuur 20). De meeste onderdelen van de opstelling zijn aan de binnenkant van het het apparaat verwerkt, behalve het membraan, dat aangesloten zit buiten het apparaat. Dit membraan moet samen met het filter af en toe vervangen worden. Beide handelingen zijn niet moeilijk, maar het vervangen van het filter kost relatief veel tijd, namelijk een uur. Er is een onderhoudscontract, zodat de glaasjes ter waarde van 5000 euro door het bedrijf zelf jaarlijks schoon worden gemaakt. Het glaasje en de elektronica moeten worden beschermd door de behuizing voor invloeden van buitenaf. De opstelling zelf wordt ook beschermd door de behuizing, dit is echter niet noodzakelijk.



Figuur 18. Äkta Purifier van de zijkant



Figuur 19. Injecteren van vloeistof vanaf de buitenkant

2. Analysefase



figuur 20. Field Flow Fractionation (FFF)

Het voordeel van de field flow fractionation is de snelheid waarmee een meting kan worden gestart. Met weinig handelingen is het mogelijk om binnen één minuut de meting te starten, als het membraan of de sampleloop niet vervangen hoeven te worden. De vloeistof moet geïnjecteerd worden en de computer moet aangestuurd worden. Dit laatste, het aansturen van de computer zou zelfs geautomatiseerd kunnen zodat niet handmatig metingen gestart hoeven worden.

Waarom het membraan er los buiten hangt is onduidelijk. Belangrijk is dat een membraan makkelijk vervangen kan worden. Dit is echter niet regelmatig nodig, wat een integratie met de rest van het apparaat een logischer keuze had gemaakt. De sampleloop moet echter wel goed bereikbaar zijn, deze moet regelmatig

vervangen worden. De plaatsing in de huidige opstelling is zodanig dat het vervangen van de sampleloop erg onhandig is. Deze zit namelijk direct achter het punt waar vanaf de buitenkant geïnjecteerd wordt. Dit punt is erg moeilijk te bereiken, daarnaast kun je niet zien wat je aan het doen bent.

Een tweede verbetering die gewenst is, is de meting van de detectorstroom. De vloeistof-snelheden zijn extreem belangrijk. De detectorstroom zou gemeten moeten worden aan het einde van het proces, zodat fouten sneller ontdekt worden bij verkeerde waardes.

Inspector

Inspector, figuur 21, is ontworpen door een medewerker van de vakgroep membraantech-nologie. De werknemer vond het belangrijk dat elk onderdeel van de opstelling gemakkelijk te bereiken is. Dit heeft ertoe geleid dat het ap-paraat erg groot is geworden, vooral omdat de voorraadvaten ook werden geïntegreerd in het ontwerp, wat achteraf een overbodige functie bleek. De grote opstelling heeft vooral tot ge-volg dat er veel onnodige rommel aanwezig is.

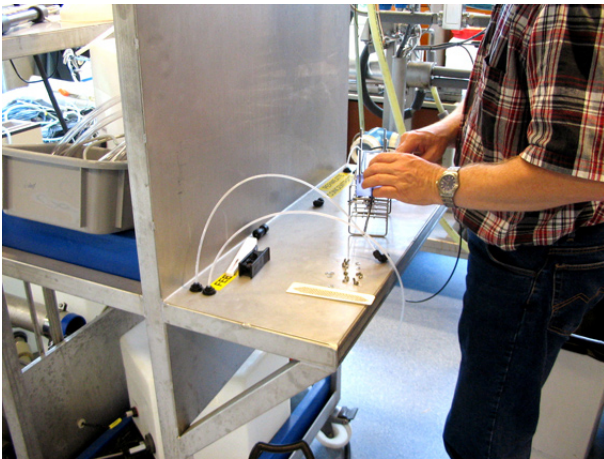
Het vervoer van de opstelling werd later ook een belangrijke functie. Om aan deze wens te voldoen is een bedrijf ingeschakeld om een betere versie van het apparaat te ontwerpen. Deze moest vooral compacter worden dan de huidige opstelling. Hierbij is communicatie een struikelblok geweest, wat ertoe heeft geleid dat



Figuur 21. Inspector

de opstelling, figuur 22, nu groter, onhandiger en dus nog moeilijker te vervoeren is.

Een verbetering aan het ontwerp is de werkbank die is toegevoegd aan de zijkant, figuur 23. Hier zijn uitgangen aanwezig waar alleen leidingen toegevoegd hoeven worden om de metingen te laten starten.



Figuur 23. Werkbank inspector

Conclusie

Deze analyse van de drie analyse apparaten heeft tot een aantal bruikbare conclusies geleid die gebruikt kunnen worden als input voor het programma van eisen. Deze conclusies zijn:

- Metingen moeten zo snel en efficiënt mogelijk uitgevoerd worden. Daarmee doelt men op het zo weinig mogelijk handelingen uitvoeren in een zo kort mogelijke tijd voor een meting.
- Als er zo weinig mogelijk te 'zien' is van

de onderdelen van het apparaat wordt dat fijn gevonden. Daarbij moet de bereikbaarheid van de onderdelen waarbij handelingen verricht moeten worden wel optimaal blijven.

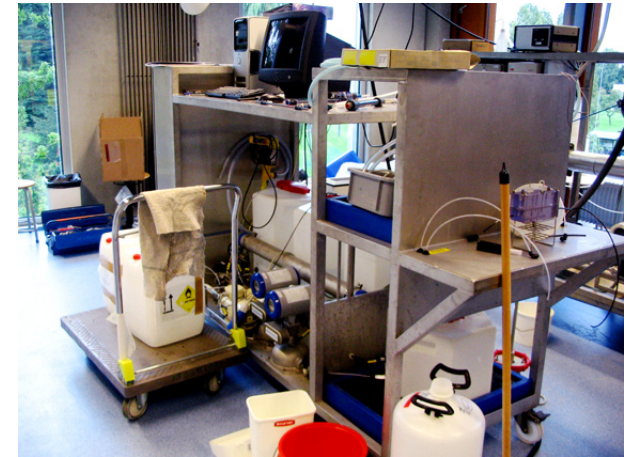
- Een apparaat moet zo weinig mogelijk ruimte innemen.
- De onderdelen waar je regelmatig bij moet om te vervangen o.i.d. moeten zonder moeite te bereiken zijn.
- Veel onnodige ruimte om een opstelling geeft veel rommel die je niet wil hebben, een oplossing is een werkbank

2.5 Doelgroepanalyse en omgevingsanalyse

Belangrijk aan het ontwerp is het gebruiksgemak van de permporometer en de porometer. Om het gebruiksgemak te optimaliseren is het belangrijk te weten wie er met de apparaten gaat werken. In de doelgroepanalyse en omgevingsanalyse zal een beschrijving worden gegeven van de gebruikers die met de apparaten in aanraking zouden kunnen komen. Daarnaast zal er een beschrijving van de omgeving gegeven worden waarin de apparaten zich zullen gaan bevinden.

Doelgroep

Bijzonder aan de permporometer en de porometer is dat de opstellingen beide ontworpen zijn voor specifieke metingen, namelijk het me-



Figuur 22. Vernieuwde inspector

2. Analysefase

ten van de poriegrootte en de porie distributie van een membraan. Het voordeel daarvan is dat opstellingen gering voorkomen en dat de opstellingen door een specifieke doelgroep wordt gebruikt.

De doelgroep die de apparaten zal gebruiken zijn mensen die onderzoek doen naar membranen. Een kenmerk van deze groep is dat ze hoog opgeleid zijn met meestal een chemisch technologische achtergrond. Dat betekent dat de kennis die de gebruikers hebben met elkaar te vergelijken is.

Een tweede kenmerk van deze groep is dat ze door hun achtergrond al vaak in aanraking zijn gekomen met vergelijkbare apparaten die specifieke metingen doen. Zij hebben dus ervaring en daardoor kan er verwacht worden dat ze inzicht hebben voor deze specifieke analyse apparaten.

Omgevingsanalyse

Kenmerkend voor de omgeving waarin de apparaten komen te staan is dat dit altijd een laboratorium zal zijn. Elke omgeving is met elkaar te vergelijken, dezelfde handelingen zullen er verricht worden. Namelijk het onderzoeken van membranen. In deze omgeving zullen bijvoorbeeld membranen, glas, verschillende gasen en vloeistoffen, die eventueel giftig kunnen zijn, aanwezig zijn.

2.6

Programma van eisen

Het programma van eisen is het resultaat van de analyses die in dit hoofdstuk zijn uitgevoerd. De eisen en wensen moeten uiteindelijk als leidraad dienen voor de ontwerpfase.

Eisen

- 1 De behuizing moet het product beschermen tegen invloeden van buitenaf.
 - De behuizing moet ervoor zorgen dat de opstelling tijdens transport per vliegtuig, boot, vrachtauto of auto op geen enkele manier schade ondervindt.
 - De behuizing moet ervoor zorgen dat er geen vloeistoffen het product binnen kunnen dringen, zodat deze de werking en de kwaliteit van het product beschadigen.
- 2 Het product moet een levensduur hebben van minimaal 10 jaar, met als voorwaarde dat er elk jaar een onderhoudsmonteur het product heeft nagekeken.
- 3 De behuizing moet demonteerbaar zijn.
- 4 Alle onderdelen dienen zodanig toegankelijk zijn dat de onderhoudsmonteur overal bij kan zonder het product te beschadigen.
- 5 Er mogen geen onderdelen in het product aanwezig zijn die door middel van smeermiddel onderhoud nodig hebben.
- 6 De vormgeving van de behuizing mag op geen enkele manier de kwaliteit van het

product beïnvloeden.

- 7 Er mogen geen scherpe randen aan de behuizing zitten, zodanig dat deze lichamelijke beschadiging aan de gebruiker kan geven.
- 8 Er moet een rode noodvoorziening aanwezig zijn, op een goed bereikbare plek die het hele systeem in één keer kan uitschakelen.
- 9 Het product moet werken op een stroomvoorziening van 220 Volt.

Wensen

- 10 Het product mag niet meer ruimte innemen dan noodzakelijk.
 - Het product mag niet meer ruimte innemen dan de opstelling op dit moment inneemt, dit is ongeveer 0.80 m³.
- 11 De onderdelen die regelmatig gebruikt moeten worden mogen niet boven de 150 mm uitkomen.

Hoofdstuk 3

Ontwerpfase

De analysefase heeft onder andere de vraag beantwoord waarom er een behuizing moet komen om de permporometer. Met andere woorden, wat zijn de functies van een behuizing voor de permporometer. De belangrijkste antwoorden op deze vraag, die voort zijn gekomen uit de analyse fase zijn:

1. Een behuizing moet bescherming bieden tijdens gebruik.
2. Een behuizing kan steun bieden aan onderdelen die opgehangen of neergezet moeten worden binnen de opstelling.
3. Een behuizing maakt het product aantrekkelijk voor verkoop.
4. Een behuizing moet beschermen tijdens transport.

De vragen die in deze ontwerpfase van het onderzoek beantwoord moeten worden zijn:

1. Hoe bescherm je de permporometer en de porometer voor invloeden van buitenaf?
2. Hoe zal de opstelling van de permporometer en de porometer worden?
3. Wanneer ziet een analyse apparaat er aantrekkelijk uit voor verkoop?

3.1 Bescherming van de permporometer

In dit deel van hoofdstuk 3 wordt de eerste vraag van de ontwerpfase beantwoord:

Hoe wordt de permporometer voor invloeden van buitenaf beschermd?

Om deze vraag zo goed mogelijk te kunnen beantwoorden is eerst onderzoek gedaan naar wat de invloeden van buitenaf zijn. Daarnaast is onderzocht welke barrières er zoal bestaan en welke voor dit onderzoek geschikt zullen zijn. Hieronder volgt een korte samenvatting en de conclusie van dit onderzoek. Het gehele resultaat van het onderzoek is te lezen in bijlage C.

Onderzoek

De buitenkant van de porometer en de permporometer moet bescherming bieden voor invloeden van buitenaf. Deze invloeden zijn:

- Bescherming tegen vloeistoffen en gasen die de meting kunnen beïnvloeden of de onderdelen van de opstelling kunnen beschadigen.
- Bescherming tegen beschadiging tijdens transport.
- Bescherming tegen het (onjuist) handelen van de gebruiker.
- Bescherming tegen stofdeeltjes in de lucht die de opstelling vervuilen.

Nu bekend is waarvoor de opstellingen be-

scherm moeten worden is het belangrijk te weten hoe je iets kunt beschermen. Daarvoor heb je eerst een definitie van bescherming nodig, een definitie zou kunnen zijn:

Een maatregel of barrière die een object of persoon kunnen behoeden voor de gevolgen van een gevaar.

Voorbeelden zouden kunnen zijn een hek, een doos, een huis, een kooi, een kring van mensen, een huid etc. Van al deze metaforische barrières is er maar één die alle facetten bevat om de permporometer te kunnen beschermen voor invloeden van buitenaf en dat is een huis. Daarnaast kunnen combinaties gemaakt worden die dezelfde eigenschappen wat betreft bescherming bevatten. Een tweede geschikte barrière voor de permporometer moet bestaan uit een stevige constructie die wordt omgeven door een materiaal die stof- en vloeistofdicht moet zijn.

Samengevat moeten de permporometer en de porometer beschermd worden door een stevige constructie die omgeven is door een stof- en vloeistofdicht materiaal. Dit materiaal kan een elastisch of hard materiaal zijn.

3.2 Vormgeving

De tweede vraag, die in dit hoofdstuk beantwoord gaat worden is:

Hoe zal de opstelling van de permporometer en de porometer worden?

De opstelling van de permporometer en de porometer is het meest van invloed op de uiteindelijke vormgeving van het apparaat. De vorm die ontstaat door de positie van alle onderdelen, zal grotendeels de vorm zijn die het apparaat uiteindelijk gaat krijgen.

Voordat begonnen kan worden met het ontwerpen van de opstelling is het belangrijk te weten wat de belangrijkste aspecten zijn voor een goed ontwerp van de apparaten. Het programma van eisen bevat alle aspecten, maar enkele aspecten zijn belangrijker dan andere. Deze aspecten zijn:

- Gebruiksgemak
- Onderhoudsgemak
- Compactheid

Een minder belangrijk aspect is:

- Vormgeving

En een nog iets minder belangrijk aspect is:

- Transport

De laatste twee zijn minder belangrijk dan de eerste drie aspecten, maar tijdens het ontwerp zijn deze wel van belang.

Eerst zal de membraancel besproken worden, daarna de ontwerpen van de opstelling en als laatste het ontwerp van de buitenkant.

3.2.1 Membraancel

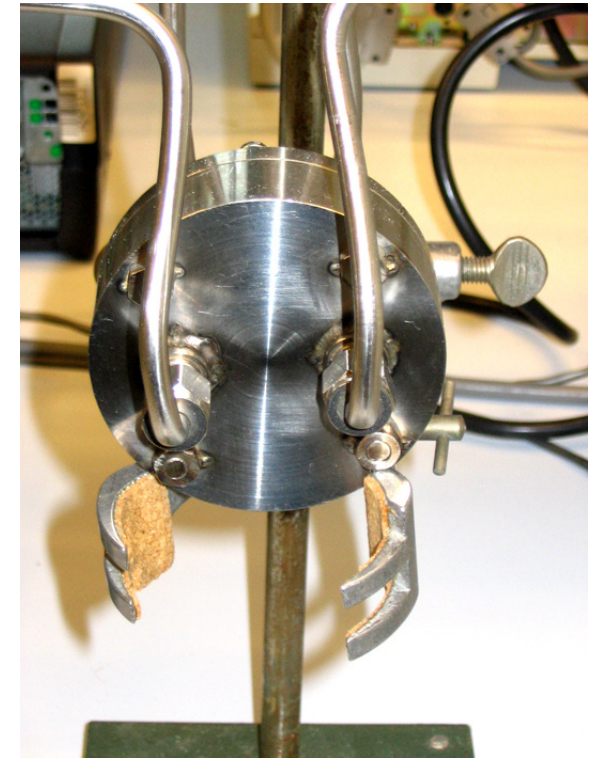
De membraancel is voor de gebruiker van het apparaat het belangrijkste onderdeel. Voor dit onderdeel is gebruiksgemak van groot belang. Het membraan in de cel moet regelmatig vervangen worden. Dat betekent dat de membraancel met twee handen te bereiken moet zijn zonder enige beperking. Om dit onderdeel extra aandacht te geven is begonnen met het ontwerpen van manieren om de membraancel te kunnen bereiken en te vervangen.

Zoals in de schetsen van figuur 24 te zien is, zijn meerdere manieren mogelijk om de membraancel goed te kunnen vervangen, een lade, een klep, buiten het apparaat erboven op of ervoor etc. (De originele schetsen zijn te vinden in bijlage D). Het is belangrijk dat de membraancel goed te bereiken is met twee handen. Tijdens gebruik zal de membraancel weinig schade ondervinden, dit is gebleken aan de

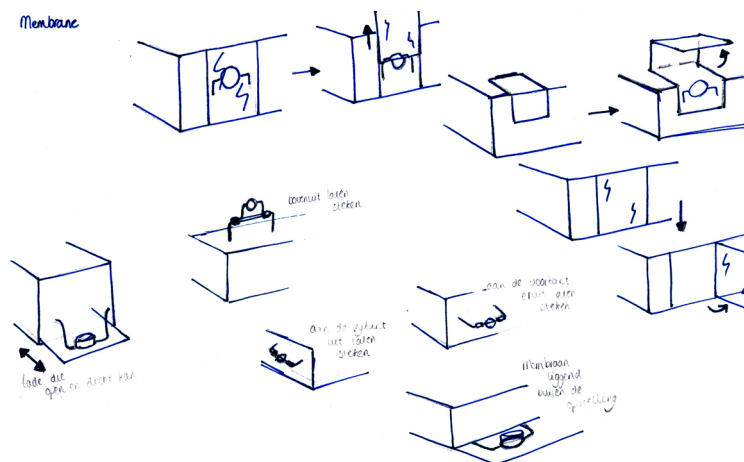
hand van de ervaring die is opgedaan tijdens het gebruik van de opstelling die nu aanwezig is op het laboratorium van de Membrane Technology Group van de Universiteit Twente. Hieraan is te zien dat het membraancel gedeelte in de loop der jaren weinig schade heeft ondervonden. Dit is te verklaren uit het feit dat de onderdelen waaruit dit gedeelte bestaat gemaakt is van sterk staal. Een foto van het gedeelte van de membraancel is hiernaast te zien in figuur 25. Om deze reden is er voor gekozen om het gedeelte van de membraancel buiten de kast te plaatsen.

Of deze bovenop het apparaat komt of aan de voorkant, staat nog open, zodat tijdens het schetsen vrijheid van ontwerpen is.

Zoals op de foto te zien is, heeft de membraancel een kleine houder nodig om op te kunnen steunen. Dit bevordert tevens het gebruiksge-



Figuur 25. Gedeelte membraancel in de huidige opstelling



Figuur 24. Schetsen membraancel

mak aangezien de positionering altijd logisch zal zijn. Eisen die hieraan gesteld zijn, zijn:

- Een houder geeft de juiste positionering van de membraancel aan.
- Een lichte flexibiliteit in verticale richting in de houder is noodzakelijk om gebruiksgemak te bevorderen.
- De houder moet zo min mogelijk ruimte innemen, zodat deze niet in de weg zit tijdens het verwisselen van het membraan.

Hiernaast in figuur 26 zijn een aantal schetsen die hebben geleid tot de uiteindelijke vorm van de houder. De originele schetsen zijn te vinden in bijlage D.

De keuze is gevallen op het ontwerp te zien in figuur 27 (De originele schetsen zijn te vinden in bijlage D). De keuze is hierop gevallen, aangezien deze voldoet aan de drie eisen. Door het driehoekje in het midden van houder is er maar één manier mogelijk om de membraancel te positioneren. De pootjes zijn zodanig dat deze een lichte buiging kunnen maken naar boven en naar beneden. Dit is handig tijdens het verwisselen van het membraan, omdat het loskoppelen van de koppelstukken enige kracht kost. De speling van de houder maakt het loskoppelen en het aan elkaar koppelen van de membraancel gemakkelijker. De laatste eis, het zo weinig mogelijk ruimte innemen, wordt weldegelijk behaald. Alle koppel-

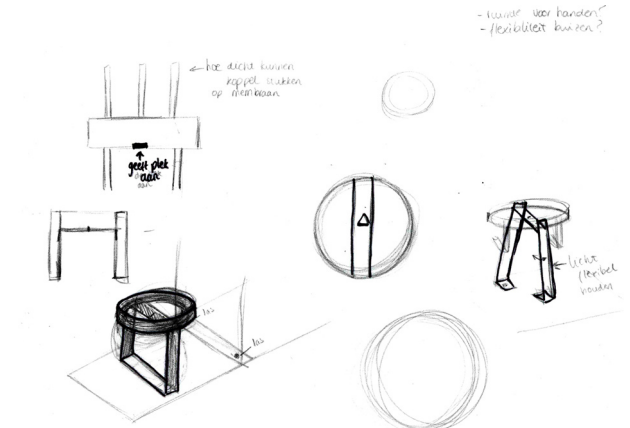
stukken zijn gemakkelijk te bereiken, daarbij staat de houder niet in de weg.

De houder wordt geplaatst op een plaat die doorloopt onder de gehele kast tot het einde. De gehele kast staat op deze manier op de plaat. De onderplaat en de kast zullen gepuntlast worden.

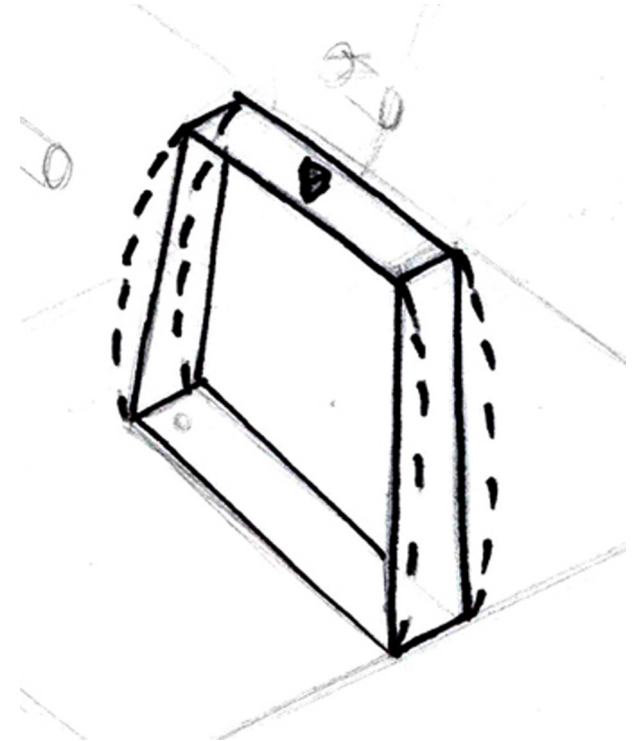
3.2.2 Binnenkant Binnenkant brainstorm

Om een goede inschatting te maken van de ruimte die de onderdelen van de opstelling innemen, is van elk onderdeel een schuimmodel gemaakt. Deze zijn op ware grote gesneden. Zo worden minder inschattingfouten gemaakt en zullen later in het ontwerpproces minder tegenslagen zijn wat betreft de afmetingen van het ontwerp.

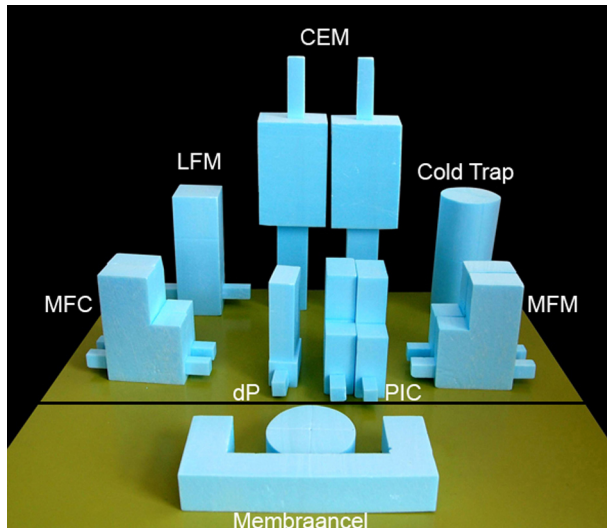
Het ontwerpproces is gestart met het plaatsen van alle op maat gemaakte onderdelen in de ruimte. Hieronder staan vijf opstellingen, met daaronder een korte beschrijving.



Figuur 26. Schetsen houder van membraancel



Figuur 27. Houder membraancel



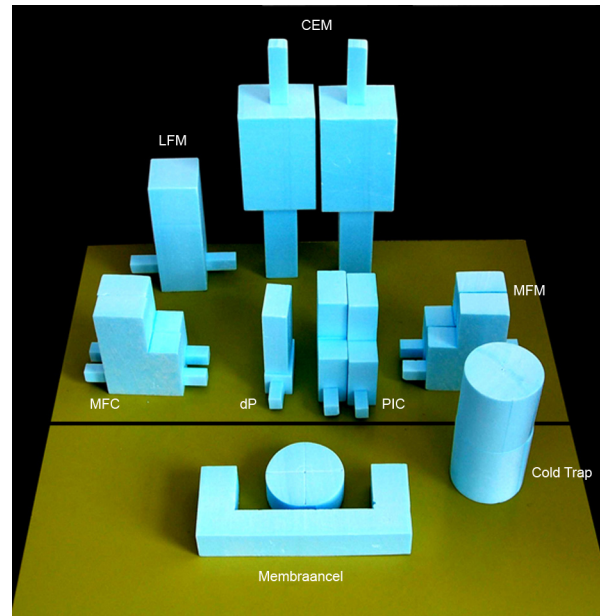
Figuur 28. Ontwerp 1

Het ontwerp 1 van figuur 28 is gebaseerd op de grootte van de onderdelen die de opstelling bevat. De hogere onderdelen aan de achterkant, en de lagere onderdelen aan de voorkant.

De membraancel moet buiten de 'kast' worden geplaatst, zoals hierboven beschreven. Dit is nog eens duidelijker weergegeven door de zwarte streep, alles boven de zwarte streep staat binnen het ontwerp, de membraancel eronder is buiten het ontwerp geplaatst.

Het ontwerp van figuur 29 is net als de voorgaande opstelling, zo opgebouwd dat de hogere onderdelen achteraan staan en de lagere onderdelen vooraan. Het verschil met ontwerp 1 is de cold trap die in deze opstelling buiten het apparaat naast de membraancel staat op-

gesteld. De cold trap is het tweede onderdeel waar af en toe handelingen verricht moeten worden, de coldtrap wordt langzaam gevuld met ethanol, dit moet na een x aantal metingen afgetapt worden.

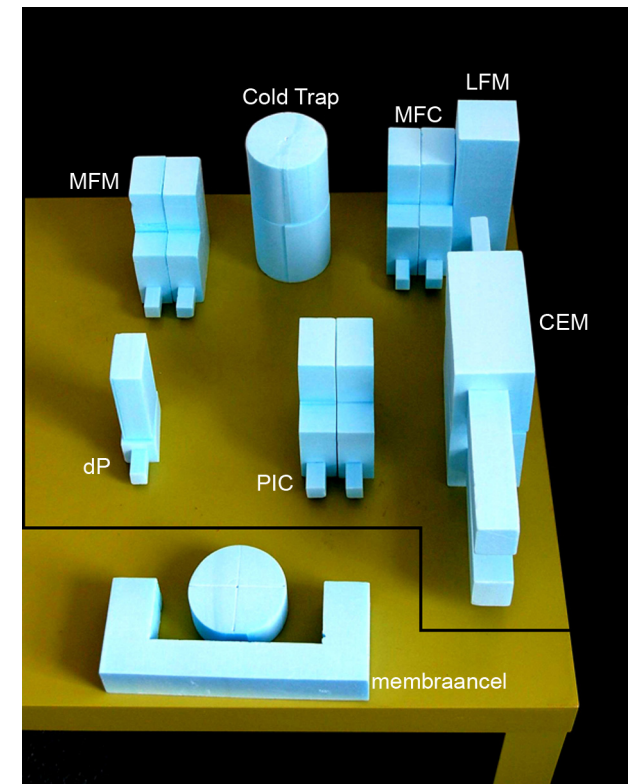


Figuur 29. Ontwerp 2

Ontwerp 3, zie figuur 30, is zodanig opgebouwd dat een zo laag mogelijk ontwerp ontstaat. De CEM is bijvoorbeeld niet in zijn normale positie geplaatst, maar is 90 graden gekanteld. Zodat minder gebruik van de hoogte wordt gemaakt, maar meer van de diepte.

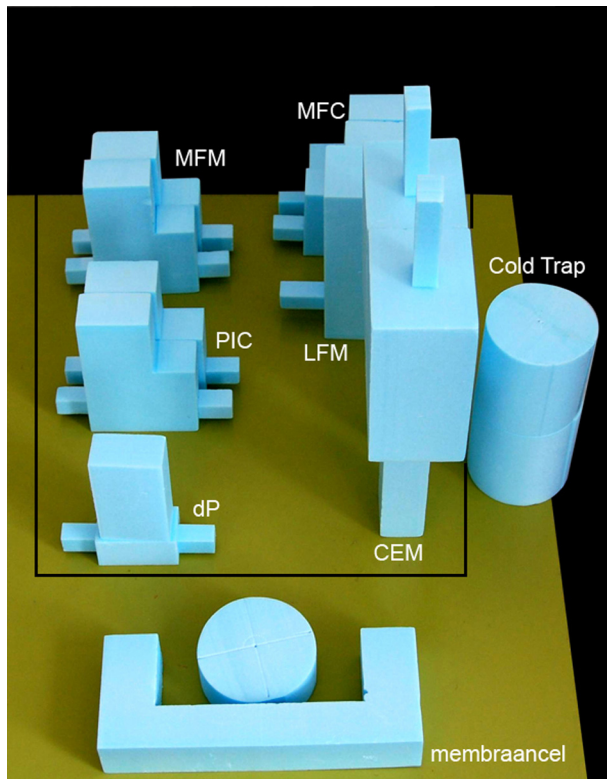
De membraancel zou in deze opstelling bovenop de behuizing kunnen worden geplaatst, aangezien de hoogte hier vrij beperkt is.

Het onderstaande ontwerp, figuur 31, maakt



Figuur 30. Ontwerp 3

gebruik van de diepte en de hoogte in plaats van de breedte. De cold trap staat bij dit ontwerp buiten de buitenkast van het apparaat. Deze is geplaatst rechts van de buitenkast.

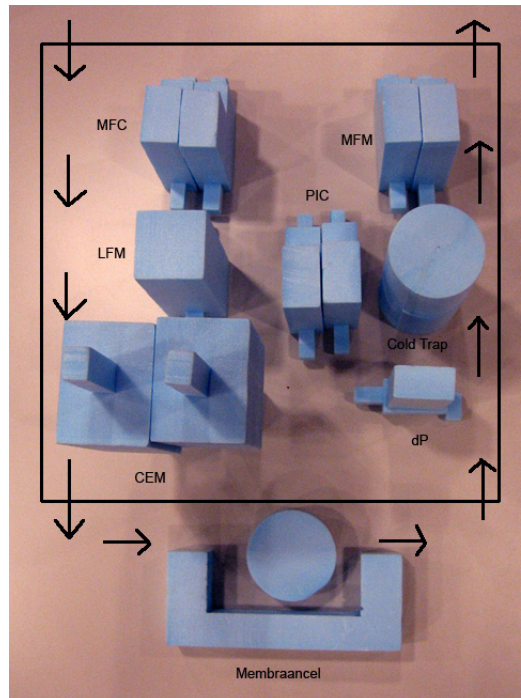


Figuur 31. Ontwerp 4

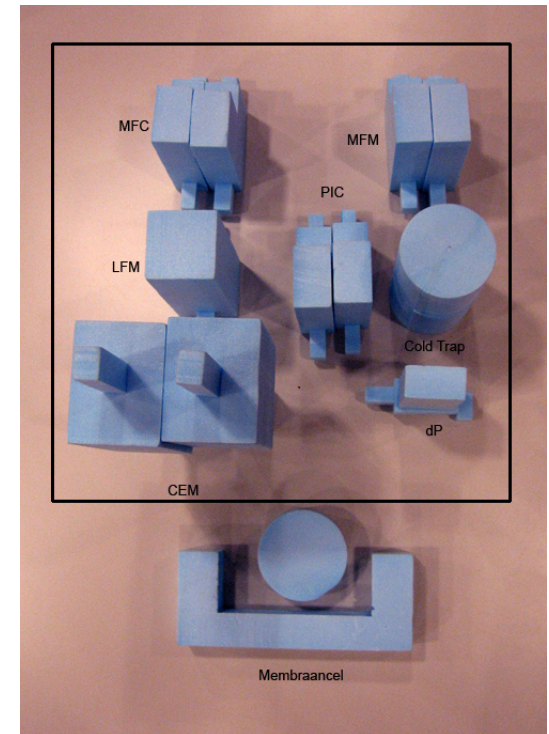
Deze ideeën zijn voorgelegd aan de gebruiker die veel werkt met de permporometer. Deze gebruiker weet veel van de opstelling af en kan goed helpen bij het bepalen van de opstelling. Een brainstormsessie met hem heeft ertoe geleid dat het ontwerp waarbij gebruik gemaakt wordt van ruimte en diepte het meest doeltreffend zijn voor de doelen die zijn gesteld voor dit apparaat. Namelijk een zo compact mogelijke

opstelling die gemakkelijk in gebruik en onderhoud is. Het ontwerp is na deze brainstormsessie verfijnd naar het ontwerp in figuur 32.

De verfijning is vooral terug te vinden in de volgorde van de onderdelen, deze volgorde voorkomt een netwerk van draden en buizen. De onderdelen staan zodanig geordend dat de stroming van de gassen achterin begint en vervolgens links door de onderdelen stroomt in logische volgorde van achteren naar voren. Daar gaat de gasstroom de membraancel in en uit. De pijlen in figuur 33 illustreren deze gasstroom.



Figuur 33. Pijlen van de gasstroom



Figuur 32. Verfijnde opstelling

De conclusie van de brainstorm van de binnenkant van het ontwerp is dat er gebruik gemaakt moet worden van de diepte die aanwezig is op een labtafel, en de hoogte. Er wordt uitgegaan van een labtafel van 700 mm diep en 700 mm hoog, deze waarden kunnen echter variëren tot een maximum van 900 mm. De hoogte is gebaseerd op aanwezige apparaten in het lab.

Een tweede conclusie is dat de volgorde van de onderdelen zo logisch mogelijk moeten worden ingedeeld. Hierdoor wordt een netwerk van draden en buizen voorkomen.

Binnenkant Conceptvorming

Met de gegevens van de hierboven beschreven conclusie is er verder gegaan met het ontwerp van de opstelling. De onderstaande ontwerpen zijn voortgekomen uit de ideeën van de voorgaande brainstormsessie.

Concept 1

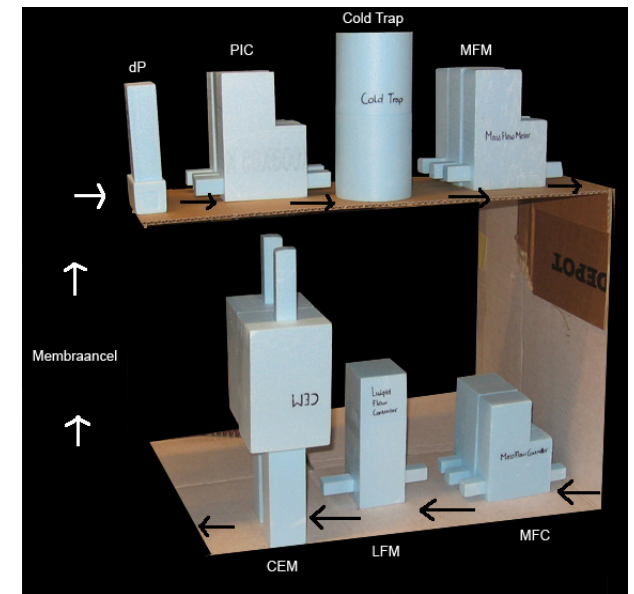
Het eerste concept, figuur 34, maakt gebruik van twee lagen. De twee lagen zorgen ervoor dat een smal ontwerp ontstaat dat gebruik maakt van de hoogte en de diepte. De ingangen van de gasen naar de Mass Flow Meters en de Liquiflowmeter beginnen onderin aan achterkant. Het gas loopt door naar voren toe waar het via de CEM buiten het apparaat de membraancel ingaat (deze is niet op het plaatje aanwezig). Als de gasen de membraancel verlaten komen de gasen aan de bovenkant via de cold

trap, en de drukregelaars het apparaat binnen en verlaten deze via de resterende onderdelen aan de achterkant bovenaan in het ontwerp. Het voordeel van dit ontwerp is dat het maximaal gebruik maakt van de hoogte en de diepte met als gevolg dat het een smal ontwerp is en dus weinig ruimte in het lab inneemt. Daarnaast is er veel ruimte beschikbaar voor de onderhoudsmonteur als dat nodig is. Meer ruimte kan gecreëerd worden als de tweede verdieping verwijderd kan worden, zodat de onderste verdieping gemakkelijk te bereiken is. Dit laatste kan een zwak punt zijn van dit ontwerp, omdat het waarschijnlijk lastig zal zijn om een verdieping te verwijderen aangezien de gehele opstelling door middel van buizen met elkaar verbonden is.

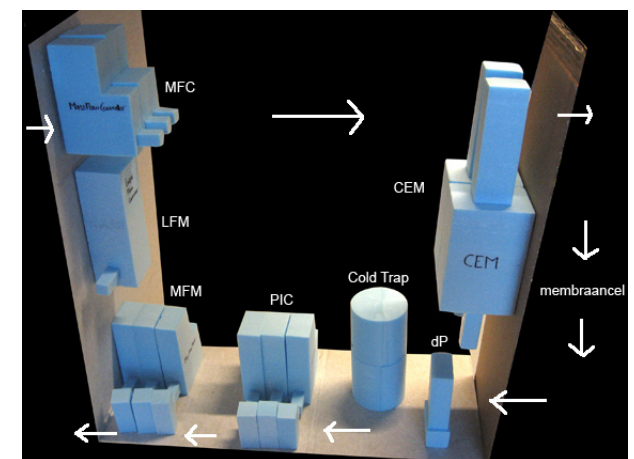
Concept 2

Het tweede concept, figuur 35, maakt gebruik van de hoogte en diepte door de achter- en de voorwand als steun van de verschillende onderdelen te gebruiken. Ook hierbij begint de gasstroom bovenin aan de achterkant. Buizen zullen dan direct naar de voorkant gaan de CEM in die vervolgens een gasstroom de membraancel instuurt. De gasstroom die de membraancel weer uitgaat gaat onderin het apparaat weer naar binnen om vervolgens aan de achterkant weer naar buiten het apparaat te gaan.

Dit ontwerp heeft als voordeel dat vooral in het midden veel ruimte is. Dit betekent dat een onderhoudsmonteur goed bij elk onderdeel kan.



Figuur 34. Concept 1



Figuur 35. Concept 2

3. Ontwerpfase

Buizen die van achterin het apparaat naar voren gaan zullen deze ruimte enigszins belemmeren, maar nog steeds is veel ruimte over voor de onderhoudsmonteur. Doordat veel gewicht hangt aan de zijkanten van het apparaat is het belangrijk dat een stevige constructie van de buitenkast ontworpen wordt.

Concept 3

Het derde concept, figuur 36, lijkt het meest op het ontwerp ontstaan uit de brainstormsessie met de ervaringsdeskundige. Hierbij is de positie van de verschillende onderdelen ongeveer hetzelfde. Geprobeerd is om hier vanaf de binnenkant veel ruimte te creëren door een duidelijke scheiding aan te brengen in de rechterkant en de linkerkant. In het midden is voldoende ruimte aanwezig om met een volwassen hand met werktuigen zoals een sleutel aan de slag te gaan. Ook in de hoogte is er voldoende ruimte aanwezig. Dit ontwerp geeft de meeste ruimte voor een onderhoudsmonteur die van bijna alle kanten elk onderdeel bereiken kan. Doordat niet optimaal gebruik is gemaakt van de hoogte is het ontwerp breder dan de vorige twee concepten. Een oplossing kan gevonden worden door de computer niet naast het apparaat te zetten, maar op het apparaat.

Keuze

De keuze voor het beste concept wordt gemaakt aan de hand van de keuze van de opdrachtgever, een deskundige op het gebied

van permporometrie en door middel van de toetsing van het programma van eisen. Alle drie de beslissingen zullen even zwaar tellen. Daarnaast speelt bij een gelijke verdeling van de stemmen het gevoel van de ontwerper ook een rol.

Keuze opdrachtgever

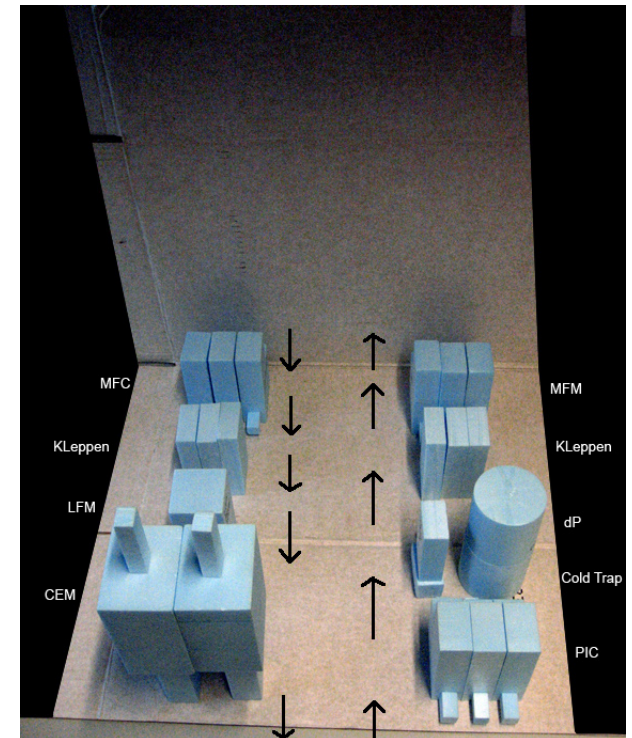
De opdrachtgever heeft aangegeven dat zijn keuze is gevallen op concept 2 waarbij gebruik wordt gemaakt van de voorwand en achterwand. Ten eerste viel concept 3 af, omdat daar de hoogte niet voldoende wordt benut. Concept 1 is afgefallen, omdat concept 1 en 2 hetzelfde idee omvatten door optimaal gebruik te maken van hoogte en diepte, maar concept 2 is simpeler en heeft daarom waarschijnlijk meer kans van slagen in de praktijk.

Keuze deskundige

De keuze van de deskundige neigt naar concept 1, maar geeft ook aan dat concept 2 een kans van slagen heeft. De argumenten van de opdrachtgever hebben de ervaringsdeskundige er van overtuigd toch te kiezen voor concept 2.

Toetsing aan het programma van eisen

In bijlage E staat een tabel waarin de waardes van elke eis die hieronder staan aangegeven, worden verklaard. Voor de binnenkant zijn niet alle eisen van toepassing. De eisen die van toepassing zijn op de opstelling met hun waardes erachter, zijn:



figuur 36. Concept 3

1. Het product moet een levensduur hebben van minimaal 10 jaar, met als voorwaarde dat er elk jaar een onderhoudsmonteur het product heeft nagekeken.

Waarde: 1

2. Alle onderdelen dienen zodanig toegankelijk zijn dat de onderhoudsmonteur overal bij kan zonder het product te beschadigen.

Waarde: 8

3. Er mogen geen onderdelen in het product aanwezig zijn die door middel van smeermiddel onderhoud nodig hebben.

Waarde: 5

4. Het product mag niet meer ruimte innemen dan noodzakelijk.

- Het product mag niet meer ruimte innemen dan de opstelling op dit moment inneemt, dit is ongeveer 0.80 m³.

Waarde: 4

5. De vormgeving van de behuizing mag op geen enkele manier de kwaliteit van het product beïnvloeden.

Waarde: 11

6. De onderdelen die regelmatig gebruikt moeten worden mogen niet boven de 150 mm uitkomen.

Waarde: 3

7. Het product moet werken op een stroomvoorziening van 220 Volt.

Waarde: 5

Elke eis kan een 0, het concept voldoet niet aan

de eis, of een 1, het concept voldoet wel aan de eis, verdienen. Als het concept voldoet aan de eis en dus een waarde 1 krijgt toegeedeeld, dan wordt deze vermenigvuldigd met de waarde die is toegekend aan de eis. Alle waardes kunnen bij elkaar worden opgeteld. Het concept met de grootste waarde wordt beschouwd als het beste concept. De tabel in figuur 37 geeft aan de concept 1 een punten aantal van 29 krijgt ($1+5+4+11+3+5=29$). Concept 2 krijgt 37 punten ($1+8+5+4+11+3+5=37$) en concept 3 krijgt 33 punten ($1+8+5+11+3+5=33$).

	1	2	3	4	5	6	7	
1	1	0	1	1	1	1	1	29
2	1	1	1	1	1	1	1	37
3	1	1	1	0	1	1	1	33

Figuur37. Tabel toetsing PvE

De conclusie die hieruit volgt is dat concept 2 ook door het programma van eisen is verkozen tot de beste keus. Dit betekent dat concept 2 het gekozen concept is.

3.2.3 Buitenkant Buitenkant conceptvorming

Nu een keuze is gemaakt voor het ontwerp van de binnenkant, kan begonnen worden met de bescherming van de binnenkant, de buitenkant. De buitenkant heeft twee hoofdfuncties, namelijk het uitstralen van professionaliteit en het praktisch zijn voor bijvoorbeeld de onder-

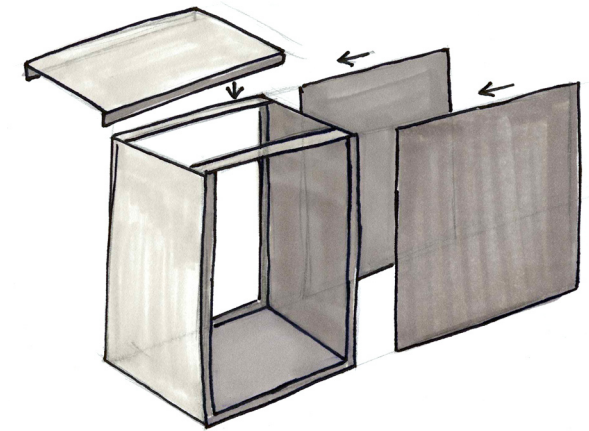
houdsmonteur die binnen een paar tellen bij de binnenkant moet kunnen komen.

Een onderhoudsmonteur moet eerst de buitenkast openen om bij de verschillende onderdelen te kunnen. Het is belangrijk dat dit openen en het na het onderhoud sluiten van de buitenkast een eenvoudige handeling is. Hieronder, in figuur 38, zijn verschillende open en sluit methodes in een spinnenweb te zien. Deze dienen als inspiratie voor het concept ontwerp. De originele schetsen zijn te vinden in bijlage D.

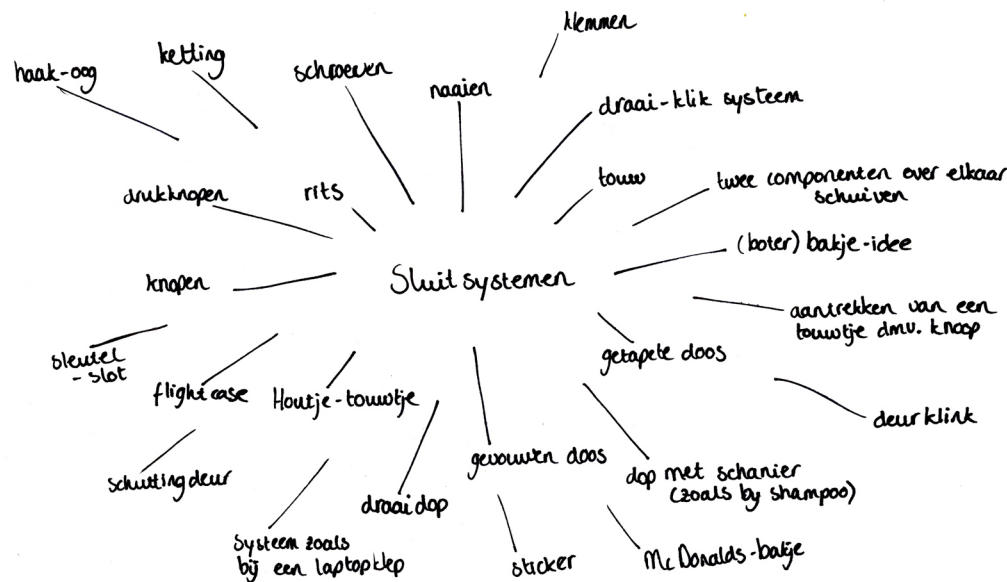
Concept 1

Het eerste concept, figuur 39, is gebaseerd op een computerkast (De originele schetsen zijn te vinden in bijlage D). Daarbij kunnen via

een paar schroefjes de zijkanten verwijderd worden en daarna ook de bovenkant. Waarvoor vanaf beide zijkanten en vanaf de bovenkant de onderdelen te bereiken zijn. Dit geeft enorm veel ruimte voor onderhoud. Doordat een groot deel van de bescherming verwijderd kan worden verdwijnt ook gedeeltelijk de stevigheid. Het is belangrijk dat bij dit concept een goede basisconstructie wordt gebouwd zodat het ontwerp tijdens onderhoud geen schade ondervindt omdat de constructie te zwak zou zijn voor het ontwerp.



Figuur 39. Concept 1 computerkast



Figuur 38. Web van sluitsystemen

Concept 2

Het tweede concept, figuur 40, is gebaseerd op een doos die open en dicht kan door middel van flightcase slotjes, figuur 41. De originele schetsen zijn te vinden in bijlage D. De flightcase slotjes zorgen voor een goede afsluiting van kast en kunnen gemakkelijk met een klik open gemaakt worden. Werktuigen zijn niet nodig om de kast open te maken. Doordat de gehele bovenkant er af gaat is er veel ruimte voor de onderhoudsmonteur. Van alle kanten kan een onderdeel bereikt worden.



Figuur 41. Flightcase slotjes

Keuze

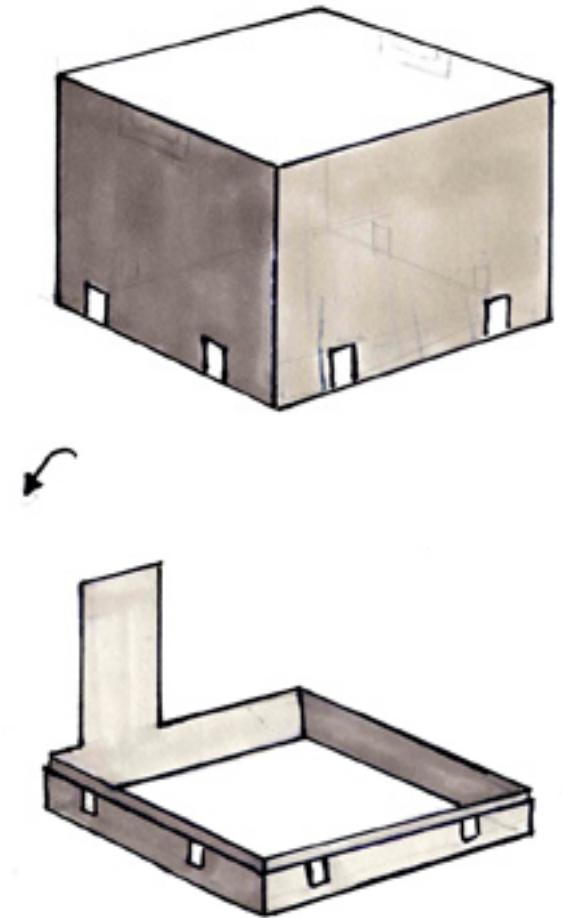
De keuze voor het beste concept wordt gemaakt aan de hand van de keuze van de opdrachtgever, een deskundige op het gebied van permporometrie en door middel van de toetsing aan het programma van eisen. Alle drie de beslissingen zullen even zwaar tellen. Daarnaast speelt bij een gelijke verdeling van de stemmen het gevoel van de ontwerper ook

een rol.

Keuze opdrachtgever en deskundige

Doordat voor de binnenkant de keuze is gevallen op een idee wat gebruik maakt van de zij-kanten is het een logische keus om voor concept 1 te kiezen. Bij concept 2 is het namelijk niet mogelijk om van de zijkanten gebruik te maken. Toch mag concept 2 niet direct afgeschreven worden omdat een aantal veranderingen in het concept het waarschijnlijk toch mogelijk maakt om ook dit idee toe te passen. De voordelen en de nadelen van de twee concepten moeten naast elkaar worden gelegd om een goede keuze te kunnen maken. Het grote voordeel van het doos-concept is dat hiervoor geen werktuigen nodig zijn om hem te openen. Door middel van het openen van de flightcase-slotjes kan de buitenkant gemakkelijk los gekoppeld worden van de binnenkant. Bij het computerkast concept moeten een aantal schroefjes worden losgedraaid om de zijkanten en de bovenkant te kunnen verwijderen. Het voordeel van dit concept is dat het nog steeds met relatief weinig handelingen gemakkelijk geopend kan worden. Daarnaast bestaat het idee van een computerkast al en is dus gebleken dat het concept werkt. Dit laatste heeft de doorslag gegeven om te kiezen voor dit concept.

Natuurlijk moet ook de buitenkant voldoen aan het programma van eisen. De keuze voor



Figuur 40. Concept 2 flightcase

het concept kan door de toetsing aan het pve nog veranderen. Hieronder het vervolg van de toetsing aan het programma van eisen.

Toetsing aan het programma van eisen

Ook bij de buitenkant zijn, net als bij de binnenkant, niet alle eisen van belang. De eisen die van belang zijn, zijn:

- 1 De behuizing moet het product beschermen tegen invloeden van buitenaf.
waarde: 10
- 2 Het product moet een levensduur hebben van minimaal 10 jaar, met als voorwaarde dat er elk jaar een onderhoudsmonteur het product heeft nagekeken.
waarde: 1
- 3 De behuizing moet demonteerbaar zijn.
waarde: 9
- 4 Er mogen geen onderdelen in het product aanwezig zijn die door middel van smeermiddel onderhoud nodig hebben.
waarde: 5
- 5 De vormgeving van de behuizing mag op geen enkele manier de kwaliteit van het product beïnvloeden.
waarde: 11
- 6 Er mogen geen scherpe randen aan de behuizing zitten, zodanig dat deze lichamelijke beschadiging aan de gebruiker kan geven.
waarde: 3
- 7 Er moet een rode noodvoorziening aan-

wezig zijn, op een goed bereikbare plek die het hele systeem in één keer kan uitschakelen.

Waarde: 7

- 8 Het product moet werken op een stroomvoorziening van 220 Volt.

Waarde: 5

- 9 Het product mag niet meer ruimte innemen dan noodzakelijk.

- Het product mag niet meer ruimte innemen dan de opstelling op dit moment inneemt, dit is ongeveer 0.80 m³.

waarde: 4

- 10 De onderdelen die regelmatig gebruikt moeten worden mogen niet boven de 150 mm uitkomen.

Waarde: 3

Ook hier geldt een puntensysteem van 0, het concept voldoet niet aan de eis, en 1, het concept voldoet wel aan de eis. Een verklaring van de waardes die zijn toegekend aan de eis, is te vinden in bijlage E. De tabel ziet er als volgt uit, figuur 42.

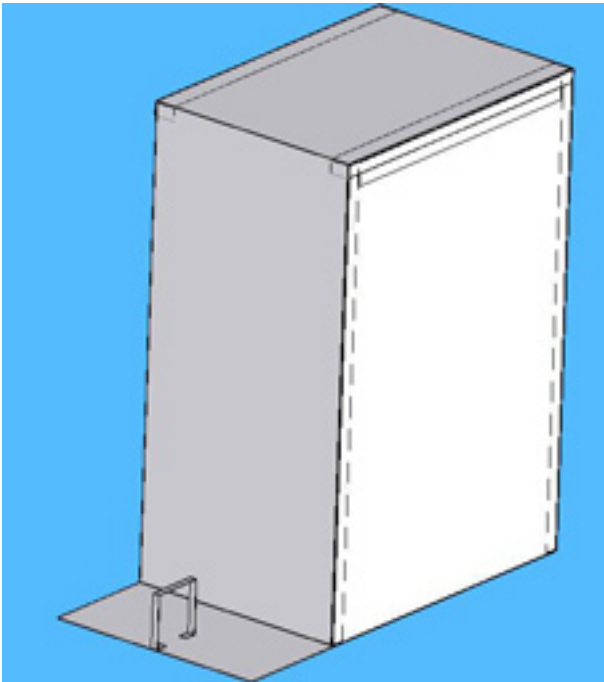
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	51
2	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	51

Figuur 42. Tabel toetsing pve

In de tabel is te zien dat beide concepten gelijk worden beoordeeld volgens het program-

ma van eisen. Aangezien de keuze van de opdrachtgever en de keuze van de deskundige is gevallen op het concept van de computerkast, zal dat het gekozen concept worden.

Dat betekent dus dat er een simpel idee als een computerkast het concept zal worden, die vooral veel gebruik zal maken van hoogte en diepte, te zien in figuur 43. De ruimte wordt gecreëerd in het midden door de meeste onderdelen aan de achterkant en voorkant en onderkant te bevestigen. In het midden houdt een onderhoudsmonteur ruimte genoeg over om bij elk onderdeel te kunnen sleutelen.



Figuur 43. Totaaltekening buitenkast

Hoofdstuk 4

Detailleringfase

In deze fase is begonnen met het ontwerp van een Solid Works model. Het resultaat van de binnenkant is te zien in figuur 44.

Dit hoofdstuk bestaat uit een nauwkeurige beschrijving van alle onderdelen van het apparaat. Om duidelijkheid en overzicht te houden is aan het begin van de detailtering van elk onderdeel het schema weergegeven waarin het betreffende onderdeel is rood gekleurd. Zo kan een beeld worden gevormd waar in het schema over wordt geschreven.

Algemeen

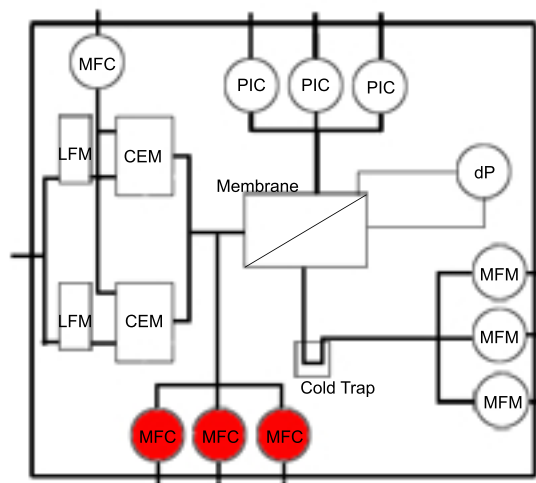
Hieronder worden algemene opmerkingen beschreven die gelden voor het gehele ontwerp, deze hoeven zo niet bij elk onderdeel opnieuw beschreven worden.

- Elk onderdeel bevat een uitgang die gegevens stuurt naar de computer. Deze elektronica wordt niet besproken in de detailtering van elk onderdeel. Bij uitleg over de buitenkast zal hier het een en ander over gezegd worden.
- De buizen die gebruikt worden om alle onderdelen aan elkaar te koppelen om de gasen en vloeistoffen te vervoeren zullen een ¼ inch buizen zijn. Dit is een standaard die gebruikt wordt in vele opstellingen die voorkomen in een laboratorium. Een ander standaard is een 1/8 inch buizen. Het is echter nog niet zeker of deze smallere buizen gebruikt kunnen

worden in deze opstelling. Dit kan pas bepaald worden na testmetingen en deze zijn nog niet uitgevoerd. Om zeker te zijn dat er voldoende ruimte aanwezig is zal er uit gegaan worden van ¼ inch buizen.

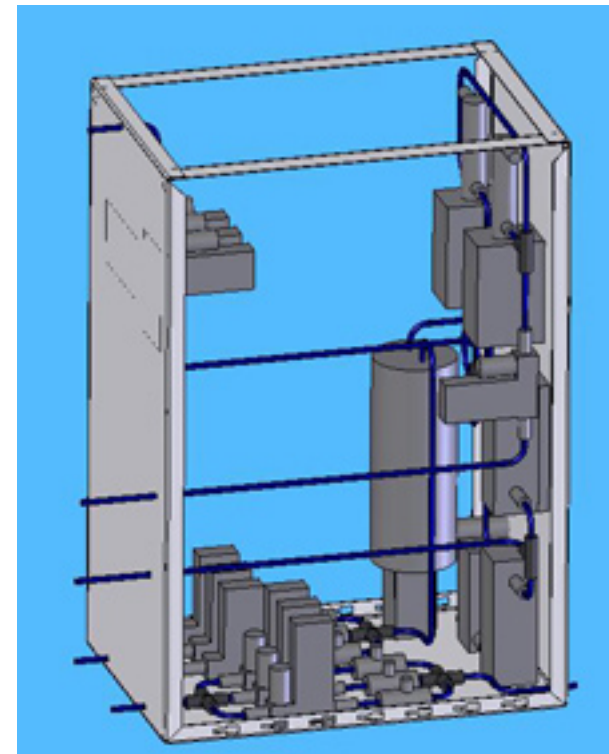
De bochten die de buizen maken hebben een radius van 20 mm. Deze radius is aangenomen naar aanleiding van het meten van de radius die is gebruikt bij de huidige opstelling waar ook gebruik gemaakt wordt van ¼ inch buizen.

4.1 Mass flow controllers (MFC)



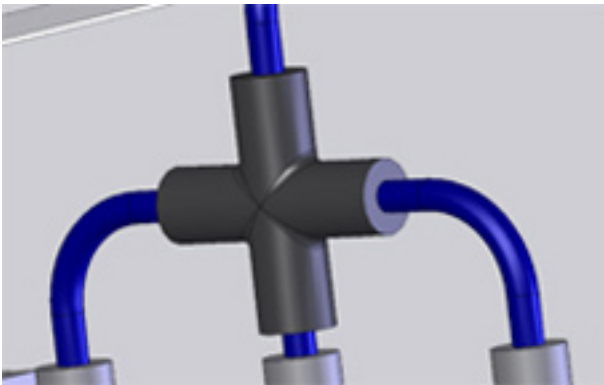
- Levensduur: 10 jaar
- Gewicht: 0.6 kg
- Aantal: 3

Stikstof komt van buitenaf het apparaat binnen. Buiten de kast wordt een soepele leiding



Figuur 44. Solid Works model binnenkant

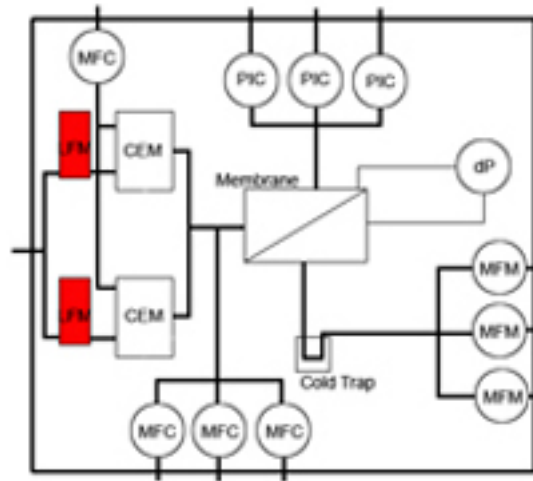
op een ¼ inch buis aangesloten. Deze buis gaat de kast binnen en komt aan bij een koppelstuk, figuur 45. Dit koppelstuk moet er voor zorgen dat de stikstofstroom die binnenkomt verdeeld wordt over drie Mass Flow Meters. Als de stikstof door de Mass Flow Meters is gestroomd zorgt een tweede koppelstuk ervoor dat de stroom weer verder gaat door één buis. Deze buis gaat uiteindelijk richting de uitgang van de CEM.



Figuur 45. koppelstuk

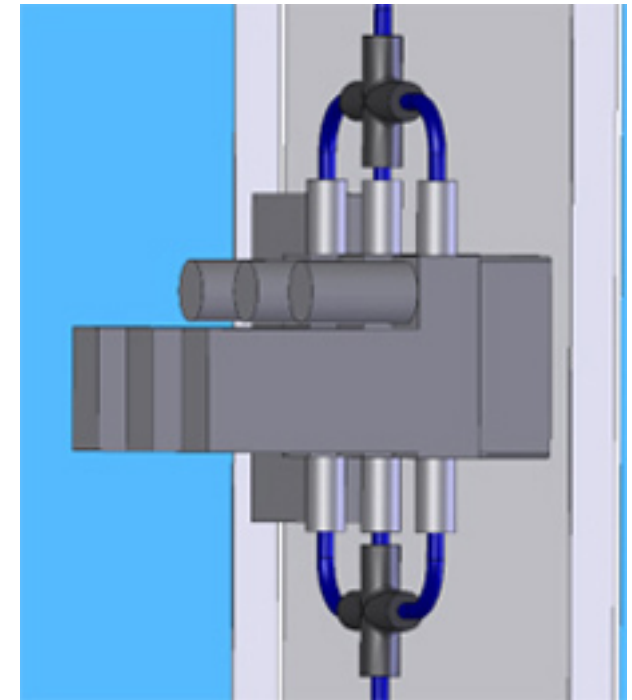
De Mass Flow meters hangen horizontaal in de kast, figuur 46, met de onderkant aan de achterwand. Dit is gedaan om ruimte te besparen in verticale richting. Een verdikking geeft de mogelijkheid om de MFM op de juiste positie te hangen aan de achterwand.

4.2 Liquiflowmeter (LF)

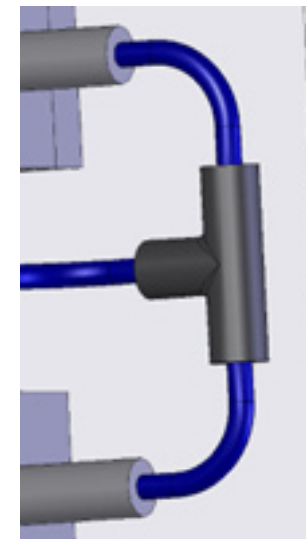


- Levensduur: 10 jaar
- Gewicht: 1.0 kg
- Aantal: 2

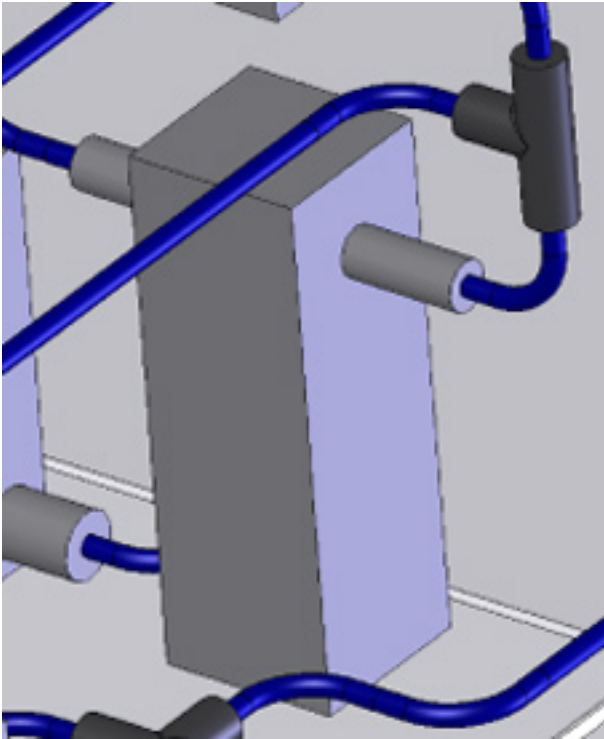
Ethanol komt van buitenaf de kast binnen naar een koppelstuk die de enkele stroom in twee stromen splitst, figuur 47. Via het koppelstuk gaat de ethanol naar de liquiflowmeters, figuur 48 . Er zijn twee LFM aanwezig, voor elke CEM een. De gecontroleerde ethanol die de LFM weer uitkomt gaat naar één van de ingangen van de CEM. Zoals te zien heeft één LFM een verdikking aan de achterkant, zodat deze op de juiste positie bevestigd kan worden aan de voorwand.



Figuur 46. Horizontale MFM

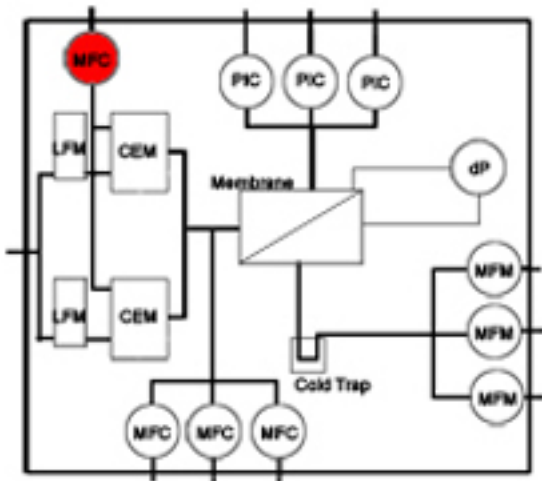


Figuur 47. Koppelstuk



Figuur 48. een LFM

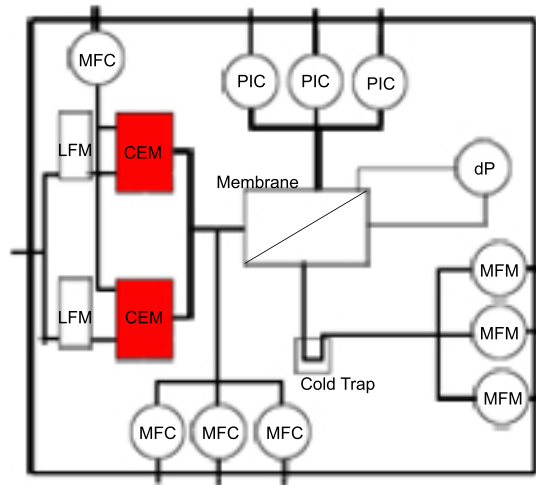
4.3 Mass flow controller (MFC)



- Levensduur: 10 jaar
- Gewicht: 0.6 kg
- Aantal: 1

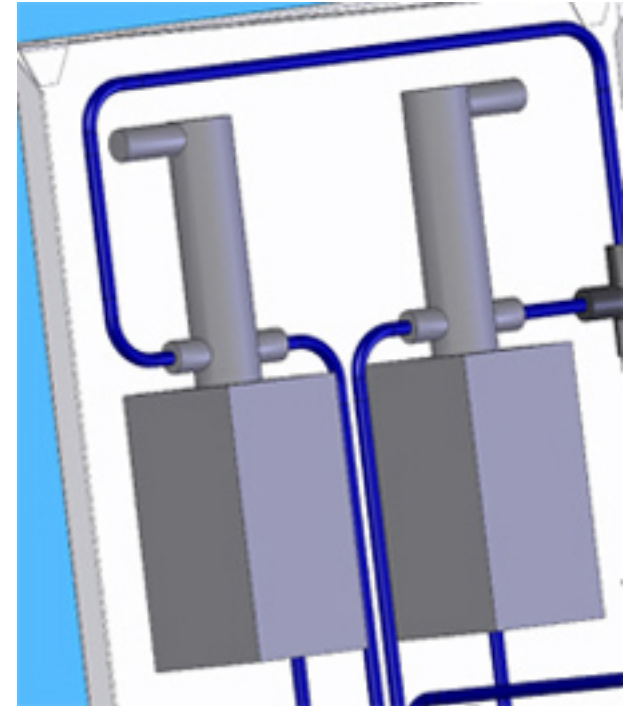
Een derde stroom die het apparaat binnenkomt is eveneens stikstof. Deze komt een Mass Flow meter binnen en gaat via een koppelstuk dat de stroom in tweeën splitst naar de ingang van de CEM.

4.4 Controlled evaporator mixer (CEM)

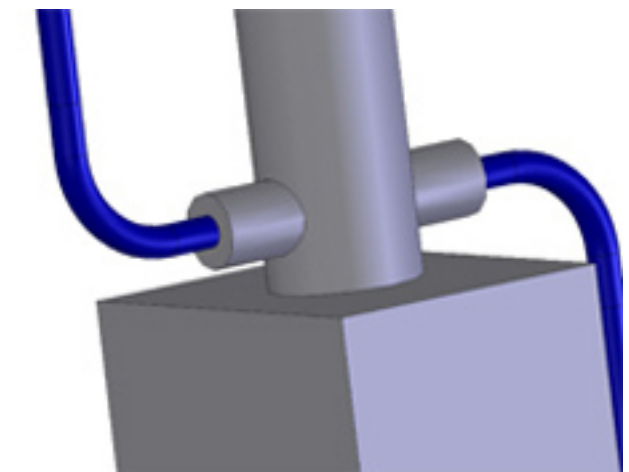


- Levensduur: 10 jaar
- Gewicht: 1.7 kg
- Aantal: 2

De CEM, figuur 49, heeft twee ingangen, figuur 50, en één uitgang. De eerste ingang is de ingang van de stikstof die via de Mass Flow Meter de CEM binnenkomt. De tweede ingang is de ethanol die via een van de liquiflowmeters



Figuur49. 2 CEM

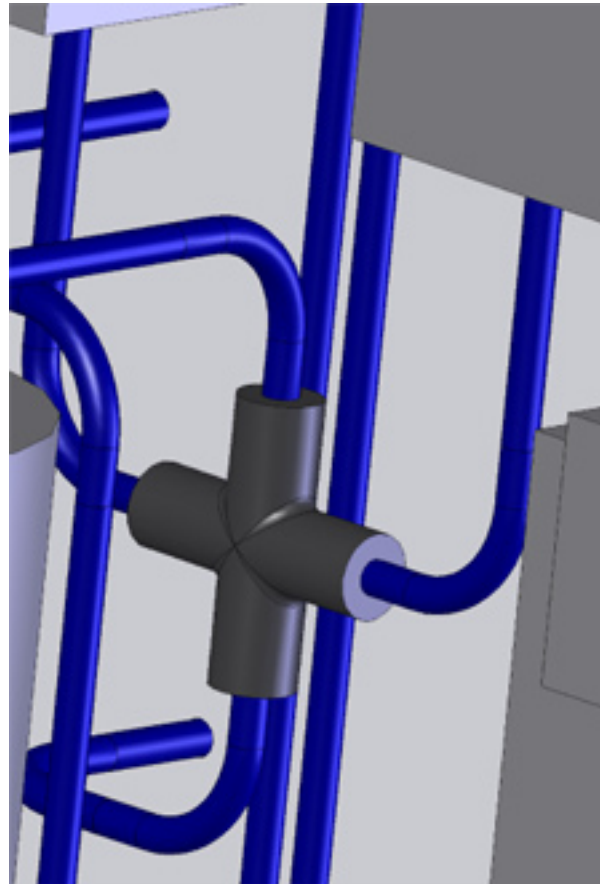
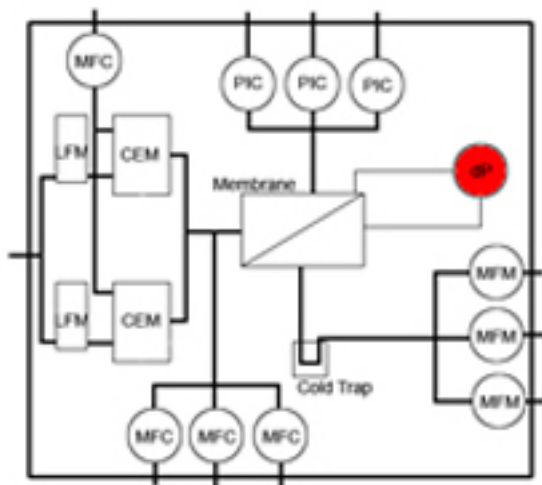


Figuur 50. 2 ingangen CEM

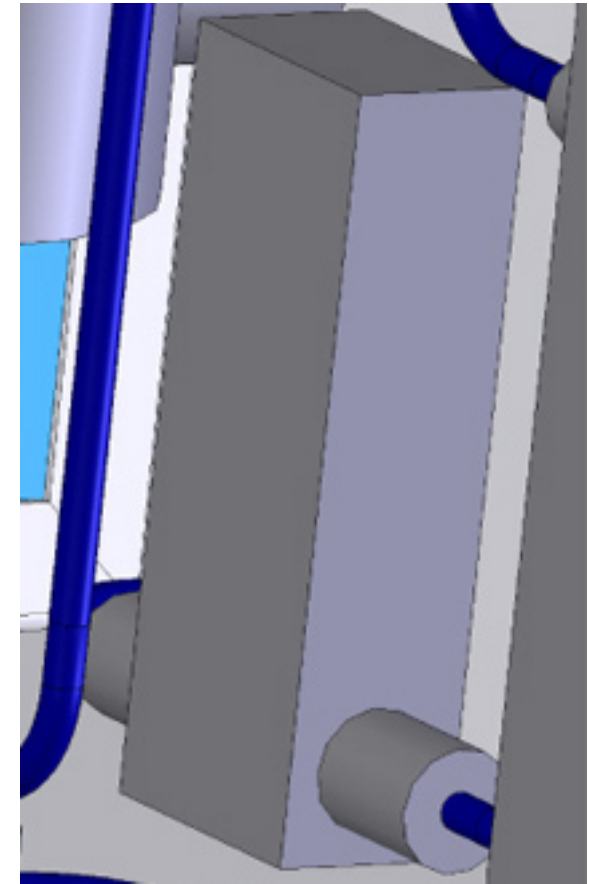
4.Detaileringfase

binnenkomt. Voor een verschillend bereik aan stroming die gewenst is, zijn er twee CEM's aanwezig in de opstelling. In de CEM worden de stoffen gemengd. De gemengde stroom gaat weer naar buiten waar de laatste stroom van de Mass Flow meter aan de stroom wordt toegevoegd. Er gaat één buis naar buiten richting de membraancel, figuur 51.

4.5 Drukverschil meter (dP)



Figuur 51. Koppelstuk

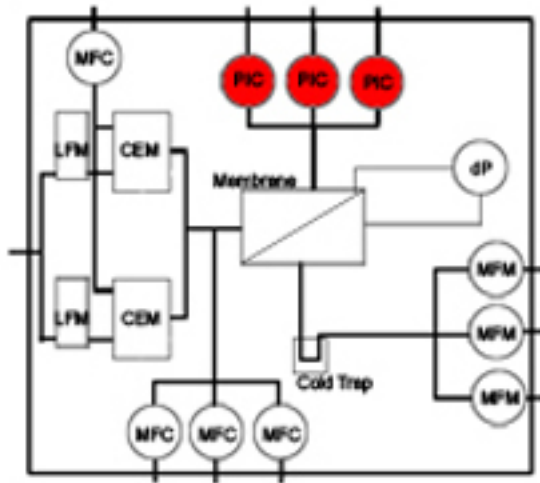


Figuur 52. Drukverschilmeter

- Levensduur: 10 jaar
- Gewicht: 0.2 kg
- Aantal: 1

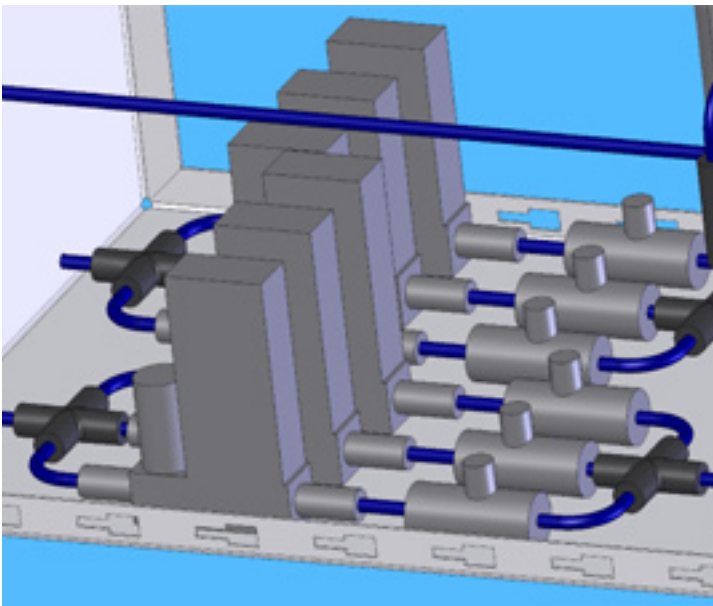
De drukverschilmeter, figuur 52, meet de druk over het membraan. Er gaat een buis richting het membraan en komt aan de bovenkant de membraancel binnen. Aan de onderkant loopt een andere buis de membraancel weer uit richting de drukverschilmeter.

4.6 Drukcontollers (PIC)

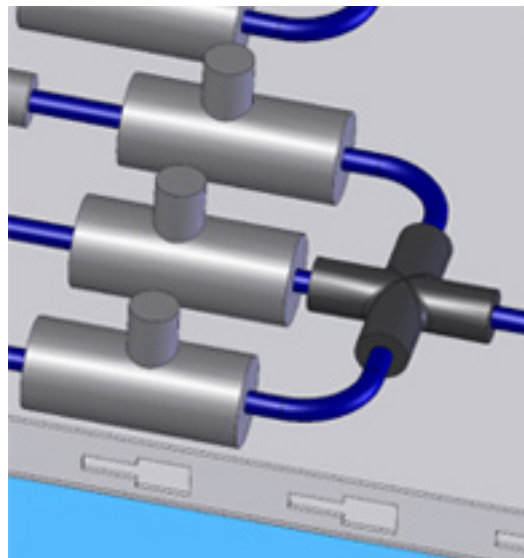


Vanuit het membraan gaat een stroom via een koppelstuk dat de stroom in drieën splitst richting de drukcontrollers, figuur 53. Na het koppelstuk zorgen kleppen, figuur 54, ervoor dat de juiste drukcontroller gebruikt zal worden om de aanwezige druk te controleren. Aan de andere kant gaat de samengekoppelde stroom naar buiten via de kast.

- Levensduur: 10 jaar
- Gewicht: 0.7 kg
- Aantal: 3

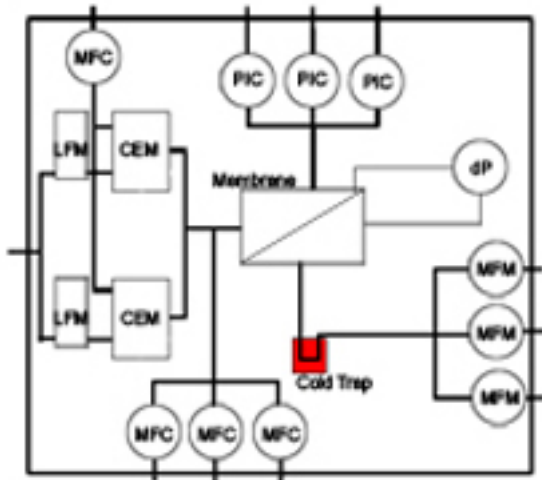


Figuur 53. drukcontrollers



Figuur 54. Elektrische kleppen

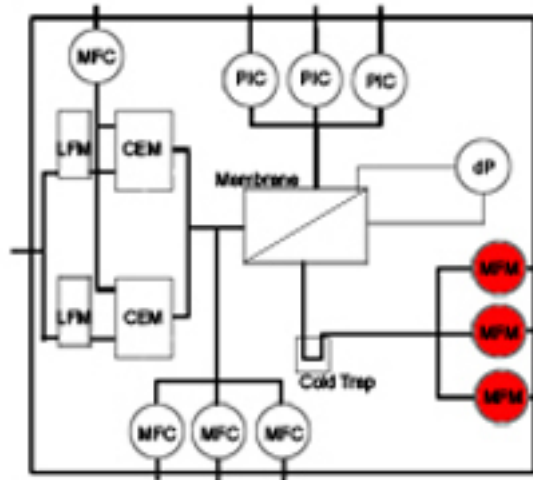
4.7 Cold trap



- Levensduur: 10 jaar
- Gewicht: +/- 0.5 kg
- Aantal: 1

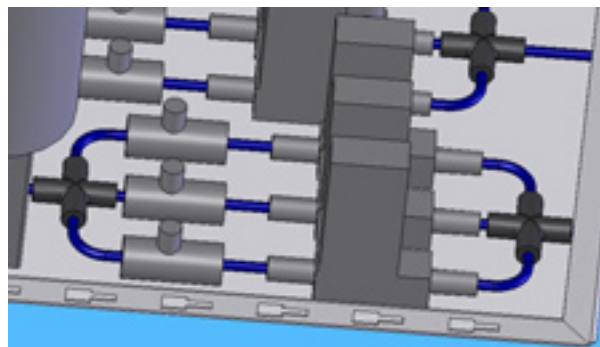
De laatste stroom die het de membraancel uitkomt is de stroom die via de coldtrap, figuur 55, richting de massflowmeter naar buiten gaat. Via ¼ inch buizen gaat de stroom de coldtrap binnen. De ethanol wordt hier gecondenseerd en blijft achter in de coldtrap. De stikstof stroomt verder door de ¼ inch buizen richting de massflowmeters. De condens die is achtergebleven in de cold trap kan aan de buitenkant worden afgetapt. De coldtrap wordt ondersteund door een houder zodat de coldtrap 100 mm van de grond af is. Zo kan buiten de kast de ethanol worden afgetapt.

4.8 Mass flow meters (MFM)

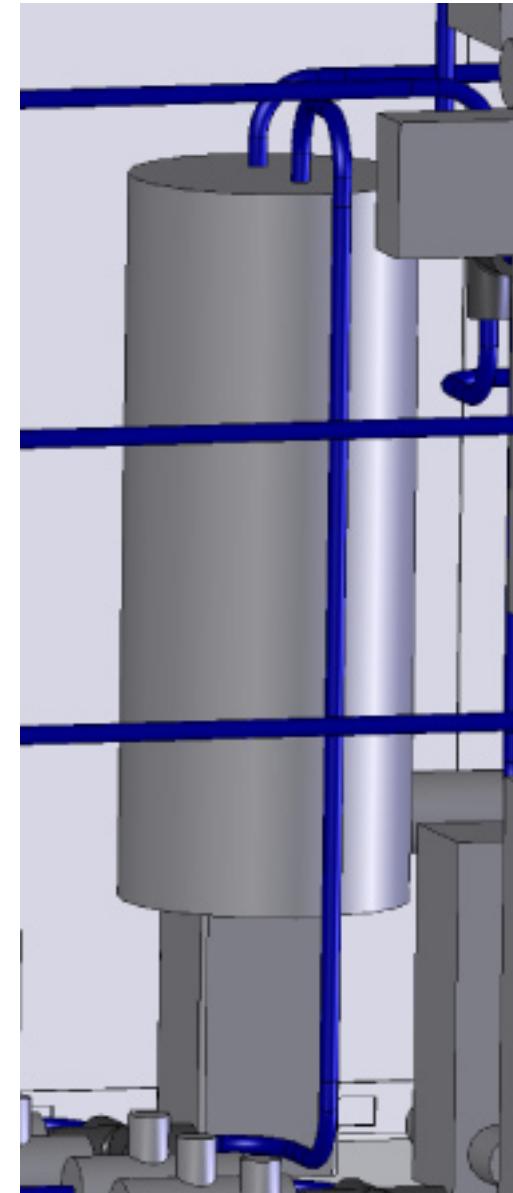


- Levensduur: 10 jaar
- Gewicht: 0.6 kg
- Aantal: 3

De stroom die uit de coldtrap komt gaat een koppelstuk in die de stroom weer in drieën opdeelt. De stroom uit de koppelstukken gaat via elektrische kleppen naar een van de drie mass flow meters, figuur 56. Deze meten de stikstof stroom. De stroom wordt weer naar buiten vervoerd door de buitenkast heen.



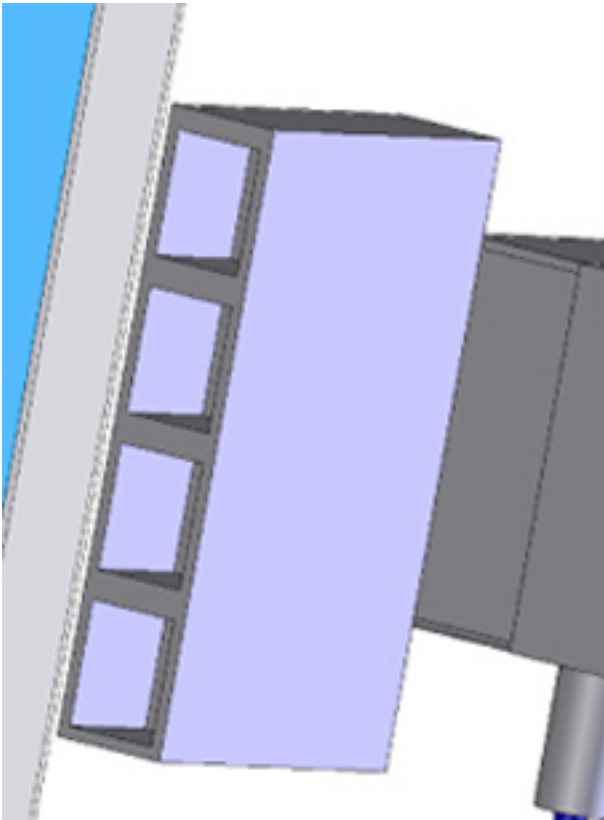
Figuur 56. Mass Flow Meters (MFM)



Figuur 55. Cold Trap

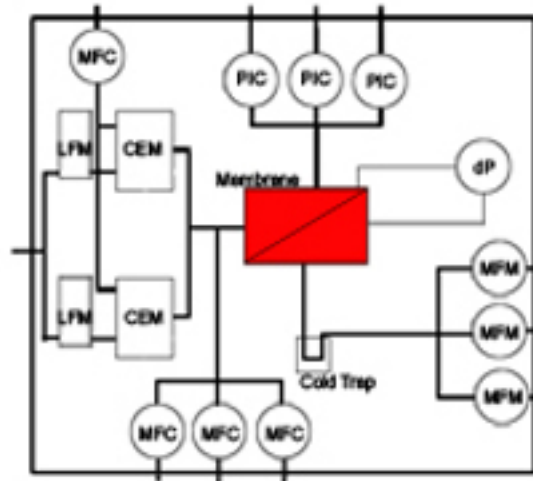
4.9 Hub

Alle onderdelen die hierboven zijn besproken hebben een extra uitgang die naar de computer moet worden gestuurd. In de hub, figuur 57, kunnen deze kabels worden ingeplugd en komt er één kabel weer uit die alle informatie bevat voor de computer. Aan de zijkant van het ontwerp van de buitenkast is 20 millimeter ruimte overgehouden om de kabels langs te voeren richting de hub. De hub is een van de onderdelen die niet in het schema is opgenomen.



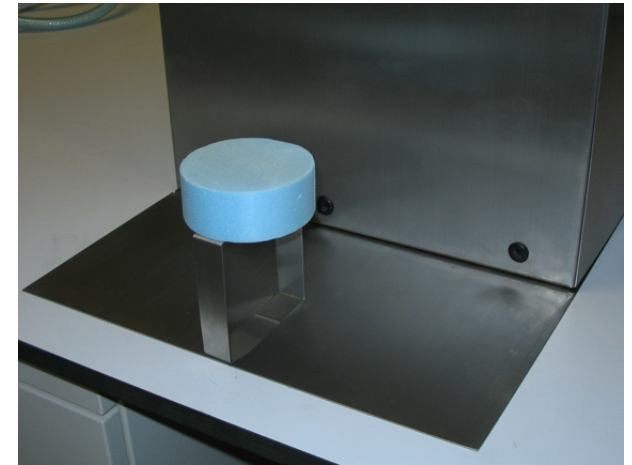
Figuur 57. Hub

4.10 Membraancel



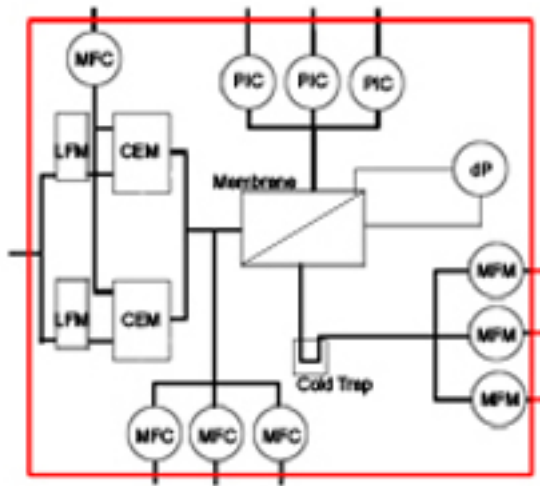
- Levensduur: 15 jaar
- Gewicht: 1.2 kg
- Aantal: 1

De membraancel bevindt zich buiten de behuizing, zie figuur 58. Het heeft drie ingangen afkomstig van de CEM, de dP en PIC en twee uitgangen naar de cold trap en de dP. De membraancel is het centrum van het apparaat en zal zich ook buiten het apparaat bevinden.



Figuur 58. Membraancel

4.11 Buitenkast

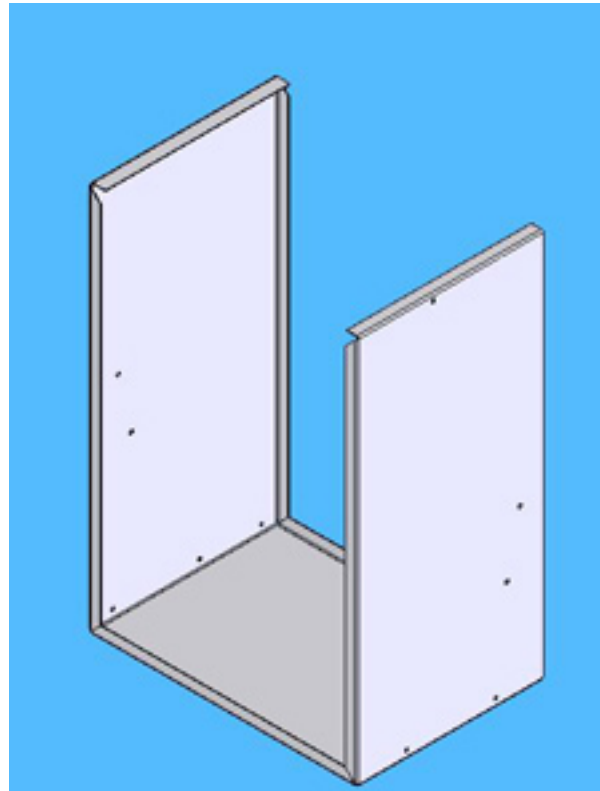


De buitenkast is te zien in figuur 59. De buitenkast is opgebouwd uit 5 onderdelen, de basis, de 2 zijwanden, de bovenplaat en de onderplaat. Hieronder zal elk onderdeel in detail besproken worden.

Basis

De basis is een U-vorm die dient als de voor-, achter- en onderkant van de buitenkast, zoals te zien is in figuur 60. Doordat verschillende stoffen door een $\frac{1}{4}$ inch buizen de kast binnenkomen zijn er in de voor- en achterkant gaten aanwezig. De positie van de gaten is bepaald aan de hand van de positie van de onderdelen van de opstelling. Deze positie van de gaten zijn te zien in figuur 61. In bijlage F kun je de maten van de gaten bekijken. In deze figuur zijn wel de afmetingen van de basis aangegeven.

De basis krijgt door middel van het omvouwen van de plaat zijn vorm.

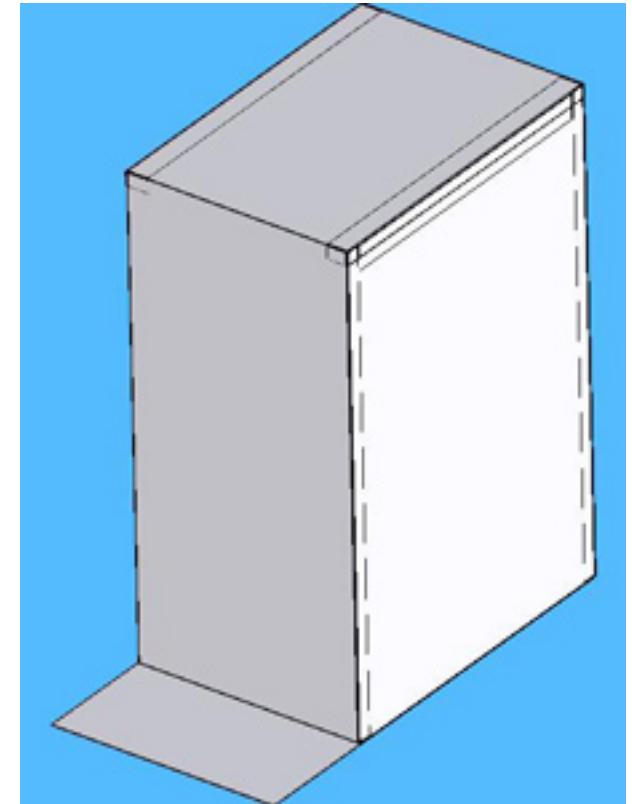


Figuur 60. U-Vorm

Zijwanden

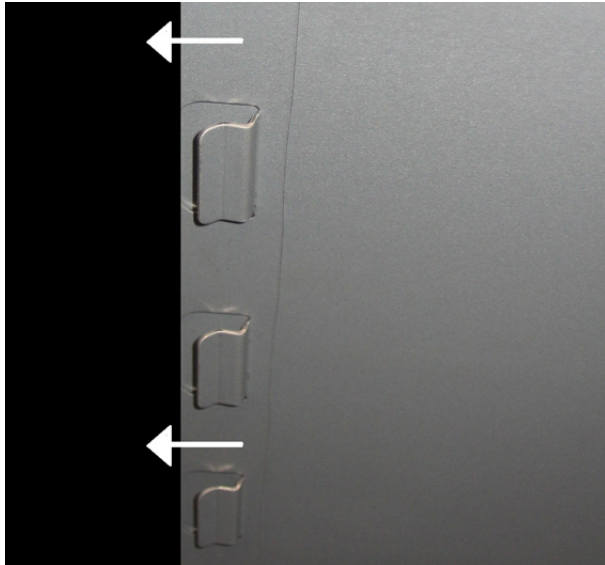
Links en rechts komen er zijwanden die worden bevestigd aan de basis door de zijwanden aan de basis vast te schuiven. Aan de binnenkant van de zijwanden zitten profieltjes die zich klemmen om de basis, in figuur 62 wordt dit duidelijk. Aan de achterkant valt de zijkant om de achterkant heen en worden vastgezet met kleine schroefjes.

Aan de bovenkant van de zijwanden zitten ver-



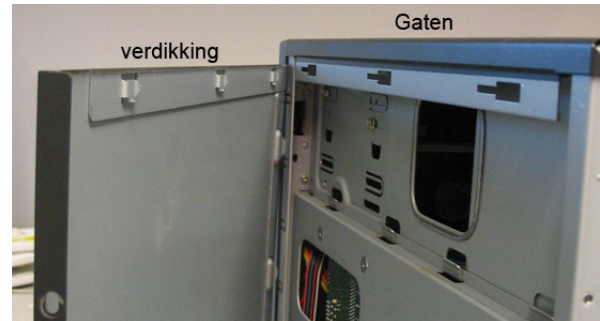
Figuur 59. De buitenkast

dikkingen aan de binnenkant die precies passen in de gaten die zijn aangebracht in de bovenplaat. Door de plaat naar achteren te schuiven vallen deze verdikking achter een versmalling in de gaten, waardoor de zijwanden niet meer



Figuur 62. Profieltjes klemmen zich om basis

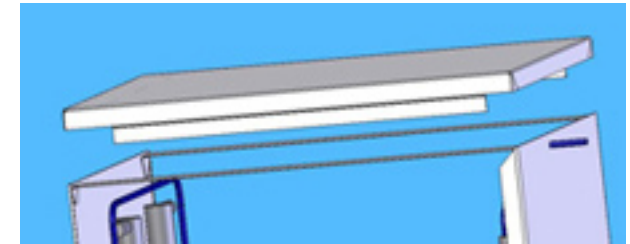
naar binnen of naar buiten kunnen vallen. In figuur 63 wordt dit systeem duidelijk.



Figuur 63. Schuifstelsysteem

Bovenplaat

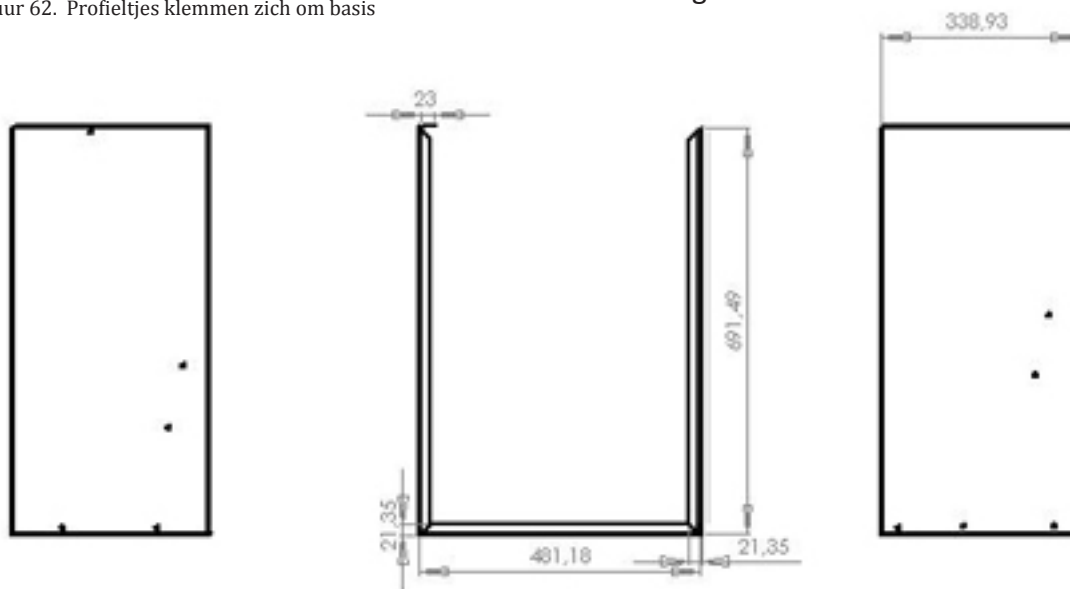
De bovenkant wordt afgedekt met een bovenplaat. Deze krijgt zijn positie, doordat deze 20 mm over de achterkant valt, figuur 64. Hier wordt de bovenplaat vastgezet met schroefjes. In figuur 65 zijn de gaten te zien waarin de zijwanden zich schuiven om stevigheid te krijgen.



Figuur 64. Bovenplaat



Figuur 65. Bovenplaat met gaten



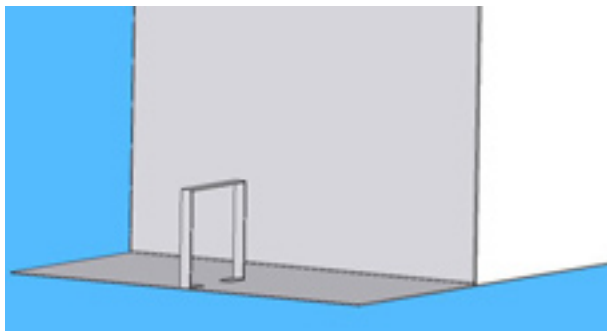
Figuur 61. Bemating

Als de opstelling onderhoud nodig heeft zullen de zijwanden en de bovenkant verwijderd moeten worden. Dit betekent dat de kast zijn stevigheid verliest. Daarom zitten er aan de bovenkant links en rechts twee steunbalken. Omdat elk onderdeel van de opstelling een redelijk gewicht heeft, zijn twee steunbalken misschien niet voldoende. Er creëert zich namelijk een moment waardoor de kast zijn stevigheid verliest. In figuur 66 is dit effect weergegeven in een tekening. Om dit moment tegen te gaan zit er in het midden een v-profiel aan de voor- en achterkant die extra stevigheid geeft.

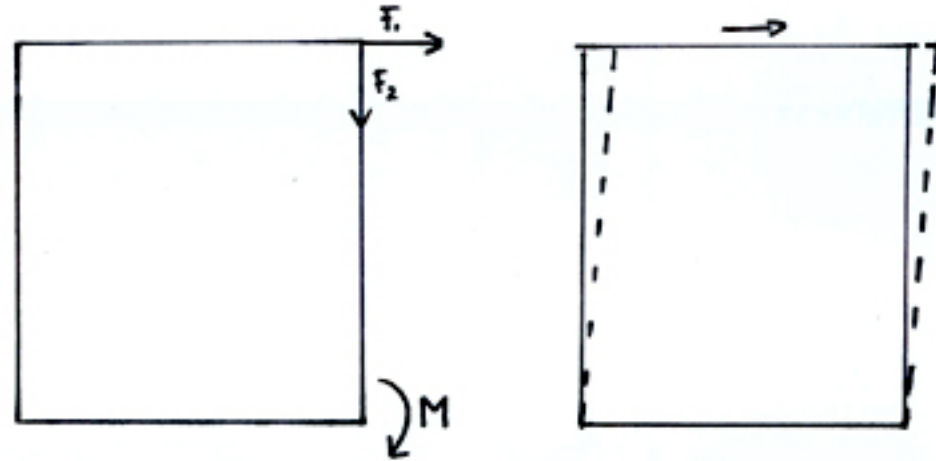
De keuze voor het materiaal is gevallen op RVS. Dit materiaal geeft stevigheid aan de kast en door dit RVS op te schuren creëert zich een effect dat kwaliteit en luxe uitstraalt.

Onderplaat

De onderplaat is aanwezig om de houder op te plaatsen. Dit is te zien in figuur 67. Om een gelijke ondergrond te hebben is de onderplaat tot aan achteren toe doorgetrokken. De onderplaat wordt door middel van lassen aan de basis vastgemaakt.



Figuur 67. Houder voor kast



Figuur 66, Een moment wordt veroorzaakt

Hoofdstuk 5

Evaluatie

In het laatste hoofdstuk wordt het ontwerp geëvalueerd. Alle eisen en wensen worden eerst stuk voor stuk geëvalueerd. Vervolgens beoordelen verschillende personen aan de hand van een prototype, figuur 68, wat de sterke en de zwakke punten zijn van het ontwerp en waar verbeteringen nodig zijn.



figuur 68 Prototype

5.1 Programma van Eisen

Eisen

1 *De behuizing moet het product beschermen tegen invloeden van buitenaf.*

- *De behuizing moet ervoor zorgen dat de opstelling tijdens transport met een vliegtuig, boot, vrachtauto of auto op geen enkele manier schade ondervindt.*

- *De behuizing moet ervoor zorgen dat er geen vloeistoffen het product binnen kunnen dringen, zodat deze de werking en de kwaliteit van het product beschadigen.*

De keuze van het eenvoudige ontwerp van een computerkast als behuizing, heeft gezorgd voor een stevig ontwerp wat een goede bescherming biedt voor alle onderdelen van de opstelling. Dit ontwerp kan stoten en druk van buitenaf verdragen. De keuze van roestvrij staal versterkt dit effect.

De punten waarop gevouwen zijdes samenkomen kunnen nog worden verbeterd, omdat op deze punten de kast nog niet waterdicht is. Door bijvoorbeeld op deze punten een las te leggen kunnen ook deze punten waterdicht worden gemaakt.

2 *Het product moet een levensduur hebben van ongeveer 10 jaar, met als voorwaarde dat er elk jaar een onderhoudsmonteur het product heeft nagekeken.*

Elk onderdeel van de opstelling heeft een levensduur van langer dan 10 jaar. Ook de roestvrij stalen behuizing kan zonder twijfel langer

dan 10 jaar mee. Daarbij geldt natuurlijk wel een normale behandeling van het apparaat, zoals elk ander analyse apparaat wordt behandeld. Dat betekent dat er metingen worden uitgevoerd waarbij bij de permporometer alleen het gedeelte van de membraancel wordt gebruikt. Indien nodig wordt er onderhoud gepleegd.

3 De behuizing moet demonteerbaar zijn.

Het idee van de computerkast voor de behuizing zorgt ervoor dat zowel de twee zijkanten als de bovenkant snel en eenvoudig van de kast verwijderd kunnen worden. Door het schuifstelsel en de schroefjes aan de achterkant kan deze ook snel en eenvoudig weer in elkaar worden gezet. De behuizing is dus demonteerbaar.

4 Alle onderdelen behoeven zodanig te bereiken zijn dat de onderhoudsmonteur overal bij kan zonder het product te beschadigen.

Er is bij het ontwerp van de opstelling rekening gehouden met onderhoud. De verdeling van de opstelling binnenin de behuizing zorgt voor een groot ruimtegebied waar de onderhoudsmonteur vrijheid heeft om te bewegen. De praktijk moet uitwijzen of deze ruimte voldoende is voor elk onderdeel in de opstelling.

5 Er mogen geen onderdelen in het product aanwezig zijn die door middel van smeermiddel onderhoud nodig hebben.

Er is geen enkel onderdeel aanwezig die smering nodig heeft voor onderhoud.

6 De vormgeving van de behuizing mag op geen enkele manier de kwaliteit van het product beïnvloeden.

Er is gekozen voor een vierkante kast aangezien daarbij optimaal gebruik wordt gemaakt van de beschikbare ruimte. Deze beïnvloedt op geen enkele manier de kwaliteit van de opstelling.

7 Er mogen geen scherpe randen aan de behuizing zitten, zodanig dat deze lichamelijke beschadiging aan de mens kan geven.

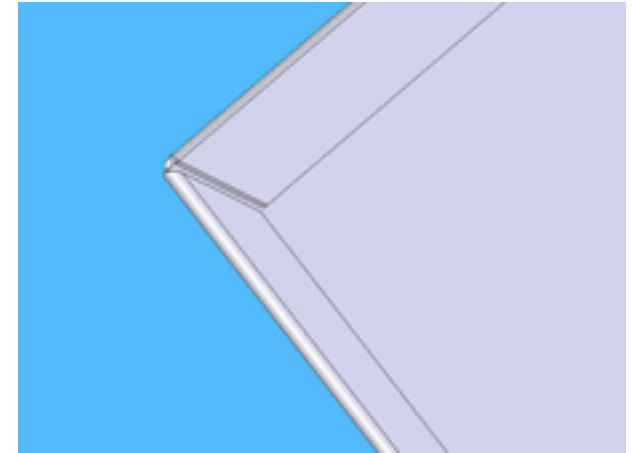
De roestvrij stalen behuizing zorgt voor randen die scherp kunnen zijn, ook al zijn deze afgebraamd en geschuurd. Een oplossing is het omvouwen van randen, zoals te zien in figuur 69.

8 Er moet een rode noodvoorziening aanwezig zijn op een goed bereikbare plek die alles in een keer kan uitschakelen.

De noodvoorziening is in het ontwerp niet op de kast gekomen. Wettelijk gezien is het echter onmogelijk om deze weg te laten in het ontwerp. Op de voorkant is voldoende ruimte aanwezig om deze voorziening alsnog toe te voegen.

9 Het product moet werken op een stroomvoorziening van 220 Volt.

Alle onderdelen van de opstelling werken op een stroomvoorziening van 220 Volt.



Figuur 69. Een oplossing om scherpe randen te voorkomen

Wensen

10 *Het product mag niet meer ruimte innemen dan noodzakelijk*

- *Het product mag niet meer ruimte innemen dan de opstelling op dit moment inneemt, dit is ongeveer 0.80 m³.*

De behuizing neemt 0.15 m³ in beslag. Er wordt dus ruim voldaan aan de wens van een ruimte inname van minder dan 0.8 m³.

11 *De onderdelen die regelmatig gebruikt moeten worden mogen niet boven de 150 mm uitkomen.*

De membraancel en de uitgang van de Cold Trap zitten op een hoogte van 107 mm als het apparaat op een labtafel staat. Dit is dus onder de maat van 150 mm.

Aan de meeste eisen en wensen is voldaan. Echter aan een essentiële eis, namelijk het aanwezig zijn van rode noodvoorziening, is nog niet voldaan. Het is zeer belangrijk dat dit verder wordt ontwikkeld in de verdere verfijning van het ontwerp. Bovendien moet er goed nagedacht worden over een oplossing om scherpe randen te voorkomen.

5.2 Gebruikers

Compactheid

Er is goed gebruik gemaakt van ruimte. In vergelijking met de oude opstelling is dit ontwerp een hele vooruitgang. Alle onderdelen zouden

compacter in de ruimte kunnen worden geplaatst, maar dan zullen de onderdelen niet meer voldoende bereikbaar zijn voor onderhoud. Daarnaast is het niet noodzakelijk om het ontwerp kleiner te maken. Het is mogelijk dat er nog meer onderdelen in de opstelling moeten worden geplaatst, maar aangezien er veel lege ruimte is, gaat dit geen probleem vormen.

Gebruiksgemak

Gebruiksgemak kan verbeterd worden door de koppelstukken, figuur 70, die aan de membraancel worden gekoppeld vast te zetten. Op deze manier kan de membraancel met gemak gepositioneerd worden. Een andere verbetering is om de leidingen aan de zijkant van de membraancel te plaatsen in plaats van bovenop de membraancel, zodat met een ratel gewerkt kan worden in plaats van met een sleutel.

De hoogte van de membraancel is op werkbankhoogte. Dit is dus een juiste hoogte om te werken.

Bescherming

De roestvrij stalen behuizing biedt voldoende bescherming voor de onderdelen. Ook aan de binnenkant is alles, behalve de cold trap, robuust en kan de opstelling tegen een stootje. De koude val zou tijdens vervoer apart getransporteerd kunnen worden om zeker te zijn dat deze geen schade ondervindt.



Figuur 70. Koppelsukken

Onderhoudsgemak

Elk onderdeel is goed te bereiken. Door de onderdelen op een frame te plaatsen kan elk onderdeel vervangen worden.

De opstelling moet niet compacter, omdat dan de ruimte die nodig is om te sleutelen verdwijnt. Vooral aan de voorkant moeten de onderdelen niet compacter worden gepositioneerd.

Vormgeving

De kast is van buiten strak, compact en robuust vormgegeven. Van binnen is de indeling heel logisch en overzichtelijk. Omdat er nog veel ruimte is aan de voorzijde van het apparaat, is het misschien verstandig om een uitleg van de werking van het apparaat op de voorkant in een schema weer te geven. Zo kan een buitenstaander direct zien hoe het apparaat werkt.

Om het apparaat te kunnen verkopen is het belangrijk dat het gedeelte van de membraancel strak wordt vormgegeven. Dit kan door bijvoorbeeld door de onderste aansluitpunten van de membraancel vast te maken, zodat de membraancel direct op de juiste positie geplaatst wordt. Door dit gedeelte te laten verzinken in een verhoging zijn de buizen niet meer zichtbaar en wordt het aanzicht direct een stuk aantrekkelijker.

Doordat alle onderdelen in de kast zitten weggestopt is er verder weinig te zien van de opstelling, dit wordt vaak als prettig ervaren door de gebruikers die met analyse apparatuur werken. Dit is ook al aangegeven in de analyse van

andere analyse apparaten.

Wat zou je veranderen en wat niet?

- Het is belangrijk om te zien hoe vol de cold trap zit. Dit kan op verschillende manieren worden opgelost. Ten eerste kan de koude val buiten het apparaat worden geplaatst. Een tweede optie is een strip maken in de zijwand zodat de vloeistof hoogte kan worden bekeken vanaf de zijkant. De laatste optie is meer gewenst dan de eerste aangezien het prettiger is als er zoveel mogelijk onderdelen in de kast zijn geplaatst. Ook het tapje om de stikstof af te tappen kan aan de zijkant worden geplaatst, aangezien daar voldoende ruimte aanwezig is.
- Op de voorkant moet een sticker geplaatst worden die het apparaat herkenbaar maakt. Een naam kan al veel zeggend zijn en ook een kort schema die de werking van het apparaat weergeeft is aanbevolen.
- De ruimte van 20 mm die is aanwezig is aan de zijkanten is te klein om de kabels af te werken. Door deze ruimte aan beide zijden te vergroten met 20 mm kan dit probleem opgelost worden.
- Er zal aan de achterkant een aan-/uitknop aanwezig moeten zijn en aan de voorkant een noodvoorziening die het systeem in een keer uit kan schakelen.
- Het is praktisch om te weten of het ap-

paraat aan of uit staat, daarom zal aan de voorkant daarvoor een visuele indicator moeten komen.

- De punten waar de buizen de kast in en uitgaan zullen op een hoogte moeten komen. Dit geeft een strakker beeld aan de kast.
- Op dit moment is er nog geen rekening gehouden met het meten aan vezelmembranen. Daarvoor wordt een andere cel gebruikt.
- Er is in de kast voldoende ruimte aanwezig om nog eventuele aanpassingen toe te passen.
- Ook is er voldoende ruimte overgehouden voor de buizen en de buisradius.
- Het is een hele grote vooruitgang met de opstelling die nu aanwezig is in het lab.

Referenties

[1] Lenntech Watertreatment - en Luchtbehandeling, *Membraantechnologie*, 1998-2008, Delft, <http://www.lenntech.com/Membraantechnologie.htm>

[2] Mulder M., 1996, *Basic Principles of Membrane Technology second edition*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht / Boston / London, 564p.

[3] VNCI, *Membraantechnologie*, 2005-2006, Den Haag, http://www.vnci.nl/_pages/download.asp?introlid=535

Conclusie

Het ontwerp van de behuizing van de permporometer heeft al zijn doelen bereikt. Zoals de behuizing en de opstelling nu zijn vormgegeven kan de echte opstelling gebouwd gaan worden en kan begonnen worden met metingen.

Toen de opdracht begon waren er twee dingen die ontworpen moesten worden, de opstelling en de behuizing van de permporometer. Daarbij is de behuizing afhankelijk van de opstelling en daarom is begonnen bij het ontwerp van de opstelling.

Voor het ontwerp van de opstelling waren de aspecten compactheid en gebruiksgemak tijdens onderhoud van belang. De keuze om de voor- en achterwand en onderkant als basis te gebruiken voor de opstelling heeft ervoor gezorgd dat optimaal gebruik is gemaakt van de aanwezige ruimte op een labtafel. Daarnaast zorgt de lege ruimte in het midden voor voldoende ruimte die nodig is bij onderhoud. Deze twee doelen zijn dus bereikt.

Voor het ontwerp van de behuizing die om de opstelling komt zijn de andere aspecten, gebruiksgemak tijdens gebruik, bescherming bieden tijdens gebruik en vormgeving, belangrijk. De membraancel zit op een aangename werkhoogte, te vergelijken met werkbankhoogte. Samen met de keuze om de membraancel buiten het apparaat te plaatsen geeft dit aan dat het aspect gebruiksgemak tijdens gebruik is bereikt. De vormgeving van het membraan-

cel gedeelte moet nog worden doorontwikkeld. De aanwezige buizen die van en naar de membraancel lopen moeten weggewerkt worden. De keuze voor RVS zorgt voor een goede bescherming voor invloeden van buitenaf. De zijwanden en de bovenkant die op een eenvoudige manier verwijderd kunnen worden van de basis is ook een punt van gebruiksgemak tijdens onderhoud.

Ondanks dat alle aspecten terug komen in het apparaat, zijn er toch belangrijke onderdelen die missen in het ontwerp. Namelijk de aanwezigheid van een noodvoorziening, een gedeelte waar de cold trap kan worden afgelezen en een uitgang voor de elektronica.

Aanbevelingen

Hoewel het ontwerp al heel ver gevorderd is zijn er nog een aantal dingen die nog extra aandacht nodig hebben in de toekomst.

- Ten eerste bevat de huidige opstelling nog onzekerheden. Het is nog onduidelijk of deze opstelling zoals hij nu is wel werkt voor de metingen die nodig zijn voor de vakgroep membraantechnologie waarvoor deze is ontworpen. Op testresultaten wordt nog gewacht. Ook het nodige bereik van onder andere de MFC en de PIC is nog niet bekend. De opstelling kan dus pas echt gebouwd worden als deze gegevens bekend zijn.
- Een tweede onderdeel wat nog extra aandacht verdient zijn de allerkleinste details van de buitenkast. Het prototype heeft bewezen dat een noodvoorziening mist, een gedeelte waar de cold trap afgelezen kan worden, mist en dat kenmerken op de voorkant, zoals de werking en de naam van het apparaat missen.
- De cold trap wordt speciaal voor deze opstelling vervaardigd. De exacte vormgeving is nog onbekend. Dit is afhankelijk van de testmetingen die nog in uitvoering zijn.

Evaluatie

Omdat membraantechnologie een nieuw vakgebied voor mij was toen ik aan dit project begon was de uitdaging groot om aan deze opdracht te beginnen. Ik begon met volle moed aan het project en dook direct in de theorie.

Gebrek aan kennis over een product levert naar mijn mening vaak slechte ontwerpen af. Ik vond het dus belangrijk om alle termen binnen de membraantechnologie te begrijpen. Omdat ik de kennis niet heb over membraantechnologie, moest ik regelmatig vragen stellen aan personen in de buurt die deze kennis wel hebben. Deze personen waren echter niet altijd aanwezig, waardoor er vertraging in het project sloop.

In de toekomst zal het beter zijn dat een technicus die verstand heeft van membraantechnologie zo'n dergelijk project zal uitvoeren in samenwerking met een ontwerper. De een kan zijn kennis over de opstelling delen met de ontwerper die na kan denken over vormgeving van de opstelling.

Een tweede probleem tijdens dit project was dat de opstelling die gebruikt gaat worden, aan het begin van het project nog onbekend was, ook voor de opdrachtgever. Omdat de opstelling die uiteindelijk is gebruikt voor het ontwerp nieuw was binnen deze groep wisten de personen die mij hielpen tijdens mijn project ook niet altijd het juiste antwoord op mijn

vragen over de opstelling. Daarnaast bleven er het gehele project grote veranderingen plaatsvinden binnen deze opstelling, die vaak grote invloeden hadden op het ontwerp van de buitenkast. Ook op dit moment is nog niet bekend of de opstelling zoals die in dit verslag is opgenomen de juiste opstelling is. Veranderingen zijn nog niet uitgesloten.

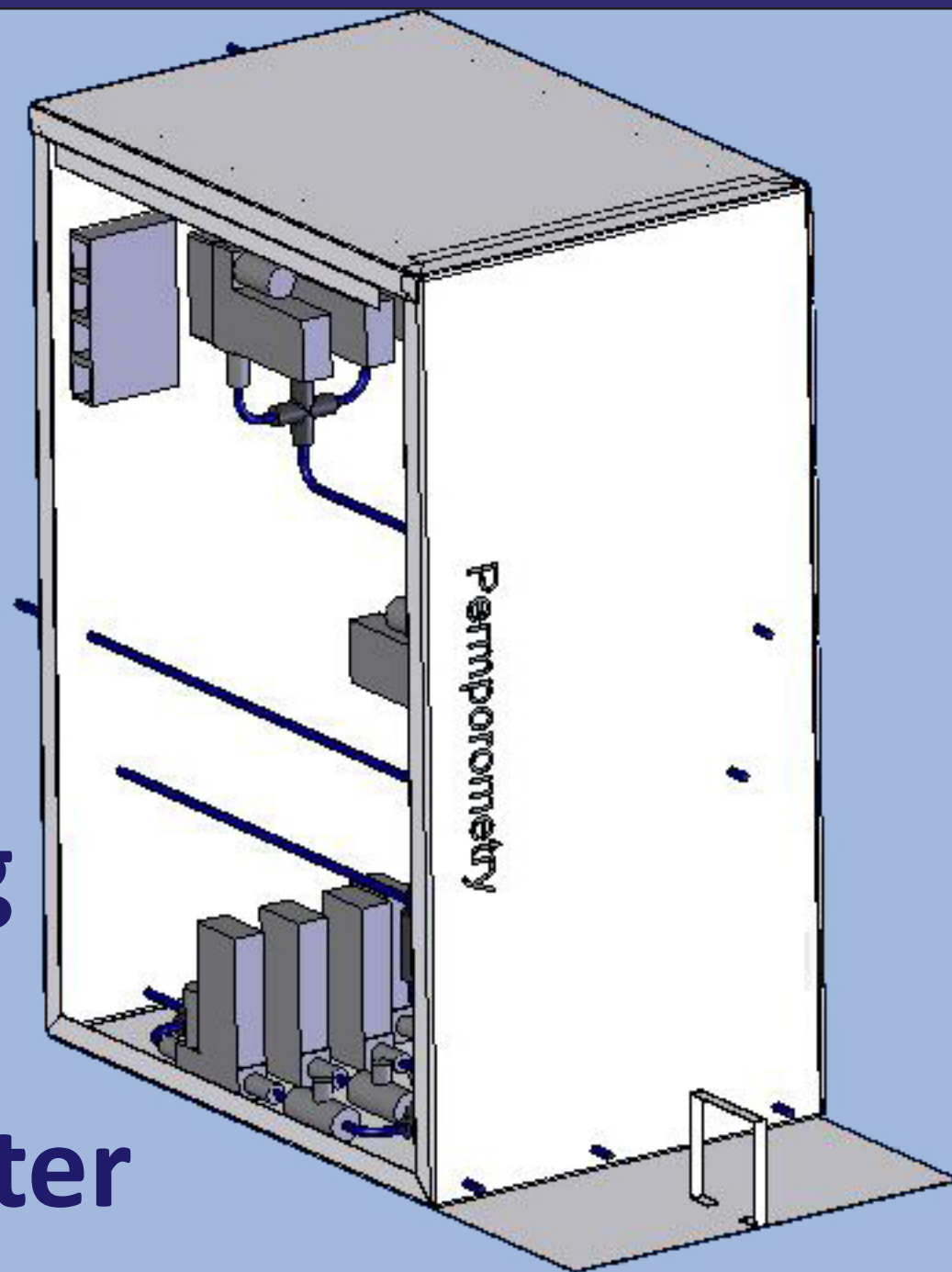
Vergeleken met het plan van aanpak dat is gemaakt voor dit project, wijkt het laatste hoofdstuk af. In het plan van aanpak worden vragen gesteld die gaan over kosten en productieprocessen. Deze twee elementen missen in het verslag. Omdat er waarschijnlijk één model gebouwd gaat worden is het productieproces niet interessant genoeg voor dit project om tijd in te steken. De ervaring met het bouwen van het prototype heb ik hier als voldoende beschouwd.

Doordat de kast van RVS wordt gemaakt zullen de kosten niet uit de hand lopen. De opdrachtgever heeft ook altijd aangegeven dat geld geen beperking moest zijn. Omdat de tijd het niet toeliet heb ik de kosten weggelaten in dit verslag.

Na hard werken is dan toch een goed ontwerp naar voren gekomen van de opstelling en de buitenkast, die hoogstwaarschijnlijk in de toekomst gebruikt gaan worden bij de bouw van de nieuwe permporometer.

Bijlage

De ontwikkeling van de permporometer



Bijlage A

Porometer

De bubble-point methode, zoals de methode wordt genoemd waarbij een porometer wordt gebruikt, is een simpele techniek voor het karakteriseren van de grootste poriën in een microfiltratie (MF) membraan. De actieve poriën van een membraan worden met deze techniek bepaald. Een schematische weergave van de bubble point methode wordt gegeven in figuur 1.

De methode meet hoofdzakelijk de druk die nodig is om lucht door een membraan gevuld met vloeistof te blazen. De bovenkant van het filter wordt in contact met een vloeistof geplaatst (een vloeistof dat niet reageert met het sample), welke alle poriën vult als het membraan nat wordt gemaakt. De onderkant van het filter staat in contact met een gas. De druk wordt geleidelijk aan verhoogd en het gas verwijderd het vloeistof uit de poriën (figuur 2). De druk die nodig is om lucht door de poriën te blazen

wordt uiteindelijk gemeten.

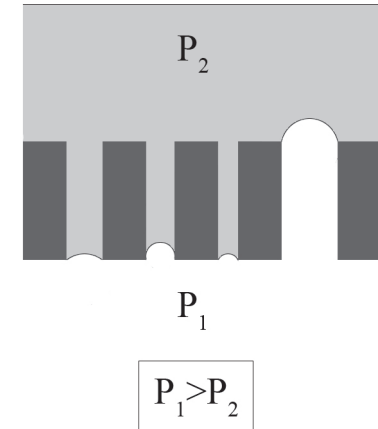
Het verband tussen de druk (ΔP) en de poriestraal (r_p) wordt gegeven door de vergelijking van Laplace:

$$r_p = 2 \gamma / \Delta P$$

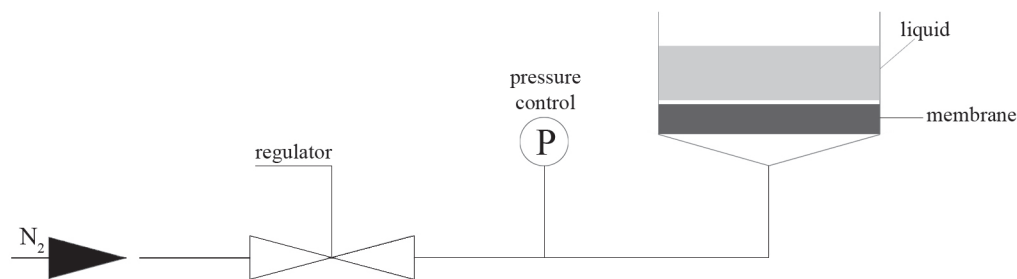
Waar γ de oppervlaktespanning van het vloeistof (N/m) is. Hieronder, figuur 3, is een schematische weergave van de porometer waarin alle onderdelen zitten verwerkt.

Het onderstaande schema van figuur3 is ontstaan door het uit elkaar halen van een oude porometer aanwezig op een laboratorium. Zoals te zien in het schema konden niet alle onderdelen geïdentificeerd worden. Onderdelen die ook voor ervaringsdeskundige onduidelijk blijven zijn 'box 1' en 'secret box'.

Een nadeel van de bubble-point methode is dat verschillende resultaten worden verkregen wanneer verschillende vloeistoffen worden ge-

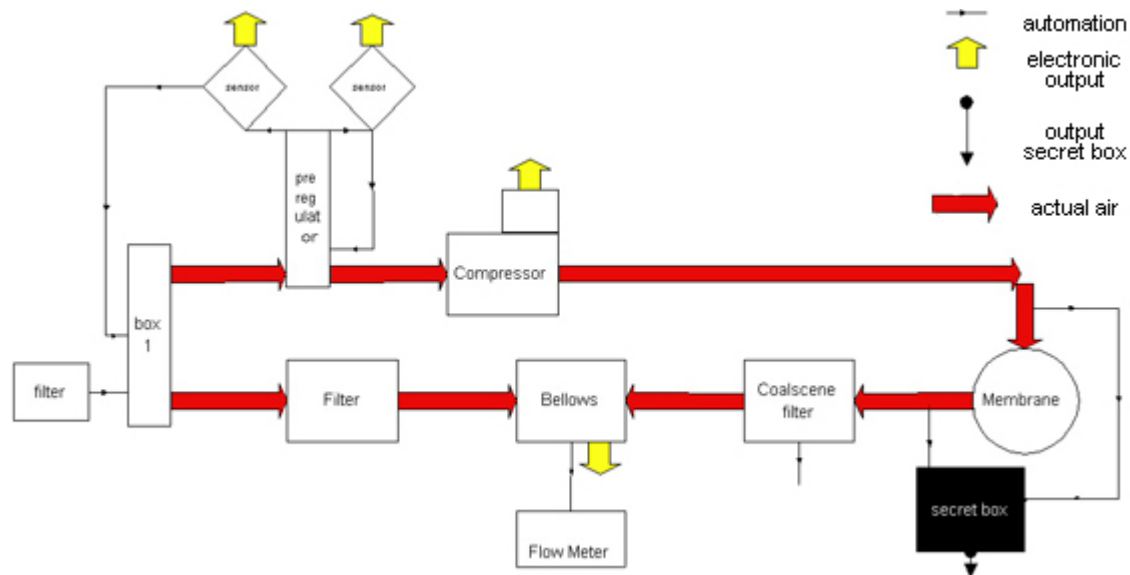


figuur 2. drukverschil verwijdert de vloeistof uit de poriën.



figuur 1. Schematische weergave van de bubble point methode

bruikt voor de karakterisering. Bovendien zouden de snelheid waarmee de druk toeneemt en de poriënlengte het resultaat kunnen beïnvloeden.



figuur 3. Schematische weergave van de porometer

Bijlage B

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	3
Kennismakingsgesprek	4
Opdrachtoomschrijving3	
Actoranalyse	5
Projectkader	5
Doelstelling	5
Vraagstelling	6
Begrippenlijst	6
Strategie	7
knelpunten	8
Planning	9
Bronvermelding	9
Bijlage B.1	9
Bijlage B.2	10

Kennismakingsgesprek

Datum: 28-8-2007

Tijd: 10.00

Plaats: Membryon, Universiteit Twente, kamer ME 327

Aanwezigen: Dr. ir. R. Lammertink en student

Dinsdag 28 augustus was ik uitgenodigd voor een kennismakingsgesprek met Rob Lammertink bij de vakgroep Membraantechnologie. Het gesprek begon met een korte uitleg over het bedrijf. Het bedrijf Membryon is een bedrijf dat op dit moment aan het opstarten is. Membryon wordt opgestart omdat er vraag is naar grote projecten die moeten worden uitgevoerd door de vakgroep Membraantechnologie. Een van deze projecten is de verkoop van een permporometer waar mijn opdracht over zal gaan.

Tijdens deze korte introductie van het bedrijf en de vakgroep hebben we het kort gehad over een eventuele vergoeding. Er zijn meerdere mogelijkheden om een vergoeding te ontvangen, maar er is nog geen zekerheid of het mogelijk is om de werkzaamheden tijdens dit project financieel te ondersteunen. Een mogelijkheid is een inschrijving als student assistent bij deze vakgroep, zodat je via de universiteit betaalt krijgt als student assistent. Een tweede mogelijkheid is om door het bedrijf Membryon financiële ondersteuning te krijgen. Hierover wordt nog overlegd met andere medewerkers van het bedrijf en de vakgroep.

Na deze korte introductie heeft R. Lammertink een rondleiding gegeven door het lab, waarbij hij eerst de opstelling heeft laten zien waar het project om draait. Binnen de vakgroep is een eigengebouwde analyseopstelling aanwezig van de permporometer. Daarbij heeft hij uitgelegd dat de permporometer een analytisch apparaat is waarmee de poriegrootte verdeling van een membraan bepaald kan worden.

Na deze uitleg heeft hij mij het hele lab laten zien en uitleg gegeven over wat er wordt uitgevoerd in het lab.

Na deze rondleiding hebben we een gesprek gehad over de opdracht. Daarbij kwam ter sprake wat de verwachtingen ongeveer zijn. We hopen na drie maanden zoveel mogelijk te hebben bereikt om de permporometer in productie te kunnen nemen. In overleg met de secretaresse is afgesproken om zo spoedig mogelijk te beginnen, naar verwachting 3 september 2007. Om deze datum te kunnen beginnen heeft de secretaresse een bewijs van inschrijving nodig die gehaald kan worden bij bureau onderwijs zaken, zodat zij mij kan inschrijven bij de vakgroep Membraantechnologie en ik op de afdeling een werkplek kan krijgen.

Opdrachtschrijving

De opdrachtschrijving is te vinden in bijlage b.1: Ontwerp van analyse-product (permporometer).

Actoranalyse

Membrion is een bedrijf in oprichting. Het is een spin-off van de vakgroep Membraantechnologie. Het bedrijf houdt zich enerzijds bezig met het doorontwikkelen van fundamentele kennis tot relevante toepassingen. Anderzijds verkoopt het bedrijf apparatuur gerelateerd aan de fabricage en karakterisering van membranen. Dit zijn veelal 'one of a kind' apparaten, binnenhuis ontwikkelt.

Een van deze apparaten is de permoporometer. Permporometers zijn nog niet commercieel verkrijgbaar. Dit project, het ontwerp van de behuizing van de al aanwezige opstelling van de permoporometer, moet leiden tot de commerciële verkoop ervan.

Projectkader

Membrion wil in de toekomst de eigen gebouwde analyseopstelling van de permoporometer commercieel gaan verkopen. Dat betekend dat alle componenten van deze opstelling moeten worden ondergebracht in een zelfstandig analyse product.

Dit onderzoek zal gaan over het ontwerp van de behuizing van een permoporometer als compleet, geïntegreerd analyseproduct. Daarbij is gebruiksvriendelijkheid van uiterst belang. Ook flexibiliteit t.a.v. de mogelijke samples is zeer gewenst.

Onderzoek, verschillende ideeën die zullen ontstaan in de ontwerpfase en testen moeten leiden tot beste en meest gebruiksvriendelijke oplossing. Er moet onder ander onderzoek ge-

daan worden naar bestaande analyse apparaten, wat hun voordelen en hun beperkingen zijn. Daarnaast zullen medewerkers die ervaring hebben met de bestaande opstelling input geven wat er moet veranderen en wat behouden moet blijven aan de permoporometer.

Doelstelling

Het doel van het onderzoek is het ontwerp van voornamelijk de behuizing voor een analyseopstelling van de permoporometer als compleet geïntegreerd analyse product, door het ontwerpen van de beste en meest gebruiksvriendelijke oplossing en het bouwen van een prototype van dat ontwerp. Het prototype is een gebruiksmodel van de behuizing van de permoporometer en zal gebruikt worden om het gebruiksgemak van de permoporometer te kunnen testen.

Dit onderzoek zal vooral een praktijk gericht onderzoek zijn waarin de voorfase en de ontwerpfase belangrijk zijn. De eerste fase is een diagnostisch onderzoek waar informatie verzameld moet worden over de bestaande opstelling aanwezig in het lab bij de vakgroep Membraantechnologie. Daarnaast zal een kort onderzoek plaatsvinden naar al bestaande analyse producten dat tot een ontwerp van een gebruiksvriendelijk product moet leiden.

De tweede fase is een ontwerpgericht onderzoek. Daar zullen de resultaten van het diagnostisch onderzoek moeten worden uitgewerkt tot ideeën, schetsen en concepten. In de

detailleringfase zal een functioneel prototype gebouwd worden van het gekozen concept. Het onderzoek, het ontwerp en het prototype kunnen binnen drie maanden gerealiseerd worden. Kennis en ervaring van medewerkers en bestaande documenten zijn beschikbaar als informatiebron.

Vraagstelling

1. Wat zijn de voorwaarden, eisen en wensen waaraan een gebruiksvriendelijke en flexibele permporometer moet voldoen?

- Wat is de specifieke werking van de opstelling van de permporometer en zijn onderdelen?
- Hoe zien andere analyse apparaten eruit, hoe werken ze en hoe zijn die opgebouwd?
- Hoe veranderlijk zijn de verschillende onderdelen van permporometer, gemeten over een tijdsbestek van jaren en gemeten per aanvraag?
- Wat zijn de eisen en wensen waaraan de nieuwe permporometer moet voldoen volgens de opdrachtgever?
- Hoe zal de gebruiker de permporometer graag willen gebruiken?

2. Hoe ziet het beste, meest gebruiksvriendelijke en flexibele ontwerp eruit?

- Wat zijn de mogelijkheden om een gebruiksvriendelijk en tegelijkertijd flexibel product te ontwerpen?

- Welk concept sluit het beste aan bij de eisen en wensen van de gebruiker en de opdrachtgever?

3. Hoe ziet het beste concept eruit in detail?

- Van welk materiaal zal het ontwerp gemaakt worden?
- Wat zal het ontwerp gaan kosten?
- Hoe ziet het productieproces eruit?
- Hoe werkt het gekozen concept in detail?

4. Wat kan er verbeterd worden aan het ontwerp?

- Wat vinden de gebruikers van het ontwerp?
- Wat zijn de aanbevelingen voor het definitieve ontwerp?

Begrippenlijst

- Membryon

Een bedrijf in oprichting dat een spin-off is van de vakgroep Membraantechnologie.

- Permporometer

Een analytisch apparaat waarmee de poriegrootte verdeling van een membraan bepaald kan worden.

Strategie

1. Wat zijn de voorwaarden, eisen en wensen waaraan een gebruiksvriendelijke en flexibele permporometer moet voldoen?

o Wat is de specifieke werking van de opstelling van de permporometer en zijn onderdelen?

bronnen	ontsluiting
personen	interview met technici
werkelijkheid	observatie
literatuur	documenten die aanwezig zijn op kantoor

o Hoe zien andere analyse apparaten eruit, hoe werken ze en hoe zijn die van binnen opgebouwd?

bronnen	ontsluiting
personen	interview met technici
werkelijkheid	observatie
literatuur	documenten die aanwezig zijn op kantoor

o Hoe veranderlijk zijn de verschillende onderdelen van permporometer, gemeten over een tijdsbestek van jaren en gemeten per aanvraag?

bronnen	ontsluiting
personen	face-to-face interview
literatuur	documenten die aanwezig zijn op kantoor

o Wat zijn de eisen en wensen waaraan

de nieuwe permporometer moet voldoen volgens de opdrachtgever?

bronnen	ontsluiting
personen	interview met opdrachtgever

o Hoe zal de gebruiker de permporometer graag willen gebruiken?

bronnen	ontsluiting
personen	interview met gebruikers
werkelijkheid	observatie

2. Hoe ziet het beste, meest gebruiksvriendelijke en flexibele ontwerp eruit?

o Wat zijn de mogelijkheden om een gebruiksvriendelijk en tegelijkertijd flexibel product te ontwerpen?

bronnen	ontsluiting
bureau onderzoek	schetsen op papier
bureau onderzoek	ontwerpen met prototypes van elk onderdeel aanwezig in de permporometer

o Welk concept sluit het beste aan bij de eisen en wensen van de gebruiker en de opdrachtgever?

bronnen	ontsluiting
---------	-------------

personen	gesprek met opdracht- gever
bureau onderzoek	toetsing

tail?	ontsluiting
bronnen	bouwen prototype
werkelijkheid	

3. Hoe ziet het beste concept eruit in de tail?

o Van welk materiaal zal het ontwerp gemaakt worden?

bronnen	ontsluiting
media	Internet en zoekmachines
personen	face-to-face interview
media	publicaties

o Hoe ziet het productieproces eruit?

bronnen	ontsluiting
media	Internet en zoekmachines
media	publicaties
personen	face-to-face interview

o Wat zal het ontwerp gaan kosten?

bronnen	ontsluiting
media	Internet en zoekmachines
media	publicaties
personen	face-to-face interview
literatuur	documenten die aanwezig zijn op kantoor en de bibliotheek
bureau onderzoek	berekeningen op papier

o Hoe werkt het gekozen concept in de

4. Wat kan er verbeterd worden aan het ontwerp?

o Wat vinden de gebruikers van het gekozen concept?

bronnen	ontsluiting
personen	testen aan de hand van het prototype
personen	interview met gebruikers

o Wat zijn de aanbevelingen voor het definitieve ontwerp?

bronnen	ontsluiting
bureauonderzoek	aanbevelingen

knelpunten

Knelpunten in dit project zullen vooral zijn het maken van afspraken op de juiste tijdstippen met de gebruikers van het product. R. Lamertink heeft aangegeven dat de gebruikers hier in de vakgroep goed te benaderen zijn, maar er bestaat de kans dat deze personen niet aanwezig zijn op de momenten die er voor zijn ingepland in de planning.

Een ander knelpunt kan zijn dat de permporometer in gebruik is tijdens het vooronderzoek, waardoor het vooronderzoek enige vertraging op kan lopen.

Planning

De planning is te vinden in bijlage B.2: Planning.

Bronvermelding

Lammertink R., 2007, Ontwerp van analyse-product (permporometer), Enschede

Verschuren, P., Doorewaard, H., 2005, 'Het ontwerpen van een onderzoek', Lemma, Utrecht

Bijlage B.1

Bachelor Eindopdracht Industrieel Ontwerpen
Ontwerp van analyse-product (permporometer)

Bedrijf: Membryon (Enschede)

Beschrijving bedrijf :

Membryon is een bedrijf in oprichting. Het is een spin-off van de vakgroep

Membraantechnologie. Het bedrijf houdt zich enerzijds bezig met het doorontwikkelen van fundamentele kennis tot relevante toepassingen. Anderzijds verkoopt het bedrijf apparatuur

gerelateerd aan de fabricage en karakterisering van membranen. Dit zijn veelal "one of a kind" apparaten, binnenshuis ontwikkeld.

Achtergrond van de opdracht:

Een permporometer is een analytisch apparaat waarmee de poriegrootte verdeling van een membraan bepaald kan worden. De specifieke

toepassing van de betreffende membranen is bijvoorbeeld het zuiveren van drinkwater (grootte poriën van 1 tot 100 nanometer). Binnen vakgroep Membraantechnologie (MTG) is een eigen gebouwde analyse-opstelling aanwezig. I.p.v. deze opstelling is er de wens alle componenten in een zelfstandig analyse-product onder te brengen. Momenteel zijn permporometers niet commercieel verkrijgbaar.

Doelstelling van de opdracht:

Het ontwerpen van (met name de behuizing van) een permporometer als compleet, geïntegreerd analyse-product. Voor een dergelijk analytisch apparaat is gebruiksvriendelijk van uiterest belang. Ook flexibiliteit t.a.v. de mogelijke samples (vlakke membranen of holle vezel membranen) is zeer gewenst. In het ideale geval doorloopt het apparaat de gehele cyclus van de meting tot en met de analyse van de resultaten automatisch

Bijlage C

Onderzoek barrières

De twee analyse producten zullen beide worden gebruikt in een laboratorium of een ruimte die de kenmerken van een laboratorium zullen bevatten. Een belangrijk kenmerk is bijvoorbeeld een ruimte waar gewerkt wordt met vloeistoffen en gasen die gevaarlijk kunnen zijn voor gezondheid of die bijvoorbeeld brandbaar zijn. Een bescherming tegen deze stoffen is dus zeer belangrijk om de metingen gedaan met de analyse producten niet te beïnvloeden of om de onderdelen van de opstelling niet te beschadigen.

Andere bescherming die nodig is voor de opstellingen is dat deze tijdens het transport niet beschadigt. Omdat deze beide opstellingen commercieel verkocht zullen worden, gaan deze opstellingen weldegelijk vervoerd worden. De afstand is hier onbekend en dus ook de manier van vervoeren kan alles zijn. Er moet dus rekening gehouden worden dat het product zowel met een vliegtuig, een boot, een auto, een busje of een vrachtwagen vervoerd kan gaan worden. Daarbij moet rekening gehouden worden met een behandeling die niet altijd vriendelijk is. Het product zal stoten krijgen van buitenaf en de kans bestaat ook dat er andere producten erbovenop gestapeld gaan worden.

De laatste twee invloeden waarvoor de producten beschermd moeten worden zijn

ten eerste het handelen van mensen en ten tweede stofdeeltjes in de lucht die de opstelling vervuilen. De aanwezigheid van mensen in een laboratorium zorgen ervoor dat er ongelukken gebeuren. Je wilt zoveel mogelijk voorkomen dat jouw product te lijden heeft door verkeerd of onhandig handelen van mensen. Daarnaast wil je ook voorkomen dat jouw product niet de mensen kan beschadigen die metingen willen uitvoeren met het product. Door een bescherming om de opstelling te bouwen voorkom je bij een goed ontwerp ook onnodig veel onderhoud. Het is niet waarschijnlijk, maar het stof aanwezig in laboratoria kunnen de opstelling vervuilen en misschien daardoor de metingen beïnvloeden. Als er geen bescherming om de opstelling zit is dit onderhoud een tijdrovend en vervelend klusje. Met de bescherming is het afstoffen van het product geen enkele moeite meer.

B.1

Nu bekend is waarvoor de opstellingen beschermd moeten worden is het ook belangrijk te weten hoe je iets kunt beschermen. Daarvoor heb je eerst een definitie van bescherming nodig, een definitie zou kunnen zijn:

Een maatregel of barrière die een object of persoon behoeden voor de gevolgen van een gevaar.

Hieronder is een lijst met allerlei verschillende

maatregelen of barrières die een object of persoon kunnen behoeden voor de gevolgen van een gevaar.

- Dijk
- Bodyguards
- Hek
- Kartonnen doos
- Condoom
- Paraplu
- Huis
- Kooi
- Kleding
- Kring van mensen
- Gracht
- Muur
- Huid
- Natuur (struiken, bomen, etc.)

- (Zonnebrand)crème

Ook al is deze lijst nog niet compleet, het aantal is gevarieerd genoeg om te onderzoeken wat de beste en meest geschikte barrière voor de permporometer en de porometer zou kunnen zijn. Om erachter te komen hoe de meest geschikte barrière eruit ziet is er een matrix gemaakt waarbij de verschillende barrières uitgezet worden tegen de invloeden waartegen de barrières van de permporometer en de porometer moeten kunnen, te zien in figuur 4.

Van al deze barrières is er maar een die alle facetten bevat om de permporometer en de porometer te kunnen beschermen voor invloeden van buitenaf en dat is een huis. Een huis is een bescherming waarbij een stevige

	Stoten	vloeistoffen	stof	menselijk handelen	druk
Dijk	x	x		x	
Bodyguards	x			x	
Hek	x			x	
Kartonnen doos			x	x	x
Condoom		x	x	x	
Paraplu			x		
Huis	x	x	x	x	x
Kooi	x			x	x
Kleding			x	x	
Kring van mensen	x			x	
Gracht		x		x	
Muur	x	x		x	
Huid		x	x	x	
Natuur (struiken, bomen, etc.)	x			x	
(Zonnebrand)crème					

figuur 4. barrières uitgezet tegen invloeden van buitenaf

muur ervoor zorgt dat het product voor alle invloeden beschermt kan worden vanaf de zijkant en een dak alle invloeden van bovenaf kan beschermen.

Dat het huis de enige is die tegen alle invloeden kan beschermen wil niet zeggen dat er geen andere mogelijkheden zijn. Door juiste combinaties te maken kunnen nog meerdere barrières beschermen tegen de invloeden. Combinaties die mogelijk zijn, zijn in de matrix hieronder te zien in figuur 5.

In de matrix is te zien dat er vier combinaties mogelijk zijn deze zijn:

- Kartonnen doos – Huid
- Kartonnen doos – Condoom
- Kooi – Huid
- Kooi – Condoom

De conclusie die getrokken kan worden uit deze mogelijkheden is dat de tweede geschikte barrière voor de permporometer en de porometer moet bestaan uit een stevige constructie die wordt omgeven door een ma-

teriaal die stof- en vloeistofdicht moet zijn. Om alles samen te vatten moeten de permporometer en de porometer beschermd worden door een stevige constructie die omgeven is door een stof- en vloeistofdicht materiaal. Dit materiaal kan een elastisch materiaal zijn of een hard materiaal.

	Dijk	Bodyguards	Hek	Kartonnen doos	Condoom	Paraplu	Huis	Kooi	Kleding	Kring van mensen	Gracht	Muur	Huid	Natuur
Dijk														
Bodyguards														
Hek														
Kartonnen doos														
Condoom														
Paraplu														
Huis														
Kooi														
kleding														
Kring van mensen														
Gracht														
Muur														
Huid														
Natuur (struiken, bomen, etc.)														

Figuur 5. Combinaties van barrières

Bijlage D

Schetsen

- Schetsen membraancel
- Schetsen houder van membraancel
- Houder membraancel
- Concept 1 Computerkast
- Web van sluitsystemen
- Concept 2 Flightcase

Bijlage E

Waarde toekenning van de eisen

1. beschermen tegen invloeden van buitenaf.
2. levensduur hebben van ongeveer 10 jaar
3. demonteerbaar
4. onderhoudsmonteur moet overal bij zonder het product te beschadigen
5. geen onderdelen aanwezig die door middel van smeermiddel onderhoud nodig hebben
6. Het product mag niet meer dan 0.80 m³ aan ruimte innemen
7. De vormgeving van mag de kwaliteit van het product niet beïnvloeden.
8. geen scherpe randen aan de behuizing zitten
9. centraal gelegen rode noodvoorziening
10. De onderdelen die regelmatig gebruikt worden mogen niet boven de 1.5 meter uitkomen
11. stroomvoorziening van 220 Volt

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	10
2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	9
4	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	8
5	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	5
6	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	4
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
8	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	3
9	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	7
10	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	3
11	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	5

Bijlage F

Positie van de gaten in de
buitenkast

