

# **PROJECTWERK**

OPLEIDING: GRADUAAT ELEKTROMECHANICA

## **Automatische luchtzuiveraar met alarm.**

PROJECTBEGELEIDER HOGENT: TONY SIX

CURSIST:

ACADEMIEJAAR: 2019-2020

# 1 Inleiding

## 1.1 Voorwoord

Dit eindwerk is een voorstelling en een cummulatie van alles wat ik geleerd heb tijdens mijn jaren op de avondschool Panta Rhei, de kennis en visie vergaart gedurende die tijd. Hier wil ik even de tijd nemen om iedere leerkracht te bedanken van de school alsook de mensen van het onthaal, met name: Paul Vander Heagen en Hugo van het vak elektrische machines. Patricia Van Melckebeke voor een beter inzicht te geven op het elektronische aspect van de opleiding. Frank Gijzelen voor het inzicht in het gebruik van wiskunde en het ontleden van vragen tot wiskundige opgaven. En de begeleider van dit eindwerk Tony Six voor het opvolgen van het eindwerk met haalbare Data, en nog leerkrachten waarvan ik niet bij naam ben gekomen, maar die hun lessen mij wel altijd zullen bijblijven.

Ook Jan smidt van het AKOV om mij de kans te geven om mijn passie te achtervolgen en Ludo vanhessche om het mij zo zwaar te maken bij herhaaldelijke herkansingen. Alsook alle leerkrachten die hen voorgingen tijdens mijn jaren op Edugo en de Hogent.

Mijn familie, zoals mijn vader om te leren out of the box te denken en de beschikbare middelen te leren toepassen en toewenden om tot oplossingen te komen, soms iets minder verfeind. Mijn Opa, ma en nonkel om hun liefde voor kennis en correctheid en Laurent van Steen om nog eens te steunen gedurende de studies.

Dit eindwerk dient om mezelf te testen naar het mogelijks uitvinden van een milieu minder belastende duurzame oplossing voor huisstof te verminderen, dit zou leiden tot een vermindering in het huishouden en bijdragen tot het robothuis van de toekomst die zichzelf schoon houdt.

Enkele hypothese zijn voor handen zoals de volgende; het middel om de stof te vangen is water; water blijft een toegankelijk goed en aan een lage kostprijs. Indien nodig zou een zoutwaterleiding kunnen gebruikt worden, die zoutwater van de Noordzee oppompt en beschikbaar gesteld wordt door de watermaatschappij. Hierdoor kunnen alle huishoudelijke reinigingen zoals toilet, douche, was, ... gedaan worden met zoutwater/(licht gezuiverd) afvalwater. Alsook zou er een goedkope vorm van energie en/of overschotten aan deze energie die opgewekt wordt door de verscheidene procumenten ter beschikking zijn.

## 1.2 Inhoudstafel

1	Inleiding.....	2
1.1	Voorwoord.....	2
1.2	Inhoudstafel.....	3
1.3	Samenvatting.....	6
1.4	Abstract.....	7
1.5	Lijst van figuren en tabellen .....	8
1.6	Lijst van afkortingen en symbolen .....	9
2	Vorbereiding onderzoek.....	10
2.1	Verkennd onderzoek .....	10
2.1.1	Mechanisch.....	10
2.1.2	PLC, programmatie, elektrisch.....	12
2.2	Probleemstelling.....	16
2.3	Onderzoeksmethode en aanpak.....	16
2.3.1	Emperische onderzoek,.....	16
2.3.2	Trial and error.....	16
3	Literatuurstudie .....	17
3.1	HEPA-filter.....	17
3.2	Eigenschappen van stof .....	19
3.3	Basisbegrippen druk en luchtverplaatsing.....	20
3.4	Arbeid, vermogen.....	21
3.5	Ventilatoren, luchtdebiet, werkpunt installatie.....	22
3.5.1	Luchtdebiet.....	22
3.5.2	Werkpunt installatie .....	23
3.5.3	Ventilatorwetten.....	23
3.6	Reynoldsgetal en viscositeit .....	25
3.7	Arduino .....	26
3.7.1	Wat is een arduino.....	26
3.7.2	Programmatie: C++, Arduino IDE .....	27

3.8	Communicatie tussen IC's .....	28
3.9	Rapid proto-typing, 3D-printing, CAD .....	30
4	Eerste ontwerp .....	33
4.1	Visualisatie en principe .....	33
4.1.1	Inertie .....	33
4.1.2	Diffusie .....	34
4.1.3	Inslag .....	36
4.1.4	Meertraps-filtratie .....	36
4.2	Printbare 3D componenten .....	37
4.2.1	De Cycloon .....	37
4.2.2	De Statische mixer .....	39
4.2.3	De Separator .....	40
4.2.4	Sproeibollen, behuizing voor pwm-modulatie, dichtingsring .....	44
4.3	Onderdelen te bestellen of uit oude elektrische toestellen .....	46
4.3.1	De buizenventilator .....	46
4.3.2	Buizen, leidingen, behuizingen en kleppen .....	50
5	Elektrisch ontwerp en programmatie .....	51
5.1.1	Het draadschema van de PLC en Sensoren .....	51
5.1.2	De programmatie van de PLC .....	52
5.1.3	De belegginslijst van de PLC .....	53
5.1.4	Libraries .....	54
5.1.5	Voorlopig PLC Programma .....	54
6	Prototype .....	63



## 1.3 Samenvatting

TBD

## 1.4 Abstract

Aangezien de energie-neutrale woningen een vereiste zijn voor de huidige wetgeving, kan het interessant zijn; alreeds ecologische neutrale systemen te gaan voorzien in de woning en deze automatiseren.

De ecologische woning heeft een zo laag mogelijke voetafdruk hierbij streeft men naar zuiveringen doormiddel van hernieuwbare bronnen. Deze zullen ook aanbod komen in de vergelijking die gemaakt wordt bij de keuze van hoe de luchtfiltratie uitgevoerd kan worden. Het "smart" home systeem moet erin voorzien dat allee parameters en meting bewaakt worden zoals in een productieproces, waarbij het gerealiseerd product bewaakt wordt door de meet- en regeltoestellen. Elk huis wordt een producent van goederen en diensten, in een steeds groeiend gedecentraliseerd netwerk van energie-uitwisseling, product uitwisseling, luchtuitwisseling, voedseluitwisseling.

Hier in dit eindwerk leg ik voornamelijk mijn focus op het elimineren van koolstoffilters, hepa filters, ... die niet herbruikbaar zijn en afvalopstapeling veroorzaken. De toepassing zal huishoudelijk worden uitgewerkt omdat dit een aanvaardbare schaal is voor proefondervindelijk onderzoek. Er zullen verschillende casus worden gegeneerd. De maatstaf waaraan deze met elkaar vergeleken worden is: energieverbruik, alsook uitvoerbaarheid op grote schaal bij veel woningen, met beperkte middelen, resultaat luchtfiltratie.

Energieverbruik zal berekend worden in kWh per 75% gefilterde lucht.

Luchtfiltratie zal proefondervindelijk opgesteld worden met metingen aan de hand van de beschikbare meettoestellen. Deze zullen ook geïmplementeerd worden in het automatisatie gedeelte van de het systeem voor de bewaking van stoffdeeltjes in de woning.

Uitvoerbaarheid, er wordt enkel gebruik gemaakt van componenten die verkrijgbaar zijn onder een bepaalde prijs en componenten die kunnen worden uitgeprint door een 3D printer. Dit om de uitvoerbaarheid op grote schaal te kunnen garanderen mits het karakter van een open source licentie zal worden aangewend voor het apparaat en de home automatisatie.

De sturing zal vrij eenvoudig zijn, enkele ingangen en uitgangen die bewaakt worden door een PLC. De kostprijs van deze PLC en de eenvoudigheid van programmatie alsook de nodige modules zullen dienen voor de keuze van beschikbare borden, PLC's, ...

## 1.5 Lijst van figuren en tabellen



## 1.6 Lijst van afkortingen en symbolen

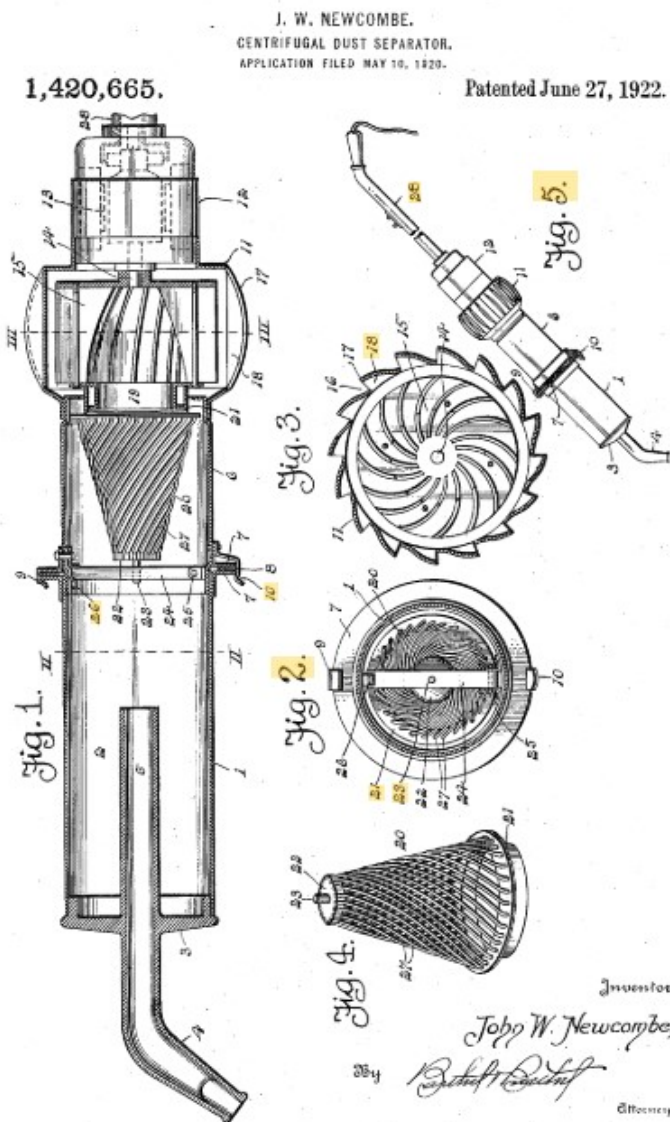
I <sup>2</sup> C	Inter IC-(bus)

## 2 Voorbereiding onderzoek

### 2.1 Verkennend onderzoek

#### 2.1.1 Mechanisch

Het apparaat/concept is gebaseerd op een ontwerp dat reeds gebruikt wordt in stofzuigers enkele voorbeelden van deze zijn de Rainbow en de hydra. Deze claimen een luchtzuivering van 99,9% te garanderen op hun



websites en in

hun beschrijvingen.

Het patent die beschrijft hoe deze toestellen werken dateert van 1920 en is geplaatst geweest door John W. Newcombe. Hij noemde zijn uitvinding de "Newcombe Separator". Er zijn elementen aan het ontwerp die opvielen en konden toegepast

worden bij de luchtzuiveraar die ik wens te ontwerpen. Het werkingsprincipe van de separator heb ik verder te onderzoeken en zien welke vorm of model best zou dienen voor de toepassing.

Een passage uit dit:

"Patent US1420665A

CENTRIFUGAL DUST SEPARATOR. APPLICATION FILED MAY 10, 1920.

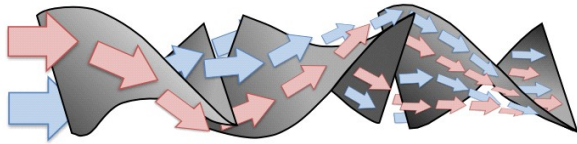
Patented June 27, 1922."

"A. conical separator member formed of a plurality of longitudinally and spirally extending wires, provides an extended perforate surface through which the air passes freely and at the same time presents an extended surface into contact with which the dust particles come as the air passes through the member. The rapid rotation of the conical member insures the contact of the wires with every particle of dust carried by the air. Before such particle can pass between the wires and when such particle comes in contact with a wire, it is deflected or set into rapid rotation and is either thrown off laterally at once by centrifugal force or deflection or passes longitudinally along the wire toward the enlarged upper end or head 21 where it will be, caught by the head and then thrown off laterally by centrifugal force. The spiral direction of the wires assists in the travel of the dust particles along these wires toward the large end of the cone where the centrifugal force is greatest."

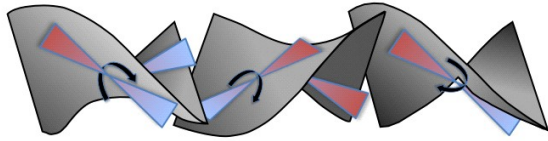
De ingevoerde lucht zou normaal niet zo vervuild zijn dat er aanslag komt op de rotoren of schade zou kunnen opleveren aan de rotor of motor. De standtijd van de rotor zou hierdoor niet in gedrang komen, dus ipv een enkele aanzuigmotor te gebruiken met een separator lijkt het mij interessanter om met een perszijde te werken die lucht in het waterreservoir blaast.

Een statisch mixer om de lucht te mengen met waternevel en botsingen te veroorzaken. Het ontwerp van een statische mixer kan verschillende vormen hebben. Om de beste menging te veroorzaken zijn er verschillende programma's waarbij stromingen kunnen gesimuleerd worden zoals SolidWorks, stromingsleer is een volledig vak in de ingenieurswetenschappen. Mijn onderzoek kan verder uitgebreid worden als ik verder studeer aan de Hogent, maar het lijkt me niet mogelijk dat ideaal voor te stellen omdat het fluidum en de lucht steeds een andere samenstelling heeft naargelang er meer of minder stofdeeltjes zich in het water bevinden en ook omdat de focus daar niet op ligt in deze scriptie, perfectioniseren is voor later.

Op dit moment moet het 3D printbaar zijn en heb ik enkele voorbeelden gevonden.



Flow Division



Radial Mixing



Water wordt toegevoegd door een kleine openingen in de aanvoerbuiss, het venturi-effect en de statische druk van het water in het reservoir zullen een straal genereren waardoor de lucht passeert. De kleinere stofdeeltjes worden zo gevangen in een waternevel-net.

### 2.1.2 PLC, programmatie, elektrisch

Bij het zoeken naar goedkope oplossingen voor een testopstelling te maken ben ik bij een Arduino UNO of Arduino MEGA uitgekomen. Mede omdat hier heel veel informatie over te vinden is alsook dat er heel veel voorbeelden van programmatie voor bestaan en dat het een zeer gebruiksvriendelijk platform is. Een Siemens PLC had ook mogelijk geweest en de programmatie waarschijnlijk makkelijker maar daar is dan weer veel minder informatie over te vinden.

De Raspberry Pie was ook een mogelijkheid maar het leek me eenvoudiger met een Arduino te werken, nu is het idd mogelijk om een programma binnen een besturingssysteem te doen lopen maar het lijkt me zeer omslachtig alsook zijn er

factoren die meespelen met de beveiliging van het systeem aangezien het ook zou dienen om een alarm aan te sturen. En die zou ook dan gewoon met een digitaal signaal op een digitale poort uitsturen naar een Raspberry Pie zodat er nog steeds een ontkoppeling van het alarm die een geluidstoon genereert en lichten via relais aanstuurt in het huis om te waarschuwen in geval van brand of inbraak

De sensoren zijn ook vrij goedkoop en hebben meestal een reeds voorgeschreven proefprogramma meegeleverd. Sommige zijn analoog andere digitaal die hoog of laag signaal sturen. Sommige maken gebruik van data transfer protocollen, deze sensoren kunnen ook gebruikt worden op andere PLC's die het protocol I2C of het seriële universal asynchronous receiver-transmitter (UART met Rx Tx) protocol hebben ingeladen en die juiste poorten hebben en cpu kloksnelheden zodat de data kan ontvangen worden en opgeslagen aan de frequentie waaraan ze wordt verstuurd.

TinkerCAD of Circuit.io heeft een circuitboard bouwer. Hier kan ik het circuitboard op samenstellen van de arduino en ook de behuizing van mijn board uitteken, het laat ook toe het programma te simuleren in een virtuele 2D wereld.

Dit om het toch wat brandvrij in PLA of dergelijke 3D printed plastic te huisvesten. Afhankelijk van het aantal gebruikte modules en het bereik van de 433 mhz communicatie-eenheid. Indien dit vrij beperkt is plaats ik er nog een langere antenne aan, dit zou toch het ontvangstbereik moeten vergroten.

<https://www.tinkercad.com/>

Ik opende het apparaat en hier was het met 1,5V batterijen te doen. Dus dacht ik hoe kan ik hier ergens signaal aftappen om tijdelijk bij het aangaan van het alarm. Er wordt gebruikgemaakt van een 3-punts piezo component

Ook merkte ik op dat er een Rx-Tx-module aanwezig was om te zenden op 433mhz. Dit zou misschien ook te highjacken zijn maar dan heb ik het thuisstation eens in te stellen of te zien of deze bij het aangaan geen signaal uitstuurt dat ik zou kunnen opvangen om door toe sturen naar de logische eenheid. Hoedanook bij de aankoop van het Arduino bord zal er ook een 433 mhz ontvanger bij komen hopelijk is dit voldoende en hoef ik enkel het te ontvangen signaal te nabootsen en niet hun codetaal uiteen te zetten. Dit hangt natuurlijk ook af van welke informatie te vinden is in het ontvangen en verstuurd signaal.

Informatie over de 433 MHZ communicatie module en ook een link naar de module aankoop voor de arduino eenheid.

<https://verstraten-elektronica.blogspot.com/p/433-mhz-communicatie.html>

om uit te zoeken wat signaal gestuurd wordt heb ik een apparaat nodig die het signaal opvangt en het signaal kan vertalen naar leesbare taal even zoeken op het

internet en hier ontdek ik de sniffer om de communicatie tussen de Twee componenten op te vangen.

<https://www.electroschematics.com/433mhz-rf-sniffer/>

ook even opzoeken hoe communicatie tussen componenten verloopt en hier blijkt een soort van data ontvangst te gebeuren op de aanwezigheid van de golf en de afwezigheid. Nu nog de kleinste golf meten in tijd ms (volgens deze bron) bij het verzenden en dan weten we in bits hoeveel data er verstuurd wordt over het signaal. Hopelijk is dit niet teveel data, ik heb voornamelijk eigenlijk toch eerst uit te zoeken of de rookmelder altijd een signaal uitzend bij brand of dit enkel doet indien hij met zijn station verbonden is. Dan ook nog nagaan of er een heen en weer gestuur is op tijdstippen of dat het station in slaapmodus of de melder in slaapmodus gaat.

TinkerCAD heeft een circuitboard bouwer. hier zal ik het circuitboard op samenstellen van de arduino en ook de behuizing van mijn board uittekenen. Dit om het toch wat brandvrij in PLA of dergelijke 3D printed plastic te huisvesten. Afhankelijk van het aantal gebruikte modules en het bereik van de 433 mhz communicatie- eenheid. Indien dit vrij beperkt is plaats ik er nog een langere antenne aan, dit zou toch de ontvangstbereik moeten vergroten.

<https://www.tinkercad.com/>

dus nu even zoeken naar als ik toch een bedrade verbinding plaats hoe ik bij een 3 volt gestuurde rookmelder dit signaal tot aan de zelfbouw logische unit(voortaan PLC genoemd) stuur; opto-couplers in alle maten en groten. Nu is dit voor een scheiding te creëren ten opzicht van de PLC dit om een soort galvanische scheiding te generen in het geval de PLC kortsluit of een hoge piek spanning ondervindt. Maar het is toch niet eenvoudig een te vinden onder 3,3V. Hier al wat onderzoekwerk gecummuleerd. Miss komt dit van pas als ik een ander model rookmelder gebruik die op 9 volt werkt

<https://www.onsemi.com/pub/Collateral/FOD053L-D.PDF>

goed ondertussen een gevonden die werkt op 1 tot 1,9 volt. Nu nog enkel kijken wat de uitgangsspanning is want op lange afstanden en hier zal dit toch miss over de 10 m zijn komt er wel wat spanningsval tevoorschijn wie weet is de 5 volt stuurspanning van de PLC niet voldoende en zal ik met solid state relais en 24V moeten werken maar dat is voor een andere dag uit te zoeken.

<https://bestengineeringprojects.com/interfacing-optocoupler-with-arduino/>

dan ook even het schema om zelf een te maken en hoe ongeveer dit er moet uitzien, als ik het gewenste component niet in een kant en klare PCB vind.

<http://img.banggood.com/file/products/20171225211906Schematic-MOSFETRelay.pdf>



## 2.2 Probleemstelling

Vervanging van een HEPA-filter door middelen die dezelfde technieken toepassen voor filtratie, maar automatisch stuurbaar zijn en die geen afval achterlaten en duurzaam in te zetten zijn.

De uitwerking van een automatisch systeem die detecteert hoeveel energie er hoeft in de luchtfiltratie te gaan om optimaal zuivere lucht te leveren, alsook hoe vaak het systeem zich hoeft te spoelen.

## 2.3 Onderzoeksmethode en aanpak

### 2.3.1 *Emperische onderzoek,*

Mogelijkse oplossingen testen en staven aan aan reeds gekende en bekritiseerde onderzoeken, die te weerleggen zijn via de theoretische modellen en daarop bouwen

Onderzoek om door systematische observatie en/of meting samenhangen tussen verschijnselen te ontdekken of te toetsen. Een belangrijke subcategorie is experimenteel onderzoek.

Gevonden op <https://www.cultureelwoordenboek.nl/psychologie-en-sociologie/empirisch-ond>

### 2.3.2 *Trial and error*

Het herhaaldelijk herbekijken van uitvoeringen van het model en de programmatie. Dit kan deels door simulatie, maar ook in praktijk. De componenten zijn goedkope test platformen die ingezet kunnen worden bij de "proof of concept" en meetresultaten kunnen worden vergeleken om effectiviteit te bepalen.

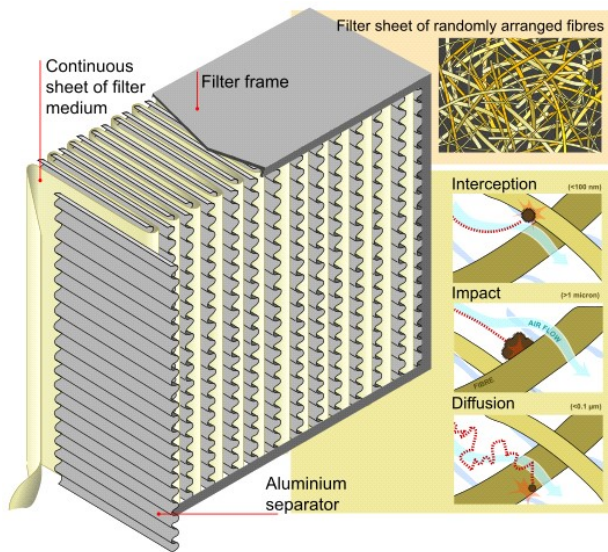


## 3 Literatuurstudie

### 3.1 HEPA-filter

Volgens Wikipedia is een HEPA filter een klassering voor de filtratie van de lucht. HEPA is de afkorting voor "High Efficiency Particulate Air" die tussen minimaal 85% en maximaal 99,99995% van alle stofdeeltjes van 0,3 micrometer tegenhouden en dus ook grotere stofdeeltjes, maar ook kleinere.

Een Filter werkt op 3 specifieke technieken; Diffusie (Diffusion) , Inertie (Interception), Inslag (impact).



Diffusie zal ervoor zorgen dat stofdeeltjes kleiner dan  $0,3\mu\text{m}$  gevangen worden door de turbulentie, dit zorgt ervoor dat de deeltjes afdwalen en op een van de vezels landen.

Inertie zal ervoor zorgen dat de grotere deeltjes die te zwaar zijn om de luchtstroom te volgen door de zwaartekracht of door de 2de wet van newton, een voorwerp in beweging hoeft een externe kracht om deze rechtlijnig beweging aan te passen van richting, indien de kracht van de luchtstroom

niet sterk genoeg is of de massa van het stofdeeltje te hoog zal dit stofdeeltje afwijken van de luchtstromen gevangen worden door een van de vezels

Inslag zal een stofdeeltje, die te groot is om door diffusie of te klein om door inertie te vangen, ervoor zorgen dat bij het inslaan het stofdeeltje verpulverd tot kleinere stofdeeltjes die dan wel door inertie gevangen worden.

Een HEPA-filter is gespecificeerd in [Europese Norm](#) 1822:2009 van de [Europese Unie](#). Hierin staan verschillende klassen van HEPA-filters:

HEPA-klasse	Retentie (totaal)	Retentie (plaatselijk)
E10	> 85%	---
E11	> 95%	---
E12	> 99,5%	---
H13	> 99,95%	> 99,75%
H14	> 99,995%	> 99,975%
U15	> 99,9995%	> 99,9975%

U16	> 99,99995%	> 99,99975%
U17	> 99,999995%	> 99,9999%

## 3.2 Eigenschappen van stof

De woordenboek definieert stof als kleine deeltjes of een chemische groepering van een soort materiaal.

Voor dit onderzoek gaan we niet in op de chemische samenstelling van stof, dit zou te tijdrovend zijn, die heel variabel is van locatie en van omgeving en elementen in die omgeving. In dit onderzoek is het niet de bedoeling om enkel een bepaalde klasse van stofdeeltjes of een element te zuiveren. Enkel de omvang van het stofdeeltje en de gemiddelde soortgelijke massa zal te pas komen. Dit is ook heel moeilijk om te bepalen, dus zal een grote deviatie zitten tussen bovenste en middelste gemiddelde. Mochten berekeningen nodig zijn om iets te staven, dan gaan we ervan uit dat het voornamelijk huiselijk stof is. Bestaande uit hout, steen, huid, plastics, voedsel... al deze composieten hebben in hun eigen klasse ook nog eens een zeer variërende soortgelijke massa.

Er zijn al meerdere onderzoeken gedaan naar waaruit huisstof bestaat, de enige conclusie die ik hier merkwaardig aan kan meenemen is dat huisstof een zeer heterogene samenstelling heeft. Hierdoor voel ik me verplicht te beperken tot de afmetingen van de stofdeeltjes. Wel ga ik er van uit dat de stofdeeltjes heel klein zijn, het gewicht zal dan in de grootorde nano-grammen zijn. Er is dan maar een heel kleine kracht nodig om de deeltjes van richting en snelheid te veranderen.

De inwerking van de zwaartekracht is zo minimaal, dat de wrijvingskracht met de luchtdeeltjes waartussen de stofdeeltjes zich bevinden elkaar bijna opheffen. Elke beweging of luchtverplaatsing zal een daling richting de aarde voor een geruime tijd zeer impactvol aanpassen.

### 3.3 Basisbegrippen druk en luchtverplaatsing.

De grootte druk,

Druk is een hoeveelheid kracht die uitgeoefend wordt op een bepaald oppervlakte.

$$P = F/A$$

Hier op aarde zitten we in een gesloten systeem, volgens de nulde hoofdwet van de thermodynamica: als een systeem A en C in evenwicht is, en C en B in evenwicht dan is ook A en B in evenwicht. Dus analoog kunnen we hieruit afleiden dat de drukzones van verschillende gebieden in evenwicht staan met elkaar.

Passen we de gaswet toe op de lucht van de aarde en bekijken we de verschillende regio's als in evenwicht staande systemen in een geheel. De gaswet voor 2 systemen (regio's) in evenwicht:

$$P_1.V_1/T_1 = P_2.V_2/T_2$$

Indien de temperatuur stijgt in de eerste regio, zal dit een effect hebben op de grootheden druk en of volume van de eigen regio of andere regio. Stel nu dat de luchtdruk gelijk blijft maar het volume stijgt, hierdoor verandert het volume van de rondomliggende regio's. Deze uitzetting van de lucht, en vermindering in luchtdichtheid bij een drukzone/regio, zorgt voor de luchtverplaatsingen, deels door het veranderen in volume en deels door convectie.

Het begrip convectie kan worden uitgelegd doordat vloeibare stoffen en gassen drijven op elkaar naargelang hun massadichtheid. Waarbij een verwarmt huis lucht uit het huis zal duwen richting de atmosfeer aangezien de luchtdichtheid van die lucht gedaald is bij het verwarmen. Het principe van aan luchtballon maakt ook gebruik van een temperatuurstijging om te stijgen of te dalen in de lucht door de luchtdichtheid aan te passen, en dus de drijvende eigenschappen van de lucht die zich in de ballon vindt.

### 3.4 Arbeid, vermogen

De definitie van arbeid; is het scalair product van een kracht  $F$  en een weglengte  $\Delta s$ , waarover de kracht wordt uitgeoefend.

$$W = F \cdot \Delta s$$

Met:

- $W$  de arbeid die het systeem levert aan zijn omgeving [J]
- $F$  de kracht die de omgeving uitoefent op het systeem [N]
- $\Delta s$  de afstand van de verplaatsing van het systeem ten gevolge van de kracht  $F$

Deze formule kan herleid worden naar een die vanuit volume en druk de arbeid vormt.

$$W = F \cdot \Delta s$$

$$W = F/A \cdot A \cdot \Delta s$$

$$W = P \cdot A \cdot \Delta s$$

$$W = P \cdot V$$

De arbeid  $W$  is een afgeleide van het vermogen  $P$  die arbeid per tijdsinterval voorstelt.

$$P = W/t,$$

Het vermogen is ook een grootheid die toegepast wordt in de elektrische toestellen. Dus een motor die een schoep aandrijft zal een bepaald vermogen moeten kunnen leveren om een bepaalde druk en volumewijziging te veroorzaken.

Rendement  $n$  toont aan hoeveel van het vermogen nuttige arbeid verricht en hoeveel verloren gaat aan temperatuur of wrijving. Bij elke overbrenging is er verlies.

$$P = U \cdot I$$

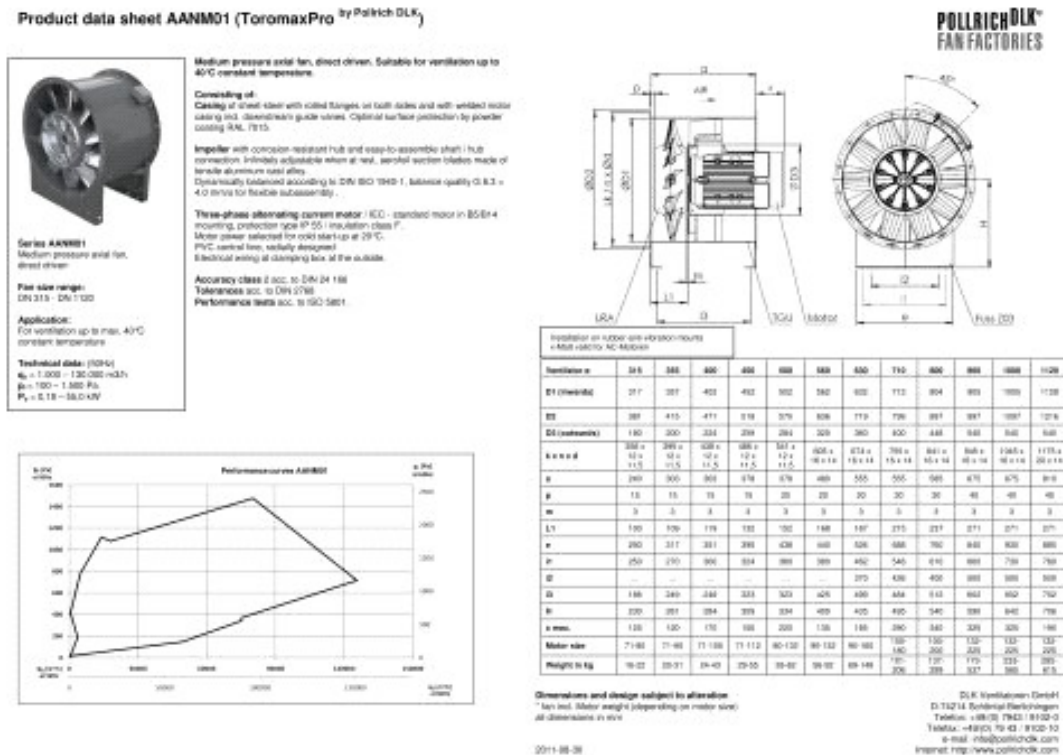
Dit zijn meetbare waarden en zo zou ik het rendement kunnen berekenen van de elektrische energie die in de machine wordt verbruikt en hoeveel werkelijke arbeid dit oplevert,

Kan ook via een Watt-meter, deze meet beide  $U$  en  $I$ , tijdelijk is deze misplaatst

## 3.5 Ventilatoren, luchtdebiet, werkpunt installatie

Ventilators windkracht of druk vermogen berekenen bij een bepaald vermogen, hoe doe je dat? Het zal zeker iets te maken hebben met de oppervlakte A van de schoepen van de ventilator, en de buiging van de schoep.

Meestal levert de producent een degelijke datasheet met daarop het vermogen, stuwkracht, windsnelheden op in grafieken. Wat me al opgevallen is, is dat dit niet een lineair is over de hele curve



### 3.5.1 Luchtdebiet

Dit is de hoeveelheid lucht die verplaatst wordt binnen een bepaalde tijdseenheid, bij ons meestal uitgedrukt in m³/h, al worden l/s, m³/min. of m³/sec ook vaak gebruikt. Er is een formule die de relatie tussen luchtdebiet en oppervlak voorstelt.

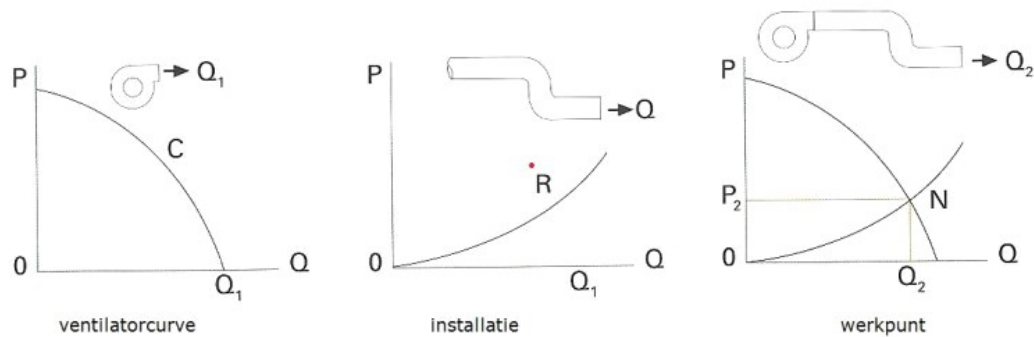
$$Q = V * S \text{ (m}^3/\text{h)}$$

V = lichtsnelheid (m/sec).

S = doorsnede van het luchtkanaal (m²)

### 3.5.2 *Werkpunt installatie*

Dit is het snijpunt van de ventilatorkurve en de weerstandskarakteristiek van de leidingen – installatie, m.a.w. het drukverlies van de installatie.



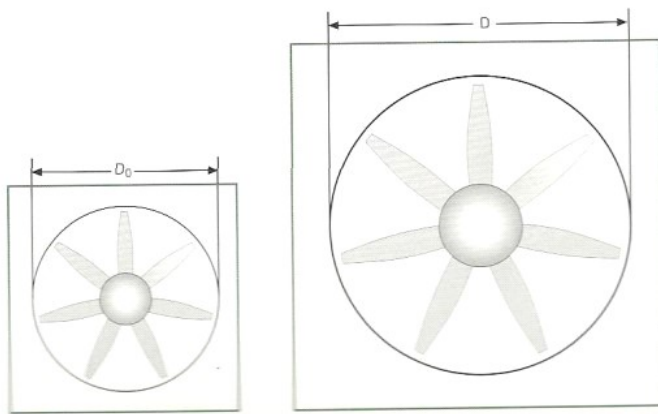
### 3.5.3 *Ventilatorwetten*

Luchtdebiet	$q_v = q_{v0} (D_r/D_{r0})^3$
Druk	$P_f = P_f (D_r/D_{r0})^2$
Geluidsruid	$L_{wt} = L_{wt} + 70 \log D_r/D_{r0}$

Met D en D<sub>0</sub> die diameter van de ventilator doorgang.

P<sub>f</sub> de gerealiseerde druk vanuit het kracht perspectief.

Lwt de geluidsbelasting van de windturbine.





### 3.6 Reynoldsgetal en viscositeit

Het reynoldsgetal, soms getal van Reynolds, is een dimensieloze grootte uit de stromingsleer. Het wordt gebruikt om te bepalen of een stroming laminair is of turbulent, maar ook om similariteit tussen twee verschillende stromingen weer te geven. Dit kan nuttig zijn als men het gedrag van een vliegtuigvleugel of een waterstelsel wil onderzoeken met een schaalmodel.

Het reynoldsgetal  $Re$  is vernoemd naar Osbourne Reynolds (1842-1912); de waarde wordt gevonden met:

$$Re = v \cdot L \cdot \rho / \mu$$

$$Re = v \cdot L / \nu$$

$v$  = Karakteristieke snelheid (bij een buis doorsnede-gemiddelde stroomsnelheid)  
[m/s]

$L$  = Karakteristieke lengte (in het geval van stroming door een buis is dit de diameter)  
[m]

$\rho$  (Rho) = dichtheid van het stromende medium [kg/m<sup>3</sup>]

$\mu$  (Mu) = Dynamische viscositeit van het stromende medium [Pa·s] met

$\nu$  (Nu) = Kinematische viscositeit van het stromende medium [m<sup>2</sup>/s]

De grootheden, dynamische en kinematische viscositeit hun beginselen:

De Dynamische viscositeit (Pa·s), of in SI-basiseenheden kg·m<sup>-1</sup>·s<sup>-1</sup>

$$\mu = K \cdot (\rho_1 - \rho_2) \cdot t$$

$\mu$  = dynamische viscositeit in cP (centipoise)

$K$  = kogelconstante in cP·cm<sup>3</sup>/(g·s)

$\rho_1$  = dichtheid van de kogel in g/cm<sup>3</sup>.

$\rho_2$  = dichtheid van de vloeistof waarvan je de viscositeit wil bepalen in g/cm<sup>3</sup>

$t$  = looptijd van de kogel in seconden.

De kinematische viscositeit ( $\nu$ ).

$$\nu = \mu / \rho$$

$\nu$  = kinematische viscositeit (m<sup>2</sup>/s)

$\mu$  = dynamische viscositeit (Pa·s)

$\rho = \text{dichtheid (kg/m}^3\text{)}$

## 3.7 Arduino

### 3.7.1 *Wat is een arduino*

Een gebruiksvriendelijk klein prototyping board, heel wat in en uitgangen; analoog en digitaal, alsook enkele communicatieprotocollen zoals UART, RxTx (serieel), I<sup>2</sup>C. Open-source laat toe dat iedereen ze kan maken en aanpassen en de broncode ter beschikking is gesteld voor het publiek

In 2005 zag de eerste Arduino UNO het levenslicht. Dit gebeurde in Italië onder leiding van Massimo Banzi. De doelstelling was; hobbyisten en makers een eenvoudig en toegankelijk platform te ontwerpen, die dient als stepping stone in de wereld van microcontrollers.

Hierbij is de Arduino een volledig setup om vlot en makkelijk te werken met op te stellen prototyping, alsook heel wat informatie, voorbeelden, alsook tutorials, ... zijn beschikbaar op Youtube en forums. Zoals bvb. John Mcworther zijn channel. Een zeer levende community, zeer lage prijzen, dit aangezien er niet aan industry eisen moeten worden voldaan; IP-graad, levensduur, kwaliteit, ... spelen een rol in het succes van Arduino.

Al hebben de Arduino's de reputatie een kauwgombak PLC, kunnen deze kleine microcontrollers best wel concurreren tegen de grote fabrikanten door hun gebruiksvriendelijkheid en functionaliteit. Meeste industriële PLC's worden standaard geleverd met maar enkel digitale input en outputs, wens je analoge IO? Dan zal je een extra module mogen aanschaffen.

Alleen is de 5v logica iets te laag om lange afstanden de overbruggen. Nu zal er wel ergens een uitbreidingsboard bestaan die via transistoren alle ingangen en uitgangen omzet naar 24V logica, en de analoge waarden van 0-10V of 0-20mA bij industriële PLC's. Terwijl bij de Arduino dit 0-5V is die de analoge waarde zal leveren. Een dubbele weerstand van gelijke waarde en in het midden aftakken levert al een reductie van 0-10v naar 0-5 volt en ditzelfde kan toegepast worden bij de 3,3v met 2 weerstanden met respectievelijk 2/3 en 1/3 van de waarde. Mogelijkheden genoeg om deze toe te passen zelf in de industrie, mits wat aanpassingen en een IP rated casing.

Er zijn redelijk wat verschillende versies van de Arduino. Zoals de Leonardo, Due, Mega, Genuino, ... voor dit project, heb ik gekozen voor de Mega2560, 5volt logica en 50 digitale I/O en 15 analoge ingangen. Goeie commentaren online en van vrienden.

Voor de sensoren heb ik mij de break-out boards en boards van Grove besteld en Seeedstudio, deze twee producenten leveren kwalitatiever materiaal dan rechtstreeks van Ali-express uit china het laten opsturen.

Laatst daar nog 3 LCD-schermen gekocht voor 1/3 van de prijs van een Grove scherm. Na een half uur aangesloten te zijn, kwamen er plots vreemde symbolen op het scherm, in alle paniek het programma doorlopen, dan maar een ander scherm met een andere convertor aangesloten (weliswaar van dezelfde batch waarschijnlijk). Net hetzelfde probleem, heel even schrik dat ik de Arduino had opgeblazen. Nee gewoon slechte convertoren van china, aan 75cent en 3u verwarring. Goed dat was dan weer wat extra oefening bij het opsporen van fouten en storingen.

### *3.7.2 Programmatie: C++, Arduino IDE*

De programmatie van de Arduino gebeurt via een Arduino IDE, dit is de software debugger en compiler waarmee je je programma in de Arduino laadt. Zeer intuïtief programma, gewoon de juiste versie selecteren en klaar om up te loaden.

De Syntax lijkt heel sterk op C++, dit is wel een volledig andere manier van werken dan met ladder diagram of met functieblokken. Aangezien er veel mogelijk is, niet specifiek functie gericht en je de functieblokken zelf kan opbouwen, is er meer mogelijk op fouten in de code of het programma, jammer dat we dit niet gezien hebben tijdens onze opleiding. Nu heb ook al met Structured Tekst of ST programmatie taal gewerkt, bij Siemens PLC's, kan je hiermee zelf een functieblok creëren. Daarin schrijf je code als tekst van uit te voeren acties, de taal staat beschreven in de IEC61131 maar is gebaseerd op Pascal. Alhoewel de gelijkenis van programmeren en tekststructuur met arduino of C++, paste ik enkel de code aan bij troubleshooting. Er is toch een merkbaar verschil tussen code kunnen lezen of kunnen schrijven. Voor uitgebreide functies en variabelen te raadplegen verwijs ik door naar de pet nodig zijn er bestaan uitbreidingen en Syntaxcompilers waarin je in ladder kan programmeren met de syntax/Language Reference:

<https://www.arduino.cc/reference/en/>

Mocht h en en dan dit programma omvormt tot bruikbare code voor de arduino, maar deze programma's zijn vrij log en schrijven de programma's veel te zwaar gewoon om in ladderfunctie te kunne programmeren, dit is zeer geheugen intensief voor de arduino MEGA2560, die toch ietwat beperkt is tot 256kB en 8kB SRAM en bij een uno zelf maar 32kB en 2kB.

## 3.8 Communicatie tussen IC's

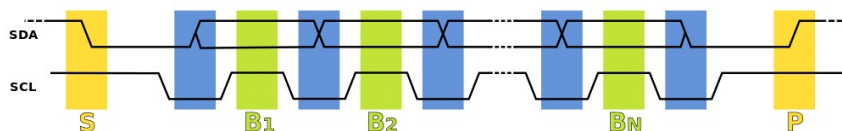
Er zijn heel wat communicatieprotocollen, maar aangezien ik maar van 2 gebruik zal maken namelijk I<sup>2</sup>C en Seriële communicatie zal ik voornamelijk in deze twee verdiepen.

Er zijn 2 mogelijkheden om signalen te verzenden, parallel voor elke bit is er een aparte draad nodig of seriëel een draad waar de signalen van 8 bit zullen verstuurd worden in achter elkaar. I<sup>2</sup>C is ook een vorm van seriële communicatie alsook UART of SPI

UART staat voor Universal Asynchronous Receiver-Transmitter, Deze maakt gebruik van 2 draden een voor het zenden van Data en een voor het ontvangen. De Ontvanger en zender zijn beide afgesteld op een bepaalde Baudrate, parity bit, character length en stop Bit. Als deze baudrate niet in de beide controllers hetzelfde is ingesteld zal de data niet vertaald kunnen worden. Er is namelijk geen kloklijn maar enkel een afgesproken aantal bits per seconde, van zodra data verstuurd wordt, start de ontvanger met het tellen in het midden van de bit hoog aan de afgesproken baudrate (bvb 9600Kb/s)

I<sup>2</sup>C staat voor Inter Integrated Circuit en is ontwikkeld door Phillips in 1979 zodat de televisie en toebehoren met elkaar kunnen afstemmen en communiceren, aansluiten van uitbreidingen videorecorders, ... dit als een goedkoop betrouwbaar alternatief tegenover de destijds databussen. Eerder was de datatransfer wat weinig namelijk 100kbit/sec en storingsgevoelig bij lengtes langer dan 3m, maar dit is ondertussen opgelost met Speciale buffer-IC's en er zijn ook al snelheden in de 5ghz range.

Het werkt op basis van twee buslijnen, namelijk SDA (serial data) en SCL (serial clock). Over de SDA-lijn wordt de data verzonden en over de SCL-lijn wordt het kloksignaal verzonden.



De werking van I2C dataoverdracht:

Data verzenden wordt geïnitieerd met een STARTbit (S) die de SDA het signaal geeft om omlaag getrokken te worden, terwijl de SCL hoog blijft.

SDA zet de eerste data-bit gelijk, terwijl SCL laag gehouden wordt (gedurende de blauwe tijdsbalk.). De data worden ontvangen als SCL naar omhoog gaat (groen).

Als de overdracht compleet is wordt een STOP-bit (P) verzonden door de datalijn vrij te geven en deze zo in staat te stellen om omhooggetrokken te worden, terwijl SCL

continu hoog gehouden wordt. Dit wordt ook wel de ACK van acknowledge genoemd

Ten einde valse detecties te voorkomen wordt het niveau van de SDA veranderd op de dalende flank (overgang van hoog naar laag) van SCL. Het uitlezen gebeurt op de stijgende flank (de overgang van laag naar hoog) van SCL.

De Master stuurt een oproep uit naar een bepaald adres op de bus, alles gebeurt in sequenties van 8 bit de eerste bit is de read/write bit daarna volgt het adres. Er zijn  $2^7$  adressen beschikbaar hierdoor kan je theoretisch 128 devices met elkaar connecteren, de master zelf heeft geen adres. Nu wijkt dit wel af in de praktijk omdat sommige adressen niet beschikbaar, aangezien die voor bepaalde doeleinden zijn toegewezen.

Er zijn voor- en nadelen aan. Het is gemakkelijk aan te sluiten en er kunnen heel wat devices met elkaar praten op 2 busdraden. Wel moet je opletten bij het aansluiten op de inwendige weerstand van alle I<sup>2</sup>C apparaten. Normaal om de lijn SCL en SDA hoog te houden heb je een pull-up weerstand nodig van 200Ohm tot 4K7Ohm op elke lijn nu, aangezien je al deze devices parallel aansluit en de vergelijking  $1/R_{tot} = 1/R_{dev1} + 1/R_{dev2} + \dots$  Kan je plots met een te lage weerstand zitten en dan zal de transistor die de bus aanstuurt overbelast worden.

### 3.9 Rapid proto-typing, 3D-printing, CAD

Aangezien ik het ontwerp van een separator ga ontwikkelen en er iets meer detail in verwerkt hoeft te zijn, heb ik mijn trouwe tinkercad platform gelaten en mij aan fusion360 gewaagd.

Het modelleren met fusion gaat vlot je kan vanuit een 3D perspectief ontwerpen, waardoor je rapper fouten opmerkt en iets meer feeling hebt met het model dan bij AutoCAD. Het gebruiken van schetsen, die je 2D tekenend op vlakken, zoals in AutoCAD, kunnen eenvoudig en snel omgevormd tot 3D body. Het is natuurlijk niet zo eenvoudig als blokken op elkaar stapelen. Voor heel simpele designs raad ik nog steeds iedereen tinkercad aan, en zou ik zelf eerder dat platform gebruiken.

Er zijn wel enkele minpunten aan Fusion, zoals de het feit dat het web-based is. Het CADmodel valt niet te bewerken zonder een internet-verbinding. Maar het vervelendste voor mij persoonlijk, is de rechtmuisknop, die niet kan aangepast worden. En tot dusver elke knoppen combinatie. Instellen is niet mogelijk, dit is prefab bepaald en er valt hier niets aan te wijzigen in de webclient. De leercurve bij fusion is iets stijler dan bij bvb; TinkerCAD. De creative vrijheid en functies zoals circular pattern, maar ook de vlotte vereniging van functies uit autoCAD, of afgekeken van solidworks, de duidelijke GIU, ... Het zijn deze elementen die het de moeite maken. Even een dag of 3 inzetten, met heel wat links-muis geclick, en je beheerst in beperkte mate het fusion360 tekenpakket. Hiermee bedoel ik dat je een functioneel design kan ontwerpen, niet dat je er een leonardo van davinci kan repliceren.

Nog een handige functie; is de mogelijkheid om in een vorm of model een vlak aan te klikken en dan "in plane" te selecteren en op Sketch te drukken. De tekenopties van de 2D sketch tool verschijnen in de ribbon en dat specifieke vlak die je op een 3D model hebt geselecteerd, daar kan je nu een 2D schets maken die je dan kan extruderen of revolven rond een as of punt.

Fusion360 bewaart elk gebruikte plane, alsook elke schets, in het ontwerp. Bij een revisie kan je heel eenvoudig wijzigingen uitvoeren van de originele schets. Er wordt gebruik gemaakt van een timeline, deze optie kan je uitzetten, afhankelijk van je voorkeur of geprefereerde werkmethode. De timeline laat toe om terug te gaan naar een schets gemaakt in het begin van het ontwerp, je kan die schets bekijken, maar ook aanpassen. Een aanpassing van een schets op de tijdlijn, zal de gegenereerde body aanpassen. Houd wel rekening met het feit dat je alle vooruitgang verliest, eens je een wijziging in de tijdlijn uitvoert. Je moet terug vanaf die schets alles wat daarop volgde, hertekenen. Ik raad dus ook aan deze functie dan ook enkel in kleine onderdelen te gebruiken waar niet veel modelleerwerk voor nodig is. Heel gesegmenteerd te werk te gaan is ook een optie om niet meerder uren aan werk te

verliezen. Mocht je kiezen de functie "timeline" uit te zetten, zullen wijzigingen in de schetsen die eerder zijn gemaakt, geen invloed hebben op reeds gegenereerde bodies.

Je kan je model opsplitsen in componenten die dan op hun beurt bestaan uit meerdere bodies. Deze componenten kan je makkelijk verbergen om beter zicht te hebben op een specifiek component van het geheel, links heb je de tree ter beschikking dit is een lijst met alle schetsen, alle bodies, en de componenten die je vormt met de bodies. De offset panes die je hebt gebruikt zijn hier ook beschikbaar. De timeline is onderaan zichtbaar.

Er zijn heel wat elementen van AutoCAD overgenomen in Fusion360, handig want die functies heb je dan al onder de knie van in de lessen. Een simulator manufacturing waar je een simulatie van het te verkrijgen model aan de hand van een milling process kan uitwerken. Dit is een vorm van lean design. Er wordt al vanuit het design gecontroleerd of het wel mogelijk is om het model te maken met de beschikbare middelen. Ook kan je functionele physics toepassen zoals bij inventor maar dit is niet mogelijk in de gratis versie. Ook is er geen flowsimulator voor fusion360, terwijl je dit wel vindt in NX, Solidworks of Inventor, met een uitgebreide analyse van de CFD (Computational Fluid Dynamics). Natuurlijk hebben die enkel een premium versie ter beschikking voor het publiek, die een flinke zak spaargeld kost. Na wat googelen had ik openFOAM gevonden en dit is een CFD waar je een STL-file kan in laden, gratis en opensource, maar zowiezo zal er wat tinkeren en tutorials moeten bekeken worden want dat zag er helemaal niet zo plug-and-play uit.

Een 3d Printer kost vandaag niet zoveel meer als een inkjet printer in 2000, ik ga ervan uit dat iedereen binnen dit en 10 jaar een 3d printer in huis zal hebben. Zoals het gemak van een gewone printer om altijd documenten te kunnen printen, iets wat vandaag zelf al wat voorbijgestreefd is, meeste document hebben al digitale alternatieven.

Het is ook gewoon een gemak, plastic leggetje gebroken van de legplank in de kast, ontwerp er eentje en printen. Draaiknop van de chauffage afgebroken, even iets tekenen en klaar. Een organisator, collectibles, ...

Ik heb zelf gekozen voor een resin printer namelijk de Photon Zero, de hoge kwaliteit en scherpe detail in de prints spraken mij aan. Natuurlijk ondertussen heb ik ook gemerkt dat de resins hun voor- en nadelen hebben. Een van de nadelen; ze worden bros bij te lange uitharding, maar daarentegen staat dat je tot 0.01mm laagdikte kan printen. Dit is zelf scherper dan het LCD scherm van de Zero die met de XY-as maar

0.25mm<sup>2</sup> pixels kan projecteren. Kostprijs; 180€ met een liter printmateriaal. Had ik toch beter zijn grotere broer besteld met de grotere build volume en hogere resolutie van LCD-scherm. Ja, maar daar betaal je dan ook 400€ voor.

Voor het printen van ringen en zeer kleine fijne dingen zoals kunststoffen tanden voldoet die, maar ik heb de separator sterk moeten inkrampen om die op mijn printer te kunnen printen. Dus alle 85% geschaald, de cycloon stofafscheider is op 35% van zijn oorspronkelijke formaat geprint, dus daar zijn er meerdere van nodig om die buissectie te halen. Gelukkig zijn de prints bijna haarscherp en zou je op foto het verschil niet merken.



## 4 Eerste ontwerp

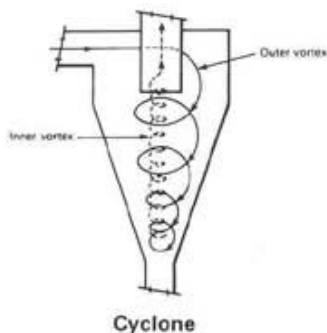
### 4.1 Visualisatie en principe

Een HEPA-filter is een filter die voldoet aan bepaalde eisen, en daarna een klasse wordt toegewezen. Men vertrekt van 1 filterelement. In de toepassing die ik voor ogen heb zou ik de 3 werking van de filterdoek/stof willen mechanisch uitvoeren door 3 verschillende elementen waardoor de filtratie gebeurt. Een semi terugkoppeling van de gefilterde lucht zou kunnen dienen om de voorgaande trappen nog eens te doorlopen maar dat zou pas na testen zijn indien nodig.

Het filtratie membraan een doek, bestaat uit meerdere vezels die willekeurig tegenover elkaar zijn geplaatst en dus geen vaste vorm hebben. Deze vezels slagen erin om op 3 wijzen het stof te vangen of vernietigen.

#### 4.1.1 Inertie

Het eerste worden de grootste stofdeeltjes gescheiden van de aangevoerde lucht. Dit kan door een mazensysteem van buizen te gebruiken waarbij de lucht bij versmallingen zich snel verplaatst dan het stofdeeltje. Maar als er zoveel vernauwingen zijn en verschillende opvangbakken dan wordt het moeilijk om dit te kuisen en zal er met de tijd meerdere plekken zijn waar vuil zich kan ophopen en de functie van de verse lucht alsook het neerslaan van zware deeltjes niet meer efficient of met constante zekerheid uitgevoerd worden. Een settling chamber is hiervan een voorbeeld of een baffle chamber. Een plots obstakel loodrecht op de beweging van de lucht zal ervoor zorgen dat het grote vuildeeltje wordt gesplitst van de luchtstroom die op dat moment zeer turbulent wordt en versneld wordt langs dit obstakel, hierdoor zal het zwaardere vuildeeltje neerslaan in de opvangkamer(s).



Een andere mogelijkheid is gebruik te maken van een cycloon, hierbij zal de lucht een versnelling ondervinden door den neerwaartse spiraal waarbij in het centrum van de cycloon de versnelling in cycloon naar boven toe het hoogst is. Door de centrifugale beweging van de cycloon, zal het stofdeeltje naar beneden vallen of tegen de randgeslingerd worden bij de neerwaartse inkomende cycloon. Hier zal het dan langzaam naar beneden rollen

meegevoerd door de neerwaartse cycloon. De bovenbewegende tegenovergestelde cycloon zal elk resterend stofdeeltje in de buitenste cycloon zwieren, indien het zwaar genoeg is. De versnelling van de lucht kan het stofdeeltje niet mee opwaarts doen bewegen aangezien de centrifugaal-kracht genoeg is om het uit de baan van de cycloon te werpen. Een voorbeeld hiervan zijn de vliegende koeien in Tornado's. De centrifugaalkracht van een tornado zal de koe steeds meer naar de buitenrand

verplaatsen tot het moment dat de koe splitst van de luchtstroom en ervoor zorgt dat de koe uit de tornado vliegt. Bij de neerwaartse spiraal vernauwt ook rand binnen het design, dit zorgt ervoor dat de naar buiten te slingeren afstand steeds verkleint aangezien de straal of diameter van de cycloon verkleint.

De afbuigende kracht [Fmbt] die nodig is om een stofdeeltje met snelheid [v] en een massa [M] op een afstand [R] van het middelpunt te houden;

$$F_{mbt} = M \cdot v^2 / R$$

Fmbt kan dus ook bekeken worden als de windkracht van de lucht, die de vorm van de vortex volgt. Bij een dalende R, de massa M van het deeltje blijft gelijk, zal de snelheid v stijgen van het stofdeeltje of zal de benodigde afbuigende kracht groter worden.

De kracht die de luchtstroom uitoefende op een stofdeeltje, zal op een bepaald moment bij een dalende straal van de cycloon, voor meeste vuildeeltjes met een hogere massa, niet voldoende meer zijn om de centrifugaalkracht Fmbt te evenaren of groter te zijn dan. Hierdoor zal het vuildeeltje zich tot de buitenste rand van de cycloon verplaatsen tot het moment waarbij het uit de luchtstroom wordt geslingerd.

Het toepassen van cycloonfiltratie heeft al geruime gebruik in de industrie bij grote afzuiginstallaties waar er veel stof bij gegenereerd wordt. Zoals poederlakinstallaties, ook bij zaaginstallaties voor het afscheiden van houtzaagsel. Deze cyclooninstallaties zijn wel van een grotere orde, dan wat voor de toepassing in dit project zou dienen. Maar het principe blijft hetzelfde of het nu in kleine schaal of op grote schaal wordt uitgevoerd. Een ander voorbeeld van cycloon afscheiding zijn de Dyson stofzuigers. Hier heeft men al duidelijk het nut en de effectiviteit bewezen van meerdere kleine cycloon generators, die het stof scheiden van de lucht en dus ook vuil die opgezogen wordt aan de stofzuigerbek.

Hier kan je een video bekijken met daarop de werking van cycloon separatie uitgelegd: <https://www.youtube.com/watch?v=tvVj6fx6MNI>

#### *4.1.2 Diffusie.*

Dit is voornamelijk om de heel kleine deeltjes te vangen, hier zou ik gebruik maken van verschillende mediums. Door de lucht door een andere substantie te duwen krijg je een groot verschil in snelheid en vergroot je de kans dat er stofdeeltjes die heel klein zijn gevangen worden in de andere substantie. Voornamelijk met een andere aggregatietoestand.

Stofdeeltjes zijn vaste deeltjes die zich in de lucht verplaatsen. Als we deze lucht nu forceren door een scherm van neerslaande deeltjes vloeistof, dan is er meer kans dat deze vaste deeltjes zich voor een deel in de vloeistof verplaatsen en dus een geheel

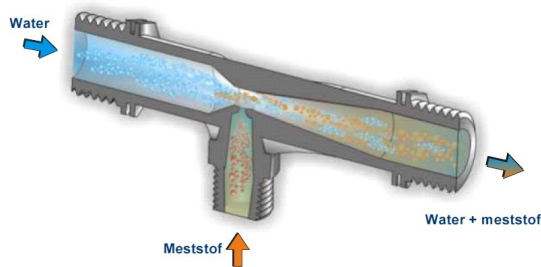
vormen met de vloeistof en ook hun massa vergroot wordt samengesteld met de vloeistof.



Een statische mixer zorgt voor de tubelentie tussen de twee aggregatietoestand en mediums, om zo de vangkans van de stofdeeltjes te verhogen. Dit is besproken in de inleiding.

Een verneveling van water in heel kleine water bellen die terug vlot in het andere water opgenomen worden. De kracht

om dan het stofdeeltje uit de waterbel te halen is dan te groot mede omdat water een visceuse stof is die rondom het stofdeeltje bij het eruit blazen of mechanisch slingeren zich aan het voorwerp kleeft, dit is zeker het geval bij hogere snelheden en die zorgen voor een zeer hoge versnelling. Het water zal zich dan te visceus gedragen, en kleven aan het stofdeeltje en mee bewegen in de richting van de daarop inwerkende kracht. Er is meer kans dat een nieuwe druppel ontstaat, die het stofdeeltje nog deels omringt, zie reynoldsgetal en visceusiteit. Het plan is boven bepaalde snelheden de lucht verplaatsen, zodat zeker aan die snelheid water zicht turbulent zou gedragen in een buis. Nu aangezien dit geen homogene stof is en zelf niet 1 aggregatietoestand is het moeilijk deze aan het reynoldsgetal te toetsen, de bedoeling is dat de snelheid van de lucht hoog genoeg is zodat het water zicht turbulent en visceus gedraagt bij een plotse versnelling door de lucht.



Druk: PN20  
Max. werktemperatuur: 80°C  
Draadaansluiting volgens UNI ISO 7/1

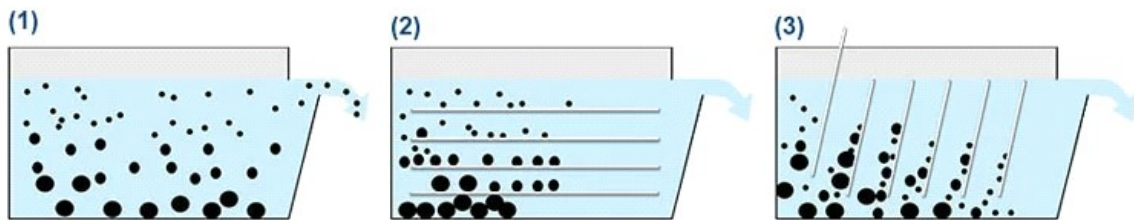
Verder zou ik van het venturi-effect gebruiken, het vacuüm die gegenereerd wordt na een vernauwing van een buis kan dan de aanvoer en verneveling van proper nog niet gebruikt filterwater of gewoon water waarin zich de mixers bevinden, voorzien in de vernevelde vloeistof. De plotse versnelling van dit

water en uitzetting van het water, dat maar met een bepaalde hoeveelheid door de nauwe doorgang komt. Viscose krachten op werken hier om de doorlaat van het water te verminderen. Zodra er deeltjes water door de doorgang zich in het vacuüm bevindt, verandert de volumedichtheid van dat water zo drastisch dat het in micro-deeltjes wordt getrokken door de vacuümkrachten. Er zal zelf een deel in gas omgezet worden om de leegte te vullen met deeltjes. Deze microdeeltjes zijn goede vangmiddelen voor kleine micro stofdeeltjes aangezien die bij botsing niet verder

verkleinen of verbreken in deelhelften tot nog fijnere deeltjes, maar samenklitten door het vloeibare contactoppervlak. Zo kunnen ze een groter deeltje vormen die kan neerslaan.

#### 4.1.3 *Inslag*

Dit is het separator principe die gebruikt wordt in de Rainbow en de Hydra stofzuigers. Een net/rotor aan zeer hoge toerentallen zorg ervoor deeltjes die even snel als de lucht bewegen zullen kapotgeslagen worden op de lamellen of gevangen worden tegen de lamellen en dus uit de luchtstroom verwijderd worden.



Een voorbeeld van hoe een separator eruit ziet is te zien in de inleiding bij het verkennend onderzoek. Het model die uitgewerkt is in dit eindwerk is ook maar een test functie. Een voorbeeld van vloeistof separator techniek bij vloeistof is hieronder zichtbaar.

Bij een vloeistof zijn stilstaande lamellen voldoende. In de lucht zoude teveel lamellen nodig zijn voor de zelfde zuivering te verkrijgen. Dus maak ik gebruik van bewegende lamellen om het contact oppervlakte te vergroten met het gast lucht. Nu heeft elke vorm die wordt gekozen de eigenschap aan zeer hoge toeren ook een luchtverplaatsing teweeg te brengen in de tegenovergestelde richting van de te verplaatsen lucht. Op zich als die trager is, dan zal lucht zich toch nog in de juiste richting verplaatsen en vele malen botsing met de lamellen ondervinden.

#### 4.1.4 *Meertraps-filtratie*

Dus een combinatie van de verschillende elementen hierboven elk met hun specifieke doel zou een even effectieve filtratie van de lucht kunnen bieden als een wegwerpbare HEPA-filter.

Waarbij de cycloon de eerste filter is, daarna door buizen via een ventilator in het water gestuwd. De lucht die in de opvangbak met het water zit, zal zich door de separator verplaatsen en weer vrijkomen in de omgevingslucht. Deze trapsgewijze filtratie zal verder in detail besproken worden bij de 3D te printen componenten.

## 4.2 Printbare 3D componenten

### 4.2.1 De Cycloon

Dit is het eerste onderdeel die ik heb geprint, mede aangezien ik nergens een separator aan een schapelijke prijs kan aanschaffen van Bvb een Rainbow of een Hydra stofzuiger. En de commercieel beschikbare cycloonafscidders met ingangsdiameter 40mm ook al vlot 30€ kosten, toch even zien of ik dit ontwerp niet zelf ga uittekenen.



Gelukkig bestaat er een website als thingiverse, grabCAD, ... Dit zijn heel uitgebreide bibliotheken van designs gemaakt door verschillende mensen, en vrijgegeven onder de Share-a-like licenties. Het design mag gedownload worden en aangepast worden naargelang de licentie; Deze bepaalt of het ontwerp commercieel gebruikt mag worden. TinkerCAD heeft ook

een heel uitgebreide bibliotheek van user made designs

Hierop heb ik dan de "Cyclone dust separator/ vortex filter" gevonden ontworpen door LizzyDesign, met dank aan deze persoon voor het vrijgeven van het ontwerp. Voor meer info over het origineel verwijs ik u graag door naar:

<https://www.thingiverse.com/thing:2018105>



Nu is dit ook nog te groot voor mijn printer. In de bijgevoegde software van de printer; de Photon slicer, heb ik het model geschaald

op 35% en afgeprint; nu heeft de ingangstube een diameter van ongeveer 12mm. Net voldoende om een waterslang van een tuinslang die 12,5mm is aan te sluiten met een sluitband.



#### 4.2.2 De Statische mixer

Ook deze vond ik niet helemaal naar mijn zin in het commercieel bruikbaar traject. Ik heb zitten kijken naar statische mixers die gebruikt worden bij het mengen van 2 component lijmen of in chemische verankering van ijzeren draadstaven in beton of baksteen. Op zich is de vermenging die gebeurt in deze mixers zeer goed maar de deeltjes en onderdelen zijn iets te klein en zouden te rap verstoppingen ondervinden van sediment vuilophoping met water. Het design is voornamelijk gemaakt om eenmalige vermenging van de 2 producten te verzekeren om daarna bij uitharding onbruikbaar te zijn.



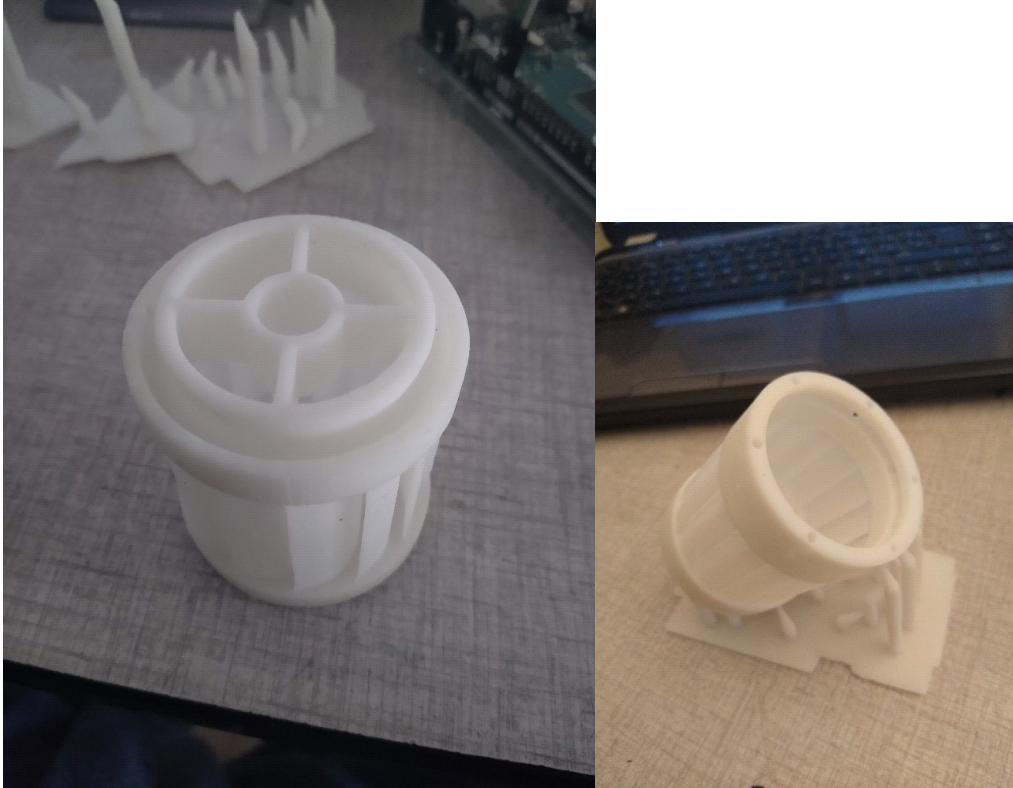
Ik heb een iets minder aantal schoepen verkozen voor een grotere doorgang en water gaten aan de zijkant die ook terug toevoer van waterdruppels zorgen voor reiniging gedurende de werking. Het ontwerp is de eerste keer gemaakt met Tinkercad, daar had ik een dubbele helix omgevormd tot mixer, maar kwam ik tot de conclusie dat de lucht enkel een spiraalbeweging zou ondergaan en dat dus er geen effectieve vermenging zou plaatsvinden door botsingen. Het zou wel de afgelegde weg van de venturi-vernevelde lucht vergroten en mogelijks dus ook de opname van stofdeeltjes in waternevel.

Nu heb ik dit model herzien en fusion360 gedownload. Daar ben ik dan na heel wat proberen erin geslaagd om een 45° verschoven balk met elkaar gestroomlijnd te verbinden. Deze rond een center-as enkele malen gekopieerd, om zo een statische mixer te bekomen. De STL-file in de photon slicer software geopend en gesliced. En toen ik doorheen de lagen van de printen materiaal scrollde, viel het me op dat ik die wand toch iets dikker had mogen maken voor stabiliteit. Nu de 3<sup>de</sup> versie al ver, met verdikte wanden. Toch heb ik de vorige versie ook op de buildplate geplaatst om te kijken of ik het mis had; niet dus. Hieronder kan je het verloop van de statische mixers bekijken. Van versie 1 tot 3 van links naar rechts.

#### 4.2.3 *De Separator*

Dit is een pronkstukje, die me een hele boel tekenwerk heeft bezorgd. Maar nu dat alles geprint is en mooi in elkaar schuift is het dubbel plezier.

Het bestaat uit 3 delen, 2 delen die zicht in de natte zone bevinden. Het bovenste deel is de afgifte van de lucht daar waar die terug in de ruimte vrij komt. Hier kan ook bvb een buis over geplaatst worden om dan een of meerdere ruimten te voorzien van stofvrije lucht.



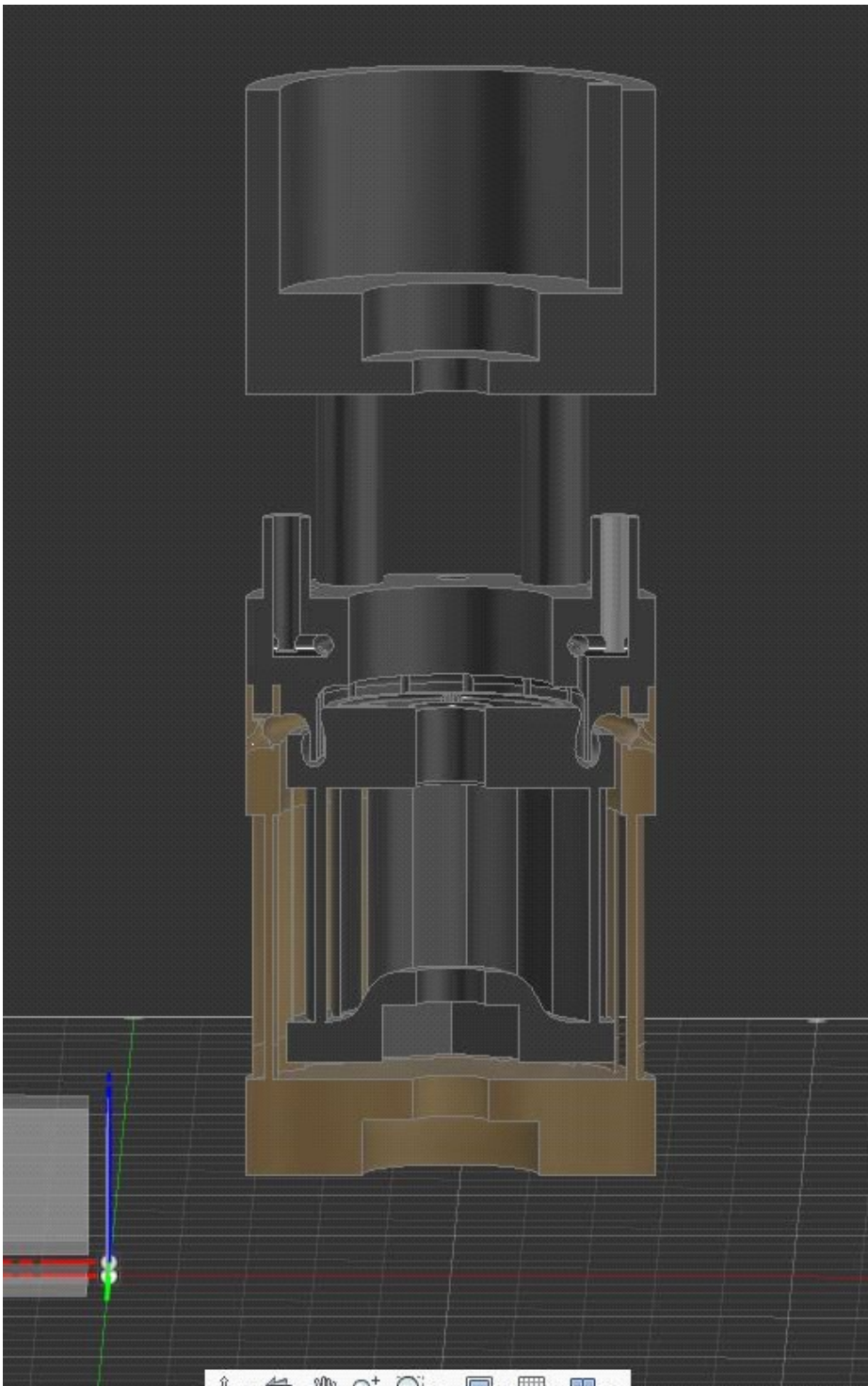
Het idee was om lamellen zo recht mogelijk te plaatsen maar toch elkaar overlappen zodat er een zo geringe mogelijk luchtverplaatsing zou ontstaan door de lamellen bij het ronddraaien van de separator. Ook zo een soort van spatfilter wel van pas komen in een kamer waar continu luchtbelllen naar de oppervlakte komen met daarin verneveld lucht en stofdeeltjes. Hier heb ik een buitenlaag voor de separator die deze beschermd tegen rondspattende druppels. Toen ik verder tekende realiseerde ik me dat er ook een deel van de stofdeeltjes zich tussen de laag van de separator en de verbindings-as zou kunnen zich verplaatsen. Dus heb ik een waterslot ontworpen in de separator en de verbinding, der zijn kanalen aangebracht in het bovenste deel die ervoor zorgen dat het waterslot voorzien van continu watertoevoeging. Die zal dan blijven staan of meedraaien met de separator overtollig water wordt eruit gestuwd door de centrifugaalkracht en opgevangen in de ring die in het buitenste deel zich bevindt. Hierin zijn gaatjes voorzien voor de afwateringen hopelijk zal door



de krachten die het water ondervindt voldoende zijn om deze door de gaatjes te stuwen zodat ook hier een vernevelend effect zal plaatsvinden.

De Separator turbine is voorzien van een centergat voor een M10 draadstang (hier aan 85% geprint zal een M8 draadstang gebruikt worden, de moer die onderaan geplaatst wordt is ook in vorm moeten aangepast worden) verder is er ongeveer een 7mm waterslot. Het meeste is in volle materie geprint. Ik hoop enkel dat het kruis waarheen de afgevoerd lucht zich verplaatst niet te bros blijkt en scheurt. Indien nodig kan dit nog aangepast worden met schuine schoepen die in tegengestelde richting van de separator blades staan.

Doorsnede van de volledige constructie.



Bovenaan en onderaan plaats voor een 608ZZ lager te plaatsen met een binnendiameter van 8mm en een buitendiameter van 22mm, De M8 draadstaaf dient

dan als de centrale aandrijf-as die boven rechtstreeks kan aangedreven worden door een motor met een sterkoppeling of een een rubberkoppeling. Indien de motor niet het gewenste toerental kan behalen kan een overbrenging verder uitgetekend worden. Ook is er bovenaan plaats voor een toerenteller, die terugkoppeling geeft aan de motorsturing en zo een closed loop vormt.

Het is de bedoeling dat elke mm verplaatste lucht een botsing heeft met de lamellen. Dus de luchtsnelheid is te berekenen, door de druk die stijgt in de afgesloten doos met het water. De vorige trap, de stuwende ventilator (hier een haardroger) voor de statische mixer zal bepalen hoeveel lucht er in de doos wordt gestuurd deze extra druk is recht evenredig met een uitzetting van het volume. Het volume kan dan berekend worden als een debiet van lucht verplaatsing. De oppervlakte waartussen de lucht zich tussen de lamellen kan verplaatsen is berekend hier.

De hoogte van de lamellen [ $H_{lam}$ ]: 34.5mm (85%)

Kortste afgelegde weg tussen 2 lamellen [ $S_{lam}$ ]: 2mm (85%)

De oppervlakte tussen 2 lamellen [ $A_{lam}$ ] =  $H_{lam} \cdot S_{lam} : 2mm \cdot 34.5mm \cdot 85\% = 58,56mm^2$

Het totaal aantal lamellen [ $\#_{lam}$ ] = 12

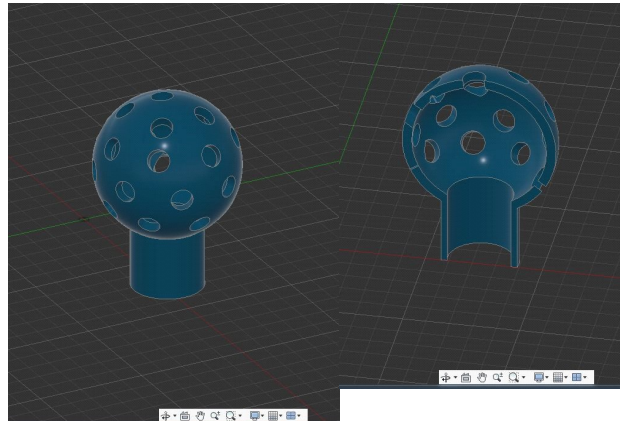
Het totaal aantal oppervlakten tussen de lamellen [ $\#_{opplam}$ ] = [ $\#_{lam}$ ] · [ $A_{lam}$ ]

De oppervlakte waardoor lucht kan vloeien: [ $\#_{lam}$ ] · [ $A_{lam}$ ] = 12 · 58.56mm<sup>2</sup> = 703,8mm<sup>2</sup>

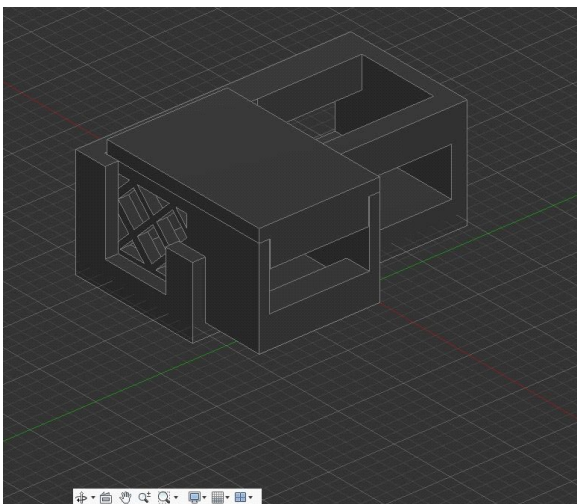
Hoe sneller de lucht zich verplaatst tussen 2 lamellen hoe sneller de separator moet draaien om zeker te zijn dat alle verplaatste lucht een botsing heeft met de separator lamellen. Bij botsing zijn de lamellen zo geplaatst dat vuil er zal afrollen.

#### 4.2.4 Sproeibollen, behuizing voor pwm-modulatie, dichtingsring

De sproeibollen zijn gewoon holle bollen met daarin wat gaten gemaakt met de functie om een darm van 7mm op aan te sluiten zodat de installatie bij het ledigen en daarna vullen ook zichzelf kan reinigen. Dit gebeurt automatische door een CIP process te doorlopen waarbij de bak enkele malen zicht op



niveau vult ondertussen pulserend lucht blaast in combinatie met de sproeibollen. Dit staat beschreven in het programma. Deze heb ik eerst snel op TinkerCAD gemaakt, daarna heb ik een functie ontdekt, waarbij je designs uit TinkerCAD kan overzetten naar Fusion360°. Niet alle designs zijn mogelijk, zoals de metrische tandwielen bij TinkerCAD krijg je niet open in Fusion. Maar daar heeft fusion zijn eigen generators voor die je online kan zoeken in de autoCAD store ter beschikking staat gratis of betalend. Zelf kan je ook zo een generator ontwerpen in code; als stappenplannen met wijzigbare parameters. Hierin heb ik me niet verder verdiept, de metrische tandwielgenerator heb ik wel gedownload en toegepast bij een ontwerp. Verbinden van sproeibollen kan aan de hand van T-stukken die ook te vinden zijn in de bijlage naargelang er meerdere sproeibollen wensen gebruikt worden.



De behuizing voor de pwm-modulatie is een simpel doosje met daarin ruimte voor de MY-9892 en een uitbreiding met daarin ruimte voor een SG-90 servo motor. Deze zal de pwm-module aandrijven door de positie van de potentiometer te veranderen. Hierdoor is er een mechanische ontkoppeling tussen lage spanningen en de zeer lage veiligheids spannings-gedeelte van het project.

De ring is gewoon een cilinder met daarin 4 maal de buitenste diameter van de tuinslang die 0.5mm overmaat op 5mm vernauwt tot 0.5mm ondermaat, daarna is er een scherpe rand van 1mm rand waar de tuinslang op rust. De Buitenste diameter van 50mm die op 10mm 1mm conisch afloopt van 0.5mm overmaat tot 0.5mm ondermaat. Deze is in Tinkercad het snelst.



## 4.3 Onderdelen te bestellen of uit oude elektrische toestellen.

### 4.3.1 De buizenventilator.

Dit onderdeel dient om de lucht door de buizen te stuwen in de richting van het waterbad. Hier is een oude of nieuwe haardroger de beste keus; deze zijn al voor 10€ te vinden bij een elektro-winkel, daarvoor kan je de motor en ventilator niet apart bestellen en/of printen.

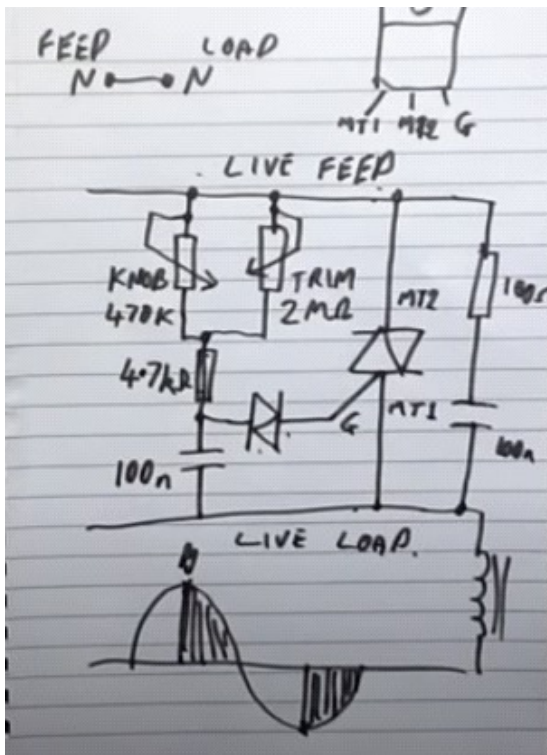
Als je deze dan openhaalt en de verwarmingselementen volledig stript, de knoppen loshaalt blijft een ventilator over. Voor de toepassing bij de controller is het best dat hier een AC motor inzit. Een gelijkgerichte dc-motor kan ook, maar bij de gelijkrichting zijn er ook nog condensatoren en deze zouden door het dalen van de spanning niet goed meer functioneren. Aangezien de sturing als een chopper fungeert en de spanning zal choppen om zo een lagere algemene spanning te leveren. De dode momenten waarbij de stroom niet geleid, kan bij een dc motor een happerige werking veroorzaken bij de in en uitschakelingen. Dit geldt ook voor een serie-motor. Nu zijn de krachten die deze motoren moeten overbruggen niet zo hoog en blijft de ventilator wel draaien eens de motor op toeren is.

Toch moet er een bepaalde hoeveelheid kracht worden geleverd en zal een minimum spanning aanwezig moeten zijn. De motor moet zijn traagheidsmoment en de wrijvingen van de lagers en de borstels overwinnen, maar ook moet er een groot genoeg veld ontstaan in de polen-wikkelingen zodat er een ankerreactie ontstaat op dat geproduceerde veld. Wanneer dit te laag is zal de motoren "stallen" (niet draaien of heen en weer wiegen) en de wikkelingen zouden kunnen doorbranden. De

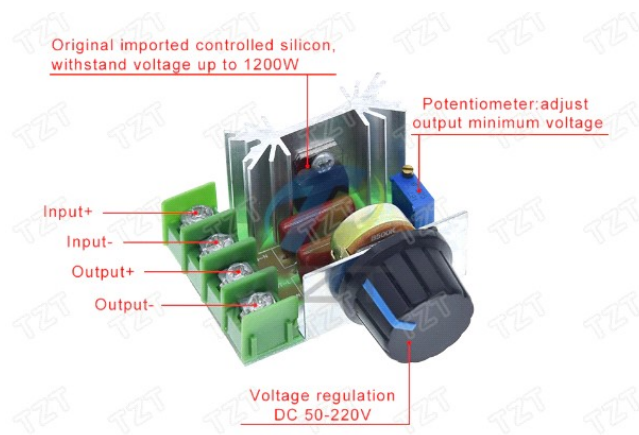
fabrikant bepaalt een minimumspanning die nodig is voor de motor.

Dit kan berekend worden aan de hand van het aantal wikkelingen en de positie van de wikkelingen alsook de poolwikkelingen. Nu aangezien het niet de bedoeling is om de motor te "reverse engineering" Ik heb een PWM-module gekocht die via een TRIAC de spanning onderbreekt. Het schema voor deze module:

De te testen voltages en opmerkingen komen in het volgende hoofdstuk aan bod, hierbij zal ik de minimum spanning aan de poorten meten waarbij de motor start te draaien.





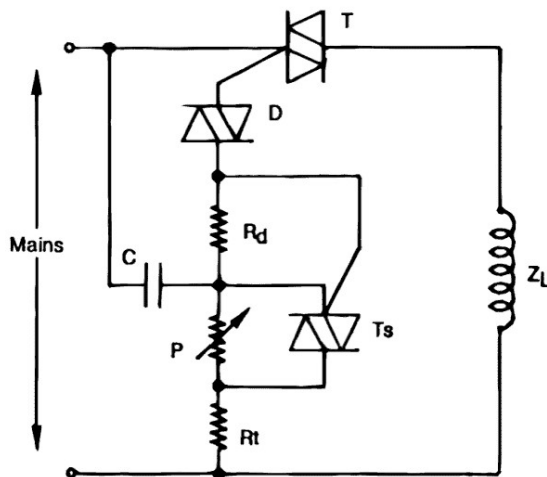


De Module zelf; MY-9892:

Er zijn blijkbaar veel negatieve commentaren bij het gebruik van Triacs en niet zuivere resistieve belastingen, ze zouden het net bevuilen en harmonischen veroorzaken. Nu heeft deze schakeling al een oplossing voor spanningspieken door het gebruik van de DIAC die de TRIAC in geleiding zal brengen.

Hierdoor zijn stroom of spanningspieken van inductieve belastingen deels opgevangen, dit aangezien de DIAC bij een spanningspiek rapper zal geleiden en dus ook de TRIAC, dit is nodig als het net een afwijkende sinus levert of er inductieve stroom of spanning na-ijlen op de motor. Het snubbernetwerk parallel geplaatst met de TRIAC vangt dit ook deels op.

Een ideale print en schema om harmonische spanningspieken of dalen niet te versterken en tegelijk te hoge blokkeerspanningen aan de poorten van de TRIAC te vermijden:



Er wordt een tweede kleine TRIAC Ts parallel over de potentiometer geplaatst en zal gedurende de positieve of negatieve beweging van de sinus de laadtijd van de condensator drastisch verminderen, aangezien deze de Weerstand P overbrugt.

Zodra de TRIAC T inschakelt door de spanning en stroom die door Rd vloeit zal ook TRIAC Ts bekrachtigen. De overbrugging

zorgt dat de condensator C sneller oplaadt en ontlad. Hierdoor stuurt Condensator C gedurende de aan-tijd meerdere pulsen naar de TRIAC T en Ts om terug te initialiseren en stroom door te laten. Als het door een harmonische, of een inductieve spanning van de motor, zou commuteren worden de TRIAC's terug snel bekrachtigt door een van deze pulsen.

Dit schema is te danken aan "SG-thomson"

[https://www.st.com/content/st\\_com/en.html](https://www.st.com/content/st_com/en.html)

En terug te vinden op de website: <https://www.thierry-lequeu.fr/data/AN308.pdf>





#### 4.3.2 Buizen, leidingen, behuizingen en kleppen

Voor de buizen heb ik gewoon gebruik gemaakt van PVC buizen welke ter beschikking waren bij de zelfbouwmarkt om de hoek, deze onderdelen zijn goedkoop en weersbestendig voor bochten van 40mm en een buis van 3m PVC 40mm kost rond 6€ en een van 90mm komt op 9€. Als luchtleiding kan eentuinslang met interne diameter 1/2 " of 1.27mm van 15m dienen, het overschot +-10m is nog ruim voldoende voor het "dakterras" te besproeien.

De behuizing voor het water is een bak met deksel in PP-R. Te vinden in de IKEA de 22l SAMLA met afmetingen 39x28x28. PP-R is polypropyleen met random copolymeer, en is geschikt voor HVAC-toepassingen en kan zelf met dikkere wanddikte 15 bar gedurende 50 jaar bij temperaturen van 20°C aan. Er zijn deksels voor verkrijgbaar om het stapelbaar te maken. Ook zijn er dekselklemmen voor beschikbaar, deze zijn zeker nodig, want het is de bedoeling toch 1.5 bar druk te steken op deze doos om te zien of ze luchtdicht is met de dichtingskit of tape. In de voeg van de dekselrand kan een luchtdichte schuimband geplaatst worden om dit te behalen of een andere vorm van dichting zoals een siliconen (iets permanent, dit kan als heel de installatie is uitgewerkt).

Een ijs-doos of wordt gebruikt voor de eerste trap daar zal dan een buis doorlopen die in het watergedeelte komt zodat er geen lucht uitwisseling is tussen deze twee trappen moet deze buis dus doorlopen tot onder het water. Enkel bij het spoelen zal dan de sproeibol in deze doos ook de stofdeeltjes wegspoelen zodat de opgevangen deeltjes ook in het watergedeelte terechtkomen en verwijderd worden.

Via de Klep, dit is een lage druk klep, aangezien die het goedkoopst was. Die gestuurd wordt op 12V DC, dit is ook verkrijgbaar op 230V AC

De magnetische waterklep die tot 8bar aan kan, die kost wat meer, en is ook zowel op

12v DC, 24v DC, maar ook 230 volt AC verkrijgbaar, in alle vormen maten op deze site: <https://magneetventielshop.nl/>

## 5 Elektrisch ontwerp en programmatie

### 5.1.1 *Het draadschema van de PLC en Sensoren*

Het draadschema is met KiCAD ontwerpen, deze is gratis ter beschikking. De versie is beperkt tot een schema met maximaal 2 pagina's. Het ontwerp zou zeker op een pagina kunnen passen dus was dit ruim voldoende.

Als elektrisch designer wordt meestal met E-plan gewerkt, voor dit onderzoek heb ik gekozen een andere elektrisch CAD-programma te gebruiken om te zien hoe verschillen in functionaliteiten zijn met andere elektrische CAD-programma's. Promis.e was ook een mogelijkheid, deze wordt vermeld bij competenties van vacatures die mij interesseren.

KiCAD is iets minder intuïtief werkend, het tekenen is anders dan in E-plan de sneltoetsen zijn niet standaard. Het "grid" verdwijnt te rap bij het uitzoomen, zwarte achtergrond heb ik ook niet onmiddellijk gevonden, ... De navigatie is niet zo uitgebreid, de verschillende lijsten met gegevens van componenten, PLC-modules, ... zijn niet voorzien. Hierdoor kan je niet gemakkelijk naar verschillende pagina's navigeren aan de hand van componenten, sommige gegevens zijn in lijsten aanpasbaar, maar deze functie is vrij beperkt. Daarentegen is de Library zeer uitgebreid, hierin merkte ik dat de focus ligt op PCB-design. De mogelijkheid om je eigen symbolen vlot te maken, is wel een voordeel. De Footprint functie laat je zelf SMD-componenten te ontwerpen en toe te voegen. Tinkercad ontbrak de nodige componenten om het schema te tekenen, alsook is het toevoegen van een onderdeel mij onbekend.

Fritzing had deze mogelijkheid wel maar de routing van de draden werd automatisch gedaan. Het programma is voornamelijk gericht op de amateur tinkerer/elektronicus. De bedoeling bij dit onderzoek is ook relevante ervaring opdoen. Het zou evenveel tijd genomen hebben symbolen en componenten te ontwerpen in Fritzing als in KiCAD. Het aanmaken van symbolen bleek even vlot te gaan in TinyCAD, deze laatste had geen footprint functie. Ik had gehoopt op een grotere functionaliteit bij KiCAD, binnen het gebruiksveld van dit ontwerp. Vandaar heb ik de voorkeur aan KiCAD gegeven.

Een zelfgemaakte PCB, waarbij de flowchart en SMD print-chart aan een fabrikant wordt geleverd, lijkt met KiCAD wel een goede optie. Daar ligt ook de nadruk, van hun CAD-software.

Het schema is te vinden in de bijlagen. Zowel als PDF, als KiCAD extensie (.sch).

### 5.1.2 De programmatie van de PLC

Bij de programmatie van de PLC is gekozen om dit te simuleren met TinkerCAD, niet alle onderdelen zijn beschikbaar. Maar hier zijn wel mouwen aan te passen, meeste zijn vervangen door primitieven of switchen. De break-out boards vervullen in het werkelijk ontwerp dezelfde functie die in TinkerCAD door meerdere aparte sensoren of switchen worden gesimuleerd. SCL/I2C communicatie wordt ook niet aangeboden, maar dit gaf geen storingen bij het uiteindelijke test draaien van het programma op de Arduino. Mits kleine wijzigingen in de code wordt data ontvangen en opgeslagen in desbetreffende variabele. Het gemak om code te schrijven en deze online te simuleren en aan te passen on the fly van elke PC of laptop met minimumspecs gaf mij de voorkeur hierin te testen en oefenen om tot een min of meer volwaardig programma te komen.

Het programma zelf is opgebouwd in verschillende functies en deze itereren in het Loop proces, meeste van de functies returnen een variabele die feedback geeft aan de andere functies of de Main void loop. Zo kan via de serial monitor of een lcd-scherm opgevolgd worden, welke functie actief is en in welke functie van de programmalus een fout optreedt of uitvoer bediend wordt. De debugger functie van TinkerCAD heeft de mogelijkheid om de exacte lijn code aan te duiden. Hiermee kan specifiek gezocht worden naar, welke voorwaarde er zijn vervuld voor een bepaald actie die plaats neemt. Handig als er een foute logica is toegepast.

De simulatie kan u vinden hier:

<https://www.tinkercad.com/things/4yHeeJqX8RR>

### 5.1.3 De belegginslijst van de PLC.

Toestel	Functie	Benaming/nummering board	Input, Output, AnalogIn, AnalogOut
Arduino Mega2560	PLC en sturing	Arduino Mega2560	Alles
Gassensor Grove	Meting van CO2 en andere gassen zoals formaldehyde, acetone, ...	Air quality sensor V1.3	A1 : Analog Input A2 : NC, alarm, Digital In
Towerpro SG90-HV	Servomotor die de snelheid aanpast van de Ventilator en Separator	Continues 360°	D2 : PWM output
IR Proximity sensor (Geseponeerd)	Dient als terugkoppeling van de Servo motor (feedback lus)	VR1	D3 : PWM input
Relais x2 Grove	12v en 230v stuurt de aanvoer en afvoer waterkleppen.	2-channel SPDT relay v1.0	D4 : output D5 : output
PIR bewegingssensor	Meld of er een persoon in de ruimte is; mogelijkheid voor minder lawaai		D6 : Input
Buzzer/LED	Alarmtoon indien er een fout is of de lucht heel onzuiver is.		D7: Output
Stofsensor Grove	Stofmeting en PPM	Shinyei PPD 42+	D8: PWM input
Water sensor x2	Bovenste sensoren,	Water sensor	D10
(safety)Relais	230V aan of uit.		D12
Vlotter x2	Het waterniveau		D26

### 5.1.4 Libraries

Dit zijn toevoegingen van reeds verwerkte code. Dit dient als standaard bij bepaalde sensoren nodige ingaves van variabelen om met het bord te communiceren en bvb de analoge waarden om te zetten in bruikbare waarden die verstaanbaar zijn voor de eindgebruikers, I2C functies kunnen ook zo uitgebreid worden met verschillende componenten die hun eigen library hebben, om zo standaard code niet steeds te hoeven herschrijven. Deze moet je eerst downloaden van een erkende locatie.

Tabel\_2

wire.H	Dit bevat alle communicatie beginselen van het protocol alsook toewijzen van de adressen.
LiquidCrystal_I2C.h	Dient om een LCD scherm aan te sturen via I <sup>2</sup> C
Arduino.h	Is een standaard van Arduino , dit zit standaard in de IDE vanaf versie 1.0
AirQuality.h	Deze is beschikbaar gesteld door Grove en Seeedstudio
Servo.h	Dit is om servo's aan te sturen met hoekgraden ipv in milliseconden

### 5.1.5 Voorlopig PLC Programma

```
#include <Servo.h>
// #include "AirQuality.h"
// #include "Arduino.h"
// AirQuality airqualitysensor;
// #include "Air_Quality_Sensor.h"

#ifndef __AIR_QUALITY_SENSOR_H__
#define __AIR_QUALITY_SENSOR_H__

class AirQualitySensor {
public:
    AirQualitySensor(int pin);

    bool init(void);
    int slope(void);
    int getValue(void);
```

```

static const int FORCE_SIGNAL;
static const int HIGH_POLLUTION;
static const int LOW_POLLUTION;
static const int FRESH_AIR;

protected:
    int _pin;

    int _lastVoltage;
    int _currentVoltage;
    int _standardVoltage;

    long _voltageSum;
    int _volSumCount;
    long _lastStdVolUpdated;

    void updateStandardVoltage(void);
};

#endif

const int AirQualitySensor::FORCE_SIGNAL = 0;
const int AirQualitySensor::HIGH_POLLUTION = 1;
const int AirQualitySensor::LOW_POLLUTION = 2;
const int AirQualitySensor::FRESH_AIR = 3;
int current_quality = -1;
bool MotionDetected = false;
int WaterLevelLow = 2;
int WaterLevelGoodLow = 3;
int WaterLevelGoodHigh = 4;
int WaterLevelHigh = 7;
int SafetyRelay = 5;
int WaterValveOut = 10;
int WaterValveIn = 9;
int LedLight = 12;
int MotionSensor = 13;
int DustSensor = A3;
float LightSensorAverage = 0;
bool WaterLevelLowValue = 0;
bool WaterLevelGoodLowValue = 0;
bool WaterLevelGoodHighValue = 0;
bool WaterLevelHighValue = 0;
bool WaterCleanProcess = 0;
bool CleanProcessEmpty = 0;
int WaterLowCounter = 0;

```

```

int TempSensorValue =0;
int GasSensorValue =0;
int DustSensorValue =0;
int LightSensorValue =0;
int SafetyRelayValue =0;
bool MotionDelay =0;
unsigned long MotionDelayTimer = 0;
unsigned long durationDust =0;
unsigned long starttimeDust;
int MotorLevelPercent=0;
Servo myservo;
AirQualitySensor::AirQualitySensor(int pin)
: _pin(pin), _voltageSum(0), _volSumCount(0) {
    // do nothing
}

void setup ()
{
    pinMode (MotionSensor, INPUT);
    pinMode (WaterLevelLow, INPUT);
    pinMode (WaterLevelGoodLow, INPUT);
    pinMode (WaterLevelGoodHigh, INPUT);
    pinMode (WaterLevelHigh, INPUT);
    pinMode (WaterValveOut, OUTPUT);
    pinMode (WaterValveIn, OUTPUT);
    pinMode (LedLight, OUTPUT);
    pinMode (SafetyRelay, OUTPUT);
    pinMode (DustSensor,INPUT);
    Serial.begin (9600);
    myservo.attach(6);
    starttimeDust = millis();
    Motion();
    Motor();
    Alarm();
    WaterAlarm();
    DirtyWater();
    WaterClean();
    PulsatingWater();
    Dust();
}

void loop() {

```



```

GasSensorValue = analogRead (A0);
TempSensorValue = analogRead (A1);
LightSensorValue = analogRead (A2);
WaterLevelGoodLowValue = digitalRead (WaterLevelGoodLow);
WaterLevelGoodHighValue = digitalRead (WaterLevelGoodHigh);
WaterLevelLowValue = digitalRead (WaterLevelLow);
WaterLevelHighValue = digitalRead (WaterLevelHigh);
MotionDetected = digitalRead (MotionSensor);
Motion();
Motor();
Alarm();
WaterAlarm();
DirtyWater();
WaterClean();
Dust();
map(Dust(),0,15000,0,75);
map(AirQualitySensor,0,4,0,25);
Dust()=
Serial.println ( "LightSensorValue" );
Serial.println (LightSensorValue, DEC );
Serial.println ( "WaterLevelHighValue" );
Serial.println (WaterLevelHighValue, DEC);
Serial.println ( "watercleanprocess" );
Serial.println (WaterCleanProcess, DEC);
Serial.println ("CleanProcessEmpty" );
Serial.println (CleanProcessEmpty, DEC);
}

void Motor()
{
int MotorLevelHoek=MotorLevelPercent*3,6
if ( GasSensorValue > 200 && MotionDelay == 0 )
{
myservo.write(160);
}
else if ( GasSensorValue < 200 && ( MotionDelay == 1 || MotionDetected == 1 ) )
{
myservo.write(30);
}
else
{
myservo.write(80);
}
}
}

```

```

bool Motion()
{
    const long MotionDelayInterval = 2000;
    bool MotionActive;
    if ( MotionDetected == 1 )
    {
        MotionDelayTimer = millis();
        MotionActive = true;
    }
    if ( millis() - MotionDelayTimer <= MotionDelayInterval && MotionDelayTimer != 0 )
    {
        MotionDelay = 1;
    }
    else {
        MotionDelay = 0;
        MotionDelayTimer = 0;
        MotionActive = false;
    }
    return MotionActive;
}

bool Alarm()
{
    bool Alarm;
    if ( WaterAlarm() == 1 || TempSensorValue > 210 || GasSensorValue > 300 )
    {
        digitalWrite (LedLight, HIGH);
        digitalWrite (SafetyRelay, LOW);
        Alarm = true;
    }
    else
    {
        digitalWrite (LedLight, LOW);
        digitalWrite (SafetyRelay, HIGH);
        Alarm = false;
    }
    return Alarm;
}

bool DirtyWater()
{
    int LightSensorCount = 6;
    int LightSensorSum = 0;
    bool WaterDirt = 0;

```

```

if (LightSensorValue > 200)
{
    for (int i = 1; i < LightSensorCount ; i++ )
    {
        LightSensorSum += analogRead (A2);
        delay(1000);
    }
    LightSensorAverage = LightSensorSum/LightSensorCount;
}
if (LightSensorAverage > 200)
{
    WaterDirt = 1;
    WaterCleanProcess = 1;
    LightSensorAverage = 0;
}
else
{
    WaterDirt = 0;
}
return WaterDirt;
}

bool WaterAlarm()
{
    bool WaterAlert;
    unsigned long WaterInTimer;
    const long WaterInTimerMax = 20000; // fill in time before alarm should go on if water valve is open for too long
    if ( WaterValveIn == 1 )
    {
        WaterInTimer = millis();
    }
    if (millis() - WaterInTimer <= WaterInTimerMax && WaterInTimer != 0 )
    {
        WaterAlert = true;
    }
    if (WaterCleanProcess == 0 && WaterLevelHighValue == 1 )
    {
        WaterAlert = true;
    }
    if ( WaterCleanProcess == 1 || WaterLevelHighValue == 1 )
    {
        digitalWrite (WaterValveOut, HIGH);
    }
    else
    {

```

```

        digitalWrite (WaterValveOut, LOW);
        WaterAlert = false;
        WaterInTimer = 0;
    }
    return WaterAlert;
}

void WaterClean ()
{
    if (WaterCleanProcess == 1) //start pulsating waterdispenser
    {
        PulsatingWater();
    }
    if (WaterCleanProcess == 1 && WaterLevelLowValue == 0 && DirtyWater() == 0 && WaterLevelGoodLowValue == 0) //in
    case there is still dirt the cleaning will continue. timer dirty water needs to be set to indicate error/or manual intervention is
    necessary
    {
        CleanProcessEmpty = true;
        WaterCleanProcess = false;
        digitalWrite (WaterValveIn, HIGH);
    }
    if (CleanProcessEmpty == 1 && WaterLevelGoodHighValue == 1)
    {
        CleanProcessEmpty = false;
        digitalWrite (WaterValveIn, LOW);
    }
}

void PulsatingWater()
{
    digitalWrite (WaterValveIn, HIGH);
    delay(4000); //delay needs to be higher if water doesn't drain fast enough
    digitalWrite (WaterValveIn, LOW);
}

float Dust()
{
    {
        unsigned long sampletime_msDust = 30000;//sampe 30s ;
        unsigned long lowpulseoccupancyDust = 0;
        float ratioDust;
        float concentrationDust;
        durationDust = pulseIn(DustSensor, LOW);
        lowpulseoccupancyDust = lowpulseoccupancyDust+durationDust;
        if ((millis()-starttimeDust) > sampletime_msDust)//if the sampel time == 30s
        {

```

```

        ratioDust = lowpulseoccupancyDust/(sampletime_msDust*10.0); // Integer percentage 0=>100
        concentrationDust = 1.1*pow(ratioDust,3)-3.8*pow(ratioDust,2)+520*ratioDust+0.62; // using spec sheet curve
        lowpulseoccupancyDust = 0;
        starttimeDust = millis();
    }

    return concentrationDust;
}

bool AirQualitySensor::init(void) {
    int initVoltage = analogRead(_pin);

    if (10 < initVoltage && initVoltage < 798) {
        _currentVoltage = initVoltage;
        _lastVoltage = _currentVoltage;

        _standardVoltage = initVoltage;
        _lastStdVolUpdated = millis();

        return true;
    } else {
        return false;
    }
}

int AirQualitySensor::slope(void) {
    _lastVoltage = _currentVoltage;
    _currentVoltage = analogRead(_pin);

    _voltageSum += _currentVoltage;
    _volSumCount += 1;

    updateStandardVoltage();
    if (_currentVoltage - _lastVoltage > 400 || _currentVoltage > 700) {
        return AirQualitySensor::FORCE_SIGNAL;
    } else if (( _currentVoltage - _lastVoltage > 400 && _currentVoltage < 700)
        || _currentVoltage - _standardVoltage > 150) {
        return AirQualitySensor::HIGH_POLLUTION;
    } else if (( _currentVoltage - _lastVoltage > 200 && _currentVoltage < 700)
        || _currentVoltage - _standardVoltage > 50) {
        return AirQualitySensor::LOW_POLLUTION;
    } else {
        return AirQualitySensor::FRESH_AIR;
    }

    return -1;
}

```

```
}

int AirQualitySensor::getValue(void) {
    return _currentVoltage;
}

void AirQualitySensor::updateStandardVoltage(void) {
    if (millis() - _lastStdVolUpdated > 500000) {
        _standardVoltage = _voltageSum / _volSumCount;
        _lastStdVolUpdated = millis();

        _voltageSum = 0;
        _volSumCount = 0;
    }
}
```

## 6 Prototype

### 6.1 Onderdelenlijst en kost van het eerste ontwerp .

Alle geprinte onderdelen staan beschreven in hoofdstuk 3, in totaal zijn er minimaal 5 onderdelen nodig. De .STL files alsook de Fusion files zijn beschikbaar via thingiverse, alsook een volledige samenstelling. De figuren .....

Twee doorzichtige dozen met deksel die de doos goed afsluit zonder zij-openingen. De transparante eigenschappen geven een duidelijker zicht bij het initiële ideale waterniveau te bepalen en zo de locatie van de waterniveau sensoren te kunnen afstemmen. De toegevoerde lucht wordt door een haardroger voorzien.

Hier een opsomming van alle onderdelen en basismateriaal, onderdelen in lichtpaars zijn optioneel:

Nr.	Benaming	Beschrijving en leverancier	Eenheidsprijs	Aantal	Kostprijs
1	MY-9892	Spanningsregelaar; Aliexpress	4,38€	1	4,38€
2	PVC 3mx40mm	Afvoerbuis; doe-het-zelfzaak	9€	1	9€
3	PVC 40mm bocht 90°	Bocht met aansluitingsmof voor pvc buis; doe-het-zelfzaak	4€	2	8€
4	PVC 40mm T-stuk	T-stuk voor PVC buis 40mm; doe-het-zelfzaak	5€	2	10€
5	Calor iconic	Haardroger 2dehands; ex-lief	0€ (10€ in winkel)	1	0-10€
6	Tuinslang OK	Rode gewapende tuinslang 15m; Gamma	10€	1	10€
7	Arduino Mega 2560	Originele Arduino; arduino.cc Namaak Arduinog; tinytronics, aliexpress	35€ (al vanaf 10€)	1	35€
8	USB-Printerkabel	Oude printerkabel voor programma in te laden; thuis	0€	1	0€
9	Relais 5v board	Relais die 230v/10A kan schakelen; tinytronics, kiwitronics, elektronikawinkel.nl, aliexpress	2,5€ (al vanaf 1€)	3	7,5€
10	vlotterschakelaar	Deze mogen ondergedompeld worden; hobbyelectronica.nl	10€ (al vanaf 5€)	1	10€
11	DUPOMF20	Jumperkabels male – female 10 stuk; hobbyelectronica.nl	0,75€	2	1,5€
12	DUPOMM20	Jumperkabels male male 10 stuk,	0,75€	2	1,5€

		hobbyelectronica.nl			
13	HC-SR501	PIR-bewegingssensorboard; hobbyelectronica.nl	2,4€	1	2,4€
14	GRV-DUST	Stofsensor Grove; reichelt.com	11,74€	1	11,74€
15	GRV-air quality	MP503 sensor detecteerd verschillende gassen; reichelt.com	9,35€	1	9,35€
16	Joy-IT BMP280	Temp/barometer sensor i2c; reichelt.com	3,89€	1	3,89€
17	Sg90-continues	Microservo towerpro, 360° ; hobbyelectronica.nl	4,95€	1	4,95€
18	GRV-baseshield	Grove connector shield die bovenop de arduino past; reichelt.com	4,47€	1	4,47€
19	GRV-cable	Een set van 5 Grove kabels; reichelt.com	3,5€	1	3,5€
20	LCD-joy-IT	Uitlezen serial monitor; kiwitronics	9,5€	1	9,5€
21	MH-Real-Time	Clock module voor tijd en dag te programmeren; Reichelt	1,42€	1	1,42€
22	12V voeding	12v voeding 2A; telenet modem,..	0€	1	0€
23	5V voeding	USB oplader gsm 2A; oude gsm	0€	1	0€
24	LCD i2c	LCD schermen die niet werken; hobbyelectronica.nl	3€	3	9€
25	Afvoerklep	12V waterklep, max 0,8 bar; aliexpress	3,6€	1	3,6€
26	Toevoerklep	230v waterklep max 8 bar; tameson.nl	13,90€	1	19,35€
27	UV-Resin	UV-resin voor een DLP printer 1kg; anycubic.com	50€	1	50€
28	Kabelschoenen	Set kabelschoenen, geel, blauw, rood (afhankelijk welke draadsectie gebruikt wordt) met tang; Action	4€	1	4€
29	soldeertin	Soldeertin met flux; eleshop.nl	10€	1	10€
30	Samla 39x28x28	Doos en deksel; Ikea	4,99€	1	4,99€
31	Samla 28x19x14	Doos en deksel; Ikea	1€	1	1€
32	Samla sluitklem	Sluitklemmen samla deksel, 4 stuk; Ikea	0,5€	2	1€
33	TEC-7	Polymeerlijm/kit; doe-het- zelfzaak	11,39€	1	11,39€



34	Rubber verbinding 40- 55mm	Een ronde dichting die gebruikt word bij afvoerbuizen, doe-het- zelf-zaak	4€	1	4€
35	M/M ½"	Een vebindingstuk mag in messing of staal	2€	1	2€
36	UV-lamp	Tegen bacterievorming	10€	1	10€

Het totaalbedrag komt voor dit eerste model op 272,71€ zonder verzendkosten. Elektriciteitskosten, werkuren en verplaatsingskosten worden niet in rekening gebracht.

In dit onderzoek zijn voor componenten van gerenommeerde merken gekozen. Deze zijn duurder, maar bieden meer bedrijfszekerheid en kwalitatieve metingen. Een UV-resin printer heeft een zeer gedetailleerde print maar het printmateriaal is ook duurder dan een FDM-printer. De prijs is zeker te drukken onder 200€ maar dan moet je al scherpe deals kunnen slaan of rechtstreeks uit china importeren en namaak niet schuwen.

## 6.2 Voorbereidende Bewerkingen in de werkplaats

### 6.2.1 *De haardroger.*

Het handvat is verwijderd door middel van een ijzerzaag, zodanig dat de haardroger kan balanceren op de blaasmond. De knoppen verwijderd, alsook het verwarmingselement.

Het hitte-element verwijderen is een minder eenvoudig taak. Hiervoor zijn goede handschoenen, geduld en een kniptang vereist. Pas op de draden zijn zeer scherp! Er is een grote kans dat de behuizing beschadigd wordt tijdens het proces.

Aan de binnenzijde van de behuizing zit een soort van hitteschild dit kan verpulveren en levert heel veel stofdeeltjes. Voor dit experiment heb ik enkele uren al dit glitter grondig verwijderd om zo weinig mogelijk afwijkingen te hebben op de testresultaten. Met het verwarmingselement verwijderd kan de volle kracht van de ventilator benut worden. Op termijn zouden de draden voor obstructie kunnen zorgen en afname van stuwkracht. Dit wordt, bij thuisgebruik en weinig ervaring, afgeraden.

### 6.2.2 *De Ikea dozen.*

Er zijn voorzichtig in een cirkel van Diameter 50mm gaten geboord in het deksel om deze verder uit te frezen. Tijdens het aanpassen is een deksel stuk gegaan. PP-r blijkt relatief bros te zijn en zal gemakkelijk splinteren of scheuren. Een gatenboor met diameter 50mm en lage snelheid bij het boren zijn aangeraden.

Verder zijn ook klemmen nodig voor het bevestigen van het deksel met de doos zelf. Deze zijn beschikbaar bij Ikea zelf, maar waren uitverkocht. Enkele lijmklemmen of een paar stevige wasknijpers kunnen als vervangen gebruikt worden.

Bij het testen is ook naar voor gekomen dat het opborrelende water heel wat verlies veroorzaakt bij het ventilatiegat waar de separator komt. Een holle buis met grotere diameter leidt het bubbelende water terug in de doos. Deze wordt op de doos gelijmt.

### 6.2.3 *De aanvoerslangen van de cycloonfilter*

Een tuinslang diende voor de beweegbare leiding van de cycloonfilters hun afvoer richting de ventilator. Deze werd ingekort met 4 stukken van 400mm.

### 6.2.4 *Solderen en elektrische componenten uitmeten*

Meeste componenten kunnen worden verbonden worden met dupont jumpers of Grove kabels.

Enkel de vlotter diende de draden vertind te worden of verlengd met een mannelijke jumper kabel. Door Dupont jumper kabels aan Grove kabels te solderen, kan makkelijk ontkoppeld worden bij het testen van de code. Het bleek ook toepasselijk bij het uitzoeken van stroomverbruik, het geheel aan sensoren kan een spanningsval over de Arduino veroorzaken afhankelijk van de voorziene stroombron. Dit bleek een

probleem bij het goed functioneren van de Arduino en de ingevoerde data en code. Als dit onder 2,7 volt gaat kan de Arduino de ingelade code niet meer correct verwerken.

Een 2A lader bleek voldoende voor alle componenten, een 1A lader leverde heel wat ergernissen op.

De aflat en toevoer kleppen dienen voorzien te worden van AMP-kabelschoen genepen op een soepele draad, deze zijn te koop bij de Hubo of Action en elke autohandel.

### 6.2.5 Printen

Enkele onderdelen zijn geprint geweest met een resin printer. De laagdikte was ingesteld op 0.01mm bij de eerste. Dit leverde een gedetailleerde print op. De printtijd was wel heel hoog rond 12u. Eerst zijn de mixers geprint bij de tweede maal heb ik de instellingen gewijzigd naar 0.05mm layer-hoogte om te twee prints met elkaar te vergelijken. Het uiteindelijk resultaat was iets ruwer, met 4u printen. Met het blote oog is het verschil bijna niet waarneembaar. Enkel bij een scherpe helling zoals bij de cyclonen was het zichtbaar dat dit een digitaal kopie is van een vector tekening. De pixels zijn ook maar tot 0.1155mm nauwkeurig. Bij een hellende rand van verticale stukken zie je een "scherpe" zaagtand. Voor de luchtstroom kan hierdoor meer verliezen optreden bij het botsen tegen die rand. De motor die gekozen wordt, moet voldoende vermogen hebben. Het water waterniveau zal veel meer weerstand geven dan de leiding verliezen, dus bij deze is dit verwaarloosbaar en print ik verder met 0.1mm layer-hoogte om zo de printtijd te drukken. Een DLP-printer heeft het voordeel dat in de breedte plaatsen geen extra tijd vergt. De enige factor die snelheid bepaald is de hoogte.

Na enkele geslaagde prints heb ik meerdere componenten op hetzelfde printbed geplaatst. Na 2 afwijkende prints heb ik bij sommige componenten supports of een printgrond voorzien. Dit omdat 2 verbindingstukken tijdens het printen verloren gingen in de vloeistof met als gevolg een ander onderdeel die beschadigd was. De oppervlakte die de verbindingsonderdelen met het printbed verbond was niet voldoende. Tijdens het print-proces gaat het printbed op en neer, en sommige lagen kunnen aan de FEP-film kleven, als de oppervlakte groter is dan de basis aan het printbed komt die los aan het printbed. De film dient om de UV-verlichting door te laten maar ook als opvang voor het te nog verwerken resin. Deze heeft een stand tijd van maximaal 50 prints, daarna komen micro-deeltjes van de resin over de oppervlakte verspreid. Duidelijk zichtbaar wordt de film mat na veel prints.

## 6.3 Assemblage

Meeste van de onderdelen zijn op maat gemaakt en passen hierdoor eenvoudig in elkaar.

### 6.3.1 *Metten van benodigde lengtes*

Eerst worden afgemeten hoe de onderdelen in de doos te plaatsen zijn, afhankelijk van welke doos gebruikt wordt. Om gelijkaardige resultaten te halen is het best deze instructie te volgen, als de lengtes van de dozen niet ter beschikking zijn kan hiervan afgeweken worden.

### 6.3.2 *Instructie*

De 40mm diameter PVC-buis dient te worden ingekort met een ijzerzaag of slijpschijf. Er zijn 3 stukken nodig voor verbindingen tussen de andere koppelstukken en de ventilator. Namelijk:

De Cyclonen heb ik op het deksel proberen schroeven, maar PP-kunststof is iets te broos om met schroeven te werken. Het geheel is erop gelijmd met TEC7 polymeerlijm. Laat de lijm genoeg uitharden vooraleer aan de volgende stap te beginnen.

De ½" tuinslang past gemakkelijk over de in te draaien koppelstukken die bij de cycloon zijn verwerkt. Hier kan nog een spanband of spanklem gebruikt worden om dit steviger te verbinden zodat bij verplaatsing deze niet loskomen, TEC7 zou ook kunnen dit zorgt voor een luchtdichte afdichting.

De dichtingsrubber kan geplaatst worden in het andere deksel, zodat hier dan de blaasmond van de ventilator inpast.

De Pvc-buizen vormen een drietand, met op elke uiteinde een bocht 90° gebogen in de richting van de vrije ruimte in de doos. Het T-stuk dient in dezelfde richting gepositioneerd worden. De buis past in de dichtingsrubber en, afhankelijk van welke haardroger je ter beschikking hebt, ook in de ventilator.

Deze Pvc-verbindingstukken schuiven gewoon in elkaar. Er kan Pvc-lijm gebruikt worden om een starre verbinding te creëren. Polymeerlijm is weerbestendig en kan als alternatief dienen voor de Pvc-lijm. Houd wel rekening, dat bij heel lange onderdompeling deze ontbindt.

De ventielen dienen nog te verbonden worden, de een met de sproeibollen en de andere met de doos. Beide hebben een ½" gasdraad aansluiting, hier kan je dan een aansluiting van een tuinslang op plaatsen voor een tijdelijke of verplaatsbare opstelling. Bij het magneetventiel van de sproeibollen dient een stuk tuinslag afgesneden te worden. Deze wordt bevestigd met een spanklem of sterke spanband op te tuit van het ventiel en het cilindrische gedeelte van de sproeibol. Eerst nog de

gaten boren in het deksel voor het aantal sproeibollen. Wordt er voor meer dan één sproeibol gekozen is er meer tuinslang nodig en moeten de T-stuk verbinding afgeprint worden. Voor de eenvoud is er gekozen voor één te gebruiken. Mocht dit achteraf onvoldoende blijken kan, dit nog eenvoudige uitgebreid worden.

Voor het onderste ventiel is een male/male 1/2" verbindingstuk nodig met een draad tot aan de kraag. Liefste ook een model met dikke kraag. En een dichtingsrubber die tussen de doos en het ventiel komt. Dit kan een stuk EPDM zijn afgetekend met de passer met een gat van diameter van 12.6mm. probeer dit mooi uit te snijden met een stanleymes of scalpel. De afmeting is een beetje onder-gedimensioneerd zodat die zeker goed afdicht. Indien nodig kan er nog verder afgedicht worden met de polymeer-lijm.

Uit veiligheidsovertuiging heb ik lange kabels gebruikt voor de elektronica alles onder 2m zal geen merkwaardige spanningsval veroorzaken voor 5v componenten. Er kan geopteerd worden nog een 2<sup>de</sup> doos bij te plaatsen om deze in te plaatsen met uitzondering van de gassensor en de stofsensor. Er zullen gaten moeten worden voorzien voor wartels. Zodoende de PCB's vrij te houden van water, vocht en hopelijk corrosie.

- 

- **Bronnen**

Wikipedia

<https://www.encyclo.nl/begrip/stof#:~:text=%5Bscheikunde%5D%20%2D%20Met%20stof%20wordt,anisotroop%20als%20isotroop%20kunnen%20zijn.>

<https://pdf.directindustry.com/pdf/pollrich-dlk-ventilatoren/datasheet-aanm01/60166-393289.html>

<https://www.climaconstruct.be/documents/technische-info/05-ventilatoren.pdf>

<https://forum.arduino.cc/index.php?topic=332305.0>

[HYPERLINK "https://www.youtube.com/?gl=NL&hl=nl"&HYPERLINK "https://www.youtube.com/?gl=NL&hl=nl"hl=nl](https://www.youtube.com/?gl=NL)

<https://www.saelens-bvba.com/venturi-injector/>

<https://pixnio.com/nl/landschappen/dauw/regen-dauw-blad-druppel-natuur-regendruppel-nat-macro>

<https://www.vermolen-ego.nl/nl/producten/otto-chemie/otto-chemie-toebehoren/6510518statische-menger-voor-side-by-side-koker/>

<https://www.thierry-lequeu.fr/data/AN308.pdf>

<https://www.leverkunststoftechniek.nl/abc-register/p/polypropeen-eigenschappen/>

[https://wiki.seeedstudio.com/Grove-Air\\_Quality\\_Sensor\\_v1.3/](https://wiki.seeedstudio.com/Grove-Air_Quality_Sensor_v1.3/)

[https://wiki.seeedstudio.com/Grove-Dust\\_Sensor/](https://wiki.seeedstudio.com/Grove-Dust_Sensor/)

<https://github.com/>

Research

Published: March 1968

Circulating water in systems for the wet purification of air from dust

F. S. Goncharov & A. M. Levin

<https://link.springer.com/article/10.1007/BF01295422>

Semi-outdoor filterless air purifier for smog and microbial protection with water purifier system

Author links open overlay panelArnonJumlongkulLL.B., LL.M., M.D., Dip.

MATEC Web of Conferences 117, 00142 (2017)

Design features of vortex dust collectors

Svetlana Puring, Denis Vatusov\* and Nicolay Turin

[https://www.matec-conferences.org/articles/matecconf/abs/2017/31/matecconf\\_rsp2017\\_00142/matecconf\\_rsp2017\\_00142.html](https://www.matec-conferences.org/articles/matecconf/abs/2017/31/matecconf_rsp2017_00142/matecconf_rsp2017_00142.html)