

# Ontwerpen van een testbanddroger

---

Eindrapport

**Michael Heezius**

# Ontwerpen van een testbanddroger

---

## Eindrapport

**Michael Heezius**

**09095004**

**Werktuigbouwkunde Duaal**

**Haagse Hogeschool**

**December 2011**

Begeleiders:

Imtech Drygenic: Koen Egberts

Haagse Hogeschool: T.A.P. van der Schyff

## Voorwoord

Dit rapport is geschreven in het kader van de afronding van mijn HBO opleiding Werktuigbouwkunde aan de Haagse Hogeschool te Delft. Het afstudeerproject, waarbij een nieuwe testdroger ontwikkeld moet worden, is gemaakt in opdracht van Imtech Drygenic.

Dit rapport is geschreven voor management van Imtech Drygenic en de belanghebbende bij Ventilex B.V. Daarnaast is dit rapport bestemd voor de Haagse Hogeschool ter beoordeling van het afstudeerproject.

Bij dezen wil ik graag Imtech Drygenic bedanken voor het mogelijk maken van dit afstudeerproject. In het bijzonder wil ik Koen Egberts en Andre van Loenen bedanken voor de begeleiding en adviezen tijdens dit afstudeerproject. Daarnaast gaat de mijn dank uit naar de rest van de afdeling voor hun steun tijdens mijn afstudeerperiode.

Ten slotte wil ik alle andere mensen bedanken die mij hebben gesteund en geholpen met het volbrengen van deze afstudeeropdracht.

## Inhoudsopgave

|                                                                      |      |
|----------------------------------------------------------------------|------|
| Voorwoord .....                                                      | iii  |
| Samenvatting .....                                                   | v    |
| Symbolenlijst .....                                                  | vi   |
| Lijst van figuren .....                                              | vii  |
| Lijst van tabellen .....                                             | vii  |
| Inleiding .....                                                      | viii |
| 1. De Afstudeeropdracht .....                                        | 1    |
| 2. Analyse van de huidige situatie .....                             | 2    |
| 2.1. Analyse van de oude testdroger .....                            | 2    |
| 2.2. Analyse van de banddroger .....                                 | 4    |
| 3. Het ontwerpen van een nieuwe testdroger .....                     | 6    |
| 3.1. Pakket van Eisen .....                                          | 6    |
| 3.2. Ontwerpkeuzes .....                                             | 7    |
| 3.3. Ontwerpberekeningen .....                                       | 11   |
| 4. Het nieuwe ontwerp .....                                          | 14   |
| 4.1. Ontwerpspecificaties .....                                      | 14   |
| 4.2. Kostcalculatie van de testbanddroger .....                      | 17   |
| 5. Conclusie .....                                                   | 18   |
| Literatuurlijst .....                                                | 19   |
| Bijlagen .....                                                       | 20   |
| Bijlage I: Onderhouds- en veiligheidsvoorschriften .....             | 21   |
| Bijlage II: Autocadtekening huidige testdroger .....                 | 25   |
| Bijlage III: Tekening 111502-1A: Luchtschema richting 1 .....        | 26   |
| Bijlage IV: Tekening 111502-2A: Luchtschema richting 2 .....         | 27   |
| Bijlage V: Tekening 111502-3A: Luchtschema complete testdroger ..... | 28   |
| Bijlage VI: Tekening 111502-4: Ontwerpschets testdroger .....        | 29   |
| Bijlage VII: Tekening 111502-5: Lay-out tekening testdroger .....    | 30   |

## Samenvatting

In het laboratorium van Ventilex beschikt Imtech Drygenic over een eenvoudige testdroger. Hiermee kunnen de droogtijden van producten worden bepaald. Het is echter niet mogelijk om een aantal variabelen, welke belangrijk zijn bij het droogproces, in te stellen. Hierbij moet gedacht worden aan luchtrichting, bandsnelheid, verhouding recirculatielucht / buiten lucht, temperatuurinstelling in verschillende zones en vochtmetingen in de diverse luchtstromen.

Zonder deze variabele instellingen kan niet de meest ideale, energiezuinige en op maat gesneden oplossing aan de klant worden aangeboden. De laatste jaren neemt de diversiteit van de te testen producten toe en hiermee neemt ook de vraag naar meer variatiemogelijkheden bij het testen toe. Naar aanleiding daarvan is besloten dat er een nieuwe testdroger ontwikkeld moet worden.

Om tot een overzicht te komen waaraan een nieuwe testdroger moet voldoen is er eerst een analyse gemaakt van de huidige testdroger en de banddroger. Naar aanleiding van deze analyses is een pakket van eisen en een eerste ontwerp gemaakt. Bij dit eerste ontwerp zijn de grote onderdelen van de testdroger, zoals de ventilator en verwarming, besproken. Om de testdroger de juiste dimensies te geven zijn er berekeningen uitgevoerd. Op basis van de resultaten van deze berekeningen zijn alle componenten van de testdroger geselecteerd en is hiervan een calculatie gemaakt. Tot slot is ook gekeken naar het onderhoud en de veiligheid van de ontworpen testdroger.

Het resultaat is een ontwerp dat voldoet aan het pakket van eisen welke in overleg met Imtech Drygenic is opgesteld. Bij dit nieuwe ontwerp zijn de verschillende variabelen in te stellen en te meten. De luchtrichting en verhouding tussen de recirculatielucht en buiten lucht is instelbaar met behulp van zeven luchtkleppen in het kanalen systeem. Deze kleppen worden aangestuurd met behulp van twee luchtsnelheidssensoren. Deze sturen hun signaal naar de besturingskast waarna de juiste klepstand ingesteld wordt.

In deze besturingskast kunnen voor het testen diverse variabelen ingesteld worden, zoals de luchttemperatuur, luchtsnelheid, luchtrichting en de verhouding recirculatielucht / buiten lucht. De bandsnelheid kan gesimuleerd worden door meerdere secties in te stellen en per sectie de tijdsduur in te stellen. Hiermee wisselt de testdroger automatisch de luchtrichting en wordt een banddroger realistisch gesimuleerd.

Met de gegevens uit dit rapport en de bijgevoegde tekeningen kan Imtech Drygenic een afgewogen besluit nemen of er geïnvesteerd wordt in dit ontwerp.

## Symbolenlijst

| Symbool:   | Betekenis:                                  | Eenheid:    |
|------------|---------------------------------------------|-------------|
| $A_k$      | Doorstromend oppervlak van een kanaal       | $m^2$       |
| $A_p$      | Doorstromend oppervlak van de gaasband      | $m^2$       |
| $B$        | Breedte van de droogsectie                  | $m$         |
| $H$        | Stortheogte van het product                 | $m$         |
| $L$        | Lengte van de droogsectie                   | $m$         |
| $m$        | Massa van het product                       | $kg$        |
| $\rho_l$   | Volumetrische warmtecapaciteit van de lucht | $kJ/m^3K$   |
| $\rho_p$   | Dichtheid van het product                   | $kg/m^3$    |
| $Q$        | Verwarmingscapaciteit                       | $kW$        |
| $\Delta T$ | Temperatuurverschil                         | $^{\circ}C$ |
| $V_{lmax}$ | Maximaal luchtvolume                        | $m^3/h$     |
| $v_{lmax}$ | Maximale lichtsnelheid                      | $m/s$       |
| $V_p$      | Productvolume                               | $m^3$       |

## **Lijst van figuren**

|                                                                               |   |
|-------------------------------------------------------------------------------|---|
| Figuur 2.1: Schematische weergave banddroger .....                            | 4 |
| Figuur 2.2: Schematische weergave banddroger met lucht en productstromen..... | 5 |

## **Lijst van tabellen**

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| Tabel 4.1: Kostcalculatie van de testbanddroger.....    | 17 |
| Tabel I.1: Onderhoudsschema voor de testbanddroger..... | 21 |

## Inleiding

In het laboratorium van Ventilex beschikt Imtech Drygenic over een eenvoudige testdroger. Hiermee kunnen de droogtijden van producten worden bepaald. Het is echter niet mogelijk om een aantal variabelen, welke belangrijk zijn bij het droogproces, in te stellen. Hierbij moet gedacht worden aan luchtrichting, bandsnelheid, verhouding recirculatielucht / buiten lucht, temperatuurinstelling in verschillende zones en vochtmetingen in de diverse luchtstromen.

Zonder deze variabele instellingen kan niet de meest ideale, energiezuinige en op maat gesneden oplossing aan de klant worden aangeboden. De laatste jaren neemt de diversiteit van de te testen producten toe en hiermee neemt ook de vraag naar meer variatiemogelijkheden bij het testen toe. Naar aanleiding daarvan is besloten dat er een nieuwe testdroger ontwikkeld moet worden.

Om tot een overzicht te komen waaraan een nieuwe testdroger moet voldoen is er eerst een analyse gemaakt van de huidige testdroger en de banddroger. Naar aanleiding van deze analyses is een pakket van eisen en een eerste ontwerp gemaakt. Bij dit eerste ontwerp zijn de grote onderdelen van de testdroger, zoals de ventilator en verwarming, besproken. Om de testdrogers de juiste dimensies te geven zijn er berekeningen uitgevoerd. Op basis van de resultaten van deze berekeningen zijn alle componenten van de testdroger geselecteerd en is hiervan een calculatie gemaakt. Tot slot is ook gekeken naar het onderhoud en de veiligheid van de ontworpen testdroger.

## 1. De Afstudeeropdracht

Afstudeeropdracht: Ontwikkeling van een testdroger

Bedrijf: Ventilex – Imtech Drygenic

### Bedrijfsomschrijving

Ventilex is onderdeel van Imtech N.V. Binnen Imtech is Ventilex de specialist in droogtechniek. In het portfolio bevinden zich onder andere Fluidbed drogers, banddrogers, flashdrogers en luchtontvochtigingssystemen. Binnen Ventilex houdt de afdeling Imtech Drygenic zich bezig met de verkoop, engineering en implementatie van de banddrogers en luchtontvochtigingssystemen. Om voor iedere klant de juiste installatie te ontwerpen is het vooral bij de banddroger laboratoriumtesten uit te voeren. Tijdens deze testen wordt de droogtijd bepaald en probeert men een optimale conditie te vinden door te variëren in temperatuur, luchtsnelheid en de hoogte van het droogbed.

De droogtunnel bestaat uit meerdere zones met verwarmingsbatterijen en ventilatoren. Hierdoor kan de temperatuur en luchtsnelheid per zone geregeld worden. De lucht wordt in de tunnel meerdere malen door het droogbed geleid.

### Probleemstelling

Op het moment wordt voor de droogtesten gebruikgemaakt van een statische droogbuis waar de lucht maar op 1 manier doorheen kan. Dit is, ook voor klanten, niet erg representatief voor de daadwerkelijke droogtunnel. Daarom is een nieuwe testdroger gewenst.

### Opdracht

Ontwerp een nieuwe testdroger welke een capaciteit heeft van 1 – 5kg product en welke representatief is voor de banddroger welke uiteindelijk aan de klant verkocht moet worden.

- Onderzoek de werking van de huidige testdroger.
- Onderzoek de werking van de banddroger en zoek naar een manier om deze droogmethode toe te passen in een testdroger.
- Werk een ontwerp voor een nieuwe testdroger uit in een rapport.

Namens Imtech Drygenic

Ing. K.J.J. Egberts

A blue ink signature of Ing. K.J.J. Egberts, consisting of a stylized 'E' and 'K'.

De Student HHS

M.A. Heezius

A blue ink signature of M.A. Heezius, written in a cursive style.

## 2. Analyse van de huidige situatie

### 2.1. Analyse van de oude testdroger

#### 2.1.1. Droogtesten

In het laboratorium bij Ventilex in Heerde staat de testdroger die Imtech Drygenic gebruikt voor droogtesten. Tijdens deze droogtesten worden de droogcapaciteiten en eigenschappen bepaald van een te drogen product. Hierbij wordt voornamelijk gekeken naar de droogtijd van het product. De droogtijd is afhankelijk van de volgende parameters:

- Vochtigheid van het product;
- De laagdikte van het product in de testdroger;
- De lucht temperatuur;
- De luchtsnelheid.

De vochtigheid van het product wordt voor het testen gemeten met een Mettler Toledo vochtigheidsmeter. Hierbij wordt een klein beetje van het product verwarmd tot 120 graden. Hierbij verdampt al het vocht uit het product en kan het vochtgehalte in het product bepaald worden door het verschil in gewicht, het vochtgehalte wordt uitgedrukt in %. Deze test wordt tijdens het drogen ook meerdere malen uitgevoerd zodat bepaald kan worden wanneer het product het gewenste vochtgehalte bereikt heeft. De tijd waarop dit punt bereikt wordt is de droogtijd.

Met het beschikbare product wordt geprobeerd meerdere testen uit te voeren zodat de meest ideale droogcondities bepaald kunnen worden. Hierbij kan luchttechnische gevarieerd worden in temperatuur en snelheid. Daarnaast kan ook de laagdikte van het product aangepast worden.

Met de resultaten van de droogtesten is het mogelijk om voor de klant een gepaste offerte voor een banddroger te maken. Waar dit nodig mocht zijn worden er extra testen uitgevoerd om tot een definitief ontwerp te komen.

### 2.1.2. De installatie

Ter verduidelijking van de installatie is er een AutoCad tekening van de testdroger als bijlage I toegevoegd aan dit verslag. De nummers in de onderstaande tekst verwijzen naar deze tekening.

Het product drooggedeelte (1) van de testdroger bestaat uit een metalen koker van 700 mm lang en heeft een diameter verlopend van 110 mm tot 160 mm. Op een hoogte van 170 mm ligt een type gaasmatje (2) welke ook in de banddroger gebruikt wordt. Hierop ligt het product tijdens de droogtesten.

Een ventilator (3), met een maximale capaciteit van 70 m<sup>3</sup>/h, blaast een ingestelde hoeveelheid lucht door het product. De hoeveelheid lucht die de ventilator in het systeem blaast wordt bepaald door de gewenste luchtsnelheid door het product en kan ingesteld worden op het bedieningspaneel.

De lucht wordt voordat het bij de droogsectie komt eerst door een elektrische verwarming (4) geleid. Deze verwarming heeft een vermogen van 10 kW en kan de lucht verwarmen tot temperaturen tussen de 40 – 400 °C.[1]

Tijdens het drogen zijn er verschillende meetpunten waar de procescondities afgelezen kunnen worden. Onder het product wordt de droge lucht temperatuur (5) gemeten. De producttemperatuur (6) wordt bepaald met een temperatuursensor die vlak boven het product geplaatst wordt.

Het luchtvolume wordt weergegeven door de flowmeter (7) welke direct na de ventilator is geplaatst. De luchtdruk wordt gemeten bij de flowmeter en net onder het gaasband.

## 2.2. Analyse van de banddroger

### 2.2.1. Werking

Aan het begin van de banddroger wordt nat product door een zwenkband op de hoofdband gelegd. Doordat de zwenkband met een constante snelheid heen en weer beweegt boven de hoofdband zorgt dit voor een egale laag product op de hoofdband. Deze band leidt het product door de droogsectie van de banddroger.

In de droogsectie wordt het product gedroogd met behulp van lucht. Wanneer lucht door de productlaag heen gaat onttrekt het vocht aan het product. Hierdoor wordt het product droger en koelt de lucht adiabatisch af.

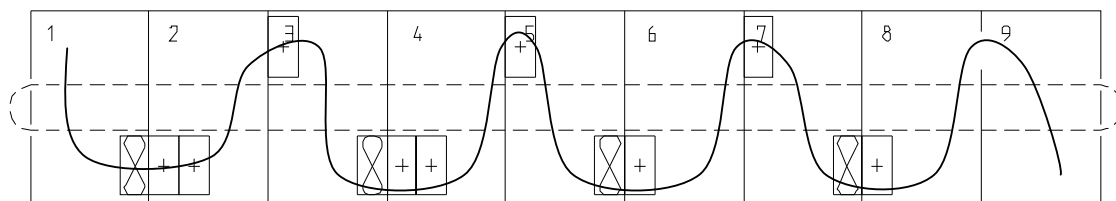
De hoeveelheid vocht welke de lucht kan bevatten hangt af van de luchttemperatuur. Warme lucht heeft een hoger dauwpunt en kan dus meer vocht opnemen. Wanneer lucht vocht opneemt koelt deze adiabatisch af en wordt de relatieve vochtigheid hoger.

In de droogsectie van de banddroger moet zoveel mogelijk vocht uit het product onttrokken worden. Om dit te bereiken is de droogsectie in verschillende zones verdeeld. In deze zones kan gevarieerd worden in temperatuur, luchtvochtigheid en luchtsnelheid. De lucht wordt in iedere zone door de band en het product geleid (zie figuur 4.1).

Tussen elke zone bevindt zich een afscheiding met daarin een axiaal ventilator en/of een warmtewisselaar. De ventilatoren zorgen ervoor dat de lucht door de tunnel geleid wordt. De warmtewisselaars warmen de lucht tussentijds weer op zodat deze extra droogcapaciteit krijgt.

Door tijdens de ontwerpfase de grote van de zones aan te passen is het mogelijk om de luchtsnelheid in de tunnel te bepalen. Daarnaast kan er gekozen worden voor het installeren van een retourklep in de zoneafdichting. Hierdoor kan lucht teruggestuurd worden naar de vorige zone. Hiermee kan, met een lagere buitenlucht hoeveelheid, een gelijke luchtsnelheid ingesteld worden. Door lucht retour te sturen neemt deze ook meer vocht op uit het product.

Afhankelijk van het product en het verdere productieproces kan er gekozen worden om een koelsectie aan de tunnel toe te voegen. Hier wordt koude lucht over het product geblazen om het product af te koelen.



Figuur 2.1: Schematische weergave banddroger

### 2.2.2. Constructie

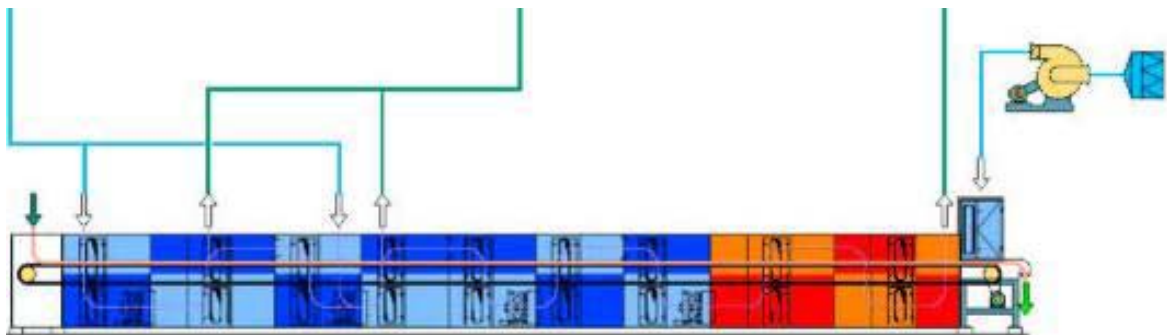
De banddroger van Imtech Drygenic is opgebouwd uit een metalen skelet waar de wanden tegen gemonteerd worden. Aan dit skelet worden ook de warmtewisselaars, ventilatoren en zoneafdichtingen gemonteerd. Het skelet wordt gemaakt van gegalvaniseerd staal of RVS 304. Dit is afhankelijk van het product en de eisen van de klant.

De panelen bestaan uit twee dunne platen gegalvaniseerd staal of RVS 304. Hiertussen wordt een laag tempex als isolatiemateriaal aangebracht. De panelen worden aan de binnenzijde van de tunnel aan het frame geschroefd. In elke zone wordt een paneel uitgevoerd met twee inspectiedeuren. Deze deuren zitten boven en onder de band en zijn voorzien van een raam zodat men van buiten de tunnel het proces kan inspecteren. Veelal is aan de binnenzijde van de tunnel een licht gemonteerd voor beter zicht.

Het begin van de tunnel bestaat uit een omkeerframe. Op dit frame zijn twee ketting wielen met een as gemonteerd om de band op het keerpunt te begeleiden. Daarnaast is hier het bandspansysteem geïnstalleerd. Dit systeem zorgt er voor dat de band op spanning blijft en niet te veel doorzakt in de tunnel.

Het einde van de tunnel bestaat wederom uit een omkeerframe. In dit frame is de aandrijving van de band gemonteerd. Deze motor is frequentie geregeld en drijft de as met kettingwielen aan die eveneens op het frame gemonteerd zijn. Om het droge product af te voeren is veelal een schutgoot aan het frame verbonden. Deze schutgoot zorgt voor het opvangen van het product van de band en transporteert dit zijwaarts naar de volgende stap van het productieproces.

Tussen de twee omkeerframes wordt de band gemonteerd. De band bestaat uit RVS 304 geweven gaasband segmenten van 250 mm breed. De lengte van de segmenten is afhankelijk van de breedte van de tunnel. Op de band zijn zijwandjes gemonteerd welke ervoor zorgen dat het product op de band blijft liggen. Onder de band zijn ondersteuning geplaatst die het doorzakken van de band tegengaan. Per segment is een ondersteuning geïnstalleerd. Aan de zoneafdichtingen zijn boven de band teflon luchtflappen gemonteerd. Deze luchtflappen beperken de luchtlekkage tussen de tussen de verschillende zones en zorgen dat de temperatuur in de betreffende zones beter te regelen is.



Figuur 2.2: Schematische weergave banddroger met lucht en productstromen.[2]

### 3. Het ontwerpen van een nieuwe testdroger

#### 3.1. Pakket van Eisen

In overleg met Imtech Drygenic is er een pakket van eisen samengesteld. Bij het opstellen van het pakket van eisen is er gebruik gemaakt van de voorgaande analyse verslagen. Dit pakket van eisen bestaat uit een aantal voorwaarden waaraan de nieuwe testdroger moet voldoen. Daarnaast zijn er een aantal wensen aangegeven waar, voor zover mogelijk, rekening mee moet worden gehouden.

##### 3.1.1. Eisen

- De lucht moet in twee richtingen door het product kunnen stromen. Van boven naar beneden en van beneden naar boven.
- De testdroger moet een bereik hebben tot 200°C.
- De testdroger moet ontworpen worden voor een capaciteit van 1 – 5 kg product.
- De testdroger moet goed geïsoleerd zijn.
- De luchtsnelheid moet instelbaar zijn.
- Er moet een mogelijkheid zijn lucht te recirculeren.
- De testdroger moet eenvoudig te reinigen zijn.
- De luchtcondities moeten op de volgende plekken gemeten worden:
  - Buitenlucht;
  - Droogsectie intrede;
  - Droogsectie uittrede;
  - Afblaaslucht.
- Er moet veilig met de testdroger gewerkt kunnen worden.
- De testdroger moet eenvoudig te onderhouden zijn.

##### 3.1.2. Wensen

- Tijdens het testen het droogproces te kunnen bestuderen door in de droger kunnen kijken.
- Het meten van het gewicht van het product in de droger.

### 3.2.Ontwerpkeuzes

Om tot een goed en definitief ontwerp te komen moeten er een aantal keuzes gemaakt worden met betrekking tot het ontwerp. Hieronder worden een aantal eisen aan de testdroger besproken waarbij meerdere uitvoeringen mogelijk zijn. Hierbij gaat het op de volgende punten:

- De luchtstroom in twee richtingen door het product laten stromen;
- Het type verwarming;
- Het type ventilator;
- Het materiaal waarvan de droogsectie gemaakt wordt.

Bij het maken van een keuze wordt onder andere gekeken naar de kosten, complexiteit en het onderhoud van het systeem. Aan de hand van deze ontwerpkeuzes is het luchtschema van de testdroger gemaakt. Deze is aan het verslag toegevoegd als bijlage II tot en met IV.

#### 3.2.1. Luchtstroom in twee richtingen door het product laten stromen.

In de banddroger gaat de lucht in twee richtingen door het product heen. In de ene zone van boven naar beneden en in de andere zone van beneden naar boven. Om de resultaten van de testdroger zo goed mogelijk op te kunnen schalen moet het in de testdroger ook mogelijk zijn om gebruik te kunnen maken van verschillende luchtrichtingen. Hiervoor kan gekeken worden naar twee verschillende opties.

##### 3.2.1.1. Concept 1

Bij de eerste wordt de testdroger uitgevoerd met twee zones, gelijkend aan de banddroger. Hierbij wordt het product door een transportband afwisselend van de enen naar de andere zone gebracht. In de eerste zone wordt de lucht van boven naar beneden geblazen en in de tweede zone is de luchtrichting omgedraaid.

Het voordeel van deze testopstelling is dat deze een zeer grote gelijkenis heeft met de banddroger. Daarnaast zou het mogelijk kunnen zijn om het product, met behulp van de transportband, een stukje buiten de droogsectie te brengen om een testmonster te nemen. Met dit tastmonster kan dan de vochtigheid van het product bepaald worden.

Het nadeel van deze opstelling zit vooral in de constructie en het onderhoud. Om te zorgen dat de zones elkaar niet te veel beïnvloeden moet er een goede zone afdichting gemaakt worden. Deze zit ook in de banddroger maar is waarschijnlijk ingewikkeld en prijzig om voor de testdroger te fabriceren. Daarnaast moet er voor de transportband ook een ketting in de testdroger komen. Deze ketting moet aangedreven worden met een frequentiegeregelde motor welke twee kanten op kan draaien. Dit systeem is wederom prijzig en daarnaast zorgt het voor een ingewikkeld onderhoudsplan.

### *3.2.1.2. Concept 2*

Bij de tweede optie bestaat de testdroger uit een zone. Hierdoor hoeft het product niet verplaatst te worden. Met behulp van luchtkanalen en een kleppensysteem is het mogelijk om de lucht in verschillende richtingen door het product te blazen.

Het voordeel van deze optie is dat het product niet verplaatst hoeft te worden en er geen aandrijfsysteem geïnstalleerd hoeft te worden. Tevens is het isoleren van de testdroger eenvoudiger omdat er geen isolatie tussen zones nodig is. Daarnaast kan met het kleppensysteem ook meteen de hoeveelheid recirculatielucht bepaald worden.

Een nadeel van dit kleppensysteem is dat er een complexe regeling bedacht moet worden om te zorgen dat het systeem altijd goed ingesteld kan worden. Daarnaast geeft deze optie extra luchtkanalen rond de testdroger.

### *3.2.1.3. Keuze*

Ondanks dat de eerste optie grote gelijkenis heeft met de echte banddroger, geeft dit onnodig veel onderhoud aan de testdroger. Daarnaast zorgt deze optie voor extra onderdelen in de testdroger welke de stroming van de lucht beïnvloeden. Daarom is er gekozen voor de tweede optie. Deze optie zorgt eenmalig voor het ontwikkelen van een complex regelsysteem maar wanneer dit goed werkt is hier verder geen omkijken meer naar. Het onderhoud aan de testdroger is met deze optie veel eenvoudiger.

Er worden in de kanalen twee luchtsnelheidsensoren geplaatst welke de stand van de kleppen kunnen aansturen. Wanneer de sensor in de toevoerlucht naar de droogsectie zit zal deze de ventilator, met behulp van een frequentieregelaar, aansturen om zo de luchtsnelheid in de droger te reguleren. Wanneer de sensor zich in de retourlucht bevindt stuurt deze de afblaas- en recirculatieklep aan. Op deze manier wordt de hoeveelheid recirculatielucht geregeld.

### 3.2.2. Het type verwarming

Om de lucht op te kunnen warmen moet er een verwarmingselement in het luchtkanaal geïnstalleerd worden. Hierbij zijn er verschillende keuzes in verwarmingsmedia.

In de praktijk wordt bij de tunnel meestal een warmwater circuit gebruikt van 90°C. Een verwarmingselement werkend op warm water is zeer goed te regelen maar heeft als nadeel dat de lucht niet verder verwarmd kan worden dan een aantal graden onder de maximale water temperatuur.

Een tweede optie is het gebruik van stoom als verwarmingsmedium. Bij stoom wordt de maximale temperatuur bepaald door de stoomdruk in de leidingen. Het nadeel hiervan is weer dat er een stoomketel geïnstalleerd moet worden welke stoom genereert met een zeer hoge druk om de lucht te kunnen verwarmen naar 200°C. Daarnaast zijn verwarmingselementen met stoom als medium moeilijk te regelen en onderhoudsintensief door slijtage.

De laatste optie is een verwarmingselement werkend op elektriciteit. Deze elementen zijn verkrijgbaar verschillende capaciteiten en temperatuur bereiken. Daarnaast zijn ze onderhoudsvriendelijk en is er geen extra installatie nodig voor het verwarmen van het medium.

#### 3.2.2.1. Keuze

Vanwege de hoge gewenste lucht temperatuur en voor het behoud van een eenvoudige installatie is er gekozen voor een elektrisch verwarmingselement. Dit verwarmingselement heeft de mogelijkheid de lucht te verwarmen tot 200°C. Daarnaast is er geen ingewikkelde installatie nodig om een verwarmingsmedium op te warmen. Met behulp van temperatuursensoren kan de gewenste luchttemperatuur bereikt worden.

### 3.2.3. Het type ventilator

Ventilatoren zijn in te delen in twee klassen, namelijk axiaal en centrifugaal ventilatoren. Axiaal ventilatoren zuigen lucht aan een kant aan en blazen dit recht door aan de andere kant weer uit. Voordelen van axiaal ventilatoren zijn de platte bouw en de kleinere elektromotor. Nadelen zijn de lage efficiëntie en de lage luchtverplaatsing.

Bij centrifugaal ventilatoren wordt de lucht van voren aangezogen en onder een hoek van 90° door de zijkant afgeblazen. Dit type ventilator kan met een kleinere bouw meer lucht verplaatsen dan een axiaal ventilator. Daarnaast zijn de ventilatoren stiller en kan er meer druk opgebouwd worden. Een nadeel is het complexere kanalenwerk rond de ventilator omdat deze in een hoek van 90° een andere richting op gaat. Daarnaast is er een zwaardere elektromotor nodig voor een centrifugaal ventilator.

### **3.2.3.1. Keuze**

Voor het ontwerp is een centrifugaal ventilator gekozen. Ondanks de kleine luchthoeveelheid is de verwachting dat er een hoge statische druk nodig is voor de testdroger. Daarnaast is de compacte bouw van een centrifugaal ventilator een groot voordeel. Hierdoor neemt de testinstallatie niet onnodig veel ruimte in beslag. Tot slot is het mogelijk om bij een centrifugaal ventilator de motor buiten de luchtstroom te plaatsen. Doordat de lucht een temperatuur kan bereiken van 200°C zou de motor oververhit kunnen raken tijdens het testen. Door de motor buiten de luchtstroom te plaatsen wordt dit nu voorkomen.

### **3.2.4. Het materiaal waarvan de droger gemaakt wordt**

Omdat de testdroger op hoge temperatuur moet kunnen werken worden de wanden van de droogsectie, net als de banddroger gemaakt van twee RVS platen met een isolatiemateriaal ertussen. Hierdoor is wordt de droger goed geïsoleerd en blijft de warmte in de droogsectie. Daarnaast kunnen er ook voedingsmiddelen gedroogd worden met de testdroger en voor deze branche is RVS beplating, vanwege hygiëne, verplicht.

Als wens is opgegeven dat er tijdens het testen in de droogsectie gekeken kan worden. Om dit mogelijk te maken wordt er aan een kant van de droogsectie een doorzichtig gedeelte in de wand gemaakt worden. Deze constructie moet tegen een temperatuur van 200°C bestand zijn. Voor deze toepassing bestaan er speciale kijkvensters met hittebestendig glas. Aan dit venster wordt ook verlichting gemonteerd zodat men gemakkelijker in de droger kan kijken.

Daarnaast moet een kant van de droogsectie geopend kunnen worden om product in en uit de droger te halen en onderhoud te plegen. Hiervoor wordt een wand met scharnieren en handspanners vastgezet. Deze wand fungeert dan als een deur.

### 3.3.Ontwerpberekeningen

Om een definitief ontwerp te kunnen maken moeten er een aantal berekeningen gemaakt worden om bijvoorbeeld de afmetingen van de droger te bepalen. In dit hoofdstuk worden de volgende berekeningen uitgewerkt:

- Bepalen van de droger afmetingen;
- Berekenen van het benodigde luchtvolume;
- Berekenen van de kanaalafmetingen;
- Berekenen van de benodigde verwarmingscapaciteit;

#### 3.3.1.Bepalen van de drogerafmetingen

De testdroger wordt ontworpen voor een productcapaciteit van 1-5 kg. De te testen producten hebben een over het algemeen een dichtheid tussen de 10 tot 750 kg/m<sup>3</sup>. Voor het bepalen van de afmetingen van de testdroger wordt een dichtheid van 500 kg/m<sup>3</sup> gebruikt. Het maximale productvolume wordt dan:

$$V_p = \frac{m}{\rho_p} = \frac{5}{500} = 0,01m^3$$

Hierin is:

V<sub>p</sub>: het productvolume in m<sup>3</sup>

m: de massa van het product in kg

ρ<sub>p</sub>: de dichtheid van het product in kg/m<sup>3</sup>

De gemiddelde storthoogte op de banddroger is 10 cm. In de testdroger wordt ook deze hoogte aangehouden. Het benodigde droogoppervlak wordt dan:

$$A_p = \frac{V_p}{H} = \frac{0,01}{0,1} = 0,1m^2$$

Hierin is:

A<sub>p</sub>: het droogoppervlak in m<sup>2</sup>

H: de storthoogte in m

Voor het ontwerp is een vierkante vorm het eenvoudigst. Daarnaast zal de luchtverdeling in de droogsectie beter zijn bij een vierkante vorm dan bij een rechthoekige vorm.

$$L = B = \sqrt{A_p} = \sqrt{0,1} = 0,31m$$

Hierin is:

L: de lengte van de droogsectie in m

B: de breedte van de droogsectie in m

Voor de droogsectie wordt een afmeting van 30 x 30 cm gekozen.

#### 3.3.2.Berekenen van het benodigde luchtvolume

Een eis in het ontwerp is een variabele lichtsnelheid door het product. In overleg met de opdrachtgever is besloten om deze variatie te stellen op een lichtsnelheid van 0,5 tot 3 m/s. Het maximale luchtvolume is dan als volgt te berekenen:

$$V_{l,max} = v_{l,max} * L * B * 3600 = 3 * 0,3 * 0,3 * 3600 = 972m^3/h$$

Hierin is:

$V_{l,max}$ : het maximale luchtvolume in  $m^3/h$

$v_{l,max}$ : de maximale luchtsnelheid door het product in  $m/s$

Op dezelfde manier kan ook het minimale luchtvolume berekend worden:

$$V_{l,min} = v_{l,min} * L * B * 3600 = 0,5 * 0,3 * 0,3 * 3600 = 162m^3/h$$

Bij het aanvragen van de offertes voor een ventilator is rekening gehouden met een schakelbaarheid in luchtvolume van  $150 m^3/h$  tot  $1000 m^3/h$ . Daarnaast wordt de drukval over het systeem geschat op 1000 Pa. Verder moet de ventilator bestand zijn tegen temperaturen van  $-10^{\circ}C$  (wintercondities buitenlucht) en  $200^{\circ}C$ .

### 3.3.3. Berekenen van de kanaalafmetingen

De luchtsnelheid door de kanalen wordt begrensd op 7 m/s. Bij een luchtvolume van  $1000 m^3/h$  hebben de luchtkanalen een doorstromend oppervlak van:

$$A_k = \frac{V_l}{3600 * v_l} = \frac{1000}{3600 * 7} = 0,0497m^2$$

Hierin is:

$A_k$ : het doorstromend oppervlak in  $m^2$

Wanneer gekozen wordt voor rechthoekige luchtkanalen hebben deze een afmeting van 20 x 20 cm. Bij ronde luchtkanalen wordt er een diameter genomen van 25 cm.

### 3.3.4. Berekenen van de benodigde warmte capaciteit

De testdroger gebruikt buitenlucht om het product te drogen. Deze buitenlucht varieert door het jaar heen van temperatuur. Om te zorgen dat het verwarmingselement voldoende capaciteit heeft wordt er gerekend met een winterconditie waarbij de luchttemperatuur op  $-10^{\circ}\text{C}$  wordt gesteld. Dit betekent dat het verwarmingselement een temperatuursverhoging van  $210^{\circ}\text{C}$  moet kunnen bewerkstelligen. De capaciteit van het verwarmingselement wordt als volgt berekend:

$$Q = \frac{V_l * \rho_l * \Delta T}{3600} = \frac{1000 * 1,2 * 210}{3600} = 70 \text{ kW}$$

Hierin is:

Q: de verwarmingscapaciteit van het verwarmingselement in kW

$\rho_l$ : de volumetrische warmtecapaciteit van de lucht in  $\text{kJ/m}^3\text{K}$

$\Delta T$ : het temperatuurverschil in  $^{\circ}\text{C}$

Door de temperatuursverhoging van de lucht verandert de dichtheid. Dit heeft invloed op de benodigde verwarmingscapaciteit. De daadwerkelijk benodigde capaciteit zal daardoor lager liggen dan hierboven berekend. De capaciteit van het verwarmingselement zal door de leverancier bepaald worden en deze berekening zal dienen als controle of het aangeboden verwarmingselement niet te groot is.

## 4. Het nieuwe ontwerp

### 4.1. Ontwerpspecificaties

In dit hoofdstuk worden alle onderdelen van de testinstallatie beschreven en gespecificeerd.

#### 4.1.1. Droogsectie

De wanden van de droogsectie worden vervaardigd uit twee RVS 304 platen met daartussen glaswol als isolatie middel. Een van de wanden is voorzien van een Lumiglas venster met verlichting. Het kijkglas heeft een diameter van 15 centimeter en is bestand tegen een temperatuur tot 280°C. Op de fitting van het venster wordt, aan de buitenzijde, de verlichting gemonteerd.

Deze wand kan tevens ook geopend worden voor het plaatsen van product, schoonmaken van de testdroger en onderhoud. Deze wand wordt aan een kant met scharnieren aan de droger gemonteerd. Aan de andere zijde wordt de deur gesloten met een handspanner.

Aan de binnenzijde van de droogsectie wordt rondom een RVS hoekprofiel gemonteerd waarop de gaasband gelegd kan worden. Dit hoekprofiel heeft een breedte van 2,5 cm vanaf de wand. Aan de zijde van de deur wordt het hoekprofiel niet aan de wand gemonteerd zodat de gaasband ondersteund blijft als de deur geopend wordt.

Het gaasband is geweven van RVS 304 draad met een draaddikte van 1,2 mm. De gaasband is onderverdeeld in mazen van 4,2 x 4,2 mm. Op de gaasband worden zijschotjes gemaakt van 25 cm hoog zodat het product op de juiste plek blijft liggen. Deze schotjes en de hoekprofielen zorgen voor een doorstromend oppervlak van 30 x 30 cm door de gaasband. Om te zorgen voor een rustige luchtstroming rond deze schotjes worden er afdichtingen geplaatst tussen de schotjes en de zijwand van de droger. Deze afdichtingen bestaan uit een RVS Z-profiel welke aan de wand en de schotjes gemonteerd kunnen worden. Hierdoor kan de lucht niet tussen de schotjes en de zijwand van de droger stromen.

De binnen afmetingen van de droogsectie zijn 35 x 35 x 100 cm. De gaasband wordt op een hoogte van 35 cm in de droogsectie gehangen. Aan de boven en onderzijde van de van de droogsectie worden de luchtkanalen gemonteerd. Deze hebben een diameter van 250 mm en worden na 30 cm onderbroken door een flexibel. Door deze flexibels is het mogelijk om met een weegschaal onder de testdroger alleen het gewicht van de droogsectie te meten. De weegschaal en droogsectie staan op een frame om ruimte te maken voor het kanaalstuk onder de droogsectie. Een ontwerpsschets van de droogsectie is aan dit verslag toegevoegd als bijlage V.

De kanalen worden gemaakt van RVS 304 met een plaatdikte van 0,6 mm. De kanalen van de testdroger hebben een diameter van 250 mm. Het kanalsysteem wordt prefab geleverd en is eenvoudig luchtdicht te monteren met steekverbindingen. Er wordt op de buitenkant van de kanalen steenwol isolatie aangebracht. Deze isolatie heeft een dikte van 80 mm en is eenzijdig bekleed met een folie van versterkt puur aluminium.[3] De isolatie zorgt ook voor extra stevigheid van de kanalen. Het totale systeem wordt afgesteund op de grond. De lay-out tekening van de testdroger is aan dit verslag toegevoegd als bijlage VI.

#### 4.1.2. Ventilator

Leverancier: Systemair

Type: KBR/F 280 D2 Radialvent.

Luchtvolume: 1.000 m<sup>3</sup>/h

Statische druk: 1000 Pa

Motortype:

Toerental: 2820 /min

Geïnstalleerd vermogen: 730 W

Stroom: 1,24 A

Isolatie: Klasse F

Beveiliging: 55 IP

Aansluitspanning: 400 V / 50 Hz / 3Ph

#### 4.1.3. Verwarmingselement

Leverancier: Mechaheat

Type: Kanaalluchtverhitter

Vermogen: 50 kW

Aansluitspanning: 3x400 V / 50 Hz

Volumestroom: 1000 m<sup>3</sup>/h

Afmeting: 900 x 300 x 300 mm

Beschermklasse: 22 IP

Buiselementen: Ø 8,5 mm AISI304

Wattbelasting: 1,89 W/cm<sup>2</sup>

Drukval: 61 Pa

#### 4.1.4. Besturingssysteem

Leverancier: Trecom

Type: Siemens S7-300/1200

Bedieningspaneel: Siemens TP177B

Besturingsmogelijkheden:

- Handbedrijf
- Automatisch bedrijf bestaande uit: Meervoudige automatische tunnelsectie wisselingen (boven/onderinvoer) vrij instelbaar tot maximaal 10 secties. Hierbij zijn de temperatuurregeling, lucht flowregeling, lucht verversing en looptijd afzonderlijk instelbaar per sectie simulatie.

Regelkringen:

- Inblaastemperatuurregeling
- Debiet regeling toevoerlucht
- Debiet regeling retourlucht

#### 4.1.5. Kanalen

Leverancier: VSL Air-o-vent B.V.

Type: RVS Spiromateriaal

Diameter: DN250

Wanddikte: 0,6mm

#### 4.1.6. Luchtkleppen

Leverancier: VDL Industrial Products

Type: Jacob Söhne vlinderklep

Afmeting: DN250

Servomotor: Deufra

Type: LEB10

Aansturingssignaal: 4.20 mA

#### 4.1.7. Sensoren

##### 4.1.7.1. *Temperatuur/RV sensoren*

###### Buitenluchtsensor

Leverancier: Rotronics

Type: Hygroflex 4

Code: HF432-DB4XX1XX

Temperatuurbereik: -30 °C – +70 °C / 4.20 mA

Luchtvochtigheidsbereik: 0 – 100 % / 4.20 mA

###### Buitenluchtsensor

Leverancier: Rotronics

Type: Hygroflex 5

Code: HF532-WB1XX1XX

Sensormodule: HC2-IC102

Temperatuurbereik: 0 °C – +200 °C / 4.20 mA

Luchtvochtigheidsbereik: 0 – 100 % / 4.20 mA

##### 4.1.7.2. *Luchtsnelheidsensor*

Leverancier: Höntzsch

Type: Vane Wheel flow sensor FA

Code: ZS25/25-250GE/260/p10/ZG4

Bereik: 0,4 m/s – 20 m/s / 4.20 mA

##### 4.1.7.3. *Drukverschilsensor*

Leverancier: Acin

Type: Setra 267MR verschildruk transmitter

Code: 2671-MR8-LD-11-G2-CN

Bereik: -1250 – +1250 Pa / 4.20 mA

##### 4.1.7.4. *Weegschaal*

Leverancier: Mettler Toledo

Type: Ultramount weeg modules

Maximale capaciteit: 3 x 50 kg

Terminal: IND331 Weeg terminal

Analoge uitgang: 4.20 mA

Gevoeligheid: 0,001 kg

## 4.2.Kostcalculatie van de testbanddroger

In het onderstaande overzicht zijn alle verschillende onderdelen van de drooginstallatie weergegeven. Ook worden de uren voor de tekenkamer en montage meegenomen. De tekenkamer moet een aantal constructietekeningen maken voor bijvoorbeeld de zijwanden en het frame waarop de droger staat. Als alle onderdelen zijn opgeleverd moet de testdroger gemonteerd worden. Onderaan het overzicht wordt de kostprijs van de testdroger weergegeven.

Tabel 4.1: Calculatie van de testbanddroger

| Item | Onderdeel                                     | Leverancier             | Aantal | Prijs/stuk  | Prijs         |
|------|-----------------------------------------------|-------------------------|--------|-------------|---------------|
| 1    | Geïsoleerde wand                              | Ventilex                | 2,09   | € 200,00    | € 418,00      |
| 2    | Hoekprofiel                                   | Ventilex                | 4      | € 5,00      | € 20,00       |
| 3    | Schotjes                                      | Ventilex                | 4      | € 9,50      | € 38,00       |
| 4    | Afdichtingen                                  | Ventilex                | 4      | € 6,00      | € 24,00       |
| 5    | Frame                                         | Ventilex                | 1      | € 150,00    | € 150,00      |
| 6    | Montage uren                                  | Ventilex                | 20     | € 60,00     | € 1.200,00    |
| 7    | Engineerings uren                             | Ventilex                | 30     | € 70,00     | € 2.100,00    |
| 8    | Kijkvenster ø 15 cm                           | Muijsert B.V.           | 1      | € 1.049,00  | € 1.049,00    |
| 9    | Handspanners                                  | Hogetex                 | 2      | € 13,90     | € 27,80       |
| 10   | Scharnieren                                   | Profmarkt.nl            | 3      | € 1,50      | € 4,50        |
| 11   | Gaasband                                      | Averinox                | 1      | € 0,00      | € 0,00        |
| 12   | Kanalensysteem                                | VSL Air-o-vent B.V.     | 1      | € 4.182,63  | € 4.182,63    |
| 13   | Luchtkleppen                                  | VDL Industrial Products | 7      | € 1.233,00  | € 8.631,00    |
| 14   | Kanaalisolatie (80 mm)(3m <sup>2</sup> /stuk) | VSL Air-o-vent B.V.     | 11     | € 41,26     | € 453,82      |
| 15   | Flexibels                                     | Euromanchetten          | 2      | € 42,00     | € 84,00       |
| 16   | Ventilator                                    | Systemair               | 1      | € 650,47    | € 650,47      |
| 17   | Verwarmingselement                            | Mechaheat               | 1      | € 1.768,00  | € 1.768,00    |
| 18   | Filterkast + filters                          | Camfil                  | 1      | € 808,77    | € 808,77      |
| 19   | Weegschaal                                    | Mettler-Toledo          | 1      | € 3.577,13  | € 3.577,13    |
| 20   | Flowsensor                                    | Catec Instrumentatie    | 2      | € 4.014,00  | € 8.028,00    |
| 21   | Temperatuur/RV sensor buiten                  | Acin                    | 1      | € 382,00    | € 382,00      |
| 22   | Temperatuur/RV sensor kanaal                  | Acin                    | 2      | € 561,00    | € 1.122,00    |
| 23   | Drukverschil sensor                           | Acin                    | 1      | € 231,00    | € 231,00      |
| 24   | Besturingssysteem                             | Trecom                  | 1      | € 25.175,00 | € 25.175,00 + |
|      |                                               |                         |        | Totaal      | € 60.125,16   |

## 5. Conclusie

Dit verslag is het resultaat van een afstudeeropdracht waarbij voor Imtech DryGenic een nieuwe testdroger ontwikkeld moet worden. Bij het oude ontwerp is het niet mogelijk om een aantal variabelen, welke belangrijk zijn bij het droogproces, in te stellen. Hierbij moet gedacht worden aan luchtrichting, bandsnelheid, verhouding recirculatielucht / buiten lucht, temperatuurinstelling in verschillende zones en vochtmetingen in de diverse luchtstromen.

Bij dit nieuwe ontwerp zijn deze variabelen wel in te stellen en te meten. De luchtrichting en verhouding tussen de recirculatielucht en buiten lucht is instelbaar met behulp van zeven luchtkleppen in het kanalen systeem. Deze kleppen worden aangestuurd met behulp van twee luchtsnelheidssensoren. Deze sturen hun signaal naar de besturingskast waarna de juiste klepstand ingesteld wordt.

In deze besturingskast kunnen voor het testen diverse variabelen ingesteld worden, zoals de luchttemperatuur, luchtsnelheid, luchtrichting en de verhouding recirculatielucht / buiten lucht. De bandsnelheid kan gesimuleerd worden door meerdere secties in te stellen en per sectie de tijdsduur in te stellen. Hiermee wisselt de testdroger automatisch de luchtrichting en wordt een banddroger realistisch gesimuleerd.

## Literatuurlijst

- [1] Dijkman, H., Overzicht testinstallaties Ventilex. Heerde, 1998.
- [2] [www.drygenic.com](http://www.drygenic.com) Informatie over de producten van Imtech DryGenic
- [3] LUKA kwaliteitshandboek Luchtkanaalsystemen 2009, Nederlandse Vereniging van Luchtkanalenfabrikanten.
- [4] <http://www.arboportaal.nl> Informatie over Persoonlijke Beschermingsmiddelen
- [5] Schaik, R.A. van, NEN 3011:2004 Veiligheidskleuren en –tekens in de werkomgeving en in de openbare ruimte. 2004.

## Bijlagen

- I Onderhouds- en veiligheidsvoorschriften
- II Autocadtekening huidige testdroger
- III Tekening 111502-1A: Luchtschema richting 1
- IV Tekening 111502-2A: Luchtschema richting 2
- V Tekening 111502-3A: Luchtschema complete testdroger
- VI Tekening 111502-4: Ontwerpschets testdroger
- VII Tekening 111502-5: Lay-out tekening testdroger

## Bijlage I: Onderhouds- en veiligheidsvoorschriften

### Onderhoudsplan

Om de installatie goed draaiende te houden is periodiek onderhoud nodig. Bij dit onderhoudsschema is rekening gehouden dat er twee droogtesten per week worden gedaan. Dit is het gemiddelde geweest van de afgelopen jaren. In het onderstaande schema staat het onderhoud van de verschillende onderdelen van de testdroger gesorteerd op frequentie.

Tabel I.1: Onderhoudsschema voor de testbanddroger

| Periode        | Onderdeel                             | Onderhoud                                                                                                     |
|----------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Na elke test   | Binnenkant droogsectie                | Schoonmaken met warm water;<br>Het gaasband kan uit de droger verwijderd worden om goed uitgespoeld te worden |
| Maandelijks    | Flexibles                             | Nakijken op beschadigingen                                                                                    |
|                | Filters                               | Nakijken op vervuiling en beschadigingen en waar nodig vervangen                                              |
|                | Ventilator                            | Waaier controleren op vervuiling en onbalans;<br>Bevestigingen en aandrijving controleren                     |
|                | Verwarmingselement                    | Controleren op vervuiling en beschadiging                                                                     |
|                | Luchtsnelheid sensoren                | Schoonmaken en controleren op schade                                                                          |
|                | Weegmodule                            | Controleren op gebreken en plaatsing                                                                          |
| Half jaarlijks | Droogsectie                           | Controleren op beschadigingen                                                                                 |
|                | Kanalen                               | Schoonmaken en controleren op beschadigingen                                                                  |
|                | Luchtkleppen                          | Controleren op goede werking en beschadigingen                                                                |
|                | Ventilator motor                      | Schoonmaken                                                                                                   |
|                | Temperatuur/RV sensoren               | Controleren en waar nodig schoonmaken                                                                         |
|                | Verschildruk sensor                   | Controleren                                                                                                   |
| Jaarlijks      | Bekabeling en elektrische installatie | Controleren                                                                                                   |
|                | Sensoren                              | Kalibreren                                                                                                    |

## Veiligheid

Om de testinstallatie veilig te kunnen gebruiken zijn er een aantal punten waar rekening mee moet worden gehouden. Zo kan de temperatuur in de droger oplopen tot 200°C. De kanalen en droogsectie van de installatie zijn voorzien van isolatie om zo veel mogelijk warmte binnen te houden. Dit zorgt er ook voor dat de installatie maar een beperkte hoeveelheid warmte uitstraalt. Toch moet er tijdens het testen rekening gehouden worden met een warm tot heet oppervlak van de installatie, in het bijzonder bij het verwarmingselement.

Vanwege deze hoge temperatuur dient de droger tijdens het testen gesloten te blijven. Er zit bewust geen beveiliging op de deur aangezien het soms wenselijk is om een monster van het product te nemen tijdens het testen. Dit zal waarschijnlijk alleen gebeuren wanneer er op lage temperatuur getest wordt. Wanneer de droger tijdens testen toch geopend moet worden, dient de werknemer te allen tijde een veiligheidsbril en hitte bestendige handschoenen te dragen.

Verder dienen de veiligheidsvoorschriften van de ventilator en verwarmingselement nageleefd te worden.

## Persoonlijke beschermingsmiddelen

Conform de Arbo Wet zijn er verscheidene regels voor het gebruik van persoonlijke beveiligingsmiddelen.[4] Deze worden hieronder besproken en aangegeven of deze gebruikt moeten worden wanneer een werknemer met de testinstallatie werkt.

### Ademhalingsbescherming

Ademhalingsbescherming is nodig wanneer de lucht:

- Gevaarlijke stoffen kan bevatten (bijv.: dampen, gassen, fijn stof, ultrafijn stof en vezels);
- Te weinig of te veel zuurstof kan bevatten;
- er een explosief mengsel kan ontstaan.

Bij de testdroger hebben we geen van de bovenstaande onderdelen in de lucht en dus is er geen ademhalingsbescherming nodig.

### Beschermende kleding

Voor het werken met de testdroger is geen beschermende kleding nodig. Er wordt niet gewerkt met bijvoorbeeld chemicaliën of open vuur.

### Gehoorbescherming

Om te voorkomen dat werknemers blijvende gehoorschade oplopen tijdens hun werkzaamheden zijn er richtlijnen opgesteld voor het gebruik van gehoorbescherming.

- Vanaf 80 dB(A) is de werkgever verplicht gehoorbescherming aan de werknemer aan te bieden;
- Vanaf 85 dB(A) is de werknemer verplicht gehoorbescherming te gebruiken tijdens zijn werkzaamheden.

Bij de testdroger is de ventilator het enige onderdeel wat geluid voortbrengt tijdens het testen. Het geluidsniveau van de ventilator is ongeveer 67 dB(A). Er hoeft dus geen gehoorbescherming gedragen te worden tijdens het gebruik van de testdroger.

### Gelaatsbescherming

Gelaatsbescherming biedt bescherming tegen de volgende onderdelen:

- Vaste deeltjes zoals splinters en stof;
- Vloeistofspetters;
- Infrarood straling en vlammen;
- Laser en UV licht.

Bij de testdroger komt geen van deze onderdelen voor dus is er geen gelaatsbescherming nodig.

### Handbescherming

Tijdens normaal gebruik van de testdroger is het gebruik van handschoenen niet nodig. Wel dient men ervan bewust te zijn dat het oppervlak van de installatie warm kan worden tijdens het testen op hoge temperaturen. Wanneer de droogsectie tijdens het testen geopend wordt voor bijvoorbeeld monsternamen van het product dient met hittebestendige handschoenen te dragen.

### Hoofdbescherming

Het dragen van hoofdbescherming is bij het gebruik van de testdroger niet nodig.

### Oogbescherming

Het gebruik van een veiligheidsbril is bij normaal gebruik van de testdroger niet nodig. De testdroger is een gesloten systeem waarbij er geen gevaar is voor kwetsuren aan de ogen. Mocht echter de testdroger geopend worden voor monsternamen dan dient de werknemer een veiligheidsbril te dragen.

### Valbescherming

Er wordt niet op hoogte gewerkt dus er hoeft geen valbescherming toe te worden gepast.

### Voetbescherming

De testdroger is een statische installatie waarbij geen kans is op vallende onderdelen of beklemming. Het is dus niet nodig om speciale voetbescherming te dragen.

## Verklaring pictogrammen

Op de installatie zijn een aantal waarschuwingspictogrammen aangebracht welke wijzen op de aanwezige gevaren.[5] Hieronder zijn de verschillende pictogrammen toegelicht.

Algemeen gevaar teken



Gevaar voor hoge temperatuur



Gevaar voor elektriciteit



Bril dragen



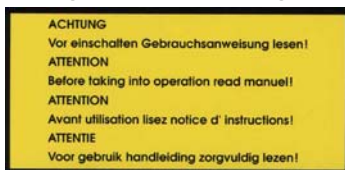
Bewegende machine



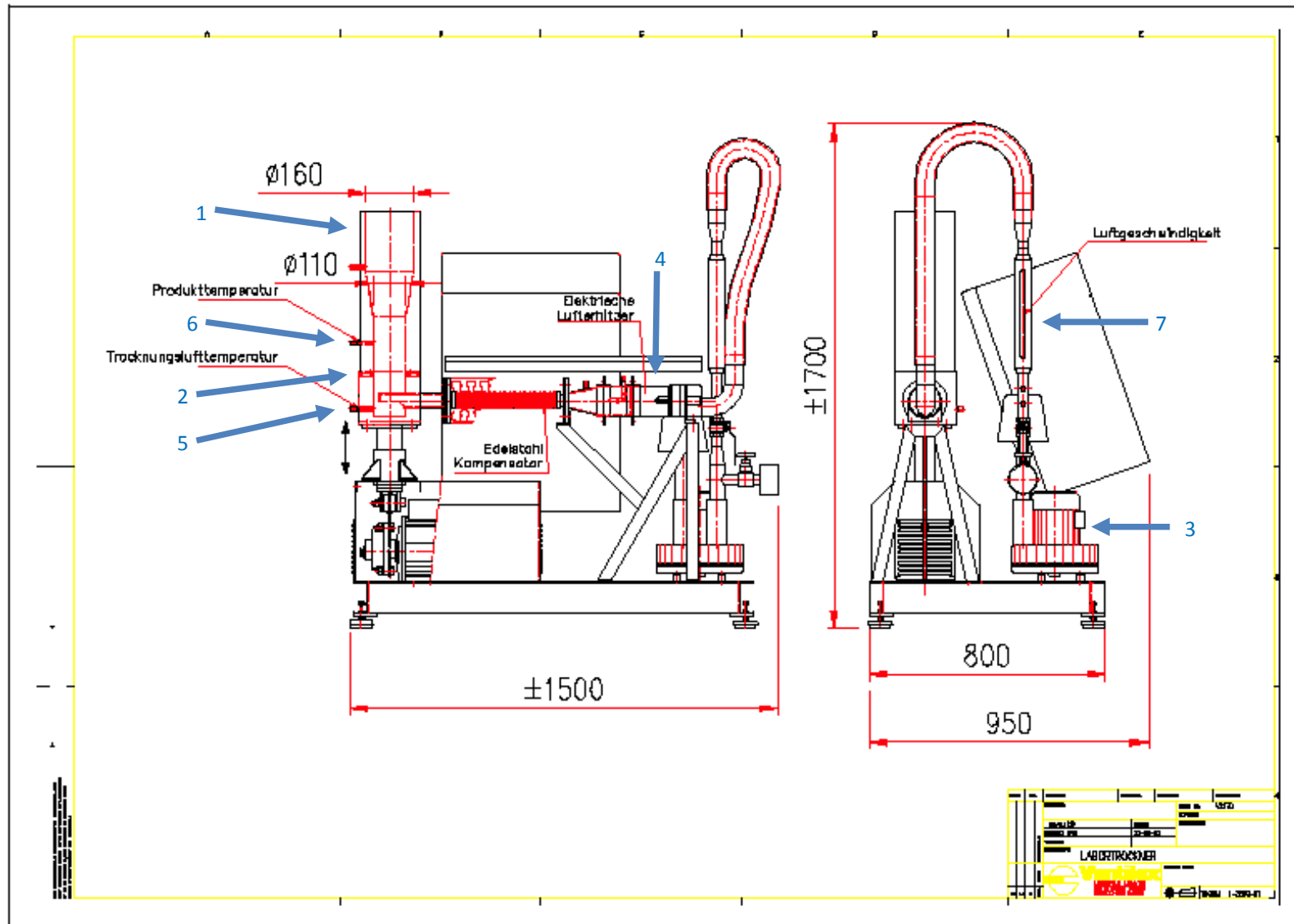
Handschoenen dragen

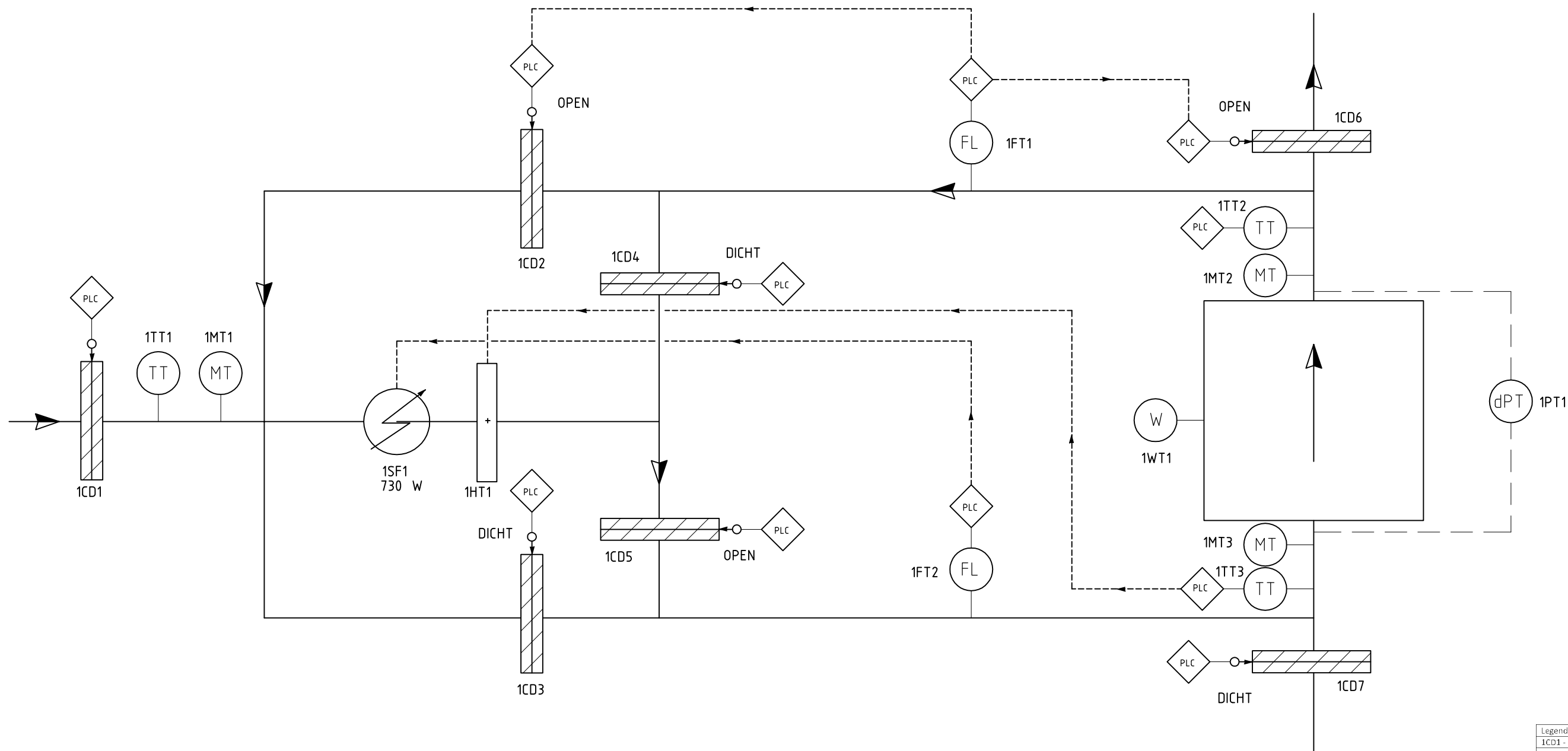


Voor gebruik handleiding lezen



## Bijlage II: Autocadtekening huidige testdroger



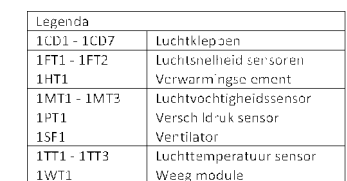


| Legenda     |                         |
|-------------|-------------------------|
| 1CD1 - 1CD7 | Luchtkleppen            |
| 1FT1 - 1FT2 | Luchtsnelheid sensoren  |
| 1HT1        | Verwarmingselement      |
| 1MT1 - 1MT3 | Luchtvochtigheidssensor |
| 1PT1        | Verschildruk sensor     |
| 1TT1 - 1TT3 | Luchttemperatuur sensor |
| 1WT1        | Weeg module             |

| REV.                                                       | DATE     | DESCRIPTION         | DRAWN                  | CHECKED      | REVIEW        |
|------------------------------------------------------------|----------|---------------------|------------------------|--------------|---------------|
| A                                                          | 01-11-11 | NIEUWE CONFIGURATIE | MH                     | MH           |               |
| Tolerances according ISO 2768 (unless otherwise specified) |          |                     |                        |              |               |
| Accuracy (mm)                                              | <6 to 30 | >30 to 120          | >120 to 400            | >400 to 1000 | >1000 to 2000 |
| f                                                          | ±0.1     | ±0.15               | ±0.2                   | ±0.3         | ±0.5          |
| m                                                          | ±0.2     | ±0.3                | ±0.5                   | ±0.8         | ±1.2          |
| c                                                          | ±0.5     | ±0.8                | ±1.2                   | ±2           | ±3            |
| v                                                          | ±1       | ±1.5                | ±2.5                   | ±4           | ±6            |
| PROJECT                                                    |          |                     | TITLE                  |              |               |
| AFSTUDEERPROJECT                                           |          |                     | BIJLAGE III:           |              |               |
| TESTBANDDROGER                                             |          |                     | LUCHTSCHEMA RICHTING 1 |              |               |
|                                                            |          |                     | DRAWN                  | MH           |               |
|                                                            |          |                     | DATE                   | 22-09-11     |               |
|                                                            |          |                     | CHECKED                | MH           |               |
|                                                            |          |                     | REVIEW                 | PH           |               |
|                                                            |          |                     | SCALE                  | 1:1          |               |
|                                                            |          |                     | FORMAT                 | A1           |               |
|                                                            |          |                     | ORDER NR.              | 111502       |               |
|                                                            |          |                     | DRAWING NR.            | 111502-1     |               |
|                                                            |          |                     | PAGE 1 OF 1            | REVISION     | A             |



Imtech DryGenic  
 OUDE MIDDEWEG 19  
 P.O. BOX 24484  
 NL - 2499 AA DEN HAAG  
 TEL. +31 88 9883882, FAX +31 88 9883883  
 Email: info@drygenic.com  
 www.drygenic.com

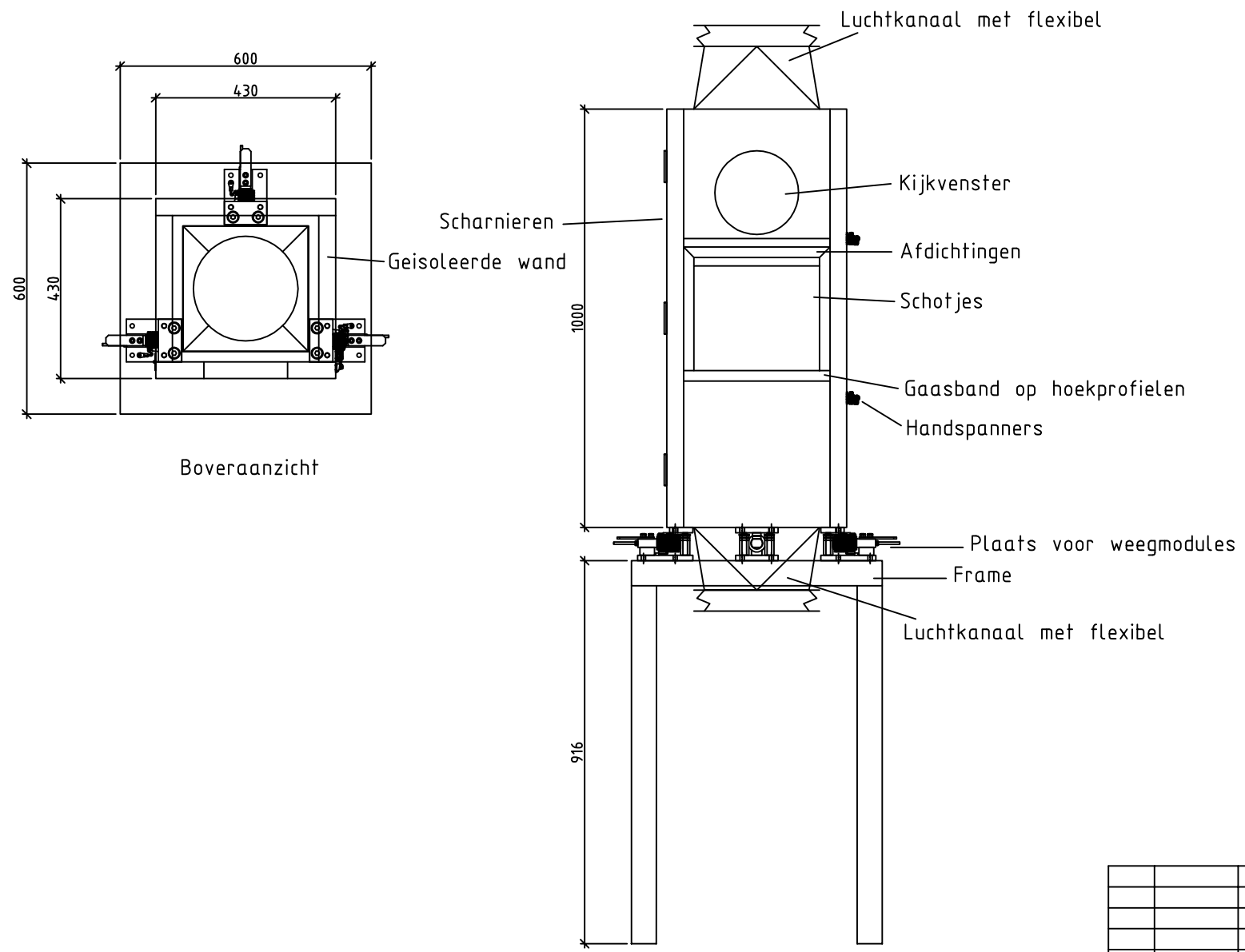


www.drygenic.com

PAGE 1 OF 1 REVISION

FILE: 111502-2.dwg





Boveraanzicht

Vooraanzicht met deur

|                                                            |          |             |               |              |               |               |           |
|------------------------------------------------------------|----------|-------------|---------------|--------------|---------------|---------------|-----------|
|                                                            |          |             |               |              |               |               |           |
|                                                            |          |             |               |              |               |               |           |
|                                                            |          |             |               |              |               |               |           |
|                                                            |          |             |               |              |               |               |           |
|                                                            |          |             |               |              |               |               |           |
|                                                            |          |             |               |              |               |               |           |
|                                                            |          |             |               |              |               |               |           |
|                                                            |          |             |               |              |               |               |           |
| REV.                                                       | DATE     | DESCRIPTION |               |              | DRAWN         | CHECKED       | REVIEW PM |
| Tolerances according ISO 2768 (unless otherwise specified) |          |             |               |              |               |               |           |
| Accuracy (mm)                                              | >6 to 30 | >30 to 120  | >120 to 400   | >400 to 1000 | >1000 to 2000 | >2000 to 4000 |           |
| f                                                          | ±0.1     | ±0.15       | ±0.2          | ±0.3         | ±0.5          | ---           |           |
| m                                                          | ±0.2     | ±0.3        | ±0.5          | ±0.8         | ±1.2          | ±2            |           |
| c                                                          | ±0.5     | ±0.8        | ±1.2          | ±2           | ±3            | ±4            |           |
| v                                                          | ±1       | ±1.5        | ±2.5          | ±4           | ±6            | ±8            |           |
| PROJECT                                                    |          |             | TITLE         |              | DRAWN         | MH            |           |
| AFSTUDEERPROJECT                                           |          |             | BIJLAGE VI:   |              | DATE          | 11-11-11      |           |
| TESTBANDDROGER                                             |          |             | ONTWERPSCHETS |              | CHECKED       | MH            |           |
|                                                            |          |             | TESTDROGER    |              | REVIEW PM     |               |           |
|                                                            |          |             |               |              | SCALE         | 1:10          |           |
|                                                            |          |             |               |              | FORMAT        | A2            |           |
|                                                            |          |             |               |              | ORDER NR.     | 111502        |           |
|                                                            |          |             |               |              | DRAWING NR.   | 111502-04     |           |
|                                                            |          |             |               |              | PAGE 1 OF 1   | REVISION      |           |

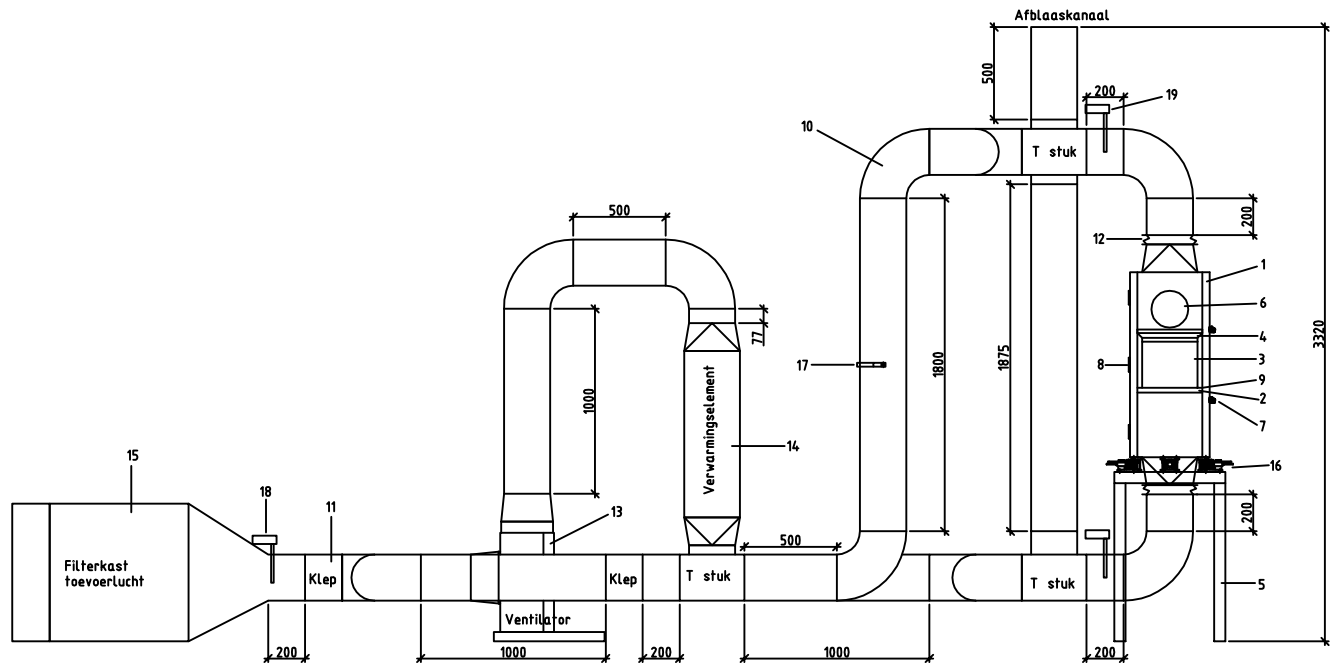
  
Imtech DryGenic

Imtech DryGenic

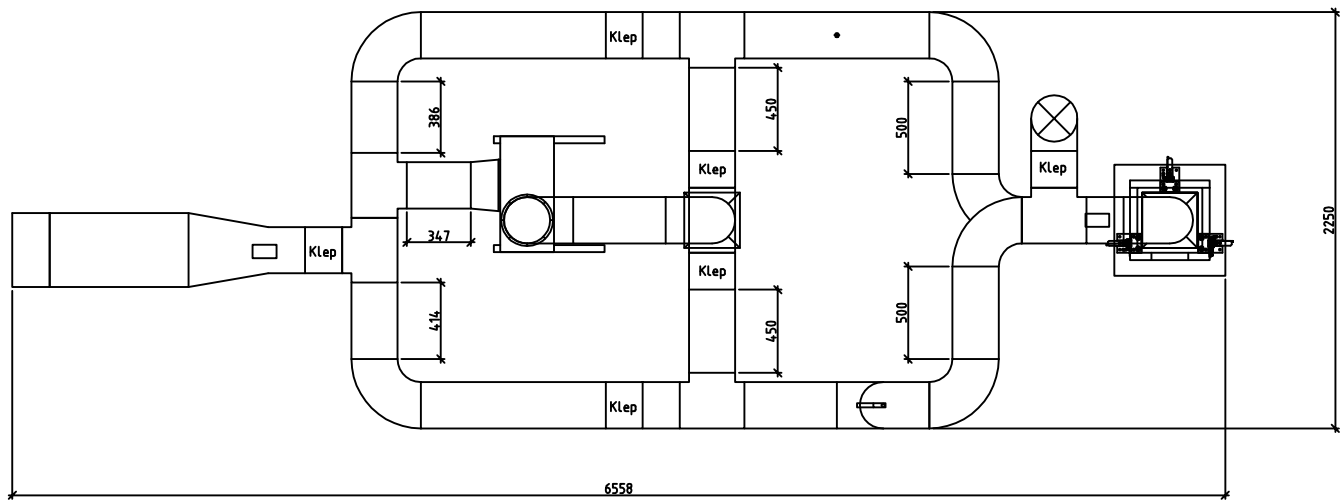
OUDE MIDDEWEG 19  
P.O. BOX 24004  
NL - 2490 AA DEN HAAG  
TEL. +31 88 9883002, FAX +31 88 9883003  
Email: info@drygenic.com  
www.drygenic.com

012345678910

FILE: 111502-04.dwg



Voor aanzicht



Boven aanzicht

| Item | Onderdeel                    | Leverancier             | Aantal |
|------|------------------------------|-------------------------|--------|
| 1    | Geïsoleerde wand             | Ventilex                | 2,09   |
| 2    | Hoekprofiel                  | Ventilex                | 4      |
| 3    | Schotjes                     | Ventilex                | 4      |
| 4    | Afdichtingen                 | Ventilex                | 4      |
| 5    | Frame                        | Ventilex                | 1      |
| 6    | Kijkvenster ø 15 cm          | Muijsert B.V.           | 1      |
| 7    | Handspanners                 | Hogetex                 | 2      |
| 8    | Scharnieren                  | Profmarkt.nl            | 3      |
| 9    | Gaasband                     | Averinox                | 1      |
| 10   | Kanalsysteem                 | VSL Air-o-vent B.V.     | 1      |
| 11   | Luchtkleppen                 | VDL Industrial Products | 7      |
| 12   | Flexibels                    | Euromanchetten          | 2      |
| 13   | Ventilator                   | Systemair               | 1      |
| 14   | Verwarmingselement           | Mechaheat               | 1      |
| 15   | Filterkast + filters         | Camfil                  | 1      |
| 16   | Weegschaal                   | Mettler-Toledo          | 1      |
| 17   | Flowsensor                   | Catec Instrumentatie    | 2      |
| 18   | Temperatuur/RV sensor buiten | Acin                    | 1      |
| 19   | Temperatuur/RV sensor kanaal | Acin                    | 2      |

|                                                            |          |             |                  |              |               |               |
|------------------------------------------------------------|----------|-------------|------------------|--------------|---------------|---------------|
| REV.                                                       | DATE     | DESCRIPTION | DRAWN            | CHECKED      | REVIEW        | PH            |
| Tolerances according ISO 2768 (unless otherwise specified) |          |             |                  |              |               |               |
| Accuracy (mm)                                              | >6 to 30 | >30 to 120  | >120 to 400      | >400 to 1000 | >1000 to 2000 | >2000 to 4000 |
| f                                                          | ±0.1     | ±0.15       | ±0.2             | ±0.3         | ±0.5          | ---           |
| m                                                          | ±0.2     | ±0.3        | ±0.5             | ±0.8         | ±1.2          | ±2            |
| c                                                          | ±0.5     | ±0.8        | ±1.2             | ±2           | ±3            | ±6            |
| v                                                          | ±1       | ±1.5        | ±2.5             | ±4           | ±6            | ±10           |
| PROJECT                                                    |          |             | TITLE            |              | DRAWN         |               |
| AFSTUDEERPROJECT                                           |          |             | BIJLAGE VII:     |              | DATE          |               |
| TESTBANDDROGER                                             |          |             | LAY-OUT TEKENING |              | CHECKED       |               |
|                                                            |          |             | TESTDROGER       |              | REVIEW        |               |
|                                                            |          |             |                  |              | SCALE         |               |
|                                                            |          |             |                  |              | FORMAT        |               |
|                                                            |          |             |                  |              | ORDER NR.     |               |
|                                                            |          |             |                  |              | DRAWING NR.   |               |
|                                                            |          |             |                  |              | PAGE 1 OF 1   |               |
|                                                            |          |             |                  |              | REVISION      |               |



Imtech DryGenic  
OUDE MIDDEWEG 19  
P.O. BOX 24404  
NL - 2499 AA DEN HAAG  
TEL. +31 88 9083882, FAX +31 88 9083883  
Email: info@drygenic.com  
www.drygenic.com