

## Praktijkopdracht Luchtbehandeling



Naam studenten: Lourens Soldaat (s1007323), Gjalt Nieuwenhuis (s1067860)

Naam docent: Roy van der Laan

25 september 2021

Hogeschool Windesheim

Opleiding: Lerarenopleiding PIE 2<sup>e</sup> graad

Vak: Module I Pro PIE '21/'22

## Inhoudsopgave

1. Inleiding .....	3
2. Mollier diagram .....	4
3. Practicum luchtbehandeling .....	4
3.1. Opdracht 1; 1 kW voorverwarming, 2 kW na-verwarming, drukverschil 13 mmWK.....	6
3.2. Opdracht 2; 1 kW voorverwarming, 2 kW na-verwarming, drukverschil 4 mmWK.....	7
3.3. Opdracht 3; 2kW verwarming in de stoomgenerator, drukverschil 13 mmWK.....	8
3.4. Opdracht 4: 2kW verwarming in de stoomgenerator, drukverschil 4 mmWK .....	9
4. Conclusies.....	10
5. Literatuurlijst.....	10

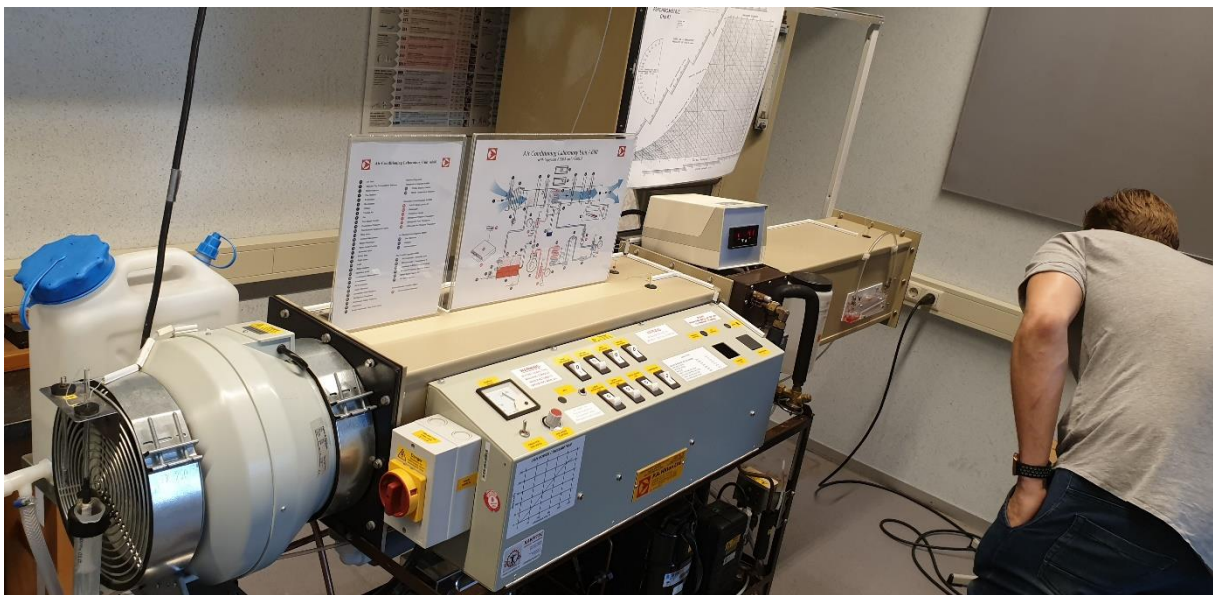
## 1. Inleiding

Temperatuur en (lucht)vochtigheid hebben een grote invloed op ons als mens. Het is daarom belangrijk om te weten hoe we deze temperatuur en (lucht)vochtigheid in een woon- of werkomgeving goed kunnen regelen. (Wikipedia, 2020)

Met de proefopstelling in het praktijklokaal van Windesheim hebben wij diverse metingen gedaan m.b.t. de luchtvochtigheid van verwarmde en gekoelde lucht. Het apparaat, de Hilton Air C conditioning Laboratory Unit, biedt de mogelijkheid om de energieverdracht van luchtbehandelingsinstallaties te simuleren.

Aan de linkerkant van de Hilton Air word de omgevingslucht aangetrokken door een ventilator. Vervolgens wordt de lucht door een verwarmingsmodule geblazen en als laatste door een koeling voordat het weer terug komt in de ruimte.

Voordat we konden beginnen met het starten van de metingen, moest het apparaat even 10 a 20 minuten opstarten om stabiele startcondities te krijgen. Ook na het aanpassen van de instellingen in het systeem duurde het steeds even om weer stabiele waarden te krijgen bij de thermometers.



*Figuur 1 Metingen en waarden controleren bij de proefopstelling*

In ons practicum hebben we de droge bol temperatuur en de natteboltemperatuur op verschillende plekken in de proefopstelling gemeten (zie nummers 2 in figuur 3 schematische weergave van de proefopstelling). De droge bol temperatuur geeft de gemeten temperatuur van de lucht in de kast weer. Op de natte bol thermometer zit een vochtig gaasje die in de luchtstroom is geplaatst, deze thermometer geeft aan welke temperatuur wordt bereikt bij het verdampen. Uiteindelijk willen we bepalen wat het opwarmen en afkoelen van de lucht doet met de luchtvochtigheid.

## 2. Mollier Diagram

De gemeten waarden worden in het Mollier Diagram (figuur 2) worden verwerkt. Hieruit kan vervolgens de luchtvochtigheid worden bepaald. Om te begrijpen hoe dit precies werkt en wat de uitkomst betekent was het interessant om te weten wat het Mollier Diagram precies is en hoe deze aan zijn uitkomsten komt. Het diagram is een grafische voorstelling van de thermodynamische eigenschappen die van invloed zijn op vochtige lucht (Condair, z.d.).

In het Mollier Diagram staan de volgende gegevens uitgezet;

Droge bol temperatuur =  $t$  in  $^{\circ}\text{C}$

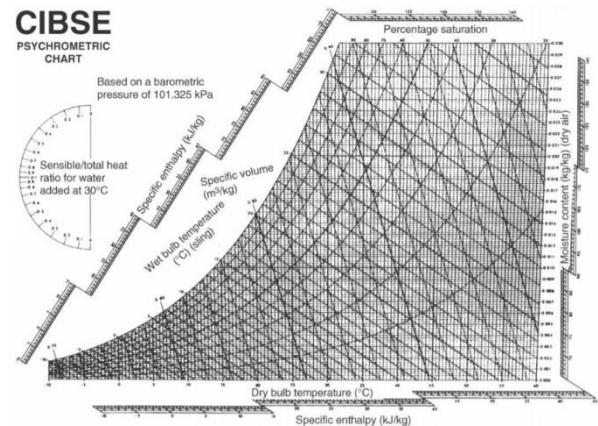
Natte bol temperatuur =  $t$  in  $^{\circ}\text{C}$

Absolute vochtigheid =  $x$  in  $\text{g/kg}$

Relatieve vochtigheid =  $RV$  in %

Enthalpie =  $h$  in  $\text{kJ/kg}$

Soortelijk gewicht =  $p$  in  $\text{kg/m}^3$

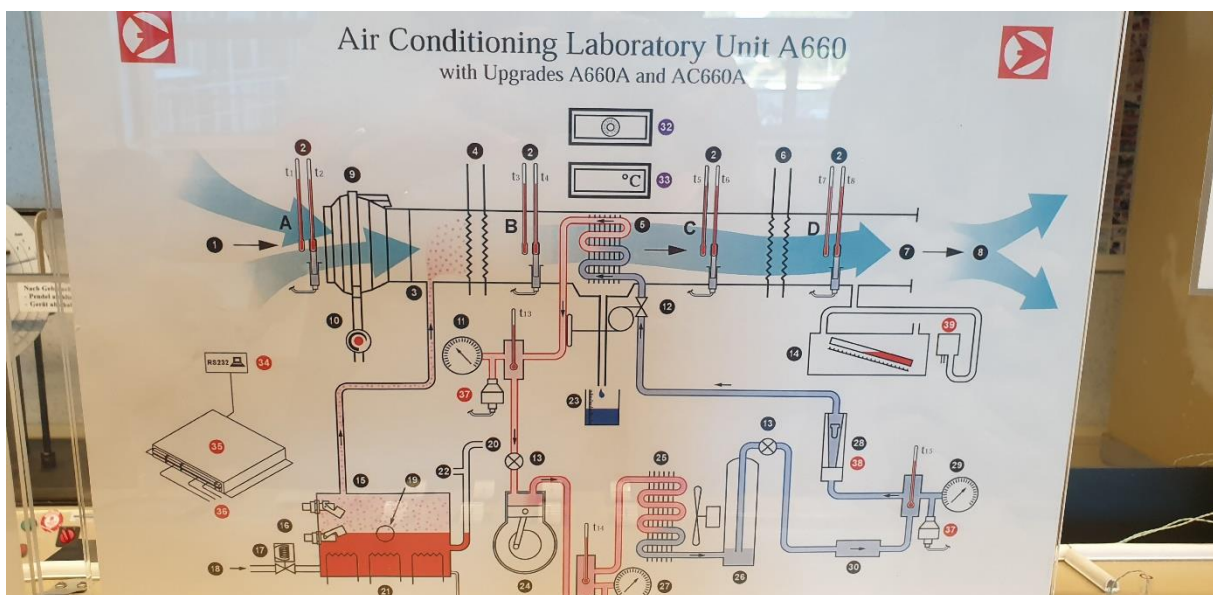


Figuur 2 het Mollier Diagram

De waarde van de droge bol temperatuur staat op de horizontale as weergegeven. De waarde van de natte bol staat aan de linkerzijde in de kromming naar boven weergegeven. Rechts van het diagram staat het vochtgehalte weergegeven (absoluut vochtgehalte). De gebogen lijnen naar boven geven de waarde van verzadiging is % luchtvochtigheid (relatieve luchtvochtigheid). (Peape, sd)

## 3. Practicum luchtbehandeling

Met de Hilton air proefopstelling werken we tijdens het doen van de proeven met 3 verschillende verwarmingen (Pre-heat, Re-heat en stoom) en 2 verschillende airflows (13mmWK en 4mmWK).



Figuur 3 Schematische weergave van de proefopstelling

De eerste 2 metingen hebben we 1 kW voorverwarming en 2kW na-verwarming gebruikt. Bij de eerste meting hebben we een airflow met een drukverschil van 13mmWK in de hellende baanmanometer ingesteld en bij de tweede is het drukverschil 4mmWK (zie figuur 4).



Figuur 4 Drukverschil in de hellende-baan manometer

Vervolgens hebben we 2 metingen gedaan met 2kW stoominjectie. Bij de eerste met een drukverschil van 13mmWK en bij de tweede bij een drukverschil van 4mmWK.

In onderstaande tabel staan de ingestelde gegevens en onze gemeten waarden tijdens het practicum weergegeven.

<b><u>Ingestelde gegevens</u></b>						
Drukverschil in de manometer (mmWK) <i>Dat doe je met de fanspeed Hellende baan nanometer</i>	13	4	13	4	13	4
Voorverwarming (kW) <i>1kW = first pre-heater on</i>	1	1	0	0		
Naverwarming (kW) <i>2kW = First en second re-heater on</i>	2	2	0	0		
Stoominjectie (kW) <i>Lower water heater</i>	0	0	2	2		
Luchtkoeling/droging <i>Compressor aan</i>	ja	ja	ja	ja		
<b><u>Gemeten gegevens van de lucht</u></b>						
T1 (°C) (A – droge bol)	24,5	25,4	24,1	24,0		
T2 (°C) (A – natte bol)	24,2	24,9	23,8	23,7		
T3 (°C) (B – droge bol)	33,0	41,1	24,7	24,7		
T4 (°C) (B – natte bol)	24,4	28,2	20,8	20,8		
T5 (°C) (C – droge bol)	19,9	18,6	15,6	12,2		
T6 (°C) (C – natte bol)	17,3	16,1	13,9	10,6		
T7 (°C) (D – droge bol)	35,1	47,4	15,6	12,0		
T8 (°C) (D – natte bol) (defect)	-	-	-	-	-	-
Opgevangen hoeveelheid condensaat (g/5 minuten)	-	-	-	-	-	-

Tabel 1 Gemeten waarden bij proef 1 t/m 4 tijdens de luchtbehandeling

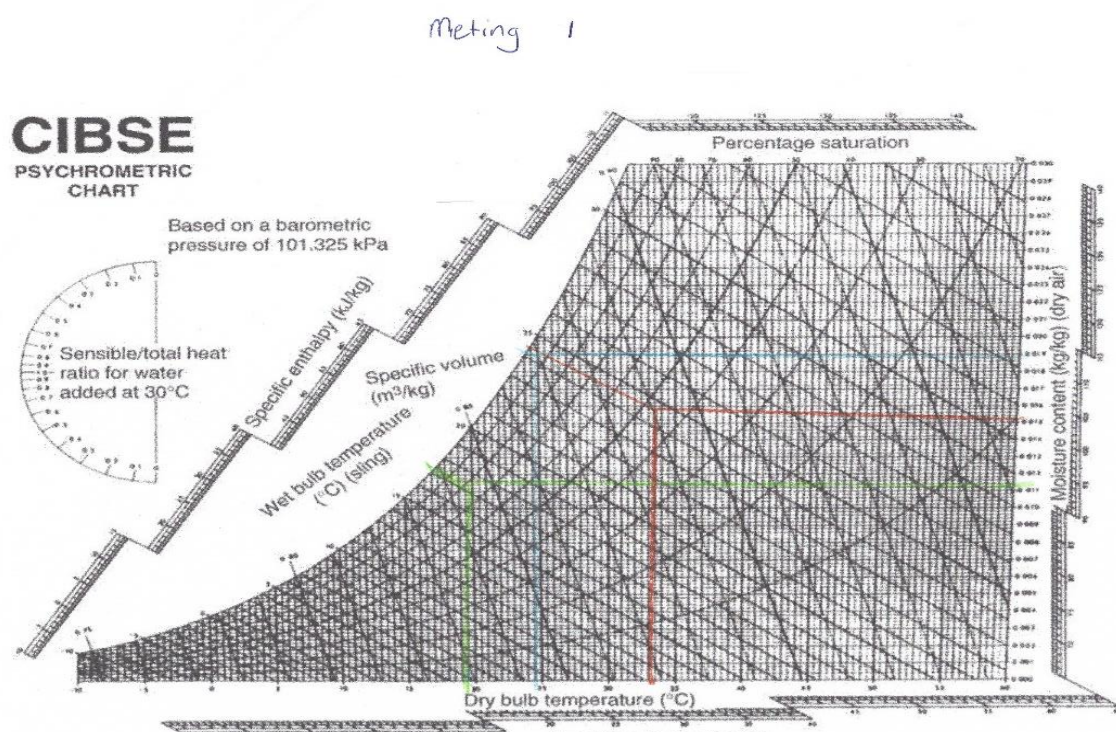


De uitkomsten van de luchtmetingen T1 t/m T7 kunnen we nu per meetopdracht in het Mollier Diagram gaan zetten. Bij de uitkomsten van de droge en natte bol zetten we dus telkens T1 en T2 tegen elkaar uit, daarna T3 en T4, en uiteindelijk T5 en T6. Thermometer T8 was helaas defect en dus de metingen van T7 t.o.v. T8 kunnen we niet uitzetten in de grafiek.

Van elke opdracht zetten we de meetwaarden, per instelling op de proefopstelling, uit in één grafiek, hierdoor krijgen we dus vier grafieken. Aan de hand van een online calculator (afim-dehumidifier, z.d.) berekenen we de exacte waarde van de vochtigheid.

### 3.1. Meetopdracht 1:

De 1 kW voorverwarming (pre-heater), 2 kW na-verwarming (re-heater) en de luchtkoeling (compressor) ingeschakeld. Het drukverschil in de hellende-baan-manometer 13 mmWK.



Figuur 5 ingetekende resultaten van meting 1 bij 13 mmWK

**T1 & T2** > absoluut vochtgehalte = 18,970 g/kg, relatieve luchtvochtigheid = 97,6 %

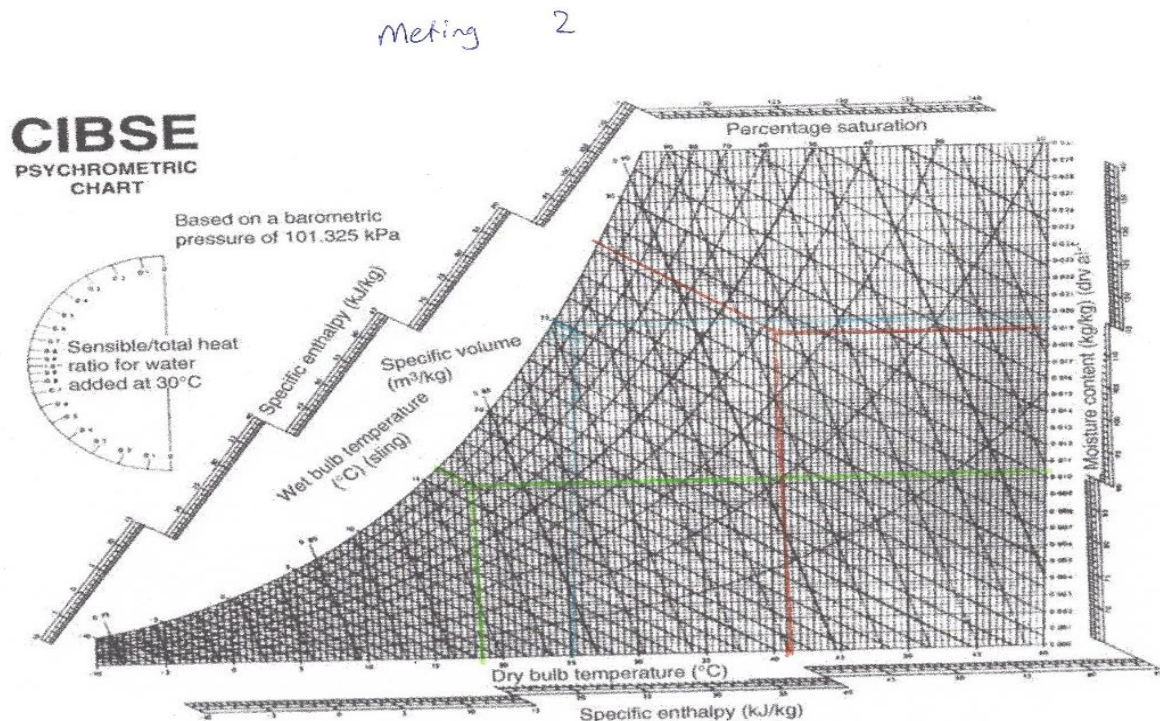
**T3 & T4** > absoluut vochtgehalte = 15,096 g/kg, relatieve luchtvochtigheid = 48,7 %

**T5 & T6** > absoluut vochtgehalte = 11,276 g/kg, relatieve luchtvochtigheid = 77,7 %

Bij T1 & T2 wordt de omgevingslucht het systeem in geblazen. Tussen T1&T2 en T3&T4 wordt de lucht verhit door een verwarmingselement. Het resultaat is dat de temperatuur van de lucht omhoog gaat. Warme lucht kan meer vocht opnemen en het relatieve vochtigheidspercentage zakt hierdoor van 97,6% naar 48,7%. Na het afkoelen van deze lucht wordt er water gecondenseerd. Het absolute vocht gehalte daalt verder en de relatieve waarde stijgt naar 77,7%. Door na-verwarming toe te passen stijgt de temperatuur en zorgt dit voor een betere luchtkwaliteit die comfortabeler aanvoelt.

### 3.2. Meetopdracht 2

De 1 kW voorverwarming (pre-heater), 2 kW na-verwarming (re-heater) en de luchtkoeling (compressor) ingeschakeld. Het drukverschil in de hellende-baan-manometer 4 mmWK.



Figuur 6 ingetekende resultaten van meting 2 bij 4 mmWK

**T1 & T2** > absoluut vochtgehalte = 19,728 g/kg, relatieve luchtvochtigheid = 96,1 %

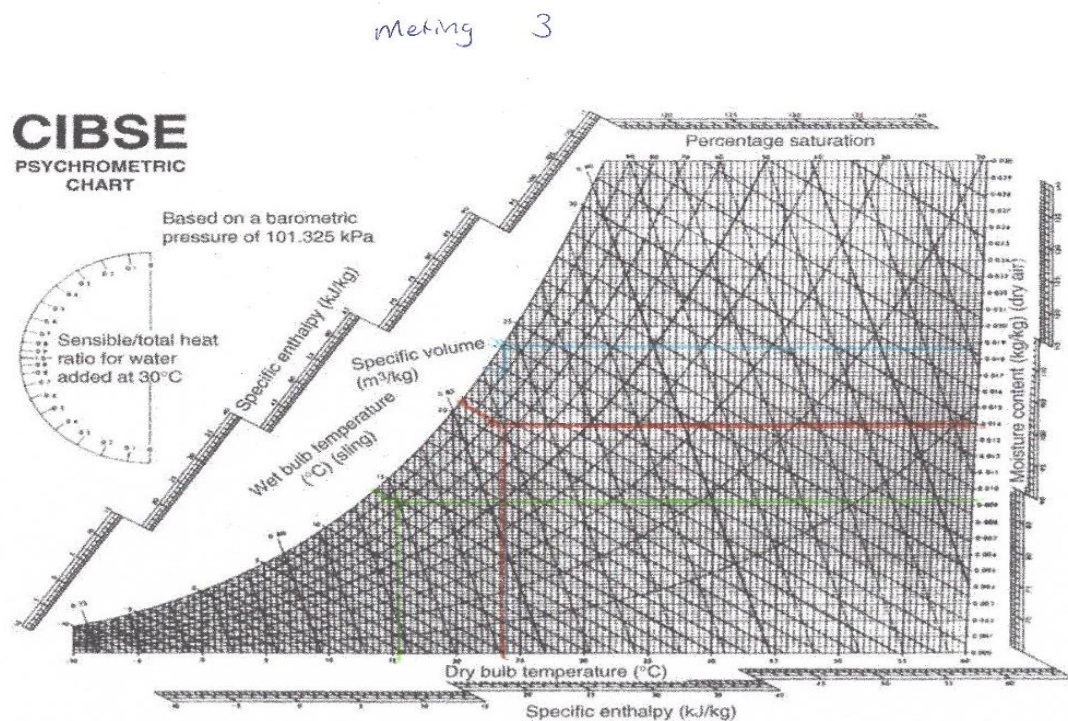
**T3 & T4** > absoluut vochtgehalte = 18,935 g/kg, relatieve luchtvochtigheid = 38,3 %

**T5 & T6** > absoluut vochtgehalte = 10,394 g/kg, relatieve luchtvochtigheid = 77,8 %

Bij meetopdracht 2 zijn de instelling voor een groot deel gelijk aan die bij meetopdracht 1. Het enige verschil is dat de airflow van de ventilator kleiner is naar een drukverschil van 4 mmWK. Het resultaat hiervan zie je terug in het Mollier diagram. Door de lagere luchtstroom wordt de temperatuur bij T3 en T4 hoger, hierdoor is het absolute vochtgehalte in de lucht hoger. Maar na de koeling is de het absolute vochtgehalte lager dan bij meting 1 omdat door de lagere airflow er meer water is gecondenseerd. Nadat dit weer is verwarmt ontstaat er een behaaglijk binnenklimaat omdat de absolute vochtigheid lager is dan bij meting 1. Er wordt een andere relatieve luchtvochtigheid bereikt.

### 3.3. Meetopdracht 3

2kW verwarming in de stoomgenerator (opwarmen met 5 kW) en de luchtkoeling ingeschakeld. Het drukverschil in de manometer 13 mmWK.



Figuur 7 ingetekende resultaten van meting 3 bij 13 mmWK

**T1 & T2** > absoluut vochtgehalte = 18,503 g/kg, relatieve luchtvochtigheid = 97,6 %

**T3 & T4** > absoluut vochtgehalte = 13,818 g/kg, relatieve luchtvochtigheid = 70,1 %

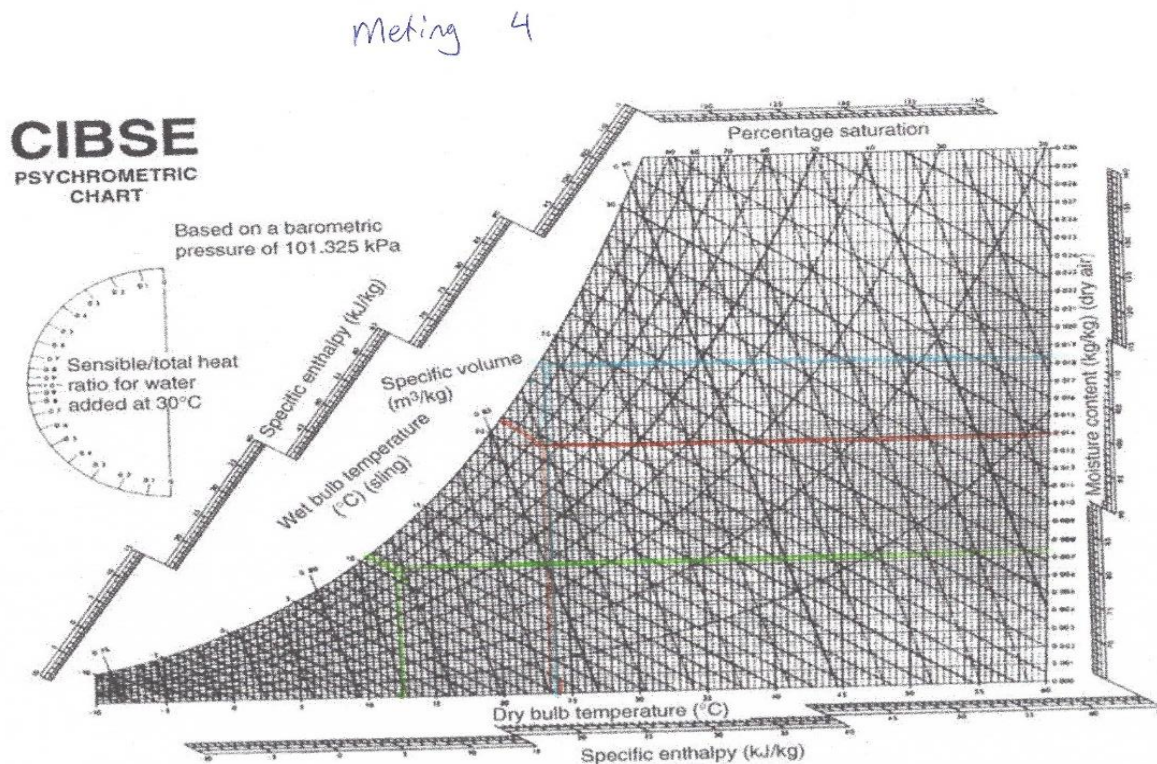
**T5 & T6** > absoluut vochtgehalte = 9,194 g/kg, relatieve luchtvochtigheid = 83,3 %

Bij meetopdracht 3 hebben we het verwarmen van de lucht vervangen door het toevoegen van stoom. De warmte-inhoud (=som van de warmte-inhoud van de droge lucht en de warmte-inhoud van de waterdamp) in de lucht neemt toe (A.Drost, 2012). Het temperatuurverschil tussen de droge- en natte bol thermometer wordt groter terwijl de warmtetemperatuur weinig veranderd. Toch zakt de absolute vochtigheid. Door stoom toe te voegen en nadien de luchtstroom te koelen condenseert er een grotere hoeveelheid water met als gevolg dat het absolute vochtgehalte nog verder daalt, maar de relatieve luchtvochtigheid weer iets toeneemt. Omdat er nu geen na-verwarming meer wordt toegepast zien we dat de lucht die terug komt in de omgeving veel lager is dan bij meetopdracht één en meetopdracht twee.



### 3.4. Meetopdracht 4

2kW verwarming in de stoomgenerator (opwarmen met 5 kW) en de luchtkoeling ingeschakeld. Het drukverschil in de manometer 4 mmWK.



Figuur 8 ingetekende resultaten van meting 4 bij 4 mmWK

T1 & T2 > absoluut vochtgehalte = 18,388 g/kg, relatieve luchtvochtigheid = 97,6 %

T3 & T4 > absoluut vochtgehalte = 13,818 g/kg, relatieve luchtvochtigheid = 70,8 %

T5 & T6 > absoluut vochtgehalte = 7,280 g/kg, relatieve luchtvochtigheid = 82,5 %

Aan de hand van de meetresultaten bij meetopdracht vier zien we hetzelfde beeld als bij meetopdracht 3. Het verschil dat we hier zien is dat er na het koelen lagere temperaturen bereikt worden omdat het drukverschil in de flow weer is ingesteld op 4mmWK. Er is dus meer tijd om water te condenseren met als resultaat een nog lagere retour luchtstroom in de omgeving.

## 4. Conclusies:

Na het doen van de praktische meetopdrachten kunnen we de volgende conclusies trekken.

1. Bij het voorverwarmen, afkoelen en daarna na-verwarmen van de luchtstroom is het mogelijk om een comfortabel warm en behaaglijk omgevingsklimaat te regelen met een gewenste relatieve luchtvochtigheid. Het regelen van de airflow zorgt hierbij voor hoeveel water er in de lucht aanwezig blijft.
2. Bij het toepassen van stoom wordt er waterdamp verneveld in de luchtstroom waardoor de warmte inhoud toeneemt. Door het nadien te koelen kan er meer water gecondenseerd worden en zal met behulp van de airflow een luchtstroom ontstaan die de omgeving kan koelen.

## 5. Literatuurlijst

### Bibliografie

A.Drost, J. O. (2012). *Montage en Onderhoud, kernboek 2b*. Amersfoort: ThiemeMeulenhoff.

Afim-dehumidifier. (sd). *Mollier Diagram calculator*. Opgehaald van afim-dehumidifier: <https://afim-dehumidifier.com/nl/mollier-diagram-lucht-berekenen/>

Condair. (sd). *Wat is het Mollier Diagram?* Opgehaald van [www.condair.nl](http://www.condair.nl): <https://www.condair.nl/nieuws/mollier-diagram>

Peape, M. d. (sd). *user.ugent.be*. Opgehaald van <https://users.ugent.be/~mdepaepe/Thermisch%20Installaties/T.I.H16.pdf>

*Wikipedia*. (2020, januari 10). Opgehaald van [https://nl.wikipedia.org/wiki/Relatieve\\_luchtvochtigheid](https://nl.wikipedia.org/wiki/Relatieve_luchtvochtigheid)