

**SAFETY FIELD LAB**

TWENTE SAFETY CAMPUS

# Valwanden in een varkensschuur

*Onderzoeksrapport*

## Colofon

Twente Safety Campus

Safety Field Lab

Onderzoeksrapport 'Valwanden in een varkensschuur'

Definitief 19-01-2016     Auteur: L. (Lieke) Kwintenberg, onderzoeker

Vaststellingsdatum:     19-01-2016

Coördinator: Q. (Quido) J.M. Harmsen en F. (Folkert) B. van der Ploeg

Versie 1.1.

© 2016, Twente Safety Campus

Niets uit dit rapport mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt, op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Twente Safety Campus.

# Voorwoord

Het Twente Safety Campus, gelegen op het voormalig vliegveld Twente, is de plek waar partners op het gebied van veiligheid elkaar kunnen ontmoeten en samenwerken. Onder het motto 'Denken, Doen en Beleven' werken we samen aan een veilige samenleving. Dit doen we door hulpverleners goed en realistisch te trainen, veiligheidsbewustzijn en zelfredzaamheid van burgers en bedrijven te verhogen door middel van interactieve belevingsprogramma's en door het gezamenlijk ontwikkelen van slimme en toepasbare veiligheidsoplossingen. Oplossingen ontstaan door wetenschap en praktijk, branche en bedrijfsleven bijeen te brengen.

Het Safety Field Lab is een innovatieve tak van de Twente Safety Campus. Via het Safety Field Lab wordt nieuwe kennis gegenereerd, wat kan leiden tot nieuwe producten en programma's voor branche, burger en het bedrijfsleven. Binnen het Safety Field Lab worden slimme oplossingen, praktijkonderzoek en diverse soorten testen onder realistische omstandigheden verricht. Hier wordt kennis en expertise in de praktijk getoetst en dit geeft bedrijven een platform om producten en ideeën (in een vroeg stadium) te testen.

Dit onderzoeksrapport omvat reeds uitgevoerde praktijktesten met betrekking tot het gebruik van 'valwanden in een varkensschuur' in relatie tot brand en de effecten op het leefklimaat van de aanwezige dieren. De praktijktesten zijn in opdracht van de heer B. Koster, werkzaam als dierenarts in de gemeente Twenterand, in samenwerking met het Safety Field Lab uitgevoerd.

# Samenvatting

Ruim 128.000 dieren zijn er in 2015 (tot december 2015) overleden aan de gevolgen van een stalbrand. Dit betreft vaak kippen of varkens. De kans op een brand in een kippenschuur is achtmaal groter dan de kans op een woningbrand. Dit is te wijten aan het feit dat kippen een hoge stofproductie hebben en er strooisel op de grond ligt. Het grote aantal dieren dat omkomt ten gevolge van een stalbrand is voor de heer B. Koster, dierenarts uit de gemeente Twenterand, aanleiding om een systeem te ontwikkelen dat mogelijk tot een vermindering van het aantal doden dieren kan leiden.

De heer B. Koster bedacht een systeem waarbij wanden naar de zijkant vallen wanneer er brand wordt gedetecteerd. Deze worden 'valwanden' genoemd. De dieren zouden ten tijde van een brand de stal sneller kunnen ontvluchten, danwel zou er een langere leefbare omgeving worden gecreëerd door middel van de valwanden. Om een dergelijk systeem te testen, is de heer B. Koster bij Safety Field Lab, onderdeel van de Twente Safety Campus, uitgekomen. Na enkele gesprekken met medewerkers van Safety Field Lab, is besloten een eerste test uit te voeren met een opstelling op schaal, omwille van de kosten. De schaal van de varkensstal bedroeg 1:10.

Het doel van dit onderzoek is om inzicht te krijgen in de effecten van de 'valwanden' op de rookontwikkeling, en hiermee de overleefbaarheid voor de dieren in de varkensstal, tijdens een stalbrand. Er wordt getracht aan te tonen of er temperatuur-, zuurstof- en koolmonoxideverschillen zijn, wanneer de 'valwanden' tijdens een brand omvallen en er is naar het rookbeeld gekeken tijdens de testen. De probleemstelling luidt daarom als volgt: **'Welk effect hebben de valwanden op het leefbare klimaat in de varkensstal?'**

Tijdens de testen is er brand gecreëerd in de op schaal gemaakte varkensschuur. Wanneer de rooklaag het punt bereikt dat is vastgesteld, dan zullen de valwanden worden geactiveerd. Uit de testen is gebleken dat wanneer de valwanden omlaag vallen, de temperatuur toeneemt ter plaatse van de vuurlast. Dit ten gevolge van meer stroming en zuurstoftoevoer door het ten gevolge van het openen van de valwanden. De zuurstofmeting bij deze schaalopstelling bevestigt dit overigens niet. Het zuurstofpercentage is gemeten op 'varkenshoogte'. Zowel voor, tijdens, als na de brand zijn er nagenoeg geen verschillen te zien in het zuurstofpercentage. De oorzaak hiervan dient onder andere gezocht te worden in de schaaltoepassing. Het feit dat de hoeveelheid koolmonoxide niet hoger is gekomen dan 125 ppm is te wijten aan het feit dat de valwanden zeer korte tijd na het aansteken van de vuurlast zijn geactiveerd en de stroming in het compartiment.

In het rookbeeld zijn echter wel duidelijke verschillen waargenomen. Wanneer de valwanden open gaan, gaat de rooklaag omhoog en wordt de neutrale zone hoger. Dit is een positief effect op het leefbare klimaat in de varkensstal.

Uit de testen is te concluderen dat wanneer de valwanden open gaan, de temperatuur in de vuurlast omhoog gaat. De hittestraling neemt toe en de rookgassen zullen tot op 'valwandhoogte' wegstromen. De leefbaarheid zal, gelet op de rookgassen, naar verwachting beter worden en daarna vanwege de opbouw van temperatuur en hittestraling verslechteren. De snelheid van deze temperatuur- en hittestralingsopbouw is afhankelijk van de aanwezige vuurlast.

Het is ook van belang in welk compartiment de brand zich bevindt. In het compartiment waar de brand zich bevindt zullen de leefbare condities sneller verslechteren dan in de overige compartimenten waar alleen rookgassen zijn.

# Inhoudsopgave

Colofon .....	2
Voorwoord .....	3
Samenvatting.....	4
Inhoudsopgave .....	5
1. Inleiding .....	6
1.1. Aanleiding .....	6
1.2. Doelstelling .....	7
1.3. Probleemstelling .....	7
1.4. Afbakening.....	7
1.5. Leeswijzer.....	8
2. Testopbouw.....	9
2.1. Testopstelling.....	9
2.2. Parameters .....	10
2.3. Vuurlast.....	11
2.4. Start- en eindcriteria .....	11
3. Resultaten .....	13
3.1. Temperatuur .....	13
3.2. Zuurstof.....	14
3.3. Koolmonoxide .....	14
3.4. Rookbeeld.....	15
4. Conclusie en discussie.....	17
Conclusie .....	17
Discussie .....	18
5. Aanbevelingen.....	19
Literatuur.....	20
Bijlagen.....	21
Bijlage 1: Resultaten pre-test 1 .....	21
Bijlage 2: Resultaten pre-test 2 .....	22
Bijlage 3: Resultaten pre-test 3 .....	23
Bijlage 4: Resultaten pre-test 4 .....	25
Bijlage 5: Resultaten pre-test 5 .....	26
Bijlage 6: Resultaten test 1 .....	27
Bijlage 7: Resultaten test 2.....	29
Bijlage 8: Resultaten test 3.....	31
Bijlage 9: Resultaten test 4.....	33

# 1. Inleiding

Ruim 128.000 dieren zijn er in 2015 (tot december 2015) overleden aan de gevolgen van een stalbrand. Over het algemeen betreft het kippen of varkens die in gesloten stalsystemen worden gehouden (Tubantia, 2015). De kans op een brand in een kippenstal is achtmaal hoger dan de kans op een woningbrand. Een hoge productie aan stof door kippen in combinatie van strooisel vormen hier veelal de oorzaak van (Wakker Dier, 2015). Het grote aantal dieren dat omkomt ten gevolge van een stalbrand is voor de heer B. Koster, dierenarts uit de gemeente Twenterand, aanleiding om een systeem te ontwikkelen die mogelijk tot een vermindering van het aantal doden dieren kan leiden.

Het systeem, bestaande uit zogeheten ‘valwanden’, zouden dieren ten tijde van een brand de stal sneller kunnen ontvluchten, danwel zou er langer een leefbare omgeving gecreëerd kunnen worden. Om inzicht te krijgen in de effecten van dit producten heeft de heer B. Koster contact gezocht met de Twente Safety Campus gekomen.

Wanneer er sprake is van een brand in een stal, zullen rookmelders worden geactiveerd (mits deze aanwezig zijn). Het idee van de heer B. Koster is dat bij het activeren van de rookmelders (er dus brand wordt gedetecteerd) een signaal wordt afgegeven waardoor de ‘valwanden’ van twee meter hoog en vier meter breed naar buiten vallen. Hiermee ontstaan enerzijds extra uitgangen ten behoeve van de ontvluchting, anderzijds wordt er een open verbinding gerealiseerd met de buitenlucht wat mogelijk een positief effect kan hebben op de leefomgeving.

Na enkele gesprekken tussen medewerkers van het Safety Field Lab, onderdeel uitmakend van de Twente Safety Campus, en de heer B. Koster, is geconcludeerd dat er een praktijktest zal plaatsvinden waarbij gekeken wordt naar de effecten van de ‘valwanden’. Hierbij staat het verloop van de rookontwikkeling en de effecten hiervan op de overleefbaarheid van dieren in een brandende stal centraal. Er is gekozen om tijdens de testen hier op te focussen, omdat het inademen van de rookgassen die vrijkomen bij een stalbrand de grootste doodsoorzaak is. Er is gekozen om tijdens deze eerste testen een opstelling op schaal te maken. Dit betreft een schaal van 1:10. De testen zijn gehouden op 3 november 2015 op de Twente Safety Campus.

## 1.1. Aanleiding

De directe aanleiding voor de heer B. Koster is een brand in Hoge Hexel, gemeente Wierden. *„De dieren hingen in de hekken toen ze probeerden te ontkomen. Ik zag dat er alleen een damwandje voor zat. Dat bracht mij op het idee van een wegklappende wand bij een calamiteit”*, aldus Koster (Tubantia, 2015).

In tabel 1.1.1. is een overzicht te zien van het aantal stalbranden en het aantal omgekomen dieren vanaf 2006. Het grote aantal omgekomen dieren zijn voor de heer B. Koster de aanleiding om te komen tot het systeem van de ‘valwanden’.

Jaar	Aantal branden	Aantal doden dieren
2006	9	251.000
2007	9	12.000
2008	26	650.000
2009	23	112.000
2010	20	181.000
2011	18	319.000
2012	12	120.000
2013	18	39.000
2014	10	34.000
2015	13	128.000
<b>Totaal</b>	<b>158</b>	<b>1.844.000</b>

Tabel 1.1.1.: Overzicht stalbranden in de loop der jaren (Wakker Dier, 2015).

## 1.2. Doelstelling

Het doel van dit onderzoek is om inzicht te krijgen in de effecten van de 'valwanden' op de rookontwikkeling, en hiermee de overleefbaarheid voor de dieren in de varkensstal, tijdens een stalbrand. Er wordt getracht aan te tonen of er temperatuur-, zuurstof- en koolmonoxideverschillen zijn, wanneer de 'valwanden' tijdens een brand omvallen en er wordt naar het rookbeeld gekeken tijdens de testen.

## 1.3. Probleemstelling

Naar aanleiding van de doelstelling is de centrale vraag van dit onderzoek: '**Welk effect hebben de valwanden op het leefbare klimaat in de varkensstal?**'. Bij deze probleemstelling zijn de volgende onderzoeksvragen opgesteld:

1. Welk effect hebben de valwanden op de temperatuur in de varkensstal?
2. Welk effect hebben de valwanden op het zuurstofpercentage in de varkensstal, gemeten op 'varkenshoogte'?
3. Welk effect hebben de valwanden op de hoeveelheid koolmonoxide in de varkensstal, gemeten op 'varkenshoogte'?
4. Welk effect hebben de valwanden op het rookbeeld in de varkensstal?

## 1.4. Afbakening

In dit onderzoek zal alleen gekeken worden naar de invloed van 'valwanden' op de temperatuur, het zuurstofpercentage en de hoeveelheid koolmonoxide in een opstelling op kleine schaal. Er is gekozen om een test te doen met een stal op kleine schaal (schaal 1:10), in verband met de hoge kosten bij een opstelling op grotere schaal. Hiermee onderkennen wij de invloed van het toepassen van een schaalmodel op het brandverloop en de brandsnelheid. De resultaten kunnen mogelijk aanleiding tot vervolgonderzoek geven op werkelijke schaal.

## **1.5. Leeswijzer**

In hoofdstuk 2 wordt besproken op welke wijze de testen zijn opgebouwd. Hier komen onder andere de testopstelling, de parameters, de meetapparatuur, de vuurlast en de start- en eindcriteria van de testen aan bod. Vervolgens worden de resultaten van de testen in hoofdstuk 3 besproken. Daarbij wordt ook antwoord gegeven op de onderzoeksvragen. In hoofdstuk 4 wordt de conclusie besproken, waarin antwoord wordt gegeven op de probleemstelling. In hoofdstuk 4 komen ook de discussiepunten omtrent het onderzoek aan bod. Vervolgens zijn in hoofdstuk 5 de aanbevelingen naar aanleiding van dit onderzoek te lezen. In de literatuurlijst is te vinden welke literatuur in de onderzoeksrapport is gebruikt. In de bijlagen vindt u de resultaten van de pre-testen, die niet meegenomen zijn in de resultatenanalyse. Ook vindt u in de bijlagen de resultaten van de testen die wel zijn meegenomen in de resultatenanalyse.



## 2. Testopbouw

In dit hoofdstuk wordt een toelichting gegeven op de testopstelling en de opbouw van de testen. Welke parameters zijn gemeten en op welke locaties, welke meetapparatuur hierbij gebruikt is en welke vuurlast is gehanteerd. De locatie van de toegepaste meetapparatuur en de omvang van de vuurlast die is gehanteerd, is bepaald aan de hand van enkele 'pre-testen'.

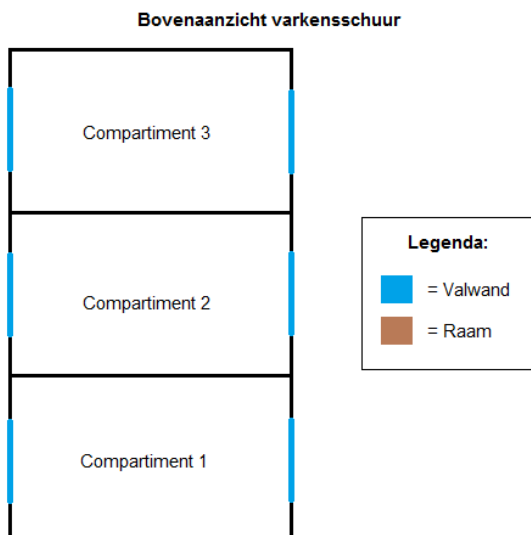
### 2.1. Testopstelling

Er is gekozen voor een testopstelling op kleine schaal. De schaal bedraagt 1:10. In figuur 2.1.1. is een foto van de testopstelling te vinden. De varkensschuur op kleine schaal is aangeleverd door de heer B. Koster. Precieze afmetingen en de toegepaste materialen van deze stal op schaal zijn bij de heer B. Koster bekend.

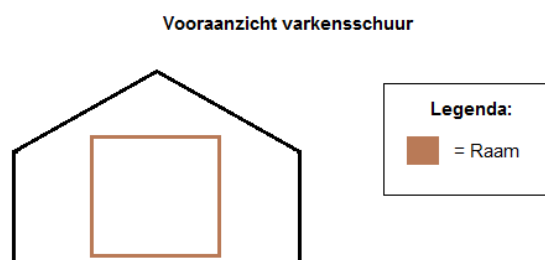


**Figuur 2.1.1.: Foto van de varkensschuur op schaal 1:10**

De stal is, overeenkomstig met bestaande stallen van dit segment, opgebouwd uit verschillende compartimenten. Deze testopstelling bestaat uit drie compartimenten. De muren die de compartimenten scheiden zijn ook te verwijderen, waardoor er gevarieerd kan worden met de ruimte in de stal. In elk compartiment is een 'valwand' gesimuleerd aan zowel de linker-, als de rechterkant. Dit is gedaan door middel van gaten in de muren, waar tijdens de test planken voor bevestigd zijn. Wanneer deze planken worden verwijderd op het gewenste moment, wordt er een 'valwand' gecreëerd. Aan de voorkant van de testopstelling is een vuurvast raam geplaatst, zodat de rookontwikkeling die in de schuur plaatsvindt kan worden waargenomen en gemonitord. In figuur 2.1.2. is een schematische weergave van het bovenaanzicht gegeven en in figuur 2.1.3. een schematische weergave van het vooraanzicht.



**Figuur 2.1.2.: Bovenaanzicht varkensschuur**



**Figuur 2.1.3.: Vooraanzicht varkensschuur**

## 2.2. Parameters

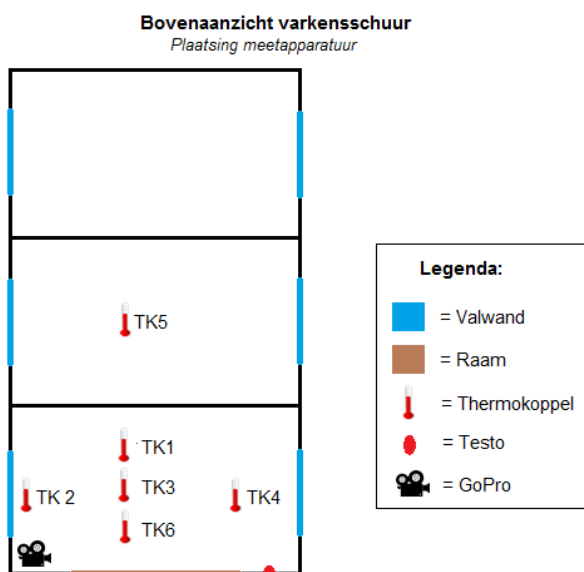
In tabel 2.2.1. zijn de parameters die tijdens de test zijn gemeten opgenomen.

Parameter:	Gemeten door middel van:
Temperatuur, T (in °C)	Thermokoppels
Zuurstof, O <sub>2</sub> (in %)	Testo apparaat
Koolstofmonoxide, CO (in ppm)	Testo apparaat
Rookbeeld	Op basis van waarnemingen en gefilmd d.m.v. GoPro camera

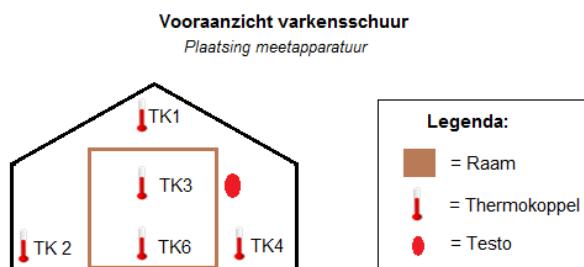
**Tabel 2.2.1.: De parameters**

### ***Plaatsing van de meetapparatuur***

In figuur 2.2.1. en 2.2.2. is aangegeven op welke locaties de verschillende meetapparatuur is bevestigd.



**Figuur 2.2.1.: Meetapparatuur vanaf bovenzijde**



**Figuur 2.2.2.: Meetapparatuur vanaf voorzijde**

Thermokoppel 1 is bevestigd in de nok van de stal, midden van compartiment 1. Thermokoppel 3 is ook bevestigd in het midden van compartiment 1, maar op hangt op een lagere hoogte. Thermokoppel 6 is ook in het midden van compartiment 1 bevestigd, maar op de grond. Deze thermokoppel bevindt zich in/nabij de vuurhaard. Thermokoppel 2 is op de grond bevestigd in compartiment 1, bij de linkervalwand. Thermokoppel 4 is ook op de grond bevestigd in compartiment 1, maar dan bij de rechtervalwand. Thermokoppel 5 is bevestigd in de nok van compartiment 2, in het midden van dit compartiment.

Het Testo apparaat is bevestigd door de muur aan de voorkant, naast het raam. Deze 'hangt' in de ruimte op 'varkenshoogte'. De GoPro is in de linkerhoek aan de onderkant van compartiment 1 geplaatst.

*Bij de interpretatie van de grafieken die het zuurstofpercentage en de hoeveelheid koolmonoxide weergeven, moet rekening gehouden worden met het feit dat het Testo apparaat een vertraging heeft van 6 seconden. Dit moet nog worden meegenomen in de grafieken die zijn te vinden in de bijlagen. Bij de grafieken die zijn te vinden in hoofdstuk 3 'Resultaten', is de vertraging wel meegenomen.*

## 2.3. Vuurlast

Na enkele pre-testen is gekozen om een vuurlast bestaande uit zachtboard, enkele stukjes vurenhout en aanmaakblokjes toe te passen. In figuur 2.3.1. is de vuurlast te zien. Met deze vuurlast wordt er genoeg rook gecreëerd in de varkensschuur om de valwanden te activeren.



Figuur 2.3.1.: De vuurlast

## 2.4. Start- en eindcriteria

### **Startcriteria test:**

- Alle meetapparatuur is aangesloten en gecheckt.
- Alle meetapparatuur staat aan en de data wordt opgeslagen.
- Alle valwanden zijn dicht.

### **Vervolg test:**

- De vuurlast wordt buiten de varkensschuur aangemaakt.
- De vuurlast wordt vervolgens in de schuur geschoven op de juiste positie.
- De ruimte wordt weer afgesloten.
- Wanneer de rook uit de ruimte onder het dak (kier tussen muur en dakvlak overeenkomstig bestaande situatie varkensschuur) door 'ontsnapt', dan zullen de 'valwanden' open gaan. Dit punt wordt bepaald op basis van fysieke waarnemingen, omdat in deze kleine ruimte een

rookmelder direct geactiveerd zou worden. In figuur 2.4.1. is dit punt te zien door middel van een afbeelding.

***Eindcriteria test:***

- Nadat de valwanden zijn geopend wordt er gemeten of er verschillen zijn in temperatuur, percentage zuurstof en koolmonoxide in ppm.



**Figuur 2.4.1.: Het punt waarop de valwanden worden geopend**

## 3. Resultaten

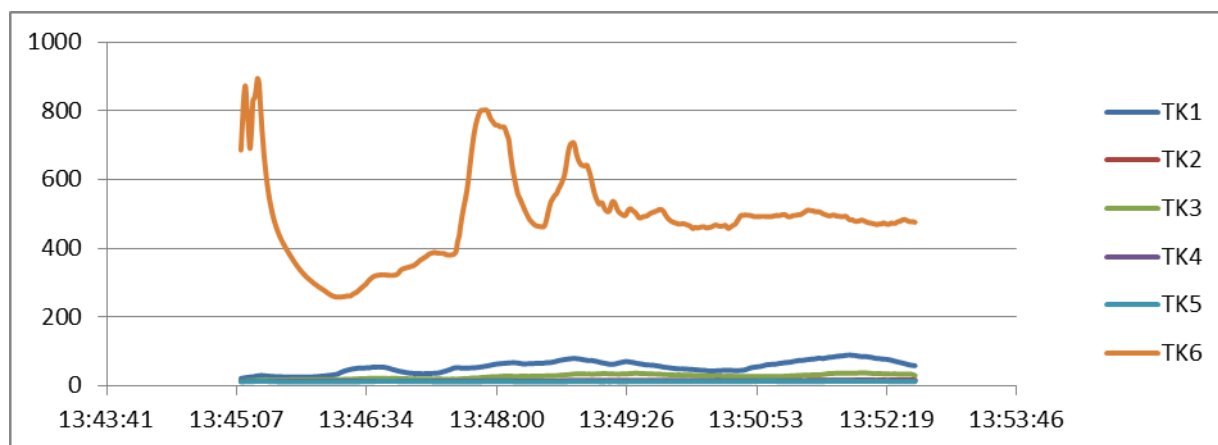
In dit hoofdstuk worden de resultaten van de testen besproken. Om de juiste vuurlast en de positionering van de thermokoppels te bepalen, zijn er eerst een vijftal pre-testen uitgevoerd. De resultaten van deze pre-testen zijn te vinden in de bijlagen 1 t/m 5. Deze pre-testen zijn niet meegenomen in de resultatenanalyse. Na de vijf pre-testen hebben er vier testen plaatsgevonden, waarop de resultatenanalyse is gebaseerd. In de bijlagen 6 t/m 9 is van elke test de tijdslijn en de grafieken van het temperatuur-, zuurstof- en koolmonoxideverloop tijdens de test te vinden.

In dit hoofdstuk wordt besproken wat de invloed van de valwanden is op de temperatuur, de hoeveelheid zuurstof, de hoeveelheid koolstofmonoxide en op het rookbeeld. Per parameter wordt besproken welke invloed de valwanden hebben.

### 3.1. Temperatuur

In deze paragraaf zal de onderzoeksvraag 'Welk effect hebben de valwanden op de temperatuur in de varkensstal?' worden beantwoord.

Het temperatuurverloop van de vier testen is niet allemaal hetzelfde, echter zijn er geen opvallende verschillen te zien in het temperatuurverloop tijdens de testen. Bij alle testen is de temperatuur in de vuurlast gemiddeld 500 °C. Bij elke test gaat de temperatuur in de vuurlast omhoog wanneer de valwanden vallen. Dit is te verklaren doordat er meer stroming en zuurstoftoevoer is wanneer de wanden vallen. Daardoor kan er een betere verbranding plaatsvinden. Een voorbeeld hiervan is te zien in grafiek 3.1.1. Om 13:46:10 gaan de 'valwanden' open. Te zien is dat op dat moment de temperatuur van thermokoppel 6 (de thermokoppel in de vuurlast) stijgt. Dit is bij de andere drie testen ook het geval.



Grafiek 3.1.1.: Temperatuurverloop test 1

Verder komen de temperaturen gemeten door de thermokoppels 1 t/m 5 in de ruimte niet (veel) hoger dan 100 °C. Dit kan verklaard worden door dat de brand zich heeft beperkt tot de vuurlast en de rookgassen relatief koeler zijn gebleven.

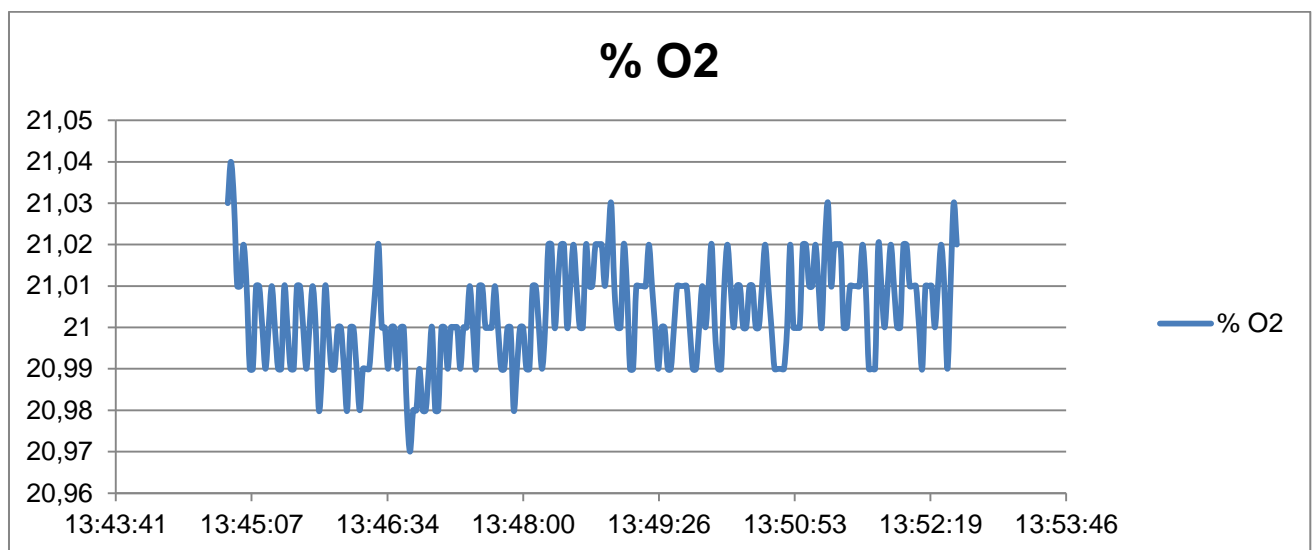
**Conclusie temperatuur:** Bij elke test is te zien dat de temperatuur in de vuurlast (TK6) stijgt wanneer de valwanden open gaan. Dit is te wijten aan het feit dat er meer stroming en zuurstoftoevoer is wanneer de valwanden open zijn, waardoor de brand zich beter kan ontwikkelen. Het effect is een betere verbranding waarbij minder onverbrande rookgassen vrijkomen. De andere thermokoppels hebben geen noemenswaardige verschillen gemeten. Om terug te komen op de onderzoeksvraag:

'Welk effect hebben de valwanden op de temperatuur in de varkensstal?', dan luidt het antwoord als volgt: De valwanden hebben een negatief effect op de temperatuur gemeten in de vuurlast, omdat deze stijgt. Daardoor wordt de hittestraling hoger, wat een negatief effect heeft op de leefbaarheid in de ruimte en wat mogelijk tot een snellere branduitbreiding kan leiden. De hittestraling is tijdens deze testen niet gemeten.

## 3.2. Zuurstof

In deze paragraaf zal de onderzoeksvraag 'Welk effect hebben de valwanden op het zuurstofpercentage in de varkensstal, gemeten op 'varkenshoogte'?' worden beantwoord.

In het zuurstofverloop zijn bij elke test geen bijzonderheden te zien. Het percentage zuurstof varieert bij elke test ongeveer tussen de 20% en 21%. Deze verschillen zijn zo minimaal, dat het zeer aannemelijk is dat de brand geen invloed heeft gehad op het zuurstofpercentage, gemeten op 'varkenshoogte'. De valwanden die om 13:46:10 zijn geactiveerd hebben hier geen invloed op gehad. In grafiek 3.2.1. is een voorbeeld te zien van het zuurstofverloop van test 2.



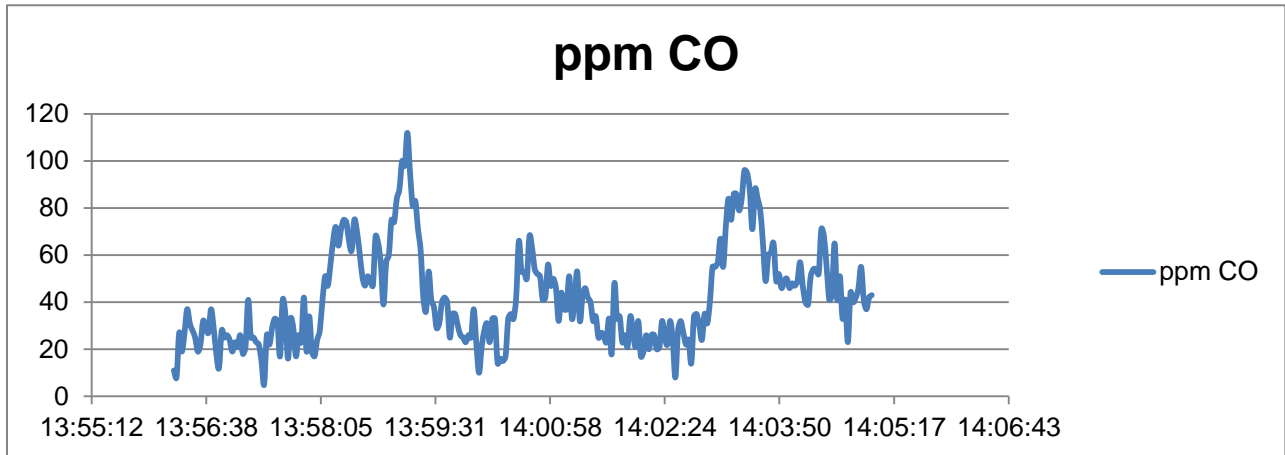
Grafiek 3.2.1: Zuurstofverloop test 2

**Conclusie zuurstof:** Het antwoord op de onderzoeksvraag 'Welk effect hebben de valwanden op het zuurstofpercentage in de varkensstal, gemeten op 'varkenshoogte'?', luidt als volgt: Er zijn minimale variaties geweest in het zuurstofpercentage bij alle testen. Daardoor kan worden geconcludeerd dat de valwanden geen invloed hebben gehad op het zuurstofpercentage in deze test. Ook is het zuurstofpercentage maar op één punt in de ruimte gemeten en het is niet uit te sluiten dat het zuurstofpercentage op een andere plek in de ruimte een andere waarde zou hebben gehad.

## 3.3. Koolmonoxide

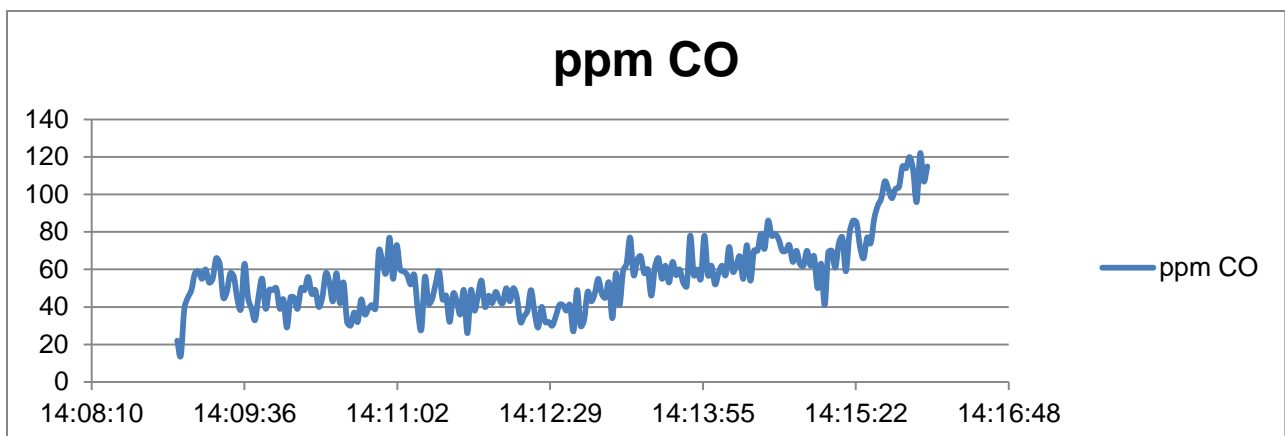
In deze paragraaf zal de onderzoeksvraag 'Welk effect hebben de valwanden op de hoeveelheid koolmonoxide in de varkensstal, gemeten op 'varkenshoogte'?' worden beantwoord.

Bij alle testen is de hoeveelheid koolmonoxide onder de 125 ppm gebleven. De invloed van de valwanden op het koolmonoxidegehalte is per test verschillend. Bij elke test fluctueert het ppm koolmonoxide erg. Bij enkele testen daalt de hoeveelheid koolmonoxide wanneer de valwanden open gaan, bij enkele testen stijgt deze. In grafiek 3.3.1. wordt het koolmonoxideverloop van test 3 weergegeven. Op het punt 13:57:55 gaan de valwanden open. Op dit punt stijgt de hoeveelheid gemeten koolmonoxide.



**Grafiek 3.3.1.: Koolmonoxideverloop test 3**

Het fluctueren van het koolmonoxidegehalte is te wijten aan de stroming in het schaalmodel. Mogelijk dat het activeren van de valwanden en de roostervloer hier invloed op heeft gehad. In grafiek 3.3.2. is het koolmonoxideverloop van test 4 weergegeven. Op 14:09:34 zijn de valwanden geopend. Vanaf dat punt daalt de hoeveelheid koolmonoxide bij deze test.



**Grafiek 3.3.2.: Koolmonoxideverloop test 4**

**Conclusie koolmonoxide:** Het antwoord op de onderzoeksvraag *‘Welk effect hebben de valwanden op de hoeveelheid koolmonoxide in de varkensstal, gemeten op ‘varkenshoogte’?’*, luidt als volgt: Er zijn tijdens de testen wel verschillen te zien in de hoeveelheid koolmonoxide, maar het is niet te zeggen dat de valwanden per definitie een positief of negatief effect hebben op de hoeveelheid koolmonoxide, gemeten op varkenshoogte. Het feit dat de hoeveelheid koolmonoxide niet hoger is gekomen dan 125 ppm is te wijten aan het feit dat de valwanden zeer korte tijd na het aansteken van de vuurlast zijn geactiveerd en de stroming in het compartiment.

### 3.4. Rookbeeld

In deze paragraaf zal de onderzoeksvraag *‘Welk effect hebben de valwanden op het rookbeeld in de varkensstal?’* worden beantwoord.

Tijdens de testen is continue gekeken naar de ontwikkeling van het rookbeeld, middels GoPro camera in brandruimte, glazen wand ter plaatse van brandruimte en waarnemingen van buitenaf. Er is waargenomen dat wanneer de valwanden vallen, de rook naar de nok van de stal stijgt, rookgassen

via de valwand naar buiten stromen, de neutrale zone hoger wordt in de ruimte en hiermee ook de stroming is veranderd in alle compartimenten in de varkensstal. De neutrale zone is de ruimte tussen de onderlaag van de rooklaag en de grond. Het feit dat de neutrale zone hoger wordt, is een positief effect, omdat er op deze manier minder kans is om de rook in te ademen als persoon of dier aanwezig in de stal. Dit verbetert de leefbare condities in de stal. Het antwoord op de onderzoeksvraag '*Welk effect hebben de valwanden op het rookbeeld in de varkensstal?*', luidt als volgt: De valwanden hebben een positief effect op het rookbeeld in de varkensstal. Doordat de valwanden wegklappen, wordt de neutrale zone hoger in de varkensstal. Dit verbetert de leefbare condities ten tijde van een stalbrand.



# 4. Conclusie en discussie

## Conclusie

Naar aanleiding van de resultatenanalyse, kan er antwoord gegeven worden op de onderzoeksvragen:

1. *Welk effect hebben de valwanden op de temperatuur in de varkensstal?*

De valwanden hebben een negatief effect op de temperatuur gemeten in de vuurlast, omdat deze stijgt. Een gevolg hier van is dat de hittestraling ook toeneemt, wat de branduitbreiding kan bevorderen. De hittestraling is echter niet gemeten. Een positief effect van het ontwikkelen van de brand, is dat er minder onverbrande rookgassen vrijkomen. De gemeten temperaturen op de overige hebben geen noemenswaardige verschillen laten zien.

2. *Welk effect hebben de valwanden op het zuurstofpercentage in de varkensstal, gemeten op 'varkenshoogte'?*

Er zijn minimale variaties geweest in het zuurstofpercentage bij alle testen. Dit is te wijten aan het feit dat de valwanden na zeer korte tijd (ongeveer een minuut) na het aansteken van de vuurlast zijn geactiveerd. Daardoor kan worden geconcludeerd dat de valwanden geen invloed hebben gehad op het zuurstofpercentage in deze test. Ook is het zuurstofpercentage maar op één punt in de ruimte gemeten en het is niet uit te sluiten dat het zuurstofpercentage op een andere plek in de ruimte een andere waarde zou hebben gehad.

3. *Welk effect hebben de valwanden op de hoeveelheid koolmonoxide in de varkensstal, gemeten op 'varkenshoogte'?*

Er zijn tijdens de testen wel verschillen te zien in de hoeveelheid koolmonoxide, maar het is niet te zeggen dat de valwanden per definitie een positief of negatief effect hebben op de hoeveelheid koolmonoxide, gemeten op varkenshoogte. Het feit dat de hoeveelheid koolmonoxide niet hoger is gekomen dan 125 ppm is te wijten aan het feit dat de valwanden zeer korte tijd na het aansteken van de vuurlast zijn geactiveerd en de stroming in het compartiment.

4. *Welk effect hebben de valwanden op het rookbeeld in de varkensstal?*

De valwanden hebben een positief effect op het rookbeeld in de varkensstal. Doordat de valwanden wegklappen, wordt de neutrale zone hoger in de varkensstal. Dit zal de leefbare condities ten tijde van een stalbrand verbeteren.

Door beantwoording van de onderzoeksvragen, kan de centrale vraag van dit onderzoek: **'Welk effect hebben de valwanden op het leefbare klimaat in de varkensstal?'** als volgt beantwoord worden:

Wanneer de valwanden open gaan, gaat de temperatuur in de vuurlast omhoog. De hittestraling neemt toe en de rookgassen zullen tot op 'valwandhoogte' wegstromen. De leefbaarheid zal gelet op de rookgassen naar verwachting beter worden en daarna vanwege de opbouw van temperatuur en hittestraling verslechteren. De snelheid van deze temperatuur- en hittestralingsopbouw is afhankelijk van de aanwezige vuurlast.

Het is ook van belang in welk compartiment de brand zich bevindt. In het compartiment waar de brand zich bevindt zullen de leefbare condities sneller verslechteren dan in de overige compartimenten waar alleen rookgassen zijn.

## Discussie

Naar aanleiding van deze testen zijn ook een aantal discussiepunten naar voren gekomen. Deze zijn als volgt:

1. *De temperatuurverhoging versus het positieve effect op de neutrale zone.*

Er is discussie of het hoger worden van de neutrale zone opweegt tegen de verhoging van de temperatuur in het compartiment waar de brand zich bevindt. Het dicht laten van de valwanden in het compartiment waar de brand zich bevindt beperkt de branduitbreiding, wat het leefbare klimaat in de naastgelegen compartimenten vergroot. De varkens in het compartiment waar de brand zich bevindt kunnen daarentegen niet vluchten.

2. *Varkensstal op schaal versus een varkensstal op werkelijke grootte.*

Het is discutabel of de resultaten die gemeten zijn tijdens deze testen, ook gemeten zullen worden wanneer er testen worden uitgevoerd op werkelijke grootte. Het is in een varkensstal op schaal namelijk erg moeilijk om een representatieve vuurlast te creëren, omdat er in een varkensstal op ware grootte altijd meer en wellicht ook andere brandbare materialen aanwezig zijn.

3. *Het effect van de buitenlucht.*

Alle testen zijn gehouden in de buitenlucht. Windrichting en windsnelheid kunnen eventueel invloed hebben gehad op de testresultaten. Doordat deze op schaal was, hebben factoren zoals windrichting en windsnelheid een grotere invloed op het verloop van de brand.

4. *De resultaten omtrent het zuurstofpercentage en de hoeveelheid koolmonoxide.*

Er zijn geen aantoonbare verschillen gemeten van het zuurstofpercentage na het laten vallen van de valwanden. In hoeveelheid koolmonoxide zijn wel verschillen gemeten, vanwege stroming. Wanneer deze parameters op een andere plek waren gemeten, dan hadden er andere resultaten uit de testen kunnen komen.

5. *Ongelijk activeren van de valwanden.*

De valwanden zijn niet alle testen gelijk geactiveerd. Dat kan invloed hebben op de stroming in de varkensstal en daarmee op de meetwaarden.

## 5. Aanbevelingen

Naar aanleiding van dit onderzoek zijn er een aantal aanbevelingen voor vervolgonderzoek. Deze luiden als volgt:

1. *Opstelling op ware grootte*

Wanneer men representatieve waarden wil hebben voor de werkelijkheid, dan kunnen er beter testen worden gedaan met een opstelling op ware grootte.

2. *Eventueel extra testdagen inplannen*

Voorafgaand aan de testen hebben er een aantal pre-testen plaatsgevonden om de vuurlast en de plaatsing van de thermokoppels te bepalen. Wanneer er testen zullen worden gedaan op ware grootte, dan is het aan te bevelen voorafgaand aan de werkelijke testen te bepalen welke vuurlast wordt gehanteerd en welke thermokoppel waar geplaatst zal worden. Dit verhoogt de betrouwbaarheid en reproduceerbaarheid van het onderzoek.

# Literatuur

Tubantia. (2015, juni 9). *Uitvinding om levens te sparen bij stalbrand*. Opgeroepen op december 15, 2015, van website van Tubantia: <http://www.tubantia.nl/regio/twenterand/uitvinding-om-levens-te-sparen-bij-stalbrand-1.4985649>

Wakker Dier. (2015, december). *Stal brand*. Opgeroepen op december 15, 2015, van website van Wakker Dier: <http://www.wakkerdier.nl/vee-industrie/stal-brand>

# Bijlagen

## Bijlage 1: Resultaten pre-test 1

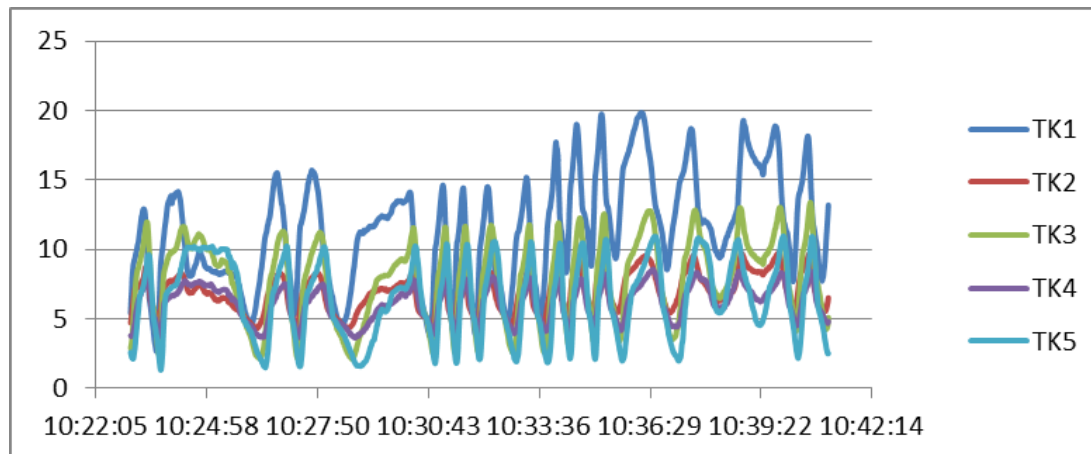
Deze test was vooral gericht op het vinden van de juiste vuurlast. Ook werd hier bepaald waar de thermokoppels geplaatst zouden worden. Thermokoppel 6 was, zoals te zien in grafiek B.1.1. nog niet geplaatst. Deze is in een latere test geplaatst.

Tijdstip	Gebeurtenis
10:23:00	Start meting
10:29:16	Valwanden beiden zijden laten vallen
10:30:16	Valwanden weer omhoog (temperatuur daalt)
10:39:25	Extra smeulend blokje aan de brandhaard toegevoegd.
10:39:25	Valwanden naar beneden
10:41:06	Meting gestopt.

Tabel B1.1.: Tijdlijn pre-test 1

### Grafiek temperatuur

Er waren problemen met de thermokoppels. Dat verklaart de pieken en dalen in de grafiek. Deze problemen zijn na deze pre-test opgelost.



Grafiek B1.1.: Temperatuurverloop pre-test 1

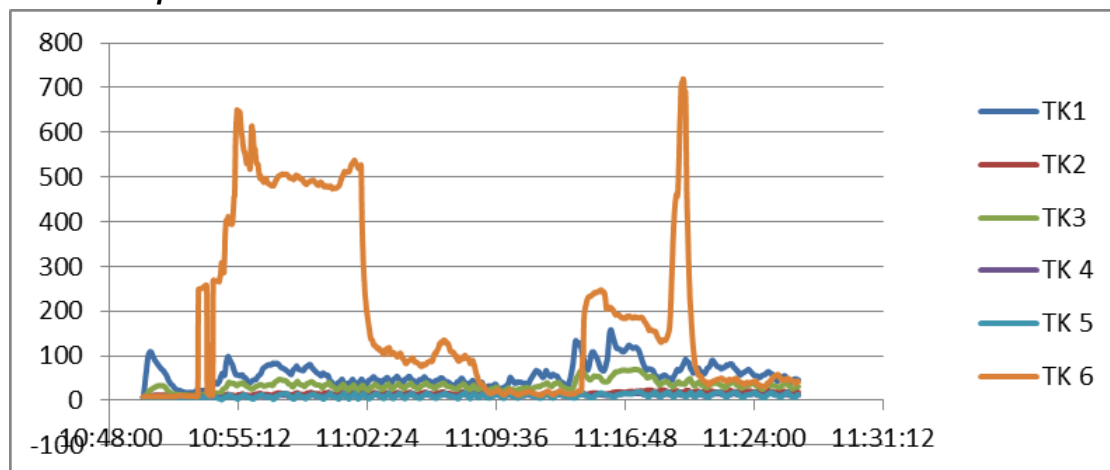
## Bijlage 2: Resultaten pre-test 2

Pre-test 2 heeft zich verder gefocust op het vinden van de juiste vuurlast. Er werd hierbij gekeken naar de rookontwikkeling.

Tijdstip	Gebeurtenis
10:49:51	Brandhaard in de stal geplaatst
10:52:56	Dak op de stal bevestigd
10:53:30	Testo geplaatst
10:53:53	Valwanden en luiken geplaatst
10:56:40	Valwanden dicht, vanaf nu metingen
11:07:02	Testo naar boven gericht
11:08:34	Testo naar beneden gericht
11:10:08	Brandhaard krijgt meer vuurlast
11:16:06	Alles dicht, nieuwe vuurlast aanwezig
11:18:07	Alle valwanden en dakvensters geopend
11:26:27	Testo verwijderd
11:26:28	Meting gestopt

Tabel B2.1.: Tijdslijn pre-test 2

### Grafiek temperatuur



Grafiek B2.1.: Temperatuurverloop pre-test 2

## Bijlage 3: Resultaten pre-test 3

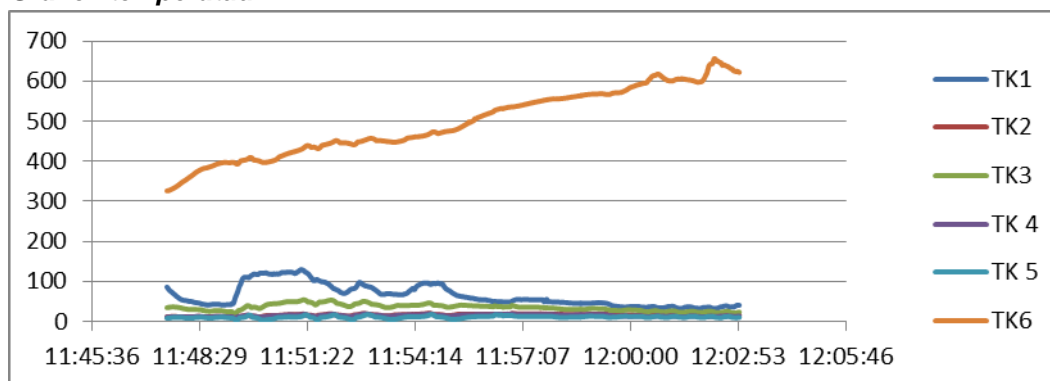
Bij de interpretatie van de grafieken die het zuurstofpercentage en de hoeveelheid koolmonoxide weergeven, moet rekening gehouden worden met het feit dat het Testo apparaat een vertraging heeft van 6 seconden.

Bij deze test werd het Testo apparaat gecheckt. Vermoeden bestond dat de zuurstofmeter niet klopte, omdat deze weinig verschil aangaf. Omdat er luchttoevoer vanaf de grond was, is er een plaat op de grond geplaatst om deze tegen te gaan. Er is gekeken of er verschil was in de zuurstofmetingen.

Tijdstip	Gebeurtenis
11:47:36	Start meting. Alle valwanden zijn dicht, de brandhaard brand.
11:56:22	Testo omhoog
11:59:19	Alle valwanden en luiken worden geopend
12:02:55	Meting gestopt

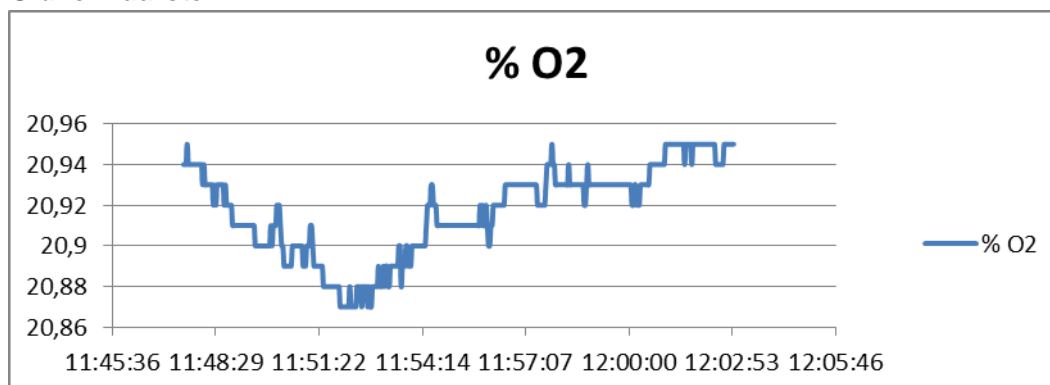
Tabel B3.1.: Tijdslijn pre-test 3

### Grafiek temperatuur



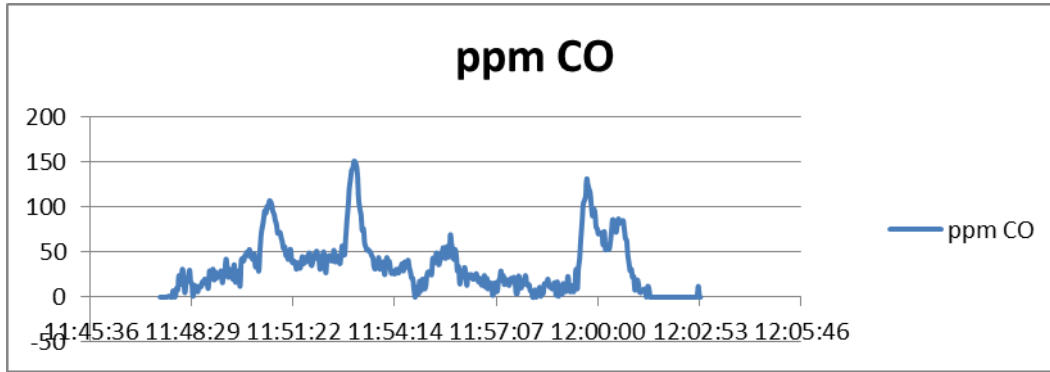
Grafiek B3.1.: Temperatuurverloop pre-test 3

### Grafiek zuurstof



Grafiek B3.2.: Zuurstofverloop pre-test 3

**Grafiek koolmonoxide**



**Grafiek B3.3.: Koolmonoxideverloop pre-test 3**



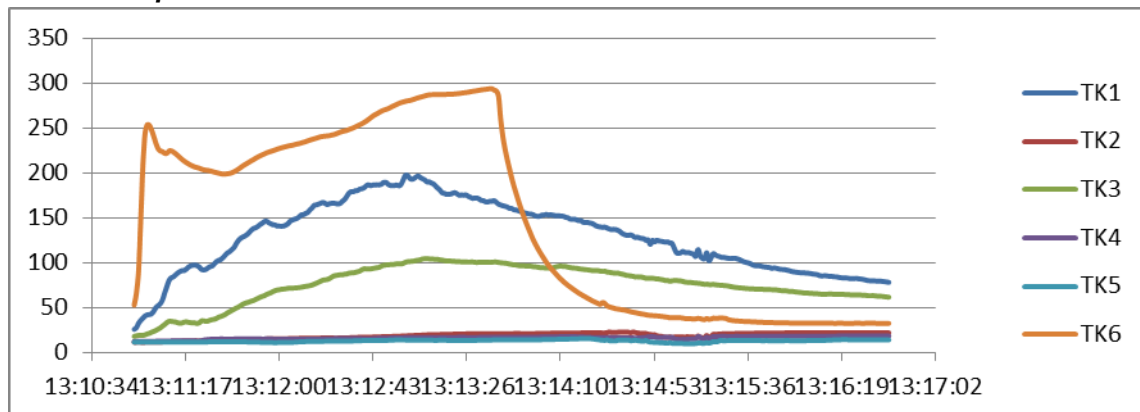
## Bijlage 4: Resultaten pre-test 4

Bij pre-test 4 was voorgenomen de valwanden te laten vallen wanneer thermokoppel 3 een waarde van 50 °C bereikt. Er is gekozen voor deze thermokoppel omdat deze recht voor een valwand was bevestigd, op 'dier'niveau. Er is gekozen voor een temperatuur van 50 °C, omdat op basis van waarnemingen is geconcludeerd dat er dan een goede rookontwikkeling aanwezig was. Het bleek dat dit niet reëel was. Het duurde lang voordat deze thermokoppel deze waarde had bereikt, terwijl daarvoor al een behoorlijke rookontwikkeling aanwezig was. Het is gebleken dat het reëler is om te kijken naar de rookontwikkeling.

Tijdstip	Gebeurtenis
13:10:53	Start meting
13:11:25	Alle valwanden en luiken zijn gesloten
13:16:41	Meting gestopt

Tabel B4.1.: Tijdslijn pre-test 4

### Grafiek temperatuur



Grafiek B4.1.: Temperatuurverloop pre-test 4

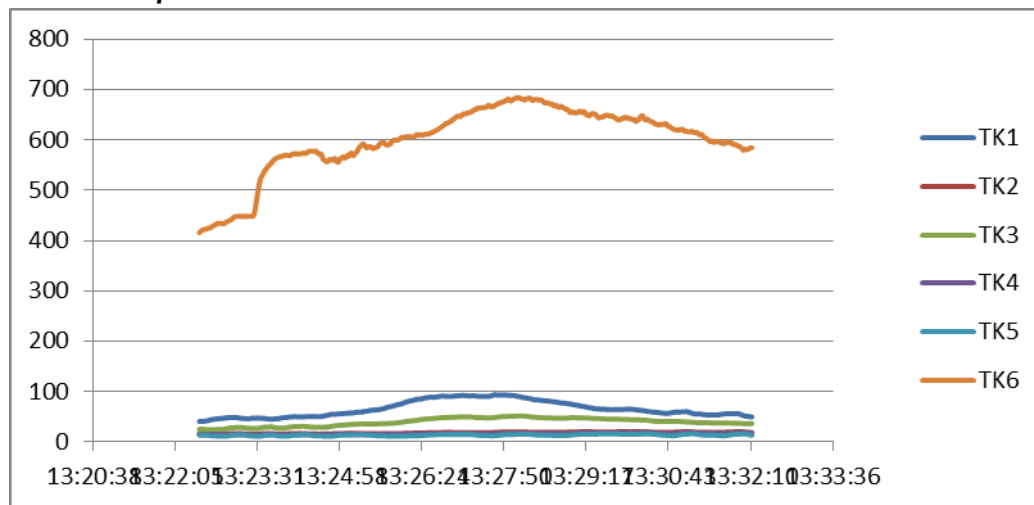
## Bijlage 5: Resultaten pre-test 5

Bij test 5 had de vuurlast moeite om zich te ontwikkelen. Deze test is te verwaarlozen.

Tijdstip	Gebeurtenis
13:22:30	Start Meting
13:32:11	Meting gestopt

Grafiek B5.1.: Tijdlijn pre-test 5

### Grafiek temperatuur



Grafiek B5.1.: Temperatuurverloop pre-test 5

## Bijlage 6: Resultaten test 1

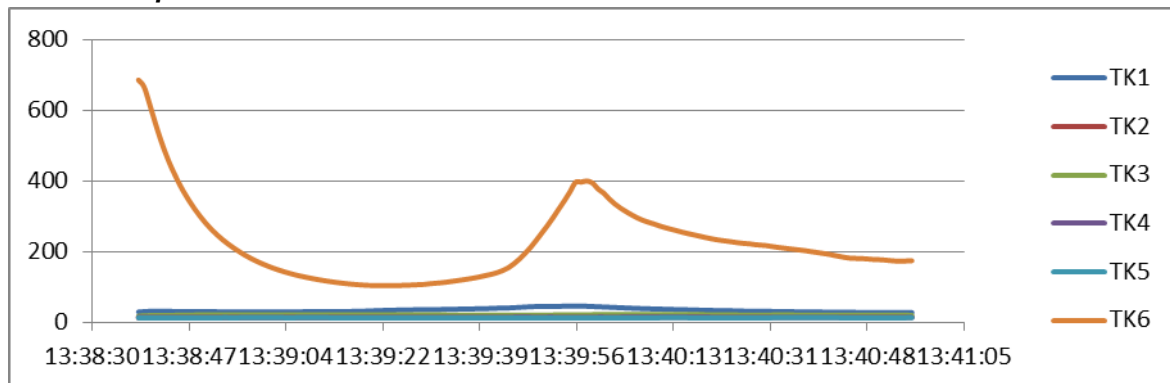
Bij de interpretatie van de grafieken die het zuurstofpercentage en de hoeveelheid koolmonoxide weergeven, moet rekening gehouden worden met het feit dat het Testo apparaat een vertraging heeft van 6 seconden.

Deze test is meegenomen in de resultatenanalyse.

Tijdstip	Gebeurtenis
13:38:38	Start meting
13:38:59	Alle valwanden en valluiken zijn gesloten
13:39:28	Alle valwanden en valluiken worden geopend. Er komt rook onder het dakpaneel vandaan.
13:40:56	Meting gestopt

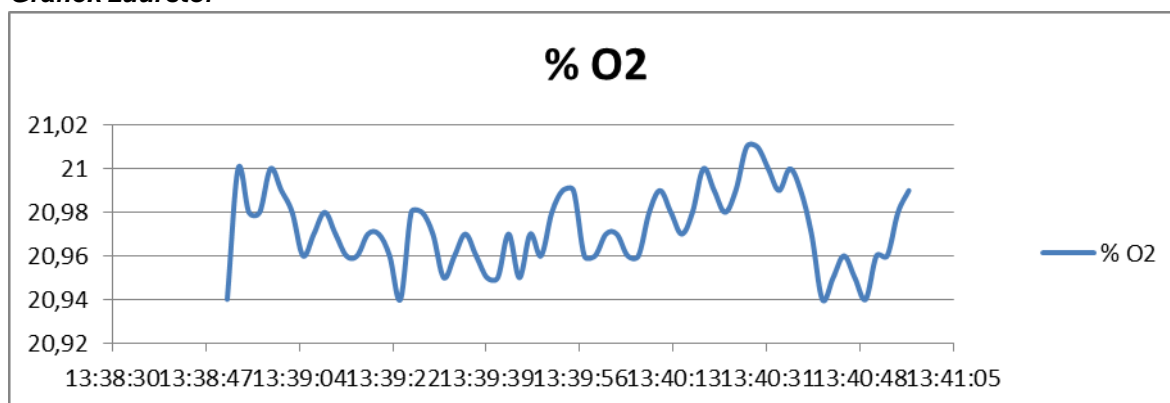
Grafiek B6.1.: Tijdlijn test 1

Grafiek temperatuur



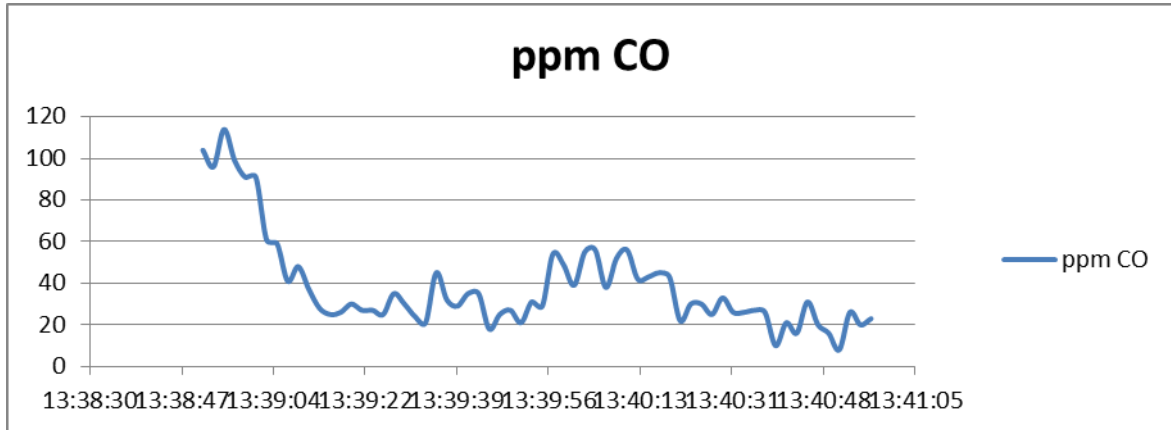
Grafiek B6.1.: Temperatuurverloop test 1

Grafiek zuurstof



Grafiek B6.2.: Zuurstofverloop test 1

**Grafiek koolmonoxide**



**Grafiek B6.3.: Koolmonoxideverloop test 1**

## Bijlage 7: Resultaten test 2

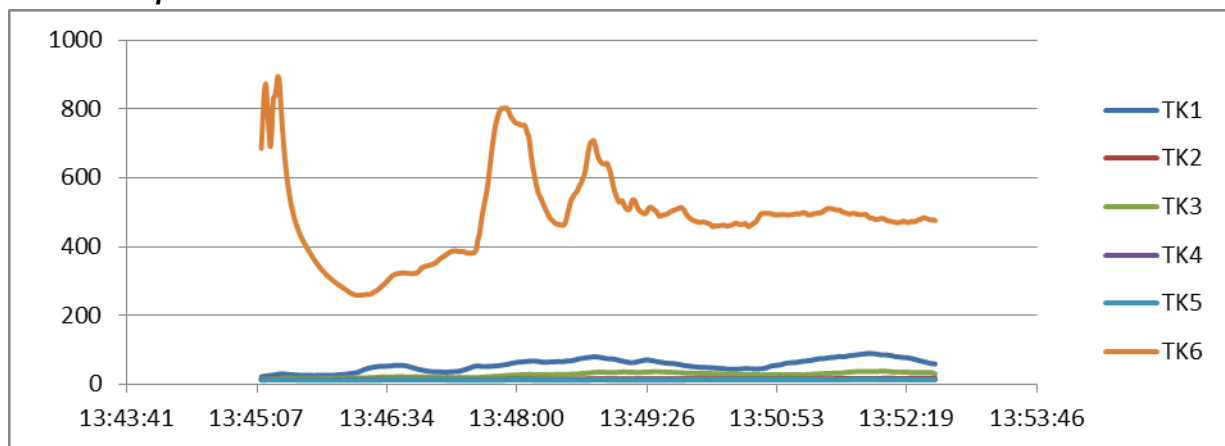
Bij de interpretatie van de grafieken die het zuurstofpercentage en de hoeveelheid koolmonoxide weergeven, moet rekening gehouden worden met het feit dat het Testo apparaat een vertraging heeft van 6 seconden.

Deze test is meegenomen in de resultatenanalyse.

Tijdstip	Gebeurtenis
13:45:10	Start van de meting
13:45:37	Alle valwanden en valluiken zijn gesloten
13:46:10	Alle valwanden en valluiken worden geopend
13:52:38	Meting gestopt

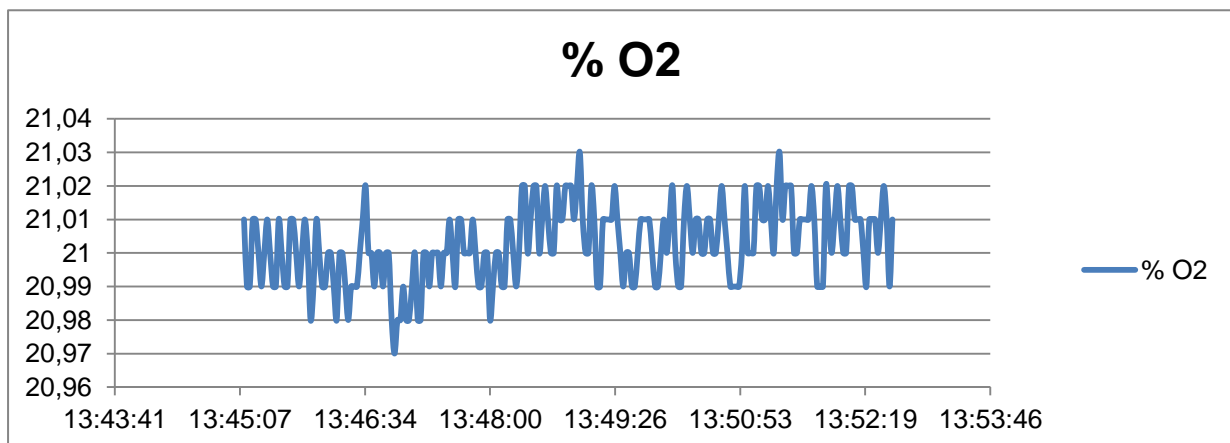
Tabel B7.1.: Tijdlijn test 2

### Grafiek temperatuur



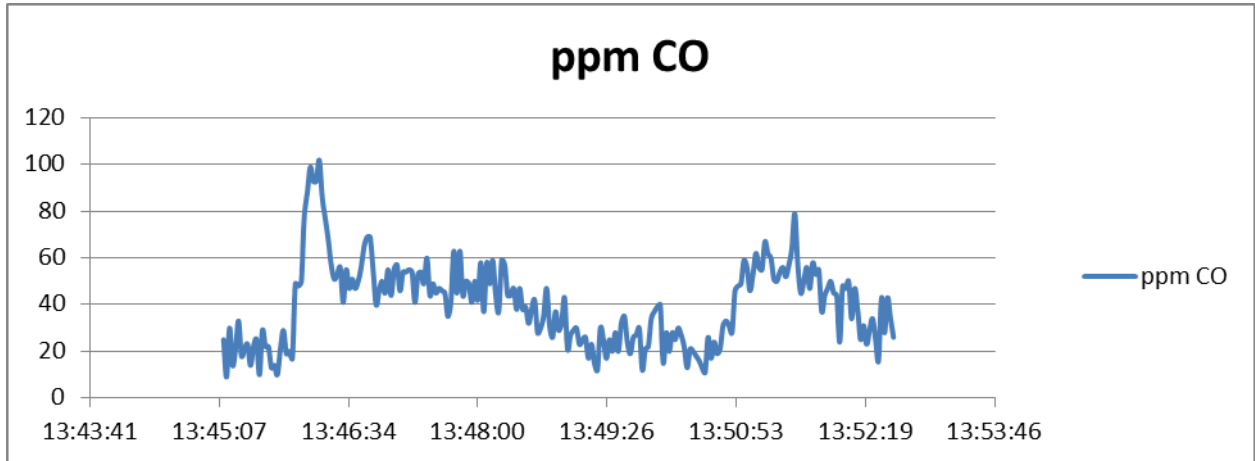
Grafiek B7.1.: Temperatuurverloop test 2

### Grafiek zuurstof



Grafiek B7.2.: Zuurstofverloop test 2

**Grafiek koolmonoxide**



**Grafiek B7.3.: Koolmonoxideverloop test 2**

## Bijlage 8: Resultaten test 3

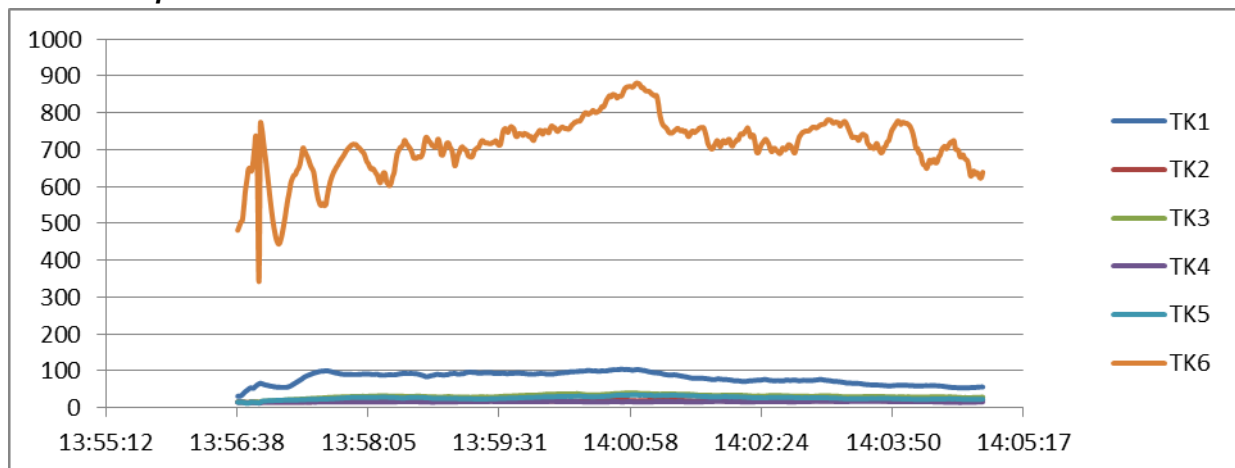
Bij de interpretatie van de grafieken die het zuurstofpercentage en de hoeveelheid koolmonoxide weergeven, moet rekening gehouden worden met het feit dat het Testo apparaat een vertraging heeft van 6 seconden.

Deze test is meegenomen in de resultatenanalyse.

Tijdstip	Gebeurtenis
13:56:39	Brandhaard aangestoken binnen in de stal
13:57:08	Alle valwanden en valluiken worden gesloten
13:57:31	1 valwand valt weg
13:57:35	Valwand weer teruggeplaatst
13:57:55	Alle valwanden en valluiken geopend
14:04:50	Ruimte is weer rookvrij

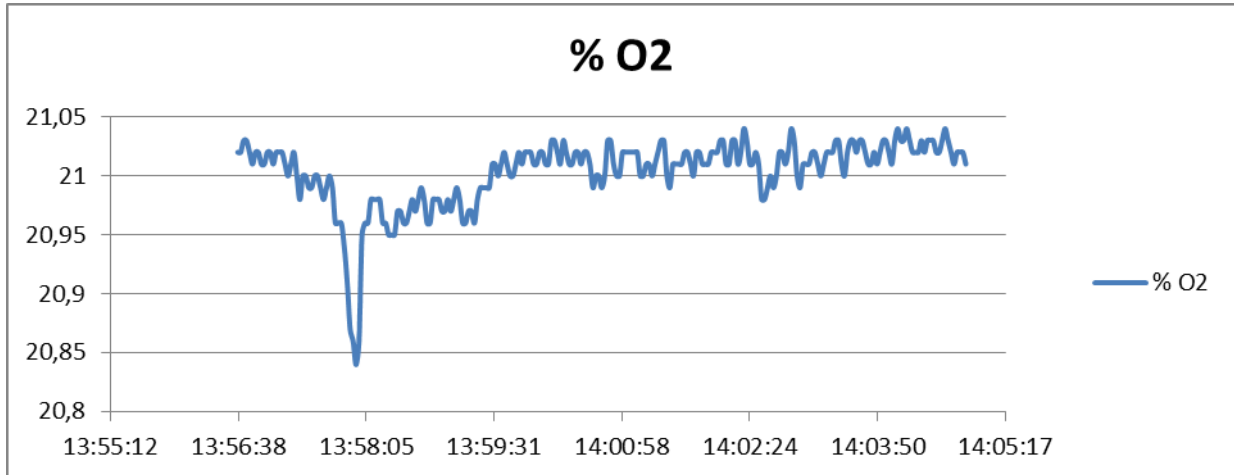
Grafiek B8.1.: Tijdlijn test 3

Grafiek temperatuur



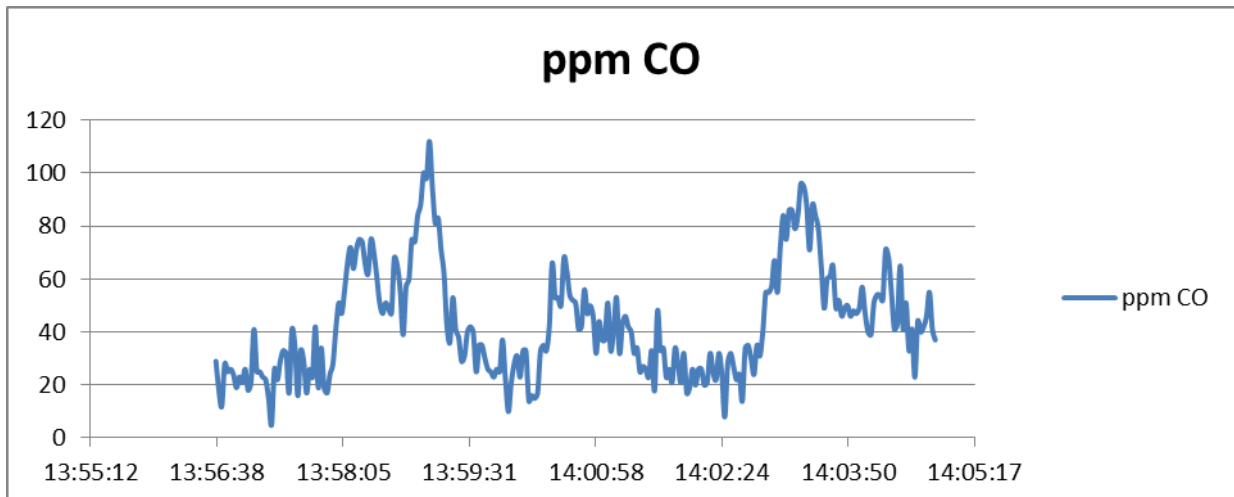
Grafiek B8.1.: Temperatuurverloop test 3

**Grafiek zuurstof**



**Grafiek B8.2.: Zuurstofverloop test 3**

**Koolmonoxide**



**Grafiek B8.3.: Koolmonoxideverloop test 3**



## Bijlage 9: Resultaten test 4

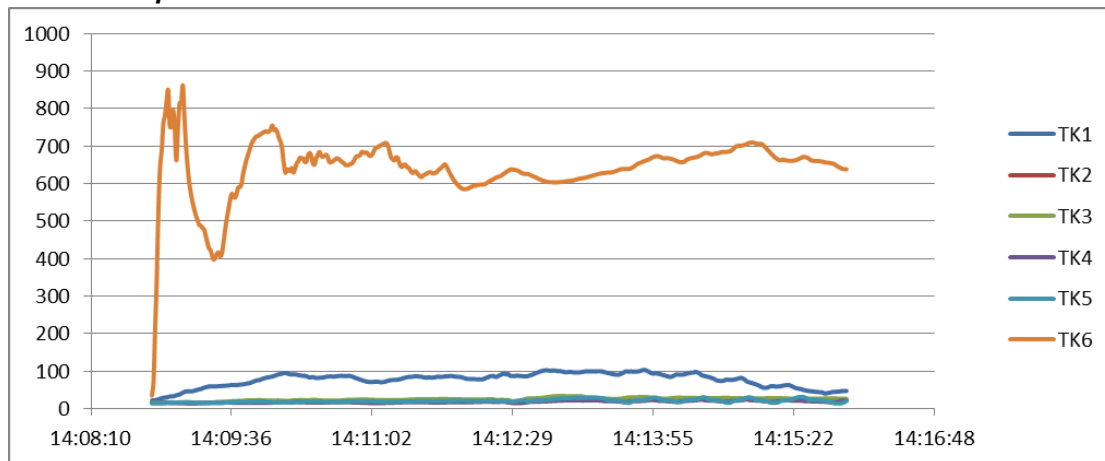
Bij de interpretatie van de grafieken die het zuurstofpercentage en de hoeveelheid koolmonoxide weergeven, moet rekening gehouden worden met het feit dat het Testo apparaat een vertraging heeft van 6 seconden.

Deze test is meegenomen in de resultatenanalyse.

Tijdstip	Gebeurtenis
14:08:47	Start meting
14:09:13	Alle valwanden en valluiken worden gesloten
14:09:34	Alle valwanden en valluiken worden geopend
14:12:34	Alle valwanden en valluiken worden gesloten
14:15:54	Meting gestopt

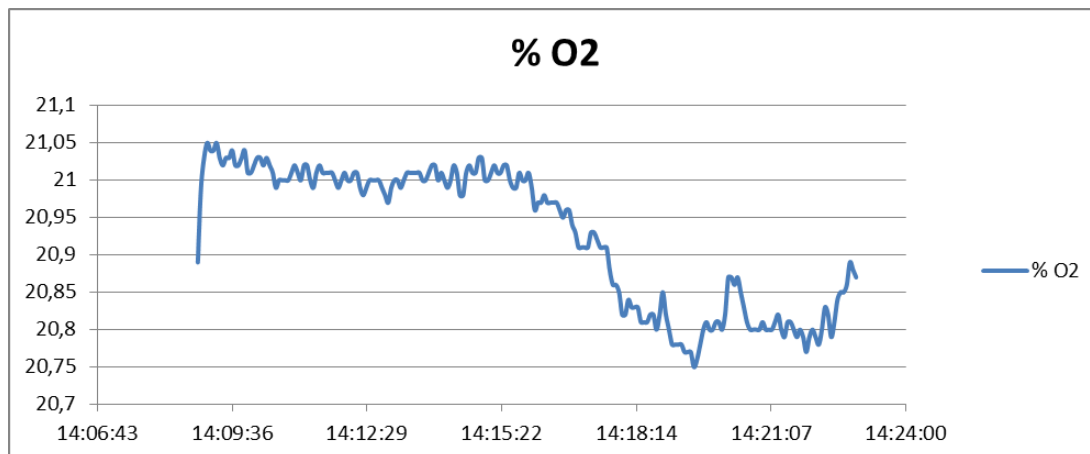
Tabel B9.1.: Tijdlijn test 4

### Grafiek temperatuur



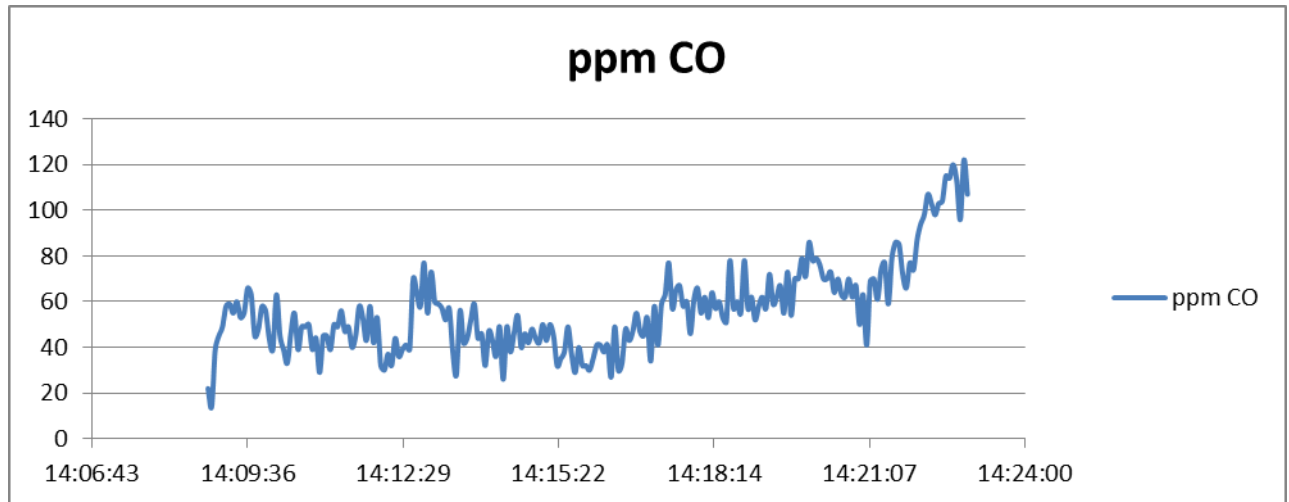
Grafiek B9.1.: Temperatuurverloop test 4

### Grafiek zuurstof



Grafiek B9.2.: Zuurstofverloop test 4

**Grafiek koolmonoxide**



**Grafiek B9.3.: Koolmonoxideverloop test 4**