

The background image shows a fire test on a building facade. Thick black smoke is rising from a fire burning in a window. Two firefighters in full protective gear are visible: one in the center-left and another in the foreground right wearing a red helmet and a jacket with 'TBO' on the back. The scene is set at night or in low light, with the fire providing the main illumination. The overall image has a blue color overlay.

SAFETY FIELD LAB

TWENTE SAFETY CAMPUS

Valwanden in een veestal

Testrapportage

Colofon

Valwanden in een veestal

Safety Field Lab

1.0 17-03-2017

Coördinator Safety Field Lab: Ymko Attema

Vaststellingsdatum: 17-03-2017 Evaluatiedatum: 13-02-2017

Versie: 1.0 (definitief)

Enschede

© 2017, 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

Twente Safety Campus is een campus gelegen op het voormalig vliegveld Twente. Samen met meerdere partners wordt hier gewerkt aan een veilige samenleving. Op dit terrein worden trainingen gegeven aan hulpverleners en wordt het veiligheidsbewustzijn van burgers en bedrijven vergroot, door middel van leerprogramma's.

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 hulpdiensten, branche, burger en het bedrijfsleven. Het Safety Field Lab is een tak waarin slimme oplossingen, praktijkonderzoek en diverse soorten testen onder realistische omstandigheden verricht kunnen worden. In het Safety Field Lab wordt kennis en expertise in de praktijk getoetst en dit geeft bedrijven een platform om producten en ideeën te testen en verder te ontwikkelen.

Dit testrapport is geschreven in het kader van testen met valwanden. Er wordt door ontwikkelaar en bedenker Bulle Koster, dierenarts in de gemeente Twenterand, beoogd deze in veestallen te kunnen plaatsen. Deze valwanden zullen eerst worden getest op een schaal van een woning. De praktijktesten worden in opdracht van de heer B. Koster in samenwerking met het Safety Field Lab uitgevoerd.



Samenvatting

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 dode dieren kan leiden.

De heer B. Koster bedacht een systeem waarbij gedeelten van wanden van een stal naar de buitenkant vallen wanneer er brand wordt gedetecteerd. Deze worden 'valwanden' genoemd. De dieren zouden ten tijde van een brand de stal sneller kunnen ontluchten, danwel zou er een langere leefbare omgeving worden gecreëerd door middel van de valwanden. Om een dergelijk systeem te testen, heeft de heer B. Koster voor Safety Field Lab, onderdeel van de Twente Safety Campus, gekozen. In een eerder stadium zijn de valwanden op kleine schaal getest. Naar aanleiding van deze testen zijn de valwanden op een meer realistische schaal getest.

Het doel van deze testen is om te onderzoeken welk effect de valwanden hebben op het leefbare klimaat in de ruimte. Het leefbare klimaat wordt gemeten aan de hand van de volgende parameters: temperatuur, koolmonoxidegehalte en zuurstofpercentage.

Er zijn drie variaties valwand getest, de bovenste valwand, de onderste valwand en de gehele valwand. Uit de resultaten blijkt dat de valwand leidt tot een daling van temperatuur en koolmonoxide en een stijging van het zuurstofpercentage. Wanneer de valwand in zijn geheel wordt laten vallen, leidt dit tot de grootste daling in temperatuur en koolmonoxide. In het effect op het zuurstofpercentage zit weinig tot geen verschil in de resultaten per variatie. Deze blijft, na het vallen van de valwand, hetzelfde. Ten opzichte van de nulmeting, is het zuurstofpercentage wel hoger gedurende de hele test.

Op basis van de uitgevoerde testen is te concluderen dat de valwanden een positief effect op het leefbare klimaat in de ruimte hebben, beoordeeld op de parameters temperatuur, koolmonoxide en zuurstof. Tevens dient opgemerkt te worden dat het activeren van de 'valwanden' leidt tot meer toegangsmogelijkheden voor de brandweer.

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Samenvatting	4
1. Inleiding	7
1.1. Aanleiding	7
1.2. Doelstelling	7
1.3. Probleemstelling	7
1.4. Afbakening	8
1.5. Safety Field Lab	8
2. Testopbouw	9
2.1. Testopstelling	9
2.2. Parameters	9
2.3. Brandopstelling	9
2.4. Meetapparatuur	10
2.5. Aantal en soort testen	10
2.6. Start- en eindcriteria	11
2.7. Resultatenanalyse	12
3. Resultaten	13
3.1. Temperatuur	13
3.2. Koolmonoxide	15
3.3. Zuurstof	18
4. Discussie	20
5. Conclusie en aanbevelingen	21
5.1. Conclusie	21
5.2. Aanbevelingen	22
Literatuur	23
Bijlagen	24
Bijlage I: Plattegrond begane grond brandonderzoeksgebouw	24
Bijlage II: Resultaten testen	25
Resultaten test 1: Valwand boven	25
Resultaten test 2: Valwand boven	26
Resultaten test 3: Valwand boven	27
Resultaten test 4: Valwand onder	28

Resultaten test 5: Valwand onder	29
Resultaten test 6: Valwand onder	30
Resultaten test 7: Valwand heel.....	31
Resultaten test 8: Valwand heel.....	32
Resultaten test 9: Valwand heel.....	33
Resultaten test 10: Valwand dicht.....	34
Resultaten test 11: Valwand dicht.....	35
Bijlage III: Weersomstandigheden testdagen.....	36

1. Inleiding

Stalbranden zijn een probleem in de agrarische sector. Wanneer er een stalbrand is, overlijden er vaak veel dieren ten gevolge de blootstelling aan de vrijgekomen rookgassen. Dit gaf de heer B. Koster, dierenarts in de gemeente Twenterand, aanleiding om een systeem te ontwikkelen die dit probleem eventueel kan verhelpen, danwel verminderen. Door middel van het systeem, bestaande uit zogeheten 'valwanden', zouden dieren ten tijde van een brand de stal sneller kunnen ontluchten, danwel zou er langer een leefbare omgeving gecreëerd kunnen worden. Het idee van de heer B. Koster is dat bij het activeren van de rookmelders (en er dus brand wordt gedetecteerd) een signaal wordt afgegeven waardoor de 'valwanden' naar buiten vallen. Hiermee ontstaan enerzijds extra uitgangen ten behoeve van de ontluchting, anderzijds wordt er een open verbinding gerealiseerd met de buitenlucht wat mogelijk een positief effect kan hebben op de leefomgeving.

Om inzicht te krijgen in de effecten van dit producten heeft de heer B. Koster contact gezocht met de Twente Safety Campus. De heer B. Koster heeft dit systeem al op kleine schaal getest op de Twente Safety Campus. Hieruit is gebleken dat de valwanden zorgen voor een hogere neutrale zone, wat de kans op het ontluchten van het pand vergroot. Echter heeft dit wel invloed op de natuurlijke luchtstroom, wat betekent dat de brand zich beter kan ontwikkelen. De zuurstofmetingen hebben dit echter niet bevestigd. Waarschijnlijk was de opstelling hiervoor te klein.

De heer Koster wilde naar aanleiding van de testen met de valwanden op kleine schaal de valwanden testen op grote schaal. Hiervoor is het brandonderzoekgebouw op de Twente Safety Campus gebruikt.

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).

1.2. Doelstelling

Het doel van deze testen is om meer inzicht te krijgen in het effect van de valwanden op de temperatuur, hoeveelheid zuurstof en koolmonoxide in een realistische situatie qua omvang, ten tijde van een brand. Er wordt gekeken naar temperatuur-, zuurstof- en koolmonoxideverschillen, wanneer de valwand valt.

1.3. Probleemstelling

Naar aanleiding van de doelstelling, luidt de centrale vraag van dit onderzoek als volgt: **‘Welk effect hebben de valwanden op het leefbare klimaat in de ruimte?’**. Bij deze probleemstelling horen de volgende onderzoeksvragen:

1. Welk effect hebben de valwanden op de temperatuur in de ruimte?
2. Welk effect hebben de valwanden op de hoeveelheid koolmonoxide in de ruimte, gemeten op slachtofferhoogte?
3. Welk effect hebben de valwanden op het zuurstofpercentage in de ruimte, gemeten op slachtofferhoogte?

1.4. Afbakening

Tijdens de testen worden de parameters temperatuur, zuurstof en koolmonoxide gemeten. Er wordt daardoor ook alleen onderzocht wat de invloed van de valwanden is op deze parameters en conclusies getrokken over het leefbare klimaat in relatie tot deze parameters.

De testen worden gedaan in een ruimte van 8,70 x 3,575 x 2,60 meter, in afstemming met de opdrachtgever. Dit is kleiner dan een volledige stal. In een werkelijke veestal zal de brand zich, afhankelijk van de aanwezige vuurlast, verder kunnen uitbreiden. Gedurende de testen kan de brand zich beperkt uitbreiden, namelijk alleen tot de ingebrachte vuurlast. De invloed van de branduitbreiding wordt daarom ook in beperkte mate gemeten. Hittestraling wordt bijvoorbeeld niet gemeten, maar heeft wel invloed op de overleefbaarheid van een mens of dier.

1.5. Safety Field Lab

Het Safety Field Lab voert onder andere praktijktesten uit naar brand, brandgedrag en brandpreventie. Deze praktijktesten worden met de grootste professionaliteit, zorg en nauwkeurigheid voorbereid, uitgevoerd, vastgelegd en gerapporteerd. Praktijktesten zijn afhankelijk van diverse toevallige en niet-toevallige factoren zoals atmosferische-, meteorologische- en praktische omstandigheden. De nauwkeurigheid van de uitgevoerde praktijktesten en de eventueel bijbehorende testresultaten en rapportage zijn hiermee in zeker mate beperkt.

Het Safety Field Lab benadrukt geen Notified Body of een aangemelde (keurings-)instantie te zijn. Het Safety Field Lab is geen door een overheid aangewezen keurings- of testinstituut.

2. Testopbouw

In dit hoofdstuk wordt de testopbouw besproken. Er wordt besproken wat de testopstelling is, welke parameters zijn gemeten en waar, welke brandopstelling is gebruikt en hoe de testprocedure verliep.

2.1. Testopstelling

De testen worden gehouden in het brandonderzoeksgebouw, gelegen op de Twente Safety Campus. Plattegrond van de begane grond van dit gebouw is opgenomen in bijlage I. Het betreft een gasbeton gebouw, bestaande uit flexibel in te richten ruimten.

In een ruimte van 8,70 x 3,575 x 2,60 meter zal de test worden gehouden. Deze ruimte is geheel bekleed aan de binnenkant, op de valwanden na. In bijlage I wordt de testruimte in een plattegrond aangegeven. Alle wanden zijn bekleed met gips. Een gedeelte van het plafond boven de vuurhaard is bekleed met promatect-H 12 mm, het overige deel met gipsplaten. Hiervoor is gekozen, omdat de plafondplaten boven de vuurhaard anders onder het testen vervangen moeten worden. De valwanden zijn geproduceerd en geleverd door aannemer Henk Veldhoff. In bijlage III zijn de weersomstandigheden van de testdagen opgenomen. Test 1 t/m 4 zijn op 19 december 2016 uitgevoerd en de overige testen op 20 december 2016. In de testruimte zijn roosters aanwezig in de vloer. Hiermee wordt getracht de roosters en hiermee een minimale toevoer van zuurstof in een stal te reconstrueren.

2.2. Parameters

In tabel 2.2.1. is opgenomen welke parameters tijdens de testen zijn gemeten en door middel van welke apparatuur.

Parameter:	Gemeten door middel van:
Temperatuur, T (in $^{\circ}\text{C}$)	Thermokoppel (type K, klasse 1)
Zuurstof, O_2 (in %)	Testo 350 analysebox
Koolstofmonoxide, CO (in ppm)	Testo 350 analysebox

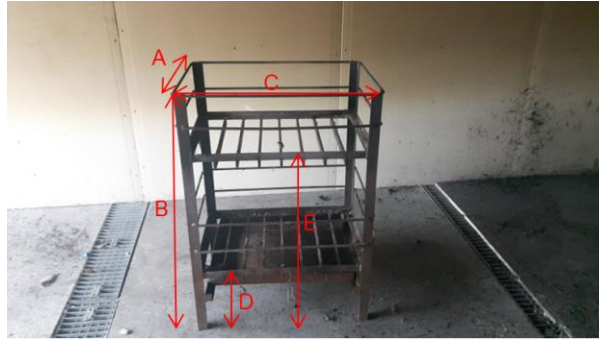
Tabel 2.2.1.: Parameters testen

2.3. Brandopstelling

Voor de testen is een reproduceerbare brandopstelling (vuurlast) gebruikt. Er is een stalen constructie gebruikt, waarop op de bovenste laag een plaat zachtboard (afmeting 73 x 53 cm), met daar boven op twee plakken hooi is geplaatst. Op de onderste laag van de constructie zijn twee netjes stookhout geplaatst. Het stookhout is overgoten met een halve fles (500 ml) aanmaakmiddel. Bij elke test is het stookhout aangestoken, waarna de brand zich verder ontwikkelde. De brandopstelling is bij elke test door dezelfde persoon opgesteld en aangestoken. De brand ontwikkelt zich echter wel anders bij elke test, dit is namelijk niet te monitoren. De ontwikkeling van de brand is afhankelijk van factoren waarop geen invloed uitgeoefend kan worden gedurende de testen.

De afmetingen van de stalen constructie zijn bekend. In figuur 2.3.1. wordt met letters aangegeven om welke zijde het gaat;

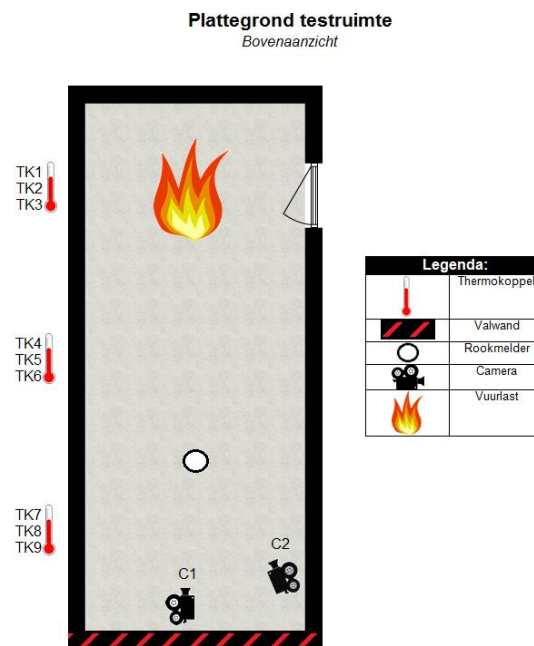
- A = 52 cm
- B = 99 cm
- C = 73 cm
- D = 29 cm
- E = 89 cm



Figuur 2.3.1.: Stalen constructie brandopstelling

2.4. Meetapparatuur

De plaats van de thermokoppels is afgebeeld in figuur 2.4.1. Thermokoppel 3 (TK3), TK6 en TK9 zijn op een hoogte van 50 centimeter geplaatst (slachtofferniveau), TK2, TK5 en TK8 op 180 centimeter hoogte (loophoogte) en TK1, TK4 en TK7 op 210 centimeter hoogte (rooklaag). Naast TK9 is de testo geplaatst, waarmee de CO en O₂ wordt gemeten. Er is voor deze plek gekozen, omdat dit op slachtofferniveau is (in dit geval dierhoogte). De rookmelder wordt aan het plafond en 320 centimeter vanaf de valwand geplaatst.



Figuur 2.4.1.: Plaatsing van de meetapparatuur (bovenaanzicht)

2.5. Aantal en soort testen

Opzet is om te onderzoeken hoe de brand zich ontwikkelt wanneer; (a) de valwanden niet vallen, (b) wanneer ze deels vallen en (c) wanneer ze geheel vallen. De valwand bestaat uit drie delen, te zien in figuur 2.5.1. Het bovenste deel wordt bij elke test dicht gelaten. Hiermee wordt getracht de rookopbouw die in de nok van een veestal kan ontstaan na te bootsen. In figuur 2.5.2. wordt geïllustreerd welk deel van de stal getracht wordt na te bootsen, door middel van rode omlijning.



Figuur 2.5.1.: Valwand test



Figuur 2.5.2.: Werkelijke stal

In figuur 2.5.3. is ook te zien dat het bovenste deel van de valwand gedurende alle testen in deze positie blijft. Het middelste gedeelte van de gehele valwand wordt gedurende het vervolg van dit testrapport aangeduid met 'valwand boven', omdat het bovenste gedeelte van de gehele valwandconstructie niet deelneemt in het laten vallen van de wand.



Valwand onder open (a)



Valwand boven open (b)



Valwand heel open (c)

Figuur 2.5.3.: Geteste posities valwanden

Elke positie, te zien in figuur 2.5.3., is drie keer getest. Daarnaast is er een nulmeting uitgevoerd. Deze nulmeting is twee maal uitgevoerd.

2.6. Start- en eindcriteria

Er zijn enkele start- en eindcriteria opgesteld om de reproduceerbaarheid en betrouwbaarheid van de testen te waarborgen. Deze zijn als volgt:

Startcriteria:

- De vuurlast wordt geplaatst op de juiste positie;
- De rookmelder is geplaatst op de juiste positie;
- De meetapparatuur is ingeschakeld;
- De camera's zijn ingeschakeld;
- De vuurlast wordt aangestoken door de stoker, bij elke test op dezelfde wijze;
- De stoker verlaat de ruimte via de deur.

Eindcriteria:

- Wanneer de rookmelder afgaat, wordt na 1 minuut de valwand, afhankelijk van de test helemaal of half, laten vallen;
- Er wordt een kwartier gemonitord hoe de brand zich ontwikkelt, daarna wordt deze gedoofd.

- Bij de nulmeting worden de valwanden niet geopend en wordt na afgaan van de rookmelder ook gemonitord hoe de brand zich ontwikkelt gedurende 16 minuten.

Er is gekozen om de valwanden te laten vallen 1 minuut nadat de rookmelder wordt geactiveerd, omdat het idee is dat de valwanden nooit af zullen gaan op basis van één geactiveerde rookmelder, maar meerdere. Er wordt na het vallen gedurende een kwartier gemonitord hoe de brand zich ontwikkelt, met als uitgangspunt dat de brandweer dan inzetgereed is en de brand gaat bestrijden.

2.7. Resultatenanalyse

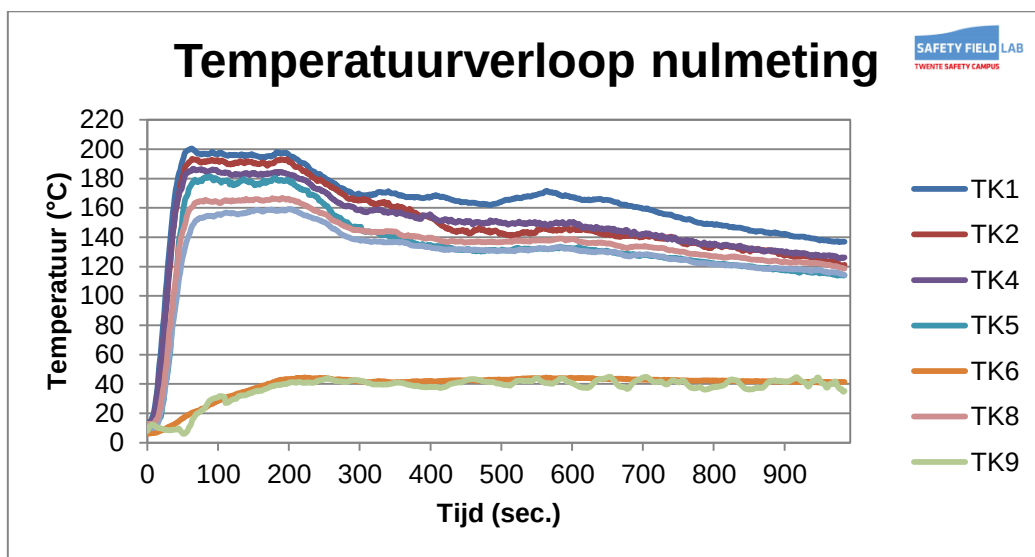
Elke test wordt in triplo uitgevoerd. Van deze drie verschillende testen, wordt een gemiddelde grafiek gemaakt. Dit betekent dat de grafieken die in het hoofdstuk 'Resultaten' worden gepresenteerd, zijn gebaseerd op drie metingen met dezelfde valwand. In bijlage II staan de grafieken per individuele test. In alle grafieken wordt met een verticale zwarte streep aangeduid wanneer de valwand valt. Doordat TK3 en TK7 meerdere malen niet naar behoren hebben gefunctioneerd, worden die resultaten niet geldig verklaard in de resultatenanalyse.

3. Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de testen beschreven. In bijlage II vindt u de uitgewerkte resultaten van elke test in grafiekvorm. Per parameter wordt beschreven wat de resultaten zijn.

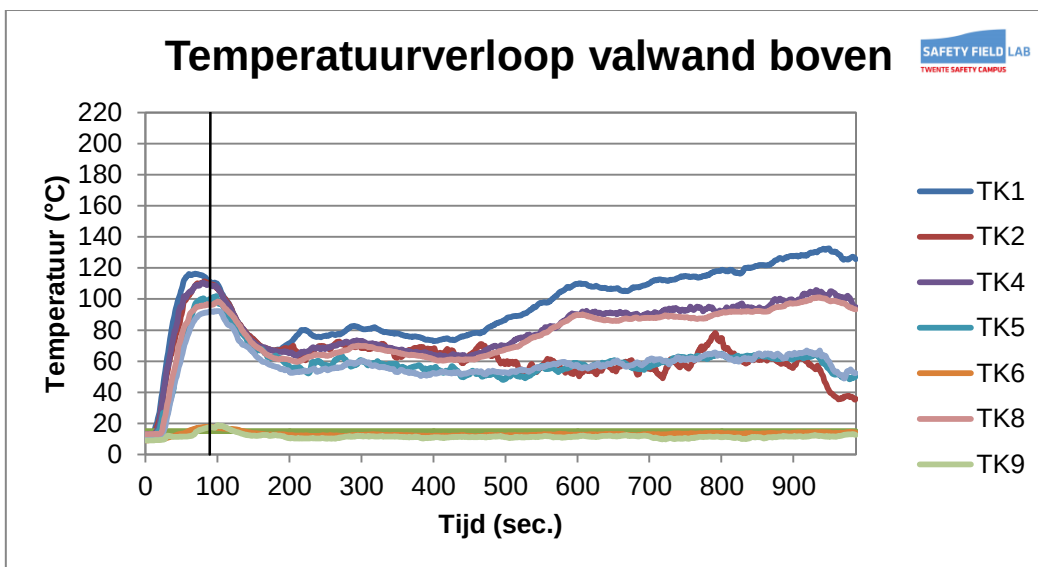
3.1. Temperatuur

In onderstaande grafieken wordt weergegeven wat de resultaten zijn van de testen die zijn uitgevoerd met de verschillende varianten valwanden. Het eventuele effect van de valwand in diverse vorm wordt gemeten ten opzichte van de nulmeting. De resultaten van de nulmeting (valwanden dicht) worden weergegeven in grafiek 3.1.1.



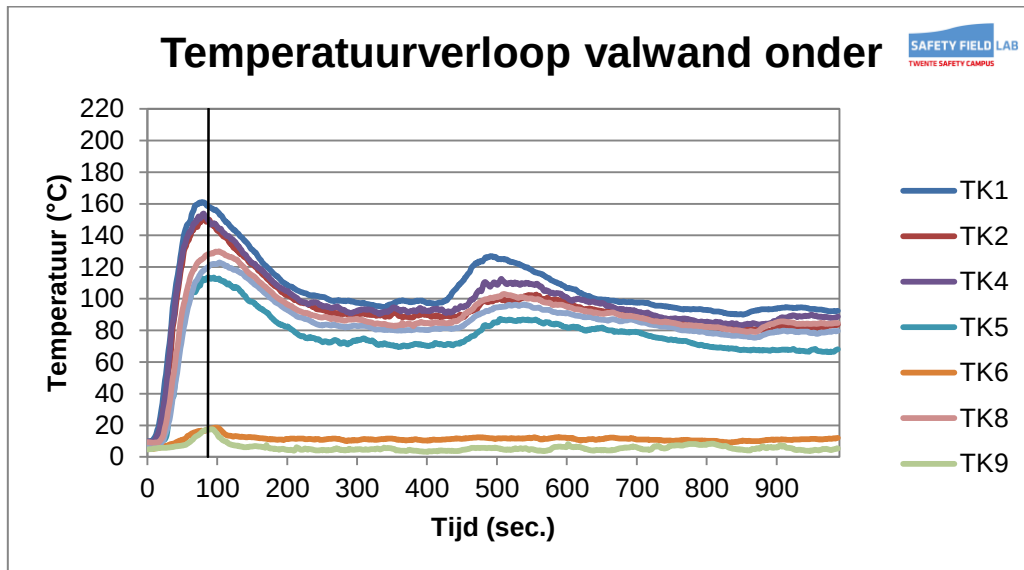
Grafiek 3.1.1.: Temperatuurverloop nulmeting

In de grafieken is te zien dat de brandontwikkeling per variatie valwand verschilt. Dit betekent dat de temperatuuroopbouw voordat de valwand valt, verschilt per meting. Dit is te wijten aan het feit dat een brand slecht te reproduceren is. Het verschil van effect van de soorten valwanden is echter wel te zien in de grafieken.



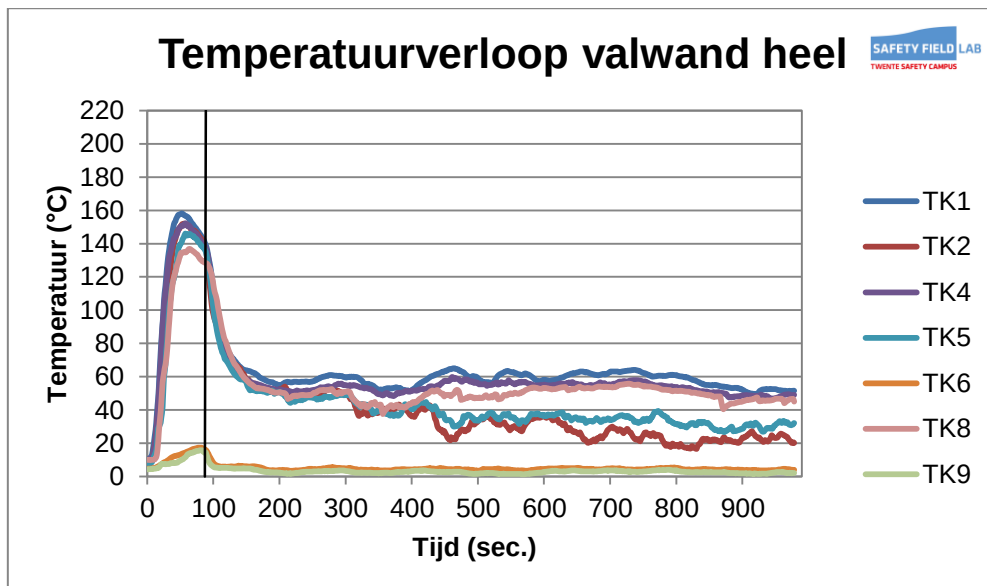
Grafiek 3.1.2.: Temperatuurverloop valwand boven

In grafiek 3.1.2. zijn de testresultaten geïllustreerd van de testen waarbij de bovenste valwand wordt laten vallen. Er is te zien dat de temperatuur daalt na het inwerkingtreden van de valwand. Vervolgens krijgt de brand de gelegenheid zich verder te ontwikkelen en stijgt de temperatuur.



Grafiek 3.1.3.: Temperatuurverloop valwand onder

In grafiek 3.1.3. wordt weergegeven wat het effect is van de valwand op de temperatuur wanneer het onderste gedeelte van de wand wordt laten vallen. Te zien is dat na het vallen van de valwand er een daling in de temperatuur plaatsvindt van 160 °C op het warmste punt, naar ongeveer 100 °C. Daarna blijft de temperatuur vrijwel stabiel, op een kleine piek na rond 500 seconden.



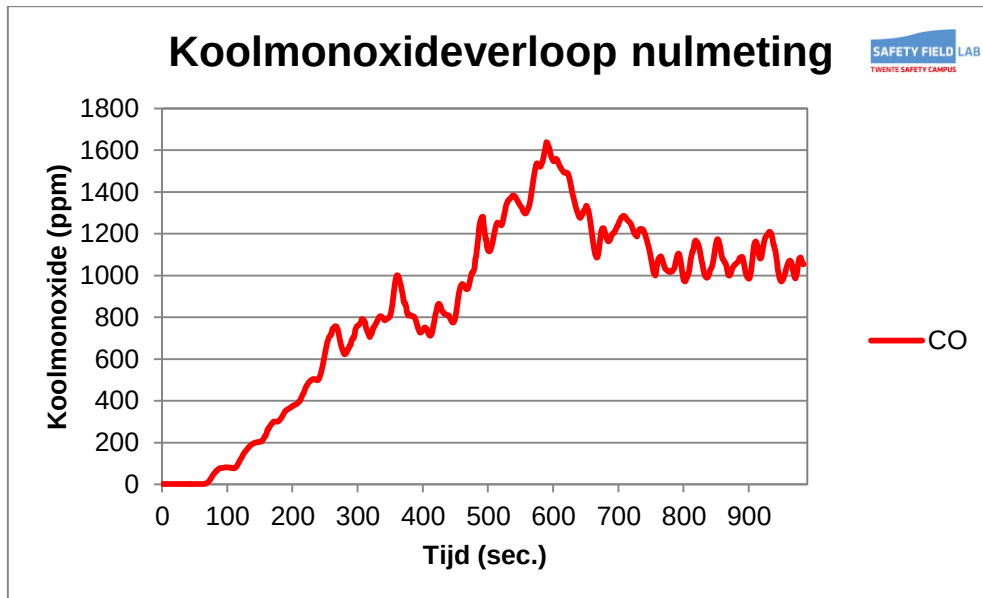
Grafiek 3.1.4.: Temperatuurverloop valwand heel

Wanneer de valwand geheel wordt laten vallen, te zien in grafiek 3.1.4. vind de grootst waargenomen daling in temperatuur plaats van ongeveer 100 °C.

3.2. Koolmonoxide

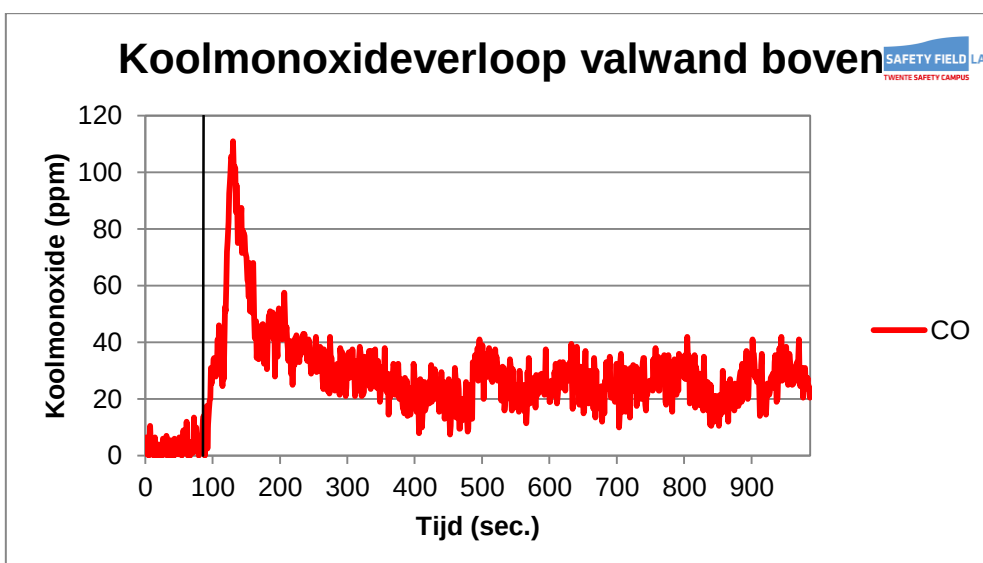
Gedurende de testen is de koolmonoxide in parts per million (ppm) gemeten. In grafiek 3.2.1. zijn de resultaten van de nulmeting weergegeven. Hier is te zien dat de hoeveelheid koolmonoxide gedurende de brandtest tot maximaal ongeveer 1600 ppm oploopt.

N.B.: De verticale schaalverdeling van grafiek 3.2.1. wijkt af ten opzichte van grafiek 3.2.2., 3.2.3. en 3.2.4.

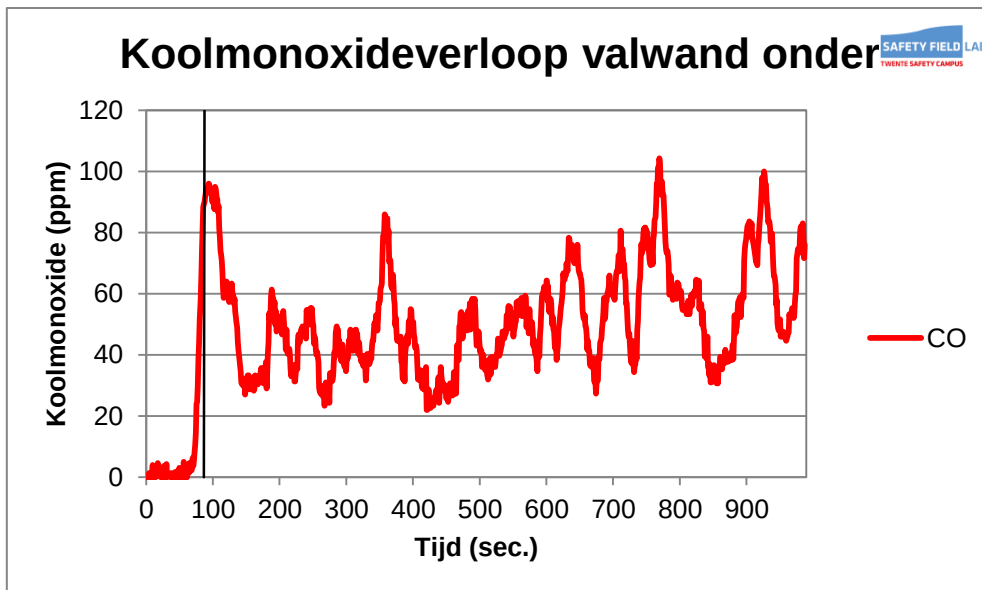


Grafiek 3.2.1.: Koolmonoxideverloop nulmeting

Nadat de bovenste valwand wordt laten vallen, vindt er in de grafiek een piek plaats van ongeveer 110 ppm. Dit is te zien in grafiek 3.2.2. Daarna daalt deze weer en schommelt het gehalte ongeveer tussen de 0 en 40 ppm. De piek is waarschijnlijk te wijden aan het feit dat er een verandering in de stroming plaatsvindt, door het openen van de wand. Ten opzichte van de nulmeting is er in een vroeg stadium kort een hoog koolmonoxidegehalte, maar deze daalt en stabiliseert vervolgens.

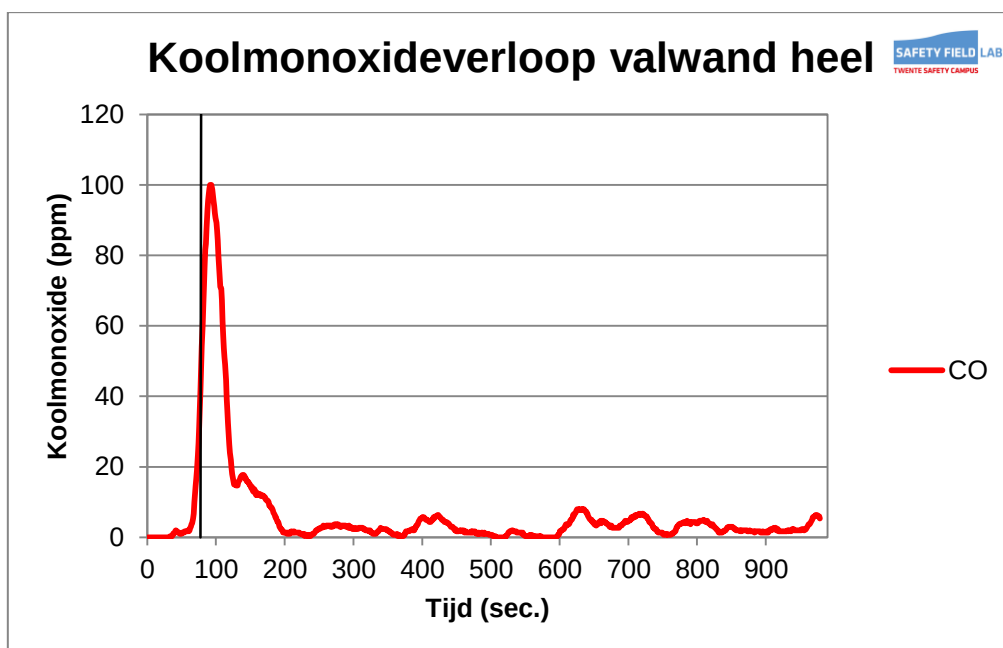


Grafiek 3.2.2.: Koolmonoxideverloop valwand boven



Grafiek 3.2.3.: Koolmonoxideverloop valwand onder

Wanneer de onderste valwand wordt laten vallen vindt er ook een korte piek plaats. Daarna schommelt het gehalte tussen de 20 en 100 ppm.



Grafiek 3.2.4.: Koolmonoxideverloop valwand heel

Wanneer de valwand geheel wordt laten vallen, daalt het koolmonoxidegehalte tot onder de 10 ppm en blijft hier tot aan het einde van de test ook onder.

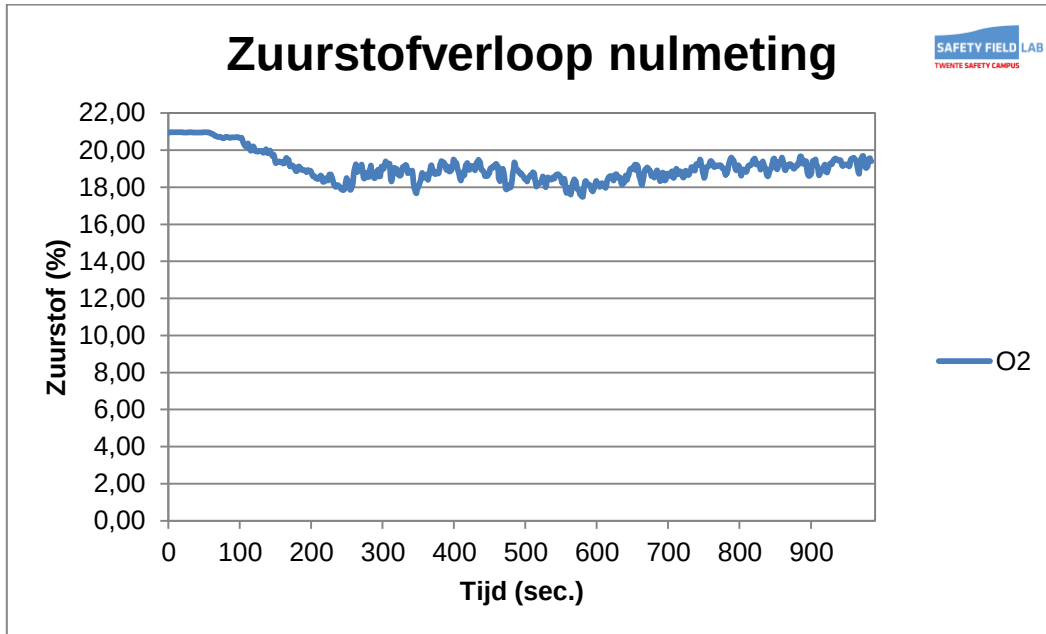
In tabel 3.2.1. zijn de advieswaarden van de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) en de gezondheidsraad te vinden, ter referentiekader. Dit zijn echter wel de advieswaarden voor mensen en niet voor dieren.

Blootstellingsduur		Tijdgewogen gemiddelde concentratie	
		<i>mg/m³</i>	<i>ppm</i>
Advieswaarden WHO	<i>15 minuten</i>	100	90
	<i>30 minuten</i>	60	50
	<i>1 uur</i>	30	25
	<i>8 uur</i>	10	10
Advieswaarden Gezondheidsraad	<i>1 uur</i>	38,5	35
	<i>8 uur</i>	10	10

Tabel 3.2.1.: Advieswaarden koolmonoxide (van Bruggen, Gram, Boels, Ruhaak, & Mooij, 2009)

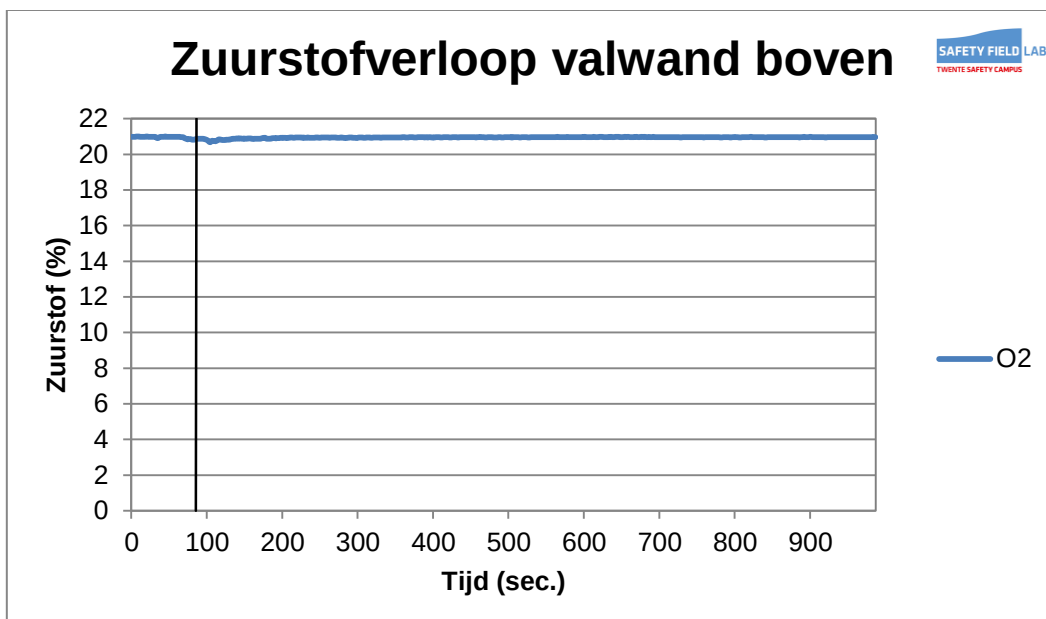
3.3. Zuurstof

Gedurende de test is gemeten wat het zuurstofpercentage in de ruimte is. Het zuurstofpercentage en de hoeveelheid koolmonoxide wordt gemeten op dezelfde plek in de brandruimte. In grafiek 3.3.1. wordt weergegeven wat de resultaten van de nulmeting zijn. Het zuurstofpercentage blijft gedurende de gehele nulmeting vrij hoog. Dit komt waarschijnlijk doordat onder de plek waar gemeten wordt zich een gotensysteem in de vloer bevindt. Daardoor is aanzuiging van buitenlucht mogelijk.

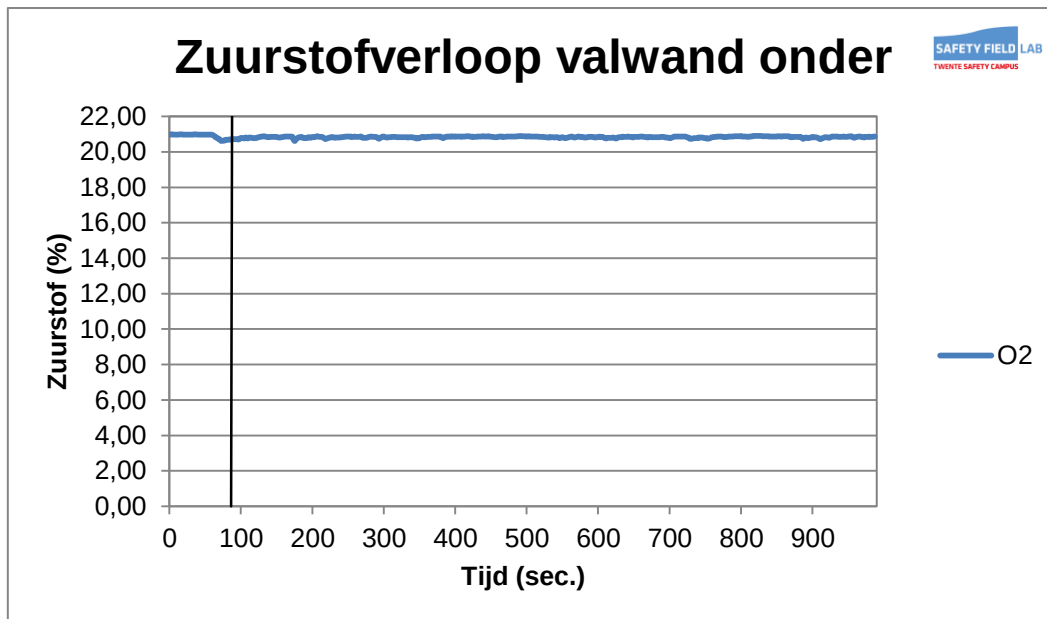


Grafiek 3.3.1.: Zuurstofverloop nulmeting

In grafiek 3.3.2. wordt weergegeven wat de invloed van de bovenste valwand is op het zuurstofverloop. Te zien is dat het weinig invloed heeft, omdat het zuurstofpercentage niet, tot nauwelijks was gedaald voor het vallen van de valwand.

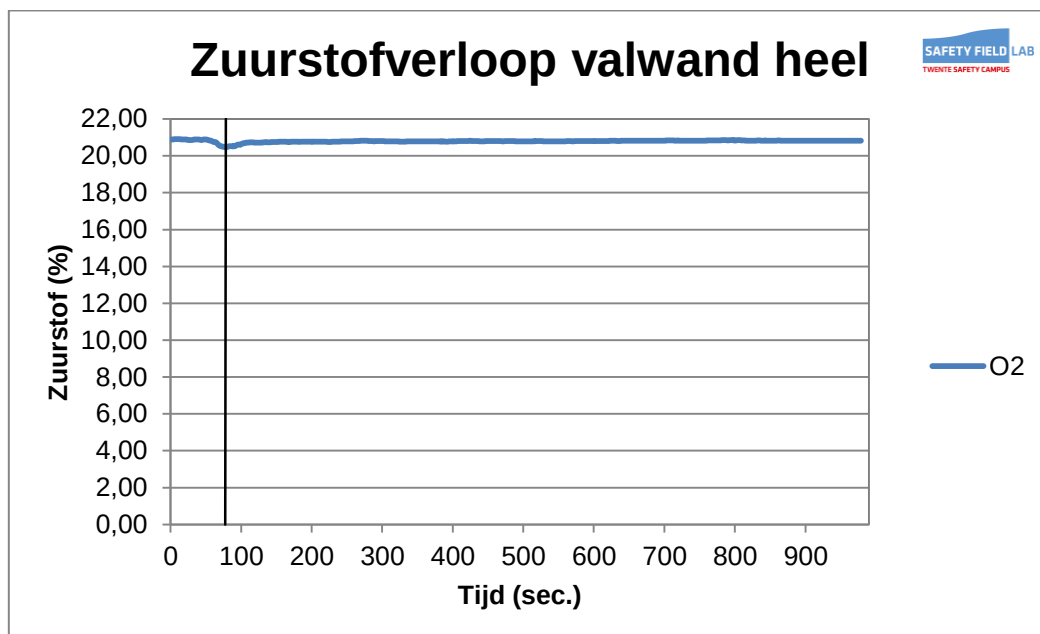


Grafiek 3.3.2.: Zuurstofverloop valwand boven



Grafiek 3.3.3.: Zuurstofverloop valwand onder

In grafiek 3.3.3. is te zien dat het zuurstofpercentage weinig tot niet veranderd na het vallen van de onderste valwand. Dit geldt ook voor wanneer de gehele valwand valt. Deze grafiek wordt weergegeven in grafiek 3.3.4.



Grafiek 3.3.4.: Zuurstofverloop valwand heel



4. Discussie

Naar aanleiding van deze testen zijn er een aantal discussiepunten naar voren gekomen. In dit hoofdstuk worden deze besproken en wordt besproken of ze eventueel invloed gehad kunnen hebben op de testresultaten en conclusies.

1. *Invloed van het weer*

De weersomstandigheden hebben invloed op de meetresultaten. Deze invloed is echter niet te ondervangen op deze testlocatie. De windrichting heeft invloed op de in- en uitstroming van de rook, zeker wanneer de valwand open is. De temperatuur van de buitenlucht heeft ook invloed op de snelheid van de opwarming van de testruimte en de uiteindelijk gemeten maximum temperatuur.

2. *Verskil in brandverloop*

Bij elke test is dezelfde (opbouw van) vuurlast, handelingswijze en personen gebruikt. Ondanks dit zit er toch verschil in de testresultaten. In bijlage II zijn de resultaten van de individuele proeven te vinden. Door de testen in triplo uit te voeren is getracht dit gedeeltelijk te ondervangen.

3. *Invloed menselijk handelen*

De valwanden zijn handmatig geopend. Invloed van de mens heeft daardoor een invloed kunnen uitoefenen op de meetresultaten.

4. *Thermokoppels die niet naar behoren werkten*

Thermokoppel 3 en 7 hebben niet bij elke test naar behoren gewerkt. Daarom is besloten de resultaten van deze thermokoppels niet mee te nemen in de resultatenanalyse. Vlakbij deze thermokoppel hingen andere thermokoppels, daarom is het onwaarschijnlijk dat er door het niet functioneren van deze thermokoppels een vertekend beeld wordt geschetst in de resultatenanalyse en de conclusies.

5. *Aanwezigheid brandbare materialen*

Gedurende de testen was er een beperkte aanwezigheid van brandbare materialen in de ruimte. Hierdoor dient er rekening gehouden te worden met het feit dat er een mogelijkheid is dat er een grotere branduitbreiding zal plaatsvinden in een daadwerkelijke stal.

5. Conclusie en aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden de conclusie en aanbevelingen naar aanleiding van de testen beschreven.

5.1. Conclusie

Om antwoord te geven op de probleemstelling: **‘Welk effect hebben de valwanden op het leefbare klimaat in de ruimte?’**, worden eerst de onderzoeksvragen beantwoordt.

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

De valwanden zorgen voor een daling in temperatuur na het inwerkingtreden, ten opzichte van de nulmeting waarbij geen handeling is uitgevoerd. Het effect van het laten vallen van de hele valwand zorgt voor de grootste temperatuurdaling, in vergelijking met de temperatuurdaling na het laten vallen van het bovenste of onderste gedeelte van de valwand.

2. *Welk effect hebben de valwanden op de hoeveelheid koolmonoxide in de ruimte, gemeten op slachtofferhoogte?*

De valwand heeft grote invloed op de hoeveelheid koolmonoxide. Bij de nulmeting komt de koolmonoxide tot een piek van ongeveer 1600 ppm. Het koolmonoxidegehalte is bij de nulmeting gedurende de hele test hoog ten opzichte van de gemeten koolmonoxidegehalten wanneer de valwand valt, in welke variatie dan ook. Wanneer de valwand wordt laten vallen wordt de stijging van koolmonoxide onderbroken. Wanneer de valwand helemaal wordt laten vallen daalt de koolmonoxide tot ruim onder de 20 ppm binnen een minuut na het inwerkingtreden van de valwand. Bij het laten vallen van alleen het bovenste of onderste gedeelte daalt het koolmonoxidegehalte minder. Het effect van de valwand is dat de koolmonoxide daalt in de ruimte, waarbij de variatie waar de valwand geheel valt de grootste daling veroorzaakt.

3. *Welk effect hebben de valwanden op het zuurstofpercentage in de ruimte, gemeten op slachtofferhoogte?*

Bij de nulmeting is een kleine daling in het zuurstofpercentage gemeten (laagste percentage is ongeveer 18%). Er is in de testresultaten geen duidelijk verschil te zien in de invloed van de verschillende variaties valwand. Bij elke variatie blijft het zuurstofpercentage ongeveer 21%. De valwand, in welke variant dan ook, zorgt ervoor dat het zuurstofpercentage in de ruimte hoger blijft.

Het antwoord op de probleemstelling **‘Welk effect hebben de valwanden op het leefbare klimaat in de ruimte?’**, luidt dan ook als volgt; Wanneer de valwand geheel wordt laten vallen, heeft dit het grootste effect op de daling van de temperatuur en koolmonoxidegehalte in de ruimte, ten opzichte van het laten vallen van één gedeelte. Het laten vallen van één deel (lees: boven of onder) van de valwand zorgt ook voor een daling in temperatuur en koolmonoxide, maar in mindere mate. Elke variant valwand heeft een met elkaar te vergelijken effect op het zuurstofpercentage, namelijk dat deze rond de 21% blijft. De valwand onderbreekt de daling van het zuurstofpercentage. Op basis van de gemeten parameters is te concluderen dat de valwand een positief effect heeft op het leefbare klimaat in de ruimte.

5.2. Aanbevelingen

Naar aanleiding van de uitgevoerde testen en de resultaten worden er enkele aanbevelingen gedaan.

1. *Doorontwikkeling product*

Wanneer het product doorontwikkeld wordt er een geautomatiseerd systeem heeft om de valwanden te activeren, kan de invloed van het menselijk handelen (lees: laten vallen van de valwanden) voor een groot deel worden geëlimineerd. Wanneer het product tot zover wordt doorontwikkeld, kan ook het geautomatiseerde systeem zelf worden getest. Er zijn namelijk verschillende manieren om de valwanden automatisch te laten activeren.

2. *Toepasbaarheid valwanden*

Bij de doorontwikkeling kan ook worden gekeken naar bredere toepasbaarheid en mogelijkheden van valwanden. Hierbij kan worden gedacht aan het creëren van aanvullende toegangen voor de brandweer.

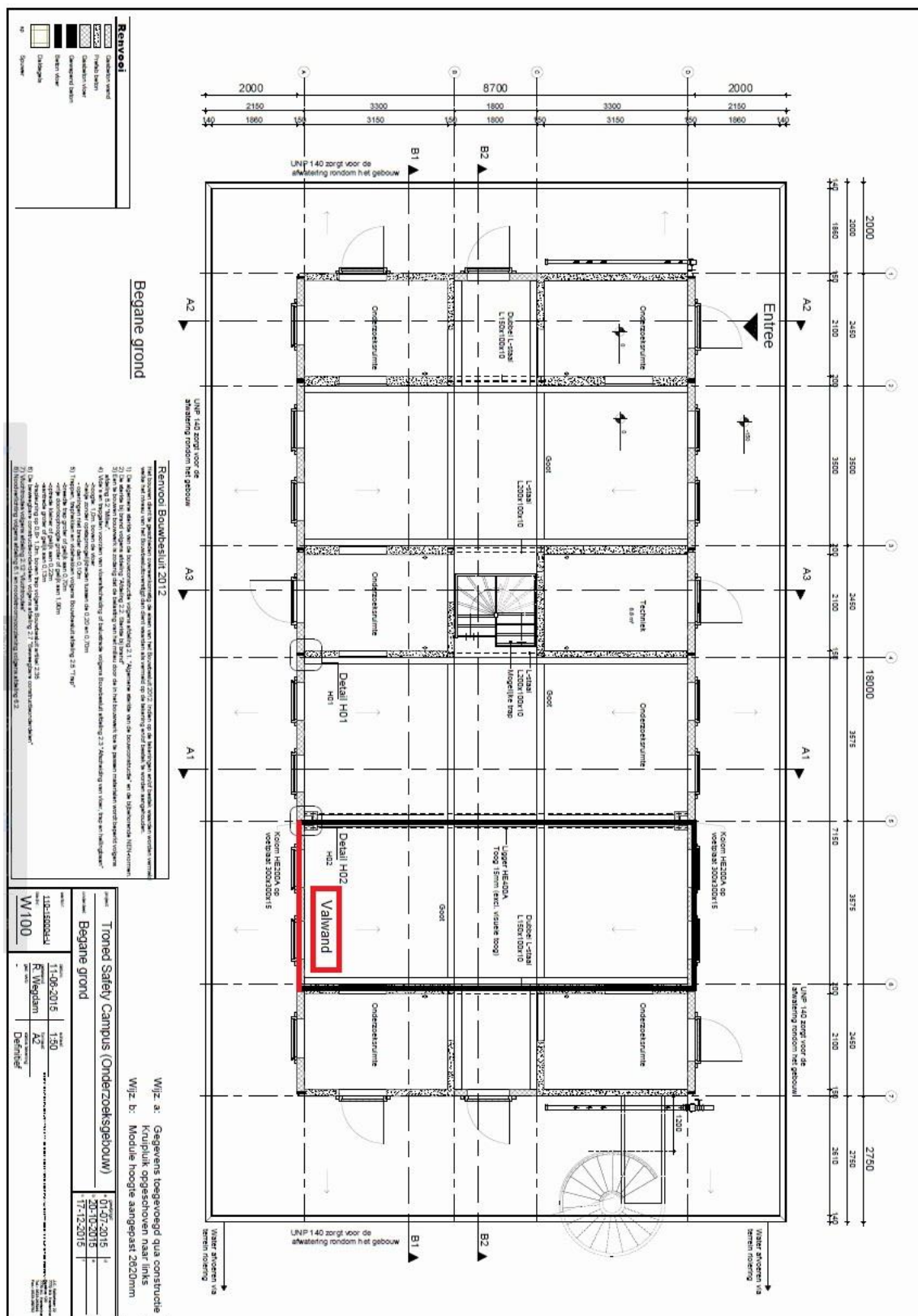


Literatuur

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>

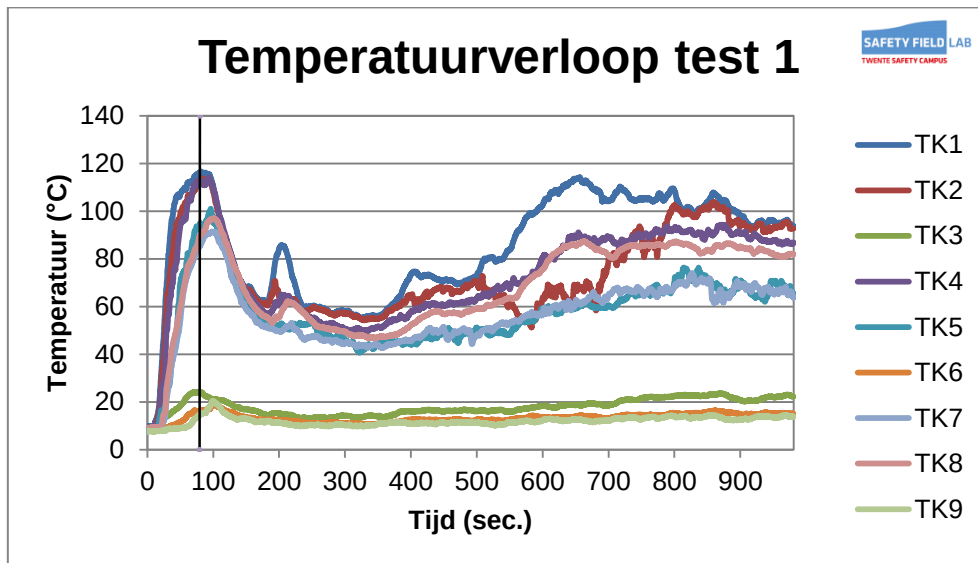
van Bruggen, M., Gram, J., Boels, E., Ruhaak, L., & Mooij, M. (2009). *Koolmonoxide in huurwoningen in de Randstad*. Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).

Bijlage I: Plattegrond begane grond brandonderzoeksgebouw



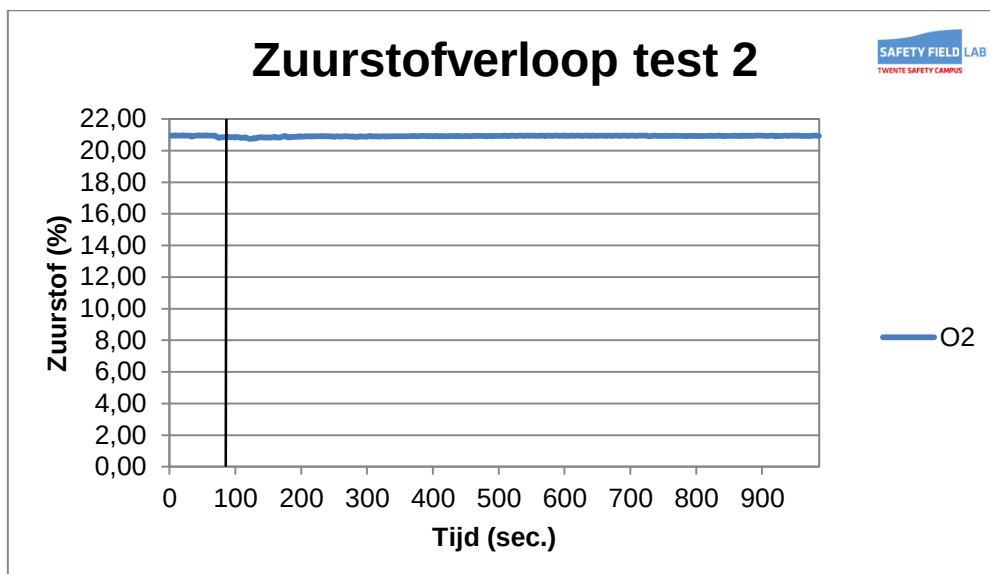
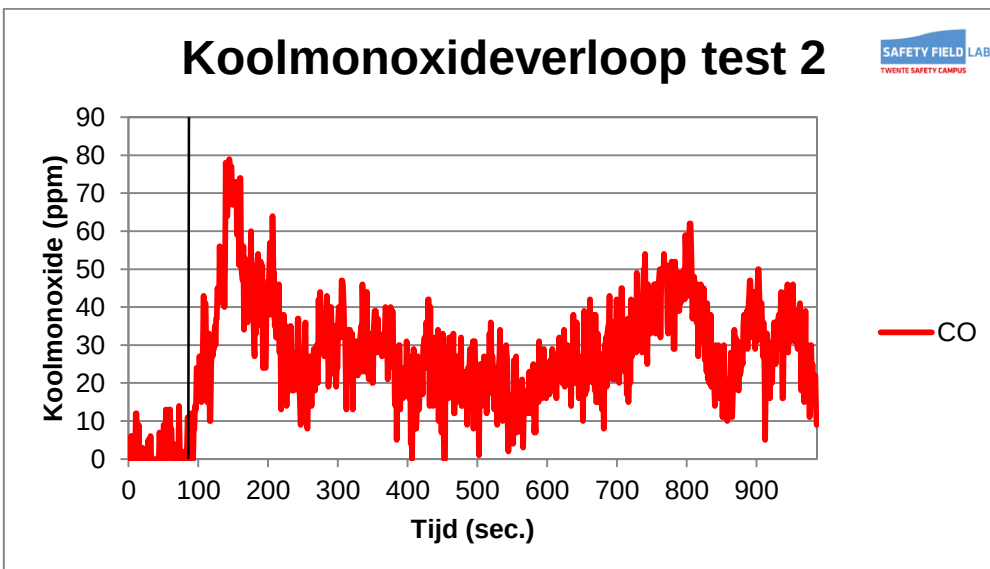
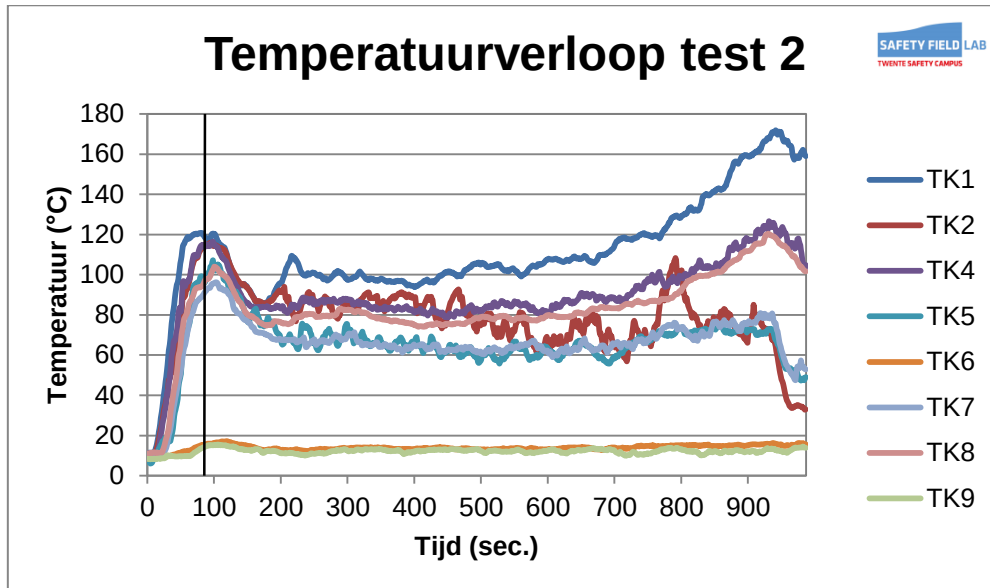
Bijlage II: Resultaten testen

Resultaten test 1: Valwand boven

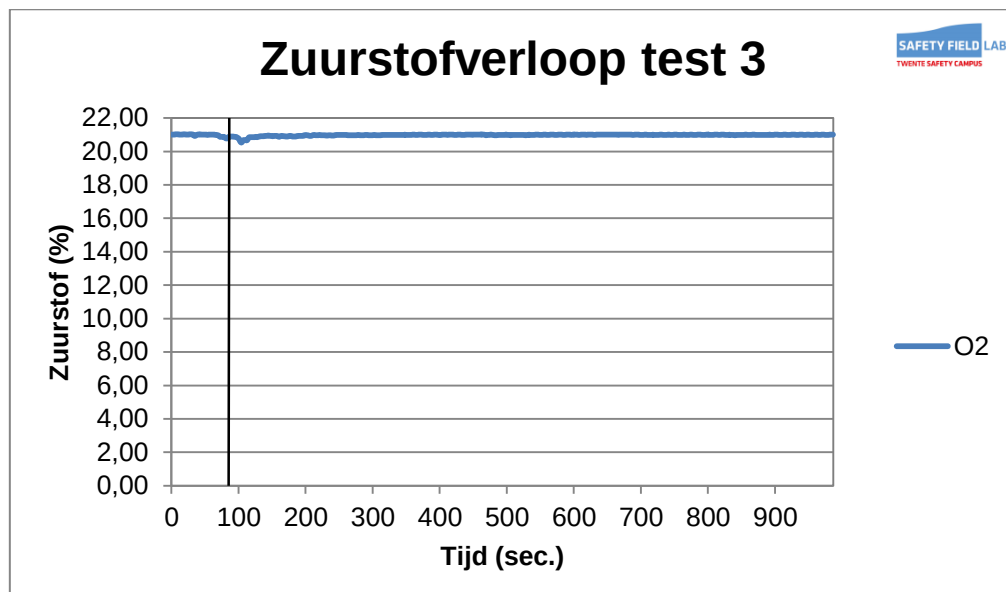
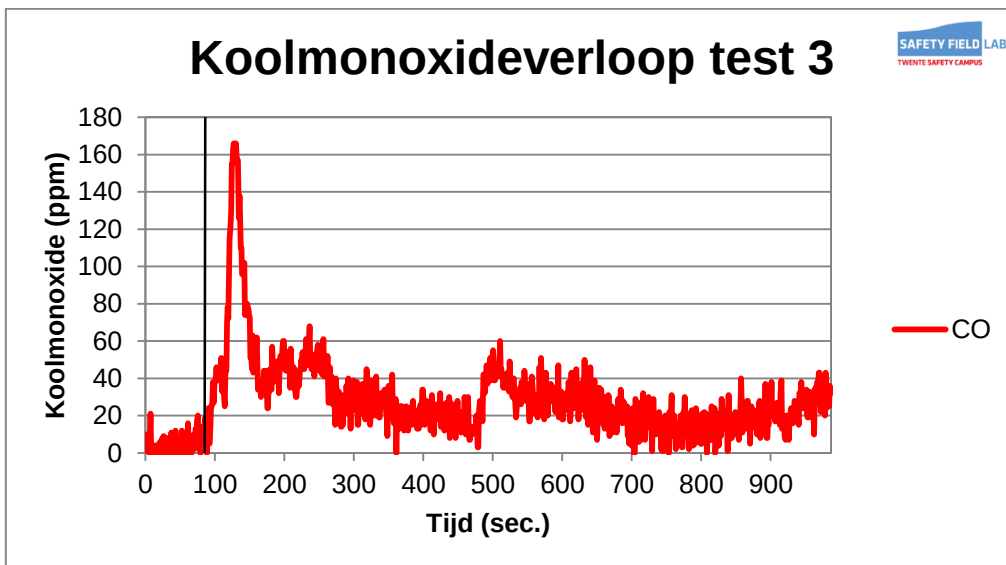
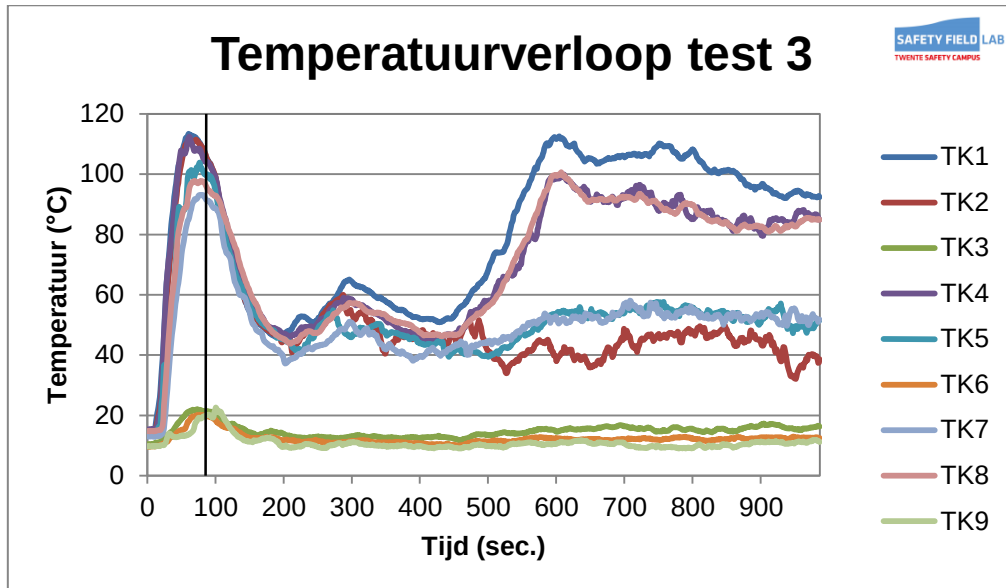


Gegevens zuurstof en koolmonoxide onbekend, door uitval van de testo gedurende de test.

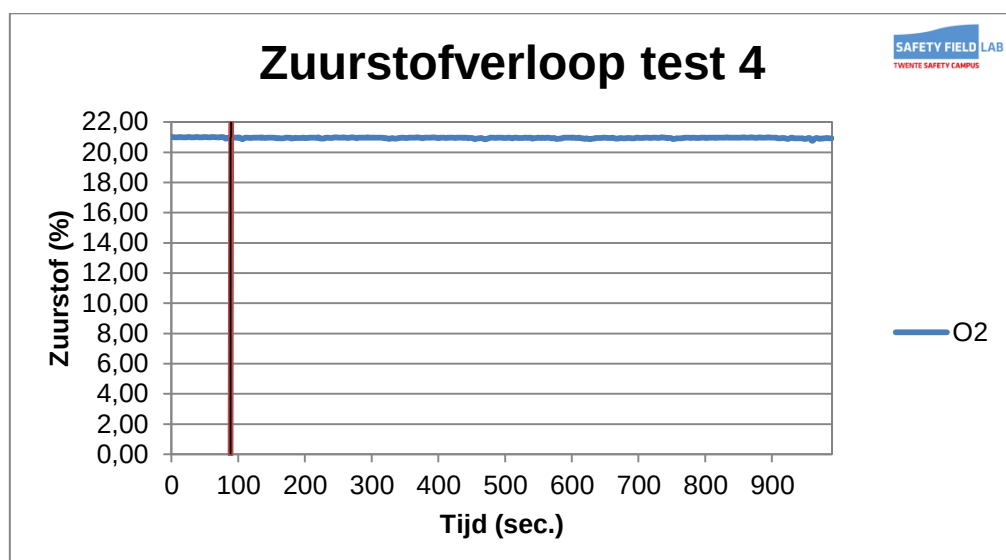
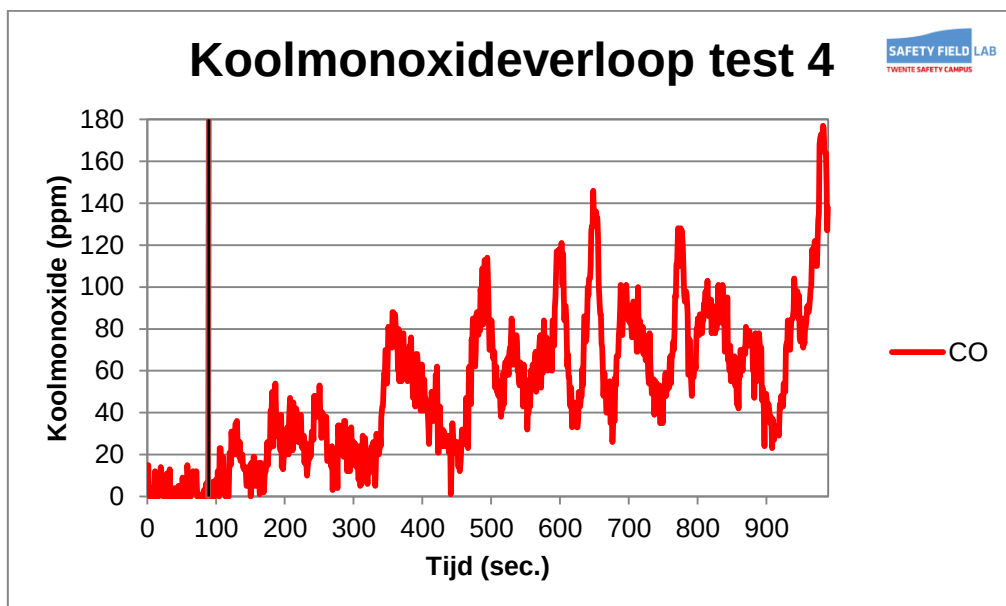
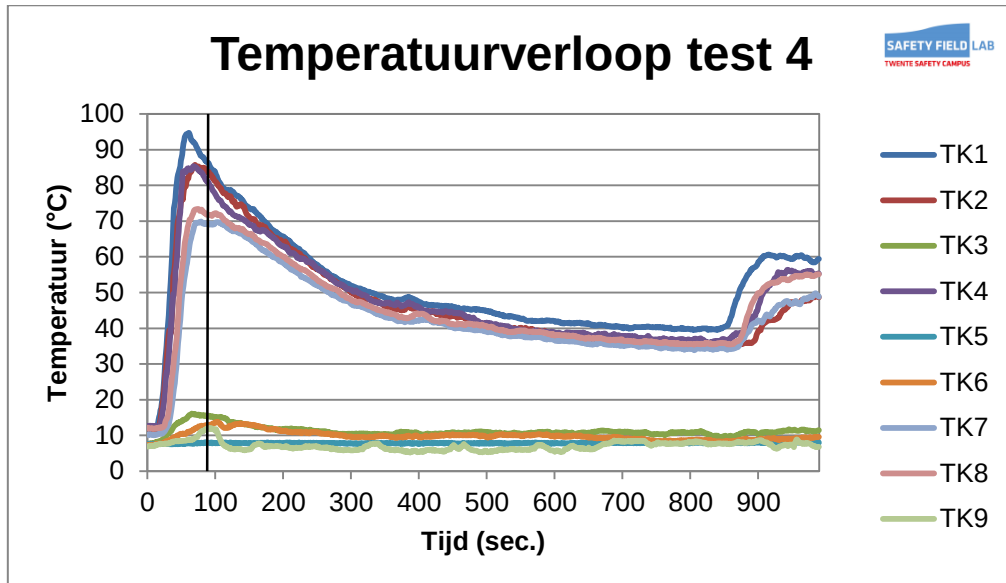
Resultaten test 2: Valwand boven



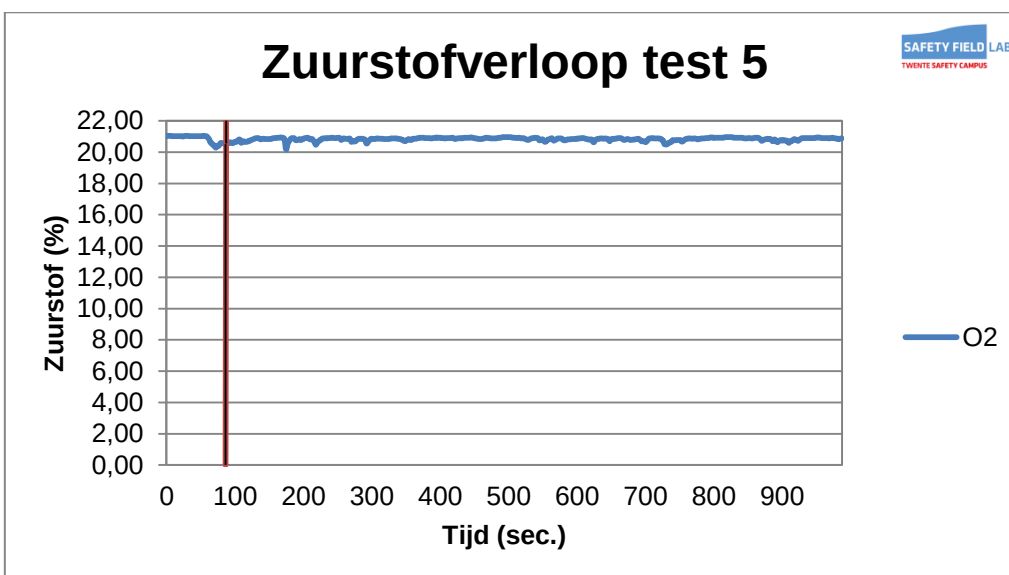
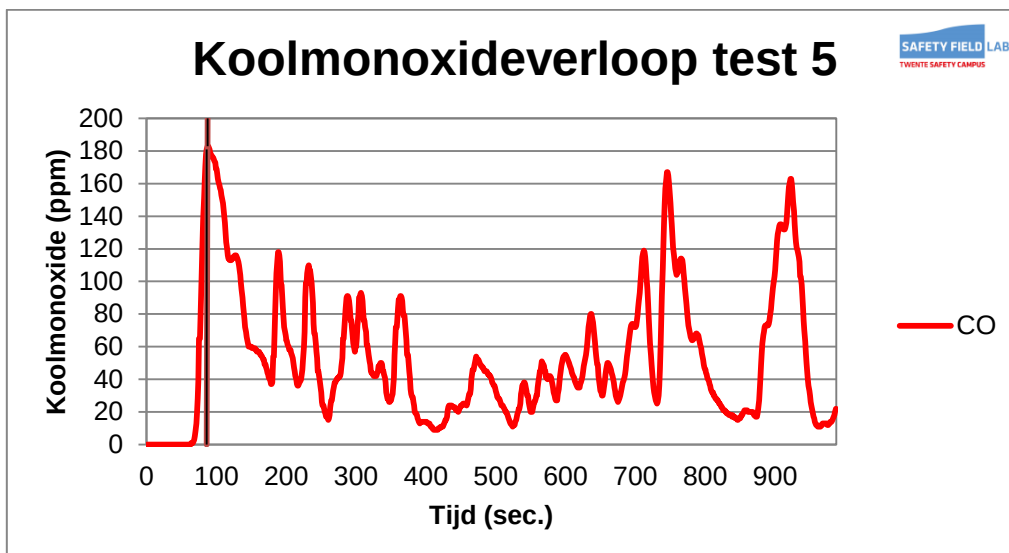
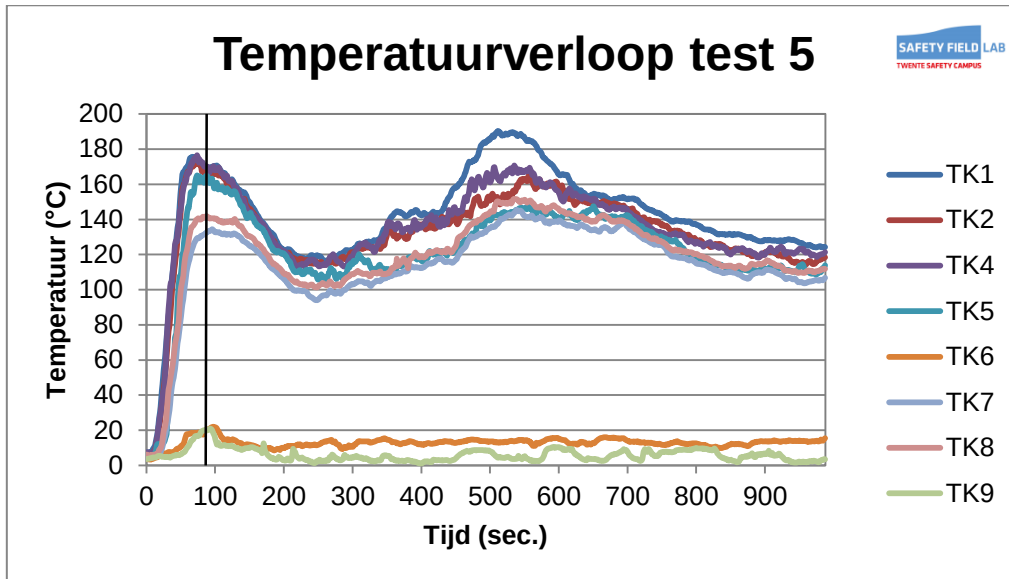
Resultaten test 3: Valwand boven



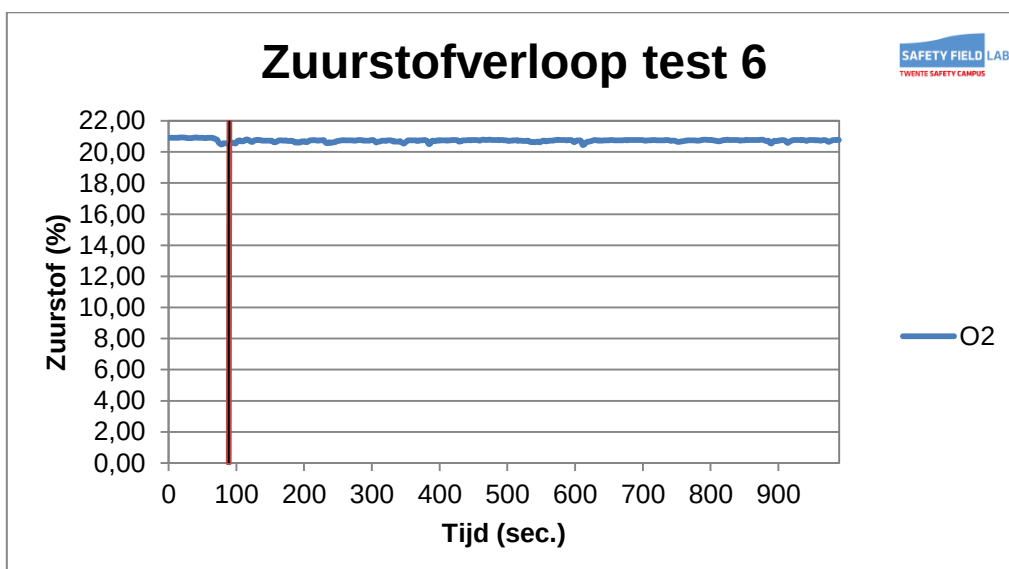
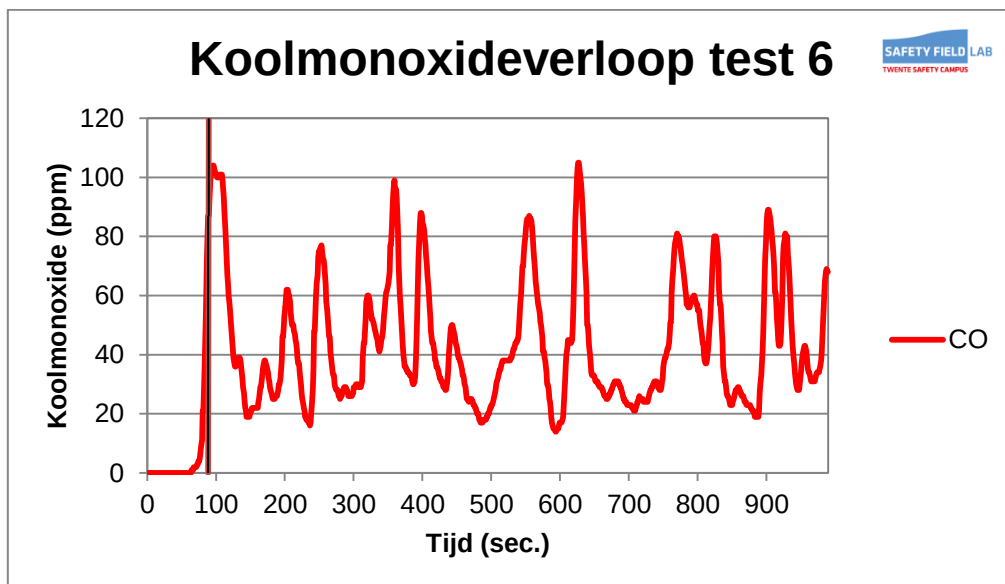
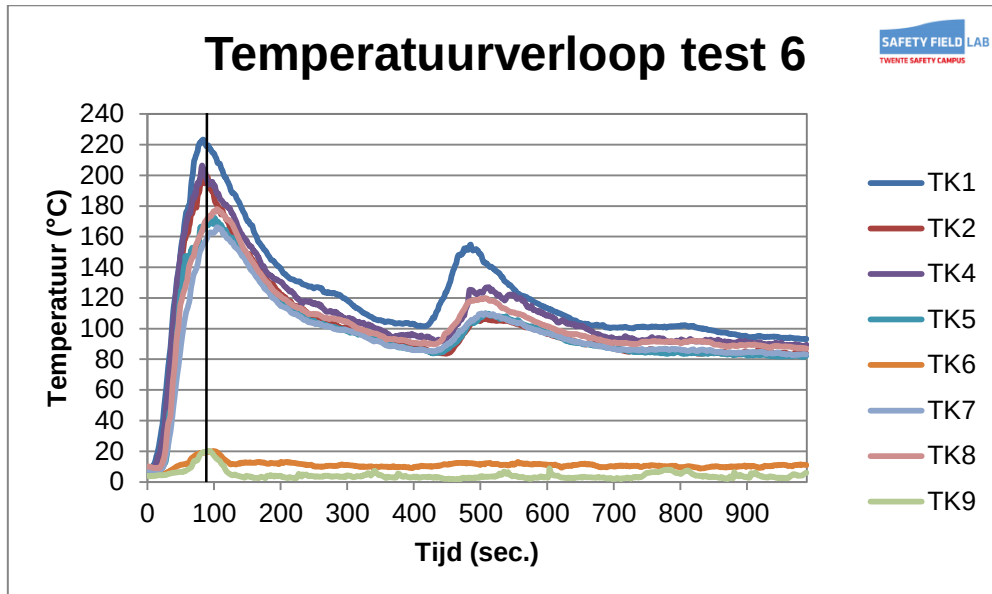
Resultaten test 4: Valwand onder



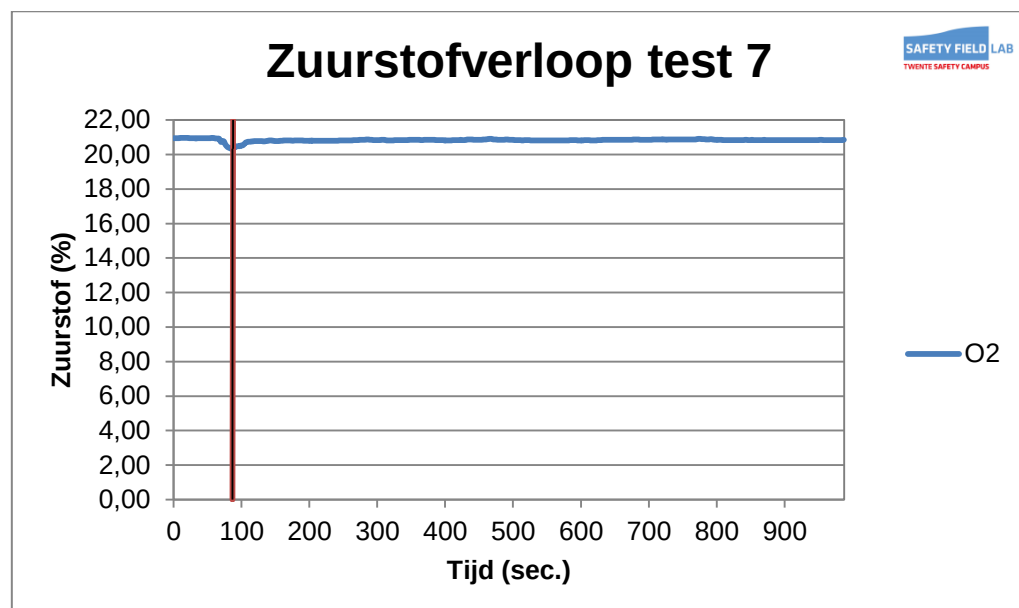
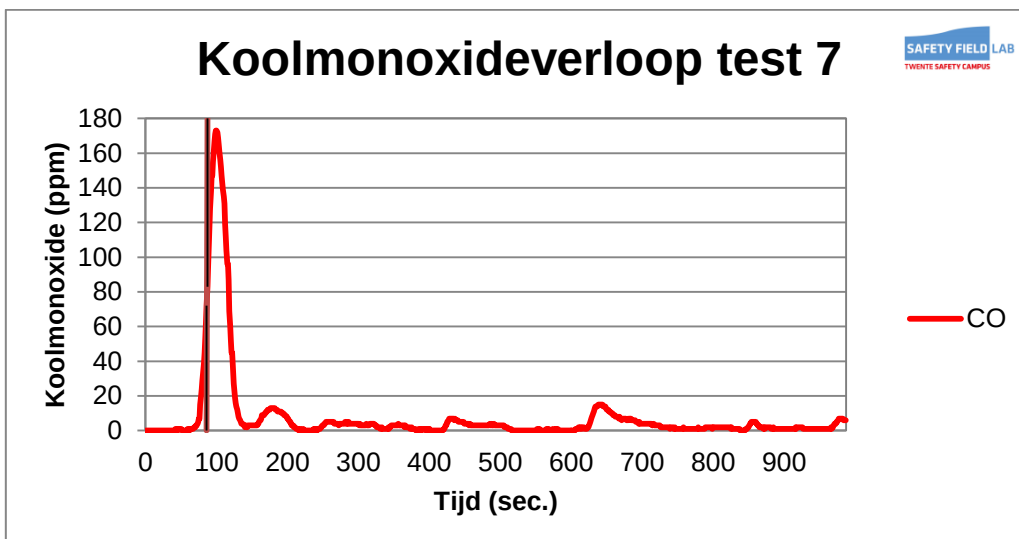
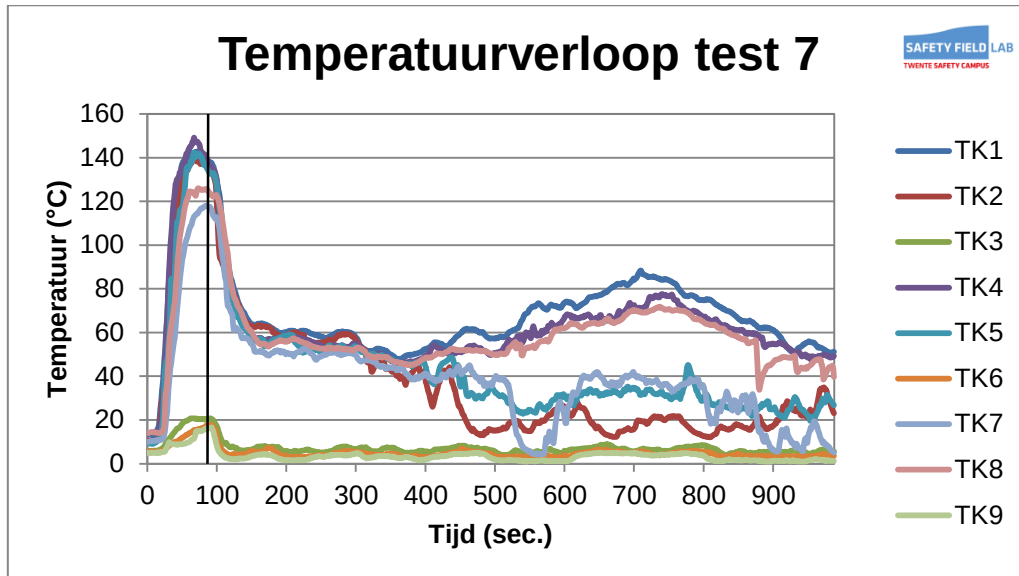
Resultaten test 5: Valwand onder



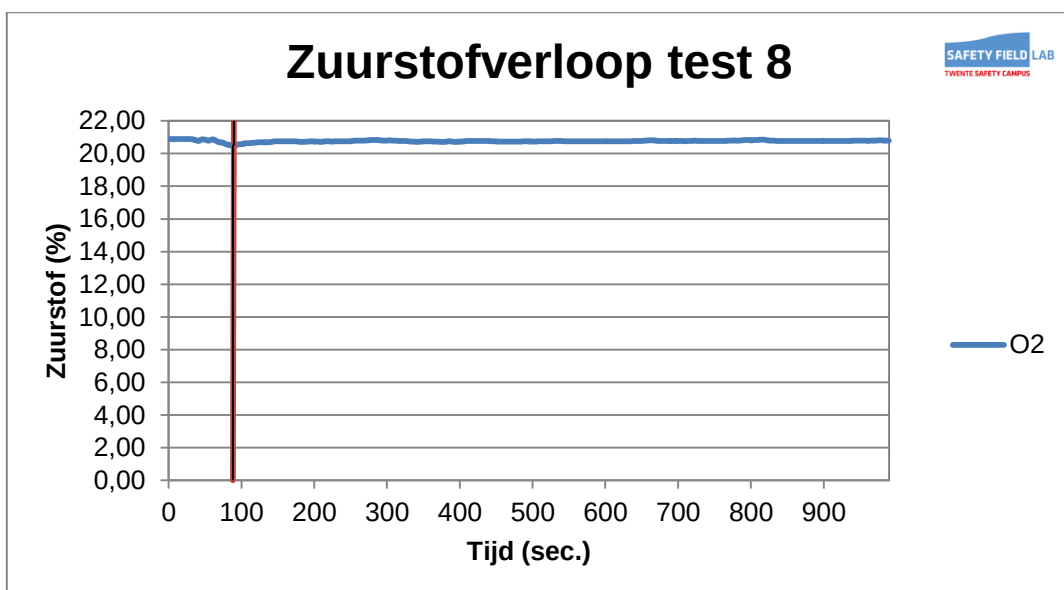
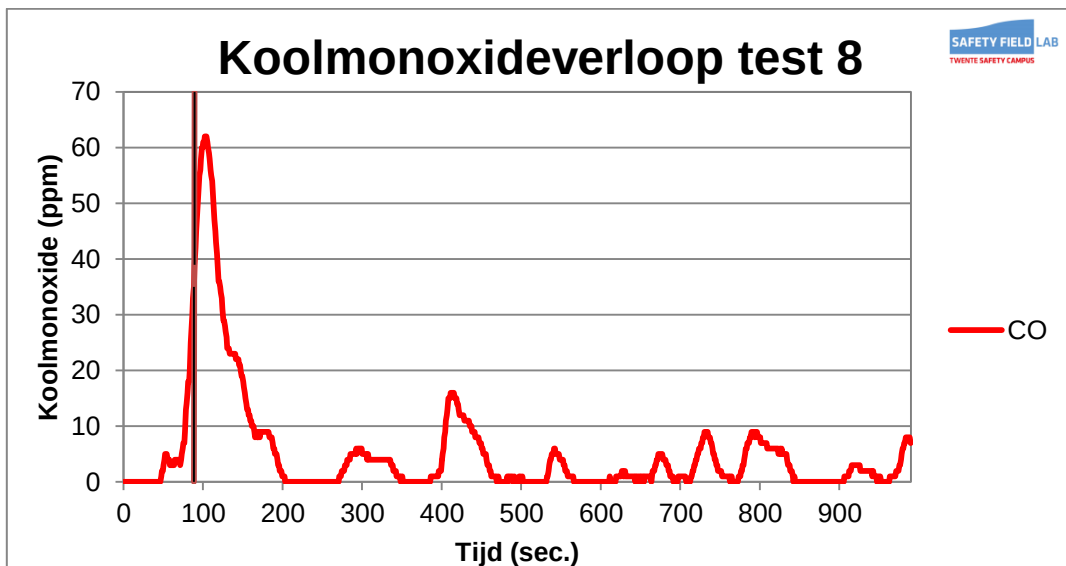
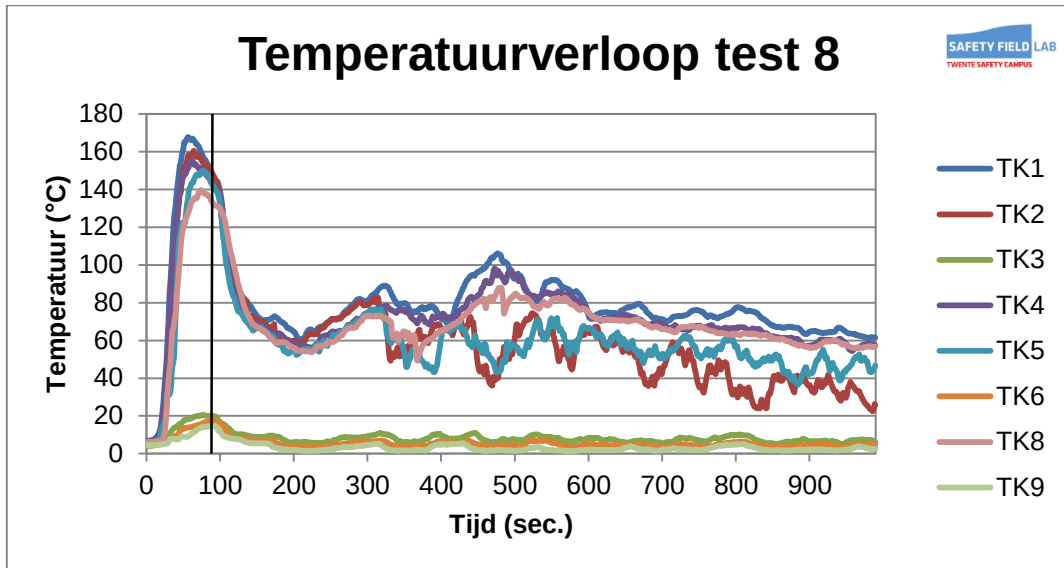
Resultaten test 6: Valwand onder



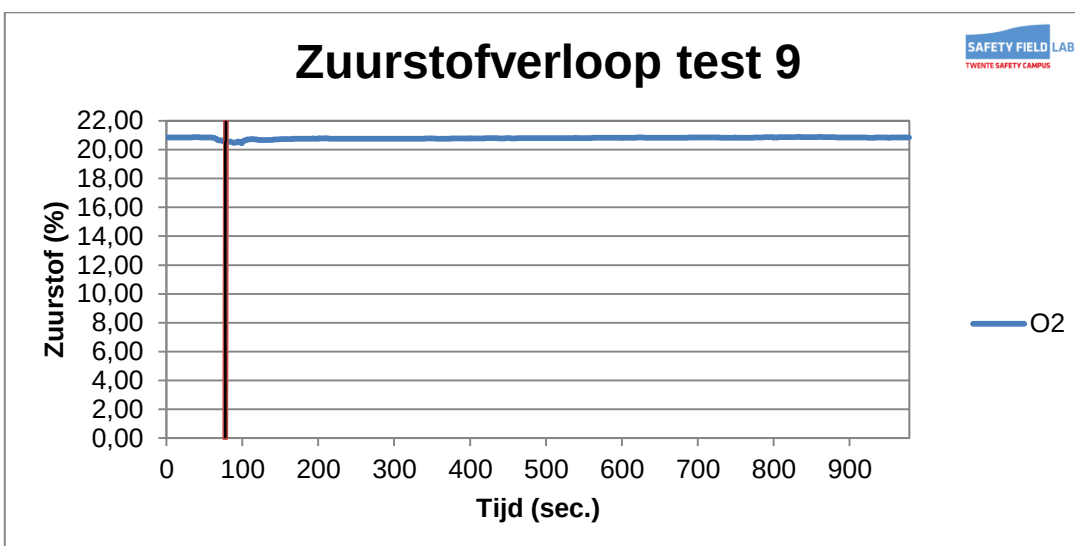
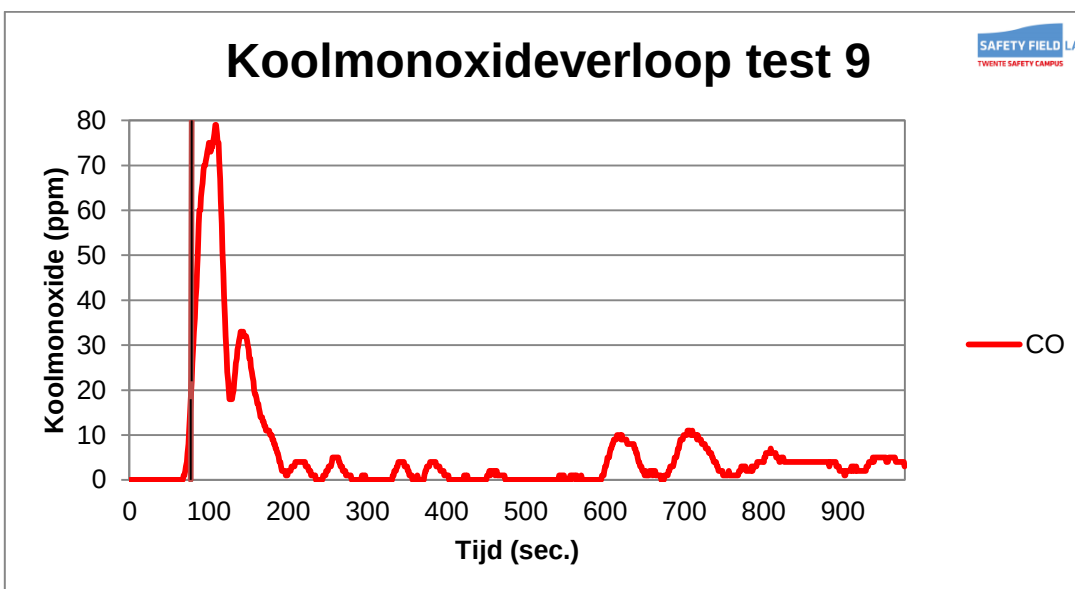
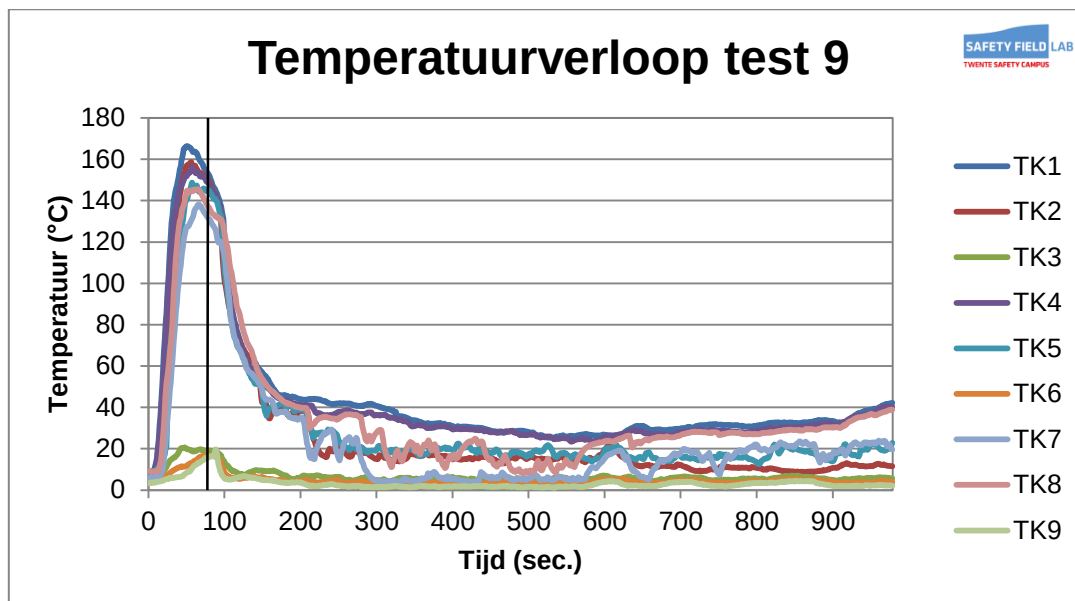
Resultaten test 7: Valwand heel



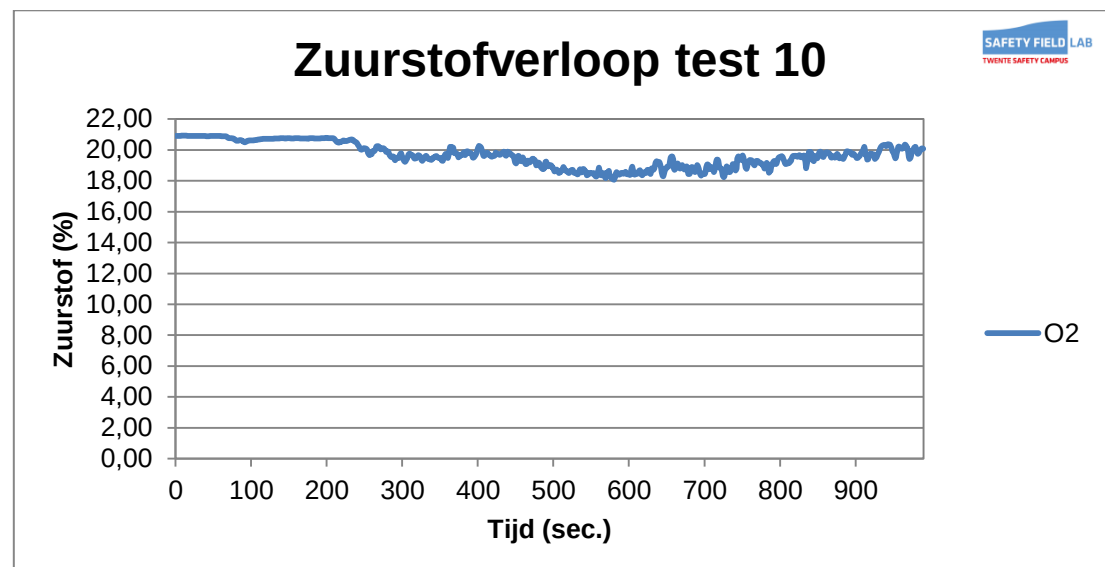
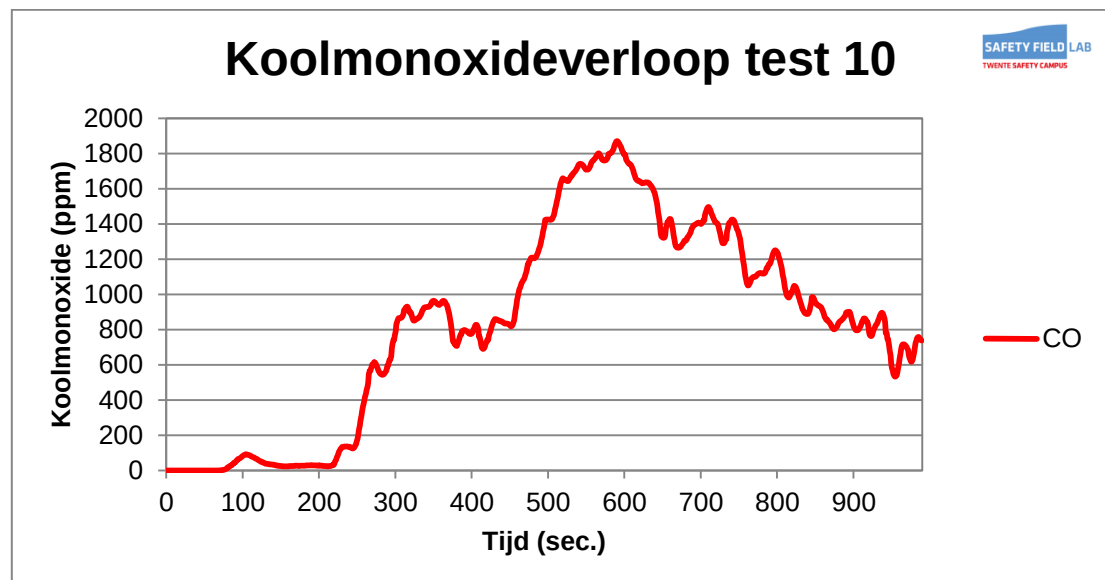
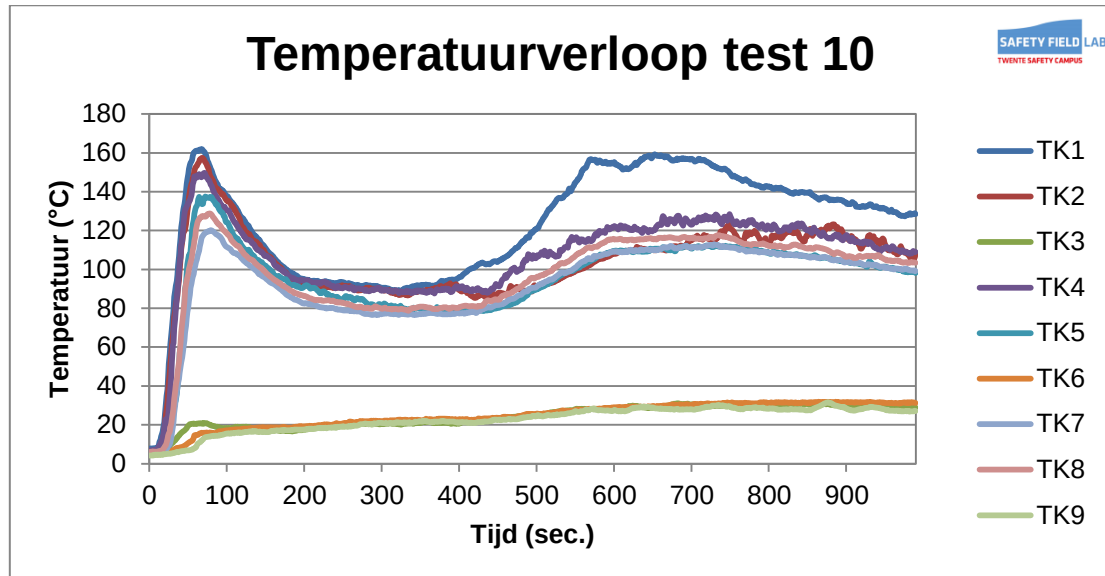
Resultaten test 8: Valwand heel



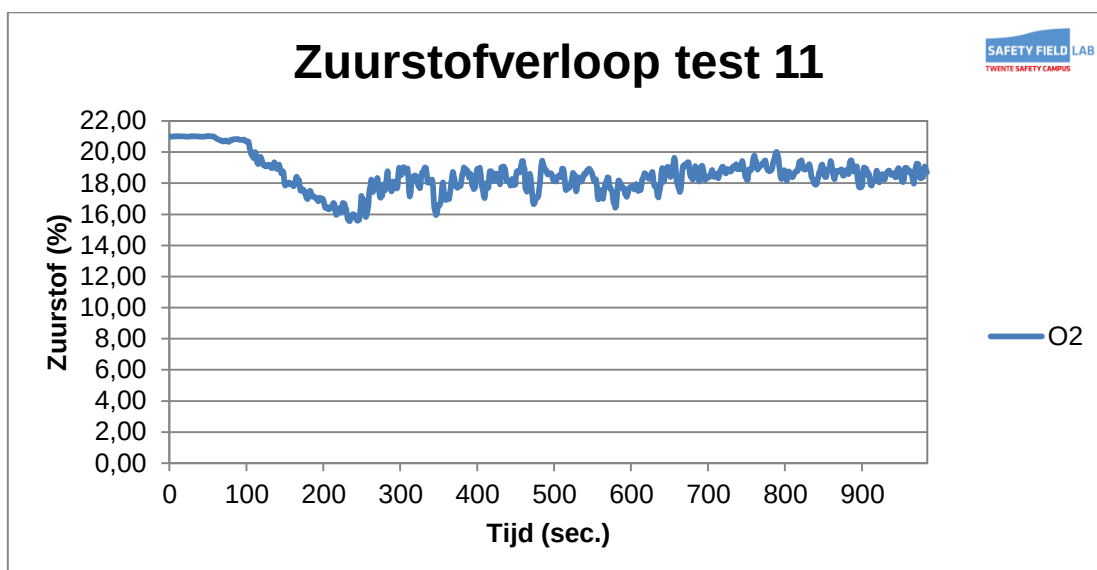
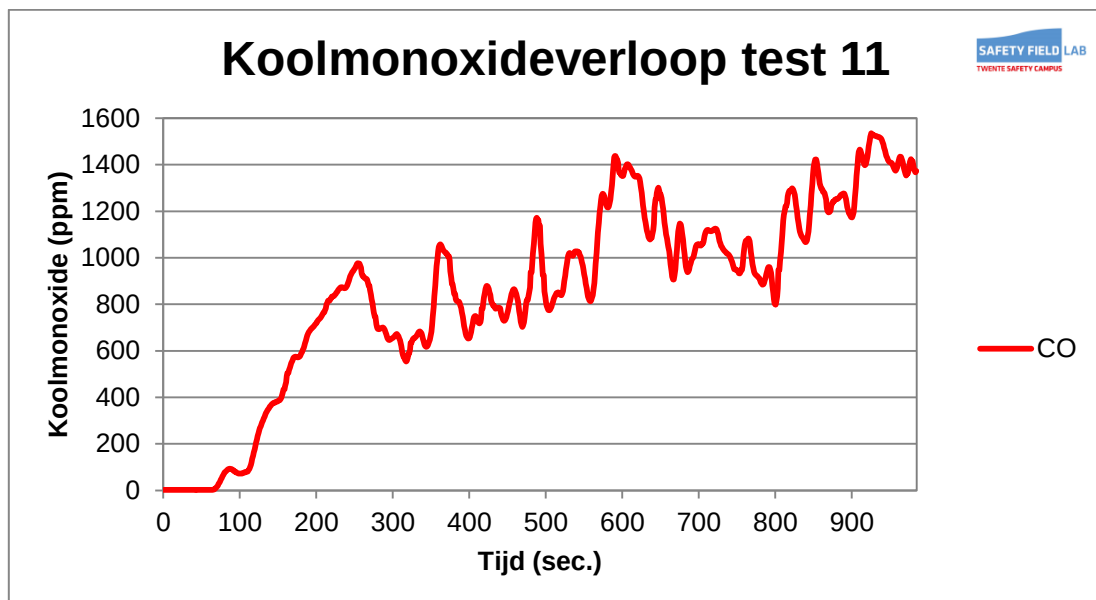
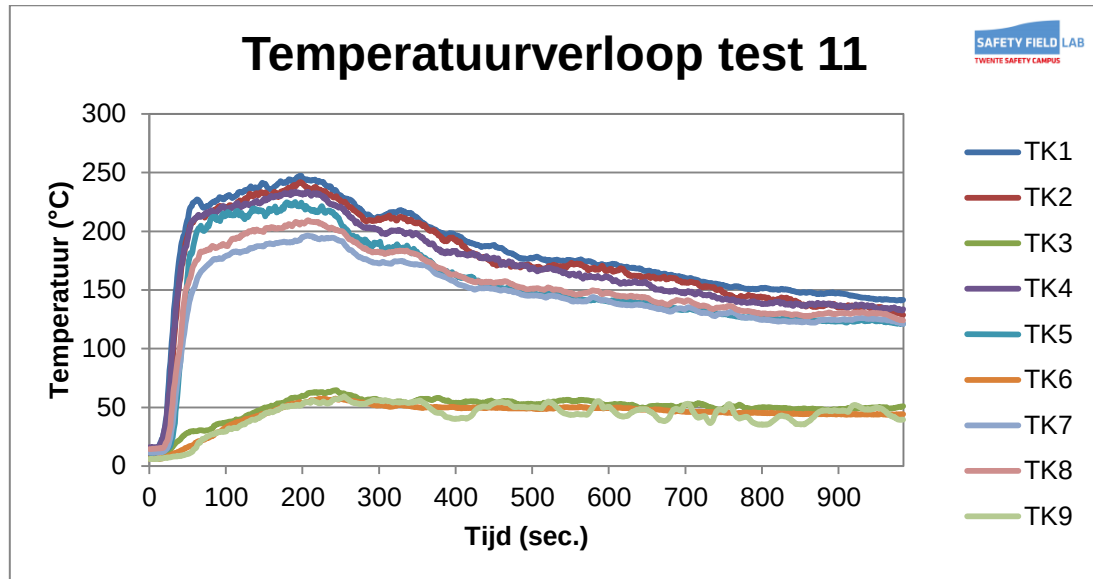
Resultaten test 9: Valwand heel



Resultaten test 10: Valwand dicht



Resultaten test 11: Valwand dicht



Bijlage III: Weersomstandigheden testdagen

Twenthe sinds 01/01/1951 ▼ 2016 ▼ december ▼ 19 ▼ [toon](#)

Daggegevens van het weer in Nederland

Het weer op maandag 19 december 2016 te Twenthe

© KNMI

Temperatuur		Normaal	Neerslag	
Gemiddelde	4.1 °C	2.7 °C	Hoeveelheid	0.0 mm
Maximum	6.8 °C	5.0 °C	Duur	0.0 uur
Minimum	-0.1 °C	0.0 °C		
Zon, bewolking & zicht			Wind	
Duur zonneshijn	1.8 uur		Gemiddelde snelheid	1.9 m/s (2 Bft)
Rel. zonneshijnduur	23 %	17 %	Maximale uurgemiddelde snelheid	3.0 m/s (2 Bft)
Gem. bedekkingsgraad	4 octa's		Maximale stoot	7.0 m/s
	Half bewolkt			
Minimaal zicht	1.0 km		Overheersende richting	88 ° (0)
Relatieve luchtvochtigheid			Luchtdruk	
Gemiddelde	90 %	90 %	Gemiddelde luchtdruk	1029.5 hPa

Twenthe sinds 01/01/1951 ▼ 2016 ▼ december ▼ 20 ▼ [toon](#)

Daggegevens van het weer in Nederland

Het weer op dinsdag 20 december 2016 te Twenthe

© KNMI

Temperatuur		Normaal	Neerslag	
Gemiddelde	-0.8 °C	2.7 °C	Hoeveelheid	0.0 mm
Maximum	0.9 °C	5.0 °C	Duur	0.0 uur
Minimum	-4.1 °C	0.0 °C		
Zon, bewolking & zicht			Wind	
Duur zonneshijn	0.0 uur		Gemiddelde snelheid	2.5 m/s (2 Bft)
Rel. zonneshijnduur	0 %	17 %	Maximale uurgemiddelde snelheid	4.0 m/s (3 Bft)
Gem. bedekkingsgraad	5 octa's		Maximale stoot	6.0 m/s
	Half tot zwaar bewolkt			
Minimaal zicht	0.3 km		Overheersende richting	92 ° (0)
Relatieve luchtvochtigheid			Luchtdruk	
Gemiddelde	96 %	90 %	Gemiddelde luchtdruk	1024.4 hPa