

## Meting van rookgastemperatuur

---

**INHOUD**

<b>1</b>	<b>Doel en toepassingsgebied</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Principe</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Instrumentatie</b>	<b>4</b>
3.1	<i>Temperatuursensoren of sondes</i>	4
3.1.1	Thermokoppels type K	4
3.1.2	Pt-100 sensoren	5
3.2	<i>Meetinstrumenten</i>	6
3.2.1	Instrumenten voor thermokoppels	7
3.2.2	Instrumenten voor Pt-100	7
3.3	<i>Compensatieleidingen voor thermokoppels</i>	7
3.4	<i>Stralingsafscherming</i>	8
3.5	<i>Insteekdiepte en omhulsels</i>	8
<b>4</b>	<b>Meting</b>	<b>8</b>
4.1	<i>Meting van temperatuur in verschillende punten ter berekening van de volumemassa van de rookgassen bij de gassnelheidsmeting of voor de uitvoering van isokinetische bemonsteringen</i>	9
4.2	<i>Meting van de temperatuur in een vast meetpunt</i>	9
4.3	<i>Controle van de homogeniteit van het meetvlak</i>	9
<b>5</b>	<b>Kalibratie</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>Meetonzekerheid</b>	<b>10</b>
<b>7</b>	<b>Aandachtspunten</b>	<b>11</b>
<b>8</b>	<b>Referenties</b>	<b>11</b>

## 1 DOEL EN TOEPASSINGSGBIED

Deze methode betreft de meting van temperatuur in rookgassen en andere emissies. De meting van temperatuur is nodig om de volumemassa (densiteit) van gassen te berekenen bij de gasselheidsmeting en voor de isokinetische bemonsteringen, zoals de stofgehaltebepaling.

Andere redenen om de rookgastemperatuur te meten zijn de bepaling van thermische efficiëntie bij verbrandingsinstallaties of de sturing van industriële processen waarbij emissietemperatuur een belangrijke parameter is of aan een garantiewaarde moet voldoen. Ook bestaan er vergunningsvoorschriften waarin een temperatuur aan de rookgassen wordt opgelegd. Voor de berekening van pluimstijging bij atmosferische dispersiemodellen is de temperatuur een basisgegeven.

## 2 PRINCIPE

Er bestaan verschillende sensoren die worden gebruikt om temperatuur te meten, namelijk:

- thermokoppels
- elektrische weerstanden die variëren in functie van de temperatuur.

Thermokoppels genereren een gering potentiaalverschil op de warme verbinding ("warme las") tussen twee verschillende metalen. Dit verschil wordt gemeten met een gevoelige voltmeter, die echter dient voorzien te zijn op compensatie voor de onvermijdelijke overgangen tussen thermokoppelmateriaal en de polen van het instrument. In principe zal het thermokoppelmateriaal worden doorgetrokken tot aan het instrument - door middel van compensatiekabel en speciale asymmetrische stekkers, waarbij de twee contacten met hetzelfde metaal van het instrument elkaar opheffen en overeenkomen met slechts één koude las van de twee thermokoppel materialen. Het potentiaalverschil op deze koude overgang dient afgetrokken van het potentiaalverschil van de warme las.

Veelgebruikte thermokoppeltypes zijn K (nikkelchrom-nikkel) en J (ijzer-constantaan).

Voor de temperatuurgevoelige weerstanden is de platinadraad met 100 ohm weerstand (Pt-100) een gestandaardiseerde meetsensor. De meting geschiedt in dit geval als een elektrische weerstandsmeting, praktisch stroomloos door het gebruik van een weerstandsbrug. De Pt-100 staat bekend voor zijn uitstekende lineariteit (38,5 ohm/100°C), maar zowel de sensor als het meetinstrument zijn relatief duur.

Een halfgeleider sensor met een beperkter temperatuurbereik is de NTC of negatieve-temperatuurcoëfficiënt-sensor. Door de steile temperatuurskarakteristiek is dit type sensor zeer geschikt om nauwkeurig kleine temperatuursverschillen te meten (tot 0,01°C). Toepassing van NTC's is wijd verspreid in diverse toestellen en in de meettechniek, maar vrijwel onbestaande voor rookgasmetingen. Oorzaak hiervan is vermoedelijk in de eerste plaats het gebrek aan standardisatie: er zijn namelijk talrijke types met verschillende curves op de markt. De niet-lineariteit, de aanvankelijke twijfel over stabiliteit in de tijd onder andere bij gebruik op hogere temperatuur zijn bijkomende factoren die de NTC-technologie hebben afgeremd. Mits een aangepast kalibratieschema is er evenveel geen fundamenteel bezwaar tegen NTC-meting voor rookgassen en andere temperaturen in de rookgasbemonsteringstrein.

Om de gemiddelde rookgastemperatuur te meten dient in feite een traversering (scanning) gemaakt van de gehele meetsectie, op elk van de punten die voor de gassnelheidsmeting of stofgehaltebepaling vereist zijn. Gewoonlijk wordt het gemiddelde van al deze punten als rookgastemperatuur berekend en gerapporteerd. Een correctere benadering is om de temperatuur van elk deelvlak proportioneel met de gassnelheid te verrekenen (debietsgewogen temperatuurgemiddelde).

### 3 INSTRUMENTATIE

#### 3.1 TEMPERATUURSENSOREN OF SONDES

Voor de meting van rookgassen worden thermokoppels van het type K of weerstanden van het type Pt-100 het meest gebruikt.

Andere instrumenten kunnen worden gebruikt indien ze dezelfde nauwkeurigheid en robuustheid kunnen garanderen.

In de praktijk wordt de Pt-100 vooral gebruikt waar een hoge nauwkeurigheid is vereist, bijvoorbeeld als gekalibreerde referentiethermometer in het laboratorium, gelden de thermokoppels als meest robuust voor toepassing in rookgassen, en blijven de NTC-sensoren beperkt tot het lagere temperatuurbereik, bijvoorbeeld om de temperatuur aan de gasteller te meten.

##### 3.1.1 THERMOKOPPELS TYPE K

Het thermokoppel zelf bestaat uit twee draadjes van verschillend materiaal die in een puntje aan elkaar zijn gelast. Dit contactpunt is het temperatuurgevoelige element waar de temperatuur wordt gemeten. Voor toepassing in rookgassen zal het thermokoppel praktisch altijd in een omhulsel van roestvrij staal of inconel zitten om het te beschermen tegen corrosie of chemische veranderingen. Tussen de mantel en het thermokoppel wordt een dicht gepakt refractair vulmateriaal, bijvoorbeeld magnesiumoxide of gemalen mica, aangebracht dat de temperatuur goed geleidt, om te vermijden dat de luchtlaag als een isolator zou optreden. Het meetelement is normaal voorzien van een tweede omhulsel of sonde om de nodige stijfheid te bekomen bij lengtes over 2 m. Sensoren waarbij het contactpunt vastgelast is aan het mantelmateriaal of gearde thermokoppels worden toegepast om snellere responstijd te verzekeren. Bij plotse of zeer sterke temperatuurvariaties bestaat evenwel kans op beschadiging. Gearde meetpunten kunnen ook problemen geven bij de elektrische uitlezing als de mantel van het thermokoppel uit ononderbroken geleidend materiaal bestaat. Blote thermokoppels worden uitzonderlijk toegepast wanneer het temperatuursbereik begrensd is en wanneer uiterst korte responstijden vereist zijn. Men kan zelf een thermokoppel construeren met de geschikte draden d.m.v. lassen, solderen, samendraaien of klemmen, op voorwaarde dat een zeer goed elektrisch contact wordt gerealiseerd. Lassen geeft hierbij de zekerste verbinding. Een vuistregel zegt dat het bolletje ongeveer 5 maal dikker dan de draad moet worden gemaakt. Toepassing van een inertgas bij het lassen is aanbevolen om een betrouwbaar contact te maken.

Kans op beschadiging door temperatuurschokken bestaat bij alle thermokoppels met omhulsel. Bij barsten in de huls kan vocht binnendringen met onbetrouwbare aflezingen voor gevolg.

In normale omstandigheden, wanneer compensatiekabel van goede kwaliteit wordt gebruikt, geeft het thermokoppel zelf de hoogste meetonzekerheid van de meetketen. Bij lagere temperaturen kan voor temperatuurmeting een tolerantie van 1 - 2 °C worden vooropgesteld en boven 300 °C geldt een procentuele fout van bijvoorbeeld 0,75 % van de meetwaarde. De meest

frequente fouten zijn evenwel systematische afwijkingen door gebreken van de meetuitrusting zoals slechte contacten, beschadiging, verkeerde aansluitingen...

De volgende tabel illustreert de verschillende klassen van beschikbare thermokoppels volgens EN 60584-2 (=IEC 584-2). Voor emissiemetingen bij temperaturen tot 375 °C is alleen het gebruik van de hoogste nauwkeurigheidsklasse (klasse 1) toegestaan.

Tabel 1: *Kwaliteitsklassen voor type K thermokoppels (EN 60584-2)*

	<b>Klasse 1</b>	<b>Klasse 2</b>	<b>Klasse 3</b>
Temperatuur °C	-40 < t < 375	-40 < t < 333	-167 < t < 40
tolerantie (°C)	± 1,5	± 2,5	± 2,5
Temperatuur °C	375 < t < 1000	333 < t < 1200	
tolerantie (°C)	± 0,004 t	± 0,0075 t	

In tabel 2 wordt de maximale werktemperatuur en de maximumtemperatuur van thermokoppels met Inconel 600 mantel aangegeven in functie van de dikte. De hoogste werktemperatuur geldt voor langdurige meting of vaste montage, terwijl de maximum temperatuur geldt voor kortstondige metingen.

Tabel 2: *Maximale werktemperatuur en maximumtemperatuur van type K thermokoppels met Inconel 600 mantel*

Nominale diameter (mm)	<b>Hoogste werktemperatuur, °C</b>	<b>Maximumtemperatuur °C</b>
0,5	600	700
1,0	700	850
2,0	800	900
3,0	900	950
5,0	950	1000
6,0	1000	1050
8,0	1050	1100
10,0	1050	1100
12,7	1100	1150

### 3.1.2 PT-100 SENSOREN

Industriële Pt-100 sensoren worden gemaakt met een omhulsel van 3, 4, 5 of 6 mm diameter en kunnen worden toegepast tot 600 °C met een aanvaardbare meetnauwkeurigheid. Volgens EN 60751 (IEC 60751) worden Pt-100's ingedeeld in 2 klassen, namelijk A en B, waarbij toleranties voor verschillende testtemperaturen zijn gedefinieerd (tabel 3).

De minst nauwkeurige B-klasse wordt verder als basis gebruikt voor specificaties van meer nauwkeurige elementen.

Tabel 3: Pt-100 kwaliteiten volgens EN 60751

Temperatuur °C	B Tolerantie (± °C)	A Tolerantie (± °C)
0	0,3	0,06
-100 & +100	0,8	0,35
-200 & +200	1,3	0,55
300	1,8	0,75
400	2,3	0,95

Voor meettechniek en kalibratiewerk zijn Pt-100 elementen van een betere kwaliteit vereist. De volgende benamingen worden gebruikt voor sensoren die bij 0 °C een tolerantie vertonen die een fractie bedraagt van de klasse B elementen:

1/1 DIN	<b>B</b>
½ DIN	<b>A</b>
1/3 DIN	<b>B/3</b>
1/5 DIN	<b>B/5</b>
1/10 DIN	<b>B/10</b>

De Pt-100 elementen van de klasse 1/10 DIN hebben dus bij 0 °C een tolerantie van ± 0,03 °C.

### 3.2 MEETINSTRUMENTEN

Voor de uitlezing van thermokoppels en Pt-100-voelers worden verschillende types van meetinstrumenten toegepast. In principe zijn er twee hoofdgroepen.

Groep1: Instrumenten met ingebouwde specifieke aansluiting voor temperatuurvoelers. Deze instrumenten omvatten handinstrumenten, paneelinstrumenten en meerkanaalsinstrumenten met aflezing, logging of registratie. Verschillende voltmeters, data-loggers of PC-kaarten bevatten tegenwoordig speciale aansluitingen voor temperatuurmetingen, en kunnen worden ingesteld voor de meest gebruikte sensoren.

Groep2: Instrumenten met gestandaardiseerde stroom- of spanningsingang, bv. 4-20 mA of 0-1V met voldoende oplossend vermogen zoals dataloggers of voltmeters zonder specifieke ingangen voor temperatuursensoren kunnen best vooraf gegaan worden door specifieke transmitters voor thermokoppels of PT-100.

Deze transmitters, indien van voldoende kwaliteit, doen de nodige correcties zoals koude lascompensaties en linearisaties. Zowel de transmitter als het uitleesinstrument moeten zodanig op elkaar afgestemd worden dat bijvoorbeeld een span van 400°C minstens in 2<sup>14</sup> stapjes (14bit=0.024°C bij 400°C) verdeeld af te lezen of te loggen is door de combinatie van de beide apparaten.

Ook zijn er transmitters die een digitale output van de temperatuursmeting volgens een bepaald protocol genereren en die dan enkel kunnen uitgelezen worden met uitleesinstrumenten die dat protocol ondersteunen (bv. Hart, Profibus, Ascii,...).

### 3.2.1 INSTRUMENTEN VOOR THERMOKOPPELS

Deze instrumenten dienen voorzien te zijn van een "koude-lascompensatie", d.i. een vermindering van het gemeten potentiaalverschil met het potentiaalverschil op de plaats waar de thermokoppeldraden contact maken met de geleiders van de meter. De beide overgangen naar hetzelfde metaal genereren hetzelfde potentiaalverschil als de twee thermokoppelmetalen in contact met elkaar op deze temperatuur. In de praktijk zijn goede instrumenten voorzien van een secundaire temperatuurmeting bv. met een NTC in het instrument, en is een omrekeningstabel of een vergelijking in het geheugen gestockeerd, waarmee zowel de koude las compensatie als de niet-lineariteit van het thermokoppel wordt verrekend.

De meetonzekerheid van de uitleesinstrumenten zelf ligt in de orde van 0,1 tot 0,3 °C. Door kalibratie van sensor en instrument samen zijn totale meetonzekerheden van ongeveer 0,5 °C haalbaar. Zonder gezamenlijke kalibratie worden meetonzekerheden van de orde van 1 tot 2 °C gehaald bij lage temperatuur, maar de afwijkingen stijgen sterk bij hogere temperaturen.

### 3.2.2 INSTRUMENTEN VOOR PT-100

Instrumenten voor Pt-100 elementen zijn weerstandsmetbruggen die ontworpen zijn om praktisch stroomloos te meten. De nauwkeurigheid overtreft in het algemeen de toestellen die met thermokoppels worden gebruikt. De meetonzekerheden liggen typisch tussen 0,02 en 0,2 °C.

### 3.3 COMPENSATIELEIDINGEN VOOR THERMOKOPPELS

Thermokoppels moeten met het meetinstrument worden verbonden met compensatiekabels, die bij voorkeur bestaan uit twee draden van hetzelfde metaal als het thermokoppel zelf. Bij gebruik van compensatiekabel worden de meetfouten tengevolge van temperatuurverschillen in de aansluitingen geëlimineerd. De beide geleiders van een compensatiekabel bestaan dus uit verschillende metalen en mogen nooit verwisseld worden. De volgende klassen bestaan volgens IEC 584-2:

K	Thermokoppelmateriaal volgens standaard
KX	Meerdradige aansluitingskabel van K materiaal voor betere flexibiliteit
KC	Compensatiekabel bestaande uit een ander materiaal dat dezelfde eigenschappen heeft als thermokoppeldraad maar slechts binnen een bepaald temperatuurbereik, gewoonlijk tot 200 °C
KK	Geselecteerd thermokoppel met halve toleranties in vergelijking met de norm

Tegenwoordig bestaan er vier kleurcoderingssystemen voor kabels en contacten. Volgens EN 60584-2 (=IEC 584-2) is de isolatie van de negatieve geleider altijd egaal wit, en de eventuele buitenste mantel heeft dezelfde kleur als de isolatie van de positieve geleider.

ASTM vereist doorlopende rode kleur voor de negatieve geleider, terwijl DIN rood voorschrijft voor de positieve geleider. Door deze verwarring ontstaat een risico op verwisseling van polen wanneer kabels en pluggen van verschillende oorsprong, bv. Europese en Amerikaanse producten, door elkaar worden gebruikt. Dit kan dan op zijn beurt leiden tot aanzienlijke meetfouten.

### 3.4 STRALINGSAFSCHERMING

Wanneer hoge eisen worden gesteld aan de meetnauwkeurigheid van de temperatuurmeting dan dient in bepaalde omstandigheden de sensor te worden afgeschermd van directe warmtestraling, ofwel moeten speciale afgeschermdde sensoren worden gebruikt. Dit komt voor in kanalen waarin zich warme lichamen bevinden zoals warmtewisselaars, of waar gloed of vlammen op de sensor kunnen afstralen.

### 3.5 INSTEEDIPTTE EN OMHULSELS

De thermokoppels die bij rookgasmetingen worden gebruikt moeten recht en stijf zijn, zodat de posities van de meetpunten nauwkeurig kunnen nagemeten worden. Hiertoe zit het eigenlijke thermokoppel gewoonlijk in een metalen omhulsel.

Bij een korte insteekdiepte en bij het gebruik van een omhulsel met grote diameter kan de warmtegeleiding van de sonde of het omhulsel ertoe leiden dat het sensorelement niet dezelfde temperatuur als die van het te meten punt aanneemt. Het metaal waaruit de sonde is gemaakt is namelijk een goede geleider, en het toegevoerde vermogen via het warme gas is relatief beperkt. Om grote fouten te vermijden dient de sonde zelf zo dun mogelijk zijn en goed geïsoleerd te worden aan de buitenkant bij korte insteekdiepte. Bij gebruik van omhulsels moeten deze worden gevuld met olie of een warmtegeleidende pasta.

## 4 METING

De grootte van de meetopening die vereist is voor de uitvoering van de temperatuurmeting, wordt bepaald door het doel van de metingen. Indien temperatuur en gassnelheid simultaan door middel van een gecombineerde sonde gemeten worden, zal een grotere meetopening noodzakelijk zijn dan bij een afzonderlijke temperatuurmeting.

Temperatuurvoelers kunnen zeer fijn worden uitgevoerd, en in noodgevallen volstaat een kleine opening. Voor een stevige montage en voor een vaste opstelling wordt een draadmof van minstens R1/4" opgelast met een aangepaste afdichting. Ingeval een temperatuurvoeler met stralingsscherm nodig is dienen grotere openingen te worden voorzien.

De keuze van het meetsysteem wordt bepaald door:

- temperatuurniveau
- afmetingen van het meetvlak
- aanwezigheid van straling, gebruik van stralingsscherm
- nauwkeurigheidsvereisten
- aanwezigheid van temperatuurgelaagde stroming (steeds in grote hoge schouwen en horizontale leidingen)



#### **4.1 METING VAN TEMPERATUUR IN VERSCHILLENDE PUNTEN TER BEREKENING VAN DE VOLUMEMASSA VAN DE ROOKGASSEN BIJ DE GASSNELHEIDSMETING OF VOOR DE UITVOERING VAN ISOKINETISCHE BEMONSTERINGEN**

Om de volumemassa van de gassen bij de gassnelheidsmeting of bij de uitvoering van isokinetische bemonsteringen te berekenen, dienen temperatuurmetingen op verschillende punten in het gaskanaal te worden uitgevoerd. De bepaling van deze punten gebeurt resp. volgens de geldende procedures (zie bv LUC/0/004 voor gassnelheid en volumedebiet en LUC/1/001 voor stof).

Het is voordelig om de gassnelheidsmeting simultaan uit te voeren met de temperatuurmeting door middel van een gecombineerde sonde. De S-type pitotbuis is het meest geschikt om met een fijn temperatuurelement te worden uitgerust tussen de beide tippen, zodat de meting van snelheid en temperatuur op dezelfde insteekdiepte gebeurt. Bij schommelende temperaturen of sterke gradiënten kan het aangewezen zijn om simultaan verschillende sondes te kunnen monteren, bijvoorbeeld in een vast referentiepunt gedurende een traversering.

Het meetvlak voor de temperatuurmeting valt in het algemeen samen met dat voor de gassnelheids- of debietsmeting. Wanneer een temperatuursonde in een vast meetpunt wordt opgesteld mag dit de gasstroming niet beïnvloeden op de meetpunten voor gassnelheid.

Voor het begin van de meting worden alle temperatuurmeters bij één en dezelfde temperatuur, bv. omgevingstemperatuur, rookgastemperatuur of mobiele temperatuurbron gecontroleerd. Indien de verschillen voor één van de temperaturen buiten de tolerantie van de gebruikte apparatuur liggen, of wanneer er onwaarschijnlijke meetwaarden op een meetinstrument verschijnen, dan wordt de fout opgespoord, bijv. door controleren van pluggen of verwisselen van thermokoppels en compensatiekabels.

De meetopening dient goed afgedicht te worden tijdens de meting. Het thermokoppel mag niet tegen de wand van het afgaskanaal worden gehouden.

#### **4.2 METING VAN DE TEMPERATUUR IN EEN VAST MEETPUNT**

Indien bij de stofmeting of bij de meting van andere parameters voorafgaande metingen van de gassnelheid en temperatuur ter instelling van het isokinetisme worden uitgevoerd, dan kan de stabiliteit van het proces tijdens de eigenlijke stofmeting opgevolgd worden aan de hand van een meting van de temperatuur in een vast punt.

Het vaste meetpunt wordt voor het begin van de metingen zodanig gemonteerd dat de positie niet kan veranderen. De meetopening wordt goed afgedicht, zodat geen rookgas kan ontsnappen dat de koppelingen of het meetinstrument kan aantasten. Ook inlekkende lucht kan de temperatuursonde sterk afkoelen of resultaten van andere stroomafwaarts geplaatste meetinstrumenten vervalsen. Voor zeer grote schouwen kan het aangewezen zijn meerdere vaste meetpunten voor de temperatuur te kiezen.

#### **4.3 CONTROLE VAN DE HOMOGENITEIT VAN HET MEETVLAK**

Voer een traversering uit van het meetvlak met de temperatuursonde waarbij de meetopeningen en meetpunten voor de gassnelheidsmeting worden gekozen. De afstanden worden vooraf op de temperatuursonde aangetekend met stift of plakband, zodat de traversering juist en vlot verloopt. Men kan ook gemarkeerde pitotbuizen voor dit doel gebruiken. Bij de traversering wordt telkens de temperatuur van het vast meetpunt en van de beweegbare sonde gelijktijdig

genoteerd. Hierdoor worden veranderingen in functie van de tijd onderkend. In het geval met meerdere vaste sondes wordt gewerkt, dient een aangepast meetplan uitgewerkt. Sterke temperatuurgradiënten in functie van afstand kunnen worden verwacht:

- nabij de uitgang van verbrandingsruimte, economiser of warmtewisselaars
- stroomaf de samenvloeiing van 2 of meer kanalen
- na installaties waar lucht binnen kan dringen

Ingeval geen temperatuurgradiënten worden waargenomen of wanneer de verschillen in het meetvlak verwaarloosbaar zijn kan voor andere metingen dan deze in 4.1 een temperatuurmeting worden uitgevoerd in één vast meetpunt. De meting gebeurt door regelmatig aflezen van het instrument en noteren, indien de temperatuur stabiel is, ofwel door continue logging (aanbevolen).

## 5 KALIBRATIE

De kalibratie van een temperatuurmeter dient op een herleidbare wijze te gebeuren door een geaccrediteerd kalibratielaboratorium (bijvoorbeeld BKO). Op het certificaat dient duidelijk aangegeven te zijn binnen welk temperatuurbereik de kalibraties werden uitgevoerd.

Een geschikt bereik voor rookgassen is tussen 0 °C tot 300 °C, waarbij een kalibratie op minstens 3 verschillende punten verspreid over het meetbereik wordt uitgevoerd. Voor metingen buiten dit bereik dient vanzelfsprekend een aangepaste kalibratie te worden voorzien.

Op het kalibratiecertificaat dient steeds de kalibratie-onzekerheid vermeld te zijn.

Meetlaboratoria die zelf kalibraties uitvoeren op de eigen uitrusting dienen hiervoor de ISO 17025 aanbevelingen te volgen. Dit betekent ondermeer dat ze dienen te beschikken over:

- een geschreven kalibratieprocedure met definitie van werkwijze, gebruikte apparatuur, en een methode voor de bepaling van de kalibratie-onzekerheid
- een thermometer met ijkcertificaat geldig voor het volledig te kalibreren bereik
- een geschikte uitrusting om een homogene temperatuur te genereren; de homogeniteit en stabiliteit van dit systeem dient onderzocht te worden en gedocumenteerd te zijn

## 6 MEETONZEKERHEID

De meetonzekerheid van een temperatuurmeting is een essentieel element in de evaluaties van onzekerheden van andere parameters zoals gassnelheid en –debiet.

Elk laboratorium dient een evaluatie van de meetonzekerheid op de temperatuurmeting in een rookgaskanaal uit te voeren. Hierbij dient minimaal de kalibratie-onzekerheid van het referentiemeetinstrument en de afwijking of tolerantie ten opzichte van het referentiemeetinstrument in rekening gebracht te worden. Andere onzekerheidsfactoren kunnen zijn: reproduceerbaarheid van het meetinstrument, homogeniteit/stabiliteit van het temperatuurgeneratie-systeem, ...

Voor extern gekalibreerde meetinstrumenten dient de meetonzekerheid op het ISO 17025/BKO certificaat vermeld te zijn.

## 7 AANDACHTSPUNTEN

- De duur van een temperatuurmeting op een gegeven meetpunt moet voldoende lang zijn om thermisch evenwicht te bereiken, dus verschillende malen de responstijd van de sensor bedragen. Deze responstijd kan bijvoorbeeld via een grafische registratie of via data-logging worden ingeschat, wanneer men de sonde verplaatst van een koud punt buiten de schouw naar het midden van het rookgaskanaal (of omgekeerd).
- De meetopening dient goed afgedicht te worden tijdens de temperatuurmeting.
- Gebruik steeds zo dun mogelijke thermokoppels, die tevens vrij staan van de sonde. Dit heeft niet alleen belang voor de responstijd, maar ook voor de juistheid. Met korte, dikke thermokoppels kan het zelfs onmogelijk worden de gastemperatuur te meten, aangezien door geleiding een te goed thermisch contact via het metaal wordt gemaakt en in feite de temperatuur van de sonde wordt gemeten
- Uitleesinstrumenten, contacten en kabels dienen voorzichtig behandeld en herhaaldelijk gecontroleerd te worden om fouten te vermijden. Meetfouten die ontstaan door gecorrodeerde contacten of mechanische schade aan de signaaldraden kunnen soms moeilijk opgespoord worden. Mechanische schade ontstaat vaak door thermische uitzetting waarbij contacten losgetrokken worden. Een verhoogd risico voor corrosieschade is aanwezig bij gaskanalen op overdruk en bij een ontoereikende afscherming van contacten en meetinstrumenten
- De maximaal toegelaten temperatuur van een sensor mag nooit overschreden worden. Door langdurige overschrijding kan de sensor onbruikbaar worden of foutieve metingen opleveren

## 8 REFERENTIES

ISO/IEC 17025

General requirements for the competence of testing and calibration laboratories

Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van lucht (LUC)

Meting van gassnelheid en volumedebiet in een gaskanaal (LUC/0/004)

<http://www.emis.vito.be/lne-erkenningen-lucht>

Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van lucht (LUC)

Bepaling van het stofgehalte in een gaskanaal (LUC/1/001)

<http://www.emis.vito.be/lne-erkenningen-lucht>

EN 60751: 2008

Industrial platinum resistance thermometers and platinum temperature sensors (IEC 60751: 2008)

EN 60584-2 (= IEC 584-2)

Thermocouples – Part 2: Tolerances (IEC 584-2: 1982 + A1: 1989)