















### 3.4 STRALINGSAFSCHEMING

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 afgasmetingen 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:

- temperaturniveau
- 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 AFGASSEN 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, afgastemperatuur 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 afgas 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 afgassen 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 afgaskanaal 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 afgaskanaal (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)