

Aan/Van : PKL
Betreft : Meetonzekerheid t.g.v. het meetvlak
Van : Edwin Spies en Wim Burgers
Datum : 6 oktober 2020
Ref : KIE20-006

Bijdrage meetvlak aan meetonzekerheid

De meetonzekerheid geeft de onzekerheid van een gemeten waarde van een bepaalde grootheid aan. Elke uitgevoerde meting heeft een bepaalde mate van onzekerheid. Bij elke meting wordt getracht de 'ware' waarde te bepalen. De gemeten waarde is echter altijd een benadering van deze ware waarde. Zodoende bestaat het resultaat van elke meting uit de gemeten waarde en de onzekerheid van deze gemeten waarde.

De onzekerheid wordt bij emissiemetingen voornamelijk bepaald door de onzekerheden die veroorzaakt worden door de gebruikte apparatuur, de analyse en de invloed van het meetvlak.

Meetvlak

De bijdrage van het meetvlak aan de meetonzekerheid kan bepaald worden door uitvoering van een meetvlakbeoordeling volgens NEN-EN 15259. Hier wordt dan met een monitor een concentratieverdeling door het meetvlak bepaald en gelijktijdig op een vast punt wordt de invloed van eventuele procesfluctuaties vastgesteld. Met behulp van een opgesteld spreadsheet wordt op basis van deze resultaten de bijdrage van de meetonzekerheid van het meetvlak berekend met behulp van de volgende formule:

$$95\% BI = \frac{t \text{ factor} * (\sqrt{stdev \text{ traverses}^2 - stdev \text{ referentie}^2})}{\sqrt{\text{aantal traversepunten}}}$$

In de bijlage is een voorbeeld van de rekensheet opgenomen. Omdat het niet altijd mogelijk is om de betreffende component met een monitor te bepalen is vaststelling van de bijdrage van de meetonzekerheid van het meetvlak in dergelijke gevallen niet eenvoudig, tijdrovend en kostbaar. In samenspraak met Infomil is gekeken naar de bijdrage van het meetvlak aan de totale meetonzekerheid voor situaties waar de bijdrage niet volgens de NEN-EN 15259 kan worden vastgesteld. In eerste instantie is onderzocht of snelheidsverdelingen gebruikt kunnen worden om concentratieverdelingen in te schatten. Hiervoor zijn de meetgegevens van een aantal meetprojecten gebruikt, waarbij er zowel met een monitor een meetvlakbeoordeling op concentratie is uitgevoerd als ook op snelheid. Hieruit is gebleken dat er geen duidelijke relatie is tussen de snelheid en de concentratie. Dit is een bevestiging van één van de opmerkingen in NEN-EN 15259. Er is daarom verder gegaan om te kijken in hoeverre het mogelijk is om op basis van reeds gemeten meetvlakbeoordelingen een schatting te maken van de meetonzekerheid ten gevolge van het meetvlak.

Systematiek

Er zijn in totaal 27 projecten beoordeeld tijdens dit onderzoek. Om te voorkomen dat sterk fluctuerende processen het resultaat teveel beïnvloeden zijn de projecten waarbij de verhouding tussen de maximale en minimale concentratie (gemeten op het referentiepunt) meer dan een factor 4 bedragen buiten beschouwing gelaten. Dit was het geval bij 4 projecten. De berekeningen zijn dus uitgevoerd op een totaal van 23 projecten. Er is hierbij gebruik gemaakt van een rekensheet die in overleg met Infomil is opgesteld.

In deze sheet wordt de standaard deviatie ten gevolge van de inhomogeniteit per project berekend op basis van de standaard deviatie van de verhoudingen tussen de concentratie op de traversepunten en de op het referentiepunt. Op basis hiervan wordt van ieder meetvlak het 95% BI berekend met behulp van de volgende formule:

$$95\% BI = \frac{t \text{ factor} * stdev \text{ verhoudingen}}{\text{wortel} (\text{aantal traversepunten})}$$

Vervolgens kan een gemiddelde 95% BI van een onbekende traversemeting berekend worden met behulp van de volgende formule:

$$95\% BI \text{ onbekend} = \text{gemiddelde } 95\% BI + t \text{ factor} * stdev \text{ } 95\% BI$$

In de onderstaande tabel zijn de resultaten van de bekeken projecten gegeven.

Project/Meetvlak	stddev traverse/referentie	aantal traversepunten	t-factor	meetonzekerheid als 95%BI tgv bemonstering inhomogeen rookgas met traversemeting volgens NEN-EN 15259
1	4,8%	4	3,18	7,64%
2	1,9%	6	2,57	1,99%
3	6,3%	8	2,36	5,27%
4	0,3%	8	2,36	0,25%
5	2,6%	8	2,36	2,17%
6	1,8%	8	2,36	1,50%
7	0,7%	8	2,36	0,59%
8	0,4%	8	2,36	0,33%
9	7,0%	12	2,20	4,45%
10	1,0%	12	2,20	0,64%
11	7,2%	12	2,20	4,57%
12	6,0%	12	2,20	3,81%
13	9,5%	12	2,20	6,04%
14	10,8%	12	2,20	6,86%
15	7,0%	14	2,16	4,04%
16	7,0%	14	2,16	4,04%
17	7,0%	14	2,16	4,04%
18	9,0%	14	2,16	5,20%
19	1,0%	14	2,16	0,58%
20	3,0%	16	2,13	1,60%
21	14,9%	18	2,11	7,41%
22	5,5%	18	2,11	2,74%
23	1,9%	18	2,11	0,94%
Aantal waarnemingen				23
Gemiddelde				3,3%
Stdev				2,4%
t-factor				2,07
Inschatting 95% BI				8,2%

Conclusie

In gevallen waarbij een component niet met een monitor bepaald kan worden, wordt de meetonzekerheid als 95% BI ten gevolge van de inhomogeniteit van het afgas in het meetvlak ingeschat op 8,2%. Deze waarde mag uitsluitend gebruikt worden indien is bemonsterd op tenminste het minimum aantal traversepunten, zoals gegeven in tabel 2 en 3 in de NEN-EN 15259.

Als niet alle assen bemonsterd kunnen worden, , wordt de meetonzekerheid als 95% BI ten gevolge van de inhomogeniteit van het afgas in het meetvlak als volgt berekend:

$$= 8,2 * \frac{\sqrt{\text{benodigd aantal assen}}}{\sqrt{\text{gemeten aantal assen}}}$$

Bijvoorbeeld als er maar 1 as beschikbaar is en er over 2 assen bemonsterd had moeten worden, wordt de meetonzekerheid:

$$= 8,2 * \frac{\sqrt{\text{benodigd aantal assen}}}{\sqrt{\text{gemeten aantal assen}}} = 8,2 * \sqrt{2} = 11,6 \%$$

Indien het eerste traversepunt en/of het laatste traversepunt niet gemeten kan worden dan wordt de meetonzekerheid als 95% BI ten gevolge van de inhomogeniteit van het afgas in het meetvlak als volgt berekend:

$$= 8,2 * \frac{\sqrt{\text{benodigd aantal traversepunten}}}{\sqrt{\text{gemeten aantal traversepunten}}}$$

Advies

Opname van deze systematiek in de NPR 8117 – Richtlijn in geval van afwijken van emissiemeetnormen, bij review van de NPR 8117.

Bijlage: voorbeeld van de rekensheet

Emissie-eis		
Component	NOx	
Emissiegrenswaarde	100 mg/Nm3	
Referentie zuurstofconcentratie	6 vol%	
Gegevens meetpunt		
Aantal traversepunten volgens NEN-EN 15259	4	
Gegevens meetinstantie		
95% BI geaccrediteerde meetmethode voor NOx	10 mg/Nm3	
95% BI geaccrediteerde O2-metmethode	0,3 vol%	
Resultaten emissiemeting		
Aantal traversepunten	4	
Gemiddelde NOx-concentratie	90 mg/Nm3 bij 6 vol% O2	
Gemiddelde zuurstofconcentratie	4 vol%	
Meetonzekerheid		
95% BI analyse excl inhomogeniteit	9,0 mg/Nm3 bij 6 vol% O2	
95% BI tgv inhomogeniteit op basis van profielmeting	8,4 mg/Nm3 bij 6 vol% O2	
Totale meetonzekerheid incl inhomogeniteit als 95%BI	12,3 mg/Nm3 bij 6 vol% O2	
95% BI analyse excl inhomogeniteit	9,0% van emissie-eis	
95% BI tgv inhomogeniteit op basis van profielmeting	8,4% van emissie-eis	
Totale meetonzekerheid incl inhomogeniteit als 95%BI	12,3% van emissie-eis	
Profiel meting (uit het verleden) voor bepalen meetonzekerheid tgv inhomogeniteit		
Surrogaat component	NO	in mg/Nm3 bij 6 vol% O2
Aantal traversepunten	4	==> F-factor 9,28
Meetpunt	Traverse	Referentie
1e meetpunt	80	75
2e meetpunt	88	80
3e meetpunt	92	85
4e meetpunt	100	90
Standaard deviatie	8,33	6,45 F-toets: niet significant verschillend
Standaard deviatie tgv inhomogeniteit na correctie voor procesvariat	5,26	