



rede forbindelser. I alle brancher er man på jagt efter teknologi, der kan nedsætte klimaaftryk. Den kemiske industri udvikler løbende forbindelser, der er mere klimavenlige. Det gælder alt fra bedøvelsesgasser [5] til kølemidler [6]. Reaktion med OH-radikaler initierer nedbrydningen af disse forbindelser i atmosfæren. De nye mere klimavenlige kemiske forbindelser er mere reaktive overfor OH-radikaler end de forbindelser, de erstatter. Den øgede reaktivitet medfører kortere levetid og dermed mindre klimateffekt. Før man påbegynder produktion af nye forbindelser i større mængder, er det nødvendigt at kende den atmosfæriske nedbrydningsmekanisme for at kunne vurdere eventuelle miljøeffekter. I vores fotoreaktor kan vi undersøge reaktivitet og nedbrydningsmekanismer.

Ønske til medier og politikere

Det ville være ønskeligt, hvis PFAS-diskussionen i medierne og blandt politikere foregik på et lidt mere oplyst niveau. "Der findes PFAS 14.000 steder i Danmark" (mediecitater) - nej, der findes PFAS overalt. "Der er fundet PFAS i blodprøver hos..." - ja, vi har alle PFAS i blodet. Det hele er et spørgsmål om mængde. Det er ret indlysende, at man ikke skal lade kvæg græsse på et område, hvor der har været brandslukningsøvelser. Læg området brak, lad det gro til og vær med til at øge biodiversiteten, og lad os så få tal med usikkerheder på ind i debatten.

E-mail:

Ole John Nielsen: ojn@chem.ku.dk

Referencer

1. O.J. Nielsen, M.P.S. Andersen, Dansk Kemi 88 (2007) 28-30.
2. O.J. Nielsen, Dansk Kemi 97 (2016) 14-15.
3. T.J. Wallington et al., Env. Sci. Technol. 40 (2006) 924-930 (forsideartikel).
4. C&EN 27. juni 2022, p. 14.
5. S.A. Hass, M.P. Sulbaek Andersen and O.J. Nielsen, Chem.Phys.Lett. 740, 1-6 (2020).
6. O.J. Nielsen, M.S. Javadi, M.P. Sulbaek Andersen, M.D. Hurley, T.J. Wallington, R. Singh, Chem.Phys.Lett. 439, 18-22 (2007).

Anvendelse af ikke-radioaktiv sporgas til flowmåling

Test af helium som sporgas til kalibrering af automatisk målende flowmålere.

Af Jacob Mønster, Christina Andersen og Karsten Fuglsang, Force Technology

Som følge af CO₂ kvoteloven stilles der krav til præcise opgørelser af CO₂-emissioner fra større energiproducerende anlæg. Automatisk målende systemer (AMS) til måling af røggasflow fra sådanne anlæg skal kalibreres tilbagevendende, hvor AMS flowmålerne anvendes i forbindelse med opgørelsen i CO₂-emissioner efter CO₂ kvoteloven. Der stilles krav til den maksimale usikkerhed på CO₂-opgørelsen og her indgår flowmålingen typisk med et relativt stort bidrag til den samlede usikkerhed. Dette stiller store krav til den referencemetode,

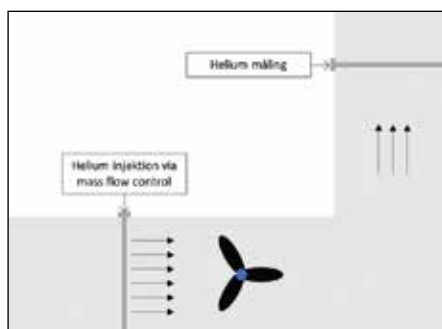
som skal anvendes til kalibrering af AMS flowmålerne. I dag anvendes ofte en sporgasmetode baseret på radioaktive gasser. Metoden er relativt omkostnings tung, og den udbydes ikke af danske laboratorier. Force Technology har undersøgt, om kalibreringen kan udføres med ikke-radioaktive sporgasser.

Baggrund

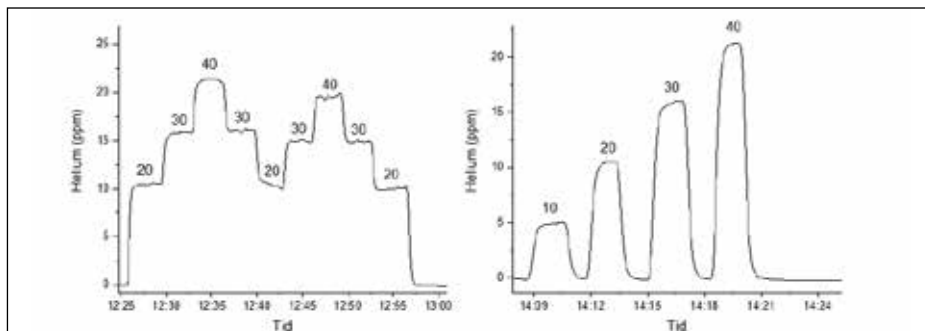
Historisk set har flowmålinger ofte været udført med pitotrør. Ved pitotrørsmålinger skal man manuelt sikre, at målingerne er iso-kinetiske og for at opnå en præsentabel måling i store afkast skal dette gøres i mange predefinerede punkter i afkastet. Desuden kræves målinger af temperatur, statisk tryk og vand for at kunne rapportere flowet ved referencetilstand. Afkastets indre dimension indgår desuden i beregningen, og nøjagtigheden af denne er dermed en del af usikkerhedsberegningen på flowmålingen og dermed på kalibreringen af AMS til røggasflow. Alternativt kan sporgas anvendes til at måle røggasflowet.

Princippet i sporgasmetoden

Sporgasmetoden giver mulighed for en alternativ måde til at måle et flow, som ikke har udfordringer med kompleks og lang rørføring. Metoden er



Figur 1. Oversigt over røggaskanalen og injektions- og målepunkt.



Figur 2. De to tidsserier viser variationen i den målte koncentration af helium med det injicerede heliumflow angivet i L(n)/min.

baseret på en fortynding af sporgas (fortyndingsprincippet).

I fortyndingsprincippet tilsættes en kendt mængde sporgas til røggasafkastet per tidsenhed og koncentrationen måles efterfølgende i et punkt med fuld opblanding nedstrøms for injektionspunktet. Injektionen skal have en varighed på minimum 4 x responstiden på måleinstrumentet, og sporgassen skal helst injiceres før en fan/ventilator eller før et buk i røggaskanalen, som skaber turbulens og dermed sikrer opblanding. Afstanden imellem injektions- og målepunkterne skal helst være mindst 10 x rørdiameteren (figur 1).

Fortyndingsprincippet har den fordel, at det ikke er nødvendigt at kende rørføringsernes dimensioner nøjagtigt. Desuden tilsættes sporgassen uden vand, og man kan derfor fjerne vand i røggassen inden målingen og få en tør måling, således at det resulterende flow ikke skal kompenseres for røggassens vandindhold.

Flowet i røggaskanalen/afkastet (Q i m^3/s) beregnes ud fra det injicerede masseflow af sporgassen (q i kg/s), densiteten af sporgassen ved standardbetingelser (ρ i kg/m^3) samt koncentrationsændringen af sporgassen (ϕ i ppmv), som angivet i ligning 1:

$$Q = \frac{q}{\rho \phi} \quad (1)$$

Usikkerhedsbudgettet på flowet udgøres derved af usikkerhederne relateret til den injicerede sporgas masse flowrate samt måling af sporgas massefraktionen.

Fortyndingsprincippet er yderligere beskrevet i EN ISO 16911-1.

Helium som sporgas

Det er vigtigt, at der ikke er tab af den anvendte sporgas ved adsorption til overflader i røggaskanalen eller ved opløsning i vanddråber i røggassen; at sporgassen ikke er reaktiv; at der ikke er andre komponenter til stede i røggassen,

som interferer med målingen af sporgassen, samt at sporgassen ikke er til stede i røggassen inden injektion, med mindre nøjagtig korrektion af den forudgående koncentration kan foretages.

Helium er en ædelgas og er derved en inert gas, som ikke adsorberer til overflader med meget lav opløselighed i vand. Baggrundskoncentrationen i luften er omkring 5 ppm, og helium dannes ikke i forbrændingsreaktioner og har derved en konstant koncentration i røggassen. Helium opfylder derved kriterierne listet ovenfor, og derfor er helium anvendt som sporgas til test af fortyndingsprincippet.

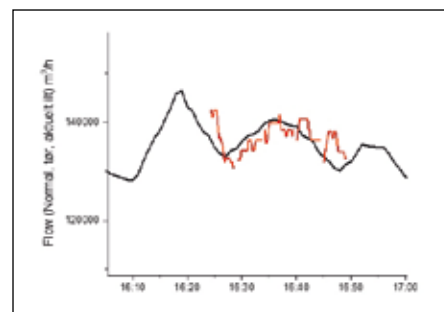
Laboratorietest

Udstyr til måling af helium blev kalibreret i laboratoriet, men det blev også fundet nødvendigt at lave kalibrering før og efter selve målingerne i felten. Metodens usikkerhed afhænger blandt andet af, om der er tab af helium. Derfor blev laboratorietest udført for at undersøge, om helium tabes via opløsning i vanddråber eller vandige aerosolpartikler i røggassen og derved ikke måles, samt om der opstår et tab af helium, når røggassen tørres via Nafion dryer inden koncentrationsmåling. De foreløbige laboratorietest viste ingen tegn på tab af helium til vand eller i Nafion dryer.

Felttest

For at metoden kan anvendes til flowkalibrering, skal der være en lineær sammenhæng mellem det injicerede heliumflow og den målte heliumkoncentration, forudsat at flowet i afkastet er konstant. I figur 2 ses det, at den målte koncentration varierer i takt med det tilsatte heliumflow. Heliumflowet er angivet over den sorte kurve varierende fra 10 til 40 l/min.

Test af metoden blev udført på forbrændingsanlægget Vestforbrænding. De foreløbige resultater ses i figur 3, hvor det beregnede flow, baseret på helium



Figur 3. Det beregnede flow fra helium sporgasmålingen (rød) præsenteret i 10 sekunders opløsning sammenlignet med AMS flowmålingen (sort) på Vestforbrænding.

sporgasmålingen er vist som ti sekunders gennemsnit (rød), og AMS flowmålingen repræsenteres af den sorte linje.

Vurdering og konklusion

Sporgas fortyndingsmetoden er en meget velegnet metode til at måle flow. Metoden har specielt sine fordele på store komplekse anlæg, hvor det er svært at komme til at lave retvisende flowmålinger.

De indledende laboratorieforsøg viste, at helium er en lovende gas som sporgas. Felttest viste, at teorien fungerede godt i praksis, og at den flowvariation som AMS flowmåleren registrerede, også blev målt med sporgasmetoden. Fortyndingsmetoden har stort potentiale til kalibrering af AMS-systemer, når de sidste usikkerheder bliver optimeret og den samlede usikkerhed på en flowmåling bliver tilstrækkeligt lav til at overholde reglerne for AMS-kalibrering.

Litteratur

Emissioner fra stationære kilder - Manuel og automatisk bestemmelse af hastighed og volumenstrøm (flow) i kanaler - Del 1: Manuel referencemetode, 2013 DS/EN ISO 16911-1.

E-mail:

Jacob Mønster:

jmn@forcetechnology.com

NYHED!

LONGER

Effektiv slangepumpe til biopharma og industri



SIKKER | PRÆCIS | INTUITIV

HAR DU BRUG FOR PRÆCIS DOSERING?

HOS OS FINDER DU ET STORT UDVALG AF PUMPER OG LABORATORIEUDSTYR TIL ATTRAKTIVE PRISER

Kontakt os hvis du har spørgsmål eller brug for hjælp til at finde den rette løsning.

info@drifton.dk
Telefon 3679 0000

Se hele udvalget på webshoppen www.drifton.dk

DRIFTON

THE SCIENCE OF DISPENSING

