

**COMPENDIUM LUCHT:  
BEPALING VAN WATER IN GASSTROMEN**

**W. Swaans, R. Brabers, R. De Fré**

Projectleider : R. De Fré  
M.m.v. : R. Brabers

**1998/DIA/R/215**

**December 1998**

## 1 TOEPASSINGSGEBIED

De procedure die verder wordt besproken is geldig voor het bepalen van water in gasstromen met watergehaltes van 0,04 tot 40 % (0,0004 tot 0,536 kg/Nm<sup>3</sup>dr). Met dit watergehalte kunnen concentraties en gasdebieten in het droog gas uitgedrukt worden. Indien afgeweken wordt van de methode (gebruik van ander type wasfles, ander aanzuigdebiet,...), moet een aangepaste validatie worden uitgevoerd.

## 2 BESCHRIJVING VAN DE METHODE

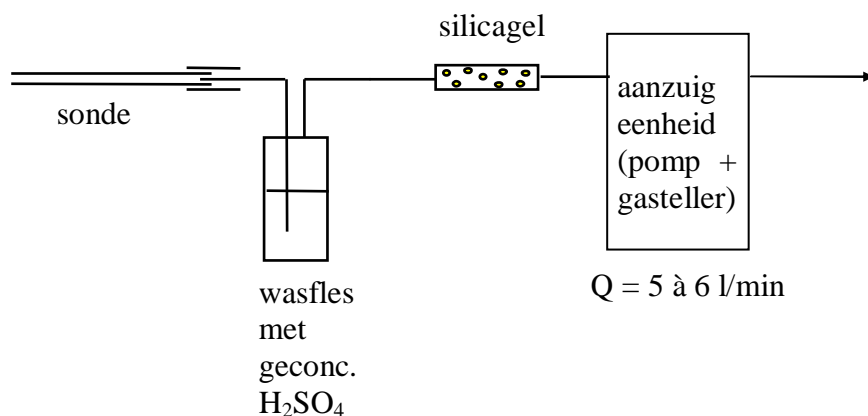
Een gekende hoeveelheid rookgas wordt met een debiet van 5 à 6 l/min aangezogen doorheen een voorgewogen wasfles met geconcentreerd zwavelzuur. De gewichtstoename van de wasfles samen met deze van de aanzuigsonde is een maat voor de waterinhoud van het gas. Bij deze methode wordt gebruik gemaakt van het uitgesproken hygroscopisch karakter van geconcentreerd zwavelzuur.

De glazen aanzuigsonde wordt voldoende diep in het gaskanaal geplaatst (minimum 30 cm van de wand of in het midden van het gaskanaal). De meetopening wordt met een flens en/of vod afgedicht. De wasfles met ongeveer 50 ml geconcentreerd zwavelzuur (96%) wordt rechtstreeks aangesloten aan de sonde. Zowel sonde als gevulde wasfles zijn voorgewogen. Vervolgens kunnen pomp en gasteller aangesloten worden volgens figuur 1. Een silicagelpatroon voor de pomp dient als bescherming van pomp en teller. Voor watergehaltes tot 15% moet 50 liter bemonsterd worden met een aanzuigdebiet van 5 à 6 l/min. Indien het watergehalte groter is, moet het aanzuigvolume verminderd worden:

0-15% water: ± 50 l bemonsteren  
 15-20% water: ± 30 l bemonsteren  
 20-30% water: ± 20 l bemonsteren  
 30-40% water: ± 10 l bemonsteren

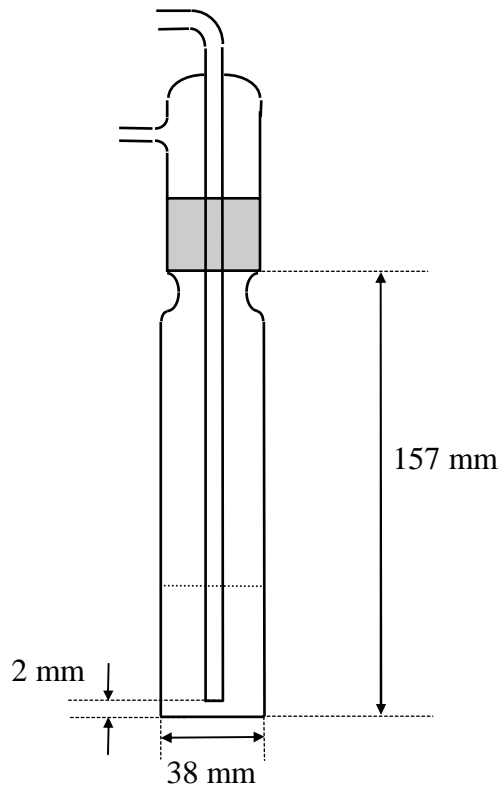
Het aangezogen volume, de gemiddelde temperatuur gedurende de bemonstering en de barometerdruk worden na de bemonstering genoteerd. Na afkoppeling van sonde en wasfles worden deze opnieuw gewogen.

**Figuur 1: Bemonsteringsopstelling voor de bepaling van het watergehalte in een gaskanaal**



### 3 REAGENTIA EN APPARATUUR

- een sonde: een glazen buis met een diameter van 6 mm en een lengte afhankelijk van de schouw
- een wasfles (Egilabo) zonder frit of vernauwing (zie figuur 2) gevuld met 50 ml geconcentreerd zwavelzuur: het gewicht van de gevulde wasfles na bemonstering moet weegbaar zijn op een analytische balans van 400 g (inwendige diameter van het insteekstuk bedraagt 5 mm)



**Figuur 2: afmetingen wasfles**

- een aanzuigenheid met pomp (debiet van 5 à 6 l/min) en in serie een gasteller met temperatuurmetering
- een barometer voor de atmosferedruk
- een analytische balans van 400 g met een minimale nauwkeurigheid van  $\pm 0,01$  g
- geconcentreerd zwavelzuur (concentratie 96 %)

### 4 BEREKENINGEN

Voor de berekening van het watergehalte zijn volgende gegevens noodzakelijk:

- de gewichtstoename van sonde en wasfles (G)
- de gemiddelde temperatuur thv van de gasteller (t)
- de atmosferedruk
- het aangezogen volume (V)

Het watergehalte wordt met volgende formules berekend:

$$h \text{ (kg/Nm}^3 \text{ dr)} = \frac{G(\text{g})}{V(\text{l}) \times \frac{273}{273 + t(\text{°C})} \times \frac{p_{\text{atm}}(\text{mbar})}{1013}}$$

$$\% \text{ H}_2\text{O} = \frac{h}{h + 0,804} \times 100$$

## 5 BEPERKINGEN VAN DE METHODE

### 5.1 Hoge watergehaltes

Zeer hoge watergehaltes (vb. bij stoompluimen) kunnen aanleiding geven tot het koken van het zwavelzuur, waardoor dit uit de wasfles kan ontsnappen.

Bij het heetlopen van de impinger stijgt de dampspanning van water waardoor het (maximaal haalbare) rendement van de absorptie afneemt. Tabel 1 geeft de dampspanning van water boven geconcentreerd zwavelzuur in functie van de concentratie en temperatuur. Voor meting van watergehaltes die groter zijn dan 40% kan een voorafscheiding met een lege ijsgekoelde wasfles worden gebruikt.

**Tabel 1: Partiële druk van water (in bar) boven waterige zwavelzuuroplossingen**

Water Partial Pressure, bar, over Aqueous Sulfuric Acid Solutions										
Weight percent. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>										
°C	90.0	92.0	94.0	96.0	97.0	98.0	98.5	99.0	99.5	100.0
0	.518E-06	.242E-06	.107E-06	.401E-07	.218E-07	.980E-08	.569E-08	.258E-08	.175E-09	.196E-09
10	.159E-05	.762E-06	.344E-06	.130E-06	.713E-07	.323E-07	.188E-07	.888E-08	.558E-08	.655E-09
20	.448E-05	.220E-05	.101E-05	.390E-06	.215E-06	.978E-07	.572E-07	.271E-07	.179E-08	.201E-08
30	.117E-04	.587E-05	.275E-05	.108E-05	.598E-06	.278E-06	.161E-06	.766E-07	.224E-07	.575E-08
40	.285E-04	.146E-04	.696E-05	.278E-05	.155E-05	.720E-06	.424E-06	.202E-06	.395E-07	.153E-07
50	.652E-04	.341E-04	.166E-04	.672E-05	.379E-05	.177E-05	.105E-05	.503E-06	.149E-06	.384E-07
60	.141E-03	.754E-04	.372E-04	.154E-04	.875E-05	.413E-05	.245E-05	.118E-05	.350E-06	.910E-07
70	.290E-03	.158E-03	.795E-04	.334E-04	.192E-04	.912E-05	.544E-05	.263E-05	.764E-06	.205E-06
80	.569E-03	.316E-03	.162E-03	.691E-04	.400E-04	.192E-04	.115E-04	.559E-05	.168E-05	.439E-06
90	.107E-02	.606E-03	.315E-03	.137E-03	.801E-04	.388E-04	.234E-04	.114E-04	.345E-05	.903E-06
100	.194E-02	.112E-02	.590E-03	.261E-03	.154E-03	.752E-04	.455E-04	.225E-04	.674E-05	.178E-05
110	.338E-02	.198E-02	.107E-02	.479E-03	.285E-03	.141E-03	.853E-04	.420E-04	.128E-04	.339E-05
120	.571E-02	.341E-02	.186E-02	.851E-03	.511E-03	.254E-03	.155E-03	.766E-04	.235E-04	.623E-05
130	.938E-02	.569E-02	.315E-02	.146E-02	.866E-03	.445E-03	.273E-03	.135E-03	.414E-04	.111E-04
140	.150E-01	.923E-02	.519E-02	.245E-02	.149E-02	.757E-03	.467E-03	.232E-03	.711E-04	.191E-04
150	.233E-01	.146E-01	.832E-02	.399E-02	.245E-02	.125E-02	.778E-03	.387E-03	.119E-03	.321E-04
160	.354E-01	.225E-01	.130E-01	.633E-02	.393E-02	.202E-02	.126E-02	.629E-03	.194E-03	.525E-04
170	.526E-01	.340E-01	.199E-01	.983E-02	.614E-02	.319E-02	.199E-02	.999E-03	.309E-03	.840E-04
180	.766E-01	.502E-01	.298E-01	.149E-01	.941E-02	.492E-02	.309E-02	.155E-02	.482E-03	.131E-03
190	.110	.729E-01	.438E-01	.222E-01	.141E-01	.744E-02	.469E-02	.236E-02	.735E-03	.201E-03
200	.154	.104	.631E-01	.325E-01	.208E-01	.110E-01	.698E-02	.352E-02	.110E-02	.300E-03
210	.213	.146	.894E-01	.467E-01	.300E-01	.161E-01	.102E-01	.516E-02	.161E-02	.442E-03
220	.290	.201	.125	.660E-01	.427E-01	.230E-01	.147E-01	.743E-02	.232E-02	.638E-03
230	.389	.273	.171	.918E-01	.598E-01	.325E-01	.208E-01	.105E-01	.329E-02	.906E-03
240	.514	.366	.232	.126	.825E-01	.451E-01	.290E-01	.147E-01	.460E-02	.127E-02
250	.673	.485	.310	.170	.112	.618E-01	.398E-01	.202E-01	.633E-02	.174E-02
260	.870	.635	.409	.227	.151	.835E-01	.540E-01	.274E-01	.858E-02	.237E-02
270	1.112	.822	.534	.300	.200	.111	.723E-01	.366E-01	.115E-01	.317E-02
280	1.407	1.052	.689	.391	.263	.147	.957E-01	.485E-01	.152E-01	.420E-02
290	1.763	1.335	.880	.505	.341	.192	.125	.634E-01	.199E-01	.548E-02
300	2.190	1.676	1.112	.646	.437	.246	.162	.820E-01	.257E-01	.708E-02
310	2.696	2.088	1.394	.817	.556	.316	.208	.105	.328E-01	.905E-02
320	3.292	2.578	1.732	1.025	.701	.400	.264	.133	.415E-01	.114E-01
330	3.990	3.159	2.133	1.274	.875	.502	.331	.167	.520E-01	.143E-01
340	4.801	3.843	2.608	1.571	1.083	.624	.413	.208	.646E-01	.178E-01
350	5.738	4.641	3.164	1.922	1.331	.770	.511	.256	.795E-01	.218E-01

## 5.2 Hoge stofgehaltenes

Bij hoge stofgehaltenes wordt het resultaat van het watergehalte beïnvloed doordat het stof eveneens een gewichtstoename in de wasfles veroorzaakt. In de procedure moet worden vastgelegd vanaf welk stofgehalte voorzorgsmaatregelen worden toegepast om te voorkomen dat stof in de wasfles terecht komt (Voorbeeld: bij stofgehaltenes vanaf 500 mg/Nm<sup>3</sup>dr wordt een monsternamesonde met glaswolprop gebruikt worden zodat het stof niet in de wasfles gezogen kan worden. In dit geval wordt de gewichtstoename van de sonde niet in rekening gebracht).

## 5.3 Oververzadigde gassen en waterdruppels

Bij oververzadigde gassen of bij aanwezigheid van waterdruppels moet de bemonstering isokinetisch gebeuren. Hiervoor wordt een sonde gebruikt met een aanzuigopening evenwijdig aan de stroming. De aanzuigopening van de sonde wordt zo gekozen dat er isokinetisch bemonsterd kan worden aan 5 à 6 l/min. Het resultaat van deze bemonstering kan enkel uitgedrukt worden in kg/Nm<sup>3</sup>dr.

De formule  $\% \text{H}_2\text{O} = \frac{h}{h + 0,804} \times 100$  is enkel van toepassing voor onverzadigde gassen.

Bij oververzadigde gassen wordt het watergehalte bij de theoretische verzadiging afgelezen uit dampdruktabellen of berekend aan hand van de gastemperatuur (t) en druk in het kanaal met de formule:

$$\log p_w = 8.19621 - \frac{1730.63}{233.426 + t(^{\circ}\text{C})}$$

De  $p_w$  die hieruit volgt, is uitgedrukt in mbar.

$$\% \text{H}_2\text{O} = \frac{p_w(\text{mbar})}{p_{\text{kanaal}}(\text{mbar})} \times 100$$

Indien  $\frac{h}{h + 0,804} > \frac{p_w}{p_{\text{kanaal}}}$  dan moet aangenomen worden dat de gassen oververzadigd zijn en er dus druppeltjes aanwezig zijn.

Er moet een procedure/werkinstructie bestaan voor het bepalen van gassnelheid, gastemperatuur en gasdruk.

Het is ook mogelijk dat er vochtdruppeltjes aanwezig zijn in de gasstroom terwijl deze gasstroom niet verzadigd is. In dit geval is er geen evenwicht tussen vloeibare- en gasfase.

Ook hier is de formule  $\% \text{H}_2\text{O} = \frac{h}{h + 0,804} \times 100$  niet geldig.

#### **5.4 Aanwezigheid van organische stoffen en andere componenten**

De methode is niet toepasbaar voor gasstromen die een hoge concentratie aan organische stoffen bevatten of andere componenten die een gewichtstoename van het zwavelzuur kunnen veroorzaken.

### **6 KWALITEITSCONTROLE**

#### **6.1 Lektest**

In de bemonsteringsopstelling (figuur 1) wordt de sonde luchtdicht afgesloten. De gastellerstand moet hetzelfde blijven voor en na de lektest en er mag geen lucht doorborrelen in de wasfles met geconcentreerd zwavelzuur. Het resultaat van de lektest wordt bij de meetgegevens genoteerd.

#### **6.2 Vervanging zwavelzuur**

De wasfles wordt tot aan de maatstreep ( $\pm 50$  ml) met zwavelzuur (96 gewichts%) gevuld. Het zwavelzuur kan tot een concentratie van 90 gewichts% gebruikt worden of tot een gewichtstoename van ongeveer 6,5 gram per 50 ml  $H_2SO_4$ .

#### **6.3 Kalibratie van de gasteller**

De manier van kalibratie van de gasteller, de kalibratiefrequentie en de maximum toelaatbare afwijking moeten vastgelegd zijn in een procedure/werkinstructie.

#### **6.4 Kalibratie van de barometer**

De manier van kalibratie van de barometer, de kalibratiefrequentie en de maximum toelaatbare afwijking moeten vastgelegd zijn in een procedure/werkinstructie.

#### **6.5 Kalibratie/Controle van de balans**

De manier van kalibratie van de balans, de kalibratiefrequentie en de maximum toelaatbare afwijking moeten vastgelegd zijn in een procedure/werkinstructie. Deze procedure/werkinstructie moet de kwaliteitscontrole van de analytische balans, zeker ook voor gebruik op verplaatsing beschrijven:

- gebruik van een controlegewicht
- waterpas zetten
- afscherming tegen wind en trillingen.

## 7 REGISTRATIE VAN DE MEETGEGEVENS

Volgende gegevens moeten voor elke watergehaltebepaling genoteerd worden:

- datum monstername/begin- en eindtijdstip van de bemonstering
- plaats monstername
- naam uitvoerder
- resultaat lekttest
- gewicht wasfles en sonde voor en na bemonstering
- aangezogen volume – gemiddelde temperatuur gasteller – atmosferedruk
- identificatienummers apparatuur

## 8 VALIDATIEGEGEVENS

Validatie van de methode werd uitgevoerd met de proefopstelling die weergegeven is in bijlage I.

### 8.1 Rendement i.f.v. het aanzuigdebiet

Het rendement van de absorptie van water in zwavelzuur werd bij verschillende aanzuigdebieten getest met behulp van een watergeneratiesysteem (zie bijlage II). Bij het aanzuigdebiet waarbij een goed absorptierendement bekomen werd, werden vervolgens testen gedaan met verschillende gegenereerde watergehaltenes (12,9 tem 35,7 %). Uit de testen blijkt dat de gasstroom bij het gebruikte type wasfles bemonsterd moet worden met een aanzuigdebiet van 5 à 6 l/min. Bij een aanzuigdebiet van 5 l/min bedroeg het absorptierendement gemiddeld 100%.

### 8.2 Detectielimiet en kwantificatielimiet van de methode

Volgens de IUPAC-definitie wordt de detectielimiet (“Detection limit”) uitgedrukt als de concentratie  $c_L$  of de hoeveelheid  $q_L$  die afgeleid wordt uit de kleinste meetwaarde  $x_L$  die nog met een “redelijke zekerheid” te meten is met de analytische procedure.

In het handboek Chemometrics [3] wordt een “decision limit” gedefinieerd:

$$L_c = \mu_{bl} + k_c \times \sigma_{bl}$$

waarin:

$\mu_{bl}$ : gemiddeld signaal van de blanco

$\sigma_{bl}$ : de standaardafwijking van de blanco meetwaarden

Bij  $k_c = 3$  verschilt het meetsignaal met een zekerheid van 99,87% van het blanco-signaal. In dit geval is  $L_c$  gelijk aan de IUPAC’s gedefinieerde detectielimiet.

De kwantificatielimiet wordt tenslotte in het handboek [3] gedefinieerd als die limiet waarbij een bepaalde procedure voldoende precies is om een voldoende kwantitatieve schatting van de onbekende concentratie te geven. Het is dus de concentratie die met een vaste maximum relatieve standaardafwijking gemeten kan worden. Die limiet  $L_q$  kan

eveneens berekend worden aan de hand van  $\mu_b$  en  $\sigma_b$ , als verondersteld wordt dat de blanco-metingen en de stalen met ongekende concentraties dezelfde standaardafwijking hebben.

$$L_q = \mu_{bl} + k_q \sigma_{bl}$$

Bij een maximum toegelaten standaardafwijking van 10%, moet  $k_q$  worden gelijkgesteld aan 10.

De theoretisch berekende detectielimiet volgens IUPAC (aan de hand van blanco-metingen) van de waterbepaling bedraagt 0,02 % H<sub>2</sub>O absoluut bij een aanzuigvolume van 50 l. De kwantificatielimiet is 0,04 % H<sub>2</sub>O absoluut (bijlage IV) bij ditzelfde aangezogen volume.

### 8.3 Herhaalbaarheid en precisie van de methode

Precisie wordt gedefinieerd als de overeenstemming tussen onafhankelijke metingen verkregen onder vastgelegde condities.

Herhaalbaarheid is de precisie verkregen met dezelfde methode, op identiek materiaal, door dezelfde analist, met dezelfde meetapparatuur, op zo dicht mogelijk bij elkaar gelegen tijdstippen.

Voor de bepaling van de herhaalbaarheid werden verschillende watergehalten gegenereerd met de opstelling van het referentielaboratorium (bijlage III) : 2,60%, 7,63%, 15,1%, 20,7%, 30,2% en tenslotte 39,2%. Deze concentraties werden elk in zesvoud gemeten. Van die 6 resultaten wordt het gemiddelde, de standaardafwijking en de relatieve standaardafwijking berekend:

Per concentratie kan een standaardafwijking  $s$  berekend worden:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

met  $X_i$  : individuele meetwaarde  
 $\bar{X}$  : gemiddelde waarde

Het kwadraat van de standaardafwijking ( $s^2$ ) is de variantie.

De relatieve standaardafwijking of variatiecoëfficiënt (uitgedrukt als %) wordt vervolgens gedefinieerd als:

$$\text{RSD}(\%) = \frac{s}{\bar{X}} \times 100$$

De herhaalbaarheidsstandaardafwijking wordt gedefinieerd als:

$$s_R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^q (n-1) S_i^2}{\sum_{i=1}^q (n-1)}}$$



met  $n$  = aantal metingen per concentratie

$q$ : aantal concentraties

$S_i$ : standaardafwijking van de verschillende meetwaarden van één concentratie

Een samenvatting van de resultaten wordt gegeven in onderstaande tabel:

**Tabel 2: Herhaalbaarheid van de methode**

Aangemaakt watergehalte (%)	Gemiddeld gemeten watergehalte $\bar{X}$	Standaardafwijking $s$	Relatieve standaardafwijking RSD (%)
2,60	2,59	0,05	1,8
7,63	7,40	0,04	0,5
15,1	14,8	0,0	0,2
20,7	20,0	0,1	0,6
30,2	29,5	0,1	0,3
39,2	38,8	0,1	0,3
		<b><math>S_R = 0,08</math></b>	

#### 8.4 Juistheid

Juistheid is de mate van overeenstemming tussen het gemiddelde van een reeks meetwaarden en de aanvaarde referentiewaarde. Om de juistheid van de analysemethode te bepalen wordt deze in zesvoud toegepast op de referentiesubstantie. Dit kan samen met de bepaling van de herhaalbaarheid bij de zes verschillende concentraties gebeuren. De juistheid wordt uitgedrukt als % afwijking (of fout) ten opzichte van de referentiewaarde:

$$\% \text{ fout} = \frac{\bar{X} - X_r}{X_r} \times 100$$

met  $\bar{X}$ : gemiddelde waarde  
 $X_r$ : referentiewaarde

In bijlage III wordt het % fout bij elke bemonstering weergegeven. In deze fout is de fout op de generatie van watergehaltes eveneens inbegrepen. De maximale afwijking bedroeg 4,3% bij een aangemaakt watergehalte van 20,7%. Bij de meeste bemonsteringen was de afwijking ten opzichte van het aangemaakt watergehalte kleiner dan 3%.

#### 8.5 Zwavelzuurconcentratie

Ongeveer bij de bovenste meetgrens van de methode (39,4%) werd nagegaan hoeveel water maximaal in het zwavelzuur geabsorbeerd kon worden of met andere woorden hoeveel volume kon aangezogen worden opdat nog een aanvaardbare afwijking ten opzichte van het aangemaakt watergehalte bekomen werd. Bij dit gegenereerde watergehalte werd resp. 10, 25 en 50 l aangezogen. De temperatuur in de wasfles werd vlak na de bemonstering gemeten en bedroeg resp. 114 °C, 162 °C en 157 °C bij de verschillende aanzuigvolumes.

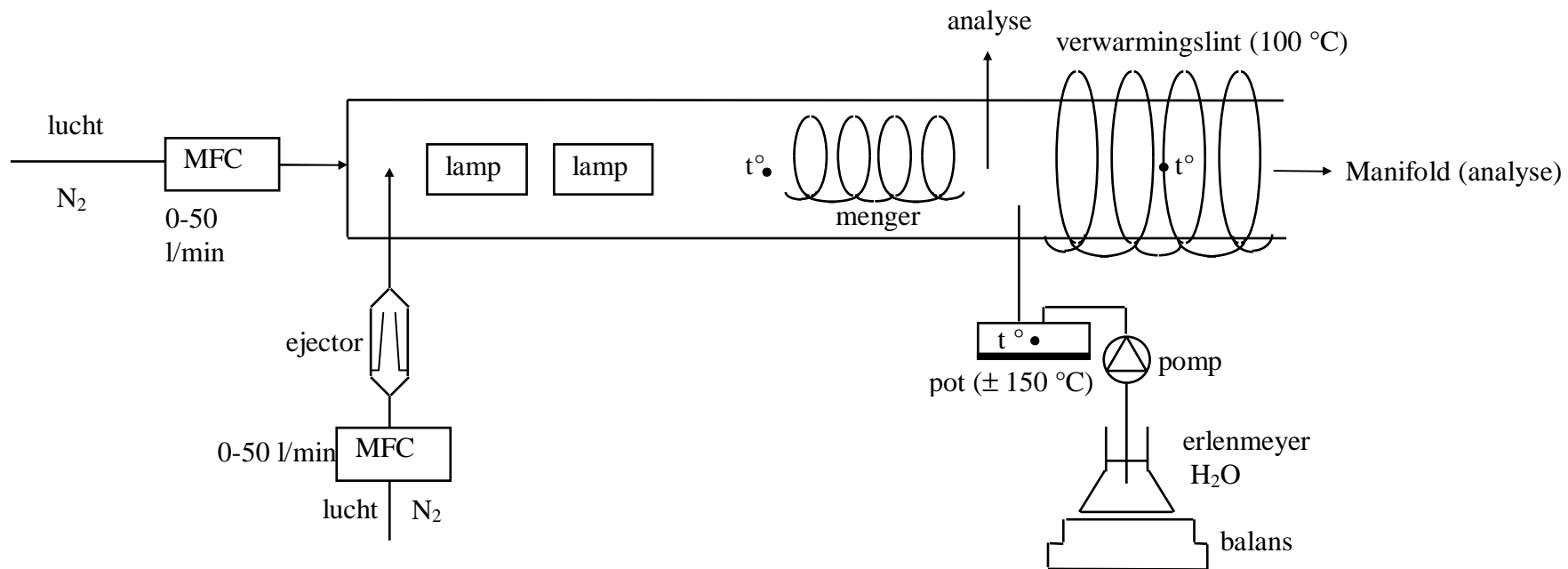
Bij een aanzuigvolume van 10 l werd het beste resultaat bekomen. De afwijking van 4,5% bij een aanzuigvolume van 25 l is eveneens aanvaardbaar, maar toch wordt bij voorkeur 10 l aangezogen. Dit komt overeen met 4,66 g water. Een aanzuigvolume van 25 l zou overeenkomen met ongeveer 11 g water en een volume van 50 l met 18,5 g. Bij de overige concentraties bleek de grootste geabsorbeerde hoeveelheid water 6,4 g te zijn (generatie van 20,7% water). De afwijkingen ten opzichte van de aanmaakwaarde waren nog aanvaardbaar.

De methode is dus gevalideerd als maximaal 6,5 g water geabsorbeerd wordt in de wasfles. Bij hogere watergehalten moet het aanzuigvolume verkleind worden.

## 9 REFERENTIES

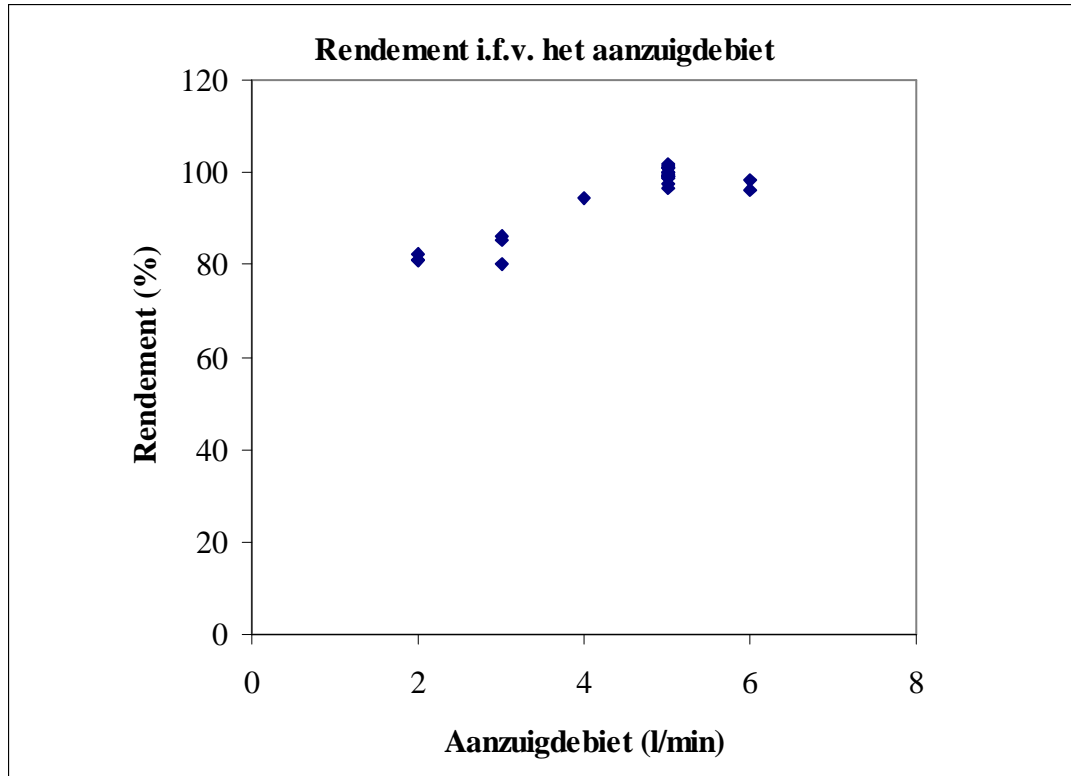
- [1] The Fitness for Purpose of Analytical Methods  
Edition 1.0-1998  
Eurachem Guide
- [2] Robert H. Perry, Don Green  
Perry's Chemical Engineers' Handboek  
sixth edition
- [3] D.L. Massard, B.G.M. Vandeginste, S.N. Deming, Y. Michotte, L. Kaufman  
Chemometrics: a textbook, 1988
- [4] F. J. van de Vaart  
Richtlijnen voor analytische validatie  
Laboratorium der nederlandse apothekers, 's-Gravenhage  
Pharmaceutisch Weekblad, jaargang 127 Nr. 46 (1992)

PROEFOPSTELLING IN HET REFERENTIELABORATORIUM VOOR DE GENERATIE VAN WATER



## BEPALING VAN HET ABSORPTIERENDEMENT VAN DE WATERBEPALING IN GASSTROMEN

Met behulp van de proefopstelling in het referentielaboratorium voor de generatie van water werd het absorptierendement bepaald i.f.v. het aanzuigdebiet. Het aangezogen volume bedroeg ongeveer 20 l.



BEPALING VAN HET ABSORPTIERENDEMENT VAN DE WATERBEPALING IN  
GASSTROMEN

**Rendement van de meting i.f.v. het aanzuigdebiet**

AANMAAK H <sub>2</sub> O		METING H <sub>2</sub> O		aanzuigdebiet	Rendement %
kg/Nm <sup>3</sup> dr	% H <sub>2</sub> O	kg/Nm <sup>3</sup> dr	% H <sub>2</sub> O		
0,198	19,8	0,156	16,3	2	82
0,198	19,8	0,153	16,0	2	81
0,199	19,8	0,154	16,1	2	81
0,199	19,8	0,164	16,9	3	85
0,198	19,8	0,165	17,0	3	86
0,198	19,8	0,151	15,8	3	80
0,200	19,9	0,186	18,8	4	94
0,200	19,9	0,194	19,4	5	98
0,200	19,9	0,191	19,2	6	96
0,200	19,9	0,196	19,6	6	98
0,119	12,9	0,119	12,9	5	100
0,122	13,2	0,120	13,0	5	99
0,130	13,9	0,133	14,2	5	102
0,131	14,0	0,126	13,5	5	97
0,230	22,2	0,233	22,5	5	101
0,242	23,1	0,246	23,4	5	101
0,242	23,1	0,240	23,0	5	99
0,227	22,0	0,223	21,7	5	99
0,360	30,9	0,365	31,2	5	101
0,362	31,0	0,366	31,3	5	101
0,359	30,9	0,356	30,7	5	99
0,471	36,9	0,471	36,9	5	100
0,488	37,8	0,484	37,6	5	100
0,482	37,5	0,477	37,2	5	99
0,446	35,7	0,441	35,4	5	99

JUISTHEID EN PRECISIE VAN DE WATERBEPALING IN GASSTROMEN

Pompdebiet g/min	AANMAAK				BEMONSTERING						% fout
	Debiet stikstof Nl/min		H <sub>2</sub> O-gehalte		Wasfles		Aanzuigenheid		H <sub>2</sub> O-gehalte		
	MFC 1	MFC 2	kg/Nm <sup>3</sup> dr	%	Begin- gewicht (g)	Eind- gewicht (g)	Aangezogen V (l)	temp. gas- teller (°C)	kg/Nm <sup>3</sup> dr	%	
<b>0 % WATER (15/09/98)</b>											
0	48,59	48,04	0	0	224,516	224,513	50	17,2	-0,000064	-0,0080	-
0	48,59	48,04	0	0	224,513	224,510	50	19,7	-0,000065	-0,0081	-
0	48,59	48,04	0	0	224,510	224,510	50	21,8	-0,000000	-0,0000	-
0	48,59	48,04	0	0	224,510	224,506	50	23,4	-0,000088	-0,0109	-
0	48,59	48,04	0	0	224,506	224,503	50	24,5	-0,000066	-0,0082	-
0	48,59	48,04	0	0	224,503	224,501	50	25,2	-0,000044	-0,0055	-
									<b>Gem.</b>	<b>-0,0068</b>	-
									<b>Stdev</b>	<b>0,0037</b>	
									<b>RSD (%)</b>	<b>55</b>	
<b>2,6% WATER (16/09/98)</b>											
2,08	48,59	48,04	0,0215	2,60	224,595	225,585	50	21,4	0,0215	2,61	<b>+0,4</b>
2,08	48,59	48,04	0,0215	2,60	225,585	226,568	50	22,7	0,0215	2,60	<b>+0,1</b>
2,08	48,59	48,04	0,0215	2,60	226,568	227,527	50	24,5	0,0211	2,56	<b>-1,7</b>
2,08	48,59	48,04	0,0215	2,60	218,955	219,915	50	26,1	0,0212	2,57	<b>-1,1</b>
2,08	48,59	48,04	0,0215	2,60	219,915	220,851	50	27,2	0,0208	2,52	<b>-3,1</b>
2,08	48,59	48,04	0,0215	2,60	220,851	221,835	50	28,2	0,0219	2,65	<b>+2,0</b>
									<b>Gem.</b>	<b>2,59</b>	
									<b>Stdev</b>	<b>0,05</b>	
									<b>RSD (%)</b>	<b>1,8</b>	

JUISTHEID EN PRECISIE VAN DE WATERBEPALING IN GASSTROMEN

Pompdebiet g/min	AANMAAK				BEMONSTERING						% fout
	Debiet stikstof Nl/min		H <sub>2</sub> O-gehalte		Wasfles		Aanzuigeenheid		H <sub>2</sub> O-gehalte		
	MFC 1	MFC 2	kg/Nm <sup>3</sup> dr	%	Begin- gewicht (g)	Eind- gewicht (g)	Aangezogen V (l)	temp. gas- teller (°C)	kg/Nm <sup>3</sup> dr	%	
<b>7,63% WATER (22/10/98)</b>											
6,54	49,10	49,35	0,0664	7,63	207,30	210,22	50	26,7	0,0639	7,36	<b>-3,5</b>
6,54	49,10	49,35	0,0664	7,63	220,02	222,94	50	26,9	0,0640	7,37	<b>-3,4</b>
6,54	49,10	49,35	0,0664	7,63	210,23	213,18	50	27,1	0,0647	7,44	<b>-2,4</b>
6,54	49,10	49,35	0,0664	7,63	222,95	225,90	50	27,1	0,0647	7,44	<b>-2,4</b>
6,54	49,10	49,35	0,0664	7,63	213,20	216,12	50	27,2	0,0640	7,38	<b>-3,3</b>
6,54	49,10	49,35	0,0664	7,63	225,91	228,84	50	27,1	0,0642	7,40	<b>-3,0</b>
									<b>Gem.</b>	<b>7,40</b>	
									<b>Stdev</b>	<b>0,04</b>	
									<b>RSD (%)</b>	<b>0,49</b>	
<b>15,1% WATER (22/10/98)</b>											
14,1	49,10	49,35	0,1429	15,1	217,24	223,58	50	28,3	0,1395	14,8	<b>-2,1</b>
14,1	49,10	49,35	0,1429	15,1	219,62	225,93	50	28,7	0,1391	14,7	<b>-2,3</b>
14,1	49,10	49,35	0,1429	15,1	223,61	229,94	50	27,1	0,1388	14,7	<b>-2,5</b>
14,1	49,10	49,35	0,1429	15,1	227,34	233,70	50	27,1	0,1394	14,8	<b>-2,1</b>
14,1	49,10	49,35	0,1429	15,1	216,52	222,88	50	27,5	0,1396	14,8	<b>-2,0</b>
14,1	49,10	49,35	0,1429	15,1	217,30	223,65	50	27,3	0,1393	14,8	<b>-2,2</b>
									<b>Gem.</b>	<b>14,8</b>	
									<b>Stdev</b>	<b>0,0</b>	
									<b>RSD (%)</b>	<b>0,20</b>	

JUISTHEID EN PRECISIE VAN DE WATERBEPALING IN GASSTROMEN

Pompdebiet g/min	AANMAAK				BEMONSTERING						% fout
	Debiet stikstof Nl/min		H <sub>2</sub> O-gehalte		Wasfles		Aanzuigeenheid		H <sub>2</sub> O-gehalte		
	MFC 1	MFC 2	kg/Nm <sup>3</sup> dr	%	Begin- gewicht (g)	Eind- gewicht (g)	Aangezogen V (l)	temp. gas- teller (°C)	kg/Nm <sup>3</sup> dr	%	
<b>20,7% WATER (22/10/98)</b>											
20,67	49,10	49,35	0,2100	20,7	215,00	221,41	34,5	26,9	0,2035	20,2	<b>-2,5</b>
20,67	49,10	49,35	0,2100	20,7	211,44	216,95	30	26,4	0,2008	20,0	<b>-3,5</b>
20,67	49,10	49,35	0,2100	20,7	221,51	227,00	30	26,4	0,2001	19,9	<b>-3,8</b>
20,67	49,10	49,35	0,2100	20,7	219,92	225,37	30	26,5	0,1987	19,8	<b>-4,3</b>
20,67	49,10	49,35	0,2100	20,7	213,50	219,01	30	26,5	0,2009	20,0	<b>-3,5</b>
20,67	49,10	49,35	0,2100	20,7	215,26	220,76	30	27,0	0,2009	20,0	<b>-3,5</b>
									<b>Gem.</b>	<b>20,0</b>	
									<b>Stdev</b>	<b>0,1</b>	
									<b>RSD (%)</b>	<b>0,62</b>	
<b>30,2% WATER (22/10/98)</b>											
20,67	9,98	49,35	0,3484	30,2	217,26	223,39	20	28,3	0,3373	29,6	<b>-2,1</b>
20,67	9,98	49,35	0,3484	30,2	216,80	222,89	20	27,8	0,3345	29,4	<b>-2,7</b>
20,67	9,98	49,35	0,3484	30,2	223,91	230,05	20	27,6	0,3370	29,5	<b>-2,2</b>
20,67	9,98	49,35	0,3484	30,2	222,34	228,48	20	27,6	0,3370	29,5	<b>-2,2</b>
20,67	9,98	49,35	0,3484	30,2	219,01	225,18	20	27,6	0,3387	29,6	<b>-1,9</b>
20,67	9,98	49,35	0,3484	30,2	221,33	227,43	20	27,8	0,3351	29,4	<b>-2,6</b>
									<b>Gem.</b>	<b>29,5</b>	
									<b>Stdev</b>	<b>0,1</b>	
									<b>RSD (%)</b>	<b>0,32</b>	



JUISTHEID EN PRECISIE VAN DE WATERBEPALING IN GASSTROMEN

Pompdebiet g/min	AANMAAK				BEMONSTERING						% fout
	Debiet stikstof Nl/min		H <sub>2</sub> O-gehalte		Wasfles		Aanzuigeneheid		H <sub>2</sub> O-gehalte		
	MFC 1	MFC 2	kg/Nm <sup>3</sup> dr	%	Begin- gewicht (g)	Eind- gewicht (g)	Aangezogen V (l)	temp. gas- teller (°C)	kg/Nm <sup>3</sup> dr	%	
<b>39,2% WATER (22/10/98)</b>											
20,67	39,82	0	0,5191	39,2	219,54	224,20	10	28,7	0,5135	39,0	<b>-0,6</b>
20,67	39,82	0	0,5191	39,2	225,76	230,41	10	28,2	0,5115	38,9	<b>-0,8</b>
20,67	39,82	0	0,5191	39,2	227,43	232,09	10	28,2	0,5126	38,9	<b>-0,7</b>
20,67	39,82	0	0,5191	39,2	224,84	229,46	10	28,2	0,5082	38,7	<b>-1,2</b>
20,67	39,82	0	0,5191	39,2	219,75	224,35	10	28,2	0,5060	38,6	<b>-1,5</b>
20,67	39,82	0	0,5191	39,2	223,15	227,80	10	28,2	0,5115	38,9	<b>-0,8</b>
									<b>Gem.</b>	<b>38,8</b>	
									<b>Stdev</b>	<b>0,1</b>	
									<b>RSD (%)</b>	<b>0,34</b>	

15-16/09/98  
22/10/98

Atmosfeerdruk: 1003 mbar (15/09/98); 1004 mbar (16/09/98)  
Atmosfeerdruk: 1016 mbar

## JUISTHEID EN PRECISIE VAN DE WATERBEPALING IN GASSTROMEN

### Meting pompdebiet:

Gedurende een gechronometreerde tijd wordt met de pomp water overgepompt naar een reservoir op de balans:

<b>H<sub>2</sub>O</b>	<b>Gewicht voor (g)</b>	<b>Gewicht na (g)</b>	<b>Verschilgewicht (g)</b>	<b>tijd (minuten)</b>	<b>Debiet (g/min)</b>
7,63%	11,34	34,41	23,07	3,53	6,54
	34,41	55,83	21,42	3,28	6,54
	55,83	80,72	24,89	3,80	6,55
15,1%	0,35	43,64	43,29	3,08	14,1
	43,64	86,90	43,26	3,07	14,1
	86,9	130,35	43,45	3,10	14,0
20,7%	86,00	148,43	62,43	3,02	20,7
30,2%					
39,2%					
	148,43	216,00	67,57	3,28	20,6
	0,70	64,54	63,84	3,09	20,7

JUISTHEID EN PRECISIE VAN DE WATERBEPALING IN GASSTROMEN

<b>TEST MET VERSCHILLENDE AANZUIGVOLUMES BIJ HET MAXIMUM WATERGEHALTE (39,4%)</b>											
Pompdebiet g/min	<b>AANMAAK</b>				<b>BEMONSTERING</b>						
	Debiet stikstof Nl/min		H <sub>2</sub> O-gehalte		Wasfles		Aanzuigenheid		H <sub>2</sub> O-gehalte		% fout
	MFC 1	MFC 2	kg/Nm <sup>3</sup> dr	%	Begin- gewicht (g)	Eind- gewicht (g)	Aangezogen V (l)	temp. gas- teller (°C)	kg/Nm <sup>3</sup> dr	%	
<b>39,4 % WATER (23/10/98)</b>											
20,47	39,23	0	0,5218	39,4	224,44	242,89	<b>50</b>	21,3	0,3996	33,2	<b>-16</b>
20,47	39,23	0	0,5218	39,4	217,76	228,90	<b>25</b>	22,2	0,4840	37,6	<b>-4,5</b>
20,47	39,23	0	0,5218	39,4	217,69	222,43	<b>10</b>	22,7	0,5157	39,1	<b>-0,7</b>

Atmosfeerdruk: 1009 mbar

Meting pompdebiet:

<b>H<sub>2</sub>O</b>	<b>Gewicht voor (g)</b>	<b>Gewicht na (g)</b>	<b>Verschilgewicht (g)</b>	<b>tijd (minuten)</b>	<b>Debiet (g/min)</b>
39,4%	0,00	71,81	71,81	3,51	20,4
	71,81	147,71	75,90	3,70	20,5
	147,71	209,48	61,77	3,02	20,5

DETECTIELIMIET EN KWANTIFICATIELIMIET VAN DE WATERBEPALING IN  
GASSTROMEN

**Blanco bepalingen bij aanmaak van 0% water (stikstof)**

gewicht wasfles voor bemonstering (g)	gewicht wasfles na bemonstering (g)	Aangezogen volume (l)	gewicht H <sub>2</sub> O (g)
224,516	224,513	50	-0,00300
224,513	224,510	50	-0,00300
224,510	224,510	50	0,00000
224,510	224,506	50	-0,00400
224,506	224,503	50	-0,00300
224,503	224,501	50	-0,00200
		<b>Gemiddelde X<sub>bl</sub></b>	<b>-0,00250</b>
		<b>Standaardafwijking S<sub>bl</sub></b>	<b>0,00138</b>

**Detectielimiet:**

$$X_L = X_{bl} + 3 \times s_{bl}$$

$$X_L = \text{abs}(-0,00250) + 3 \times 0,00138 = 0,0066 \text{ g H}_2\text{O}$$

Met de formules onder paragraaf 4 van de procedure wordt deze gemeten waarde omgezet naar de daarmee overeenkomende h-waarde en %H<sub>2</sub>O (als temperatuur wordt de gemiddelde temperatuur van alle blanco-metingen gebruikt, zijnde 22°C; de barometerdruk bedroeg 1004 mbar):

$$h = 0,00014 \text{ kg/Nm}^3\text{dr}$$

**% H<sub>2</sub>O = 0,02%**

**Kwantificatielimiet:**

$$X_L = X_{bl} + 10 \times s_{bl}$$

$$X_L = \text{abs}(-0,00250) + 10 \times 0,00138 = 0,0163 \text{ g H}_2\text{O}$$

Met de formules onder paragraaf 4 van de procedure wordt deze gemeten waarde omgezet naar de daarmee overeenkomende h-waarde en %H<sub>2</sub>O (als temperatuur wordt de gemiddelde temperatuur van alle blanco-metingen gebruikt, zijnde 22°C; de barometerdruk bedroeg 1004 mbar):

$$h = 0,00036 \text{ kg/Nm}^3\text{dr}$$

**% H<sub>2</sub>O = 0,04%**