

I. PKL Memo Bijlage 1: berekening meetonzekerheid in het LTG: U_{LTG}

Opmerkingen bij de in Bijlage 1 van het Memo voorgestelde berekening van de meetonzekerheid U_{LTG} in het lange termijn gemiddelde van de gekalibreerde AMS waarden (deze wijkt af van de ‘meetonzekerheid in de individuele waarneming’).

a. Hoe verhoudt deze berekening zich volgens het PKL met het feit dat de individuele waarnemingen waaruit het LTG wordt berekend statistisch gezien *niet* kwalificeren als onafhankelijke waarnemingen? De met het AMS bepaalde (half)uurgemiddelden waaruit het LTG is opgebouwd worden immers allemaal met *dezelfde* kalibratiefunctie omgerekend. Hoe beziet het PKL in dit licht de stellingname dat om die reden de voor toetsing aan de emissiegrenswaarde van de gemiddelde waarde af te trekken meetonzekerheid over de hele linie hetzelfde behoort te zijn (vgl. toelichting Bva Staatsblad 2004 97 p. 51)?

Zo stelt het StAB verslag StAB-39363 van 29 januari 2014 op p. 14:

‘Bij vier verschillende gemiddelden (10 minuten, halfuur, dag en maand) mag eenzelfde meetcorrectie toegepast worden. Voor bijvoorbeeld HCl gelden in het Bva twee grenswaarden met verschillende middelingstijden, het halfuurgemiddelde en een daggemiddelde waarvan in beide gevallen ten hoogste 4 mg/Nm³ mag worden afgetrokken. Er is over het geheel gezien een grote spreiding in de beoordelingsperiode (van 10 minuten tot een maand). Hiervoor geldt telkens dezelfde aftrek’.

Vervolgens schaarde de StAB zich in dit verslag – met een analogie redenering – wat betreft de aftrek bij een jaargemiddelde achter de verweerder:

‘Omdat voor de verschillende gemiddelden (10-minuten, halfuur, dag en maand) uit het Bva eenzelfde meetcorrectie toegepast worden [sic], heeft verweerder deze correctie ook toepasbaar geacht voor de toetsing van de jaargemiddelde grenswaarde. De analogie lijkt mij duidelijk waardoor ik heb kunnen instemmen met de beoordeling door verweerder’.

b. Anders gezegd: berekent het Memo in Bijlage 1 de ‘meetonzekerheid in het lange termijn gemiddelde’ op een methodologisch en statistisch juiste manier? In de formule voor U_{LTG} ziet de 2^e term, $(1/n)$, onder het wortelteken – bij inverse (‘Pull-back’) toepassing van de regressielijn: ‘van Y (AMS-as) naar X (SRM-as)’, zie het plaatje – immers op het **aantal malen n dat** élk afzonderlijk **kalibratiepunt is vastgesteld**. Gegeven de procedure bij de KBN-2 kalibratie is n dus 1, waarmee deze wortelfactor bij een jaargemiddelde –gegeven een niet te grote ‘excentriciteit’, de 3^e term onder het wortelteken – geen vermenigvuldiging met ongeveer ¼, maar met ongeveer 1 oplevert. De in Bijlage 1 gebruikte methode neemt *ten onrechte* aan dat

het, *ná* de parallelmetingen, herhaaldelijk en steeds opnieuw gebruiken van de – met gebruikmaking van minstens 15 *onafhankelijke* meetparen opgestelde – KBN-2 kalibratiefunctie tevens *onafhankelijke*, gekalibreerde AMS meetwaarden oplevert. Dat is echter niet het geval. Ter bepaling van de meetonzekerheid conform de RIE is enkel en alleen de KBN-2 kalibratiefunctie met de bijbehorende variabiliteit S_D van belang. Bij de REC is dit de door Tauw vastgestelde ijklijn die is ingevoerd in de computer van het automatisch meetsysteem, waarbij de variabiliteit S_D een maat is voor de meetonzekerheid van het AMS.

c. Bedenk hierbij dat de variabiliteit S_D zoals deze conform onderdeel 6.6 van de KBN-2 norm EN 14181:2004 wordt uitgerekend op een *andere* manier tot stand komt dan S_R bij de regressie van PKL Memo Bijlage 1. Bij KBN-2 wordt S_D berekend uit de verticale verschillen D_i tussen enerzijds de – na het vaststellen van de kalibratiefunctie – op 11% zuurstof gezette, en op de Y-as aangegeven, SRM waarde van het i^e meetpaar (AMS, SRM) $_i$, en anderzijds de bijbehorende, met de kalibratiefunctie – waarbij de te kalibreren AMS waarde op de X-as is aangegeven – *omgerekende*, en vervolgens op 11% zuurstof gezette, i^e gekalibreerde AMS waarde.

Bij de regressie volgens Bijlage 1 van het Memo zijn de assen ‘omgedraaid’: de op 11% gezette – **NIET** met de KBN-2 kalibratiefunctie omgerekende – AMS waarden van de bij de KBN-2 parallelmetingen vastgestelde *onafhankelijke* meetparen staan op de Y-as, en de op 11% zuurstof gezette SRM waarden staan op de X-as. S_R wordt nu berekend uit de verticale verschillen tussen enerzijds de i^e op 11% zuurstof gezette AMS waarde, en anderzijds de met de regressielijn – met als (functie) argument de op 11% zuurstof gezette i^e SRM waarde op de X-as – *berekende* i^e AMS waarde.

II. De berekening van U_{LTG} voor de jaargemiddelde HCl concentratie van de REC

a. Ter berekening van de meetonzekerheid U_{LTG} moet eerst de in de formule voorkomende U , de ‘meetonzekerheid in de individuele waarneming’, worden berekend. In Bijlage 1 staat: ‘*Als de meetonzekerheid wordt berekend op basis van methode 2 of 3, mag voor S_R de onzekerheid in de individuele waarneming worden ingevuld*’. Hierbij is S_R de wortel uit de ‘residuele variantie’, oftewel de residuele standaard afwijking, oftewel de ‘standaardfout van de regressie’ zoals deze bij een gewone regressie wordt uitgerekend.

Hierbij moet worden opgemerkt dat de – bij de Tauw KBN-2 parallelmetingen vastgestelde – *onafhankelijke* meetparen $(X, Y)_i = (AMS, SRM)_i$ *zonder* voorafgaande zuurstofcorrectie worden gebruikt om de KBN-2 kalibratielijn middels regressie te bepalen, met als resultaat: $AMS \text{ (gekalibreerd)} = 1,045 \times AMS - 1,874$. Met deze formule worden de AMS waarden, zoals boven aangegeven, vervolgens omgerekend naar de bijbehorende ‘te verwachten’ SRM waarden. Daarna worden de SRM- en de gekalibreerde AMS waarden *voorafgaande* aan de berekening van de variabiliteit S_D op 11% zuurstof omgerekend. Tauw heeft dit laatste echter verzuimd.

De regressie die Bijlage 1 van het Memo toepast verloopt zoals boven beschreven echter (geheel) anders. De 16 bij de KBN-2 parallelmetingen bepaalde meetparen worden ‘omgedraaid’: $(X, Y)_i = (SRM, AMS)_i$, waarbij deze meetwaardes *voorafgaande* aan de regressie op 11% zuurstof worden gezet, waarna de regressie volgens Bijlage 4 van StAB-40708 de formule (dit is **NIET** de KBN-2 ijklijn !)
 $AMS = 0,87 \times SRM + 2$ (exacter: $AMS = 0.872 \times SRM + 2,05$) oplevert.

Vervolgens worden met *deze* formule voor de regressielijn, met de 16 SRM waarden als (functie) argument op de X-as, de 16 omgerekende AMS waarden op de Y-as berekend, en leveren de verticale verschillen tussen de ‘oorspronkelijke’ AMS waarden en de ‘vanuit de SRM waarde berekende’ AMS waarden middels de gebruikelijke statistische formules volgens bijlage StAB 4 de waarde $0,252 \text{ mg/Nm}^3$ voor S_R^2 – de ‘residuele variantie’ – op, waarmee de ‘standaard fout van de regressie’, S_R , dus **0,50** mg/Nm^3 wordt.
 (narekenen met de regressielijn $Y = 0,872 \times X + 2,05$ levert $S_R = \mathbf{0,52} \text{ mg/Nm}^3$ op).

b. De daadwerkelijke berekening van U_{LTG} volgens Bijlage 1 van het PKL Memo

Wortelfactor: 1^e term $1/m = 1/16 = 0,0625$; 2^e term $1/n = 1/15055 = 0,000066$;
 3^e (excentriciteits-) term: 0.0057. Merk op dat de 1^e term onder het wortelteken van de formule voor U_{LTG} verreweg overheersend is ten opzichte van de 2^e ($1/n$ met $n = 15055$, het aantal halfuurgemiddelden) en de 3^e term (de ‘excentriciteit’ term, geeft de mate waarin de beide omhullenden rondom de regressielijn bij kleine en grote SRM waarden afwijken van de regressielijn).

De wortelfactor in de formule voor U_{LTG} wordt dus bijna volledig bepaald door de *eerste* term onder het wortelteken, hetgeen een factor van ongeveer 0,25 oplevert. Overigens wijst de ‘t-factor (95% enkelzijdig)’ van 1,64 er eveneens op dat de StAB er in navolging van het RWS Memo vanuit gaat dat er vanwege de 15055 halfuurgemiddelden ‘oneindig’ veel ‘vrijheidsgraden’ zijn, hetgeen vanwege de afhankelijkheid – de 15055 halfuurgemiddelden zijn middels omrekening met steeds *dezelfde* kalibratiefunctie tot stand gekomen – nu juist niet het geval is.

Resumerend: RWS en StAB gebruiken de formule uit Bijlage 1 van het Memo bij een berekening waarvoor deze formule nu juist *niet* geschikt is. De formule wordt onder meer gebruikt bij kalibraties in de chemie waarbij ‘replicatie’ aan de orde is, en de ‘n’ in de 2^e term, $1/n$, onder het wortelteken van de RWS formule geeft dan het **aantal malen n** aan dat wordt gemeten **om een bepaald kalibratiepunt vast te leggen**. Omdat n bij de KBN-2 kalibratie van Tauw gelijk was aan 1, levert de wortelfactor (dus wegens $n = 1$) dan een vermenigvuldiging van de factor (U/B) met een factor 1,03 op, i.p.v. de ca. $\frac{1}{4}$ die de StAB gebruikt.

Laatste stap van de berekening: t-factor $\times U_{LTG} = 1,64 \times 0,157 = \mathbf{0,257} \text{ mg/Nm}^3$.

c. Opmerking

Tauw berekent voor S_D de waarde **0,68** mg/Nm³, maar Tauw heeft verzuimd om *voorafgaande* aan de berekening van de variabiliteit om te rekenen naar 11% zuurstof. In Annex 2 van het StAB verslag staan de naar 11% zuurstof omgerekende waarden van de 16 KBN-2 parallelmeetparen, en het valt op dat de verschillen tussen de SRM en de AMS waarden iets kleiner worden door de omrekening. Het verbaast daarom niet dat S_R^2 , de ‘*residuele variantie*’ zoals aangegeven in StAB 4 0,252 is. S_R is dan **0,50** (zie boven: dan wel **0,52**) mg/Nm³, en komt daarmee in de buurt van de (vanuit de KBN-2 regressie op de juiste manier berekende) **0,54** mg/Nm³ voor S_D .