Swedish Metrology and Quality AB

Accred. no. 10436
Proficiency testing
ISO/IEC 17043

Till deltagarna

Rapport jämförelsekalibrering (ILC/SLP) om kalibrering av avgasmätare och rökgasmätare

Utrustning för mätning av avgas

Gasflaskor med okänd gasblandning

Filter

Filterlåda

Författare
Håkan Källgren
Swedish Metrology and Quality AB

Beräkningar
Peter Lau
MNE-Konsult AB

Content

Rapport jämförelsekalibrering (ILC/SLP) om kalibrering av avgasmätare och rökgasmätare 1

Summary in English 4

Bakgrund 6

Syftet med denna jämförelse 6

Rådgivningsgrupp 6

Kalibreringsobjekt och mätuppgift 6

Jämförelsens referensvärden för korrektion 7

Närmare information om denna kalibreringsjämförelse 7

Deltagande laboratorier och logistikschema för jämförelsen 7

Önskade kalibreringspunkter 8

Planeringsdetaljer 8

Kalibreringsjämförelsens princip 8

Analys av kalibreringsvärdena för gasmätning 8

Avgasjämförelseresultat för tre gaser i låg och hög koncentration 9

Table 2 Participants correction results with varying content of CO in bottle 2 (high concentration). 12

Table 3. 14 results at various certified low concentrations of CO2 (bottle 1) 13

Table 4. Result table for high CO2 concentrations referring to bottle 2 of the participants... 14

Sammanfattande bedömning av avgas-jämförelsen 17

Några observationer från jämförelse av excel-protokollet med inlämnade kalibreringsbevis 17

Analys av kalibreringsjämförelsen för rökgasmätning 17

Rökgas resultat för 2 opacitetsfilter med mätenhet % och m^{-1} 18

Table 8. Comparison results from 14 participants for their filter 2 (higher opacity range) in [%] 20

Diagram 8. Comparison of participants deviations from optimal correction (higher opacity range) from 47, 9 to 70,8 and even 86,8 %. Four participants (P3, P7, P8 and P13) with filter of clearly lower opacity (see table 8) and lower deviations from the reference (red zero line) are marked with a smaller symbol. The doted red lines indicate an average uncertainty of the calculated reference correction. 20

Tabell 9. Comparison results for low to middle opacity range in unit [m^{-1}] from 14 participants 22

Tabell 10. Comparison results for filter 2 in the higher opacity range in unit [m-1] 23

Diagram 10. Difference between participants declared correction and best instrument correction. Of the three deviating results only two are shown in the diagram. The three red lines define the zero line (correction curve) and the uncertainty interval (at average). 23

Några allmänna kommentarer till vissa punkter i kalibreringsbevisen 24

Resultaten i relation till den norska och svenska lagstiftningen 24
Spårbarhet 25
Slutlig sammanfattning 25
Erkännande 26
Annex 1 – Definition av referensvärden för avgas-jämförelse 26
Table 12. Reported concentration values from 14 participants for the low (left part) and high concentration area (right part) of each gas component (HC = hexan). 27
Table 13. Actual concentration ranges in the participants gas bottles 27
Referenskurva för korrektion av känd gaskoncentration – koldioxid CO 28
Referenskurva för korrektion av känd gaskoncentration – kolmonoxid CO_2 29
Referenskurva för korrektion av känd gaskoncentration – kolväten C_6H_{14} 30
Annex 2 – Definition av referensvärden för opacitetsjämförelsen 31
Table 15a. Measurement results with 4 extra filter – unit for opacity [%] –R2 specifies the filter values calibrated again after the comparison 32
Table 15b. Same reference calibration with same 4 unknown filter– unit for opacity k-value in [m-1] 32
Korrektionsfunktion som referens över ett bredd opacitetsområde 32
Osäkerheten i korrektionsfunktionen över opacitetsområdet 34
Exempel för beräkningen av deltagarnas referenskorrektioner 35
Annex 3 Preliminär planering för denna ILC 35
Annex 4 Detaljprocessen för denna ILC 35
Annex 3 detaljer om kalibreringsbevisen 35
Annex 4 form for preliminary calibration results. 41
Annex 5 norska och svenska regelsystemet 42
Rådsdirektiv 72/306/EØF, vedlegg VII 43
Referenser 44

Summary in English

This report constitutes a part of a broader calibration intercomparison among Norwegian and Swedish participants including roller brake testers, manometers, head light testers and retardation measuring devices besides gas and opacity meters.

This ILC was organized based on a request from the group ABL Autobransjens Leverandørforening in Norway as they wanted to prove the Norwegian laboratories CMC values as a part of their accreditation. Invitations were sent to all accredited parties in Norway and Sweden.

This inter-comparison is about the calibration of a gas- and opacity meter (Opus 40 and Opus 100) used in testing of passenger cars, which is performed by various operators in Norway and Sweden. During a week in October 2021 fourteen calibration teams came to a place near Oslo to calibrate these two instruments independently of each other each in its ordinary way

Gas meter calibration

The ordinary way to perform this calibration is to connect the instrument (Opus 40) to two reference gas bottles one at a time. Each bottle contains carbon monoxide CO, carbon dioxide CO_2, hydrocarbons (propane C_3H_6) and oxygen O_2 in well-specified concentrations on a ground gas of nitrogen N_2. The instrument measures the content of these four gas components and indicates their concentrations simultaneously on four separate displays. In their calibration certificate the participants report the indicated concentration values along with the certified values of the bottle for CO, CO_2 and HC and state the difference as either found correction or as indication error. The actual O_2 content is not important as it is not used in eventually disqualifying a car under test. A specialty concerns the content of hydrocarbons in the exhaust gas from a car, which is made up of longer carbon molecules represented by iso-hexan. Part of the calibration therefor is to convert the optical absorbance of propane in the instrument to an equivalent one for hexan with the help of a PEF-factor. This factor is individual for each instrument and roughly 0,5. In the case of Opus 40 it is marked on the instrument.

Whereas Swedish authorities only demand one combination of gas components the Norwegian authorities prescribe to use two gas bottles with different amounts of the three component CO, CO_2 and C_3H_6, one with low and one with high concentrations of them. However, no strict specifications is given which concentrations should be used.

Essential for any comparison is to provide suitable inter-comparison values against which every single result (correction or error) is to be compared. In the actual case participants performed the calibration at different concentrations. If the calibration object could be expected to have the same indication error over the whole measurement range an average correction could serve as comparison reference (consensus value). Or if several (say six or more) independent bottles with certified concentrations were available stretching over a suitable concentration range a “neutral reference correction curve” could be defined to which the individual participants result at varying concentration could be compared. However, what was available were only two certified extra gas bottles with the four gas components in low and high concentration bought by the organizer, who was the only one to know the specified concentrations.

Now the comparison was performed in that way that a participant made its ordinary calibration with his own reference gas bottle(s) and reported the result. No adjustments of the instrument were allowed. Then the same measurement was repeated and documented with the two extra gas bottles with unknown content. In that way 2 times 14 extra concentration data for the same gas specification could be used to analyze the outcome of the comparison. Based on two times 14 individual results and two times 14 common results from the two extra gas bottles a “correction curve” for each gas component was defined using fitted 2-degre polynomials.

Opacimeter calibration

The calibration of Opus 100 is performed in a similar way as Opus 40. Normally the participants use two calibrated grey glass filters simulating known absorptions (opacity values). These two filters are inserted after each other into a slot between a light source and a detector damping the intensity registered. The amount of opacity is read off the instrument display in both % and as a k-value in m^{-1}. The difference between the calibrated value of the reference glass and the instrument indication is given as the found correction or error of the calibrated instrument.

As the filters used by the participants span over an unknown opacity range 4 extra reference filters were purchased by the organizer and calibrated with the ambition to provide at least four independent opacity reference points. Thus, after each usual calibration each participant also measured these four for them unknown filters giving 4 times 14 reference data points. Together with the reported correction data from the participants filter these data was plotted as function of filter opacity and fitted using a 2-degree polynomial to define an "intercomparison reference curve" in both units % and m^{-1}.

Evaluation of the inter-comparison

The result of this intercomparison is provided in several tables and diagrams, one for each measurement. The tables contain the certified values (gas or opacity), the displayed values (gas or opacity) the correction and belonging uncertainty stated by the participants. Instead of one single comparison reference value for each measurement point (gas concentration or filter opacity) individual reference values were presented calculated based on the mentioned reference curves together with their calculated uncertainties.

The difference between the participants corrections and the calculated reference correction for each point are listed as well and used to calculate the various En-values. The En-value simply sets the mentioned difference between reported correction and reference correction in relation to the uncertainty in this difference. An En-value is acceptable as long as this difference is smaller than the difference uncertainty itself, i.e. $|En| \leq 1$.

Of 81 En-values related to the gas calibration only 5 exceeded this limit, the rest predominantly had very low EN-values.
For the opacity calibration 54 results (27 in % and 27 in m^{-1} units) were reported. Three participant results were not accepted in forming the reference curve as they were discarded as outliers (3 in both units). This leaves 48 En-values of which 43 acceptable and 5 larger than 1.

Rating of the outcome

To valuate this outcome fairly a few important comments must be made. A comparison of measurement results should imply that all are related to the same points on a measurement scale. Although two narrow limits for gas concentrations and opacity filters (low and high) were specified in the preparations the participants had broad variety excluding single reference values for comparison. The comparison of individual results to a generated reference curve covering a reasonable part of the instrument's measuring range is not an ideal resolution. However, as long as there is no harmonization in using the same specifications in gas concentrations and opacity values, it is the only practical solution.

The Opus 40 gas meter exhibited reasonable correction behaviour over the interesting measurement range. This unfortunately was not the case for the Opus 100 opacity meter. For high opacity values the derived correction curve departed strongly from the reported participant results. The curious behaviour depended on the data from extra filter with the highest opacity, which does seem not fitting in the participant results from their own filters. This filter was calibrated a second time after the comparison at a different laboratory, but with the same result. Still there might be a problem with this filter that is not found yet. Without the correction data found for this filter the fitting of the rest would have resulted in

a much smother correction curve with the consequence that even the high-end opacity data were accepted with En < 1. When locking to the details it is astonishing that all participants presented a god accord on all four unknown extra filters even for the high-end one. This actually means, given all would use the "same" filter opacity, the participants practically also perform the same correction result, despite several calculated En-values > 1.

Bakgrund

Denna rapport utgör en del i en bredare kalibreringsjämförelse mellan norska och svenska operatörer som bredvid gas- och opacitetsmätinstrument även omfattar olika rullbromsprovare, manometer, retardationsmätare och strålkastarinställningsutrustning.
Det har tidigare genomförts några kalibreringsjämförelser (SLP/ILC) mellan norska aktörer på mätutrustning avsedd för test av motorfordon (PKK området). De har organiserats av Justervesenet och Swedish Metrology and Quality (SMQ).
Denna typ av kalibreringar baseras på önskemål från en samrådsgrupp i Norge, ABL Autobransjens Leverandørforening om praktiska behov av instrument för denna jämförelsekalibrering (ILC-SLP).
En annan omständighet är att kravet på kvalificerade jämförelsekalibreringar tydliggjorts i standarden ISO/IEC 17025:2017

Syftet med denna jämförelse

Denna jämförelsekalibrering fungerar som ett hjälpmedel att verifiera resultat av kalibreringar från olika laboratorier Det är en erkänd metod för att visa den tekniska kapaciteten hos kalibreringslaboratorier som en bas för ackrediteringen som krävs av by ISO/IEC 17025:2017 (SS-EN ISO/IEC 17025:2018) som specificeras i punkt 7.7.2.

Rådgivningsgrupp

Genomförande av denna ILC bygger på rekommendationer i en rådgivande grupp för jämförelsekalibreringar bestående av Peter Lau MNE Konsult och Håkan Källgren SMQ i samarbete med den norska gruppen Auto Branschens Branschförening.
I samband med planeringen av denna jämförelse kontrakterades även en expert på detta område.
Lars Kristian Gram är project manager i Danish environmental protection agency's (Miljøstyrelsen) Referencelaboraty och senior project manager in FORCE Technology in Denmark.
Auto Branschens Branschförening beslutade om vilka instrument som skall kalibreras i denna jämförelse.

Kalibreringsobjekt och mätuppgift

Som kalibreringsobjekt bestämdes ett kombinationsinstrument en gasmätare Opus 40 med en tillsats Opus 100 som opacitetsmätare. Kalibreringsuppgiften består i första fallet av att simulera mätningen av bilavgaser genom att ansluta en gasflaska innehållande 4 gaskomponenter (CO, CO_2, O_2 och C_3H_8) i låga koncentrationer på en grundgas av N_2 och att jämföra de från displayerna avlästa värden med de certifierade koncentrationer i gasflaskan. Denna mätning upprepas sedan med en andra gasflaska som innehåller samma gaser i högre koncentrationer. Kalibreringsresultatet anges som differens mellan de certifierade koncentrationsvärden och de avlästa, dvs. skillnaden utgör en korrektion på de senare. Korrektionen avser gaserna CO, CO_2 och C_3H_8 medan syret O_2 inte omfattas av kalibreringen. Då kolväten HC i bilavgasen representeras av hexan C_6H_{14} som är en dubbel så lång molekyl än propan C_3H_8 behöver hänsyn tas till ett för varje instrument angivet PEF- värde av ca.0,5 (hexan absorberar ca. dubbelt så mycket ljus som propan i mätcellen).
Opacitetsmätaren skall mäta tätheten i dieselavgaser och kallas ibland även rökgasmätare. Vid kalibrering simuleras röktätheten med hjälp av två olika kalibrerade opacitetsfilter. Dessa består av grå glas vars opacitet är oberoende av det absorberade ljusets våglängd. Vid kalibrering skjuts ett filter åt gången in i ett slott mellan instrumentets ljuskälla och detektor och dämpar ljuset i likhet med rök i

mätkanalen. Opaciteten avläses både i enheten % och som k-värde med enheten m^{-1} och jämförs med det kalibrerade filtervärden. Skillnaden dokumenteras som korrektion till det avlästa värdet. Kalibreringsjämförelsen består för bägge instrument i att varje deltagares korrektion k_i i sin tur jämförs med ett referensvärde k_{ref} som utgör den bästa kända korrektionen för instrumentet i fråga. Det gäller att definiera ett sådant värde för varje gas i två koncentrationer och två opacitetsvärden som skall representera instrumentets kända beteende.

Jämförelsens referensvärden för korrektion

I samband med en kalibreringsjämförelse bestäms normalt ett antal fasta, i förväg överenskomna, mätpunkter. Typiskt väljs 5 eller fler fördelade över ett instruments mätområde. I dessa mätpunkter bestäms sedan de 5 (eller fler) relevanta referensvärden som alla deltagarresultat skall mätas mot. Dessa referensvärden tas fram antingen genom ett bättre mätförfarande från en aktör med lägre mätosäkerhet eller oftast genom ett konsensusvärde baserat på deltagarnas rapporterade mätvärden. En oundviklig förutsättning är dock att alla resultat hänför sig till samma mätpunkter för en rättvis bedömning då ett instruments felvisning ofta varierar över mätområdet, vilket ju är anledningen varför kalibrering behövs.
De här förutsatta förhållande är för de aktuella instrumenten med enbart 2 mätpunkter, som var godtyckligt fördelat över området, inte uppfyllda.

Då de olika deltagare använder helt olika gaskoncentrationer (både låga och höga) och även rätt olika filtervärden är det en grannlaga uppgift att bestämma rättvisa referenskorrektionsvärden. Att uppdra uppgiften till ett referenslaboratorium står inte till buds. Och att använda enkla konsensusvärden skulle leda till ett alldeles för godtyckligt utfall beroende på instrumentens varierande felvisning över mätområdet. Ansatsen som här i stället valdes utgår ifrån att låta alla deltagare utöver de egna medtagna gasflaskor och filter även använda två extra gasflaskor och fyra extra filter (värden bara kända för organisatören). På så sätt bestämdes korrektionsvärden på många olika ställen fördelat över instrumentens arbetsområde. Detta ledde till att det för de tre gaser med 2 koncentrationer och två filter som deltagarna använde inte bestämdes tio gemensamma referenskorrektionsvärden (3 x 2 för gas och 2 för opacitet och 2 olika måttenheter) utan fem ”referenskorrektionsfunktioner” med vars hjälp korrektionsvärden kan beräknas som tar hänsyn till var inom respektive mätområde deltagarnas certifierade gas- och filtervärden verkligen ligger. Hur dessa referensfunktioner bestäms beskrivs i annex 1 och annex 2. Dessa avsnitt är viktiga för förståelsen hur dessa korrektionskurva kan tjäna som referensvärden i jämförelsen.

Närmare information om denna kalibreringsjämförelse

Information om denna kalibreringsjämförelse gavs på 2 sätt:

- På web https://smquality.se/interlaboratory-comparisons-ilc
- Mejl till alla ackrediterade på detta område i Sverige och Norge

Detaljerad information med beskrivning av denna SLP/ILC publicerades på smquality.se och är bilagd denna rapport som annex 2

Deltagande laboratorier och logistikschema för jämförelsen

Denna kalibreringsjämförelse genomfördes under en vecka vid Würth huvudkontor (Würth Norge As Morteveien 12 1481 Hagan. Ett planeringsschema gav de olika laboratorierna 3 timmar vardera att genomföra kalibreringarna i ett avskilt rum så att de olika deltagarna inte hade möjlighet att se andra laboratoriers kalibreringsmetodik.
De flesta laboratorierna har en ackreditering på detta område från Norsk Ackreditering eller Swedac.

Önskade kalibreringspunkter

Avgasmätare

- CO – (lågt värde 0,3 to 0,9 %; högt värde 4,2 to 5 %)
- CO_2 - (lågt värde 3,5 to 6 %; högt värde 14 to 15 %)
- HC (propan (lågt värde 200 to 700 ppm; högt värde 1900 to 3400 ppm)

Skall ges i vol.% för norska laboratorier (baserat på lagstiftning).

Opacimeter – minsta antal

- Opacimeter - 2 filter

Planeringsdetaljer

Dokumentationsprotokollet utfört i excel (Annex 4) fylldes och överlämnades till organisatören direkt efter kalibreringen (i digital form eller på papper). De signerade kalibreringsbevisen skulle sedan levereras till organisatören inom en vecka efter genomförd kalibrering.

Organisatören tillämpar principerna I ISO/IEC 17043:2010 i rapportering av denna jämförelse. Deltagarna ombads att använda den egna metodiken för kalibreringarna. Kalibreringsbevisen skulle vara kompletta och innehålla mätvärden och osäkerheter för de kalibrerade värdena. Det gavs även möjligheter för laboratorierna att ge extra information.

Administrative information

Address för att sända dokument:
Swedish Metrology and Quality AB Håkan Källgren Dragspelsgatan 21 SE-504 72 Borås, Sweden e-mail: hakan.kallgren@smquality.se Phone: +46705774931

Kalibreringsjämförelsens princip

I denna ILC jämförs deltagarnas protokollerade korrektionsvärden inte direkt utan deras differens mot en referenskorrektion för samma gaskoncentration eller opacitetsvärde. Tillsammans med deltagarnas uppgivna mätosäkerhet och referensvärdens osäkerhet beräknas deltagarnas En-värde enigt ekvationen nedan.

Ett absolutvärde av En som är mindre än 1 tillämpas som ett kriterium för en acceptabel kalibreringskvalitet enligt ISO/IEC 17043:2010, B.4.1.1

Analys av kalibreringsvärdena för gasmätning

Bakgrunden för gasjämförelsen

Med en avgasmätare som Opus 40 mäts koncentrationen av de fyra gaserna kolmonoxid (CO), koldioxid (CO2), Syre (O2) och olika högre kolväten (HC) representerat av iso-hexan. Dess kalibrering utförs genom att apparaten suger in en speciell blandning av dessa från en gasflaska som innehåller dessa med väl specificerade koncentrationer och kväve (N2) som grundgas. I instrumentets displayer visas dessa koncentrationen och jämförs med flaskans specificerade värden. Några av deltagarna anger kalibreringens resultat som korrektion (gasflaskans koncentrationsvärden minus från instrumentets avlästa koncentrationer för de tre komponenter CO, CO2 och HC). De flesta deltagare anger i bevisen i stället den omvända differensen (mätfelet) som avvikelse och några nöjer sig med att bara ange referensgas- och avläst koncentration av de tre gaser. I denna jämförelse listas deltagarnas fastslagna korrektioner jämfört med en referenskorrektion. En besvärande omständighet, inte bara för det valda kalibreringsobjektet, är att gasblandningen innehåller propan (C3H8), men att analysen avser de i

bilavgaser förekommande längre molekyler där typiskt hexan-koncentrationen skall visas. Instrumentet sköter detta internt genom att räkna om propanhalten som om det handlade om hexan, vilket sker med hjälp av en PEF-faktor som brukar vara ca. 0,5 och anges för Opus 40 individuellt för varje apparat. Den som utför kalibreringen måste beakta denna omräkning för jämförelsen mellan den medhavda gasflaskans propan- och instrumentets visade hexan-koncentration.

Avgasjämförelseresultat för tre gaser i låg och hög koncentration

Varje deltagare Pi protokollerade de använda flaskornas certifierade gaskoncentrationer C_{cer};Pi tillsammans med de på instrumentet avlästa koncentrationer C(Pi) samt den därav följande korrektionen k(C;Pi). Dessa jämfördes sedan med den bästa referenskorrektionen K(C) som bestämdes individuellt för varje angiven gaskoncentration C_{cer};Pi. Differensen mellan den fastslagna korrektionen k(C;Pi) och det beräknade referensvärde K(C_{cer};Pi) används för bedömningen av koncentrationsjämförelsen för varje deltagare Pi med ett En-värde som beräknas enligt följande föreskrift och absolutvärdet bör vara mindre än 1.

$$E_n = \left| \frac{k(C;Pi) - K(C_{cer};Pi)}{\sqrt{U^2(k(Pi)) + U^2(K(C_{cer}))}} \right| \leq 1$$

k(C;Pi): det av varje deltagare Pi fastställda korrektionsvärde vid gaskoncentrationen C
K(C_{cer};Pi): den för den certifierade gaskoncentration C_{cer} beräknade referenskorrektionsfunktion
U(k(PI)): den av de olika deltagarna Pi rapporterade osäkerheten (beroende på gas och gashalt)
U(K(C_{cer})): osäkerheten i den beräknade korrektionsfunktionen för varje gas och angiven gashalt

Nämnaren återger osäkerheten i täljarens differens och bör vara större än täljaren för En ≤ 1.

I de följande tabellerna jämförs alla ovan nämnda parameter i olika spalter. Diagrammen återger alla deltagares fastställda korrektioner tillsammans med den uppgivna osäkerheten.

Resultat för kolmonoxid CO (allt i enheter vol%)

Table 1. Result from 14 participants using their own reference gas CO in bottle 1 (low concentration) and their found corrections.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Partici-pant	Used reference concentr. C_{cer}	Recorded concen-tration C;Pi	Stated correction k(C;Pi)	Stated un-certainty U(k(C;Pi))	Calc. Ref. concentra-tion K(C_{cer})	Unc. ref. correction U(K(C_{cer}))	Deviation D(C;Pi) from K(C_{cer})	En-value
P1	0,502	0,51	-0,008	0,02	-0,008	0,006	0,000	**0,00**
P2	0,502	0,52	-0,018	0,02	-0,008	0,006	-0,010	**-0,48**
P3	1,509	1,54	-0,031	0,07	-0,008	0,012	-0,023	**-0,32**
P4	0,500	0,51	-0,010	0,03	-0,008	0,006	-0,002	**-0,07**
P5	1,500	1,51	-0,010	0,04	-0,008	0,012	-0,002	**-0,04**
P6	0,501	0,51	-0,009	0,02	-0,008	0,006	-0,001	**-0,05**
P7	1,515	1,54	-0,025	0,07	-0,008	0,012	-0,017	**-0,23**
P8	0,497	0,51	-0,013	0,03	-0,008	0,006	-0,005	**-0,16**
P9	0,496	0,50	-0,004	0,02	-0,008	0,006	0,004	**0,18**
P10	1,190	1,21	-0,020	0,38	-0,010	0,010	-0,010	**-0,03**
P11	0,967	0,98	-0,013	0,04	-0,010	0,009	-0,003	**-0,07**
P12	1,000	1,01	-0,010	0,04	-0,010	0,009	0,000	**0,00**
P13	1,500	1,51	-0,010	0,04	-0,008	0,012	-0,002	**-0,04**
P14	1,000	1,01	-0,010	0,03	-0,010	0,009	0,000	**0,00**
R	1,201	1,207	-0,006	0,010	-0,010	0,010	0,004	0,28

Förklaringar till tabell 1 och efterföljande tabeller:

De olika deltagare är listade i vänster spalten men kalibreringen utfördes inte i denna ordning. Ur spalt 2 framgår den certifierade koncentration C_{ref} av deras CO-halt i flaska 1 (låg gashalt). Spalt 3 visar värdet C;Pi som registrerades av gasmätaren. Differensen anger den fastställda korrektion k(C;Pi) som listas i spalt 4. Spalt 5 återger den uppgivna mätosäkerheten U(k(C;Pi). Det med hjälp av korrektions-kurvan (se Annex 1) beräknade referensvärde K(C_{cer}) för varje gashalt C i spalt 2 visas i spalt 6 med tillhörande osäkerhetsbedömning U(K(C_{cer})) i spalt 7. Den senare varierar med gashalten. Den viktiga informationen för jämförelsen finns i spalt 8, nämligen differensen D(C;Pi) mellan de olika angivna korrektionsvärden (spalt 4) och de beräknade referensvärden (spalt 6). Sista spalten nr 9 slutligen åter-ger de beräknade En-värden. Sista raden anger samma information om den av alla deltagare uppmätta CO-halt i första extra referensflaskan. Beroende på hur nära den beräknade referenskurvan kommer detta värde blir även tillhörande En-värdet större eller mindre. Då dess osäkerhet (medelvärde av 14 mätningar) är klart lägre än deltagarnas kan En-värdet i jämförelse ändå kan bli stor.

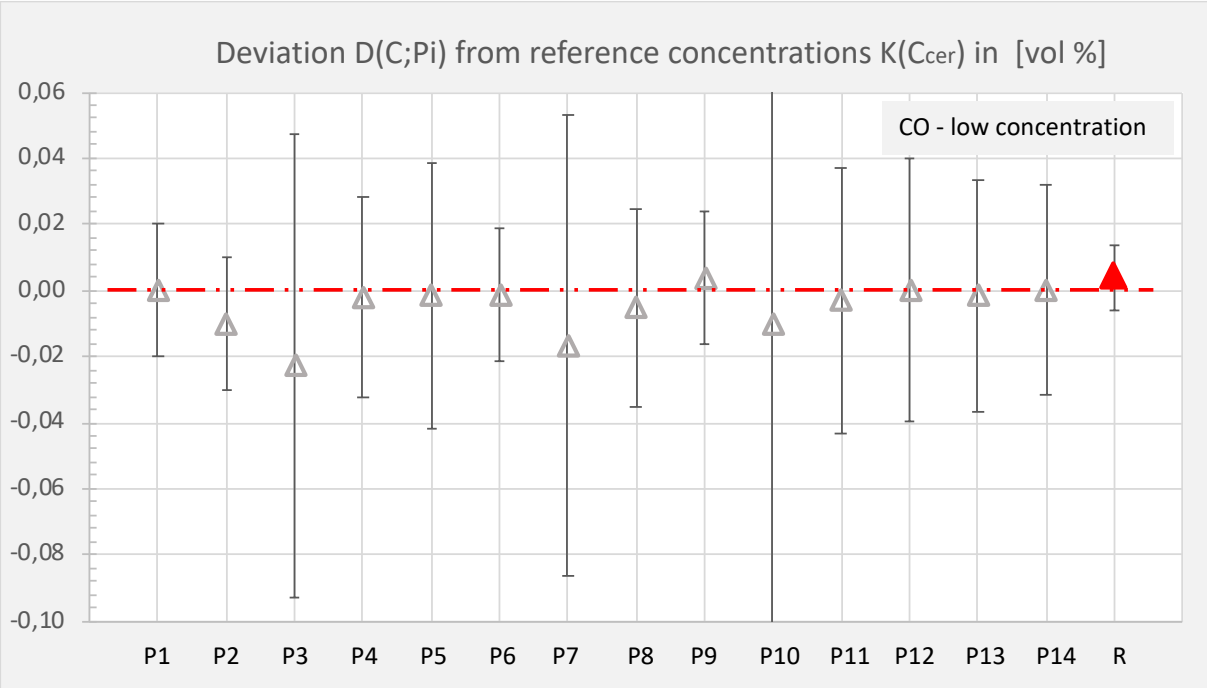

Diagram 1. Values in column 8 of table 1 (deviations from the correction curve K(Cref) in graphical form together with the stated calibration uncertainties U(k(C;Pi)) in column 5 of table 1. In this representation the red zero line means a reported correction coincides with the best correction curve based on all measurement results.

Som framgår av diagrammet överlappar alla deltagarresultaten med sin osäkerhet det referensvärde (noll-linjen) som anger den bästa korrektionen som beräknats för de olika certifierade CO-halterna, vilket har sin motsvarighet i relativ låga En-värden. Här stämmer deltagarna således väl överens med varandra.

Table 2 Participants correction results with varying content of CO in bottle 2 (high concentration).

Partici-pant	Used reference concentr. C_{cer}	Recorded concen-tration C;Pi	Stated correction k(C;Pi)	Stated un-certainty U(k(C;Pi))	Calc. Ref. concentra-tion K(C_{cer})	Unc. ref. correction U(K(C_{cer}))	Deviation D(C;Pi) from K(C_{cer})	En-value
P1	4,51	4,433	0,077	0,07	0,079	0,029	-0,002	**-0,03**
P2	4,00	3,92	0,080	0,04	0,055	0,026	0,025	**0,52**
P3	3,527	3,50	0,027	0,07	0,036	0,023	-0,009	**-0,12**
P4	4,053	4,03	0,023	0,05	0,057	0,026	-0,034	**-0,61**
P5								
P6	4,49	4,42	0,067	0,09	0,078	0,029	-0,011	**-0,12**
P7	3,529	3,51	0,019	0,07	0,036	0,023	-0,017	**-0,23**
P8	4,213	4,21	0,003	0,05	0,065	0,027	-0,062	**-1,08**
P9	4,107	4,07	0,037	0,12	0,060	0,027	-0,023	**-0,19**
P10	4,51	4,44	0,070	0,39	0,079	0,029	-0,009	**-0,02**
P11	4,008	3,96	0,048	0,04	0,055	0,026	-0,007	**-0,16**
P12	4,48	4,44	0,040	0,06	0,078	0,029	-0,038	**-0,57**
P13	3,39	3,38	0,010	0,08	0,031	0,023	-0,021	**-0,27**
P14	4,32	4,28	0,045	0,06	0,070	0,028	-0,025	**-0,39**
R	4,082	4,014	0,068	0,025	0,059	0,026	0,010	0,26

Deltagare P5 använder normal bara en gasflaska med låg CO koncentration för kalibreringen. De uppgivna mätosäkerheterna har liksom den beräknade osäkerheten för de olika referens-värden ökat.

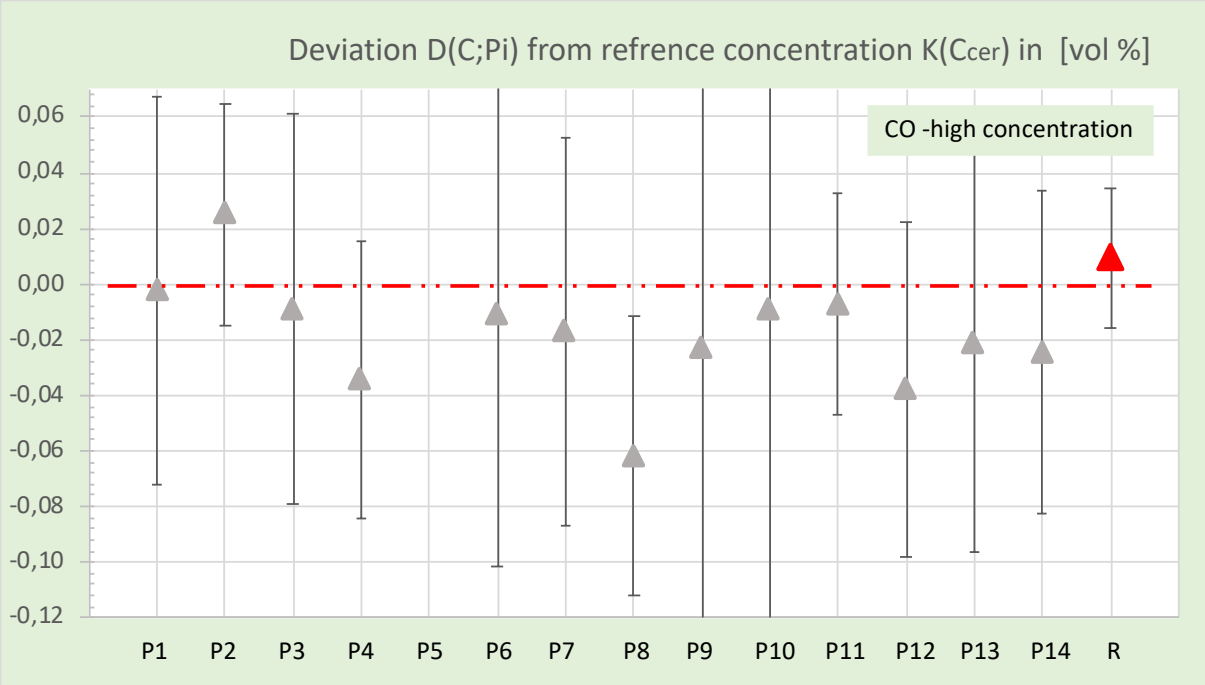

Diagram 2. At high CO-concentration P5 delivered no result. Uncertainty claims are somewhat larger (enlarged scale) compared to low concentration. Together with the somewhat increased reference uncertainty of up to ±0,029 vol % from red reference line all but one En-value still very satisfying.

Kommentar:
Trots påtagliga skillnader i referensgaskoncentrationer är samstämmigheten mellan deltagarnas ka-libreringsresultat förvånansvärt bra.

Resultat för koldioxid CO2 (allt i enheter vol%)

Table 3. 14 results at various certified low concentrations of CO2 (bottle 1)

Partici-pant	Used reference concentr. C_{cer}	Recorded concen-tration C;Pi	Stated correction k(C;Pi)	Stated un-certainty U(k(C;Pi))	Calc. Ref. concentra-tion K(C_{cer})	Unc. ref. correction U(K(C_{cer}))	Deviation D(C;Pi) from K(C)	En-value
P1	5,96	5,87	0,09	0,20	0,119	0,056	-0,026	***-0,12***
P2	6,44	6,4	0,04	0,07	0,122	0,059	-0,082	***-0,89***
P3	11,08	11	0,08	0,30	0,155	0,090	-0,075	***-0,24***
P4	3,55	3,4	0,15	0,10	0,101	0,040	0,052	***0,48***
P5	10,99	10,8	0,19	0,60	0,154	0,090	0,036	***0,06***
P6	6,01	5,9	0,11	0,20	0,119	0,057	-0,009	***-0,04***
P7	11,01	10,8	0,21	0,30	0,154	0,090	0,056	***0,18***
P8	3,48	3,4	0,08	0,10	0,101	0,040	-0,021	***-0,19***
P9	3,571	3,5	0,07	0,12	0,101	0,040	-0,030	***-0,24***
P10	4,98	4,9	0,08	0,34	0,112	0,050	-0,032	***-0,09***
P11	5,03	4,9	0,13	0,20	0,112	0,050	0,013	***0,06***
P12	5,00	4,8	0,20	0,20	0,112	0,050	0,088	***0,43***
P13	11,25	11,1	0,15	0,29	0,156	0,092	-0,006	***-0,02***
P14	6,08	5,9	0,18	0,15	0,120	0,057	0,060	***0,38***
R	4,981	4,87	0,109	0,05	0,112	0,050	-0,002	*-0,03*

Kommentar:
Jämfört med CO visar CO_2-resultaten en tydlig ökad mätosäkerhet både för de angivna korrektionsvärden och även för den beräknade referenskorrektionen.

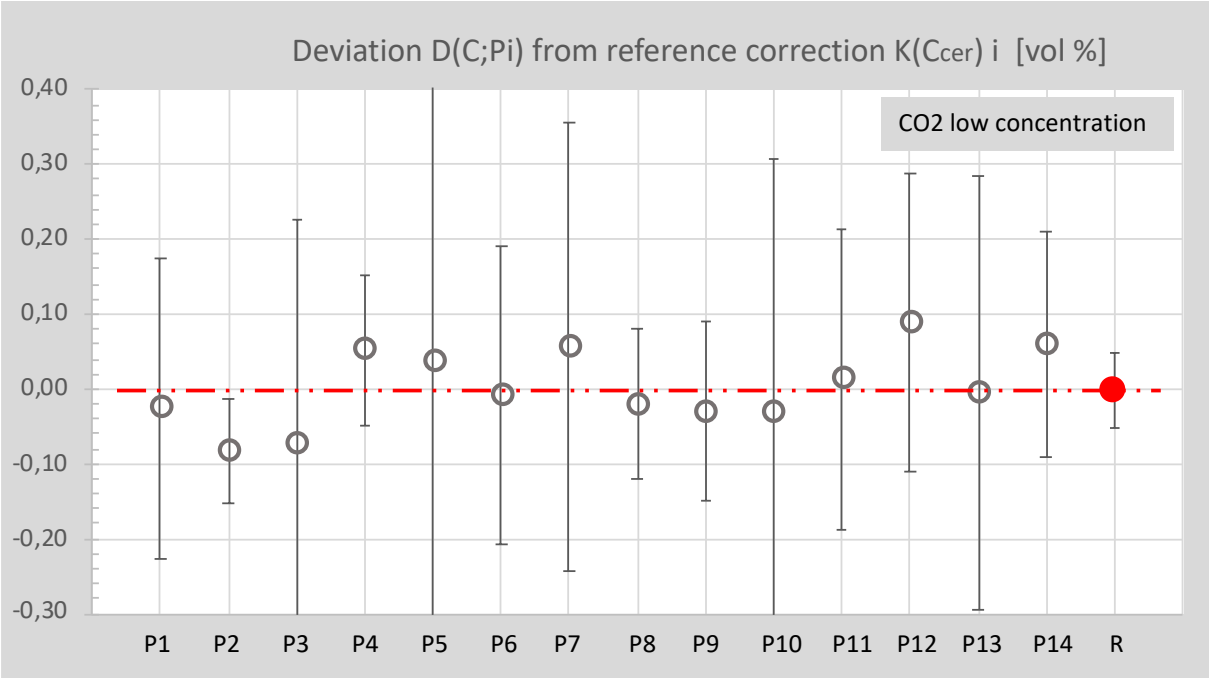

Diagram 3. At low CO_2-concentrations all results are close to the red reference line representing the calculated reference curve. The red reference point is the difference between the certified extra gas bottle and the average of the 14 determined concentrations by Opus 40.

Kommentar: Som framgår av diagram 3 överlappar alla de angivna osäkerhetsvärden förutom en mycket bra det röda referenskorrektionsvärdet och den röda referenslinjen, vilket genomgående leder till låga En-värden.

Table 4. Result table for high CO2 concentrations referring to bottle 2 of the participants.

Partici-pant	Used reference concentr. C_{cer}	Recorded concen-tration C;Pi	Stated correction k(C;Pi)	Stated un-certainty U(k(C;Pi))	Calc. Ref. concentra-tion K(C_{cer})	Unc. ref. correction U(K(C_{cer}))	Deviation D(C;Pi) from K(C_{cer})	En-value
P1	14,00	13,87	0,13	0,20	0,175	0,110	-0,042	***-0,18***
P2	14,00	14,10	-0,10	0,15	0,175	0,110	-0,275	***-1,48***
P3	14,03	14,00	0,03	0,30	0,175	0,110	-0,145	***-0,45***
P4	14,22	14,10	0,12	0,20	0,177	0,111	-0,057	***-0,25***
P5								
P6	14,00	13,77	0,23	0,30	0,175	0,110	0,055	***0,17***
P7	14,06	13,90	0,16	0,30	0,175	0,110	-0,015	***-0,05***
P8	14,30	14,00	0,30	0,20	0,177	0,112	0,123	***0,54***
P9	14,11	13,90	0,21	0,18	0,176	0,111	0,034	***0,16***
P10	13,00	12,80	0,20	0,34	0,168	0,103	0,032	***0,09***
P11	13,90	13,80	0,10	0,20	0,174	0,109	-0,074	***-0,33***
P12	14,02	13,70	0,32	0,20	0,175	0,110	0,145	***0,63***
P13	13,61	13,50	0,11	0,34	0,172	0,107	-0,062	***-0,17***
P14	14,00	13,90	0,10	0,21	0,175	0,110	-0,075	***-0,32***
R	13,162	12,986	0,176	0,104	0,169	0,104	0,007	*0,05*

Kommentar: En deltagare använder bara en gaskoncentration. Trots att deltagarnas CO_2 koncentration i flaska 2 ligger mycket närmare varandra än vid låga koncentrationer (flaska 1) sprider de uppgivna korrektionsvärden klart mer.

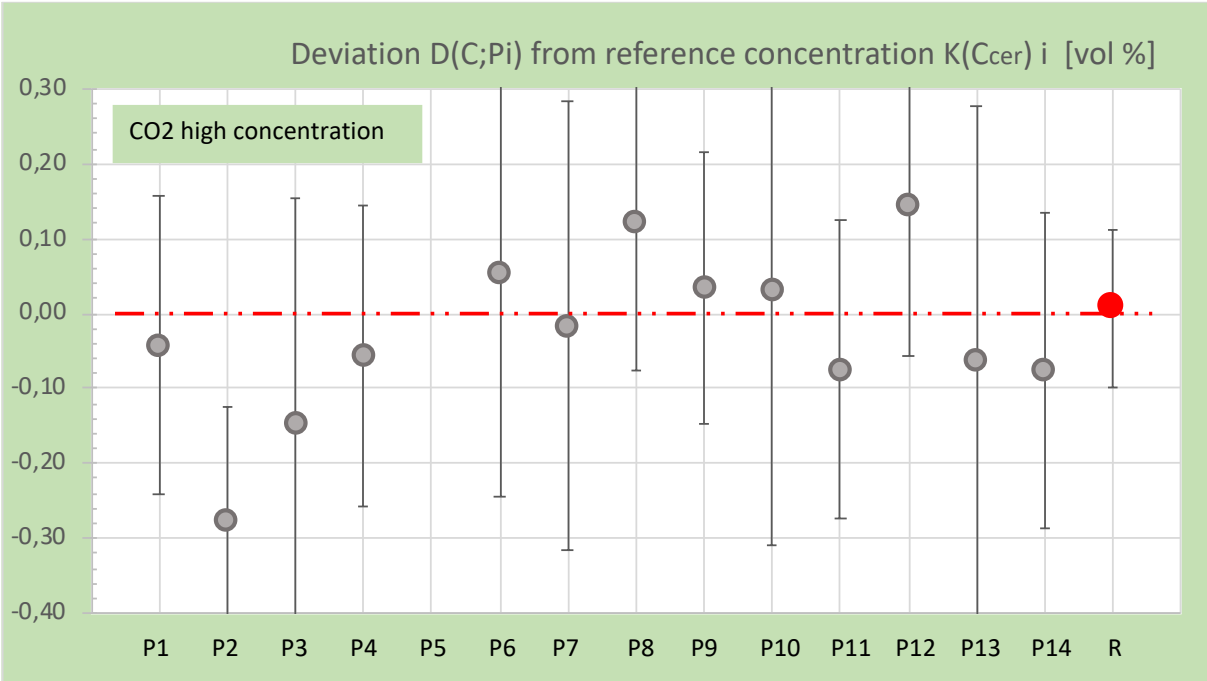

Diagram 4. For high CO_2-concentration a larger spread around the red reference line is observed although there is less variation in the participants certified gas concentrations.

Kommentar: Trots deltagarnas större spridningen (avstånd från den röda referenslinjen) vid högre gashalt så är ändå bara ett En-värde över 1. Orsaken är i första hand ett bredare osäkerhetsband (≈±0,11 vol %) kring den röda referenslinjen som alla andra resultat överlappar med marginal.

Resultat för kolväten (propanhalt omräknad till hexanhalt - enheter vol ppm)

Table 5. Correction result for HC in low concentrations referring to participants bottle 1

Partici-pant	Used reference concentr. C_{cer}	Recorded concen-tration C;Pi	Stated correction k(C;Pi)	Stated un-certainty U(k(C;Pi))	Calc. Ref. concentra-tion K(C_{cer})	Unc. ref. correction U(K(C_{cer}))	Deviation D(C;Pi) from K(C_{cer})	En-value
P1	200	197	2,34	8	0,457	3,94	1,88	***0,21***
P2	24,4	32	-7,65	2	-1,268	2,88	-6,38	***-1,82***
P3	294	293	1,44	19	1,433	4,51	0,01	***0,00***
P4	489	492	-3,05	9	3,532	5,69	-6,58	***-0,62***
P5	300	295	4,51	14	1,486	4,55	3,02	***0,21***
P6	99	102	-3,14	8	-0,548	3,33	-2,59	***-0,30***
P7	297	297	0,46	42	1,464	4,53	-1,00	***-0,02***
P8	494	492	2,00	6	3,588	5,72	-1,59	***-0,19***
P9	486	484	2,03	11	3,500	5,67	-1,47	***-0,12***
P10	303	301	1,91	21	1,521	4,57	0,39	***0,02***
P11	372	366	5,58	6	2,250	4,98	3,33	***0,43***
P12	383	377	6,27	10	2,375	5,05	3,89	***0,35***
P13	290	291	-1,00	17	1,386	4,49	-2,39	***-0,14***
P14	293	292	0,69	6,9	1,414	4,50	-0,73	***-0,09***
R	344,09	341,3	2,84	4,81	1,956	4,82	0,88	*0,13*

De certifierade gasblandningar räcker från låga 24 till höga 494 vol ppm hexan omräknat från certifierade propangaskoncentrationer. Den lägsta gaskoncentrationen är också den som får ett högt En-värde.

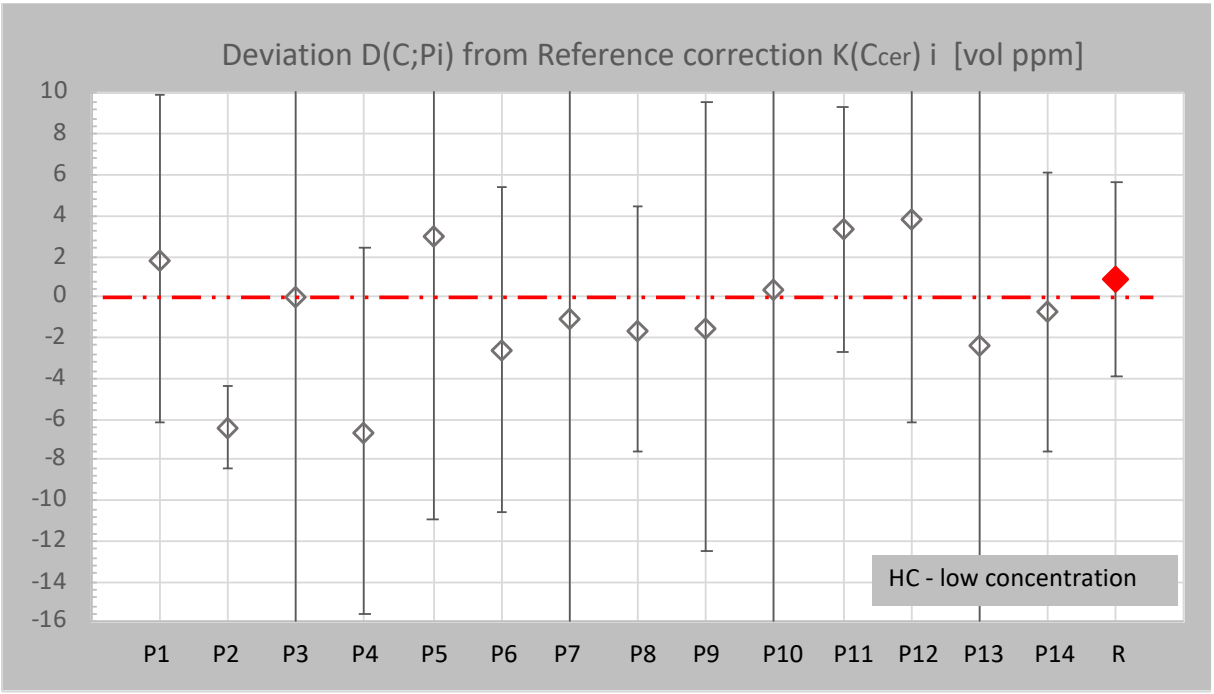

Diagram 5 Only little spread for low HC-concentration is observed. Concerning the participants stated uncertainties with their correction results the consistency among participants is very good.

Kommentar: Bland mycket låga En-värden är ett klart utanför [-1;+1]. Anledningen är i huvudsak den mycket lågt angivna osäkerheten (jämför med P4).

Table 6 High HC-concentration results referring to participants bottle 2

Partici-pant	Used reference concentr. C_{cer}	Recorded concen-tration C;Pi	Stated correction k(C;Pi)	Stated un-certainty U(k(C;Pi))	Calc. Ref. concentra-tion K(C_{cer})	Unc. ref. correction U(K(C_{cer}))	Deviation D(C;Pi) from K(C_{cer})	En-value
P1	1558	1538	20,40	50	17,39	12,2	3,01	***0,06***
P2	1727	1671	56,39	18	19,94	13,2	36,45	***1,63***
P3	994	998	-4,03	42	9,59	8,7	-13,62	***-0,32***
P4	1863	1843	20,26	23	22,06	14,0	-1,80	***-0,07***
P5								
P6	1568	1547	21,47	65	17,54	12,2	3,93	***0,06***
P7	994	1001	-6,55	42	9,60	8,7	-16,14	***-0,38***
P8	1870	1832	38,00	13	22,17	14,0	15,83	***0,83***
P9	1876	1850	26,41	19,5	22,27	14,1	4,14	***0,17***
P10	1841	1828	12,86	42	21,71	13,9	-8,85	***-0,20***
P11	1600	1550	50,28	20	18,02	12,4	32,27	***1,37***
P12	1530	1503	26,67	24	16,97	12,0	9,70	***0,36***
P13	930	937	-7,00	22	8,77	8,4	-15,77	***-0,67***
P14	1763	1744	18,94	23	20,49	13,4	-1,55	***-0,06***
R	1608,3	1592,1	16,23	12,5	18,14	12,5	-1,90	*-0,11*

Spridningen mellan de angivna korrektionsresultaten är högre vid höga HC-koncentration trots att variationen i gasspecifikationen inte är större än för låga koncentrationer.

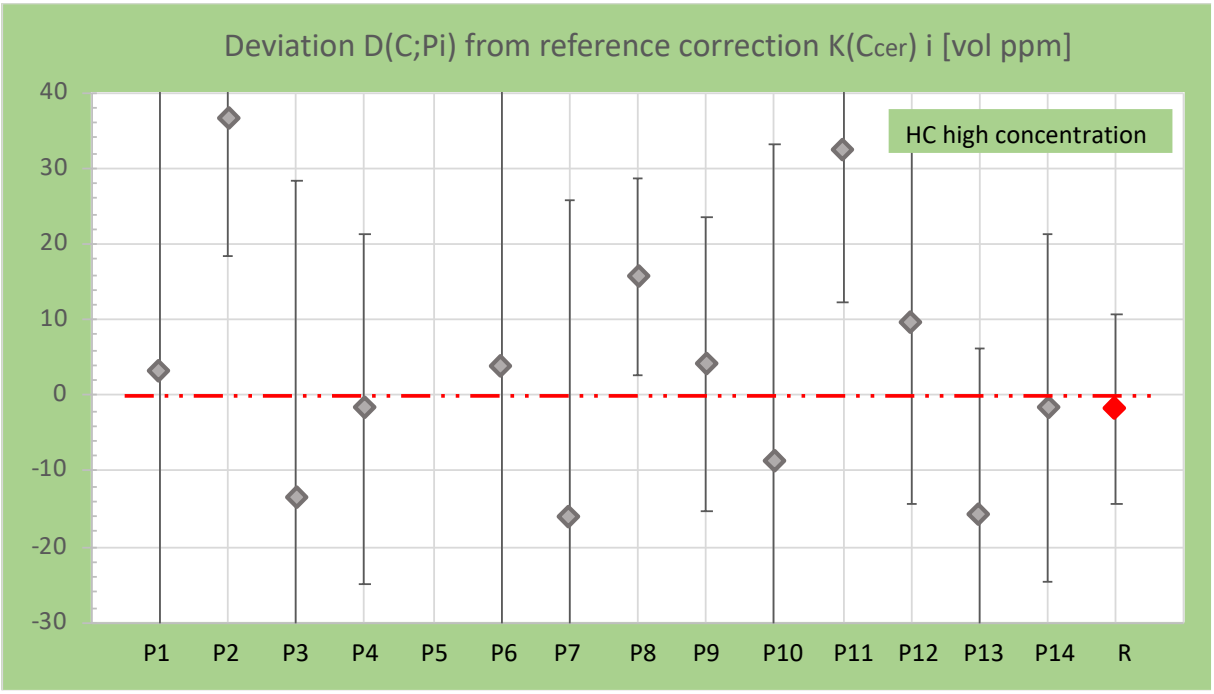

Diagram 6. Some larger spread is observed at high HC-concentrations. Just two results P2 and P11 do not overlap adequately with the uncertainty band (from ≈±8 to ≈±14 vol % - see table 6 column 7) around the red reference line, depending on the actual concentration.

Kommentar: I idealfall skulle man förvänta sig att referenspunkten sammanfaller med den beräknade referenslinjen (noll-linjen i diagrammet). I de flera diagrammen var detta nästa uppfyllt. Med en större spridning mellan deltagarresultaten kan den anpassade korrektionskurva inte träffa det korrektionsvärdet så bra som hör till den extra referensgasflaska 2 med höga HC halter. Därmed blir det en synlig differens och även ett En-värde skilt från 0.

Sammanfattande bedömning av avgas-jämförelsen

Som tabellerna 1 till 6 och tillhörande diagram övertygande visar är överensstämmelsen mellan deltagarna mycket god med enbart 4 En-värden av sammanlagt 81 En-värden över 1. Dessutom är 77 av dessa värden riktigt små för en kalibreringsjämförelse av detta slag. Anledningen till de högre En-värden är delvis de i förhållande till andra deltagares låga mätosäkerheterna.

Några observationer från jämförelse av excel-protokollet med inlämnade kalibreringsbevis

I stort sett stämmer bevissiffrorna med de i excel-protokollen. Ambitionen har alltid varit att data ur bevisen skall jämföras i första hand. Några få deltagare hade höjd osäkerheten i beviset jämfört med protokollet. De senare finns med i rapporttabellerna. Hos två deltagare hade den information saknats i excel.-protokollet I något fall har dock ett tydligt skrivfel i bevisen rättats utifrån det rimligare värde i protokollet. Detsamma gäller för en klar felberäkning av korrektionen (och ”avvikelsen”) som ibland hade fel förtecken. Men även beräkningsfel förekom i beviset. Genomgående har den högre upplösningen i protokollet används, även om detta inte framgår i ovan tabeller. Tre deltagare har med hjälp av excel-protokollet rapporterat HC-värden anpassad för hexan, men i bevisen sedan enbart angivit koncentrationsvärden för propan. Någon har där även utbytt sista siffra i PEF-värdet, vilket har rättats för sammanställningen. Föga skulle denna bevisinformation hjälpa en kund ifall den verkligen ville korrigera instrumentavläsningen för hexan.
Det kan konstateras att en sammanställning baserat på enbart bevisen hade varit mycket svårare att utföra utan tillgång till excel-protokollen, helt bortsett från den praktiska hanteringen. Många kontakter med efterfrågningar hade behövts om inte excel-protokollen hade funnits för redundans.

Analys av kalibreringsjämförelsen för rökgasmätning

Kalibreringen av en opacitetsmätare sker enkelt genom att införa ett glasfilter (gråfilter) i ett slott i apparaten så att det hamnar mellan dess ljuskälla och detektor. Ljussensorn mäter transmissionen, dvs. mängden ljus som kan passera genom filtret i strålgången. Skillnaden mot ljusintensiteten utan filter är opaciteten som visas på displayen i två olika enheter. Opaciteten mäts då antingen i procent, dvs. hur mycket av strålningen har absorberats eller i enheten m^{-1} som benämns k-värde (fysikalisk kallat molar extinction coefficient), dvs. hur mycket ljus som absorberas av en viss längd av ett absorberande medium). Glasfiltret är kalibrerat i endera eller båda enheter och fungerar som opacitetsreferens. Kalibreringens resultat k(Pi) ”korrektionen” för varje deltagare Pi blir differensen filteropacitet minus från instrument avläst opacitet. Jämförelsen skulle således avse deltagarnas olika korrektioner jämfört med en välkänd referenskorrektion.
För den senare finns inget laboratorium som kan fungera som referens. Att basera det önskade referensvärde på en konsensus mellan alla deltagare är en teoretisk, men inte praktisk möjlighet. Anledningen är fler. Deltagarna använder olika opacitetsfilter och det är inget känt hur opacitetsmätarens felvisning inom mätområdet brukar se ut. Att den skulle ha en konstant felvisning, vilket vore en förutsättning, kan man inte förvänta sig.

Den ursprungliga utvärderingen av deltagarnas kalibreringsresultat var tänkt att gå till på följande sätt. Först skulle de utföra sin kalibrering med normalt två filter av opacitetsvärden någonstans inom mätområdet, vilket skulle ge dem två korrektionsvärden, ett för respektive opacitetsintervall. Sedan skulle de alla utföra ytterligare en mätning med 4 för dem okända filter. Dessa fyra av instrumentet producerade mätvärden borde betraktas som rena mätvärden som i sin tur nu skulle behöva korrigeras, alltså på det sätt ett kalibrerat instrument normalt används. Denna korrigering skulle sedan utföras med hjälp av den framkomna korrigeringen för de egna filtren som låg närmast de fyra mätvärden inom mätområdet. För utvärderingen skulle därefter de så korrigerade värden för de okända filtren sammanställas. Just den delen var i det använda excel-protokollet förprogrammerat

Det visade sig dock efter att mätningarna var avslutat att Opus 100-instrumentet var olinjär och att avstånden mellan medhavda referensfilter och de fyra okända referensfilter skulle ha resulterat i en orättvis jämförelse för flera deltagare.

Rökgas resultat för 2 opacitetsfilter med mätenhet % och m^{-1}

I de följande tabeller och diagram redovisas utfallet av de 14 deltagarnas kalibreringar av Opus 100 opacimeter med hjälp av två av deras egna filter. Redovisningen sker i fyra tabeller och tillhörande diagram och separerat i de två olika enheter som används.

I likhet med gasjämförelsen skapas även för opacitetsfiltren en korrektionskurva som baseras dels på all mätdata från fyra extra inköpta och deltagarnas egna filter, som alla hade kalibrerade opacitetsvärden. En verklig förståelsen av utvärderingsresultatet, dvs. hur referensen för jämförelsen skapas, förutsätter att ha tagit del av informationen i annex 2. Till skillnad från andra instrument sker jämförelsen här vid olika punkter längs mätskalan, vilket sker med hjälp av en korrektionskurva som referens för jämförelse. Men En-värdet definieras helt analogt:

$$E_n = \left| \frac{k(O;Pi) - K(O_{cer};Pi)}{\sqrt{U^2(k(Pi)) + U^2(K(O_{cer}))}} \right| \leq 1$$

k(O;Pi): det av varje deltagare Pi fastställda korrektionsvärde vid filteropacitet O.
$K(O_{cer};Pi)$: den för samma filtervärde O beräknade referenskorrektion (korrektionsfunktion).
U(k(Pi)): den av de olika deltagarna Pi rapporterade osäkerheten (oberoende av opacitet).
$U(K(O_{cer}))$: osäkerheten i den beräknade korrektionsfunktionen för olika filteropacitetsvärden.

Förklaringarna för tabell 7 gäller på samma sätt för efterföljande tabeller

Table 7. Comparison results from 14 participants for their filter 1 (low to middle opacity range) in [%].

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Partici-pant	Used refe-rence filter O_{cer}	Recorded value O;Pi	Stated correction k(O;Pi)	Stated uncertainty U(kO;Pi))	Reference correction $K(O_{cer})$	Uncertainty Ref. correc-tion $U(K(O_{cer}))$	Deviation D(O;Pi) from $K(O_{cer})$	En-value
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	
P1	48,85	49,6	-0,75	0,87	0,183	0,466	-0,933	**-0,94**
P2	48,87	48,3	0,57	4,2	0,181	0,466	0,389	**0,09**
P3	35,50	33,4	2,1	2,0	1,075	0,555	1,025	**0,49**
P4	49,00	49,0	0	0,7	0,168	0,465	-0,168	**-0,20**
P5	48,50	48,35	0,15	2,1	0,216	0,468	-0,066	**-0,03**
P6	48,58	48,5	0,08	2,1	0,209	0,467	-0,129	**-0,06**
P7	30,70	28,8	1,9	2,1	1,196	0,586	0,704	**0,32**
P8	35,50	33,9	1,1	0,7	1,075	0,555	0,025	**0,03**
P9	47,58	47,8	-0,22	1,35	0,303	0,473	-0,524	**-0,37**
P10	47,90	47,98	-0,08	0,91	0,273	0,471	-0,353	**-0,34**
P11	47,53	47,9	-0,37	1,25	0,307	0,473	-0,677	**-0,51**
P12	48,70	48,3	0,4	1,0	0,197	0,467	0,203	**0,18**
P13	48,87	48,7	0,17	1,39	0,181	0,466	-0,011	**-0,01**
P14	48,02	48,4	-0,38	3,7	0,262	0,470	-0,646	**-0,17**
R2	49,732	50,136	-0,404	0,413	0,095	0,462	-0,499	

Listningen av deltagarna i kolumn 1 är inte tidsordning. Deltagarnumreringen är godtyckligt vald. Siffrorna i kolumn 2 representerar deltagarnas certifierade opacitetsvärden i procent för filter 1 från en tidigare kalibrering. De motsvarande i Opus 100 display avlästa värden finns i kolumn 3. Skillnaden mellan båda, dvs. den genom kalibreringen fastslagna korrektionen k(O;Pi) finns för respektive deltagare Pi i kolumn 4, med tillhörande uppgiven osäkerhet i kolumn 5.

Den för varje deltagarfilter beräknade referenskorrektion $K(O_{cer})$ listas i kolumn 6 och den likaledes beräknade tillhörande osäkerheten $U(K(O_{cer}))$ i kolumn 7.
Den viktiga jämförelseinformationen D(O;Pi), dvs. avståndet till korrektionskurvan K(Ocer) slutligen hittas i kolumn 8. De radvis beräknade En-värden finns i sista kolumnen.

I nedersta raden anges som R2 motsvarande information för det av de fyra extra referensfilter som ligger närmast i opacitet. Värdet längst ned i kolumn 3 utgör medelvärdet från alla 14 deltagares uppmätta opacitet för detta filter. Detta leder till en fastställd korrektion av -0,404 % i kolumn 4. Skillnaden mot den beräknade referenskurvan i kolumn 8 borde idealt bli 0. Så är dock inte fallet. Orsaken till detta beror på att kurvanpassningen sker mot alla mätdata (dvs. de fyra extra filter (kalibrerade före och efter jämförelsen) men inkluderar även deltagarnas egna ”certifierade” filter. (En kurvanpassning går inte perfekt genom alla punkter heller).

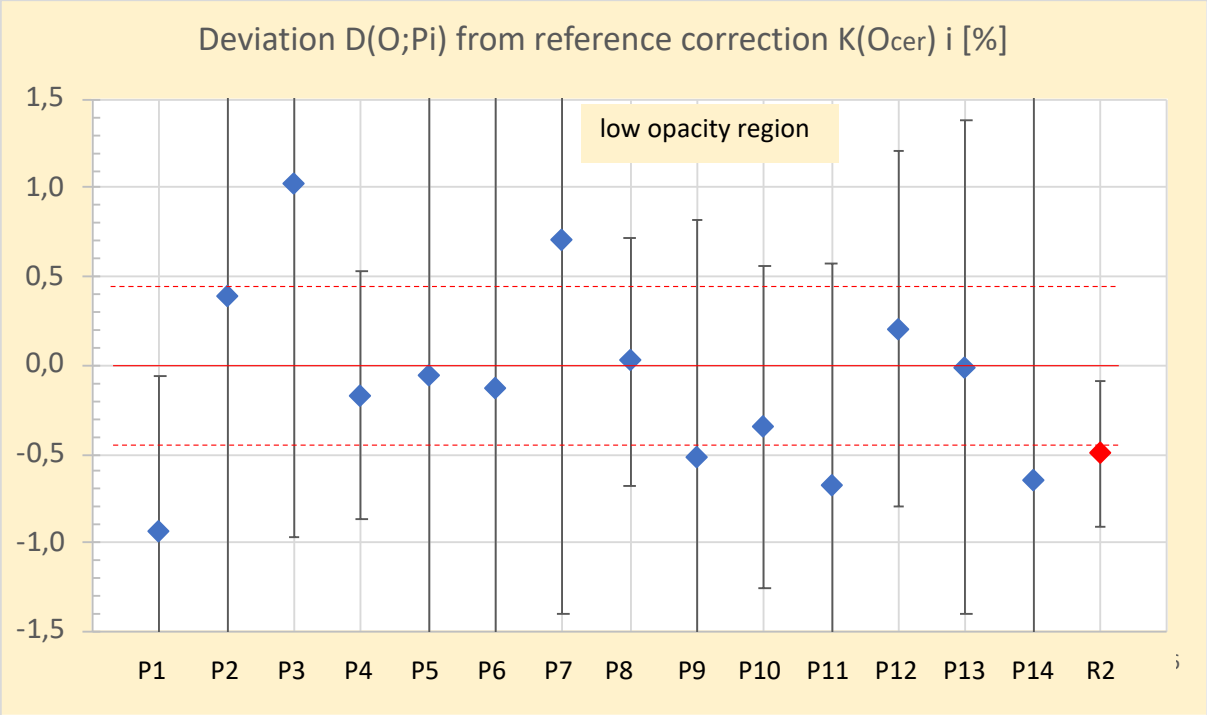

Diagram 7. Deviation of reported corrections (column 8) from calculated reference correction curve (column 6 in table 7) based on all reported data. R2 represents the closest filter of these with 49,7 % with a deviation of -0,5 % from the best correction curve. Points on the red zero line indicate that they coincide with the correction curve. The doted red lines mark the average uncertainty range of this curve. Almost all uncertainty bars overlap the actual correction curve (zero line).

I diagram 7 som återger avvikelsen från den bästa referenskurvan för filter 556 (högsta värdet) passerar noll-linjen inte genom denna ”R2”-punkt vilket annars var väntat. Som i diagram 14 i annex 2 nedan visat går referenskorrektionslinjen inte genom centret av de triangelvärden med spets nedåt. Hade anpassningen bara avsedd resultaten från de fyra extra filtren hade så (nästan) varit fallet.

Kommentarer: De flesta deltagare angav informationen för sina egna filter i båda enheter [%] och [m^{-1}]. Några hade filtrens opacitetsvärde enbart i en av enheterna. Författaren har då räknat om från det kända k-värdet till [%] eller omvänt.
Som framgår av sista kolumnen i tabell 7, är alla En-värden inom intervallet [-1 , +1]. Därmed uppvisar jämförelsen en mycket bra överensstämmelse för filter 1 med de lägre opacitetsvärden.

Deltagarnas första filter ligger med tre undantag alla väldigt nära varandra i opacitet. För filter 2 med högre absorptionsvärde är detta inte alls fallet som framgår av tabell 8 och diagram 14 i annex 2.

Table 8. Comparison results from 14 participants for their filter 2 (higher opacity range) in [%]

Partici-pant	Used refe-rence filter Ocer	Recorded value O;Pi	Stated correction k(O;Pi)	Stated uncertainty U(kO;Pi))	Reference correction K(Ocer)	Uncertainty Ref. correc-tion U(K(Ocer))	Deviation D(O;Pi) from K(O)	En-value
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	
P1	57,85	57,9	-0,05	0,87	-0,878	0,445	0,828	**0,85**
P2	58,22	57,9	0,32	4,6	-0,930	0,445	1,250	**0,27**
P3	48,00	47,7	0,3	2,0	0,264	0,471	0,036	**0,02**
P4	58,50	58,7	-0,2	0,7	-0,969	0,445	0,769	**0,93**
P5								
P6	58,31	58,6	-0,29	2,5	-0,942	0,445	0,652	**0,26**
P7	47,90	47,3	0,6	2,1	0,273	0,471	0,327	**0,15**
P8	49,00	48,8	0,2	0,7	0,168	0,465	0,032	**0,04**
P9	73,16	73,4	-0,238	0,81	*-3,534*		*3,296*	
P10	58,50	58,76	-0,26	0,91	-0,969	0,445	0,709	**0,70**
P11	57,68	57,8	-0,12	1,1	-0,855	0,444	0,735	**0,62**
P12	63,00	63,4	-0,4	0,9	-1,652	0,461	1,252	**1,24**
P13	48,87	48,7	0,17	1,39	0,181	0,466	-0,011	**-0,01**
P14	70,84	69,75	1,09	3	*-3,062*		*4,152*	
P14	86,82	86,6	0,22	2,67	*-6,807*		*7,030*	
R2	68,078	70,67	-2,60	0,307	-2,533	0,505	0,063	

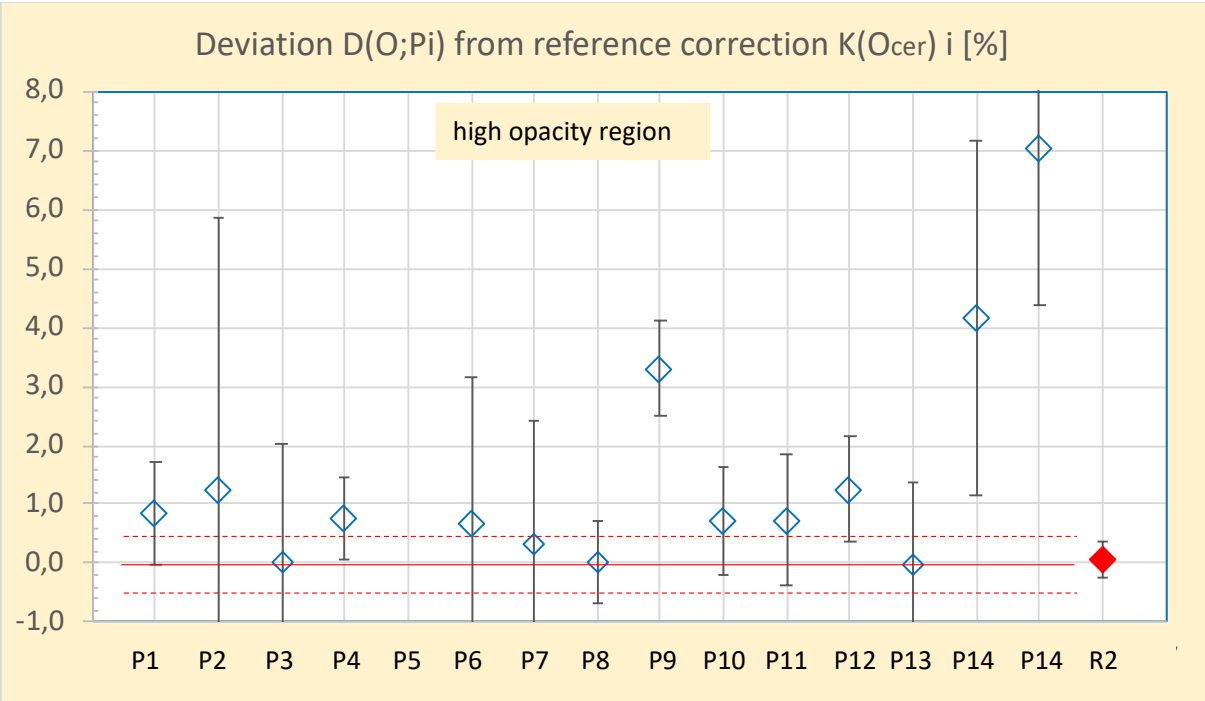

Diagram 8. Comparison of participants deviations from optimal correction (higher opacity range) from 47, 9 to 70,8 and even 86,8 %. Four participants (P3, P7, P8 and P13) with filter of clearly lower opacity (see table 8) and lower deviations from the reference (red zero line) are marked with a smaller symbol. The doted red lines indicate an average uncertainty of the calculated reference correction.

Kommentarer till tabell 8: Deltagare P5 hade bara ett filter, deltagare P13 använde två men av samma opacitet. P14 använde 3 filter varav 2 ovanför värdet för det högsta av de fyra extra referensfiltren. Från de inlämnade kalibreringsbevisen framgår att ytterligare två deltagare hade förutsättningar för kalibrering med fler än två filter, som här dock inte kom till användning.

För tre resultat beräknades inget En-värde. Anledningen är förklarat i annex 2. Den visade avvikelsen från den på övriga data beräknade korrektionen anges i mindre tecken för att kunna visa de i diagram 8. Då beräkningen bygger på en extrapolation, dvs. utanför det högsta värdet av de extra filtren, är avvikelsen och tillhörande osäkerhet inte tillförlitlig och jämförbar med mätpunkter innanför (interpolationsvärden) – se närmare annex 2. Som diagram 8 också visar drar det filter med den högsta opacitet bland de fyra extra filter korrektionskurvan starkt tills varför värdet för R2 nästan landar på noll-linjen.

Vidare framgår ur diagram 8 att anpassningsmodellen (se diagram 14) inte alls fungerar övertygande i det övre opacitetsområdet dvs ovanför 68 %. Av den anledning uteslöts dessa tre resultat från att bidra till bildande av referenskorrektionskurvan. Men de är med i den grafiska redovisningen. Ju högre upp i opacitet desto större differensen mellan deltagarnas angivna korrektioner och speciellt den överensstämmande korrektion för referensfilter 4 (Nr 539). Kurvanpassningen går helt vid sidan om dessa korrektionsvärden. De fyra lägsta deltagarvärden som lika väl kunnat räknats till tabellen för filter 1 är framhävt med mindre symbol. Dessa har även fått klart godkända En-värden.

Någon förklaring för denna oväntat tydliga avvikelse mot högre opacitetsvärden kan rapportförfattarna inte erbjuda. Som diagrammet visar är osäkerheten för referensfilter R2 nr 539 också lägre än för de tre andra, vilket i sin tur ökar deltagarnas En-värden. Från sammanställningen i tabell 16a och 16b annex 2 framgår intressant nog att samstämmigheten mellan deltagarna vid kalibreringen med filter 539 med högsta opacitet var bäst med minst standardavvikelse. Därmed kan även fasthållas att alla, förutsatt de använder filter med ”samma” opacitetsvärde, kommer fram till samma korrektion.

Troligen är inte filterrengöringen, som vore tänkbar, den verkliga orsaken. Deltagarna rengjorde sina filter också före användningen. För att få klarhet hade Filter 560 och 539 även kalibrerats en tredje gång av Justervesenet i Norge, dock med samma resultat som vid referenskalibreringen vid RISE i Sverige. Även de av deltagarna inskickade kalibreringsbevisen angående deras använda filter kunde inte uppvisa något fel i spårbarheten som hade kunnat förklara bristen på överensstämmelse för höga opacitetsvärden. Möjligen var instrumentet inte rätt inställd att passa för höga opacitetsvärden, vilket i efterhand hade varit önskvärt att undersöka närmare.

Efterföljande tabeller och diagram nr 9 och 10 återger samma information en gång till, bara med den skillnaden att måttenheten för opaciteten nu är m^{-1}. Här har samma typ av kurvanpassning (2-grads polynom) genomförts som i diagram 14 annex 2 (förloppet är ju principiellt densamma men anpassningskoefficienterna har andra värden. Här visas bara resultatet för korrektionsfunktionen.

$$\mathrm{K}(\mathrm{O}_{cer}) = -\,0{,}071681 \cdot O^2 + \,0{,}123488 \cdot O \,-\, 0{,}006895$$

Osäkerhet för denna anpassning bestäms i huvudsak av filtrens kalibreringsosäkerhet, av spridningen mellan de 14 delresultat och ett osäkerhetsbidrag för kurvanpassningens kvalitet (se Annex 2). Beräkningen av tabell 9 och 10 följer sedan helt analogt till tabell 7 och 8 ovan.

Tabell 9. Comparison results for low to middle opacity range in unit [m-1] from 14 participants

Partici-pant	Used refe-rence filter Ocer	Recorded value O;Pi	Stated correction k(O;Pi)	Stated uncertainty U(kO;Pi))	Reference correction K(Ocer)	Uncertainty Ref. correc-tion U(K(Ocer))	Deviation D(O;Pi) from K(Ocer)	En-value
	[m^{-1}]	[m^{-1}]	[m^{-1}]	[m^{-1}]	[m^{-1}]	[m^{-1}]	[m^{-1}]	
P1	1,56	1,59	-0,03	0,05	0,011	0,033	-0,041	**-0,69**
P2	1,56	1,53	0,030	0,10	0,011	0,033	0,019	**0,18**
P3	1,021	0,94	0,081	0,06	0,044	0,031	0,037	**0,54**
P4	1,57	1,56	0,01	0,06	0,010	0,034	0,000	**0,00**
P5	1,55	1,53	0,02	0,12	0,012	0,033	0,008	**0,06**
P6	1,547	1,543	0,004	0,05	0,013	0,033	-0,009	**-0,14**
P7	0,853	0,78	0,073	0,049	0,046	0,031	0,027	**0,46**
P8	1,00	0,96	0,04	0,06	0,045	0,031	-0,005	**-0,07**
P9	1,502	1,51	-0,008	0,06	0,017	0,033	-0,025	**-0,36**
P10	1,52	1,52	0	0,05	0,015	0,033	-0,015	**-0,25**
P11	1,50	1,51	-0,01	0,06	0,017	0,033	-0,027	**-0,39**
P12	1,55	1,53	0,02	0,05	0,012	0,033	0,008	**0,13**
P13	1,56	1,55	0,01	0,06	0,011	0,033	-0,001	**-0,02**
P14	1,521	1,53	-0,009	0,089	0,015	0,033	-0,024	**-0,25**
R2	1,6	1,614	-0,014	0,030	0,007	0,034	-0,021	

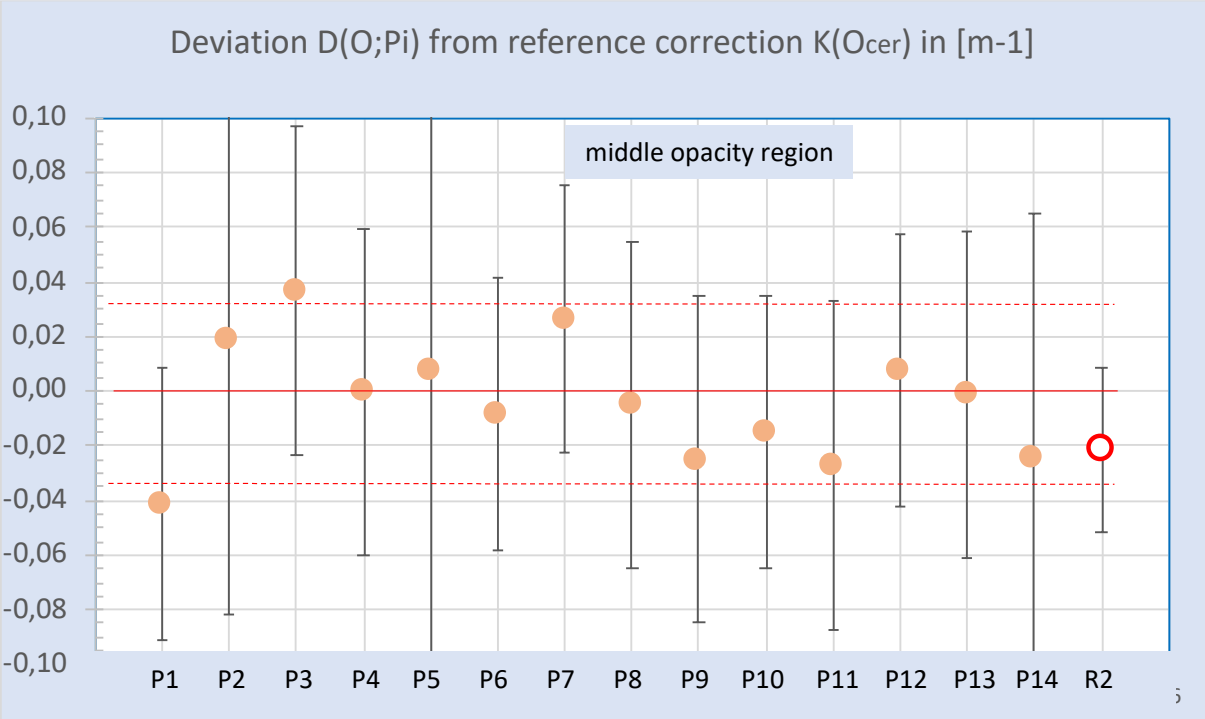

Diagram 9. 14 participants deviation from best instrument correction (based on calibration data from four separate reference filters and participants own calibration data. The red lines indicate the correction curve (zero line) and its average uncertainty range (dashed).

Tabell 10. Comparison results for filter 2 in the higher opacity range in unit [m-1]

Partici-pant	Used refe-rence filter Ocer	Recorded value O;Pi	Stated correction k(O;Pi)	Stated uncertainty U(kO;Pi))	Reference correction K(Ocer)	Uncertainty Ref. correc-tion U(K(Ocer))	Deviation D(O;Pi) from K(Ocer)	En-value
	[m^{-1}]	[m^{-1}]	[m^{-1}]	[m^{-1}]	[m^{-1}]	[m^{-1}]	[m^{-1}]	
P1	2,009	2,01	-0,001	0,05	-0,048	0,037	0,047	**0,76**
P2	2,03	2,01	0,02	0,11	-0,052	0,037	0,072	**0,62**
P3	1,522	1,500	0,022	0,06	0,015	0,033	0,007	**0,10**
P4	2,05	2,05	0	0,06	-0,055	0,038	0,055	**0,78**
P5								
P6	2,035	2,05	-0,015	0,06	-0,052	0,037	0,037	**0,53**
P7	1,516	1,48	0,036	0,049	0,016	0,033	0,020	**0,35**
P8	1,57	1,55	0,02	0,06	0,010	0,034	0,010	**0,14**
P9	3,059	3,07	-0,011	0,07	*-0,300*		*0,289*	
P10	2,06	2,04	0,02	0,05	-0,057	0,038	0,077	**1,22**
P11	2,00	2,00	0	0,06	-0,047	0,037	0,047	**0,66**
P12	2,31	2,33	-0,02	0,06	-0,104	0,041	0,084	**1,16**
P13	1,56	1,55	0,01	0,06	0,011	0,033	-0,001	**-0,02**
P14	2,87	2,78	0,09	0,071	*-0,242*		*0,328*	
P14	4,713	4,67	0,043	0,063	*-1,017*		*1,060*	
R2	2,656	2,849	-0,194	0,0301	-0,184	0,045	-0,009	

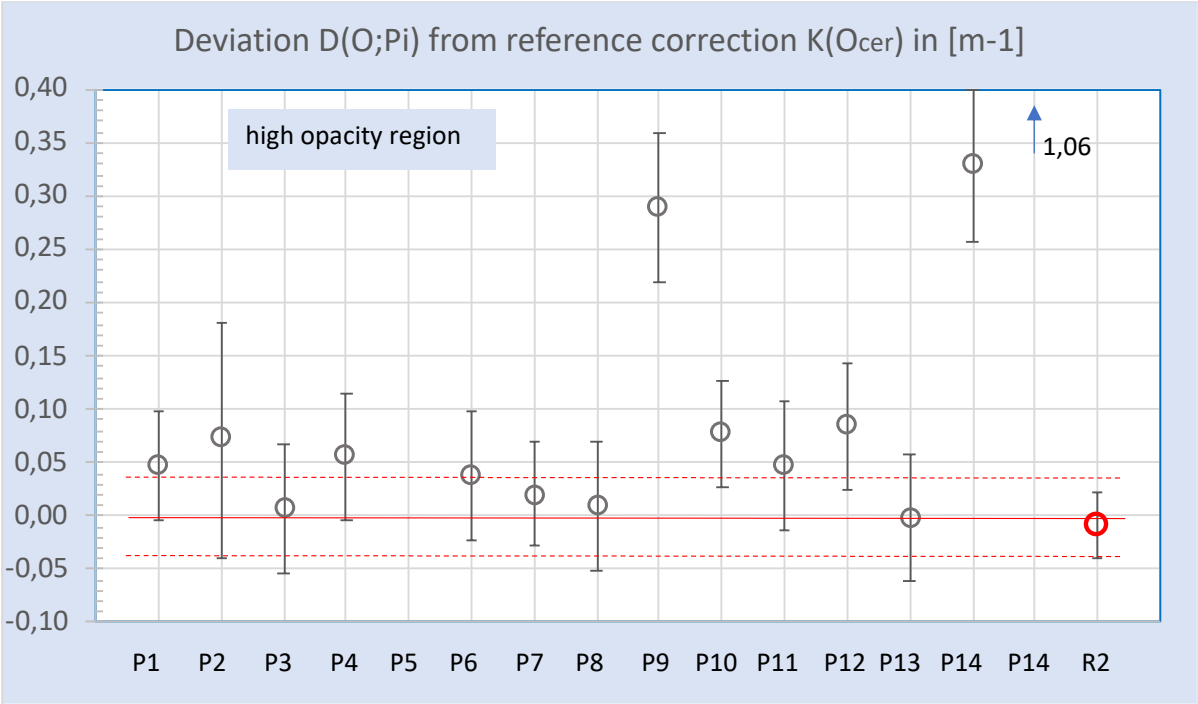

Diagram 10. Difference between participants declared correction and best instrument correction. Of the three deviating results only two are shown in the diagram. The three red lines define the zero line (correction curve) and the uncertainty interval (at average).

Kommentarer till tabell 10:
Vid beräkning av den bästa korrektionslinjen genom datamängden uteslöts de tre högsta värden (se diagram 14). Det för deras nominella opacitet beräknade korrektionsvärde har dock tagits med och visas i avvikande stil. Då dessa tre värden ligger utanför den övre gräns för kurvanpassningen utgör de en extrapolation och någon osäkerhet kan därför inte anges. Utvärderingen har då även avstått ifrån att beräkna tillhörande EN-värden (som skulle klart överskrida En=1) för dessa tre resultat. Även de

listade avvikelser från referenslinjen utgör ett otillförlitligt mått. De anges dock ändå för en ungefärlig jämförelse i avvikande stil då de även används för diagram 10 ovan.

Tabellerna 9 och 10 svarar mot exakt samma mätningar som de i tabellerna 7 och 8 bara med den skillnaden att de avlästa värden är i måttenheten m^{-1}. Det är den enheten som flera norska deltagare använder exklusivt i sina bevis. Därför borde resultateten inte uppvisa någon större skillnad. I allt väsentligt återspeglar tabellerna 9 och 10 relationen mellan deltagarna även i tabellerna 7 och 8 vad gäller En-värden. För en medelopacitet är de obetydligt lägre för k-värden. I det högre opacitetsområdet är En-värden något högre i m^{-1}-enheter än i %-enheter. Ett korrektionsvärde ligger utanför diagrammet för att inte behöva trycka ihop skalan.

Några allmänna kommentarer till vissa punkter i kalibreringsbevisen

– ej en del av kalibreringsjämförelsen

De norska laboratorierna har likartade uppställningar i kalibreringsbevisen och refererar oftast till de norska föreskrifterna samt anger om resultatet är godkänt.

Några laboratorier anger godkännandekriterier i text och diagram men en del laboratorier förklarar ej det tydligt.

De svenska laboratorierna refererar ej till regelsystemet med toleranser och beslutskriterier.

Variationen i bevisen hur resultaten presenteras är rätt olika och skulle för en kund inte lätt förstås om han bytte tjänsteleverantören. Att utställa ett bevis med en korrektion för gaskomponenten HC enbart i relation till flaskans propanhalt när instrumentet utvisar hexanhalt är tveksamt.

Resultaten i relation till den norska och svenska lagstiftningen

– ej del av kalibreringsjämförelsen

En intressant information kan också vara att sätta olika specificerade mätosäkerhetsvärden i relation till myndighetskraven för att se om osäkerheten är låg nog att kunna uppfylla de. I följande tabell finns sammanställd några fall där två deltagare för samma mätsituation får presentera ett lägsta resp. största relationstal.

Table 11. Variation in stated measurement uncertainties in relation to instrument tolerances

Partici-pant	Gas component low content	Measured correction % vol	Stated uncertainty % vol	Current tolerance % vol	Relation: Uncertainty/tol-erance
P9	CO	-0,01	0,02	0,06	0,33
P10	CO	-0,02	0,38	0,06	6,3
P4	CO2	0,15	0,10	0,5	0,2
P10	CO2	0,08	0,34	0,5	0,68
P2	HC	-7,7 ppm vol	2 ppm vol	12 ppm vol	0,17
P10	HC	2 ppm vol	21 ppm vol	12 ppm vol	1,75
P9	Filter measurement	0,011 %	0,07 %	0,3 %	0,23
P10	Filter measurement	0,02 %	0,08 %	0,3 %	0,27

Exemplet ovan visar att osäkerhetsangivelsen skiljer mycket mellan deltagarna, speciellt tydligt vid CO-mätningen. Eventuella beslut är dock sedan relaterade till vilket beslutskriterium som tillämpas. De internationellt accepterade relationstalen i olika branscher är 0,20—0,33

Dessutom tillämpas oftast principerna ”shared risc” eller ”guard band”.

Observationen i tabellen är inte en del av denna SLP/ILC men vi vill uppmärksamma det gemensamma ansvar följande parter har för att lösa problematiken:

- Beslutande myndigheter
- Ackrediteringsorgan
- Standardiseringsorgan
- Ackrediterade laboratorier

Spårbarhet

Spårbarhet för avgasmätningen erhölls med certifikat no 0282/21A utgivet av Air Liquide Frances om är ackrediterade av Cofrac för referensmaterial uttryckt i mol %l. Omräknat av Air Liquid Danmark till vol %
Rökgas filterna kalibrerades av RISE och rapporteras i kalibreringsbevis nr.105105–174019 K01, 105105-174019 K02, 105105-174019 K03, 105105-174019 K04 och 105105-197082-K01,
SMQ använde mätvärdena och angivna osäkerheter av referensgasen och filtren som referens
Deltagarna angav osäkerheten i mätningarna och de egna referensgaserna och filtren och detta bidrog till beräkningarna av En-värdena som beskrivs ovan.
Samtliga deltagande laboratorier visade i sina kalibreringsbevis att de använt ackrediterade laboratorier och godkända Nationella Mätinstitut, NMI.

Slutlig sammanfattning

För alla gaser i både låg och hög koncentration uppvisar jämförelsen en mycket god samstämmighet. Det samma gäller även för opacitet i det lägre område (filter 1). Samstämmigheten i det högre opacitetsområdet är med två undantag egentligen inte dåligt alls. Problemet som inte är löst än är den systematiska skillnaden till den här valda referensen (kurvan basera tungt på 4 ny kalibrerade extra filter). En konsensuskorrektionskurva enbart byggd på deltagarnas filter hade för alla resultat givit en kurvanpassning med mindre avvikelser till referenskurvan. Den hade samtidigt inneburit en större referensosäkerhet. Båda effekter hade resulterat i att En-värden genomgående hade blivit klart bättre än de ser ut nu.
Av 81 En-värden för 3 gaser (2 koncentrationer) var ett för CO, ett för CO2 och två för HC större än 1.
Av 28 resultat för filter 1 var ett En-värden nära men inte över 1 och av 28 resultat för filter 2 var 2 st. En-värden nära 1, 3 st. En-värden över 1 och 6 st beräknades inte men hade varit större än 1. Orsaken till denna situation beror dock på hänsynen till de 4 extra filter som fick dominera konstruktionen av korrektionskurvan. Hade deltagarna på det höga opacitetsområdet använd sig av mer näraliggande filtervärden hade alla resultat klarat En-gränsen, vilket visar den fina överensstämmelsen för alla på de fyra extra filter.

Denna rapport beskriver också delvis problematiken mellan myndighetskraven och de erhållna osäkerhetsangivelserna i kalibreringarna även om detta inte är en del av kalibreringsjämförelsen.

Erkännande

Vi är mycket tacksamma för att Würth arrangerade 2 lokaler där vi kunde agera ostört en hel vecka.

Vi är dessutom tacksamma för samarbetet med ABL Autobransjens Leverandørforening vid starten av denna jämförelse och Rodin Fossdal för att förvara de 2 referensgasflaskorna med okänt innehåll samt övrigt stöd under denna aktivitet.

Dessutom tackar vi experten Lars Kristian Gram (project manager i Danish environmental protection agency's (Miljøstyrelsen) Referencelaboraty och senior project manager in FORCE Technology in Denmark) för sin rådgivning vid start av denna jämförelse.

Ett speciellt erkännande ger jag till min kollega Peter Lau MNE-Konsult AB som gjort mycket grundliga värderingar av resultaten i denna jämförelse.

Annex 1 – Definition av referensvärden för avgas-jämförelse

Förutsättningen för den aktuella kalibreringsjämförelsen av avgasmätaren var att deltagarna skulle använda sina normala referensgasflaskor där flaska 1 brukar innehålla en låg och flaska 2 en hög koncentration av de tre intressanta gaskomponenter (CO, CO2 och HC; O2 används inte i sammanhanget). För att kunna göra en någorlunda användbar jämförelse var föreslaget att gaskoncentrationerna åtminstone skulle hålla sig inom relativ smala gränser så att eventuella koncentrationsskillnader inte märkbart skulle påverka felvisningen.

Förhoppningen då var att man inom varje av dessa avgränsade intervall skulle kunna utgå ifrån att instrumentets felvisning/korrektion skulle kunna anges med enbart ett gemensamt referensvärde för varje gas (dvs. 3 för de låga och 3 för de höga koncentrationer) mot vilket alla deltagarnas angivna korrektionsvärden kunde jämföras.

Dessa referensvärden var tänkt att definieras utifrån två referensgasflaskor som med kort varsel köptes in efter samma specifikationer och som alla deltagare skulle göra en extra mätning på, dock utan att känna till de specificerade koncentrationsvärden. Enbart de på instrumentet avlästa koncentrationsvärden skulle då rapporteras, vilket fungerade som avsedd och leder till en neutral spårbarhet. Resultatet av dessa extramätningar sammanfattas i tabell 12.

Table 12. Reported concentration values from 14 participants for the low (left part) and high concentration area (right part) of each gas component (HC = hexan).

Gas type	CO	CO2	HC	Gas type	CO	CO2	HC
Participant	[vol %]	[vol %]	[vol ppm]	Participant	[vol %]	[vol %]	[vol ppm]
P1	1,21	4,9	342	P1	4,03	13	1593
P2	1,20	4,8	340	P2	4,02	12,8	1590
P3	1,21	4,9	341	P3	4,01	13,1	1594
P4	1,21	4,9	344	P4	4,01	13	1593
P5	1,20	4,9	339	P5	4,00	13	1589
P6	1,20	4,8	340	P6	4,02	12,9	1593
P7	1,21	4,8	341	P7	4,02	13	1588
P8	1,22	4,9	336	P8	4,03	13	1583
P9	1,20	4,9	345	P9	4,00	12,9	1593
P10	1,21	4,8	344	P10	4,01	13	1597
P11	1,20	4,9	341	P11	4,01	13	1592
P12	1,21	4,9	342	P12	4,02	13	1586
P13	1,21	4,9	341	P13	4,02	13,1	1604
P14	1,21	4,9	341,5	P14	3,99	13	1594
Mean	1,207	4,87	341,3	Mean	4,014	12,99	1592,1
Stdav.	0,0061	0,047	2,26	Stdav.	0,012	0,077	5,01
Reference	**1,2012**	**4,9809**	**344,09**	**Reference**	4,0818	13,1617	1608,305

Tanken var att skillnaden mellan Reference och Mean i tabell 12 skulle ge de tänkta tre referensvärden för korrektionen av tre låga och tre höga referensgaskoncentrationer. Spridningen Stdav. mellan deltagarnas är också gynnsam. Från vänster till höger utgör den låga 0,51; 0,96; 0,66 % av medelvärdet för resp. gas i låg koncentration och 0,29; 0,59 respektive 0,31 % i hög koncentration och bidrar därmed inte mycket till osäkerheten i dessa referensvärden utöver gasflaskornas analysosäkerhet. Den låga spridningen indikerar också en bra överensstämmelse om alla deltagarna hade kommit med exakt samma gasblandningar. Att det förekommer en spridning beror dels på instrumentets stabilitet och troligen på operatörens hantering att ställa in ett optimalt flöde, möjligen också på varierande lufttryck. Någon korrektion härför sker normalt inte utan ingår i kalibreringens osäkerhetsbudget.

Efter kalibreringen visade sig dock koncentrationsvariationen i deltagarnas gasflaskor vara betydligt större än ursprungligen förväntat. Även den extra inköpta gasflaska 1 låg delvis utanför förväntat koncentrationsintervall. Tabell 13 ger en överblick över koncentrationsskillnaderna.

Table 13. Actual concentration ranges in the participants gas bottles

Gas	Low concentration				High concentration		
	Min	Ref. value	Max	Enhet	Min	Ref. value	Max
CO	0,49	1,20	1,52	[vol %]	3,4	4,08	4,51
CO2	3,48	4,98	11,25	[vol %]	13,0	13,16	14,3
C3H8	24,4	344	494	[vol ppm]	930	1608	1876

Ambitionen att bestämma två separata referensvärden för två smala koncentrationsintervall per gaskomponent fick därför överges och en analys utföras hur felvisningen / korrektionen beter sig över kalibreringsobjektets mätområde och utifrån det i stället att konstruera en ”korrektionskurva”.

Referenskurva för korrektion av känd gaskoncentration – koldioxid CO

Diagram 11 nedan visar på y-axeln deltagarnas rapporterade korrektionsvärden för koldioxid inom det lägre och högre koncentrationsområdet (tillsammans 2 x 14 mätpunkter). De tre blå punkter till vänster och de 5 röda punkter till höger representerar vardera 14 resultat från de extra inköpta flaskorna. Den begränsade instrumentupplösningen och samstämmigheten mellan deltagarna gör att många punkter faller på varandra. Därför har de två medelvärden från de extra inköpta referensgasflaskorna (se tabell 12) angivits med de korta punkterade blå och röda linjerna. På x-axeln finns uppfört de olika deltagarnas certifierade CO-koncentrationer. Som man kunde hoppas verkar instrumentet kännetecknas av en relativ konstant korrektion inom det låga område. Sedan stiger den tydligt men inte linjärt med ökande CO-koncentration. För anpassningsfunktionen har valts en 2-grads polynom (streckade linje) som utgör den för datamängden bästa korrektionsfunktionen.

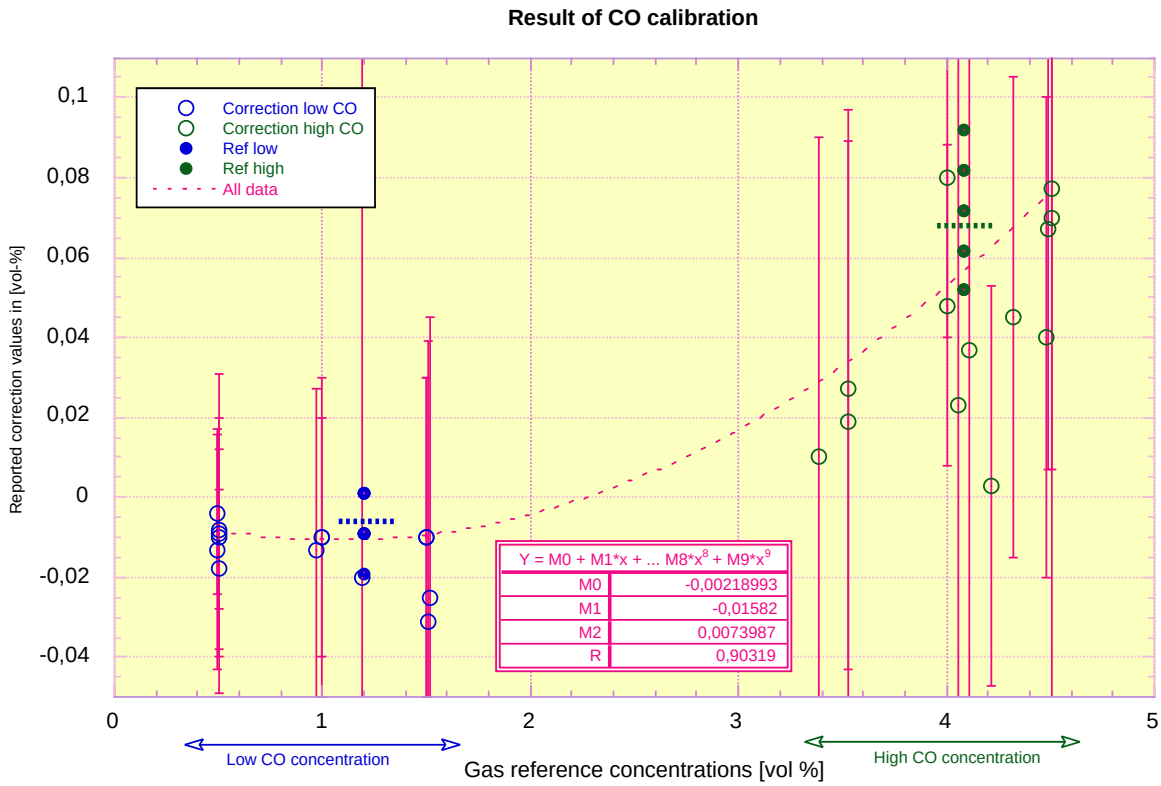

Diagram 11. 28 correction values, half in the low and half in the high CO-concentration range. Further 14 results (3 blue dots) for bottle 1 and 14 results (5 red dots) for bottle 2 of the extra gas bottles. The dashed line represents the best fit to all data working as reference correction curve.

Jämförelsen sker således inte mot två enskilda referensvärden utan mot en korrektionskurva $K(C_{CO})$. Den ges med ekvation (1) (koefficienter från diagrammet) som bästa korrektionsreferens för deltagarnas skilda gaskoncentrationerna. Nästan alla osäkerhetsstaplar överlappar korrektionskurvan.

Korrektionsfunktion:	$K(C_{CO}) = a_2 \cdot C_{CO}^2 + a_1 \cdot C_{CO} + a_0 + a_0$	(1)

Anpassningskoefficienter för CO	a_0	a_1	a_2
	-0,0021899	-0,01528	0,0073987

Referenskurva för korrektion av känd gaskoncentration – kolmonoxid CO_2

Medan man i diagram 11 ändå tydligt kan skilja det låga från det höga koncentrationsområdet är situationen annorlunda för koldioxidhalten CO_2 i deltagarnas två olika flaskor. De 14 rapporterade korrektionsvärden inom det låga koncentrationsområdet återges av de blå symboler. De omfattar även 4 värden vid 11 vol %, vilket snarare borde räknas till den höga koncentrationen. De röda ringar till höger är 13 till antalet. De två blå punkter till vänster och de 4 röda till höger återger koncentrationsdata från de två extra flaskorna. Även de faller till största delen på varandra (begränsad instrumentupplösning). Som förut väljs den streckade linjen (2-grads polynom) som den förmodligen rimligaste korrektionskurvan $K(C_{CO2})$ trots att själva anpassningskvaliteten (korrelationskoefficient R = 0,414) är dålig, vilket i sin tur beror på spridningen k(C;Pi) mellan deltagarnas rapporterade korrektioner, speciellt vid de höga koncentrationerna.

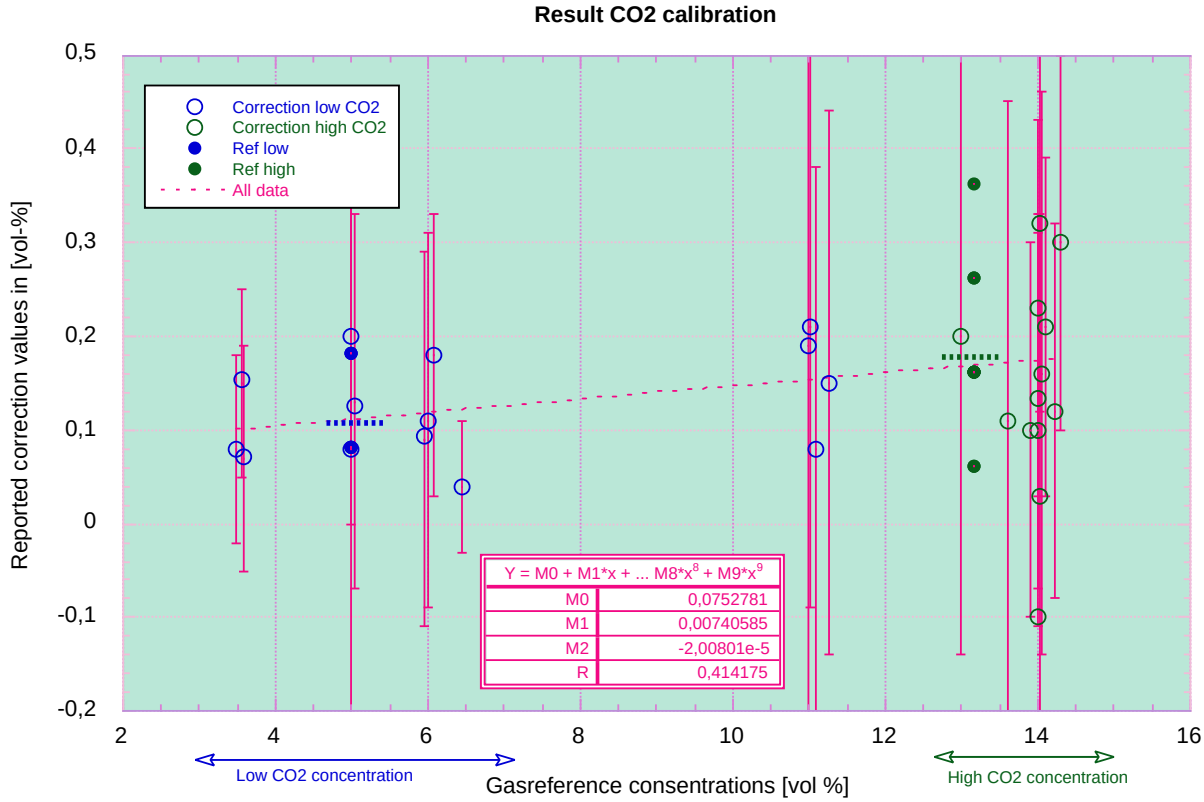

Diagram 12. Correction curve (2-degree polynomial) fitted to the correction data 2 times 14 results plus two reference points equally weighed as the 14 results at each concentration area.

Att i stället utgå ifrån en rak korrektionslinje mellan de blå och röda punkterna är ingalunda bättre. Som referenskurva föreslås därför följande anpassning $K(C_{CO2})$ given genom ekvation (2) som funktion av varierande koldioxidhalt i en referensgasflaska.

Korrektionsfunktion:	$K(C_{CO2}) = b_2 \cdot C_{CO2}^2 + b_1 \cdot C_{CO2} + b_0$	(2)

Anpassningskoefficienter för CO_2	b_0	b_1	b_2
	0,0752781	0,00740585	-0,00002008

För en koldioxid-koncentration av t.ex. C_{CO2} = 4 vol % insatt i ekvationen fås således instrumentets korrektion i denna punkt $K(C_{CO2})$ = 0,105 vol%, vilket kan avläsas i diagram 12 ovan.

Referenskurva för korrektion av känd gaskoncentration – kolväten C_6H_{14}

Situationen för HC-korrektionen visas i diagram 13. Låg HC-halt innebär värden mellan 24 och 500 vol ppm, men den höga koncentrationen räcker från ca 900 till nästan 1900 vol ppm (hexan). Den senare omständighet innebär att det inte heller här är självklart hur instrumentets felvisning och därmed korrektionen skall se ut över mätområdet.

Den hos Swedac för ackrediteringen beslutade utvärderingsprincipen föreskriver för kurvanpassningen i ett sådant fall att välja en låg grad för en polynomanpassning. Vidare undantas punkter som ligger ”för långt” från den blivande anpassningskurvan från att ingå i datamängden för anpassningen. Anledningen är att de skulle dra korrektionskurvan stark mot sig och så ge de gemensamma 2 ggr 14 referensvärden (fyllda blå och röda punkter) mindre vikt. De utelämnade punkterna är de tre i mitten och de två med största korrektionsvärde.

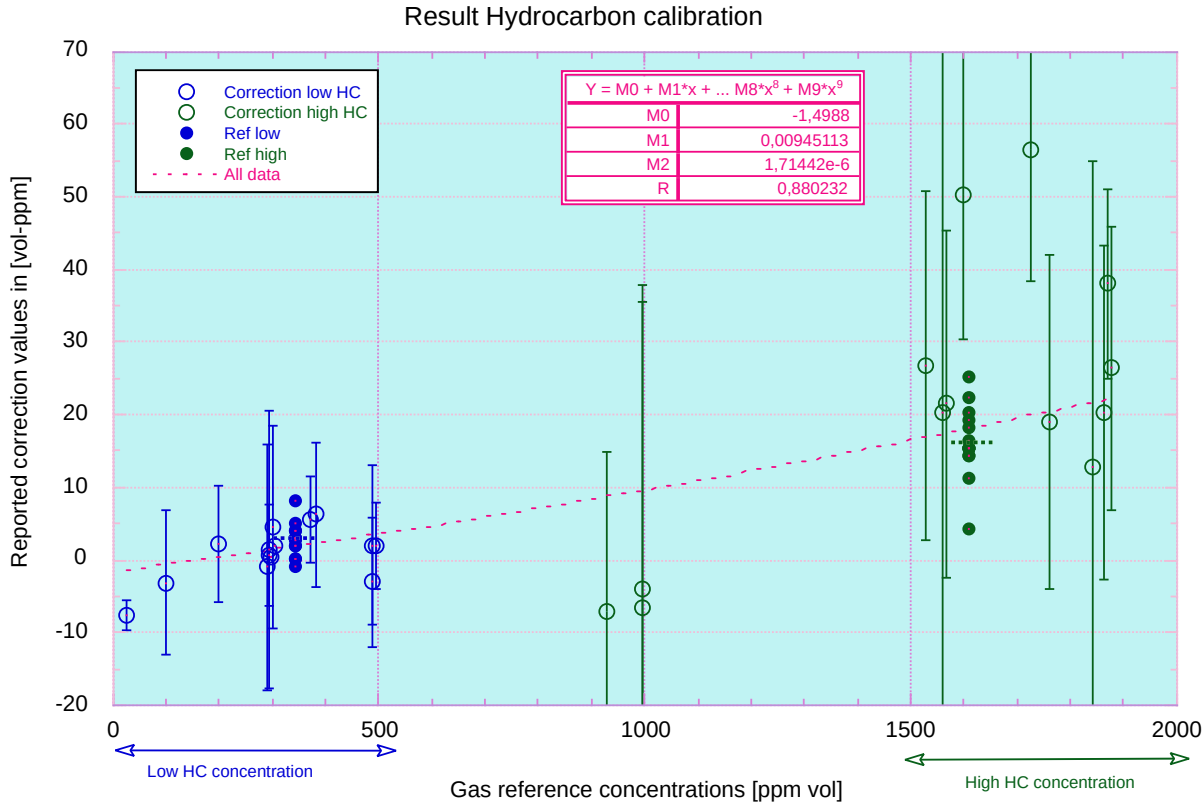

Diagram 13. Correction curve concerning concentration of hydrocarbons (hexan) fitted to the reported data (2 x 14 results) and two equally weighted blue and red reference points.

Som korrektionskurva (ekvation (2) fås en nästan linjär linje (c_2 för den kvadratiska termen har mycket lågt värde).

Korrektionsfunktion:	$K(C_{HC}) = c_2 \cdot C_{HC}^2 + c_1 \cdot C_{HC} + c_0$	(3)

Anpassningskoefficienter för HC	c_0	c_1	c_2
	-1,4988	0,00945113	$1{,}71451 \cdot 10^{-6}$

Osäkerheten i de tre referenslinjerna

De tre efterföljande tabellerna sammanfattar referensgasflaskornas specificerade koncentrationer, de avlästa värden (medelvärde) samt deras differens som bästa korrektionsvärde vid exakt dessa gashalter. Osäkerhetsvärden i resp. fjärde kolumn anger referenskurvans osäkerhet som består av tre komponenter
a) den specificerade osäkerhet i varje flaskas gashalt,
b) osäkerheten i de 2 x 3 medelvärden pga. spridningen (2 x stdav/√14) och
c) en uppskattad osäkerhet i själva kurvanpassningen.

CO-data för jämförelse			
Ref. C_{CO}	Avläst värde	$K(C_{COref})$	Osäkerhet
1,2012	1,2071	-0,0059	0,0099
4,0818	4,0136	0,0682	0,0253
	från P1 -> P14		

CO2-data för jämförelse			
Ref. C_{CO2}	Avläst värde	$K(C_{CO2ref})$	Osäkerhet
4,9809	4,87	0,11	0,050
13,1617	12,99	0,18	0,104
	från P1 -> P14		

HC-data för jämförelse		*Hexan-ekvivalent*	
Ref. C_{HC}	Avläst värde	$K(C_{HCref})$	Osäkerhet
344,090	341,25	2,84	4,815
1608,305	1592,07	16,23	12,459
	från P1 -> P14		

De tre olika bidrag kombineras som oberoende av varandra (kvadratisk addition) och avser en ca. 95% sannolikhetsnivå.

Annex 2 – Definition av referensvärden för opacitetsjämförelsen

Förväntningen innan jämförelsen var att indela deltagarnas filter in två grupper, en med låg och en med hög opacitet, där de skulle ligga relativ nära varandra och även nära ett av fyra extra inköpta och ny kalibrerade filter som var avsedda att utgöra direkta referensvärden för jämförelsen. Så blev dock inte fallet och Opus 100 visade sig ha allt annat än en linjär ”felkurva”. Dessa förutsättningar krävde liksom för gasjämförelsen att definiera korrektionen som en funktion av aktuellt opacitetsvärde. Till skillnad från andra instrument som bromsprovare, strålkastarinställningsapparater, manometer etc. där alla deltagare kan ställa in samma obligatoriska mätpunkter behöver här resultat jämföras längs olika punkter på mätskalan.

Sammanställning av deltagarnas filterdata
Av de 14 deltagarna använde en bara ett enda referensfilter, en hade två filter av samma opacitet. En deltagare använde däremot 3 olika referensfilter. Resterande 11 deltagare använde 2 olika filter – se sammanställningen i tabell 14. På motsvarande sätt ser filtersammanställning ut med hänsyn till enheten m^{-1} (k-värde) som dock inte redovisas här.

Table 14. Collection of grey filters used by the participants and four extra reference filter

Filter 1			För jämförelsen inköpta extra referensfilter		Filter 2		
Antal	Min	Max			Antal	Min	Max
Enhet	[%]	[%]	Nr.	[%]	Enhet	[%]	[%]
			511	9,37 ± 0,5			
1	30,7		556	30,778 ± 0,5	6	57,68	58,5
2	35,0	35,5	560	49,732 ± 0,4	4	47,9	49
11	47,53	49	539	68,078 ± 0,3	4	63	86,8

Bestämning av 4 extra referensvärden (korrektion för instrumentet)

Som extra uppgift har alla deltagare även använt de fyra för dem okända referensfilter och dokumenterat opacimeterns tillhörande visning. Därmed går det att fastslå hur Opus 100 instrumentets felvisning/korrektion ser ut i fyra kända mätpunkter fördelat över dess huvudsakliga mätområde. Resultatet visas för båda måttenheter (% och m^{-1}) i följande tabeller.

Table 15a. Measurement results with 4 extra filter – unit for opacity [%] –R2 specifies the filter values calibrated again after the comparison

Ref. filter	R2	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	Mean(Pi)
511	**9,370**	8,85	8,85	9	9,1	8,75	9	8,9	9,1	9,1	9,4	8,9	8,8	8,7	9,45	8,993
556	**30,778**	29,05	29	29,9	29,1	28,9	29,6	29,6	29,1	29,2	29,3	29,9	29,7	28,8	29,85	29,357
560	**49,732**	50,15	49,9	50,3	49,9	50	50,3	50,3	49,9	50,2	50,3	50,2	49,8	50,4	50,25	50,136
539	**68,078**	70,65	70,38	70,8	70,6	70,6	70,6	70,7	70,6	70,8	70,8	70,7	70,6	70,8	70,8	70,674

Table 15b. Same reference calibration with same 4 unknown filter– unit for opacity k-value in [m-1]

Ref. filter	R2	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	Mean(Pi)
511	**0,229**	0,21	0,21	0,21	0,22	0,21	0,21	0,21	0,21	0,22	0,22	0,21	0,21	0,21	0,23	0,214
556	**0,856**	0,79	0,78	0,82	0,79	0,79	0,81	0,81	0,78	0,8	0,8	0,82	0,81	0,78	0,82	0,800
560	**1,600**	1,615	1,6	1,62	1,6	1,61	1,62	1,62	1,6	1,62	1,62	1,62	1,6	1,63	1,62	1,614
539	**2,656**	2,845	2,83	2,86	2,84	2,84	2,84	2,85	2,85	2,86	2,86	2,85	2,84	2,86	2,86	2,849

Tabell 15a och 15b listar de 14 olika deltagarnas avlästa opacitetssvar för de fyra införskaffade referensfilter som var kalibrerade av Rise med R1 före och R2 efter själva jämförelseövningen. Med den vanliga upplösningen konstaterades ingen skillnad, dvs. ingen förändring av filtren mellan R1 och R2. I kalibrering R2 ombads dock Rise att registrera opacitetsvärden före och efter att både en och båda filterytor hade omsorgsfullt rengjorts, vilket förändrade transmittansvärdet om en enhet i decimalen. Eftersom samma rengöringsprocedur följdes inför varje deltagares mätning (utfört av rapportören) anses R2 värden som givna referensvärden för dessa filter. De har dessutom både en lägre osäkerhet och högre upplösning då omräkningen från uppmätt transmittans till k-värden och vidare till procentvärden inte rundades lika hårt som i själva kalibreringsbeviset från Rise. Som framgår nedan blev samstämmigheten i kalibreringsvärden mellan de fyra extra filter och framför allt deltagarnas höga opacitetsvärden sämre i det höga opacitetsområdet. Någon förklaring härför kunde inte fås. Justervesenet bekräftade resultatet R2 av de två extra filter med högsta värden och alla deltagare skickade in kalibreringsbevis för sina använda filter för att upptäcka eventuella fel i spårbarheten. Men något dokumentationsfel till exempel felaktig omräkning från transmittans till standardopacitet kunde inte upptäckas. Då samstämmigheten mellan resultaten minskade med stigande opacitet tas de tre högsta filtervärden inte med i följande konstruktion.

Korrektionsfunktion som referens över ett bredd opacitetsområde

Kalibreringsresultatet av alla deltagares filter samt de fyra extra filter har samlats grafiskt i diagram 14. Där framgår att Opus 100 inte som förväntat uppvisar ett enkelt linjärt samband mellan de sammanlagt 28 plus 4 extra filtrens opacitet och den korrektion som rapporteras för dem. I stället kan sambandet bättre beskrivas med en 2-grads polynom som korrektionsfunktion. De tre högsta resultaten till höger ligger dock så långt från denna linje att de uteslöts från kurvanpassningen. Principen att välja en låg grad av polynom, att välja bort avvikande värden och inte extrapolera utanför använd datamängd är fastslagen i det aktuella PT-program för ackreditering hos Swedac och tillämpas här.

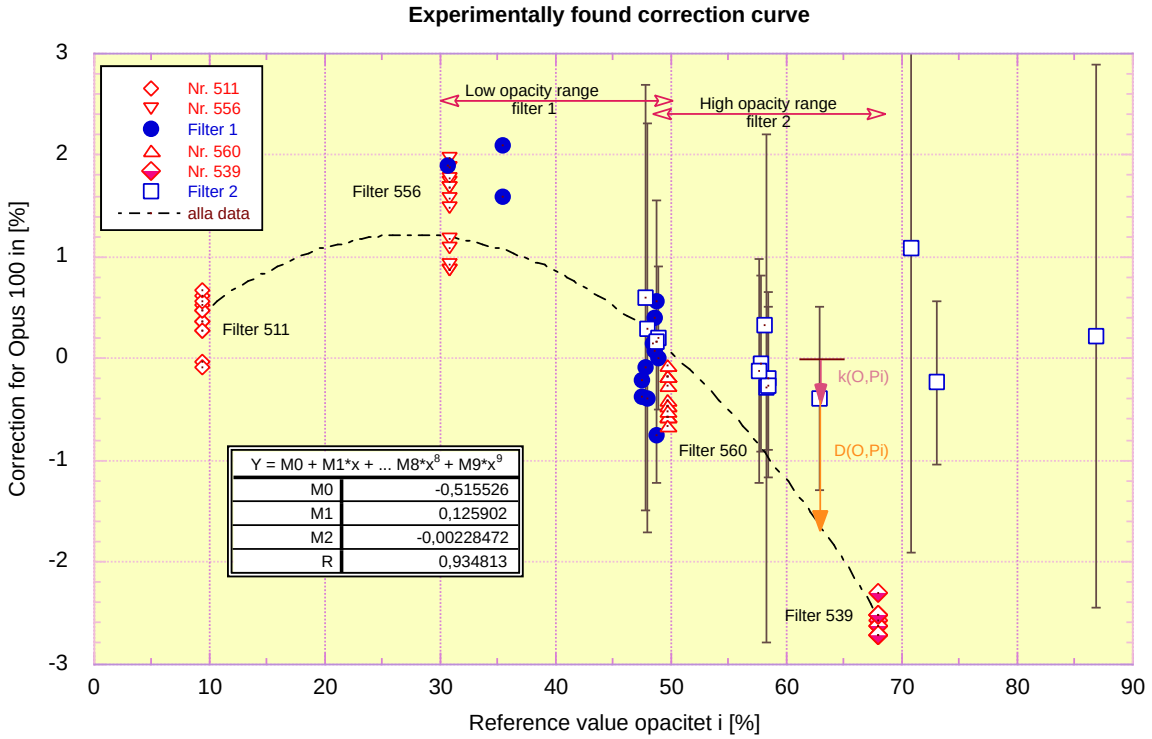

Diagram 14. Four times 14 reference correction points (4 extra filter) plus 14 middle region (filter 1) and 14 high region (filter 2) correction results from participants together with a fitted 2-degree polynomial results in a "best correction curve".

Den troligen rimligaste anpassningskurva i diagram 14 är en 2-grads polynom (4) enligt nedan, som inte extrapoleras utanför värden för filter 539

Korrektionsfunktion:	$K(O) = a_2 \cdot O^2 + a_1 \cdot O + a_0$	(4)

Anpassningskoefficienter för opacitet i enhet %	a_2	a_1	a_0
	-0,00228472	0,125902	-0,515526

Upprepas samma procedur med alla filterdata en gång till, fast med måttenheten m^{-1}, dvs. för k-värden får man i princip samma diagram igen och åter en liknande korrektionskuva (5) men med andra anpassningskoefficienter. Dessa anges nedan utan diagram.

Korrektionsfunktion:	$K(O) = a_3 a_2 \cdot O^2 + a_1 \cdot O + a_0$	(5)

Anpassningskoefficienter för opacitet i enhet m^{-1}	a_2	a_1	a_0
	-0,071681	0,123488	-0,006895

Som framgår av tabellerna ovan finns det en viss variation mellan deltagarna i de avlästa opacitetsvärden (0,12 till 0,39 % absolut, och än mer för k-värden) men framför allt en skillnad mot de fyra referensvärden R2 från Rise. Orsaken borde inte vara rengöringen eller instrumentets uppvärmning då den var påslagen nästan hela tiden. Även hanteringen borde inte ha stor betydelse. Att vända ett filter har konstaterats ger som mest 0,05 till 0,1 % ändring.

Osäkerheten i korrektionsfunktionen över opacitetsområdet

Inte bara de fyra korrektionsvärden från referensfiltren utan hela korrektionsfunktioner behöver förses med en osäkerhet. Den bestäms via de fyra referenspunkter genom kvadratisk addition av tre komponenter
a) kalibreringsosäkerheten i de 4 filter,
b) osäkerheten i varje korrektionspunkt pga. spridningen i de 14 av deltagarna avlästa värden för respektive filter och
c) osäkerheten i kurvanpassningsmodellen.

Till de så fastlagda fyra osäkerhetsvärden (kolumn 7 i tabell 16 a och 16 b) bestäms därefter även en ”osäkerhetsfunktion” som varierar med opaciteten genom samma kurvanpassningsteknik. Här nedan visas enbart resultatet av denna anpassning i form av ekvation (6) och (7).

Table 16a. Determination of uncertainty in four reference points – unit for opacity [%]

Reference value	Measured Mean	Stdard deviation	Uncertainty mean value	Calibration uncertainty in refernce values	Fitting uncertainty	Total uncertainty in reference points (95 % prob.)
9,370	8,993	0,223	0,132	0,5	0,2	0,554
30,778	29,357	0,389	0,230	0,5	0,2	0,586
49,732	50,136	0,196	0,116	0,4	0,2	0,462
68,078	70,674	0,123	0,072	0,3	0,4	0,505

Anpassningskurvan genom de fyra punkter Oj;U(Oj) i tabell 16a leder till en 3-gradspolynom med följande anpassningskoefficienter u_0 till u_3.

Osäkerhets-funktion [%]:	$U(\mathrm{K(O)}) = u_3 \cdot O^3 + u_2 \cdot O^2 + u_1 \cdot O + u_0$	(6)

Med anpassnings-koefficienter [%]	u_0	u_1	u_2	u_3
	$3{,}7743 \cdot 10^{-1}$	$2{,}6344 \cdot 10^{-2}$	$-8{,}6472 \cdot 10^{-4}$	$7{,}4227 \cdot 10^{-6}$

Table 16b. Determination of uncertainty in four reference points – unit for opacity [m-1]

Reference value	Measured Mean	Stdard deviation	Uncertainty mean value	Uncertainty refernce value	Fitting uncertainty	Total uncertainty in reference points (95 % prob.)
0,229	0,214	0,007	0,0038	0,03	0,0058	0,031
0,856	0,801	0,016	0,0092	0,03	0,0080	0,032
1,600	1,614	0,010	0,0062	0,03	0,0107	0,032
2,656	2,849	0,010	0,0061	0,03	0,0339	0,046

För samma mätpunkter fast i k-värden [m^{-1}] i tabell 16b räcker en 2-gradspolynom och tillhörande koefficienter u_0 till u_2.

Osäkerhets-funktion [m^{-1}]:	$U(\mathrm{K(O)}) = u_2 \cdot O^2 + u_1 \cdot O + u_0$	(7)

Med anpassnings-koefficienter [m^{-1}]	u_0	u_1	u_2
	$3{,}2505 \cdot 10^{-2}$	$-5{,}4072 \cdot 10^{-3}$	$3{,}8599 \cdot 10^{-3}$

Exempel för beräkningen av deltagarnas referenskorrektioner

För att förtydliga hur deltagarnas referenskorrektion och dess osäkerhet samt avståndet till den bästa korrektionskurvan bestäms ges här ett exempel:

Anta en deltagare Pi (i=12) har på Opus 100 med sitt filter med (O = 63 %) läst av ett värde på 63,4 %. Han anger då en korrektion utifrån hans filter k(O;Pi) = 63 – 63,4 = -0,4 %. Det avlästa värde 63,4 % borde egentligen varit 63 % och bör därför korrigeras genom att addera -0,4 %. Korrektionskurvan K(O) för värdet 63 % (dvs. insatt i anpassningspolynomet (4)) föreslår däremot som bästa korrektion K(O =63 %) = -1,65 % enligt:

$K(O_{cer}) = -\ 0{,}00228472 \times 63^2 + 0{,}125902 \times 63 - 0{,}515526$ (4)
$= -9{,}0680537 + 7{,}931826 - 0{,}515526 = -1{,}652\ \%$

Den uppgivna korrektionen föll med k(O;Pi) = -0,4 % alltså klart mindre ut än referenskorrektionen $K(O_{cer})$ = -1,652 % vid det aktuella opacitetsvärde O_{cer} =63 %.
Differensen $D(O;Pi) = K(O_{cer}) - k(O;Pi)$ = -1,652 – (-0,4) = -1,252 % är i diagram 14 inritat som pil tillsammans med k(O;Pi) = -0,4 %.

För osäkerheten i detta korrektionsvärde används ekvation (6) enligt:

$U(K(O)) = 0{,}0000074227 \times 63^3 - 0{,}000086472 \times 63^2 + 0{,}026344 \times 63 + 0{,}37743$
$= 1{,}856 - 3{,}432 + 1{,}660 + 0{,}377 = 0{,}461\ \%$

En-värdet beräknas sedan tillsammans med deltagarens angivna osäkerhet på 0,9 %

$$E_n = \frac{k(O;Pi) - K(O)}{\sqrt{U^2(Pi) + U^2(K(O))}} = \frac{-0{,}4\ -\ (-1{,}652)}{\sqrt{0{,}9^2 + 0{,}461^2}} = \frac{1{,}252}{\sqrt{1{,}0225}} = 1{,}24$$

Annex 3 Preliminär planering för denna ILC

https://smquality.se/ilc-car-inspection-20211/

Annex 4 Detaljprocessen för denna ILC

https://smquality.se/wp-content/uploads/2021/09/Process_car_inspektion_final_description_rev_1.pdf

Annex 3 detaljer om kalibreringsbevisen

Uttryckt i vol % och ppm samt m^{-1}

P10

Opus 40

Referensvärde CO	1,19 och 4,51
Referensvärde CO2	4,98 och 13
Referensvärde	HC 292 och 1841
Osäkerhetsvärde OPUS 40	
Osäkerhetsvärde CO	±0,38
Osäkerhetsvärde CO2	±0,34
Osäkerhetsvärde HC	±21

OPUS 100

Filterreferens högt filter 2,06
Filterreferens lågt filter 1,52
Osäkerhet högt filter ±0,08
Osäkerhet lågt filter ±0,08

P9
Opus 40
Referensvärde CO 0,5 och 4,107
Referensvärde CO2 3,571 och 14,11
Referensvärde HC 998 och 3853
Osäkerhetsvärde OPUS 40
Osäkerhetsvärde CO ±0,02-0,12
Osäkerhetsvärde CO2 ±0,12-0,18
Osäkerhetsvärde HC ±11-19,48
OPUS 100
Filterreferens högt filter 3,059
Filterreferens lågt filter 1,502
Osäkerhet högt filter ±0,07
Osäkerhet lågt filter ±0,06

P12
Opus 40
Referensvärde CO 1,00 och 4,48
Referensvärde CO2 5,00 och 14,02
Referensvärde HC 787 och 3141
Osäkerhetsvärde OPUS 40
Osäkerhetsvärde CO ±0,010 och 0,045
Osäkerhetsvärde CO2 ±0,050 och 0,14
Osäkerhetsvärde HC ±16 och 31
OPUS 100
Filterreferens högt filter 2,31
Filterreferens lågt filter 1,55
Osäkerhet högt filter ±0,03
Osäkerhet lågt filter ±0,04
Anger före och efter rengöring
P11
Opus 40
Referensvärde CO 0,966 och 4,008
Referensvärde CO2 4,996 och 13,95
Referensvärde HC 763 och 3230
Osäkerhetsvärde OPUS 40
Osäkerhetsvärde CO ±0,10 och 0,12
Osäkerhetsvärde CO2 ±0,025 och 0,06
Osäkerhetsvärde HC ±6 och 17
OPUS 100
Filterreferens högt filter 2,00
Filterreferens lågt filter 1,50
Osäkerhet högt filter ±0,06
Osäkerhet lågt filter ±0,06

P3

Opus 40
Referensvärde CO 1,509 och 3,527
Referensvärde CO2 11,08 och 14,03
Referensvärde HC 605 och 2041
Osäkerhetsvärde OPUS 40
Osäkerhetsvärde CO ±0,07
Osäkerhetsvärde CO2 ±0,3
Osäkerhetsvärde HC ±19
OPUS 100
Filterreferens högt filter 1,522
Filterreferens lågt filter 1,021
Osäkerhet högt filter ±2 % opacitet
Osäkerhet lågt filter ±2 % opacitet

P14
Opus 40
Referensvärde CO 1 och 4,32
Referensvärde CO2 6,08 och 14
Referensvärde HC 292 och 1762
Osäkerhetsvärde OPUS 40
Osäkerhetsvärde CO ±0,32 och 0,058
Osäkerhetsvärde CO2 ±0,15 och 0,21
Osäkerhetsvärde HC ±6,9 och 23
OPUS 100
Filterreferens högt filter 4,713
Filterreferens lågt filter 1,521
Osäkerhet högt filter ±0,063
Osäkerhet lågt filter ±0,089
Har ytterligare 2 filter
P2
Opus 40
Referensvärde CO 0,50 och 4,00
Referensvärde CO2 6,44 och 14
Referensvärde HC 24 och 1727
Osäkerhetsvärde OPUS 40
Osäkerhetsvärde CO ±0,02 och 0,04
Osäkerhetsvärde CO2 ±0,07 och 0,15
Osäkerhetsvärde HC ±2 och 18
OPUS 100
Filterreferens högt filter 2,03
Filterreferens lågt filter 1,56
Osäkerhet högt filter ±0,11
Osäkerhet lågt filter ±0,10

P6
Opus 40

Referensvärde CO	0,50 och 4,49
Referensvärde CO2	6 och 14
Referensvärde	HC 203 och 3220
Osäkerhetsvärde OPUS 40	
Osäkerhetsvärde CO	±0,02 och 0,09
Osäkerhetsvärde CO2	±0,2 och 0,3
Osäkerhetsvärde HC	±8 och 65

OPUS 100

Filterreferens högt filter	2,03
Filterreferens lågt filter	1,55
Osäkerhet högt filter	±0,06
Osäkerhet lågt filter	±0,05

P4
Opus 40

Referensvärde CO	0,50 och 4,05
Referensvärde CO2	3,6 och 14,2
Referensvärde	HC 489 och 1863
Osäkerhetsvärde OPUS 40	
Osäkerhetsvärde CO	±0,03 och 0,05
Osäkerhetsvärde CO2	±0,1 och 0,2
Osäkerhetsvärde HC	±9 och 23

OPUS 100

Filterreferens högt filter	2,05
Filterreferens lågt filter	1,57
Osäkerhet högt filter	±0,06
Osäkerhet lågt filter	±0,7

P1
Opus 40

Referensvärde CO	0,50 och 4,51
Referensvärde CO2	5,96 och 14
Referensvärde	HC 410 och 3200
Osäkerhetsvärde OPUS 40	
Osäkerhetsvärde CO	±0,02 och 0,07
Osäkerhetsvärde CO2	±0,2
Osäkerhetsvärde HC	±8 och 50

OPUS 100

Filterreferens högt filter	2,00
Filterreferens lågt filter	1,56
Osäkerhet högt filter	±0,05
Osäkerhet lågt filter	±0,05

P5
Opus 40
Referensvärde CO 1,50
Referensvärde CO2 11,0
Referensvärde HC 300
Osäkerhetsvärde OPUS 40
Osäkerhetsvärde CO ±0,04
Osäkerhetsvärde CO2 ±0,6
Osäkerhetsvärde HC ±14
OPUS 100
Filterreferens högt filter
Filterreferens lågt filter 1,53
Osäkerhet högt filter
Osäkerhet lågt filter ±0,12
Bara 1 gas och 1 filter

P7
Opus 40
Referensvärde CO 1,515 och 3,529
Referensvärde CO2 11,01 och 14,06
Referensvärde HC 610 och 2042
Osäkerhetsvärde OPUS 40
Osäkerhetsvärde CO ±0,07
Osäkerhetsvärde CO2 ±0,30
Osäkerhetsvärde HC ±42
OPUS 100
Filterreferens högt filter 47,90 % opacitet
Filterreferens lågt filter 30,70 % opacitet
Osäkerhet högt filter ±2,1 % opacitet
Osäkerhet lågt filter ±2,1 % opacitet
Mäter före och efter rengöring

P13
Opus 40
Referensvärde CO 3,39
Referensvärde CO2 13,61
Referensvärde HC 1924
Osäkerhetsvärde OPUS 40
Osäkerhetsvärde CO ±0,075
Osäkerhetsvärde CO2 ±0,34
Osäkerhetsvärde HC ±22
OPUS 100
Filterreferens högt filter
Filterreferens lågt filter 1,56
Osäkerhet högt filter
Osäkerhet lågt filter ±0,06

P8
Opus 40

Referensvärde CO	0,497 och 4,213
Referensvärde CO2	3,48 och 14,3
Referensvärde	HC 494 och 1870
Osäkerhetsvärde OPUS 40	
Osäkerhetsvärde CO	±0,03 och 0,05
Osäkerhetsvärde CO2	±0,1 och 0,2
Osäkerhetsvärde HC	±6 och 13

OPUS 100

Filterreferens högt filter	1,57
Filterreferens lågt filter	1,00
Osäkerhet högt filter	±0,06
Osäkerhet lågt filter	±0,7

Annex 4 form for preliminary calibration results.

Excel-protokoll för 2 gasflaskor med kända och 2 extra flaskor med okända gashalter

Inga justeringar på utrustningen är tillåten

Kalibrering skall ske i användarmod

avläst värde PEF 0,487

	Nominel mätpunkt	Använd Referensgas	Avläst koncentration	Korrektions-värde för mätpunkt	Osäkerhet i kalibrering av mätpunkten		Koncentration Referensgas-flaska		Korrektions-värde för jämförelsen	Osäkerhe-ten för jäm-förelsen	Avvik ur kalibrerings-intyget	Osäkerhet ur kalibre-ringsintyget
									Används i jämförelsen		*Ur bevis*	
Låg koncentration		[vol %]	[vol %]	[vol %]	[vol %]		Vol %	*	[vol %]	[vol %]	[vol %]	[vol %]
Kolmonoxid CO	≈ 0,3 -> 0,5 vol %	1,5	1,51	-0,01	0,035		1,5		-0,01	0,035	0,01	0,035
Koldioxid CO_2	≈ 5 -> 6 vol %	11,25	11,1	0,15	0,29		11,25		0,15	0,29	0,15	0,29
		[vol ppm]	[vol ppm]	[vol ppm]	[vol ppm]		Vol ppm	*	[vol ppm]	[vol ppm]	[vol ppm]	[vol ppm]
HC (hexan)	100 -> 550 ppm	290,0	291	-1	17	propan	596		-1	17	1	17
											2 förteckenfel rättat	

	Nominel mätpunkt	Använd Referensgas	Avläst koncentration	Korrektions-värde för mätpunkt	Osäkerhet i kalibrering av mätpunkten		Koncentration Referensgas-flaska		Korrektions-värde för jämförelsen	Osäkerhe-ten för jäm-förelsen	Avvik ur kalibrerings-intyget	Osäkerhet ur kalibre-ringsintyget
Høg koncentration		[vol %]	[vol %]	[vol %]	[vol %]		Vol %	*	[vol %]	[vol %]	[vol %]	[vol %]
Kolmonoxid CO	≈ 3,5 -> 5 vol %	3,39	3,38	0,01	0,075		3,39		0,01	0,075	-0,01	0,075
Koldioxid CO_2	≈ 14 -> 15 vol %	13,61	13,5	0,11	0,34		13,61		0,11	0,34	-0,11	0,34
		[vol ppm]	[vol ppm]	[vol ppm]	[vol ppm]		Vol ppm	*	[vol ppm]	[vol ppm]	[vol ppm]	[vol ppm]
HC (hexan)	1000 -> 2000 ppm	930,0	937	-7	22	propan	1910		-7	22	14	22
							* ange enheten på referensfllaska				troligen beräkningsfel pga tecken	

	Nominel mätpunkt	Okänd gas-koncentration	Avläst koncentration	Korrigerat gas-koncentration	Osäkerhet i korrektionen	
Låg koncentration		[vol %]	[vol %]	[vol %]	[vol %]	Flaska 1
Kolmonoxid CO		?	1,21	1,2		
Koldioxid CO_2		?	4,9	5,05		
		[vol ppm]	[vol ppm]	[vol ppm]	[vol ppm]	
HC (hexan)		?	341	340		

	Nominel mätpunkt	Okänd gas-koncentration	Avläst koncentration	Korrigerat gas-koncentration	Osäkerhet i korrektionen	
Høg koncentration		[vol %]	[vol %]	[vol %]	[vol %]	Flaska 2
Kolmonoxid CO		?	4,02	4,03		
Koldioxid CO_2		?	13,1	13,21		
		[vol ppm]	[vol ppm]	[vol ppm]	[vol ppm]	
HC (hexan)		?	1604	1597		

Excel-protokoll för opacitetsfilter, 2 kända och 4 extra filter med okänd opacitet

Inga justeringar på utrustningen är tillåten
Kalibrering skall ske i användarmod

Moment I: Kalibrering av Opus 100 — **Opacitet i enheten [%]**

Mätpunkt	Använt Referensglas	Avläst opacitet	Korrektions-värde för mätpunkt	Osäkerhet i kalibrering av mätpunkten
	[%]	[%]	[%]	[%]
1	35,50	33,4	2,1	2,0
2	48,00	47,7	0,3	2,0
3				

Moment II: Uppmätning av okända referensfilter

Referensfilter nr.	Okänd	Avläst opacitet	Korrektions-värde för mätpunkt	Osäkerhet i korrektionen
	[%]	[%]	[%]	[%]
511		9,0		
556		29,9		
560		50,3		
539		70,8		

Moment I: Kalibrering av Opus 100 — **Opacitet i enheten m^{-1}]**

Mätpunkt	Använd Referensglas	Avläst opacitet	Korrektions-värde för mätpunkt	Osäkerhet i kalibrering av mätpunkten
	[m^{-1}]	[m^{-1}]	[m^{-1}]	[m^{-1}]
1	1,021	0,94	0,081	0,06
2	1,522	1,50	0,022	0,06
3				

Moment II: Uppmätning av okända referensfilter

Referensfilter nr.	Okänd	Avläst opacitet	Korrektions-värde för mätpunkt	Osäkerhet i korrektionen
	[m^{-1}]	[m^{-1}]	[m^{-1}]	[m^{-1}]
511		0,21		
556		0,82		
560		1,62		
539		2,86		

Annex 5 norska och svenska regelsystemet

(i praktiken samma regler i det norska och svenska systemet)

*§ 26.*Maksimale tillatte målefeil

For hver av de målte andelene er maksimale tillatte målefeil ved angitte driftsbetingelser i henhold til § 5 den største av de to verdiene i tabell 5. Absoluttverdier uttrykkes i % vol. eller ppm vol. hvor prosentverdier er prosent av sann verdi.

Tabell 5

Maksimale tillatte målefeil		
Parameter	***Klasse 0***	***Klasse I***
CO-andel	± 0,03 % vol. ± 5 %	± 0,06 % vol. ± 5 %
CO_2-andel	± 0,5 % vol. ± 5 %	± 0,5 % vol. ± 5 %
HC-andel	± 10 ppm vol. ± 5 %	± 12 ppm vol. ± 5 %
O_2-andel	± 0,1 % vol. ± 5 %	± 0,1 % vol. ± 5 %

Maksimale tillatte målefeil ved lambdaberegningen er 0,3 %. Den konvensjonelle sanne verdien beregnes etter formelen definert i punkt 5.3.7.3 i de forente nasjoners økonomiske kommisjon for Europa (UN/ECE) forordning nr. 83 om uniforme bestemmelser for godkjenning av kjøretøy med hensyn til forurenseres utslipp i henhold til krav til drivstoff.

e) Røykmåler: Måleområde og maksimalt tillatte målefeil i samsvar med grenseverdiene angitt i rådsdirektiv 72/306/EØF, vedlegg VII.

Rådsdirektiv 72/306/EØF, vedlegg VII

4.2.6

$$K = -\frac{1}{L}\log_c\left(1 - \frac{N}{100}\right)$$

Provet skall upprepas med åtminstone fyra provgaser som ger jämnt fördelade avläsningar mellan 20 och 80 på den linjära skalan.

4.2.8 Den effektiva längden L hos opacimetern utgörs av det aritmetiska medelvärdet av de effektiva längder som erhålls i enlighet med 4.2.6 för varje gas.

Øvrige måleinstrumenter skal kalibreres ved bruk av anerkjente kalibreringsmetoder. Kalibreringen skal være sporbar. Måleinstrumenter skal etter innregulering og endelig kalibrering oppfylle kravene til maksimalt tillatte målefeil innenfor måleområdene. Kontrollorgan må ha dokumentasjon som viser at slik kalibrering er utført og at måleinstrumentene er i henhold til kravene til måleområder og maksimalt tillatte målefeil.

Referenser

- ISO/IEC 17043:2010 Conformity assessment – General requirements for proficiency testing
- ISO/IEC 17025:2017 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories
- ISO 13528 Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparison
- Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement, GUM (JCGM 100:2008)
- EA-4/02 M:2013 Evaluation of Uncertainty of Measurement in Calibration
- International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms (VIM)
- NORSK LOVTIDEND 30. mai 2018
- TSFS 2015:18 17 april 2015
- TSFS 2010:78 konsoliderad utgåva