



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
SZERVETLEN ÉS ANALITIKAI KÉMIA TANSZÉK

LEVEGŐSZENNYEZÉS VIZSGÁLÓLABORATÓRIUM

a NAT által NAT-1-0972/2008 számon akkreditált vizsgálólaboratórium

## ***TELEPÍTETT EMISSZIÓ MÉRŐ RENDSZEREK KALIBRÁLÁSÁNAK TAPASZTALATAI***

Kmecz Ildikó, Kőmíves József, Devecser Eszter, Sándor Tamás

A környezetvédelmi mérés és mintavétel aktuális kérdései  
Budapest, 2012. május 22.

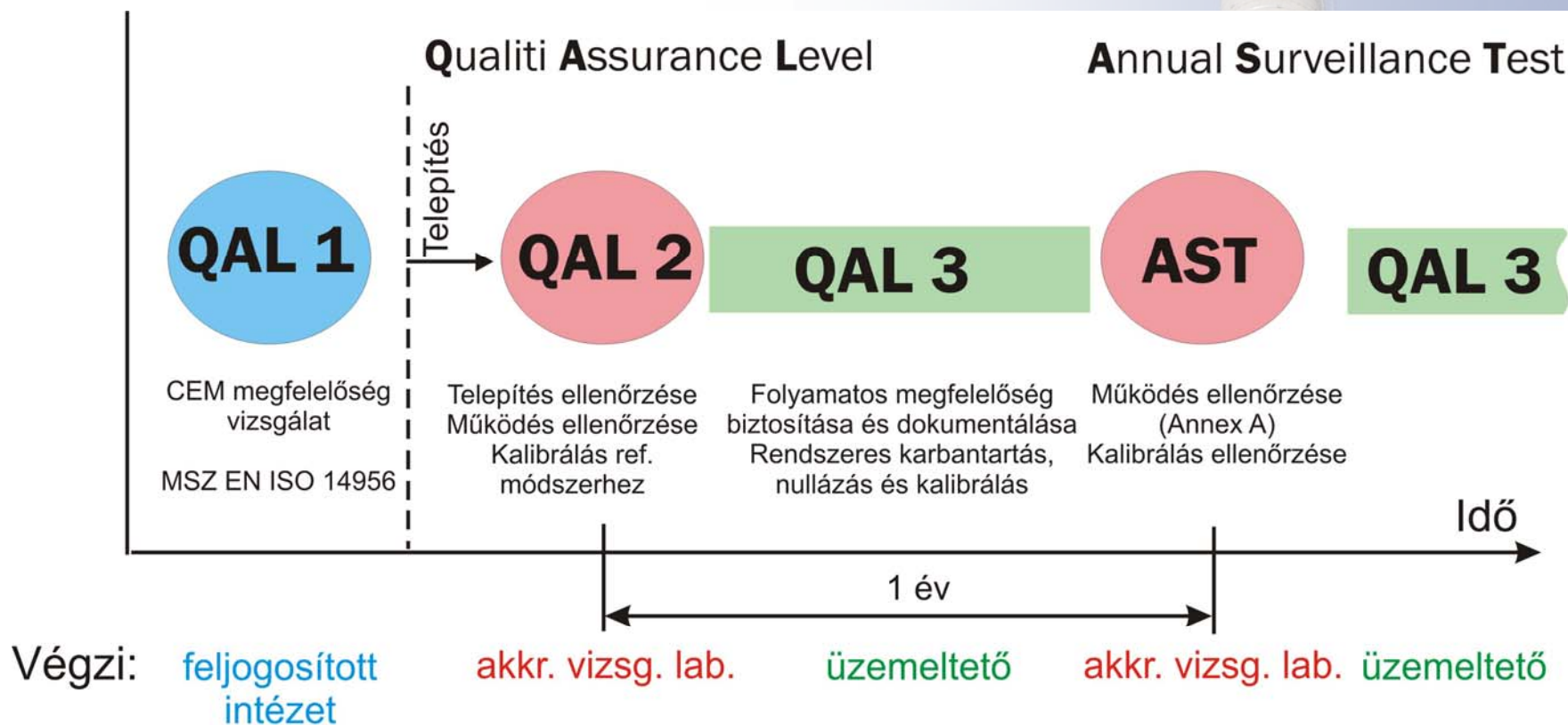
---

# Az előadás vázlata

---

- A telepített mérőkészülékek minőségbiztosítása MSZ EN 14181 szerint.
- A telepített mérőkészülékek minőségbiztosításának jogszabályi háttere.
- Gyakorlati tapasztalatok a telepített mérőrendszerek MSZ EN 14181 szabvány szerinti összehasonlító vizsgálatai során:
  - regressziós egyenes meghatározása,
  - nyitott kérdések során alkalmazott megoldások,
  - gyakori hibák.

# MSZ EN 14181: a minőségbiztosítás szintjei



# QAL 1: a CEMs megfelelés vizsgálata

**Célja:** A telepített mérőkészülékek megfelelésének igazolása a teljesítmény jellemzőkre megfogalmazott követelmények és az eredő mérési bizonytalanság teljesülése szempontjából

## Alkalmazott szabványok:

MSZ EN ISO 14956:2003

Az eredő mérési bizonytalanság meghatározásának elméleti alapjai

MSZ EN 15267-3:2007

A teljesítmény jellemzőkre vonatkozó követelmények és vizsgálati eljárásai

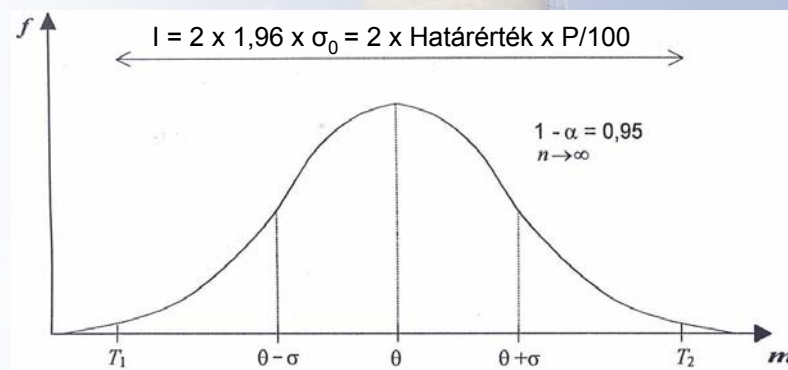
## Eredő mérési bizonytalanság:

| Légszennyező anyag | Hulladékégető      | Nagytelj. tüzelő |
|--------------------|--------------------|------------------|
|                    | Határérték %-a (P) |                  |
| CO                 | 10                 | (10)             |
| SO <sub>2</sub>    | 20                 | 20               |
| NO <sub>x</sub>    | 20                 | 20               |
| Szilárd anyag      | 30                 | 30               |
| TOC                | 30                 |                  |
| HCl                | 40                 |                  |
| HF                 | 40                 |                  |

## A vizsgált teljesítmény jellemzők:

- válaszidő, kimutatási határ
- ismételhetőség (nullpont / beállított érték)
- vándorlás (nullpont / beállított érték)
- linearitás, zavaró hatások
- környezeti hőmérséklet függés
- minta nyomásfüggés, minta térfogatfüggés
- elektromos feszültségfüggés, reprodukálhatóság

## 95 %-os konfidencia intervallum:



**MEGFELELŐSÉG:** SIRA (UK) / TÜV (DE) Certificate

**Terv:** Európában egységesen elfogadott tanúsítás  
EN 15267 szerint, kiépítése folyamatban

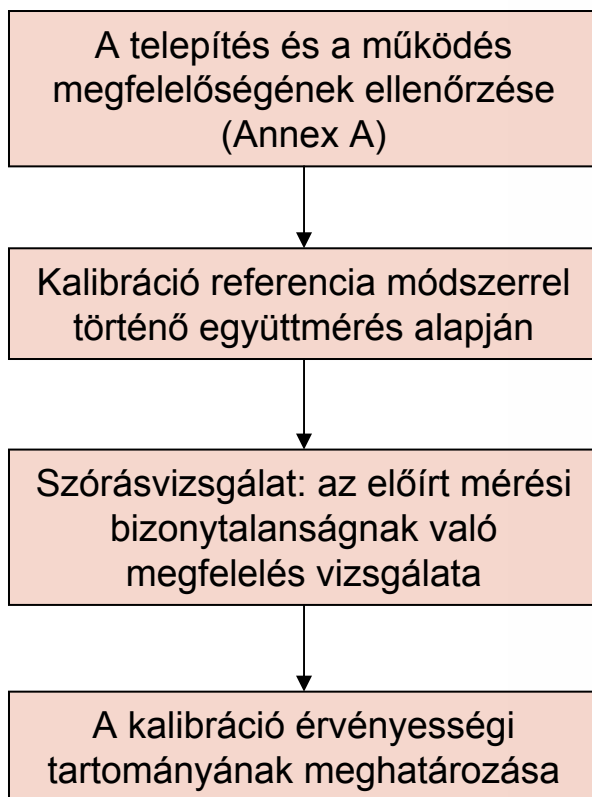


# QAL 2: a CEMs kalibrálása

## Gyakorisága:

- a mérőműszer telepítéskor, majd legalább 5 évente
- a technológia üzemelését érintő főbb változtatásokat követően
- a telepített mérőrendszer módosítását, főbb javítását követően

## Lépései:



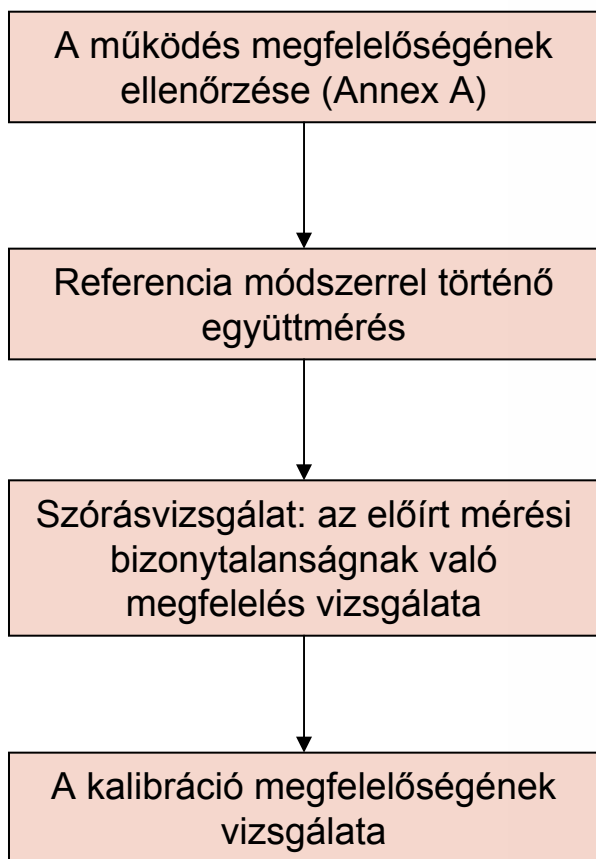
- 3 napos együtmérés.
- Legalább 15 db, legalább 30 perces átlagolási idejű minta.
- Minták egyenletes elosztása a mérési napon belül (8-10 óra lefedése) és a mérési napok között.
- Az üzemviteli paraméterek változtatásával minél szélesebb koncentráció tartomány lefedése.

# AST: a CEMs éves összehasonlító vizsgálata

## „Egyszerűsített” QAL 2 eljárás

**Célja:** A működés és az érvényes kalibráció megfelelőségének ellenőrzése.

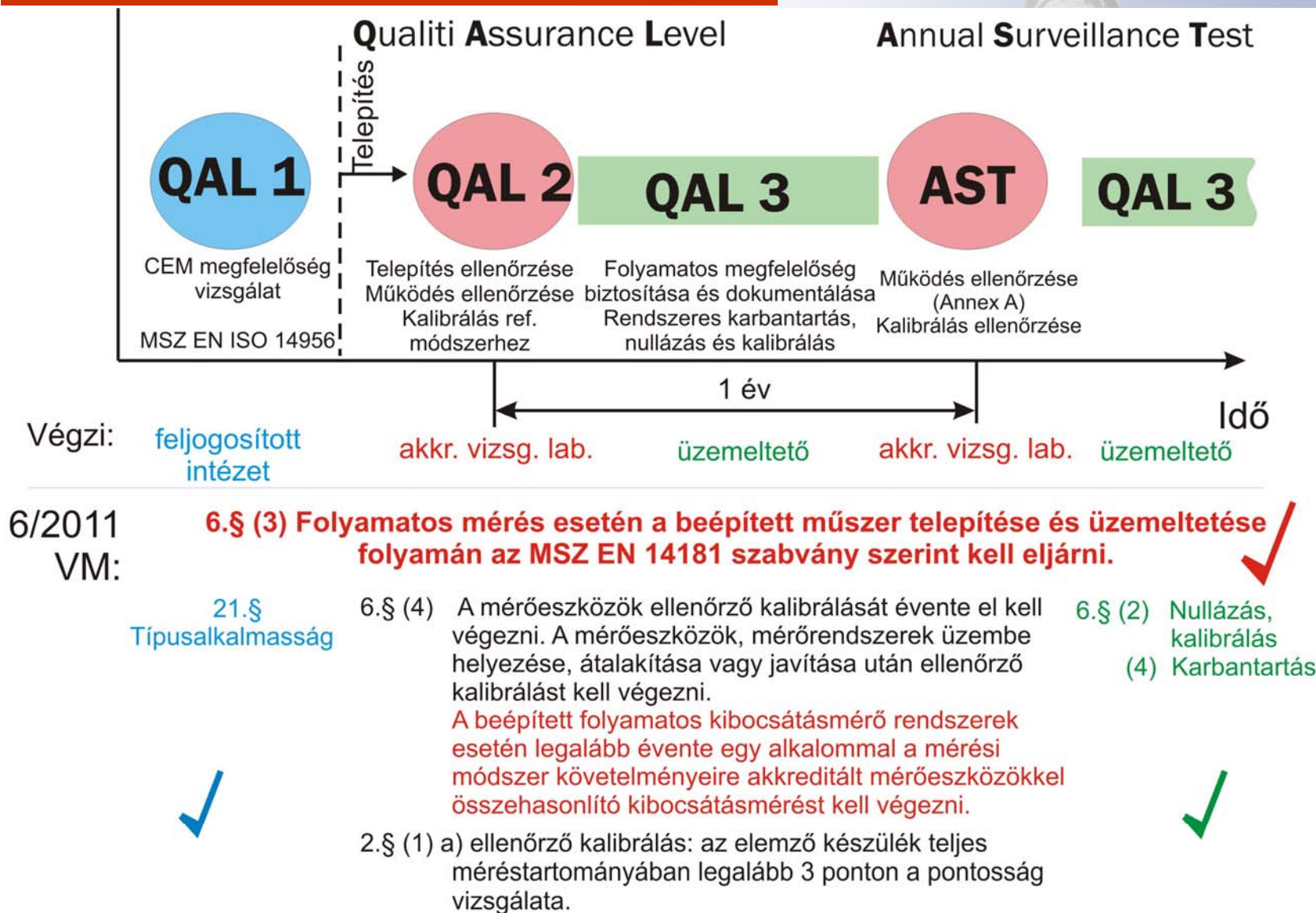
### Lépései:



- 1 napos együtmérés.
- Legalább 5 db, legalább 30 perces átlagolási idejű minta.
- Minták egyenletes elosztása a mérési napon belül (8-10 óra lefedése).
- Az üzemviteli paraméterek változtatásával minél szélesebb koncentráció tartomány lefedése.

**Nem megfelelés** esetén **QAL 2** szerinti induló kalibrálás 6 hónapon belül.

# A minőiségbiztosítás jogszabályi háttere





# Megszerzett tapasztalatok

| Cég                                          | Technológia                                                                                        | QAL 2        | AST                                  |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------------------------|
| Vértesi Erőmű Zrt., Oroszlány                | 235 MW széntüzelésű erőmű kéntelenítő nyers gáz és tisztított gáz                                  | ✓✓           | nyers: ✓✓✓✓✓<br>tisztított: ✓✓✓✓✓✓✓✓ |
| Budapesti Erőmű Zrt., Újpesti Erőmű          | 110 MW gázturbina<br>BB gőzkazán<br>100 MW forróvizes kazánok                                      |              | ✓✓✓✓✓✓✓<br>✓✓✓✓✓✓✓<br>✓✓✓✓✓✓         |
| Budapesti Erőmű Zrt., Kelenföldi Erőmű       | 93 MW gőzkazán<br>70 MW forróvizes kazán<br>136 MW gázturbina                                      |              | ✓✓<br>✓✓<br>✓✓✓                      |
| Budapesti Erőmű Zrt., Kispesti Erőmű         | 70 MW gázturbina<br>100 MW forróvizes kazán                                                        |              | ✓✓<br>✓✓                             |
| Csepel II Erőmű                              | 2 db 139 MW gázturbina                                                                             |              | ✓✓✓✓✓✓✓✓✓                            |
| ISD Power Kft., Dunaújváros                  | 3 db erőművi kémény                                                                                |              | 3 x ✓✓✓✓✓                            |
| DDC Kft., Beremendi Cementgyár               | 2 db klinkerégető kemence (2005-2009)<br>1 db klinkerégető kemence (2009-től)                      | ✓            | 2 x ✓✓✓✓<br>✓✓✓                      |
| DDC Kft., Váci Cementgyár                    | 1 db klinkerégető kemence                                                                          |              | ✓✓✓✓✓✓✓✓✓✓                           |
| Nitrogénművek Zrt. Pétfürdő                  | HNO <sub>3</sub> üzemi N <sub>2</sub> O kibocsátás csökkentés<br>nyers véggáz és tisztított véggáz | ✓✓           | 2 x ✓✓✓                              |
| E.ON Erőművek Kft., Gönyői Erőmű             | 400 MW kombinált ciklusú gázturbina                                                                | ✓            |                                      |
| Magyar Cukor Zrt., Kaposvári Cukorgyár       | 3 db kazán közös kéménye (120 MW)                                                                  | ✓            | ✓                                    |
| MOL Dunai Finomító, AV -2 Üzem               | 4 db csökemence közös kéménye                                                                      | ✓            |                                      |
| FKF Zrt. Hulladékhasznosító Mű               | 4 db kommunális hulladékégető kazán                                                                |              | 4 x ✓✓                               |
| E.ON Nyíregyházi Erőmű                       | 3 db 47,5 MW GIB gőzkazán közös kéménye                                                            | ✓            |                                      |
| ISD Dunafer Zrt., Acélmű                     | 2 db konverter vonal                                                                               | ✓✓           |                                      |
| Holcim Hungária Zrt., Lábattani Cementgyár   | 2 db klinkerégető kemence                                                                          |              | 2 x ✓✓                               |
| Onyx Magyarország Kft., Dorogi Hulladékégető | Ipari és gyógyszergyári hulladékok égetése                                                         |              | ✓                                    |
| Fűzfői Hulladékégető Kft.                    | Veszélyes hulladékégetés                                                                           |              | ✓                                    |
| <b>Összesen:</b>                             |                                                                                                    | <b>11 db</b> | <b>110 db</b>                        |



# A vizsgált CEM rendszerek

| Telepített analizátor                                        | Légszennyező anyag                                                                                   | Mérési módszer                                          | Referencia módszer (SRM)                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Nagyteljesítményű tüzelőberendezések</i>                  |                                                                                                      |                                                         | CO (CO <sub>2</sub> )<br>NO <sub>x</sub><br>SO <sub>2</sub><br>O <sub>2</sub><br>TOC(C1)<br>Szilárd anyag<br>H <sub>2</sub> O<br>HCl, HF<br>N <sub>2</sub> O | ND-IR<br>kemilumineszcencia<br>H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (elnyeletés) / IC<br>paramágnesség<br>FID<br>gravimetria<br>gravimetria<br>deszt.víz (elnyeletés) / IC<br>ND-IR |
| Horiba ENDA-600 sorozat                                      | NO <sub>x</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> / O <sub>2</sub>                             | ND-IR / paramágneses                                    |                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                              |
| ABB (AO2020) Uras14/Uras26                                   | CO, NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> / CO <sub>2</sub>                                              | ND-IR                                                   |                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                              |
| Magnos 106                                                   | O <sub>2</sub>                                                                                       | Paramágneses                                            |                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                              |
| Siemens Ultramat 23                                          | NO <sub>x</sub> , CO, SO <sub>2</sub> / O <sub>2</sub>                                               | ND-IR / paramágneses                                    |                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                              |
| Durag D-R 290                                                | Szilárd anyag                                                                                        | In-situ, optikai                                        |                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                              |
| PCME QAL 181STD                                              | Szilárd anyag                                                                                        | In-situ, optikai                                        |                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                              |
| Novatech Control, cirkónia nedves O <sub>2</sub> mérő szonda | H <sub>2</sub> O                                                                                     | Száraz és nedves O <sub>2</sub> konc. mérésből számítva |                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                              |
| <i>Hulladékégetők, Cementgyári alkalmazások</i>              |                                                                                                      |                                                         | Szilárd anyag<br>H <sub>2</sub> O                                                                                                                            | gravimetria                                                                                                                                                                  |
| ABB Advance Cemas FTIR-NT                                    | NO <sub>x</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , HCl, HF, H <sub>2</sub> O, NH <sub>3</sub> | FT-IR                                                   |                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                              |
| ABB MULTI-FID 14 / RGM 11                                    | TOC(C1) / O <sub>2</sub>                                                                             | FID / ZrO <sub>2</sub> érzékelő                         |                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                              |
| Durag D-R 300-40                                             | Szilárd anyag                                                                                        | In-situ, optikai                                        |                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                              |
| <i>Egyéb rendszerek</i>                                      |                                                                                                      |                                                         | H <sub>2</sub> O<br>HCl, HF<br>N <sub>2</sub> O                                                                                                              | gravimetria<br>deszt.víz (elnyeletés) / IC<br>ND-IR                                                                                                                          |
| Horiba VA-3001                                               | N <sub>2</sub> O                                                                                     | ND-IR                                                   |                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                              |
| Opsis AR602 / AR650                                          | NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> / CO, CO <sub>2</sub> , HCl, HF, H <sub>2</sub> O                  | In-situ, UV / in-situ, FT-IR                            |                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                              |
| Opsis AR600 / AR602                                          | CO, HCl, HF / NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O                                   | In-situ, UV                                             |                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                              |
| Bernath Atomic / M&A Anal. Tech . Thermo FID                 | TOC(C1)                                                                                              | FID                                                     |                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                              |
| Oxitron                                                      | O <sub>2</sub>                                                                                       | ZrO <sub>2</sub> érzékelő                               |                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                              |
| Oldham                                                       | Szilárd anyag                                                                                        | In-situ, lézer fényszórás                               |                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                              |
| Environnement MIR-900                                        | NO <sub>x</sub> , CO, SO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , HCl, HF                                    | IR-GFC                                                  |                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                              |
| Environnement MIR-O2                                         | O <sub>2</sub>                                                                                       | Paramágneses                                            |                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                              |
| PCME DT990                                                   | Szilárd anyag                                                                                        | Elektrodinamikus                                        |                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                              |

# Segédlet az EN 14181 szabvány alkalmazásához

---

Environment Agency, Anglia

Technical Guidance Note M20

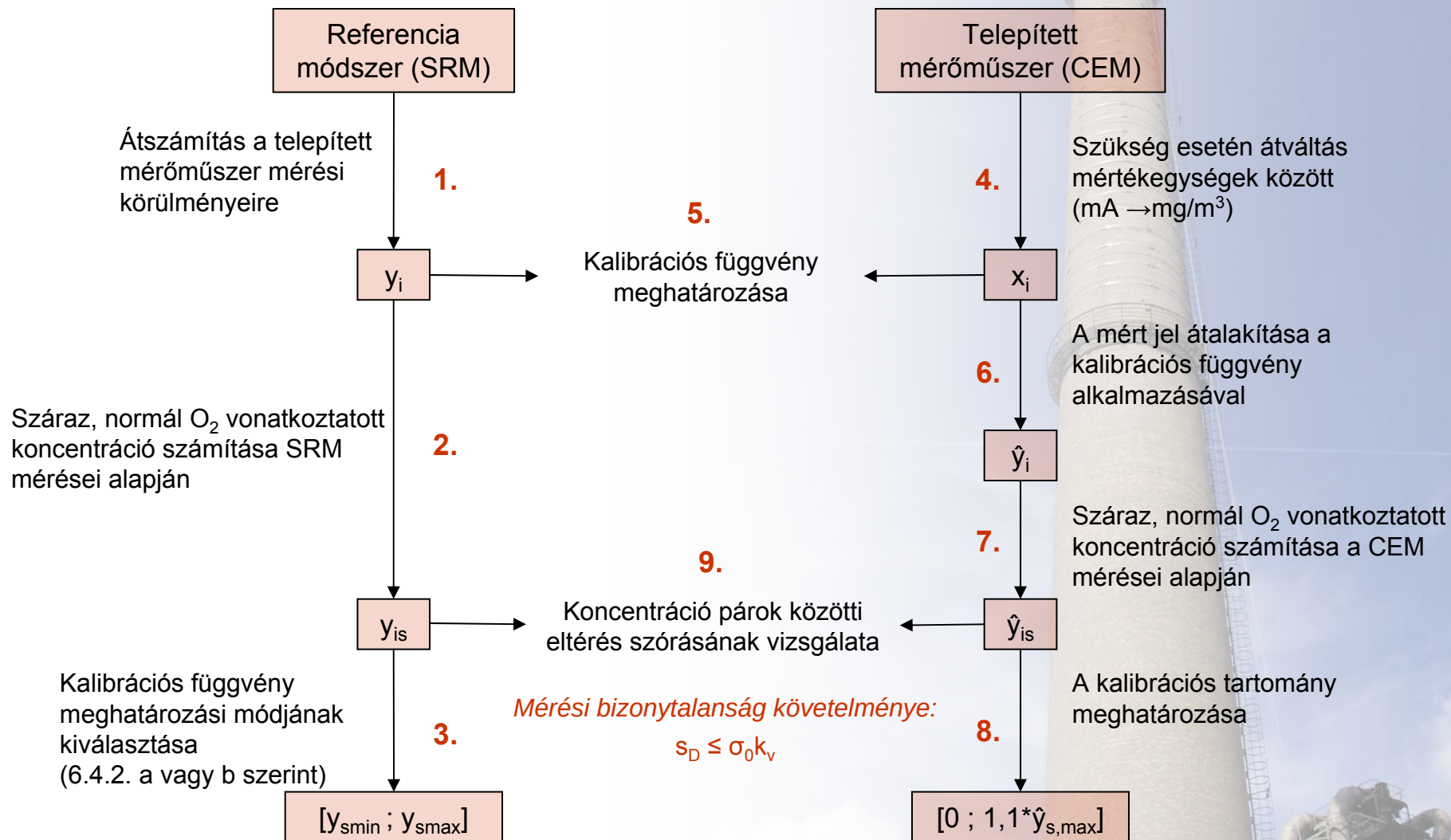
## Quality assurance of continuous emission monitoring systems -application of EN 14181 and EN 13284-2

Version 2.4.  
DRAFT August 2011.

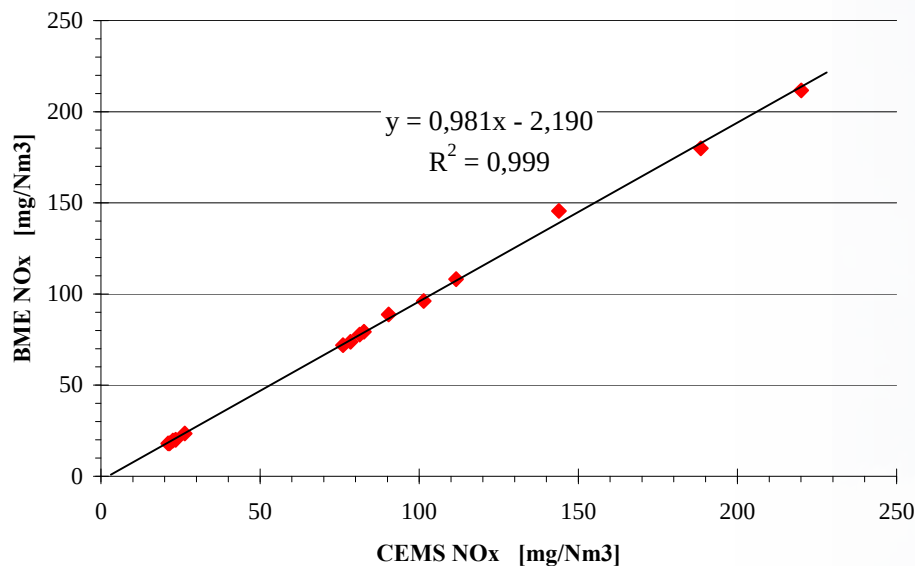
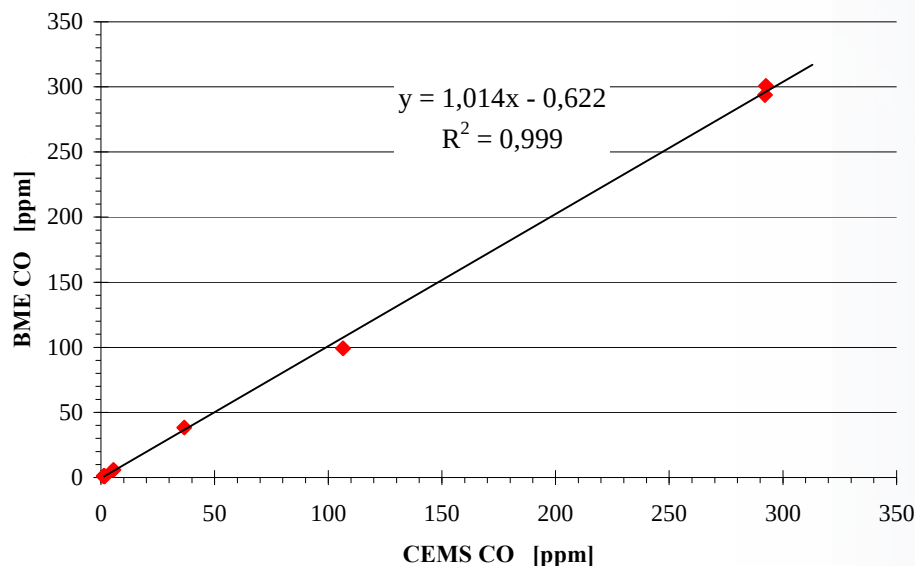
Útmutatót ad a minőségbiztosítási szintek végrehajtásához,  
választ ad a szabvány által felmerült nyitott kérdések megoldására.

A végleges anyag a [www.s-t-a.org](http://www.s-t-a.org) honlapon a *UK Regulation/Method Implementation Documents* útvonalon lesz elérhető.

# QAL 2: a CEMs kalibrálása



# Szükséges-e új regresszió?



CEMs CO: ND-IR (ref. módszer)  
CEMS NOx: ND-IR, NO<sub>2</sub> konverterrel

## Angol alkalmazás:

Új regresszió alkalmazása előtt az alap kalibráció vizsgálata a megengedett mérési bizonytalanság szempontjából.

## Mérési bizonytalanság vizsgálata:

|                                              | CO                      | NO <sub>x</sub> |
|----------------------------------------------|-------------------------|-----------------|
| S <sub>D</sub>                               | 6,15                    | 1,91            |
| Követelmény (σ <sub>0</sub> k <sub>v</sub> ) | 14,9                    | 15,7            |
| Értékelés                                    | A követelmény teljesül. |                 |

Amennyiben a CEMS és az SRM közötti eltérés a megengedett mérési bizonytalanságon belül van az alap kalibráción nem kell változtatni!

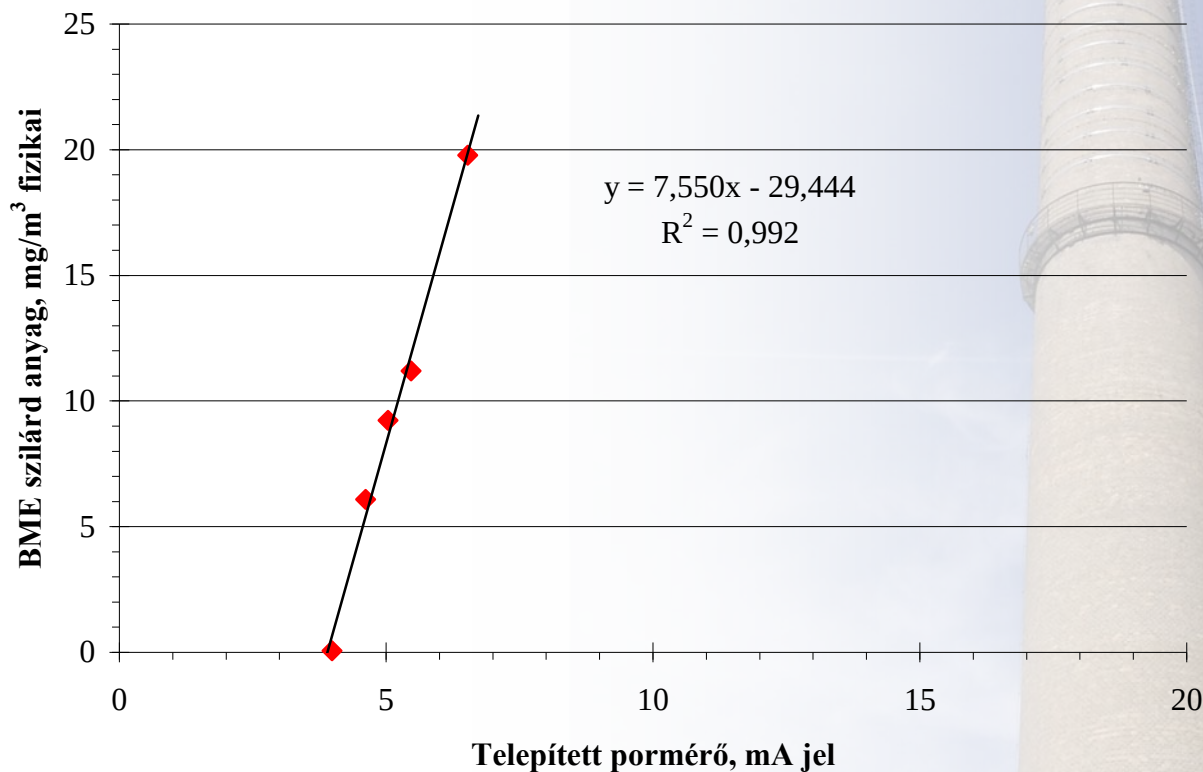
CEMS mérése nem igazítható SRM méréshez!



# Regressziós egyenes illesztése

$$SRM_{\max} - SRM_{\min} > \text{Határérték } 15\ %-a$$

Regressziós egyenes illesztése a legkisebb négyzetek módszerével  
(MSZ EN 14181 6.4.2. a pont)



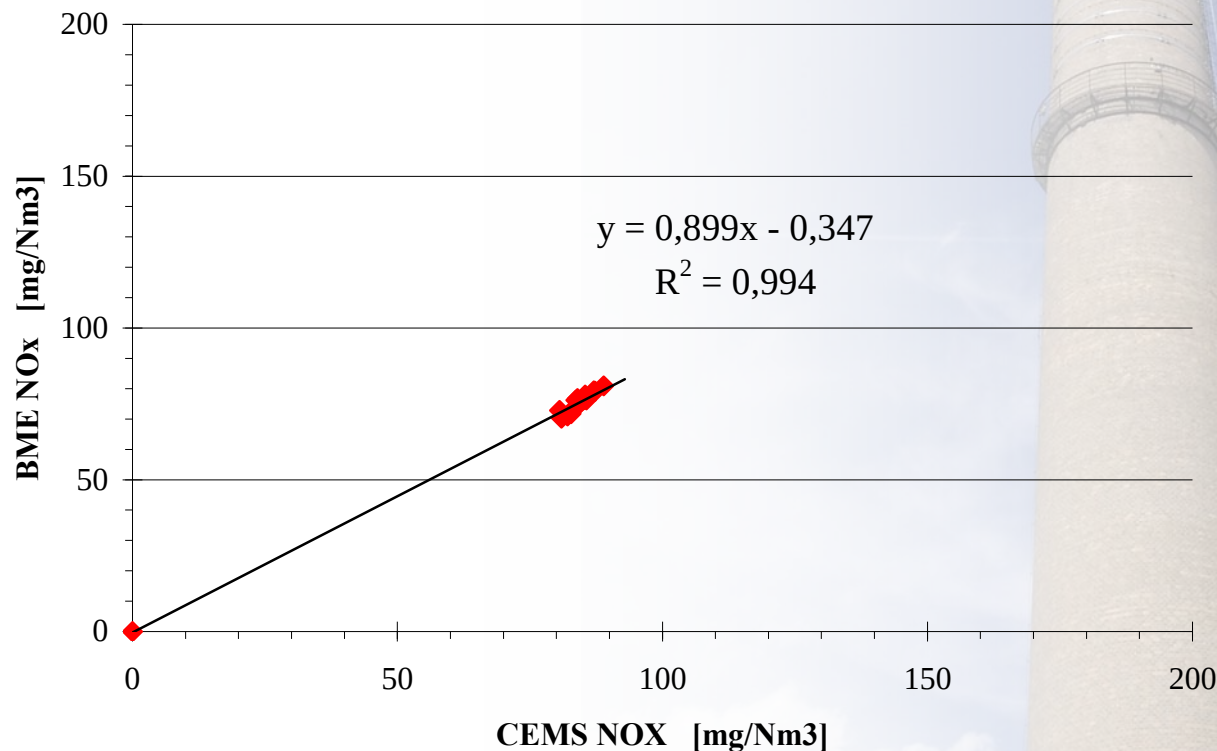
Törekedni kell a nulla közeli koncentráció tartomány lefedésére, különben a regresszió nullpont eltolódáshoz vezethet.

# Szűk koncentráció tartomány lefedése

$$SRM_{\max} - SRM_{\min} \leq \text{Határérték } 15\ %-a$$



CEMS nulla jele nulla gáz segítségével ellenőrizhető, a mért érték számításba vehető a regressziós egyenes illesztésekor.

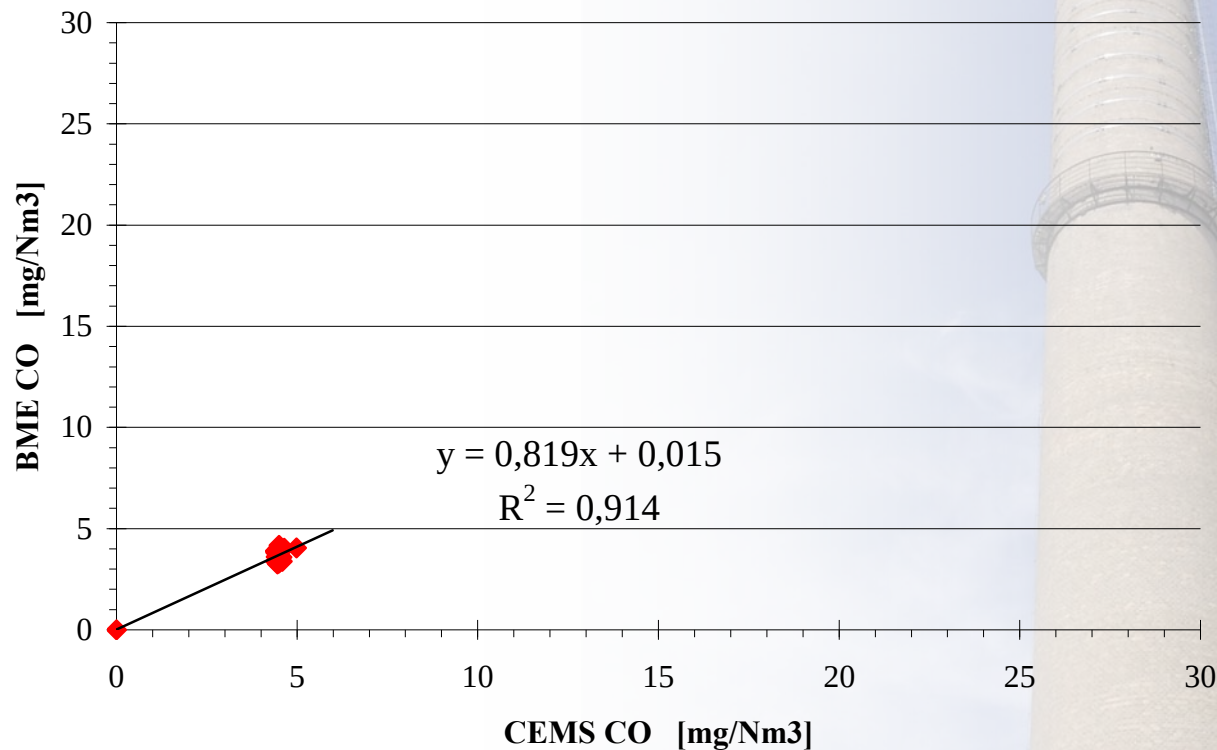


# Alacsony maximális kibocsátás

$$\text{SRM}_{\max} \leq \text{Hat.ért. 95 \%-os konf. intervaluma}$$



A regresszió csak  $R^2 > 0,9$  esetén fogadható el



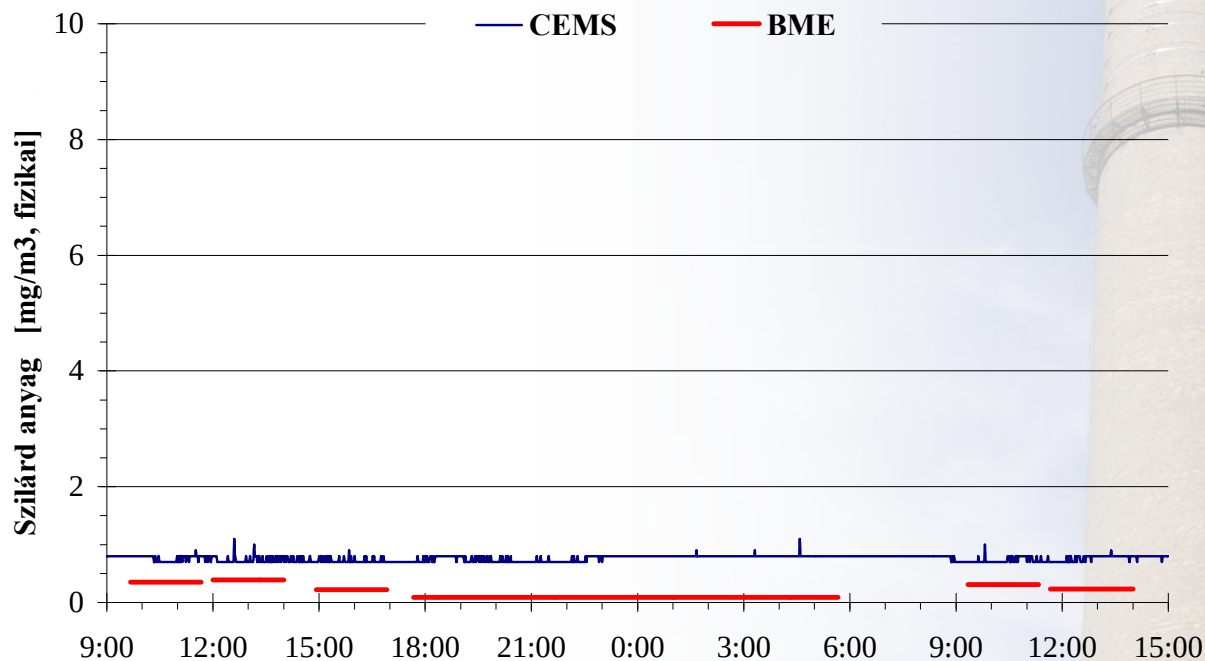
Gázok esetén a kalibráló gázzal történő legalább 5 pontos (közte a nulla) linearitás vizsgálat (MSZ EN 14181 A melléklet) helyettesítheti a QAL 2 regressziót.

# Pormérő kalibrálása alacsony koncentrációknál

**MSZ EN 13284-2:2005** Útmutató telepített pormérők QAL 2 kalibrálásához és AST vizsgálatához

- A mintavételek tervezésekor előzetes tájékozódás a technológiáról, a várható kibocsátásokról.
- Ha a kibocsátás < határérték 30 %-a, a mintavételek száma csökkenthető.
  - QAL 2: 15 db minta → 5 db minta     AST: 5 db minta → 3 db minta
  - A teljes mintavételi idő nem lehet rövidebb 7,5 óránál.

Üzemviteli paraméterek módosításával szignifikáns koncentráció változás nem érhető el



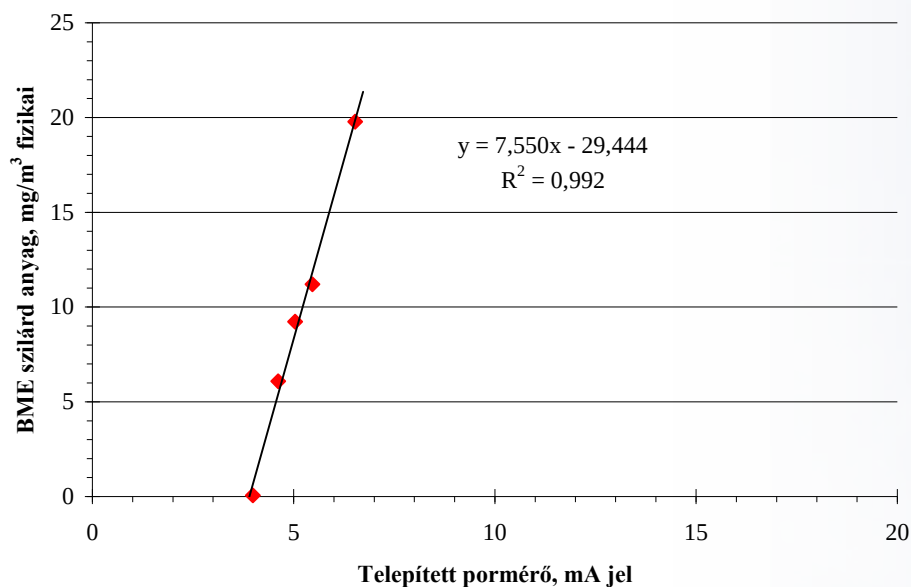
- SRM mérések alapján a pormérő alap kalibrációja nem módosítható.
- SRM mérések az alacsony kibocsátás igazolását szolgálják.
- A telepített pormérő célja a szignifikáns koncentráció változás jelzése.



# A kalibráció érvényességi tartománya

$$0 \leq \hat{y}_s \leq 1,1 * \hat{y}_{smax}$$

$\hat{y}_{smax}$ : a QAL 2 folyamat során mért maximális koncentráció a QAL 2 eljárásban illesztett regressziós egyenes alkalmazása mellett.



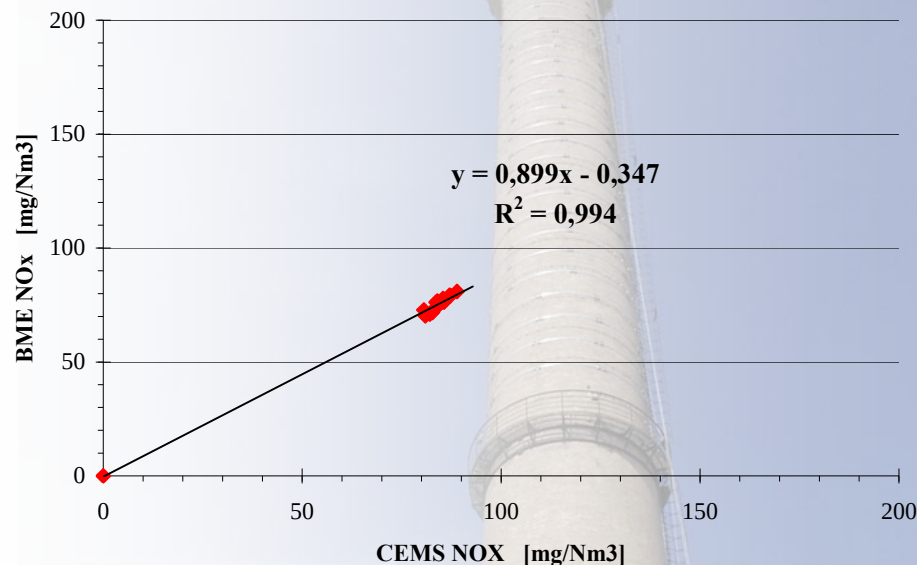
$$0 \leq \hat{y}_s \leq 22,5 \text{ mg/Nm}^3 \text{ (száraz, 10 \% O}_2\text{-re)}$$

Határérték: 30 mg/Nm<sup>3</sup>

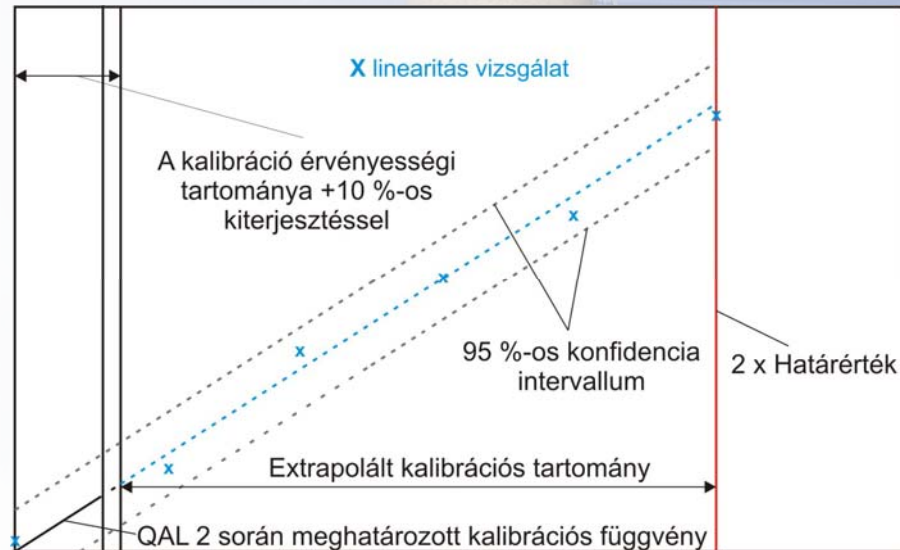
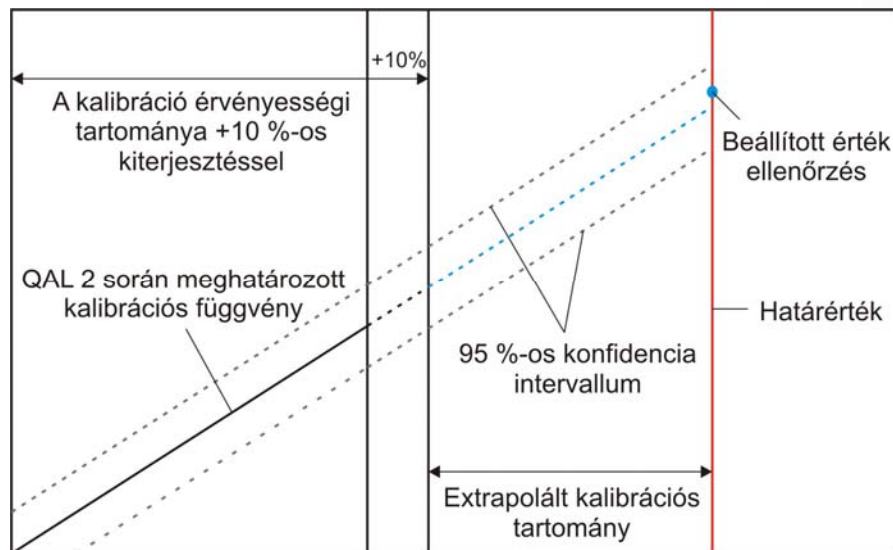
# A kalibráció érvényességi tartománya

$$0 \leq \hat{y}_s \leq 187 \text{ mg/Nm}^3 \text{ (száraz, 3 \% O}_2\text{-re)}$$

Határérték: 345 mg/Nm<sup>3</sup>



## Angol alkalmazás:



# Oxigén és nedvességtartalom

- A jogszabályi előírás nem fogalmaz meg követelményt az oxigén és nedvességtartalom mérések mérési bizonytalanságára vonatkozóan.
- Szórásvizsgálat: **száraz**, normál **O<sub>2</sub> vonatkoztatott** koncentráció párokkal.
- A szórásvizsgálat nem megfeleléseit eredményezheti a CEMs hibás O<sub>2</sub> és/vagy nedvességtartalom mérése.



QAL 2 eljárás része az O<sub>2</sub> és a H<sub>2</sub>O mérő ellenőrzése!

## Angol alkalmazás:

|                                               | O <sub>2</sub> | H <sub>2</sub> O |
|-----------------------------------------------|----------------|------------------|
| Követelmény<br>(95 % konfidencia intervallum) | 10 %           | 30 %             |
| „Határérték”                                  | 21 tf%         | 30 tf%           |

Amennyiben a szórásvizsgálat nem megfeleléseit a CEMs hibás O<sub>2</sub> és/vagy H<sub>2</sub>O mérése okozza, a CEMs adatainak korrekciója elvégezhető az SRM O<sub>2</sub> és/vagy H<sub>2</sub>O mérése alapján.

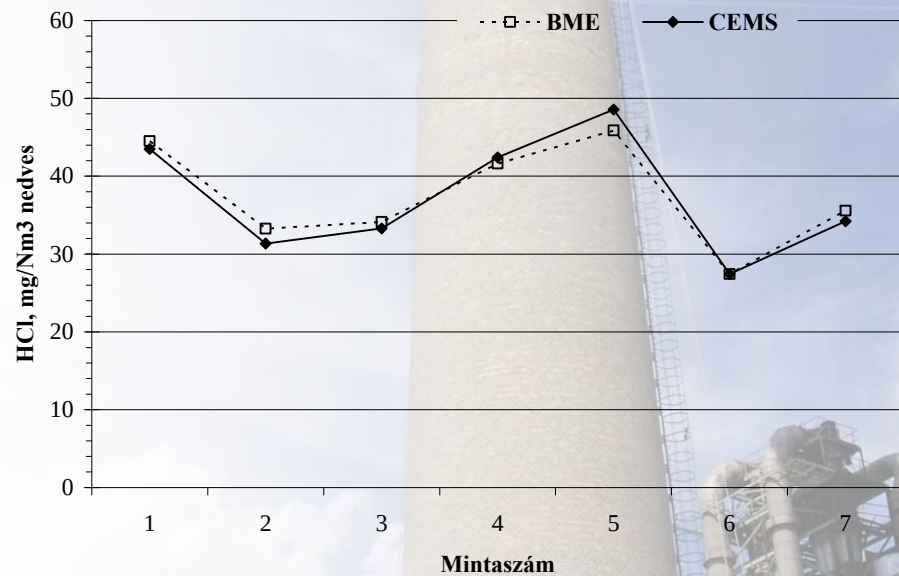
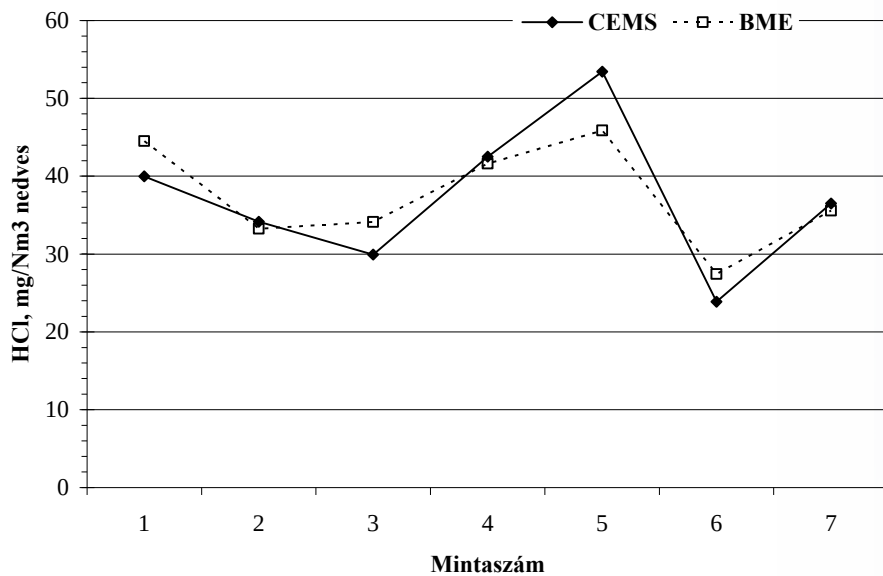
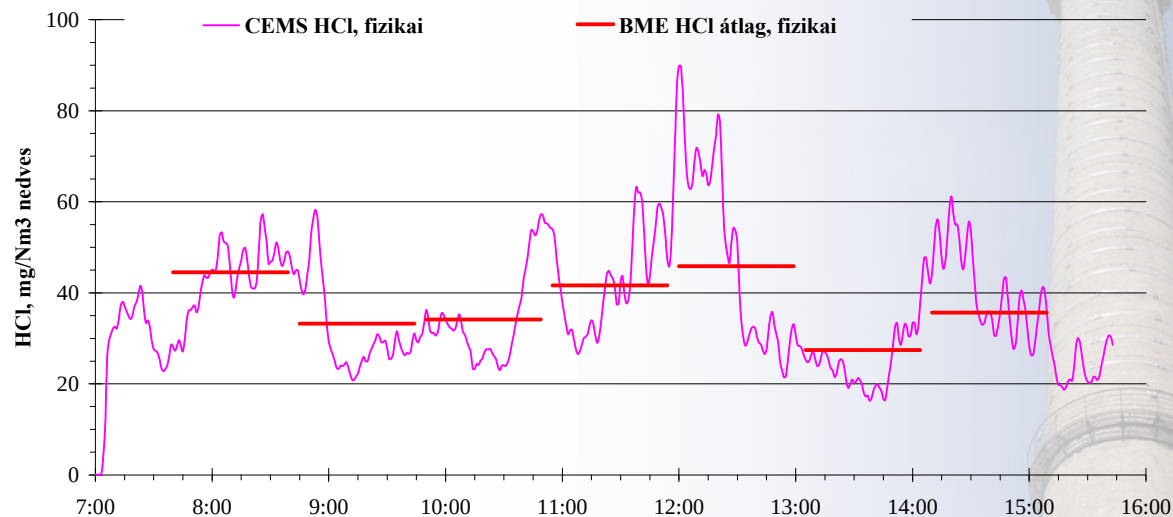
# Gyakran előforduló hibák

---

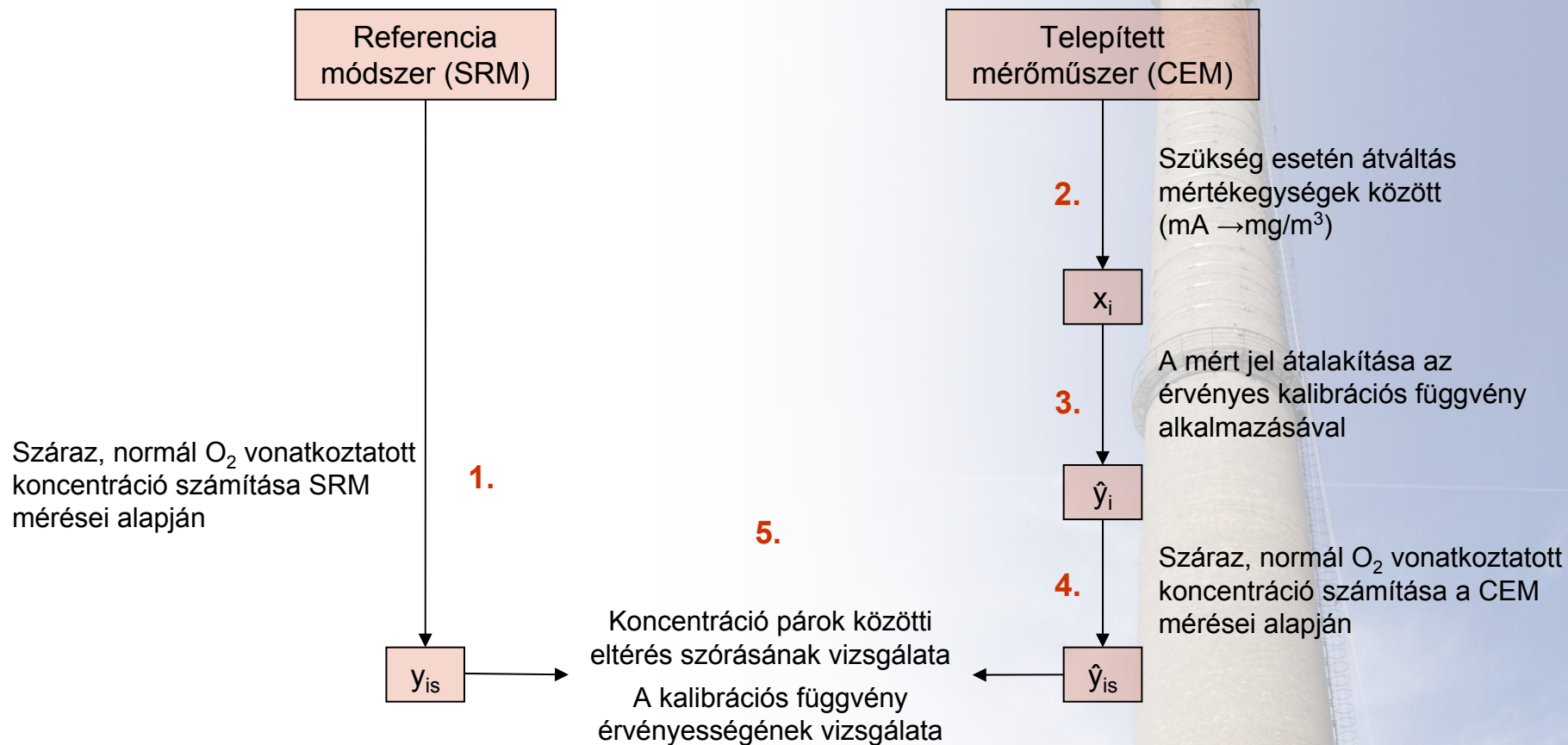
- A QAL 2 eljárás célja nemcsak a telepített analizátorok regressziójának vizsgálata, magába foglalja az **adatgyűjtő és adatfeldolgozó rendszer ellenőrzését** is.
- A nyers **jelek átalakítási** lépéseinek **nyomon követése** (mA jel → nedves konc. → száraz konc. → O<sub>2</sub> vonatkoztatott konc. számítása).
- Mérés során az analizátor kijelzőjéről leolvasott értékek összevetése az adatgyűjtő rendszerben tárolt nyers adatokkal.
  - A mérőkészülékekről érkező **csatornák megfelelő definiálása** az adatgyűjtő rendszerben: a mért jelek felcserélése.
  - **Mérési tartományok** megfelelő **definiálása** az adatgyűjtő rendszerben: nem a méréstartománynak megfelelő regressziós egyenes alkalmazása.
- Időeltolódás, méréshatár túllépés.
  - SRM folyamatos adatrögzítése esetén a mért 1 perces átlagok összerajzolása CEMs 1 perces átlagaival → időeltolódás korrekciója.
  - Szakaszos SRM mintavételek során a CEMs mérésének nyomon követése a mintavételek időtartama alatt.



# Időegyeztetés jelentősége



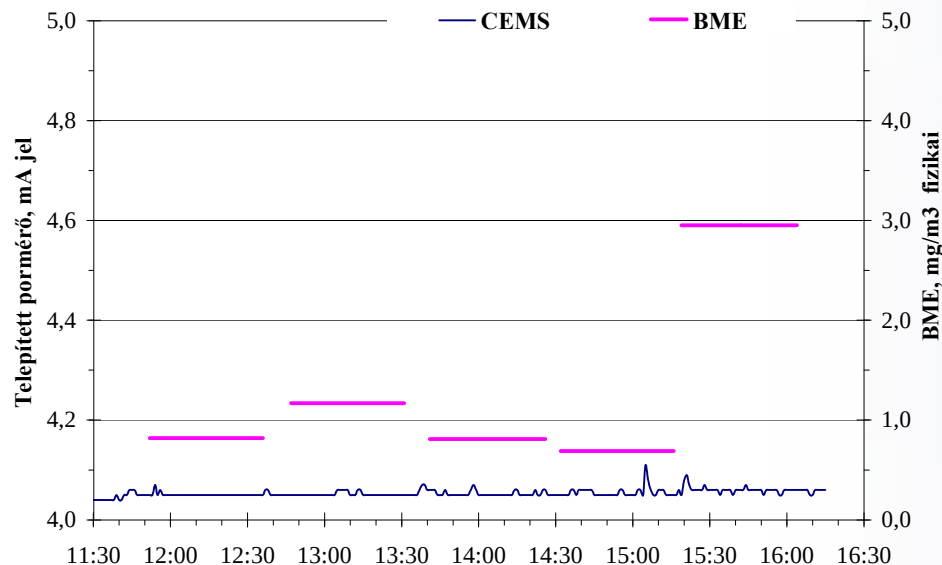
# Éves összehasonlító vizsgálatok (AST)



*Mérési bizonytalanság követelménye:*  $s_D \leq 1,5 \sigma_0 k_v$

*A kalibrációra vonatkozó követelmény:*  $|\overline{D}| \leq t_{0,95}(N-1) \frac{s_D}{\sqrt{N}} + \sigma_0$

# Kalibráció látszólagos megfelelése



| Mintavétel  | Szilárd anyag, mg/Nm <sup>3</sup> , 6 % O <sub>2</sub> -re |      |
|-------------|------------------------------------------------------------|------|
|             | CEMS                                                       | BME  |
| 1           | 0,2                                                        | 2,7  |
| 2           | 0,2                                                        | 3,8  |
| 3           | 0,2                                                        | 2,7  |
| 4           | 0,2                                                        | 2,6  |
| 5           | 0,3                                                        | 14,5 |
| Átlag       | 0,2                                                        | 5,2  |
| Határérték  | 50 mg/Nm <sup>3</sup>                                      |      |
| Követelmény | 30 %                                                       |      |

| Szórásvizsgálat           |           |
|---------------------------|-----------|
| sD                        | 5,18      |
| Elfogadhatósági kritérium | 10,5      |
| Értékelés                 | Megfelelő |

| Kalibráció                |           |
|---------------------------|-----------|
| $\bar{D}$                 | 5,01      |
| Elfogadhatósági kritérium | 12,6      |
| Értékelés                 | Megfelelő |

A határértékhez képest alacsony koncentrációknál a megengedett magasabb mérési bizonytalanság elfedheti az analizátor nem megfelelő működését.

# Összefoglalás

---

- A QAL 2 eljárás során az SRM módszerrel történő együtmérés célja nemcsak egy új regressziós összefüggés meghatározása, hanem annak igazolása, hogy
  - a mérőrendszer (mintavétel – elemzés – adatfeldolgozás) megfelelően működik,
  - a mérőrendszer által mért értékek bizonytalansága a telepítést követően is megfelel az előírt bizonytalansági kritériumnak.
- Új regresszió felvétele előtt az alap kalibráció megfelelőségének ellenőrzése. A megengedett mérési bizonytalanságon belüli eltérés esetén a CEMs mérése nem igazítható SRM méréséhez.
- A mintavételek tervezésekor előzetes tájékozódás a technológiáról, a várható kibocsátásokról.
- A CEMs rendszer adatainak nyomon követése a mintavételek során.





# BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM SZERVETLEN ÉS ANALITIKAI KÉMIA TANSZÉK

1111 Budapest, Szent Gellért tér 4.

## LEVEGŐSZENNYEZÉS VIZSGÁLÓLABORATÓRIUM

a NAT által NAT-1-0972/2008 számon akkreditált vizsgálólaboratórium

***Köszönöm a figyelmet!***

Kmetz Ildikó  
önálló mérnök

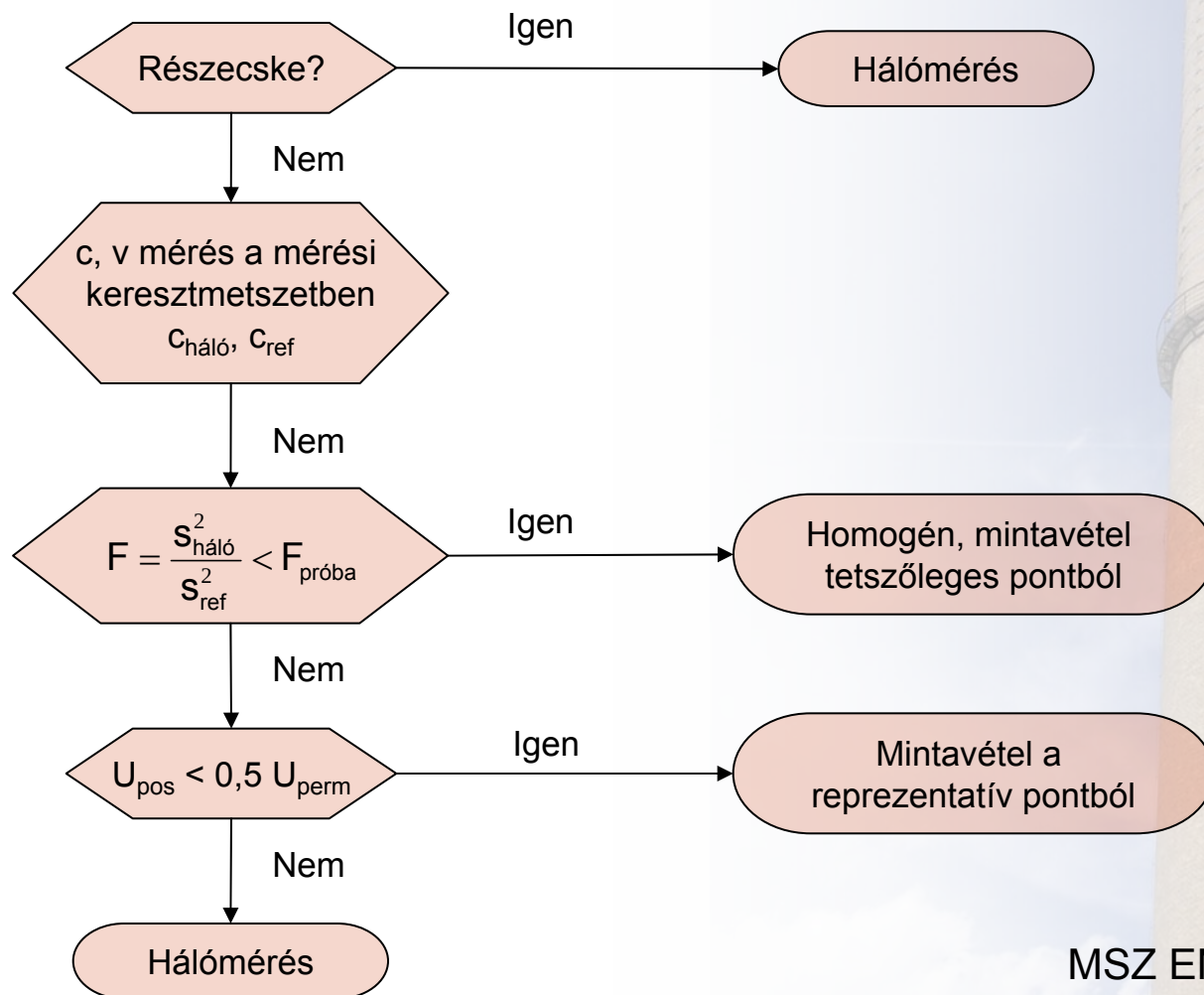
E-mail: [kmetz@mail.bme.hu](mailto:kmetz@mail.bme.hu)  
Tel: 06-30-685-9645

Dr. Kőmíves József  
egyetemi docens, laboratórium vezető  
E-mail: [komives@mail.bme.hu](mailto:komives@mail.bme.hu)  
Tel: 06-30-257-5156

<http://www.airmon.hu>

# Homogenitás vizsgálat

SRM mintavételi pont kijelölése, CEMs reprezentatív mintavételének ellenőrzése.

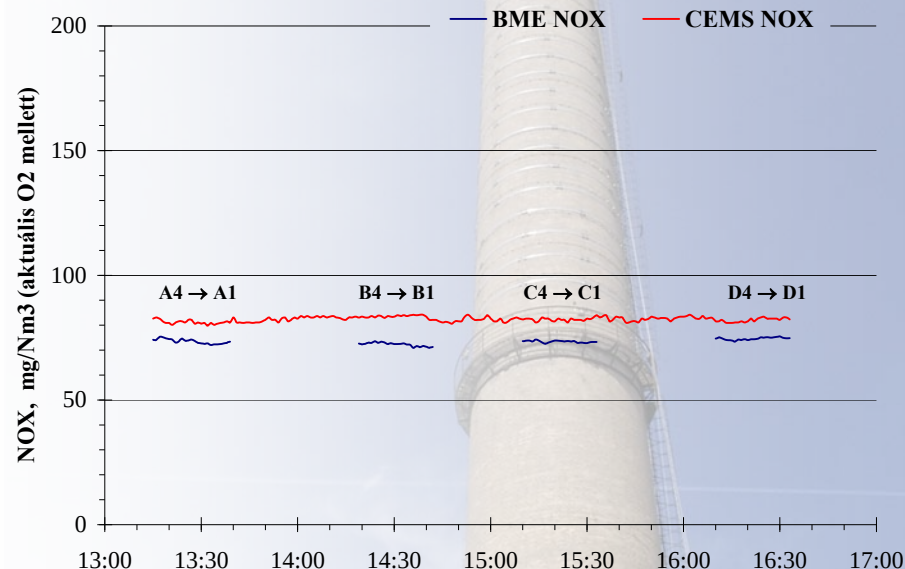


MSZ EN 15259:2008

# A statisztikai értékelés korlátai

## Stabil, egyenletes kibocsátás

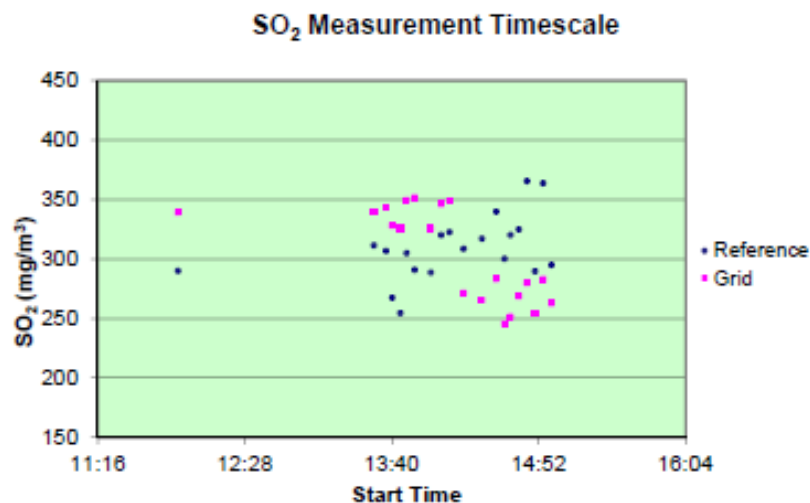
| Mintavételi pont                                             | Nitrogén-oxidok                        |                                       |                                         |
|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|
|                                                              | C <sub>háló</sub> , mg/Nm <sup>3</sup> | C <sub>ref</sub> , mg/Nm <sup>3</sup> | C <sub>háló</sub> /C <sub>ref</sub> , % |
| A4                                                           | 74,2                                   | 81,9                                  | 0,91                                    |
| A3                                                           | 74,3                                   | 82,1                                  | 0,90                                    |
| A2                                                           | 72,1                                   | 81,9                                  | 0,88                                    |
| A1                                                           | 73,3                                   | 81,1                                  | 0,90                                    |
| B4                                                           | 73,6                                   | 83,1                                  | 0,89                                    |
| B3                                                           | 72,4                                   | 83,4                                  | 0,87                                    |
| B2                                                           | 70,9                                   | 84,2                                  | 0,84                                    |
| B1                                                           | 71,3                                   | 83,1                                  | 0,86                                    |
| C4                                                           | 73,9                                   | 81,6                                  | 0,91                                    |
| C3                                                           | 73,7                                   | 82,6                                  | 0,89                                    |
| C2                                                           | 72,9                                   | 82,1                                  | 0,89                                    |
| C1                                                           | 73,3                                   | 81,9                                  | 0,89                                    |
| D4                                                           | 73,9                                   | 81,6                                  | 0,91                                    |
| D3                                                           | 74,3                                   | 82,6                                  | 0,90                                    |
| D2                                                           | 75,0                                   | 82,6                                  | 0,91                                    |
| D1                                                           | 74,8                                   | 82,6                                  | 0,91                                    |
| Átlag                                                        | 73,4                                   | 82,4                                  | 0,89                                    |
| Szórás (s)                                                   | 1,18                                   | 0,79                                  |                                         |
| F-faktor (s <sub>háló</sub> /s <sub>ref</sub> ) <sup>2</sup> | 2,25                                   |                                       |                                         |
| F <sub>N-1;0,95</sub>                                        | 2,40                                   |                                       |                                         |



Közel azonos, alacsony  $s_{\text{háló}}$  és  $s_{\text{ref}}$  értékek,  
a statisztikai értékelés látszólagos inhomogenitást  
eredményezhet.

# A statisztikai értékelés korlátai

## Kibocsátás jelentős időbeli és térbeli ingadozása



| Measurement (mg/m <sup>3</sup> ) |        |        |
|----------------------------------|--------|--------|
| point                            | grid   | ref    |
| average                          | 303.49 | 309.34 |
| SD                               | 39.25  | 27.48  |

F faktor: 2,04

Homogenitás elfogadhatósági kritériuma: 2,17

Közel azonos, magas  $s_{\text{háló}}$  és  $s_{\text{ref}}$  értékek, a statisztikai értékelés látszólagos homogenitást eredményez.