

Tüzelőberendezések légszennyező anyag kibocsátásának mérése

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
SZERVETLEN ÉS ANALITIKAI KÉMIA TANSZÉK

Dr. Kőmíves József
nyugalmazott egyetemi docens

Devecser Eszter
ügyvezető



Tel.: 06-30-257-5156

e-mail: komives@mail.bme.hu



MaTáSzSz Szakmai Workshop Budapest, 2018. 10. 02.



Mérőkocsik



1. Mit kell mérni?
2. Hol lehet mérni?
3. Milyen gyakran kell mérni?
4. Milyen hosszú a mérés?
5. Telepített mérőrendszerek
minőségbiztosítása
6. Milyen módszereket alkalmazhatunk?

Mit kell mérni?

Mért jellemző	Kis tüzelőber.	Nagy tüzelőber.	Gázturbinák	Motorok
CO	+	gáztüzelés	+	+
NO _x , mint NO ₂	+	+	+	+
SO ₂ + SO ₃	+	+	+	
Szilárd anyag	+	+		dízelmotorok
Cd, Co, Cr, Ni, Pb, V, AS, Hg		Szilárd- és olajtüzelés		
HCl, HF		+		
Víztartalom	+	+	+	+
TOC, mint C, FID	biomassza tüzelés			
TOC, metán nélkül				gázmotorok
Korom, Bacharach-skála	olajtüzelés		+	
Oxigén	+	+	+	+
Széndioxid	+	+	+	+
Térfogatáram	+	+	+	+

Meghatározott oxigén-tartalomra történő átszámítás

Földgáz

97 % CH₄ 1,1 % C₂H₆ 0,3 % C₃H₈
 0,1 % C₄H₁₀ 0,1 % CO₂ 0,5 % N₂
 (H₂O)

Égéslevegő

20,9 % O₂ 78,1 % N₂ 0,9 % Ar
 (1 % H₂O)

Gázégő

Sztöchiometrikus

0 % O₂ 3 % O₂
 11,9 % CO₂ 10,2 % CO₂
 87,1 % N₂
 1,0 % Ar
 (24,4 % H₂O) (21,0 % H₂O)
 szárazra

Légfelesleg tényező 3% O₂ esetén: $\frac{[\text{CO}_2] \text{ sztöch.}}{[\text{CO}_2] \text{ valós}} = \frac{11,9}{10,2} = 1,16$

Gáztüzelés	3 %	Hulladékégetés	11 %
Olajtüzelés	3 %	Tégla- és cserépgyártás	17 %
Széntüzelés	6/7 %	Cementgyártás	10 %
Gázturbina	15 %	Porcelángyártás	18 %
Gázmotor	5 %	Aszfaltkeverés	17 %

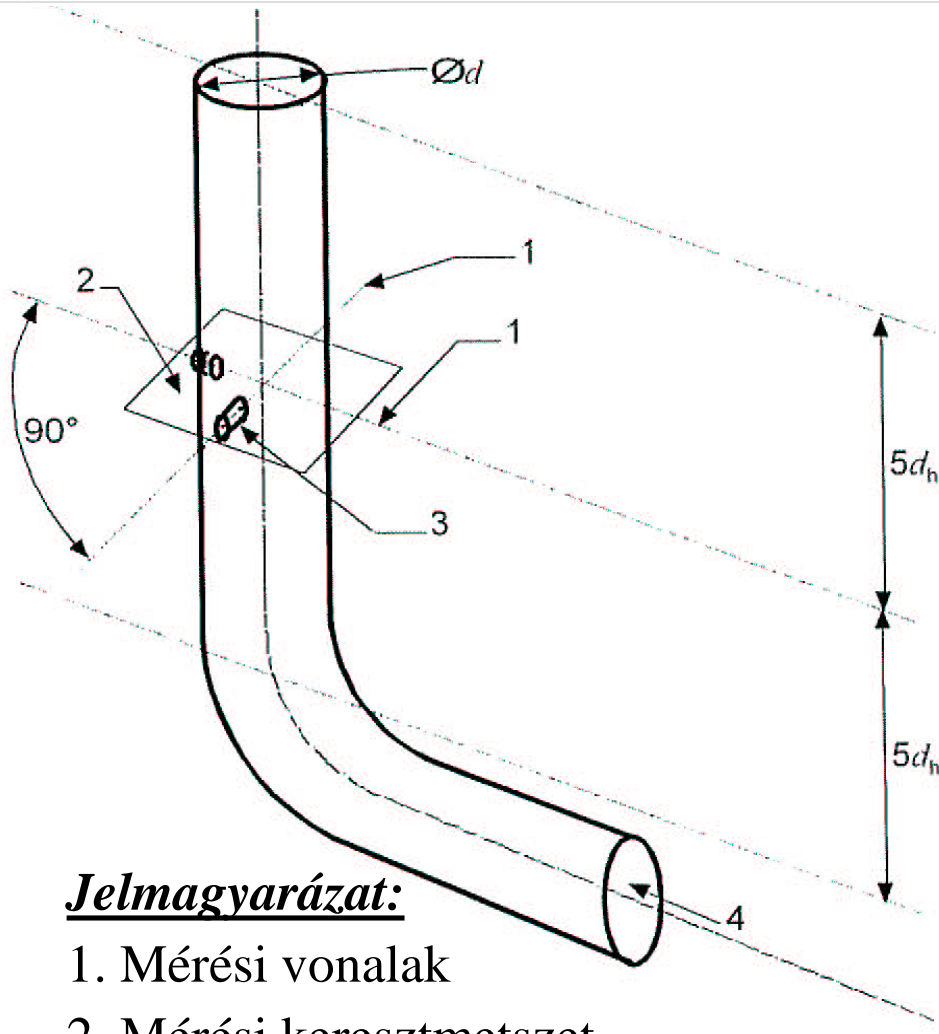
Egyéb „tüzeléses és termikus” tech. 5 %

„ a levegőből tényleges oxigén-
 elvonás történik”

$$C_{\text{átszámított}} = C_{\text{valós}} * \frac{21 - O_{\text{vonatk.}} [\text{tf \%}]}{21 - O_{\text{valós}} [\text{tf \%}]}$$

Hol lehet mérni?

Mintavételi helyek általános elrendezése kör alakú csatornára:



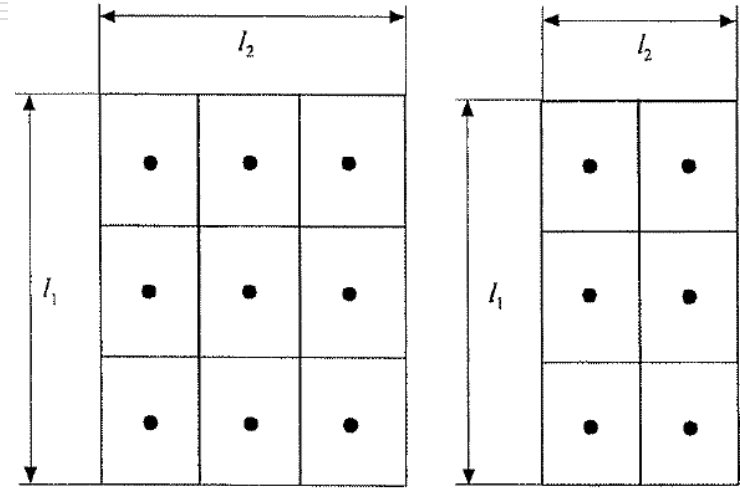
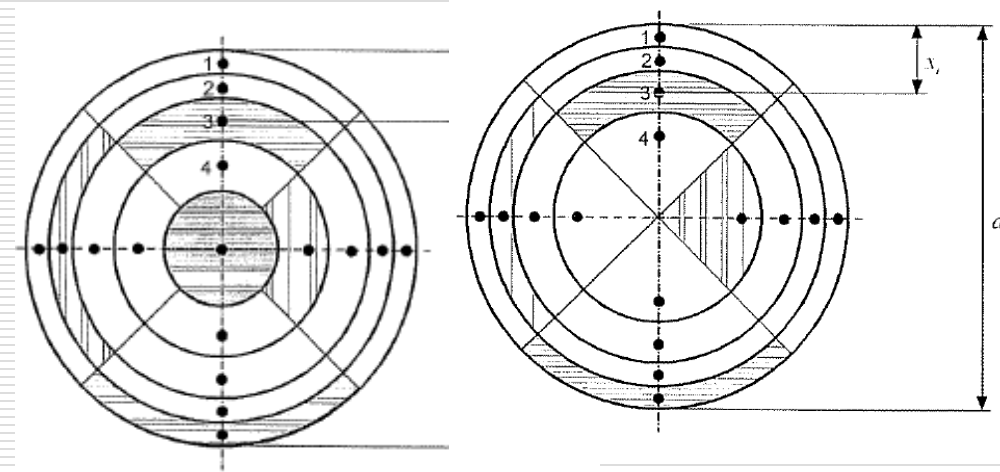
Jelmagyarázat:

1. Mérési vonalak
2. Mérési keresztmetszet
3. Mérőnyílás
4. Áramlás

Az áramlási sebesség mérésekor az alábbi követelményeknek kell teljesülni (MSZ EN 15259:2008):

- Az áramlás iránya a csatorna tengelyéhez képest $< \pm 15^\circ$ -al térhet el.
- Ellenirányú gázáramlás nem lehet a mérési keresztmetszetben.
- A legkisebb dinamikus nyomás a mérési pontok mindegyikében legyen 5 Pa fölött.
- A legkisebb és a legnagyobb helyi gázsebesség aránya 3 alatt legyen.

Reprezentatív mintavétel kéményből, kürtőből



$$\frac{l_1}{l_2} \leq 2$$

$$\frac{l_1}{l_2} > 2$$

Csatona átmérő	Síkonkénti mérési pontok min. száma
< 0,35 m	1
0,35-1,1 m	4
> 1,1-1,6 m	8
> 1,6 m	min. 12, 4/m ² , max. 20

Négyszögletű csatorna	Mérési vonalak minimális száma	Mérési pontok minimális száma
< 0,1 m ²	-	1
0,1-1,0 m ²	2	4
1,1-2,0 m ²	3	9
> 2,0 m ²	≥ 3	min. 12, 4/m ² , max. 20

VÉRT Füstgáz-kéntelenítő, Oroszlány

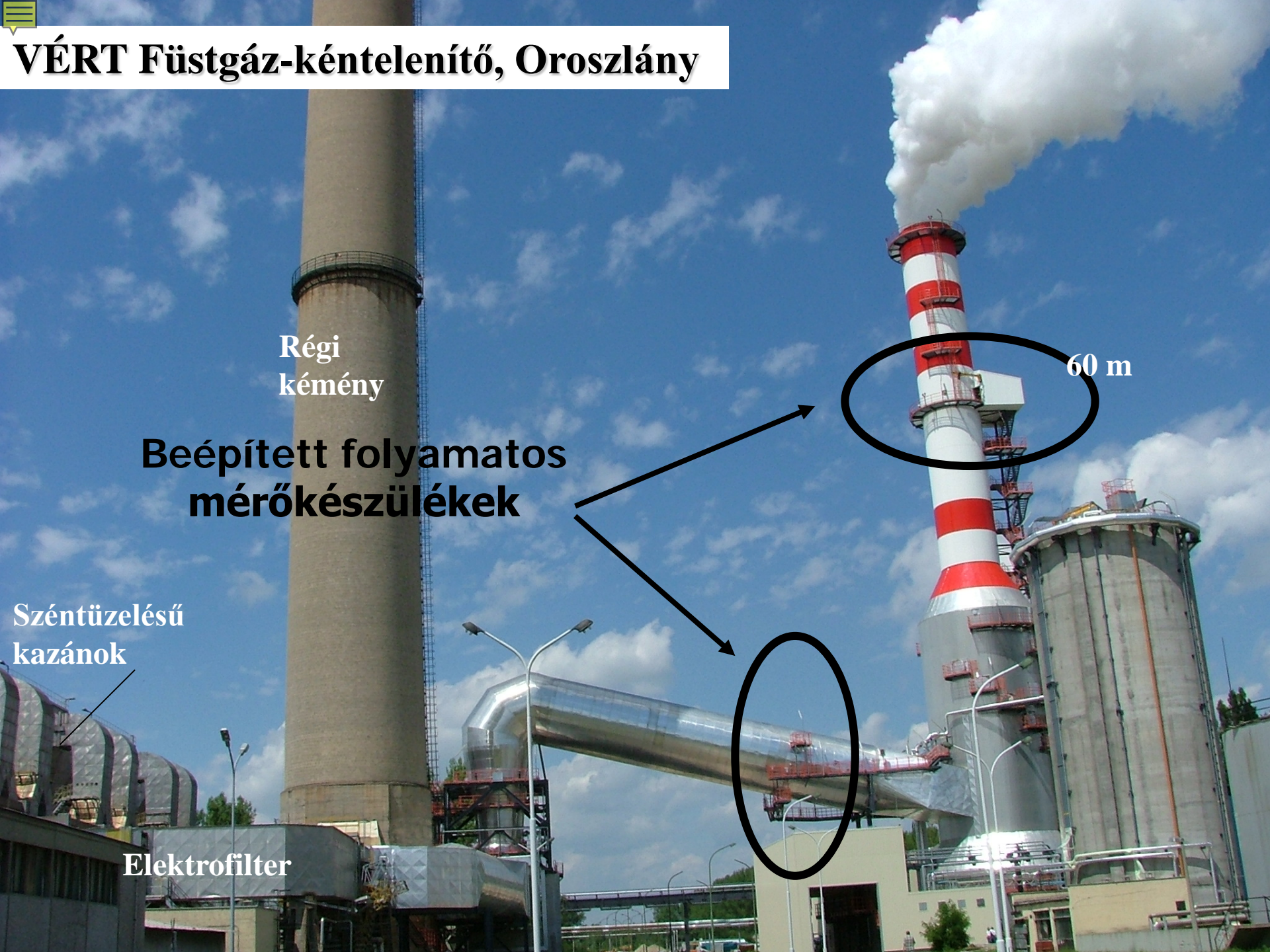
Régi
kémény

Beépített folyamatos
mérőkészülékek

Széntüzelésű
kazánok

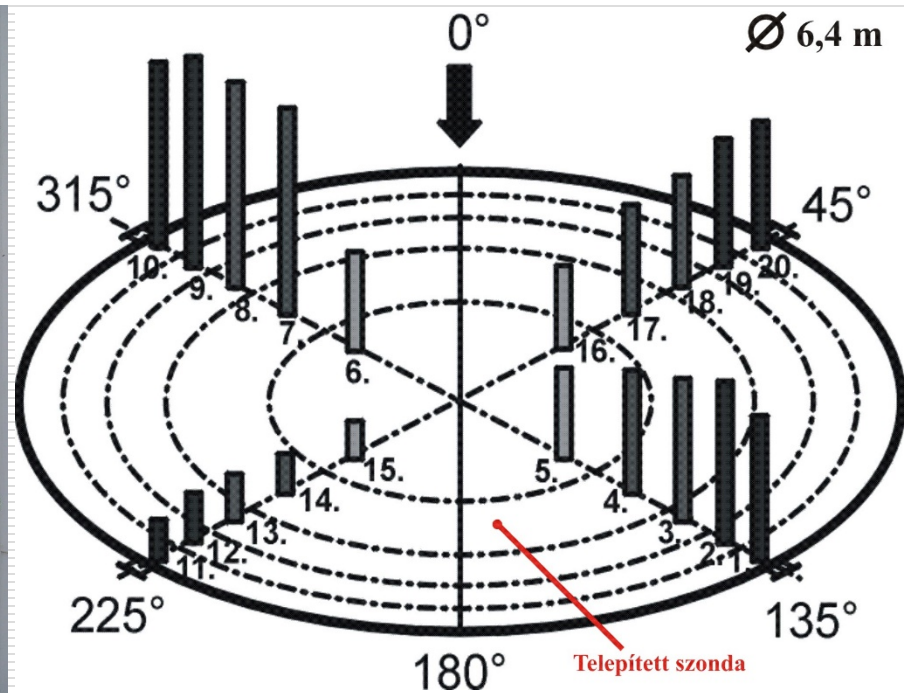
Elektrofilter

60 m



VÉRT - Füstgáz-kéntelenítő

SO₂ tömegáram eloszlás



Toxikus fémek és sósav + HF mintavétel



ISD-Power (Dunaferr)



BERT Kelenföld



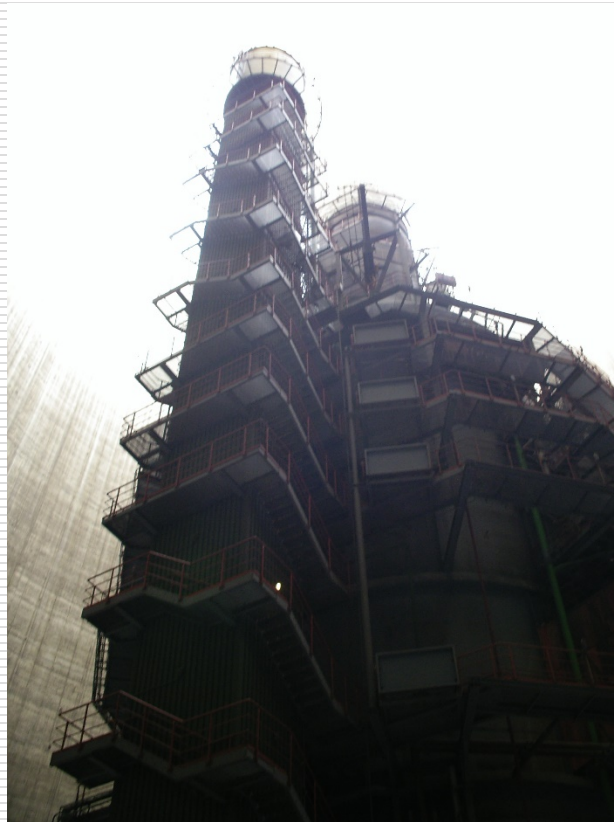
Swiss Krono, Vásárosnamény



Mátrai Erőmű



Heller-Forgó hűtőtorony

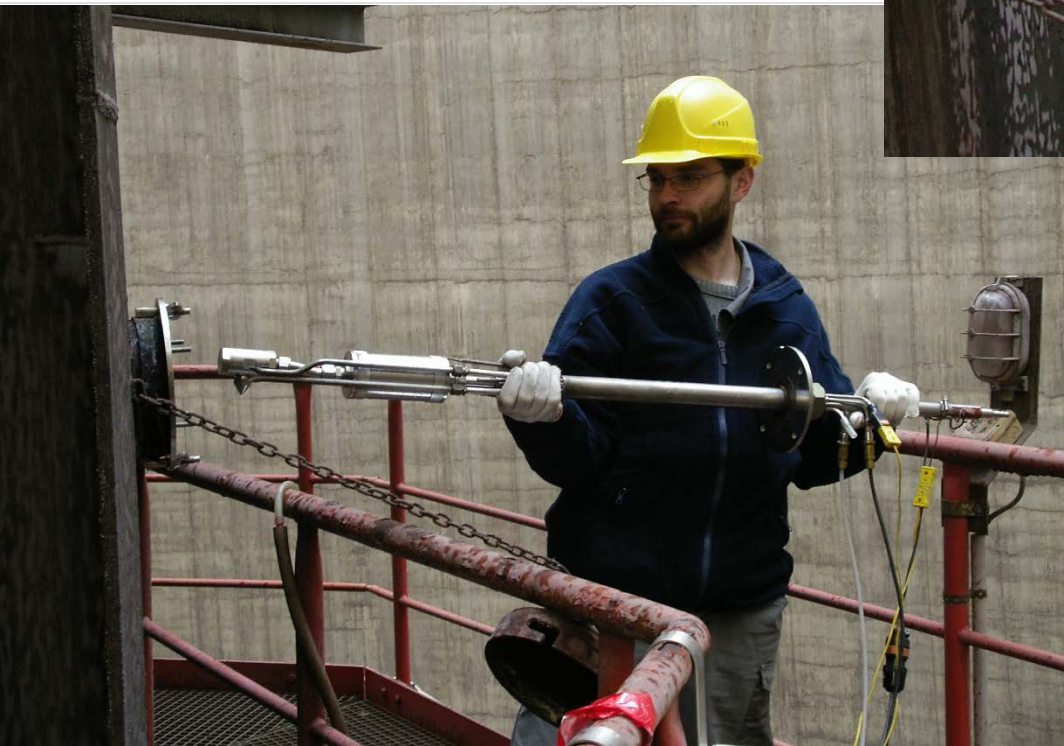


Hűtőtorony belső része



Hűtőtorony, közepén
a kéntelenítő kéményével

Kaszád impaktor a Mátrai Erőműben



Milyen gyakran kell mérni?

Teljesítmény	Gyakoriság	Megjegyzés
< 1 MW _{th}	5 év	<i><u>Első mérés:</u></i> Működés engedélyezésétől, illetve a működés kezdetének időpontjától 4 hónapon belül (amelyik később következett be).
1-15 MW _{th}	3 év	
15-50 MW _{th}	1 év	
Gázmotorok	1 év	
50-100 MW _{th}	6 havonta	Szén vagy lignit tüzelésnél Hg évente
> 100 MW _{th}	folyamatos	

Milyen hosszú a mérés?

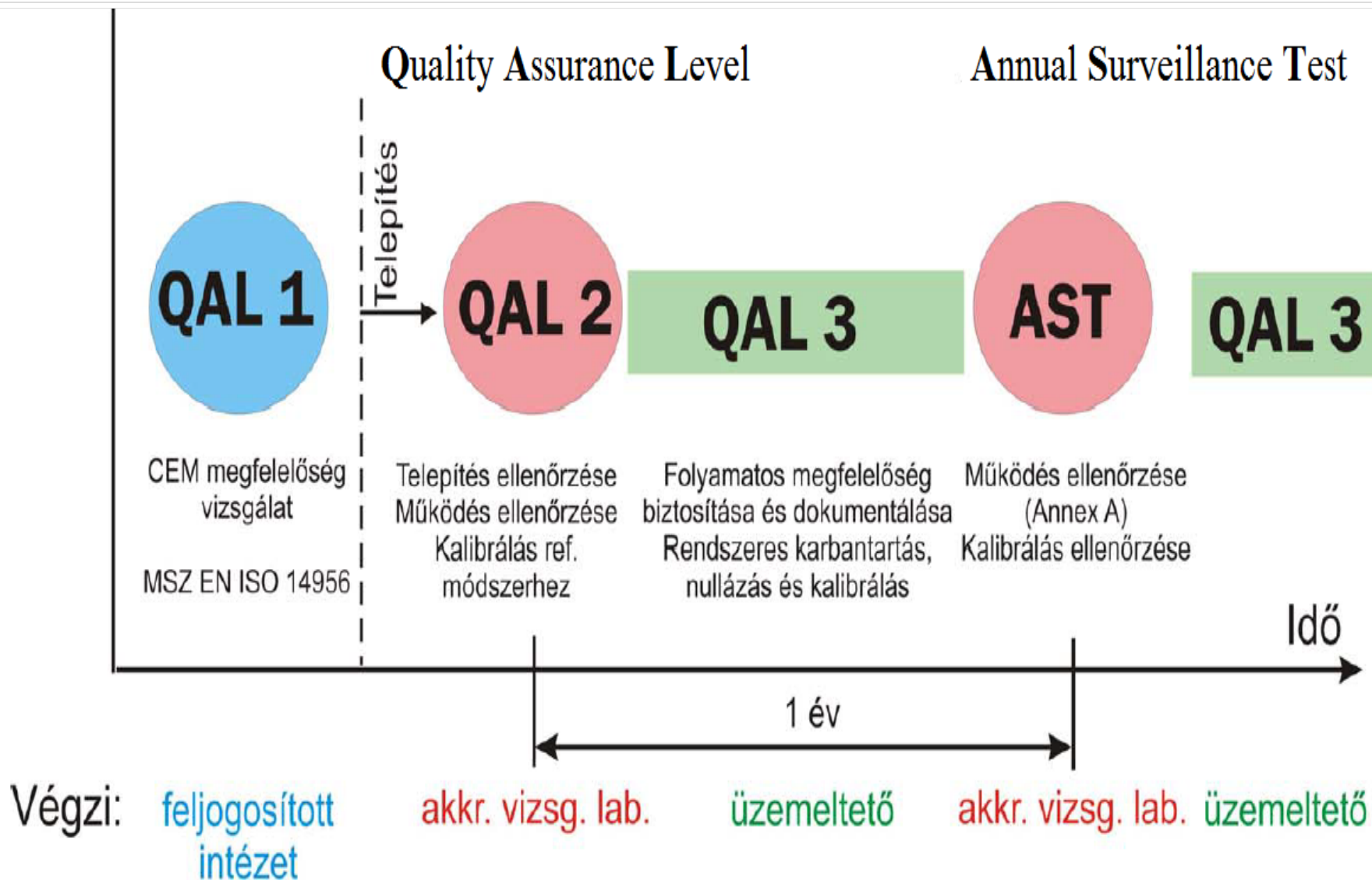
6/2011. VM rendelet, 15. melléklet: Az időszakos kibocsátás mérés szükséges időtartama

1. Időben egyenletes kibocsátások
legalább 3 x 0,5 óra
2. Időben ciklikusan változó kibocsátások
≤ 16 órás ciklus: 3 ciklus kibocsátása
16-24 óra közötti ciklus: 2 ciklus kibocsátása
> 24 órás ciklus: 1 ciklus kibocsátása
3. Időben rendszertelenül változó kibocsátás
legalább 6 óra

6/2011. VM rendelet, 7. pont: A kibocsátásmérések eredményeinek értékelése, 10. §

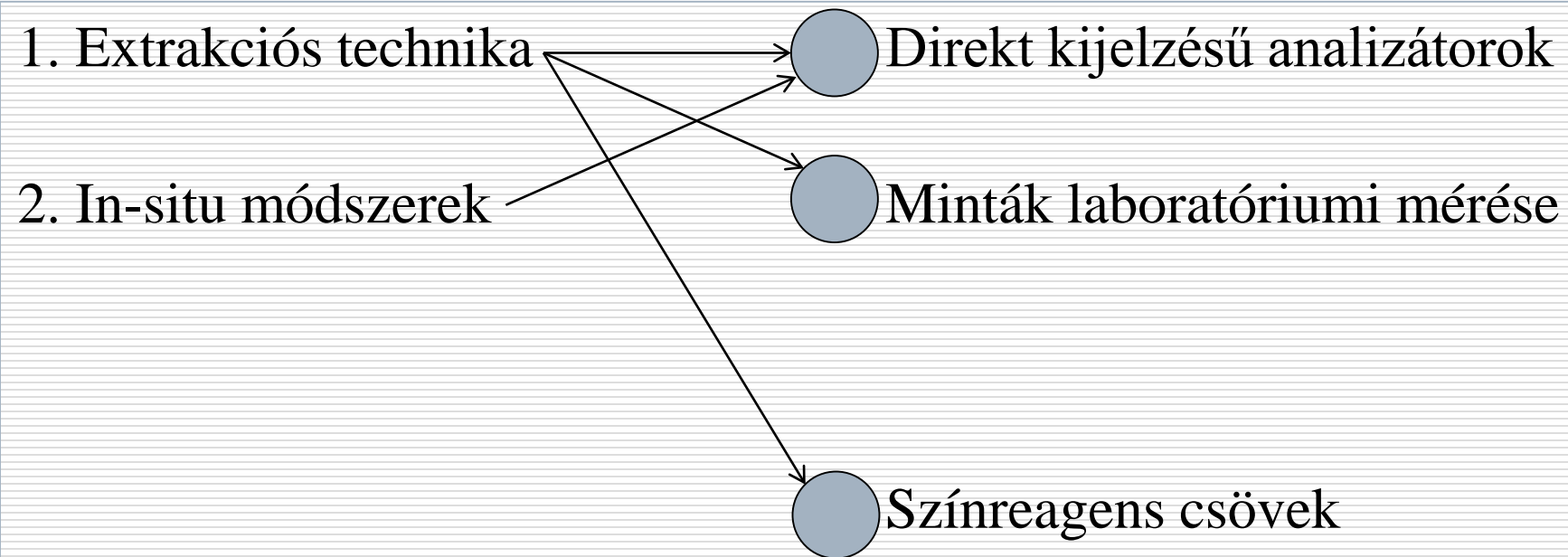
- (1) Az időszakos kibocsátásmérések eredményéből - ha az adatok rendelkezésre állnak - *órás középértékeket*, egyébként *a mérési időszakra vonatkozó középértékeket* kell képezni. A kibocsátási határértékek betartása akkor tekintendő igazoltnak, ha a mérési eredmények *középértékei* nem haladják meg adott tüzelőberendezésre érvényes kibocsátási határértéket.
- (3) A határértékeknek való megfelelés értékelésekor az átlagos kibocsátási értékek kiszámítása során az indítási (felfűtési) és a leállítási időszakokat figyelmen kívül kell hagyni.

Telepített mérőrendszerek minőségbiztosítása



MSZ EN 14181:2015 Helyhez kötött légszennyező források kibocsátása.
Az automatizált mérőrendszerek minőségbiztosítása.

Milyen módszereket alkalmazhatunk?



Extrakciós technika: mintavétel a pontforrás füstgázából (részgázáram leszívása).

Mintavevő pumpát igényel.

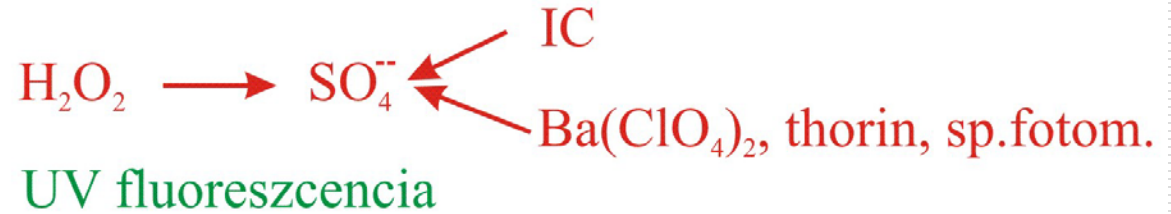
Hígítósos mintavétel lehetősége.

In-situ módszerek: nincs mintavétel, magában a vizsgálandó közegben mérek.

Direkt kijelzésű mérési módszerek

- **1. Spektroszkópia:** **NDIR** / GFC AS: **CO, SO₂, CO₂**, NO, N₂O, CH₄
FTIR AS: akár 40 molekula egy készülékkel
NIR TDL AS: Tunable Diode Laser
VIS-UV DOAS: Differential Optical Ads. Sp.
UV abszorpció: NO, NO₂, O₃
UV fluoreszcencia: SO₂
Kemilumineszcencia: NO, O₃
Fényszórásos módszerek
- 2. Láng- és fotoionizáció (**FID**, PID)
- 3. Elektroanalitika (O₂, gázérzékelők)
- 4. **Paramágnesesség (O₂)**
- 5. Radioanalitika (β-sugaras pormérő)
- 6. Triboelektromosság (pormérés)
- 7. TEOM (Tapered Element Oscillating Microbalance, pormérés)

Kiemelt jelentőségű légszennyezők – Referencia módszerek



Kemilumineszcencia



CO

ND-IR

Szilárd anyag **PM10**
 PM2,5

Gravimetria
(β-sugár abszorpció)

O₃

UV fotometria

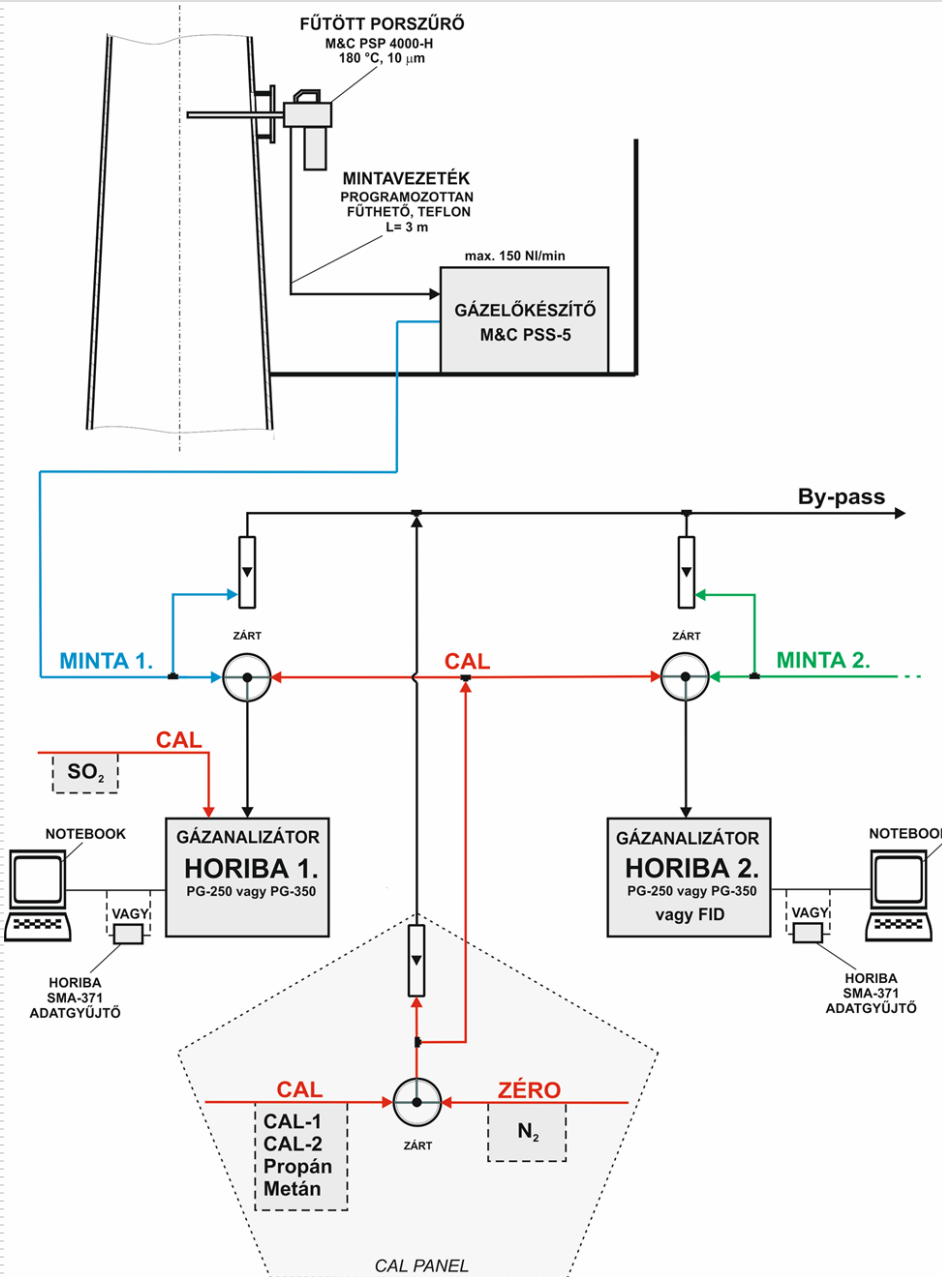
Benzol (BTEX)

Gázkromatográfia

[O₂ / H₂O]

[Paramágnesesség / Gravimetria]

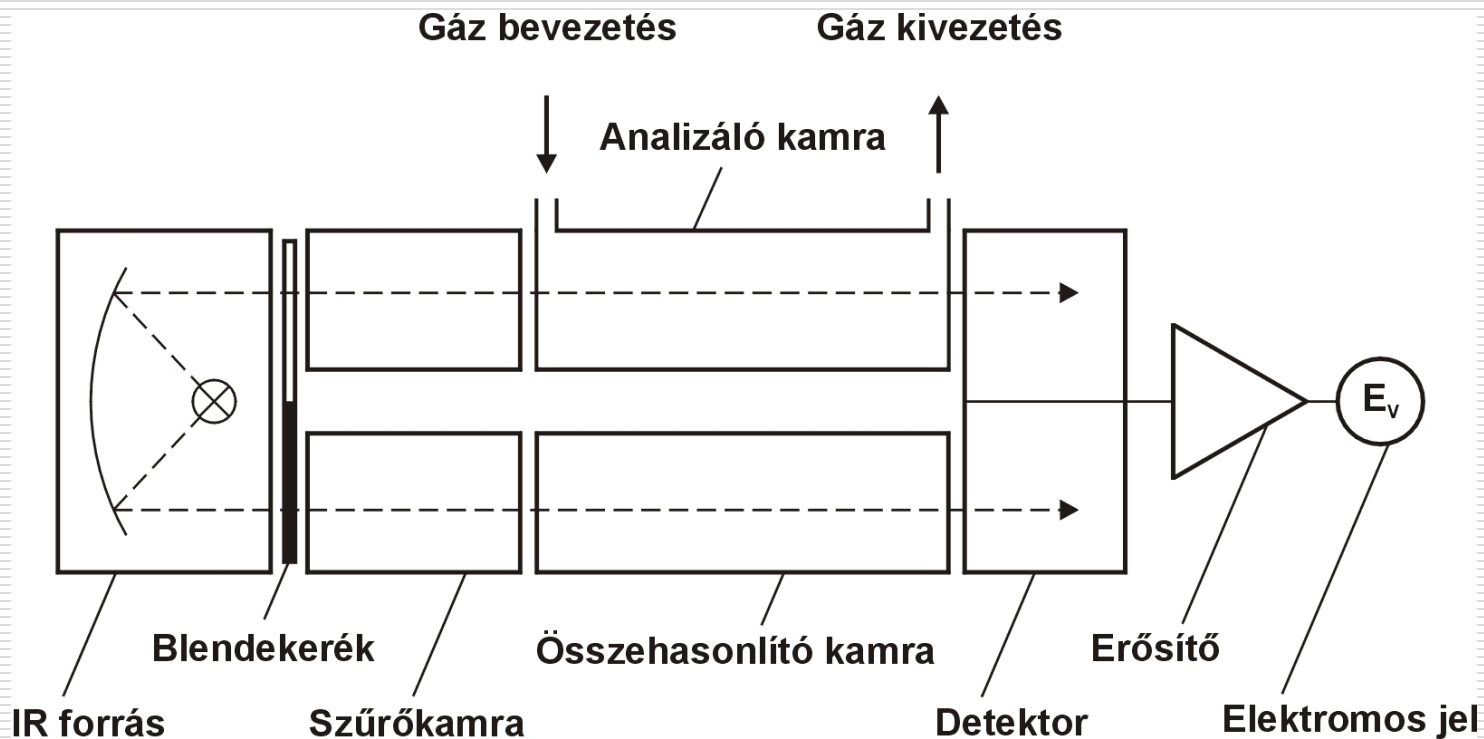
Emissziós füstgáz mérés mintavétei-mérési elrendezése



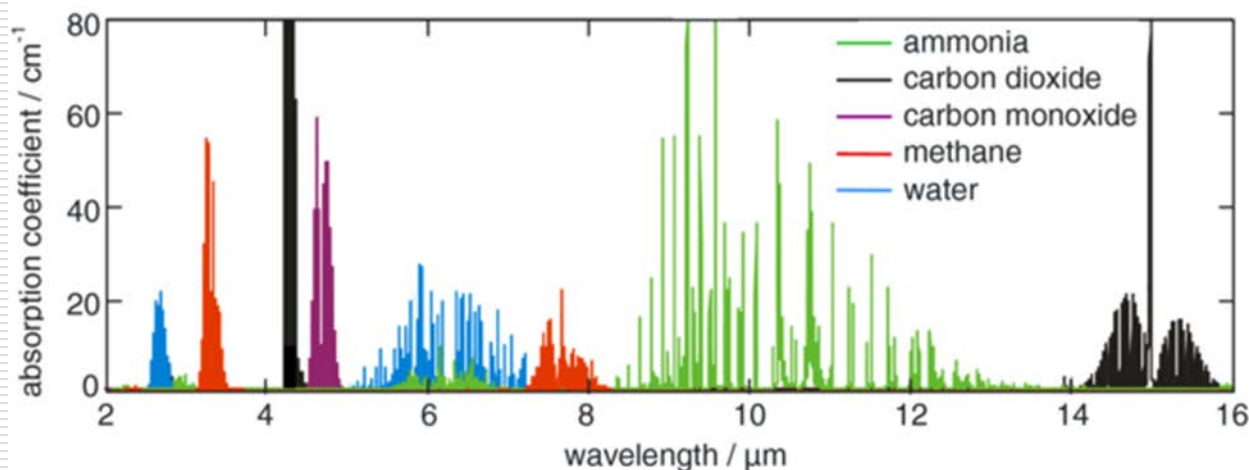
HORIBA PG-350 füstgáz analizátor



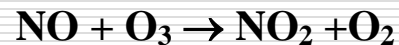
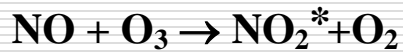
ND-IR analizátor



Jellemző molekulák elnyelése az IR tartományban



Kemilumineszcenciás NO_x analízátor



hv: a 600-3 200 nm-es tartományban emittált fény
1 200 nm-es maximummal.

M: egy harmadik ütköző partner, amely átveszi az energiát,
de nem vesz részt a reakcióban.

Az NO molekulák megközelítően 10 %-a reagál az ózonnal gerjesztett állapotú NO₂ keletkezésével.

A 4. reakció valószínűsége vákuum reakció kamra alkalmazásával csökkenthető, ami növeli a módszer érzékenységét.

Ózon előállítás:

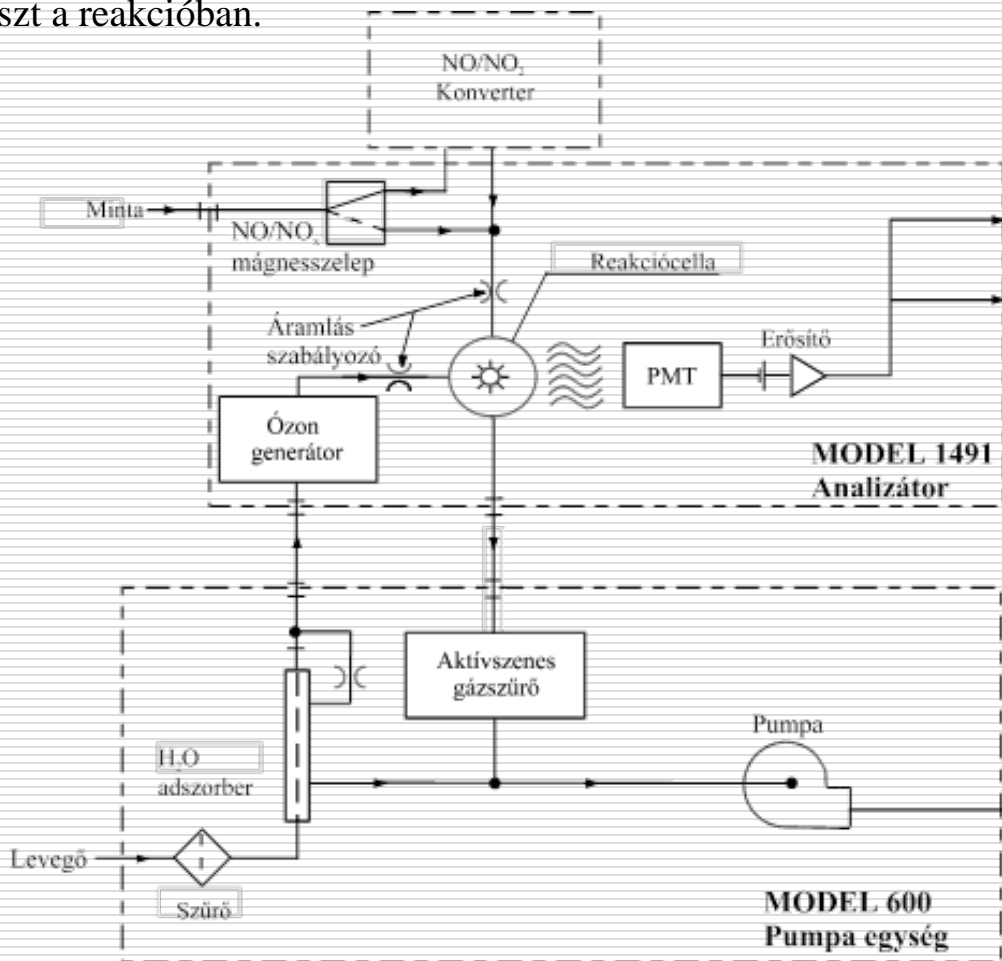
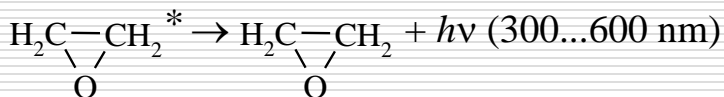
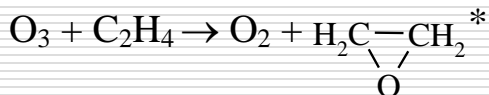
nagyfeszültségű térben (ozonizátor) levegőből vagy tiszta oxigénből.

Konverter: NO₂ → NO

Katalizátor: rozsdamentes acél, 800 °C
molibdén, 315 °C

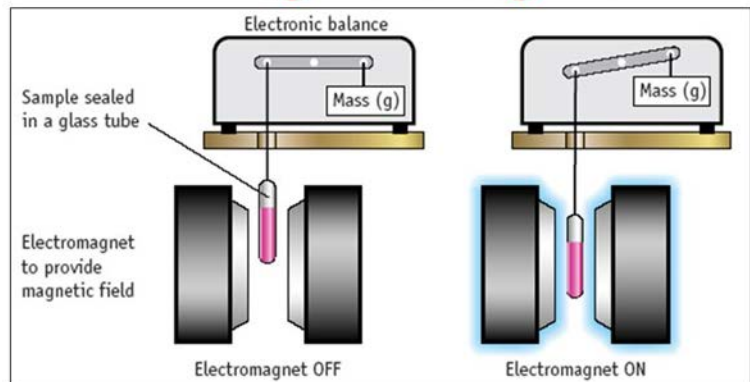
Detektor: PMT
fotodióda

A fenti reakció alapján az **ózon is mérhető**, de jobb és sokkal olcsóbb reakciópartner az ózon számára az etilén:



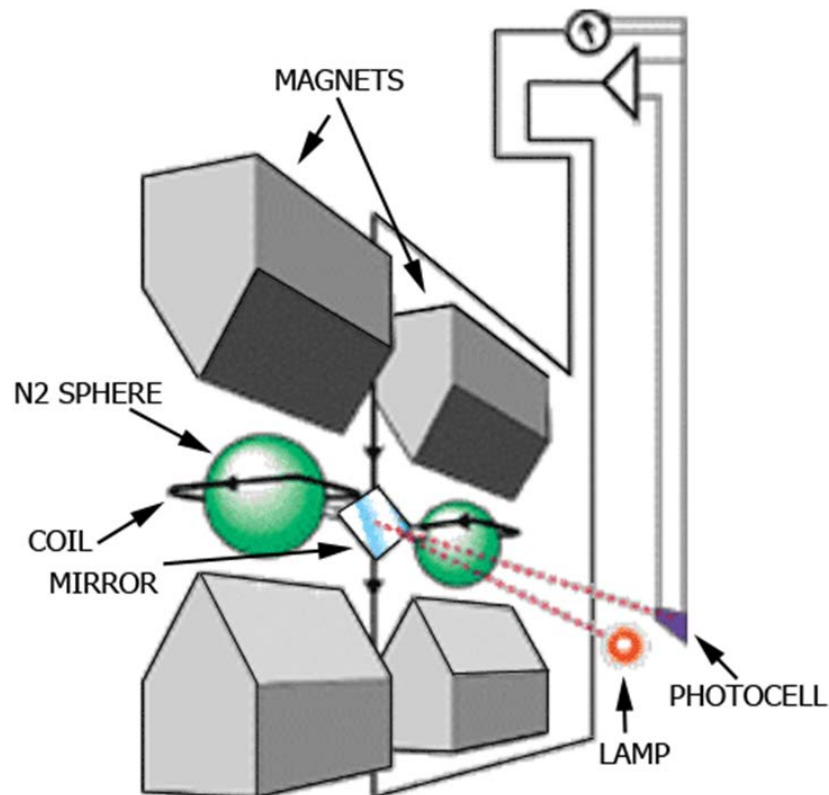
Paramágneses oxigén mérés

Measuring Paramagnetism



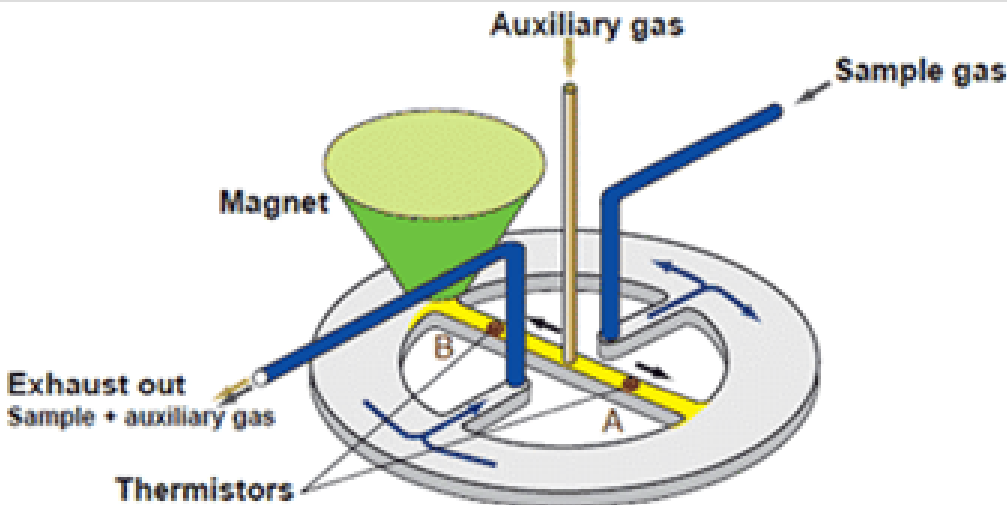
Paramagnetic: substance is attracted to a magnetic field. Substance has **unpaired electrons**.

Diamagnetic: NOT attracted to a magnetic field



Automatikus kiegyenlítéses analizátorok (Dumbbell type)

Gas	Volume Susceptibility at 760mmHg, 20°C
Nitrogen	-0.39×10^{-9}
Oxygen	141.3×10^{-9}
Argon	-0.748×10^{-9}
Carbon Dioxide	-0.78×10^{-9}
Nitric Oxide	60.3×10^{-9}
Methane	-1.67×10^{-9}
Butane	-2.38×10^{-9}



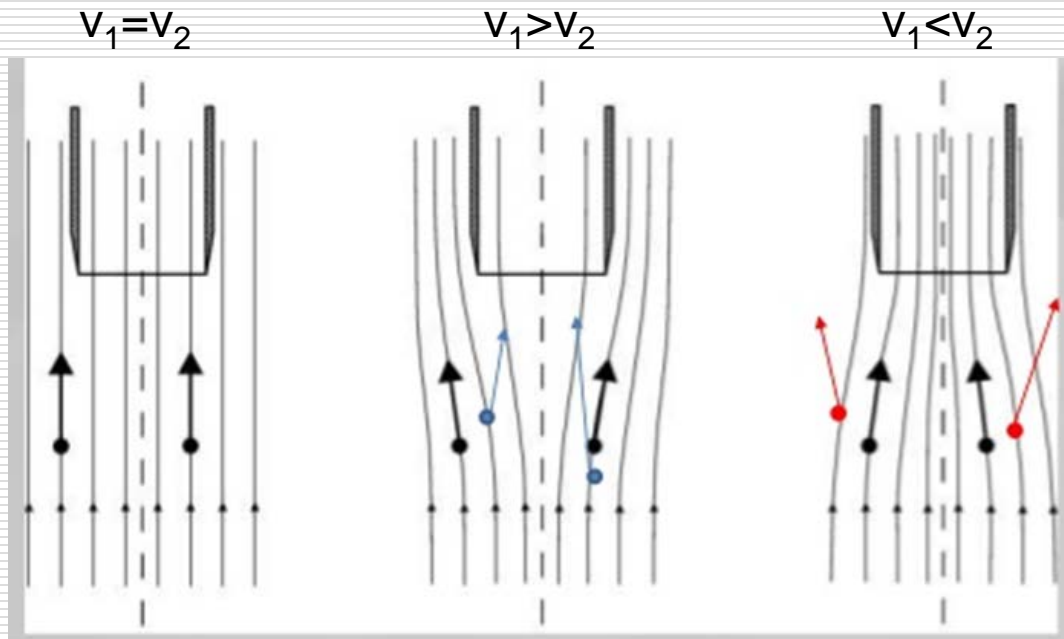
Termomágneses (mágneses szél) analizátorok

Szilárd anyag mintavétel áramló gázokból

Probléma: - változatos részecskeméret

- nem gázszerű viselkedés: nagyobb részecskék a tehetetlenségük miatt nem tudják követni a szállító közeg irányváltoztatásait

Az izokinetikus mintavételtől való eltérés hatása:



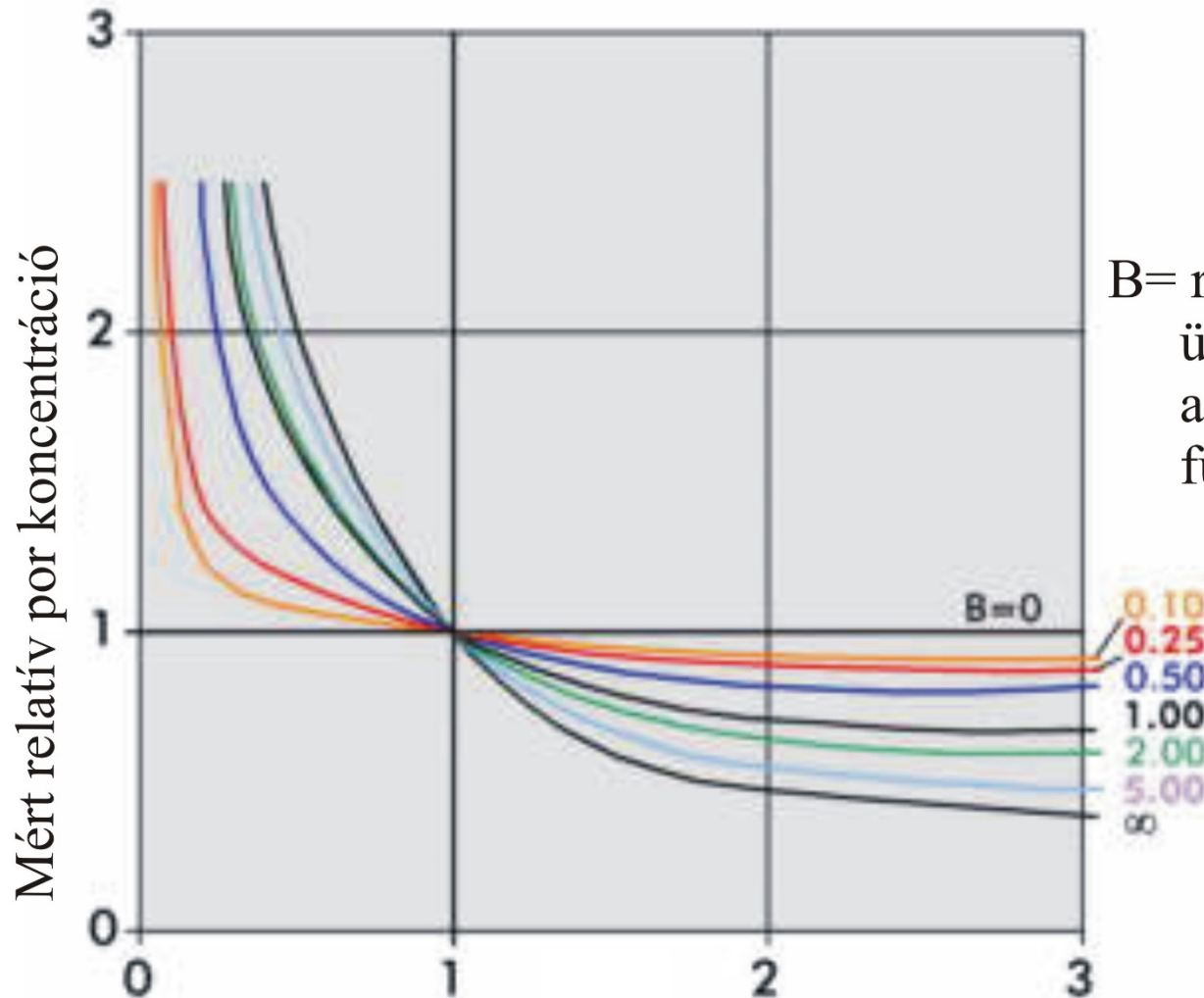
v_1 : a hordozó gáz áramlási sebessége
 v_2 : a minta (rész gázáram) áramlási sebessége a beszívó nyílásban

Izokinetikus

Beszívási sebesség
túl alacsony:
fölé mérek

Beszívási sebesség
túl magas:
alá mérek

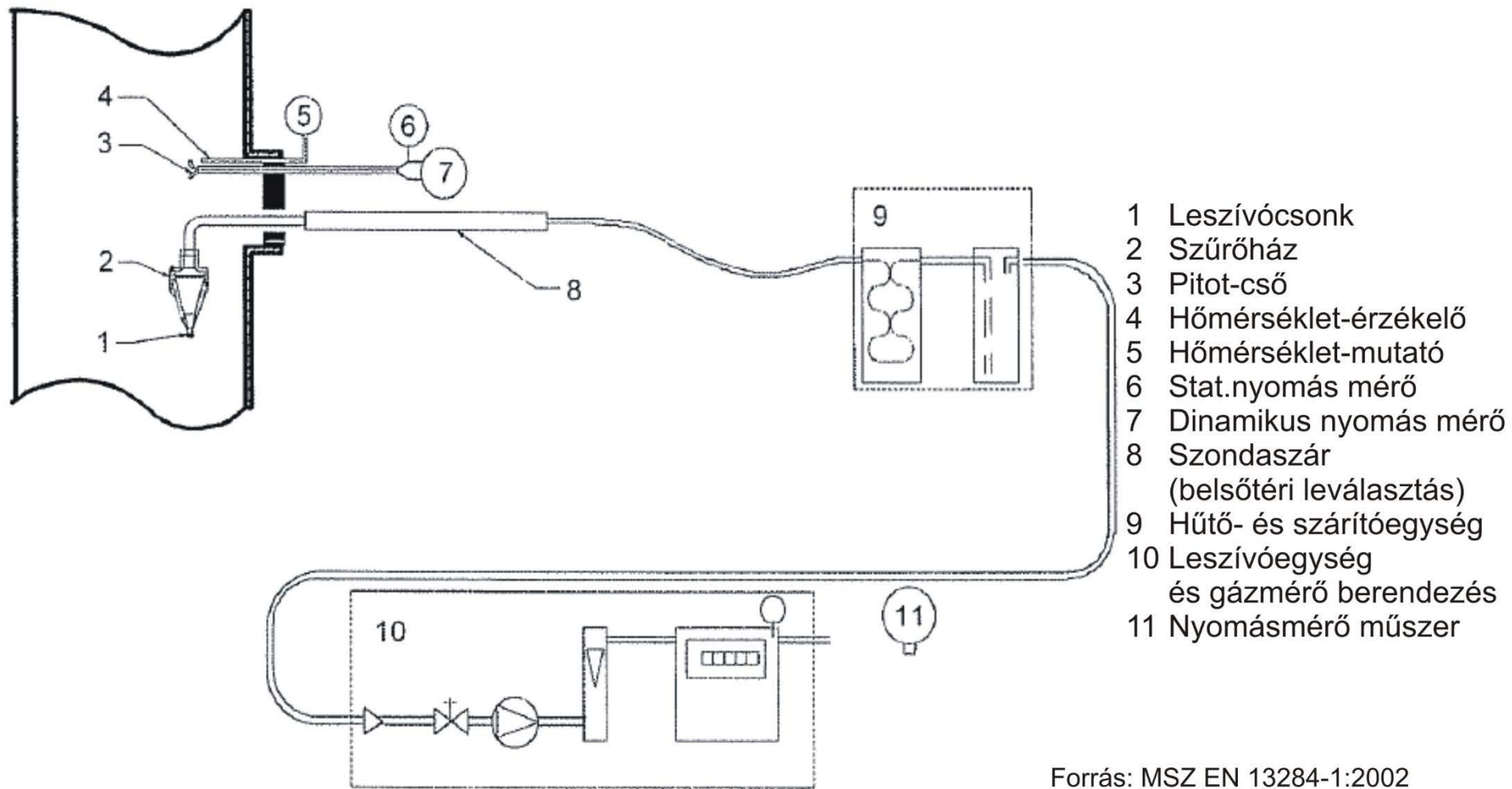
Eltérés az izokinetikus mintavételtől



B= részecskék
ülededési sebességétől és
a beszívó nyílás átmérőjétől
függő jellemző

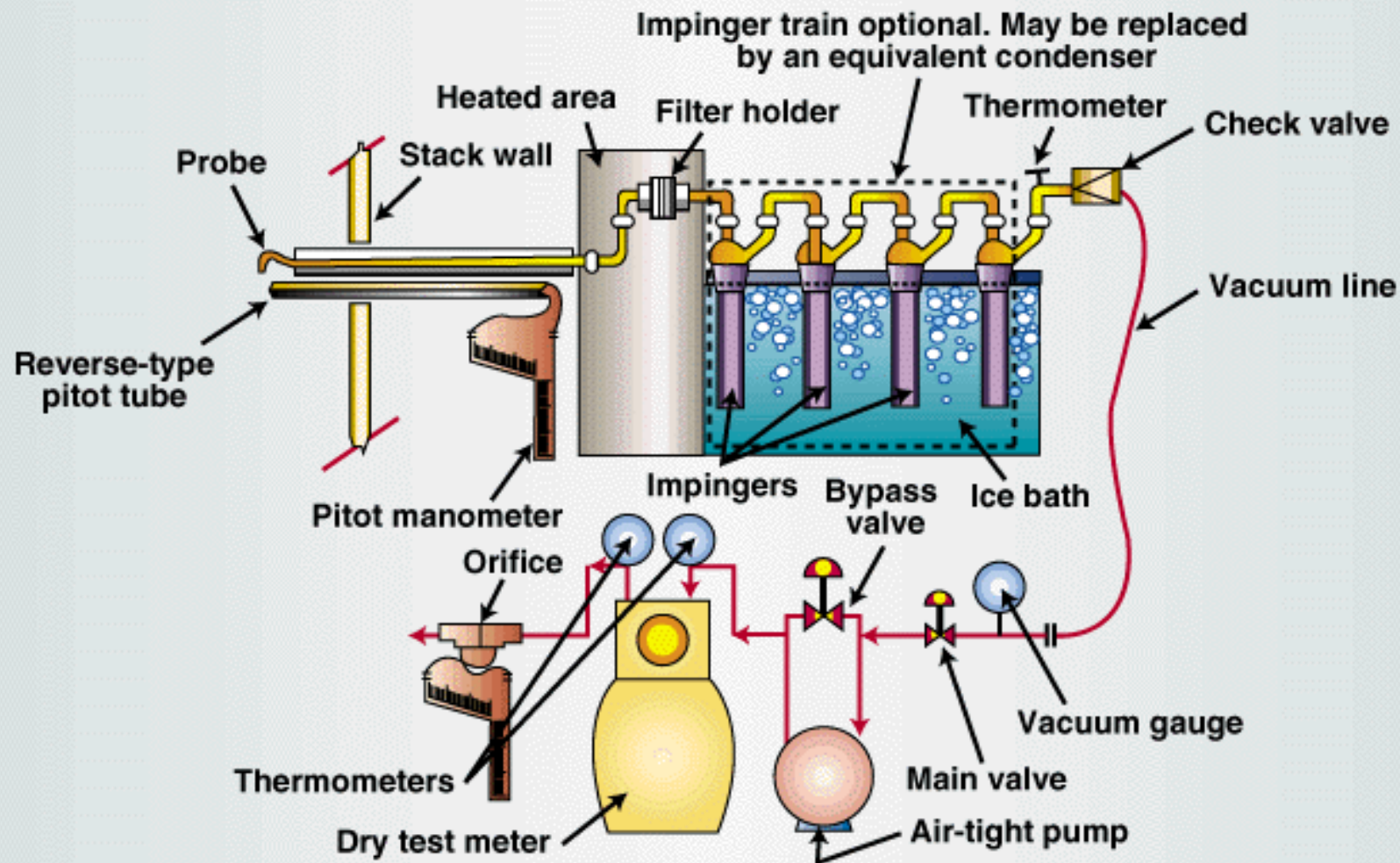
$$\frac{W_A}{W_0} = \frac{\text{minta gázáram sebessége, m/s}}{\text{kémény / kürtő gázsebesség, m/s}}$$

Izokinetikus mintavétel – Belső téri porleválasztás

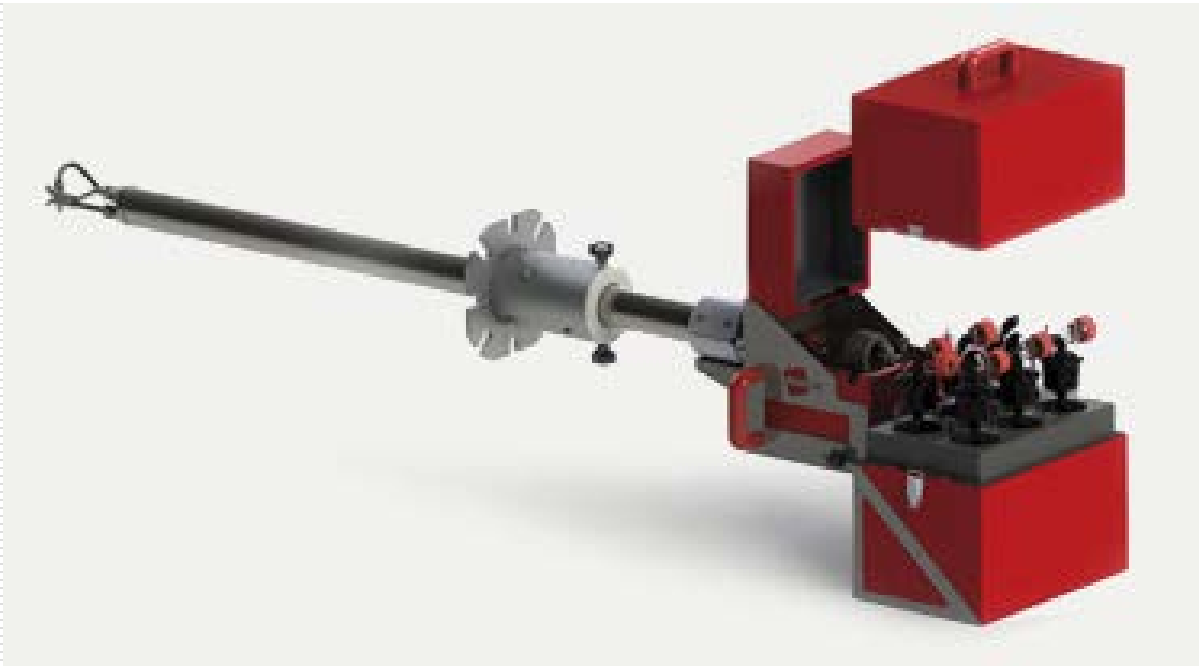


Izokinetikus mintavétel – Külső téri porleválasztás

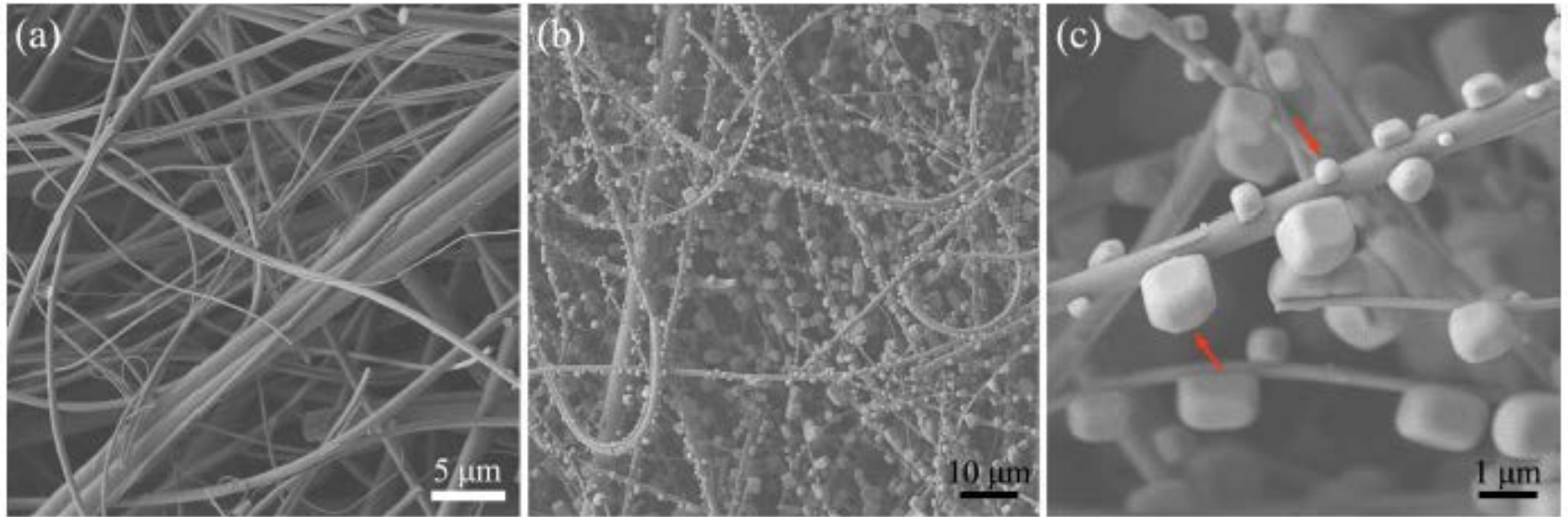
PARTICULATE SAMPLING TRAIN



DADO LAB automatikus izokinetikus mintavevő



Mikroszálás szűrőanyag részecske leválasztása



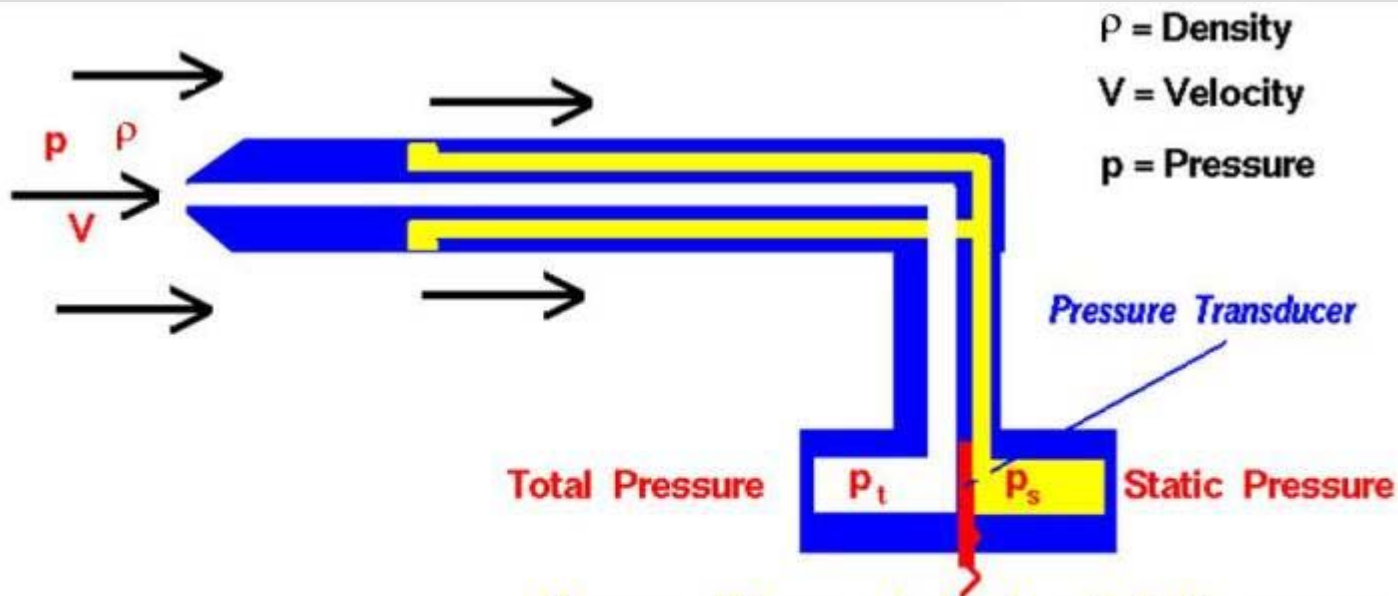
SEM felvételek szűrés előtt és után

(a) közönséges kvarcszálás szűrő

(b) kvarcszálás szűrőre lerakódott NaCl aeroszol részecskék

(c) egy kvarcszálla lerakódott NaCl aeroszol részecskék

Gázok áramlási sebességének mérése Pitot-csővel



Bernoulli's Equation:

Measure difference in total and static pressure

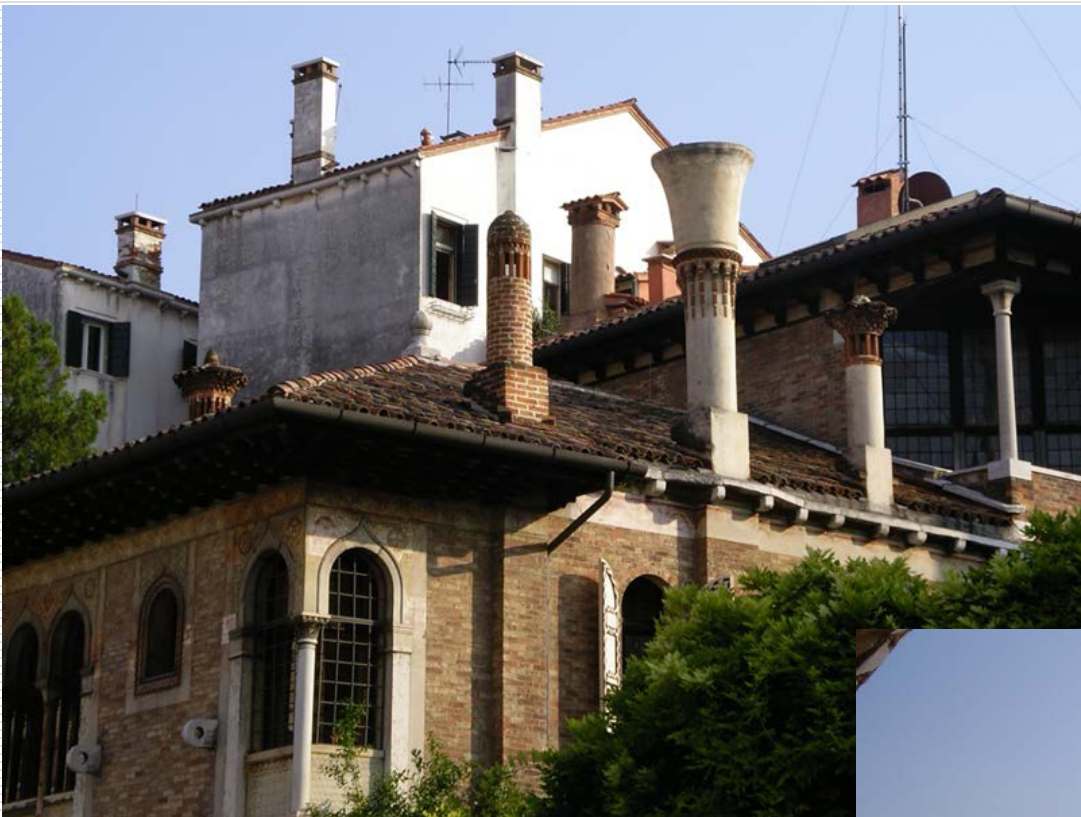
static pressure + dynamic pressure = total pressure

$$\left(p_s + \rho \times \frac{V^2}{2} \right) = p_t$$

Solve for Velocity:

$$V^2 = \frac{2(p_t - p_s)}{\rho}$$





Köszönöm a figyelmet!

**Találkozzunk legközelebb
éles mérésen
valahol.....**

