

Mintaelőkészítés, mintavétel Levegőszennyezés vizsgálatok

BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
SZERVETLEN ÉS ANALITIKAI KÉMIA TANSZÉK

Kömíves József
egyetemi docens

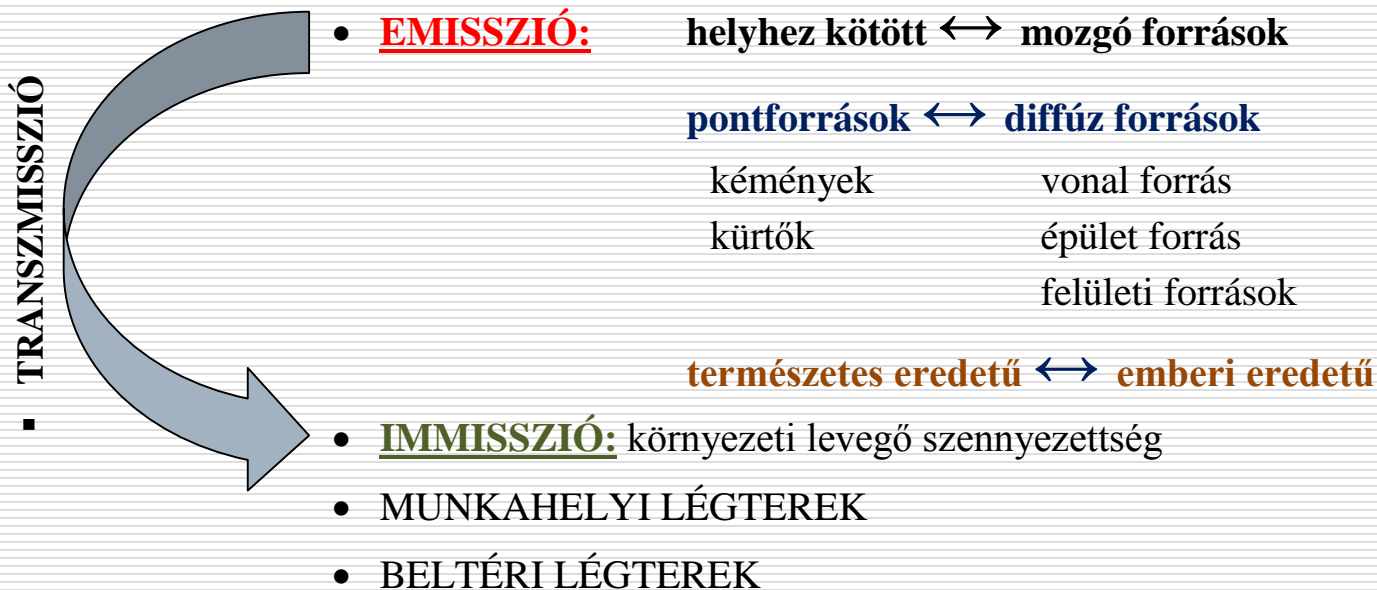


Tel.: 06-30-257-5156

e-mail: komives@mail.bme.hu

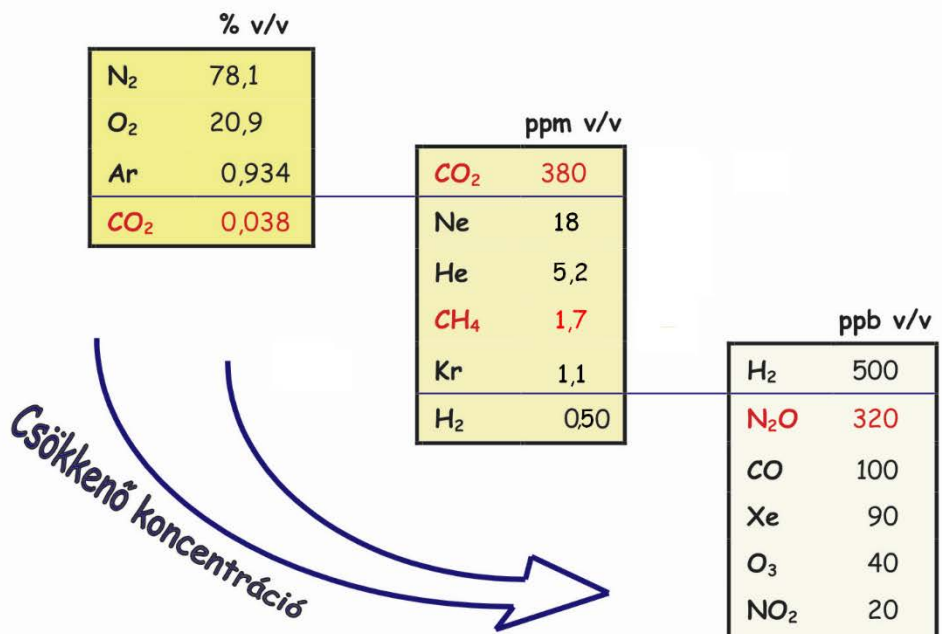
Budapest, 2018. tavasz

A levegőtisztaság-védelem területei



mg/m ₃	NO ₂	Formaldehid	Benzol
Emisszió	(200-500)	20	5
Munkahelyi	9 _{8 órás}	0,6	3
Környezeti	0,085 _{24 órás}	0,012	0,01
Beltéri	0,02 _{24 órás}	0,05	As low as possible

Az atmoszféra összetétele



	VÉNUSZ	FÖLD	MARS
Hőm.	480°C	17°C	-138-27°C
CO ₂	90 000	0,3	5
N ₂	1 000	780	0,05
O ₂	0	210	0,1

R_{Föld} = 6 370 km
 Atmoszféra 5,1*10¹⁸ kg
 - 50 % 5 km-ig
 - 90 % 12 km-ig
 - 100 % 200-400 km

Fontosabb légszennyező anyagok

- Szén-dioxid

- Kén-dioxid

- Nitrogén-oxidok

- Szén-monoxid

- Szálló por

- Ózon

- Toxikus fémek

- HCl / HF

- Ammónia

- Szerves vegyületek:

VOC: Volatile Organic Compounds

1. „a metántól eltérő, antropogén vagy biogén forrásból származó szerves vegyületek, amelyek napfény jelenlétében a nitrogén-oxidokkal történő reakciók során fotokémiai oxidálószerke létrehozására képesek” (4/2011. VM rendelet)
2. Gőznyomás 20°C-on $\geq 0,01$ kPa ($\geq 0,1$ mbar) (26/2014 VM rendelet)

BTEX: benzol, toluol, etil-benzol, xilolok oldószerek, formaldehid

SVOC: Semi Volatile Organic Compounds
Közepesen illékony, pl. PCB-k

POP: Persistens Organic Pollutants

Lassan lebomló, PAH-ok, dioxinok,

Átszámítások

ppm (v/v) átszámítása (Part Per Million)

$$\left[\text{mg} / \text{Nm}^3 \right] = \frac{M \left[\text{g} / \text{mol} \right]}{22,41 \text{ m}^3} * \left[\text{ppm} \right]$$

20°C: 24,09 m³

CO:	1,25
NOX, mint NO2:	2,05
SO2:	2,86

Átszámítás fizikai normál állapotra

$$\frac{p * V}{T} = \frac{p_0 * V_0}{T_0} = \frac{101,3 \text{ [kPa]} * V_0}{273,15 \text{ [K]}}$$

Határértékek csoportosítása

Levegőterheltségi szint, $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Egészségügyi (órás, 24 órás, éves)

Kiemelt jelentőségű anyagok (benzol)

Tervezési irányérték (kb. 170, ebből 130 VOC)

Ökológiai

Füst-köd riadó intézkedési:

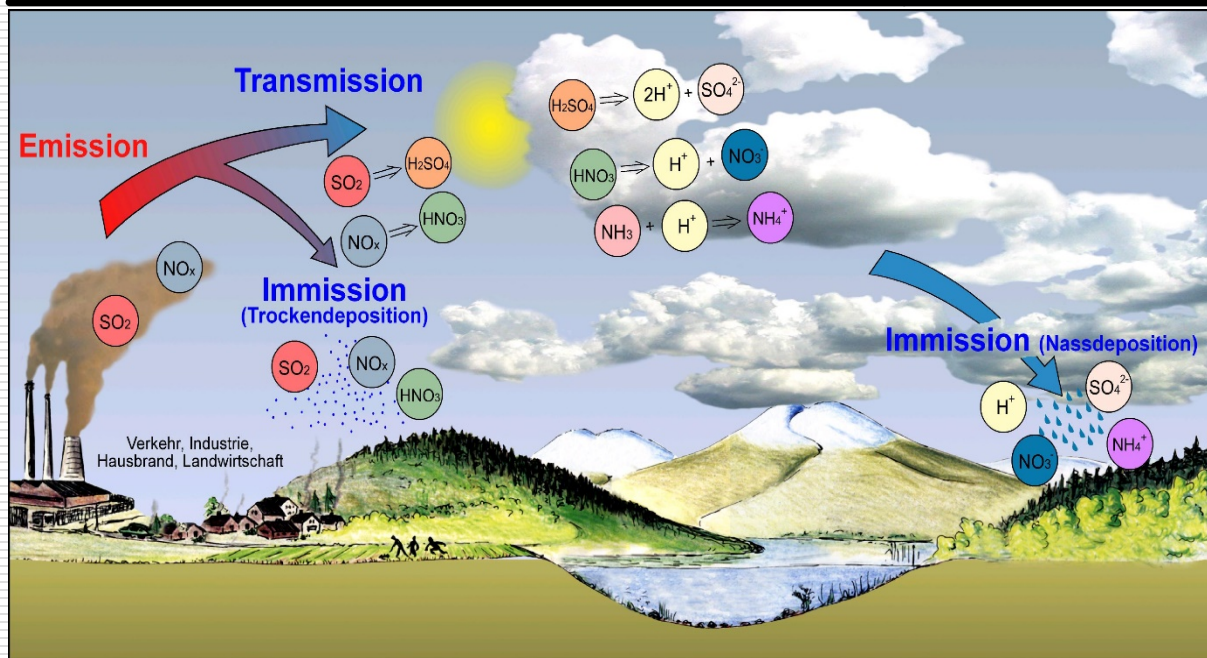
tájékoztatási és riasztási küszöbértékek

Kibocsátási

Technológiai $\left\{ \begin{array}{l} \text{általános, mg/Nm}^3 \\ \text{eljárás specifikus} \end{array} \right.$
4/2011. VM: 56 db elj. spec.
(VOC rendelet)

Egyedi (pl. szagkoncentráció)

Össztömegű



Munkahelyi: ÁK / CK / MK

Nemzeti Jogszabálytár

<https://segitseg.magyarorszag.hu/segitseg/portal/kereses/jogszabalykereso.html>

Általános technológiai kibocsátási határértékek-1.

Veszélyességi fokozattól függően:

Légszennyező anyag tömegárama:	$\geq 0,5$ g/h	≥ 1 g/h	≥ 5 kg/h	0-0,5 kg/h	>0,5 kg/h
Kibocsátási határérték:	0,1 mg/m ³	0,2 mg/m ³	500 mg/m ³	150 mg/m ³	50 mg/m ³
pl.:	rákkeltő benz(a)pirén	Tl, Hg és vegyületeik	SO _x , NO _x	Szilárd anyag	

Koncentráció: mg/m³, száraz, fizikai normál körülmények (p=101,3 kPa, T=273,15 K) mellett

Általános technológiai kibocsátási határértékek-2.

4/2011. VM rendelet, 6. melléklet

Osztály	Légszennyező anyag tömegárama	Kibocsátási határérték	Példa
2.4. Szerves anyagok			
A	$\geq 0,1$ kg/h	20 mg/m ³	etilén-oxid, formaldehid, tetraklór-etilén
B	≥ 2 kg/h	100 mg/m ³	benzinek ásványolajból metanol, trimetil-amin
C	≥ 3 kg/h	150 mg/m ³	aceton, etanol, IPA, etil-acetát, paraffin CH-ek, petróleum, toluol, xilolok, trimetil-benzolok
2.5 Egyes rákkeltő légszennyező anyagok			
A	$\geq 0,5$ g/h	0,1 mg/m ³	(3,4-benz(a)pirén), Cd
B	≥ 5 g/h	1 mg/m ³	As, Cr, Ni
C	≥ 10 g/h	5 mg/m ³	benzol, 1,3-butadién, triklór-etilén, vinil-klorid

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 %

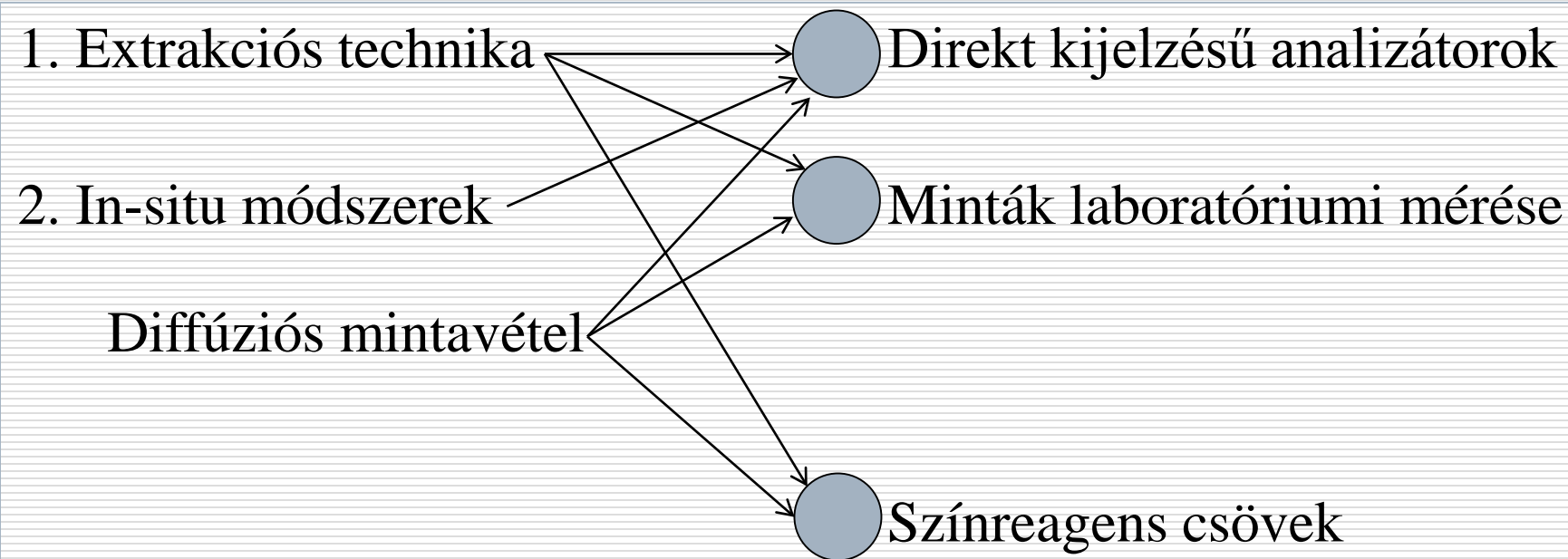
„ a levegőből tényleges oxigén-
elvonás történik”

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

Levegőterheltségi szint ↔ munkahelyi légterek

<i>mg/m³</i>	Levegőterheltségi szint egészségügyi határértékei			Munkahelyi levegőben
	órás	24 órás	éves	
SO₂	0,25	0,125	0,05	ÁK=CK=5
CO	10	5	3	ÁK=33; CK=132
NO₂	0,1	0,085	0,04	NO ₂ ÁK=CK=9
NOX	0,2	0,150	0,07	NO ÁK=30
Szálló por PM₁₀ TSPM	-	0,05	0,04	Total= 10 Resp.= 6
	0,2	0,1	0,05	
Benzol	-	0,01	0,005	MK=3
Hg és vegyületei	-	-	0,001	ÁK=0,08;CK=0,32
Dioxinok, furánok	-	-	10 ⁻⁹	-
Etanol tervezési irányérték	5,0	5,0	-	ÁK=1900;CK=7600

Mintavételi-mérési lehetőségek



Extrakciós technika: mintavétel a pontforrás véggázából (részgázáram leszívátása), környezeti vagy munkahelyi levegőből.

Mintavevő pumpát igényel.

Hígítósos mintavétel lehetősége.

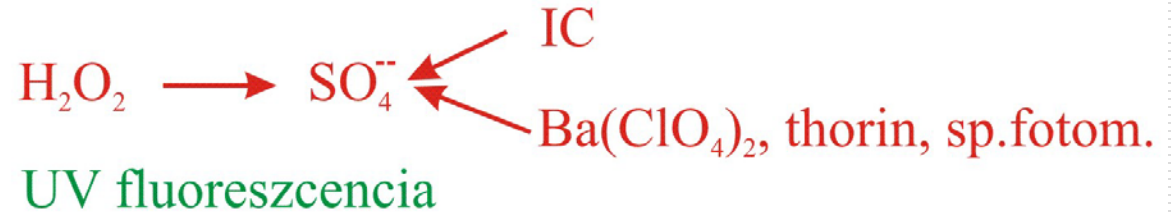
In-situ módszerek: nincs mintavétel, magában a vizsgálandó közegben mérek.

Nyitott sugárutas módszerek (**Open-path**)

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 Adsz. 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 környezeti pormérő)
- 6. Triboelektromosság (pormérés)
- 7. TEOM (Tapered Element Oscillating Microbalance, környezeti 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]

Mérőkörök hulladékégetés esetén



SO₂
NO_x
CO (CO₂)
O₂

Szilárd anyag (v, T, p)

H₂O

TOC (C₁)

HCl, HF

Hg

Cd, Tl

As, Co, Cr, Ni, Pb, V, Sb, Cu, Mn

Dioxinok

SRM

H₂O₂ / IC

Kemilumineszcencia

ND-IR

Paramágnesesség

Gravimetria

Gravimetria

FID

Deszt.víz / IC

szűrő + KMnO₄ / AS

szűrő + H₂SO₄(H₂O₂) / AS

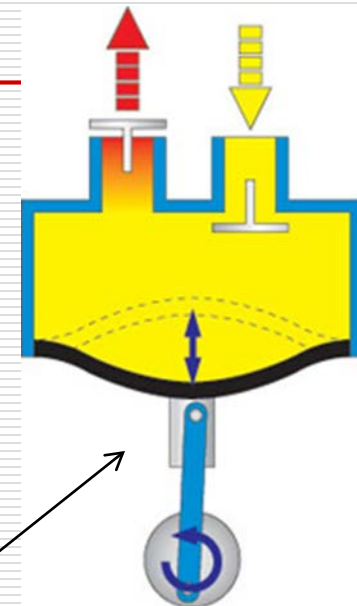
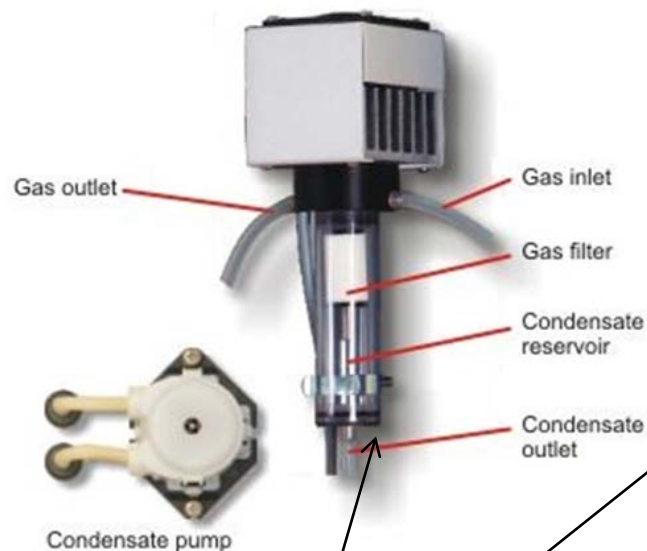
Kémények mérési lehetőségei

1. In-situ analysis

2. Extraction

- a. Wet (filtered only)
- b. Dilution
- c. Drying

- 1) Absorption
- 2) Condensation
- 3) Selective permeation

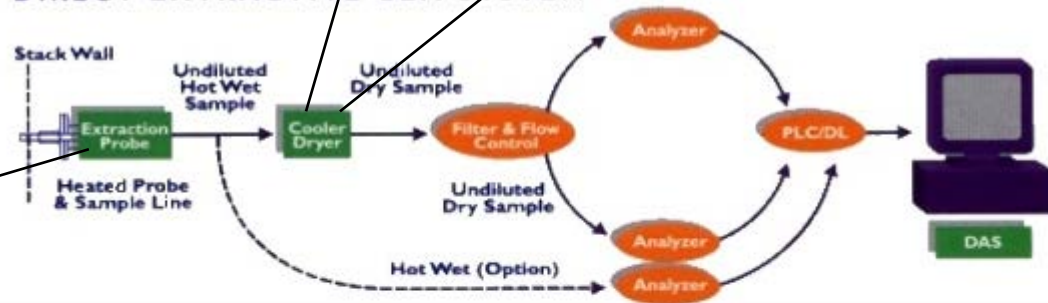


Membrán pumpa

Hordozható szonda fűtött porleválasztóval



DIRECT EXTRACTIVE CEM SYSTEM



DILUTION EXTRACTIVE CEM SYSTEM



Gázelőkészítés folyamatos méréshez: extrakciós, száraz

PROBLÉMA

MEGOLDÁS

Gáz hőmérséklete

Fűtött mintavevő szonda

Korrózió, mérendő komponens megkötődése

Szerkezeti anyagok megfelelő megválasztása

Gáz portartalma

Többlépcsős porszűrés

Gáz víztartalma

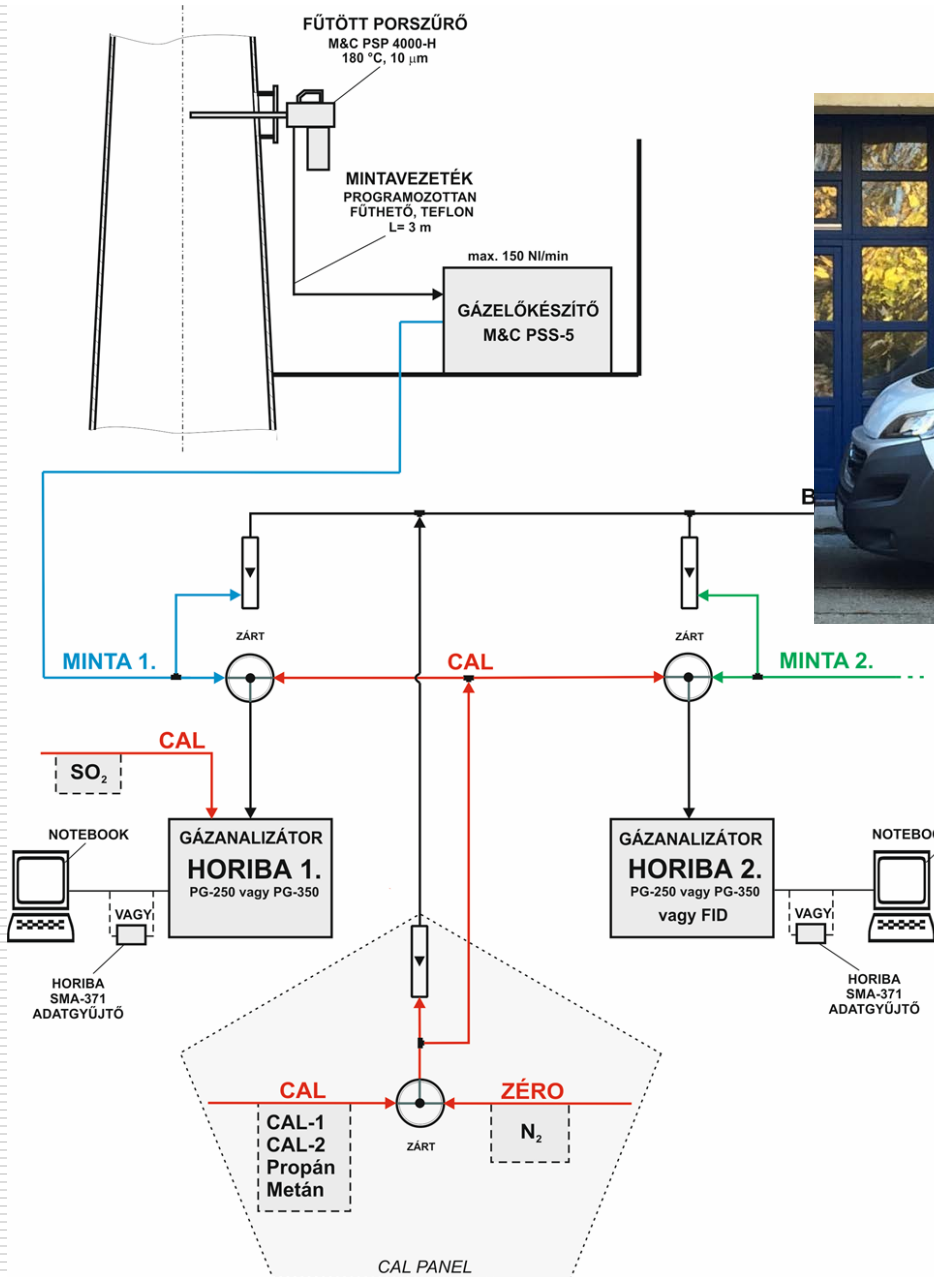
Szárítás: - kondenzáció hűtéssel
- permeáció
- (adszorpció)

Zavaró komponensek

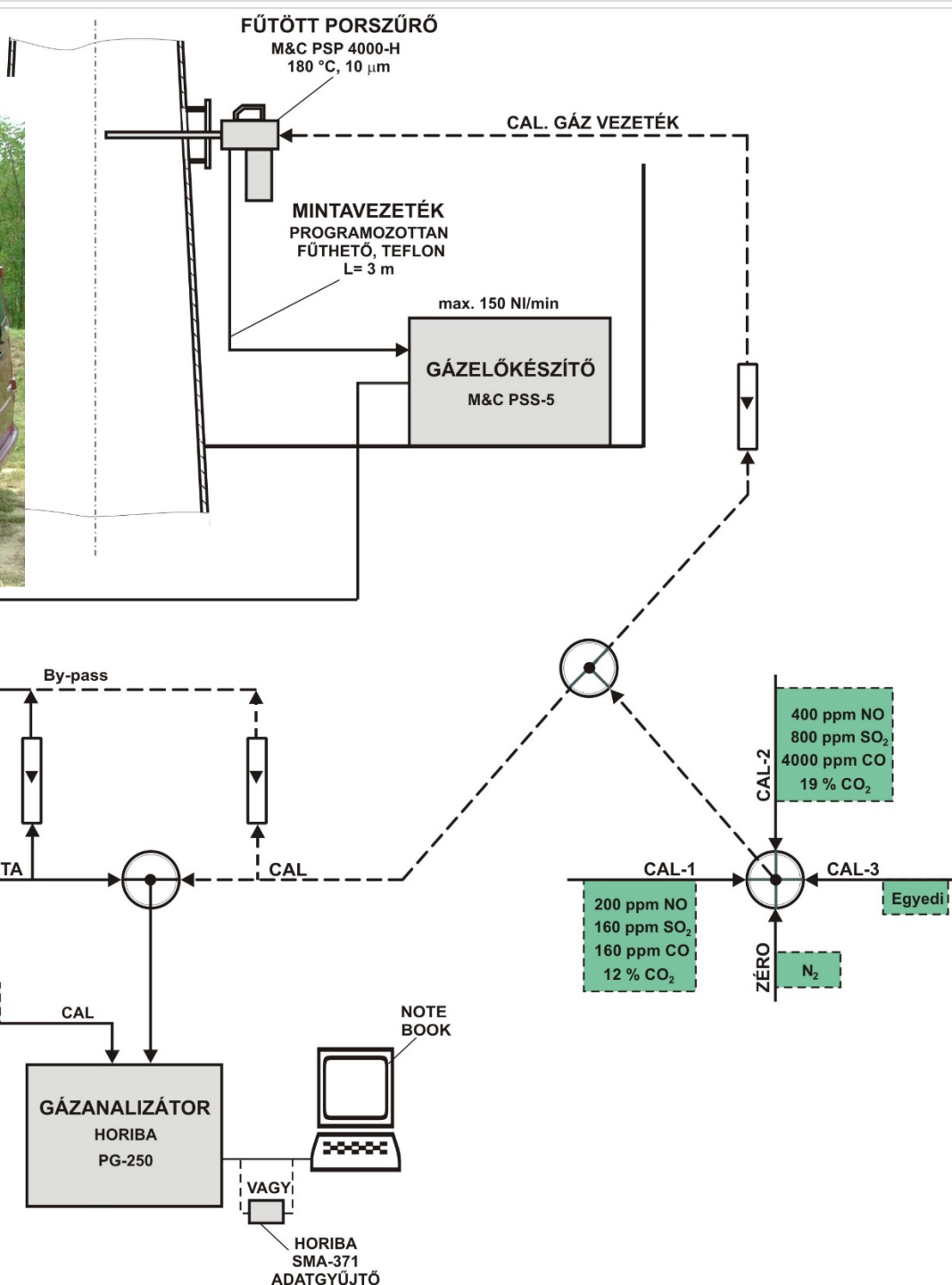
Szelektív leválasztás
(szelektív szűrés az analizátorban)

Emissziós füstgáz mérés mintavétei-mérési elrendezése

Fiat Ducato mérőkocsi, 2016



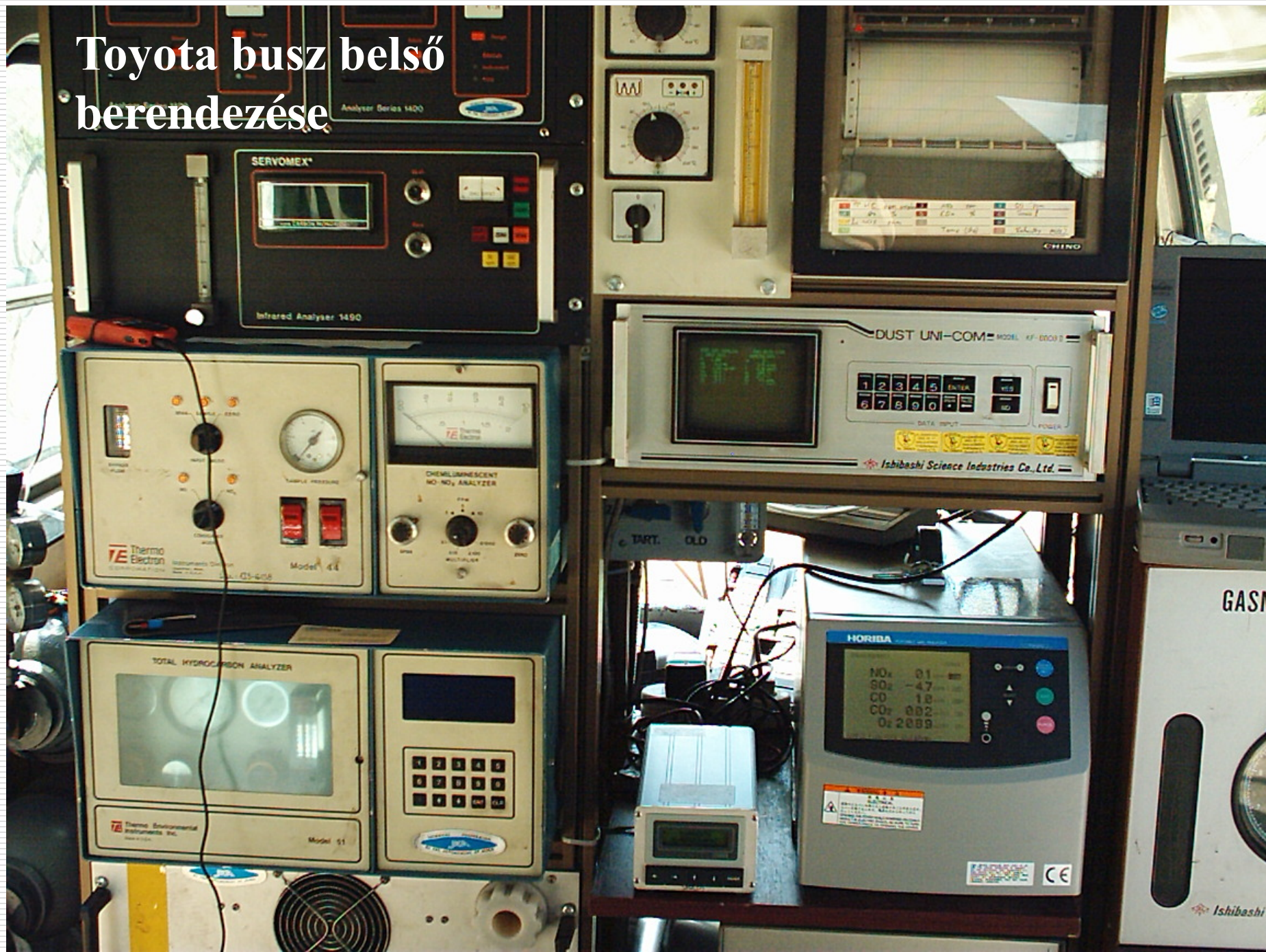
Fűtött minta vezeték



Mercedes Vito mérőkocsi, 2006

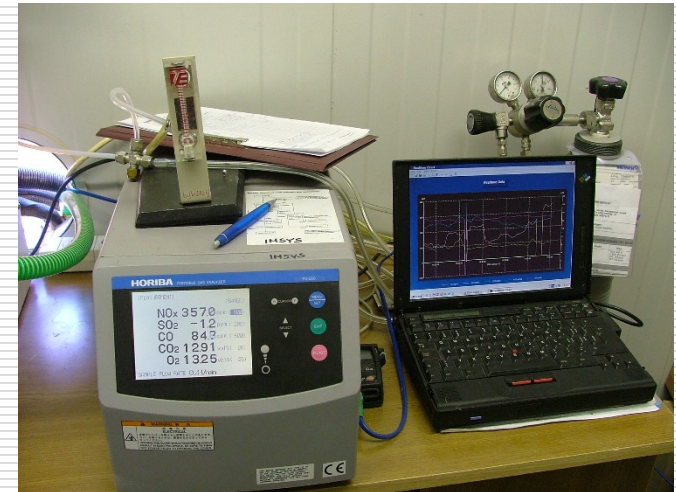


Toyota busz belső berendezése



Horiba PG-250 hordozható füstgázanalizátor

Telepítés különböző helyszíneken



ISD-Power (Dunaferr)

Dunaújváros



BERT Kelenföld



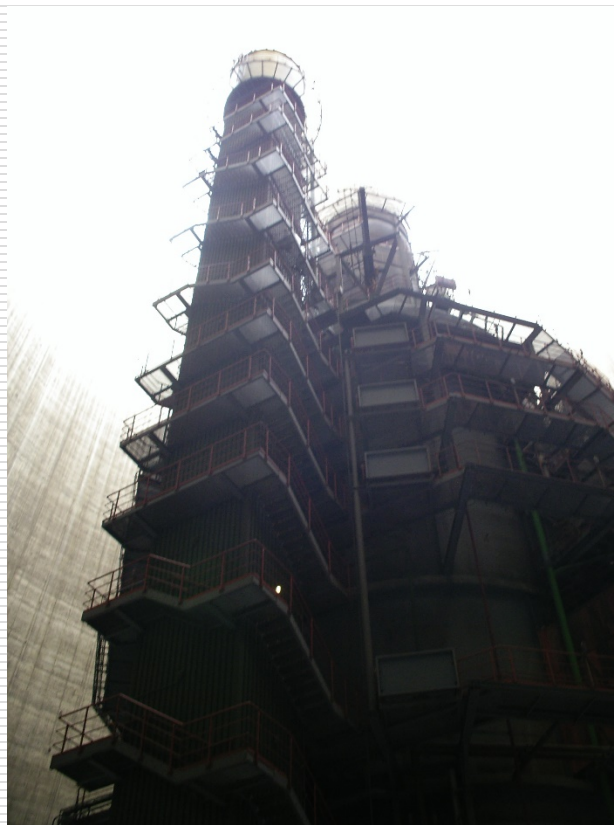
Csepel II. Erőmű



Mátrai Erőmű



Heller-Forgó hűtőtorony

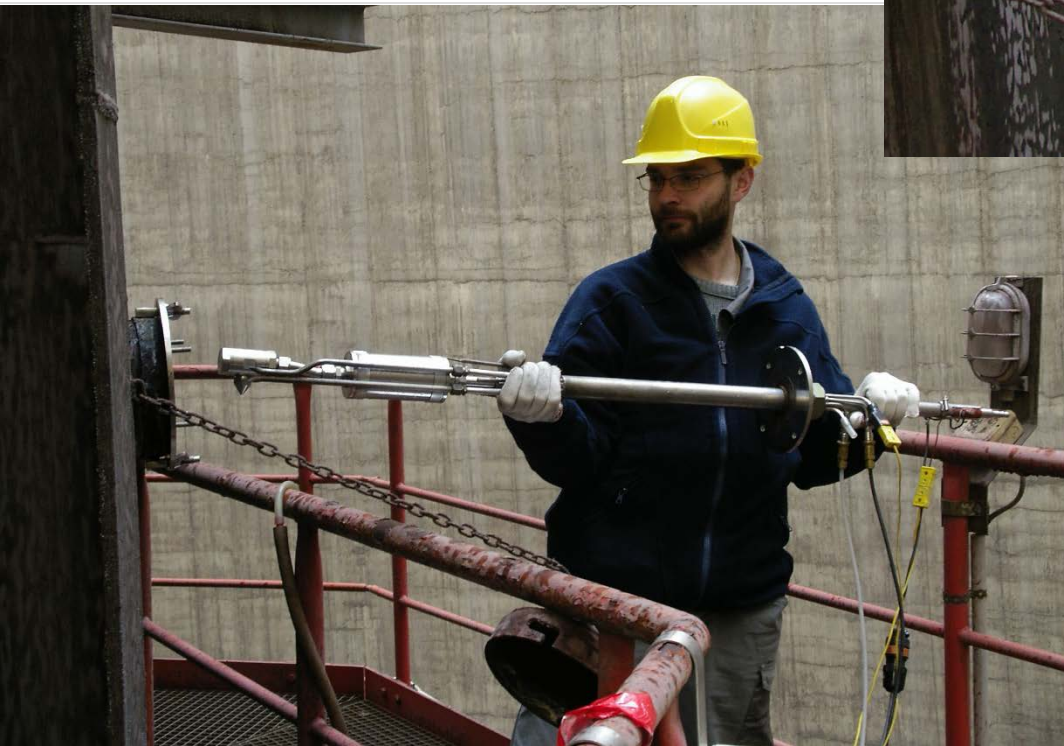


Hűtőtorony belső része



Hűtőtorony, közepén
a kéntelenítő kéményével

Kaszád impaktor a Mátrai Erőműben



Porcelángyártás



Porcelángyártás



Porcelángyártás



Porcelángyártás



Porcelángyártás



Swiss Krono, Vásárosnamény



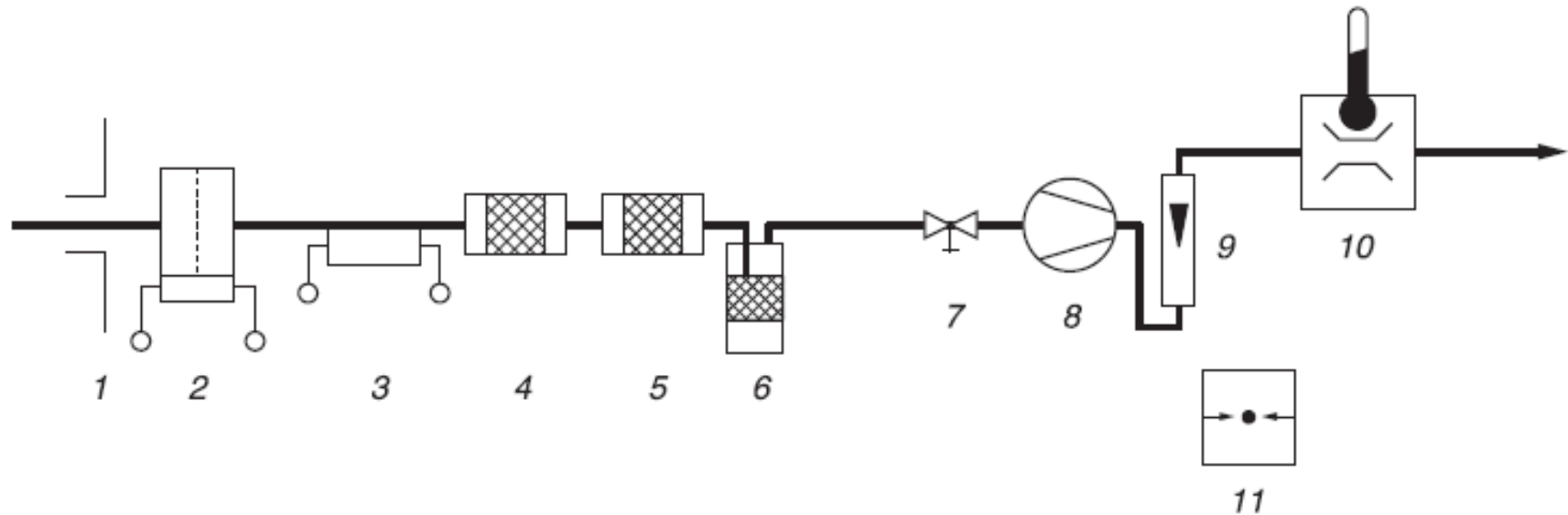
Swiss Krono, Vásárosnamény



Szakaszos átszívásos mintavételek – Laboratóriumi analízis

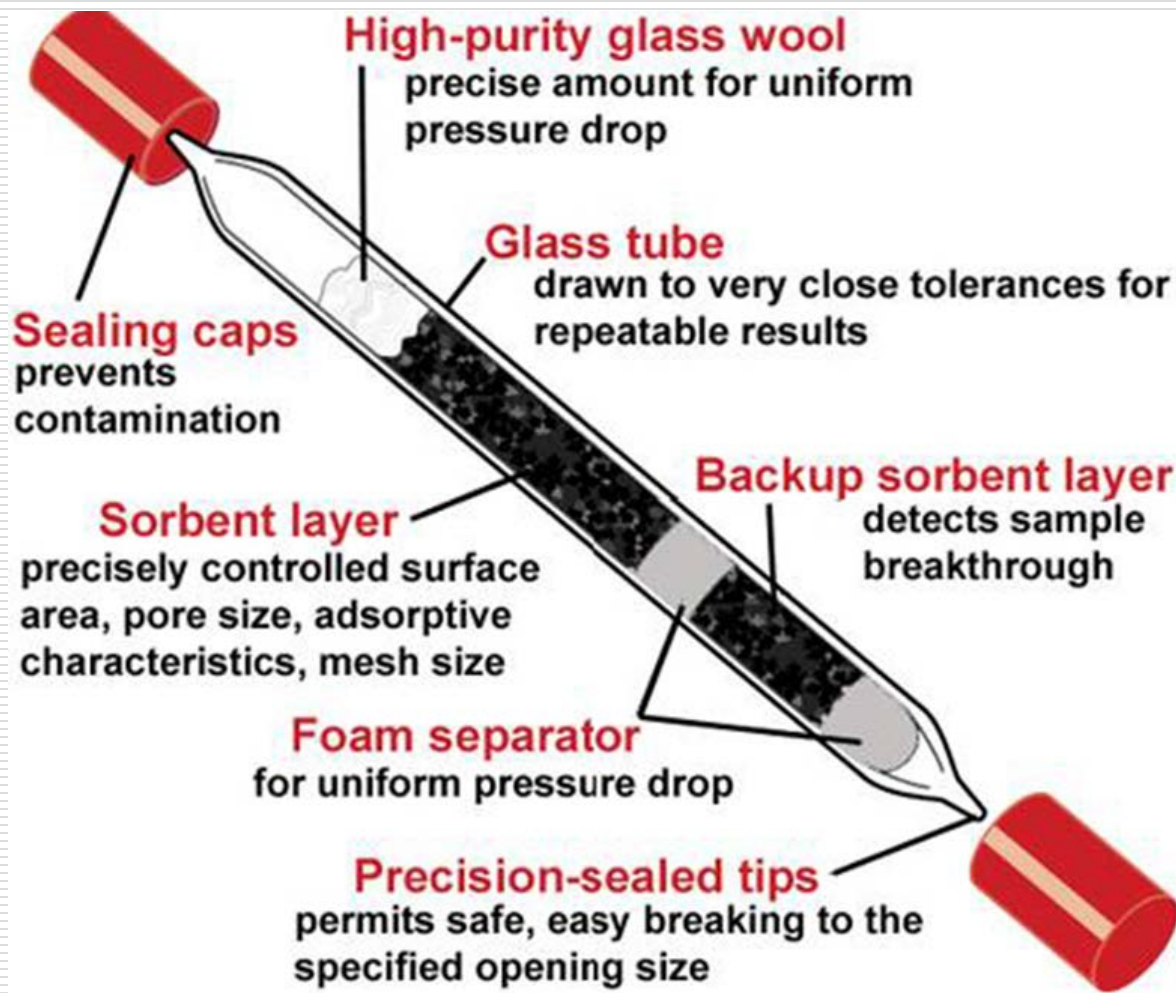
- **Adszorpció**
- Kémiai reagenssel impregnált hordozó (adszorbens vagy szűrőlap)
- Elnyeletés (abszorpció)
- Porszűrés
- Több fázisú mintavétel
- Kifagyasztásos mintavétel
- Térfogati mintavétel

Adszorpciós mintavevő kör (VDI szabvány alapján)



1. Mintavevő szonda, szükséges esetben fűtött
2. Porszűrő, poros véggázok esetén, szükséges esetben fűtött
3. Minta vezeték, szükséges esetben fűtött
- 4-5. Adszorbens cső, szükséges esetben hűtött
6. Szárító berendezés (szilikagéllal töltött adszorbens oszlop)
7. Szabályozó szelep (amennyiben nincs a pumpába épített teljesítmény szabályozás)
8. Pumpa (leggyakrabban membrán vagy dugattyús)
9. Mintavételi sebesség mérő (pl. rotaméter, távadós gázóra, tömegáram mérő)
10. Gáztérfogat mérő (pl. gázóra, tömegáram mérő), hőmérővel
11. Barométer

Adszorpciós mintavevő cső (SKC)



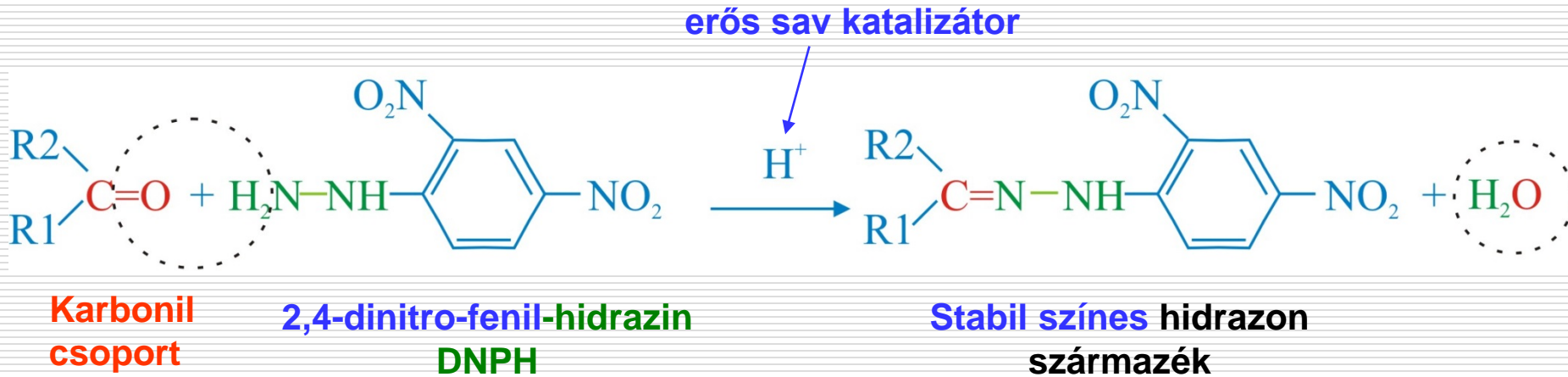
Példák adszorpció mintavételre

VEGYÜLET	ADSZORBENS	LEOLDÁS	ANALÍZIS
Alifás és aromás CH-ek Halogénezett CH-ek Észterek, ketonok, stb.	Aktívszén	CS ₂	GC-FID GC-MS
Butánok	Molekulaszita (pl. Anarsorb CMS)	CS ₂	GC
MeOH, EtOH, IPA, Aceton, MEK	Anasorb 747	CS ₂ + DMF	GC
Fenolok, krezolok	XAD-7	MeOH	HPLC-UV GC-MS
Ciklohexanon, Naftalin	Chromosorb-106	CS ₂	GC

Mintavétel kémiai reagenssel impregnált hordozóra

VEGYÜLET	REAGENS/HORDOZÓ	LEOLDÁS	ANALÍZIS
Aldehydek	2,4-DNPH / Szilikagél	Acetonitril	HPLC-UV
Alifás aminok	NBD-Cl / XAD-7 7-kloro-4-nitrobenzo- -2-oxo-1,3-diazol	THF	HPLC-FLR HPLC-VIS
Etilénoxid	HBr / Aktívszén	DMF	GC-MS (2-bróm-etanol)
Diizocianátok	PP / Üvegszál szűrő 1-(2-piridil)-piperazin	Acetonitril + 10 % DMS	HPLC-UV HPLC-FLR
Ózon	NO_2^- / Üvegszál szűrő	Ionmentes víz	IC
Hg gőz	KJ / Aktívszén	Savas	Hideg gőz atom- fluoreszcens / AAS

Formaldehid mérése levegőből



R1, R2: -alkil vagy aromás csoport = keton (aceton, MEK)
-egyik vagy mindkettő H = aldehid

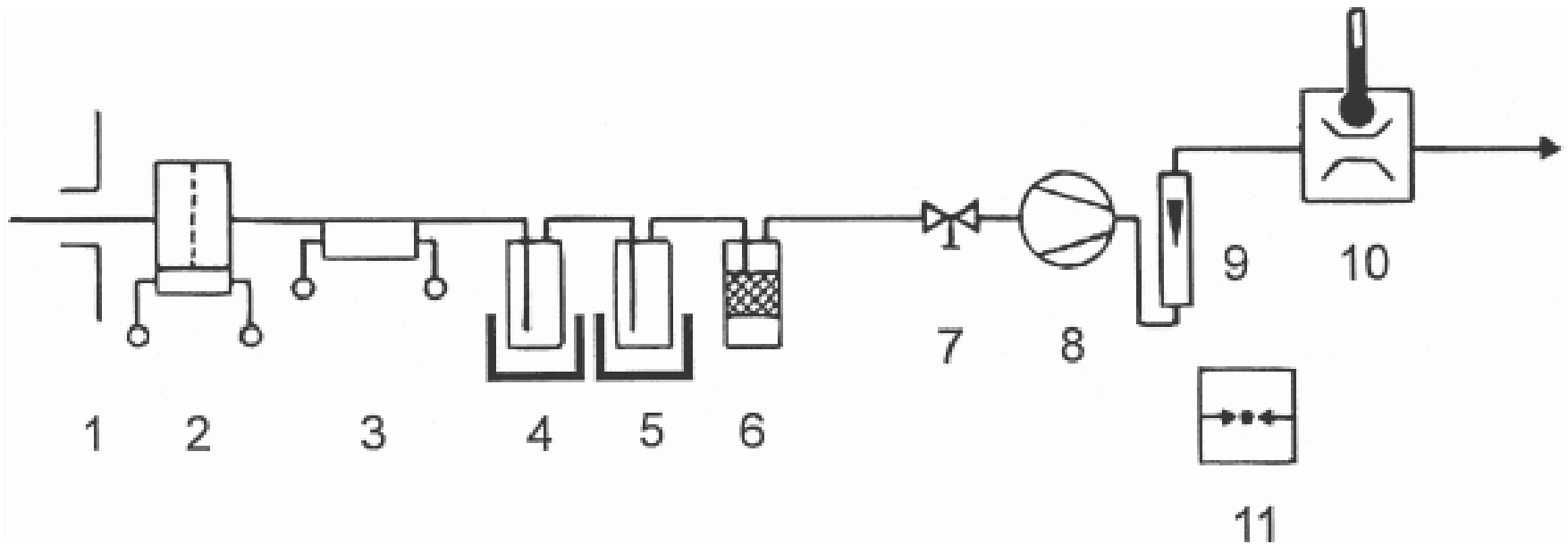


Mintavétel: EMI, Mh., Imm.
átszívósos és diffúziós egyaránt

Labor analízis: HPLC, UV det. (opt. 365 nm)
leoldás: acetonitril
pl. oktadekaszilán kolonna,
1:3 víz:metanol mozgó fázis

formalin: fertőtlenítés, tartósítás
műgyanták, habok
textil, bőr és szőrme kezelése
kozmetikumok
bútoripar, gyógyszeripar
közlekedés
dohányzás

Elnyeletéses mintavevő kör (VDI szabvány alapján)



1. Mintavevő szonda, szükséges esetben fűtött
2. Porszűrő, poros véggázok esetén, szükséges esetben fűtött
3. Minta vezeték, szükséges esetben fűtött
- 4-5. Gázmosó palackok, szükséges esetben hűtött
6. Szárító berendezés (szilikagéllal töltött adszorbens oszlop)
7. Szabályozó szelep (amennyiben nincs a pumpába épített teljesítmény szabályozás)
8. Pumpa (leggyakrabban membrán vagy dugattyús)
9. Mintavételi sebesség mérő (pl. rotaméter, távadós gázóra, tömegáram mérő)
10. Gáztérfogat mérő (pl. gázóra, tömegáram mérő), hőmérővel
11. Barométer

Példák elnyeletéses mintavételre

VEGYÜLET	ELNYELETŐ OLDAT	ANALÍZIS
HCl	Ionmentes víz	IC
HF	0,5 M NaOH	Potenciometria (IC)
Ammónia	0,05 M kénsav	VIS (indofenolkék)
HCN	0,5 M NaOH	VIS
SO ₂ , SO ₃	0,3 % H ₂ O ₂	IC
Cl ₂	2 % KI	Redox. titr. Na-tioszulfáttal
NO ₂	TEA	IC

MSZ EN 1911: A HCl meghatározásának kézi módszere

MÓDSZER	ZAVARÓ HATÁS	KIKÜSZÖBÖLÉS
<p>A. Argentometriás titrálás, potenciometriás végpontjelzés (Ag ionszelektív elektród)</p> <p>[1 mg/Nm³-5 g/Nm³]</p>	<p>Br⁻, I⁻ S²⁻, SO₃²⁻ CN⁻ SCN⁻</p>	<p>Titrálás több lépcsőben + 30 %-os H₂O₂ + formaldehid + H₂O₂ + NH₃ + melegítés pH = 10 oldatban</p>
<p>B. Spektrofotometria Hg-tiocianáttal (460 nm)</p> <p>[0,1 mg/Nm³-5 g/Nm³]</p>	<p>Br⁻, I⁻, CN⁻ oxidáló anyagok: pl NO₂, H₂O₂, Cl₂</p> <p>HgCl₂-al komplex- képző vegyületek</p>	<p>Más módszer alkalmazása</p>
<p>C. Ionkromatográfia</p> <p>[0,1 mg/Nm³-5 g/Nm³]</p>	<p>CO₃⁻²</p> <p>(H₂O az alapvonalat torzíthatja)</p>	<p>Kolonna, eluálószer megválasztása (Eluálószer a mintába)</p>

Ammónia mérése pontforrásokból - 1

Alkalmazott szabvány:

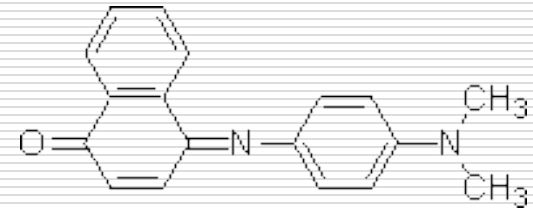
MSZ 21853-22:1999 Légszennyező források vizsgálata. Az ammónia emisszió meghatározása.

A mérési módszer elve:

Az ammónia hipoklorit-ionnal klóramint képez: $\text{NH}_3 + \text{OCl}^- \rightarrow \text{NH}_2\text{Cl} + \text{OH}^-$.

A hipoklorit-iont in-situ módon, nátrium-diklór-izocianurát lúgos hidrolízise során állítják elő.

A klóramin Na-nitrozil-pentaciano-ferrát (nitropruszid-Na) jelenlétében Na-szaliciláttal **indofenol kék** elnevezésű vegyületet hoz létre:



A színeképző Nessler reagens a kationok – elsősorban Ca és Mg – zavaró hatásának kiküszöbölése végett trinátrium-citrátot tartalmaz. Az ammóniával arányos mennyiségű indofenol kék fényelnyelését a 672,0 nm hullámhosszon mérik.

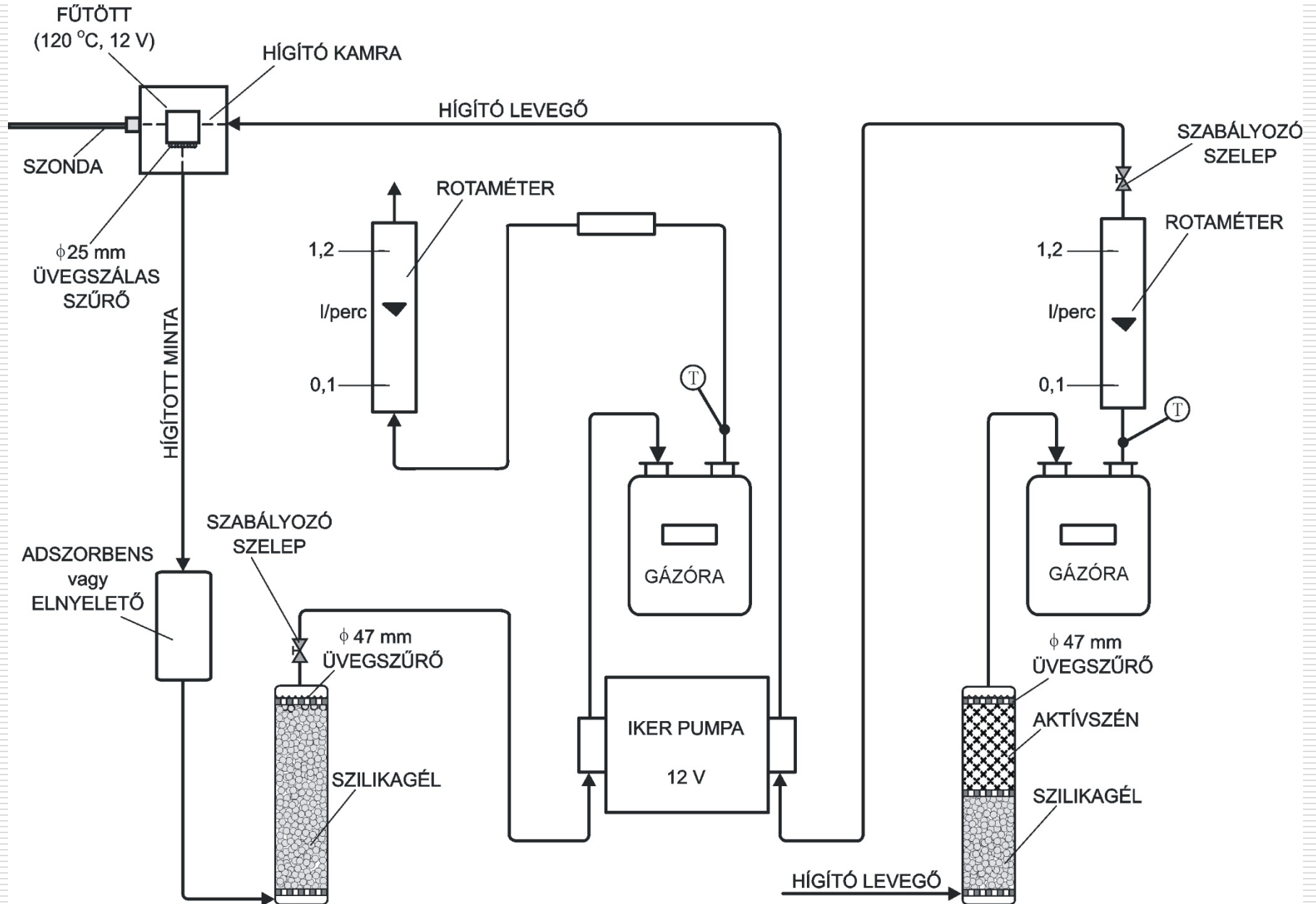
A módszerrel kapcsolatban tudni kell, hogy ammóniaként határozza meg az ammónián túl az összes olyan vegyületet, amely a mintavétel alatt a porszűrőn áthalad, majd az elnyelő oldatban ammóniumionokat képez.

Ammónia mérése pontforrásokból - 2

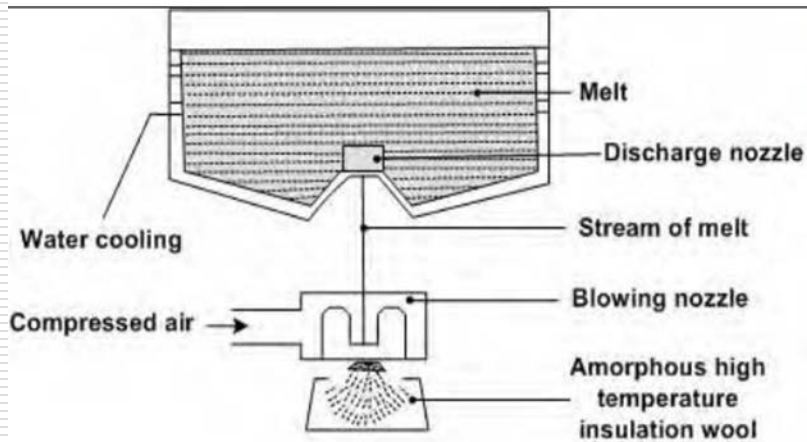
A mintavétel jellemzése:

- Szonda és porszűrő: rozsdamentes acél szonda, kültéri, 120 °C-ra fűtött Tecora szűrőházzal és Ø 25 mm-es üvegszál szűrőlappal.
- Szonda és porszűrő: rozsdamentes acél szonda, kültéri, 180 °C-ra fűtött, 4 µm-es pórusméretű szinterelt kerámia porszűrővel és NiCr-Ni füstgáz termoelemmel (M+C, PSP 4000 H/C típus).
- Szonda és porszűrő: Ø6/4 mm-es teflon szonda, Ø50 mm kültéri polikarbonát szűrőtartóval, Ø 47 mm-es üvegszál szűrőlappal.
- Elnyelető oldat: 2 x 50 ml 0,05 mólos kénsav oldat.
- Mintavevő szivattyú: saját fejlesztésű, rotaméterrel ellátott, akkumulátoros membrán pumpa, 0,2 – 2,0 l/perc szállítással.
- Mintavételi sebesség: kb. 2 l/perc.
- Gázmérő óra: Itrón, G1,6 RF1 típus, 0,016-1,6 m³/h.
- Elemző laboratórium: Wessling Hungary Kft, eredményeik a 2. mellékletben.

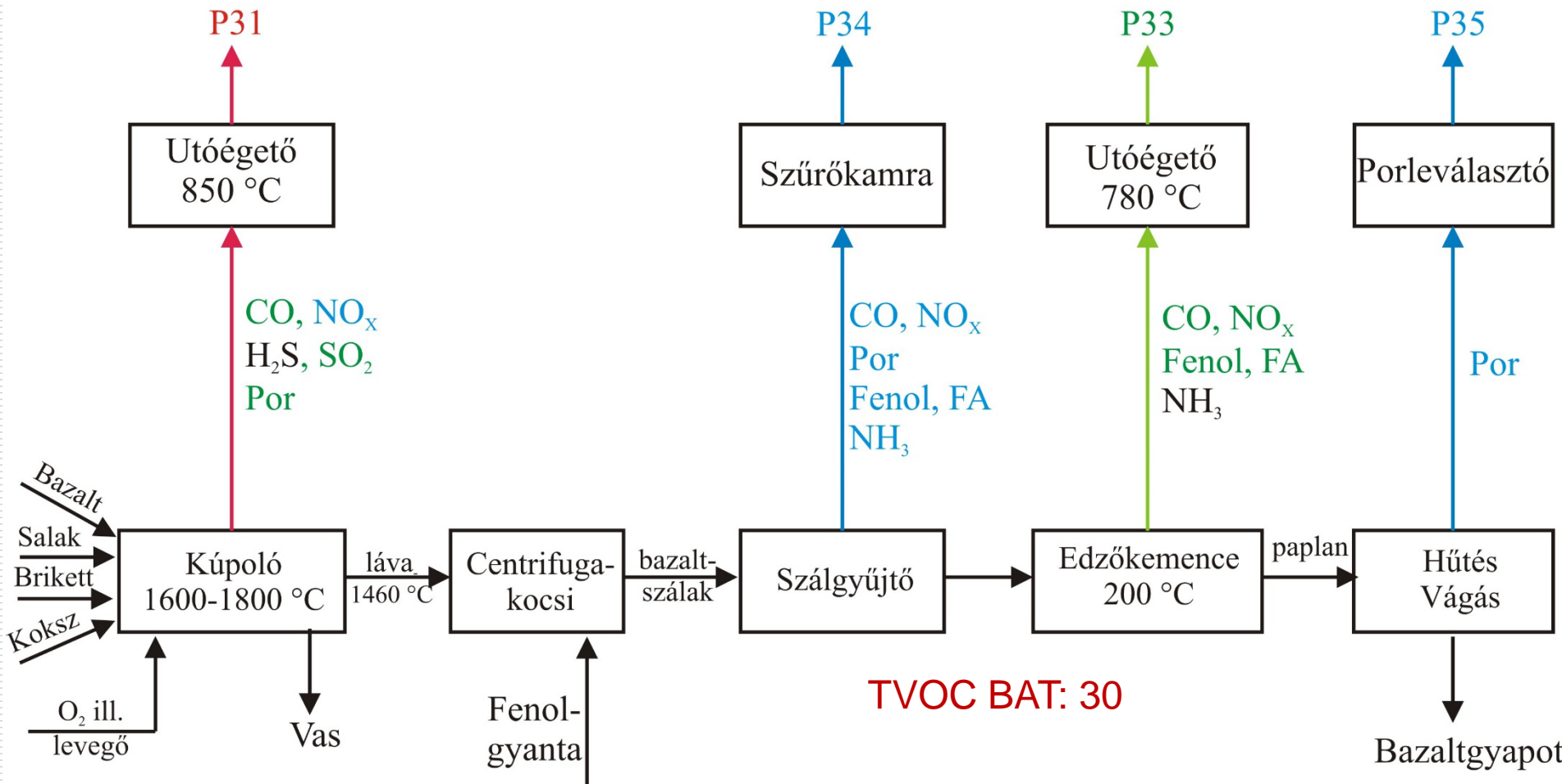
Dinamikus hígítási mintavétel



Kőzetgyapot gyártás, Rockwool: Tapolca



Kőzetgyapot gyártás, RockWool: Tapolca



Határértékek		CO	NO _x	SO ₂	Por	Fenol	FA	NH ₃
Eljárás spec. (19.), 8 % O ₂		1100	-	1400	15	BAT: 10	BAT: 5	BAT: 60
Általános	Konc., mg/Nm ³	500 (2D)			150	150 (3C)	20 (3A)	500 (2D)
	Küszöbérték, kg/h	5,0			(0,5)	3,0	0,1	5,0

Szilárd anyag / Szálló por mérése

Aeroszolok: gázban diszpergált részecskék

Szilárd részecskék: füst, szálló por, por

Cseppfolyós részecskék: köd

Részecske rendszerek meghatározó tulajdonságai

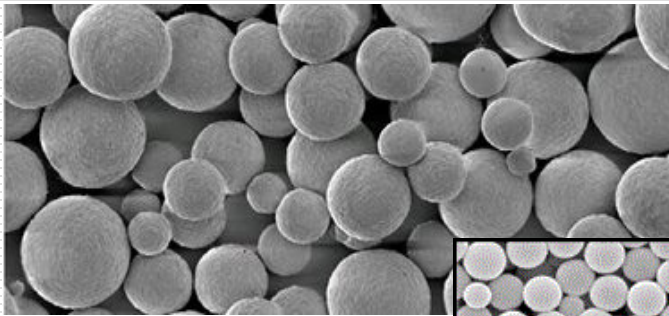
1. Részecske méret: tartomány, méret eloszlás
2. Részecske alak (morfológia)
3. Porozitás és felület
4. Sűrűség
5. Kémiai összetétel

Részecske rendszerek méret szerinti besorolása

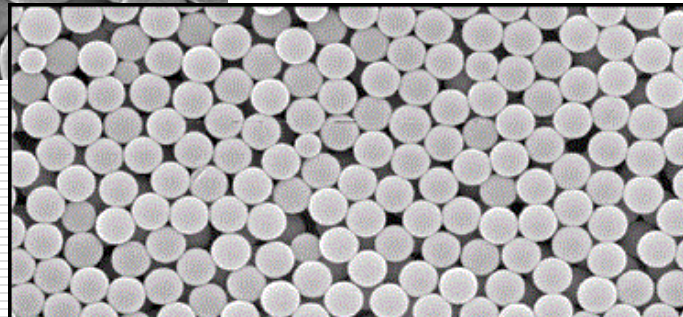
Finomság (D90)

- Nano részecskék $< 0,1 \mu\text{m}$
- Nagyon finom $0,1-1 \mu\text{m}$
- Finom $1-10 \mu\text{m}$
- Közepes $10-1000 \mu\text{m}$
- Durva $1-10 \text{ mm}$
- Nagyon durva $> 10 \text{ mm}$

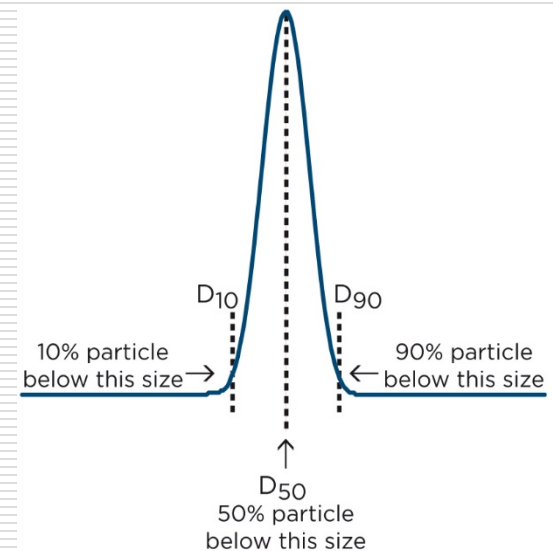
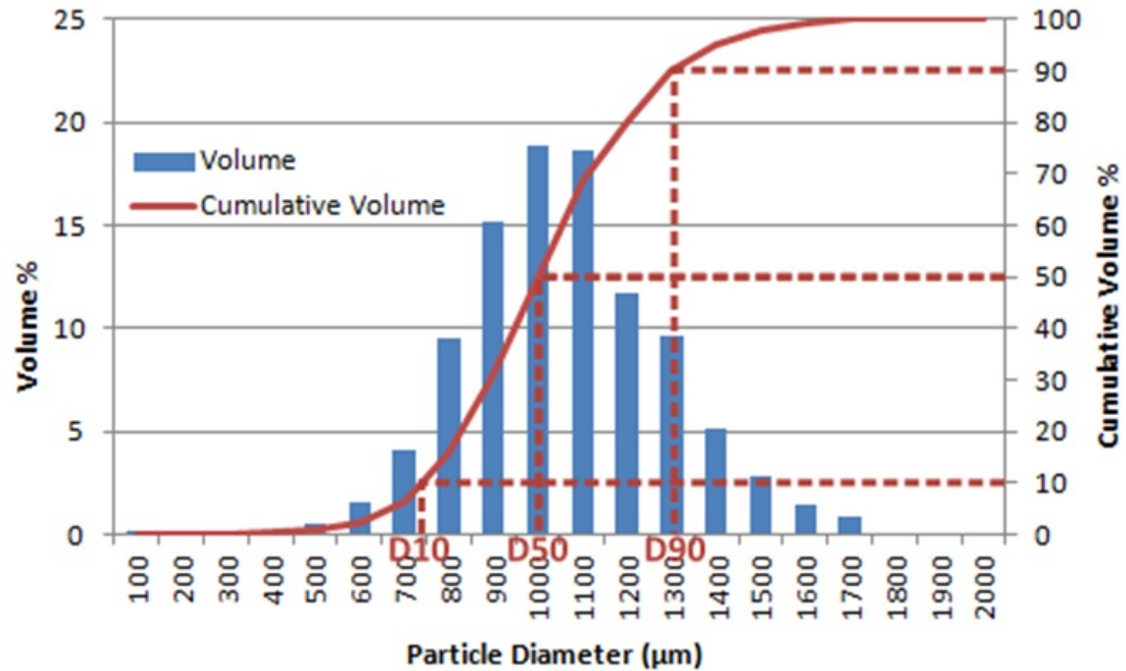
Méret tartomány (D90/D10)



Polidiszperz



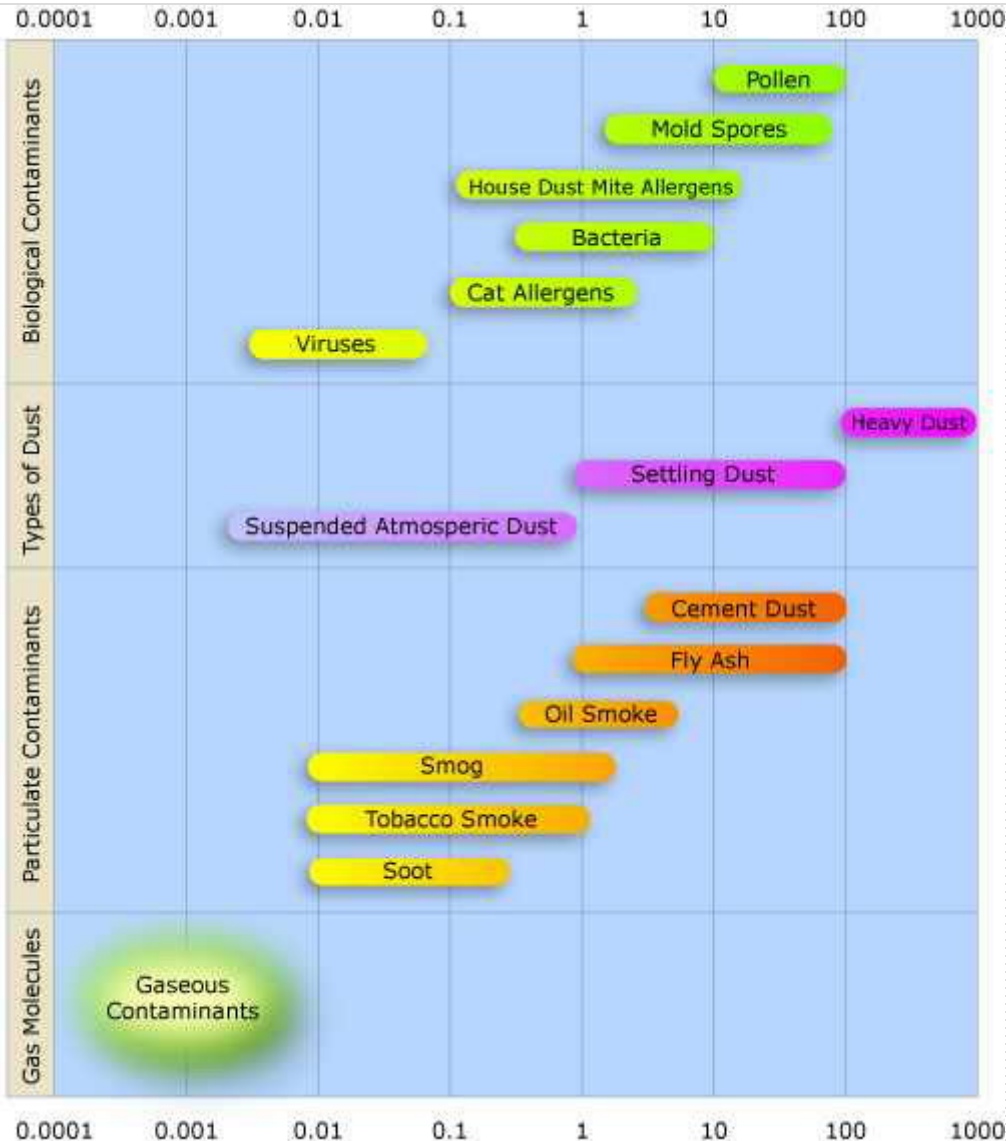
Monodiszperz: 1,1 (ideális:1,00)



Légekőri aeroszolok

Részecske méretek, μm

Hatások



Légzőrendszer veszélyeztetése

Fényszórás, fényelnyelés

—————> látótávolság csökkenése

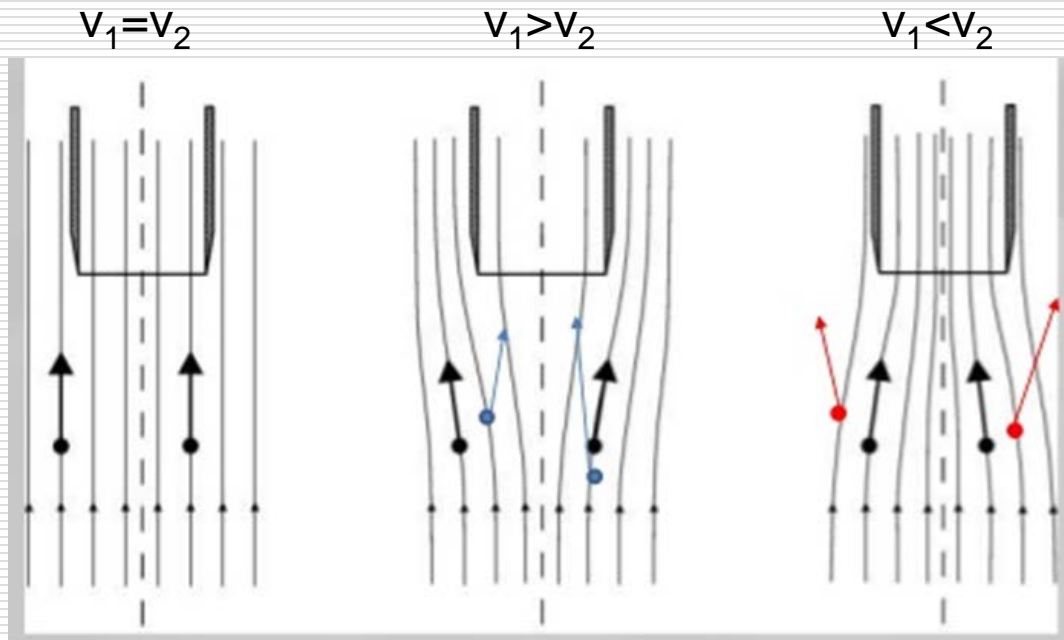
Felületen ködképződés, megkötődés, kémiai reakciók

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:



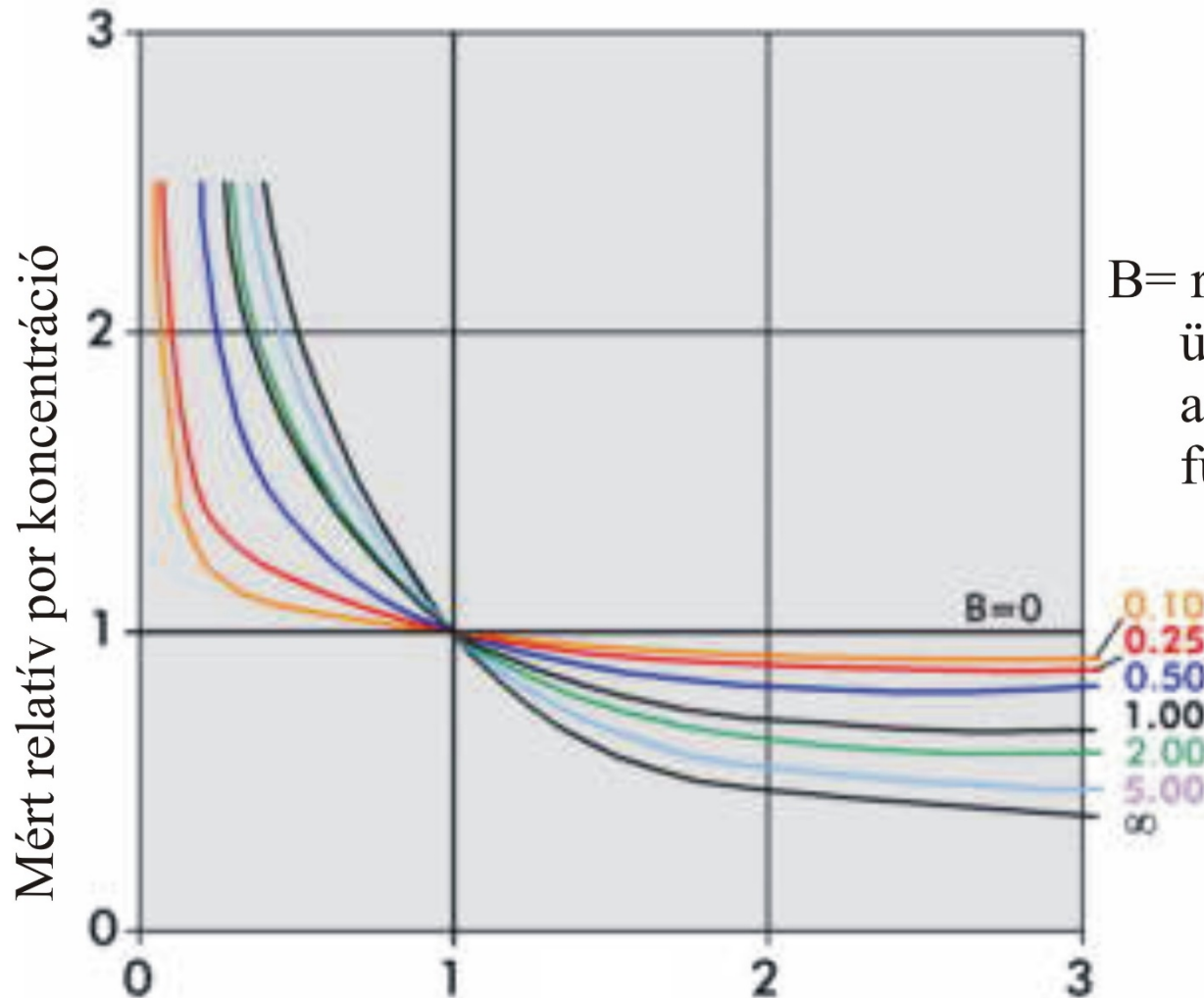
Izokinetikus

Beszívási sebesség
túl alacsony:
fölé mérek

Beszívási sebesség
túl magas:
alá mérek

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

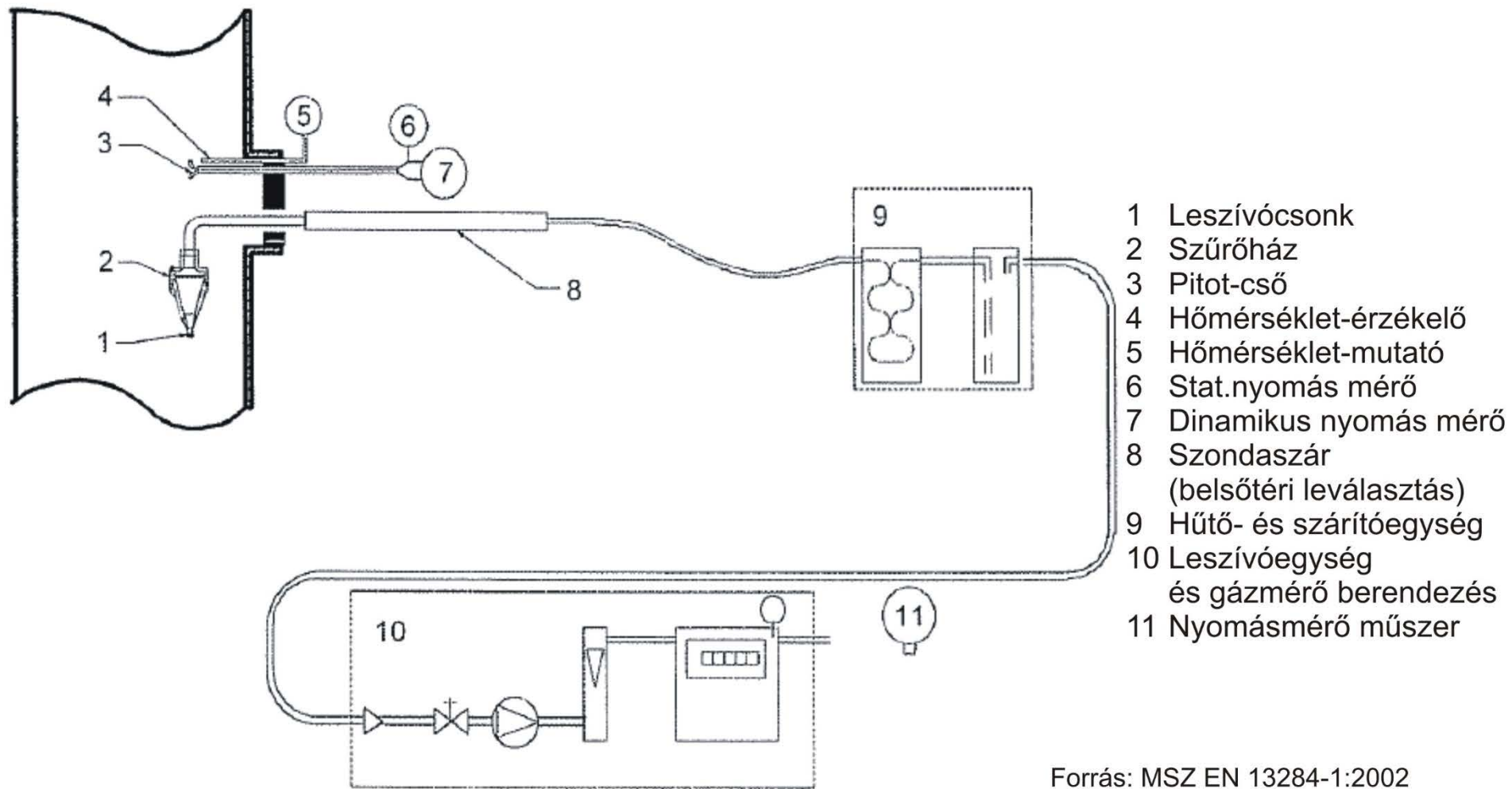
Eltérés az izokinetikus mintavételtől



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

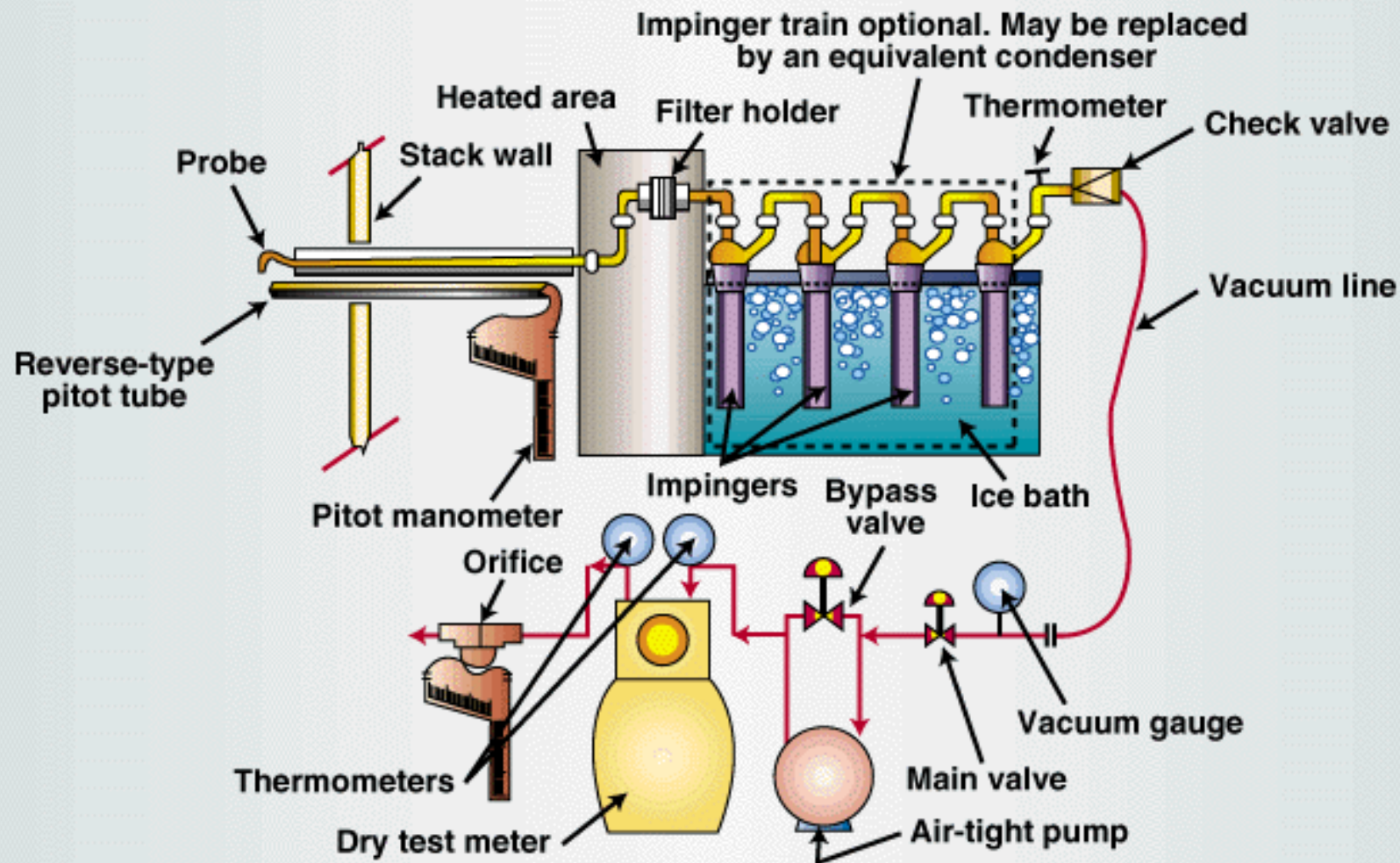
$$\frac{W_A}{W_0} = \frac{\text{minta gázáram sebessége, m/s}}{\text{kémény / kürtő gázsebesség, m/s}}$$

Izokinetikus mintavétel – Belső téri porleválasztás

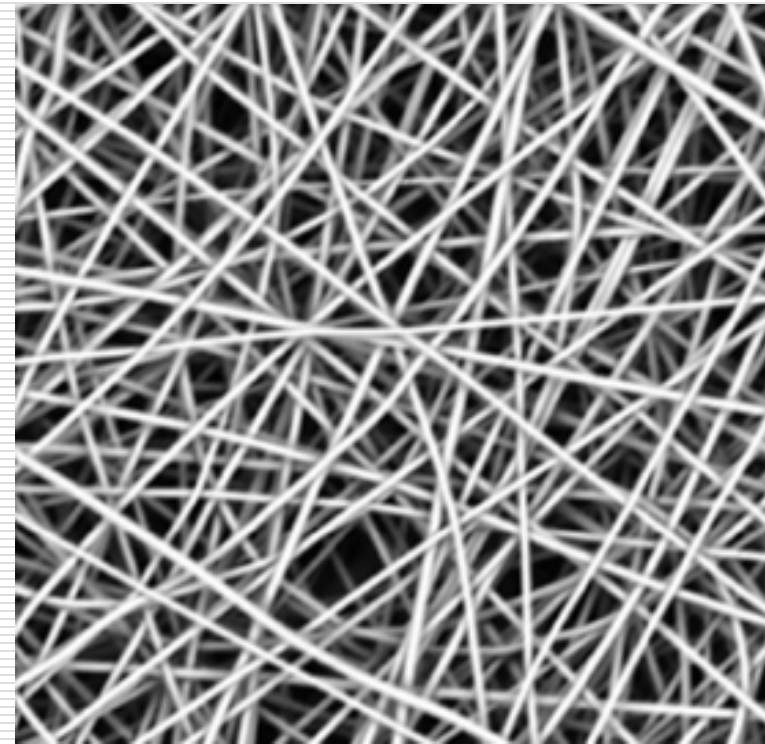
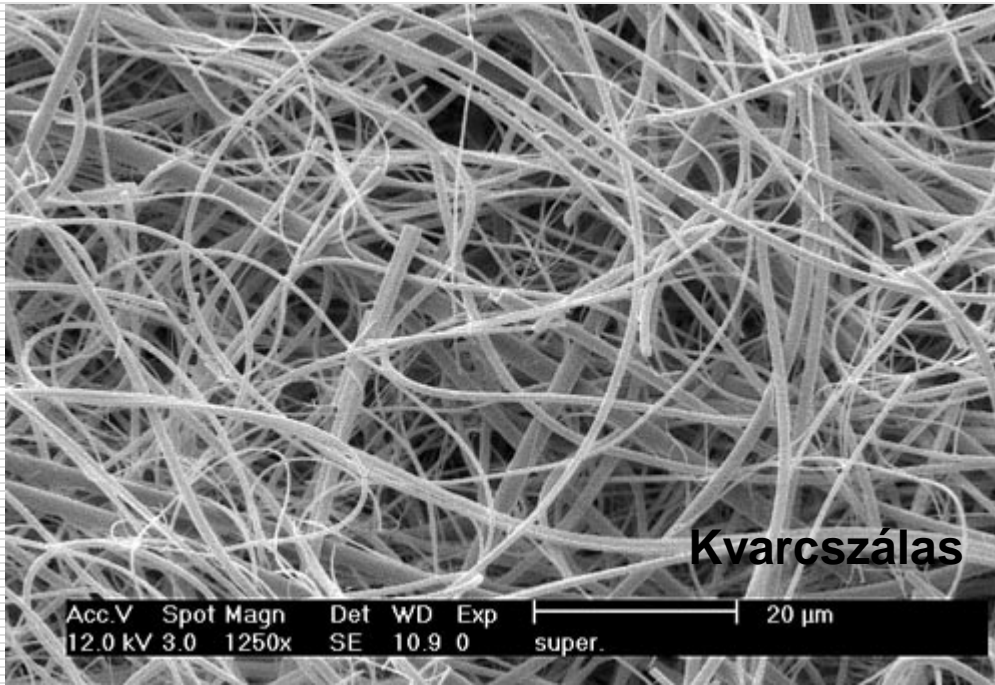


Izokinetikus mintavétel – Külső téri porleválasztás

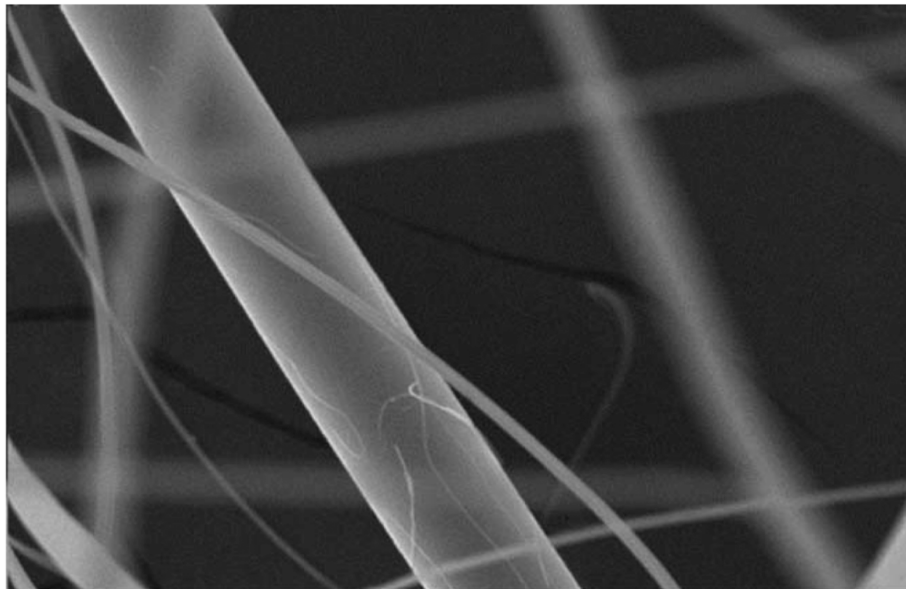
PARTICULATE SAMPLING TRAIN



Mikroszálás porszűrő anyagok



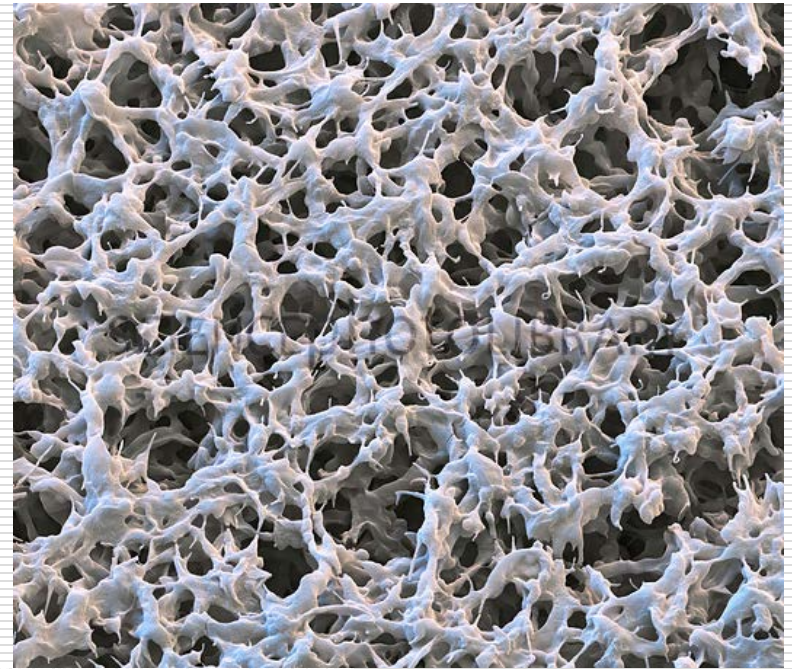
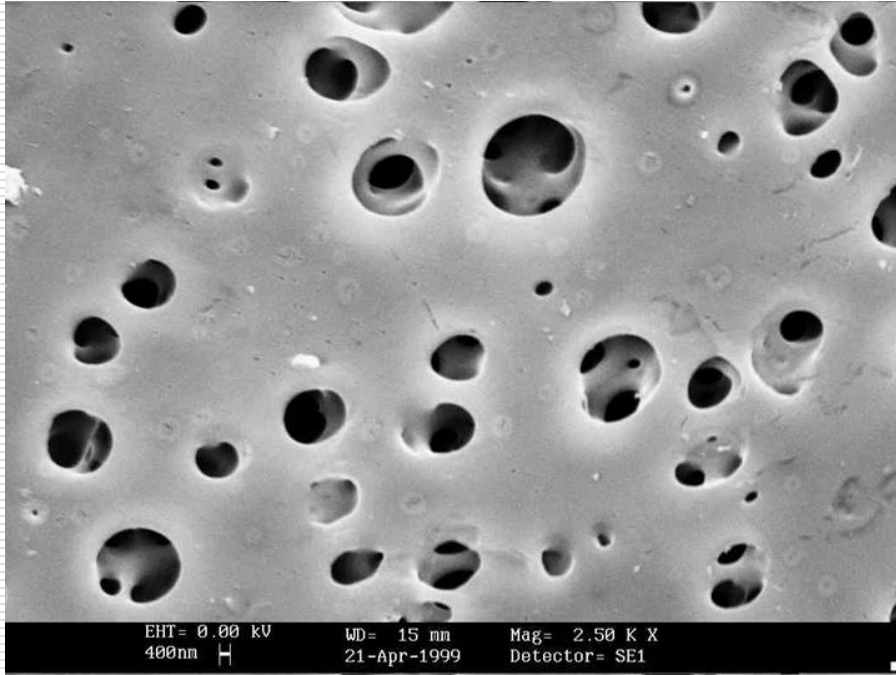
SEM image of elektro spun polyamide nanofibers (<100 nm)



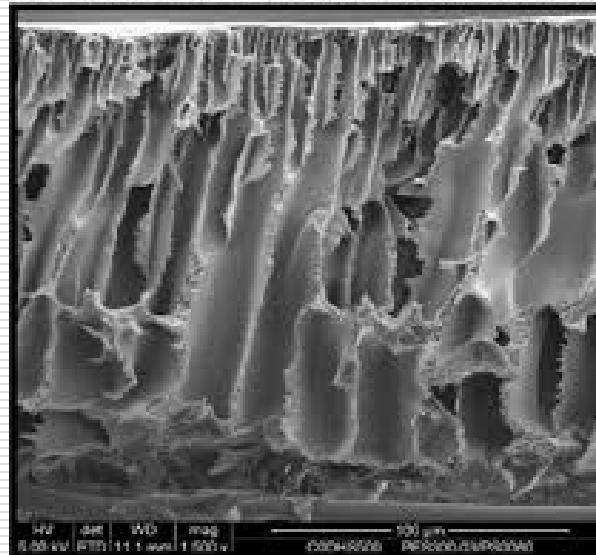
— 1 μ m

Polystyrene nanofiber + commercial glass fiber

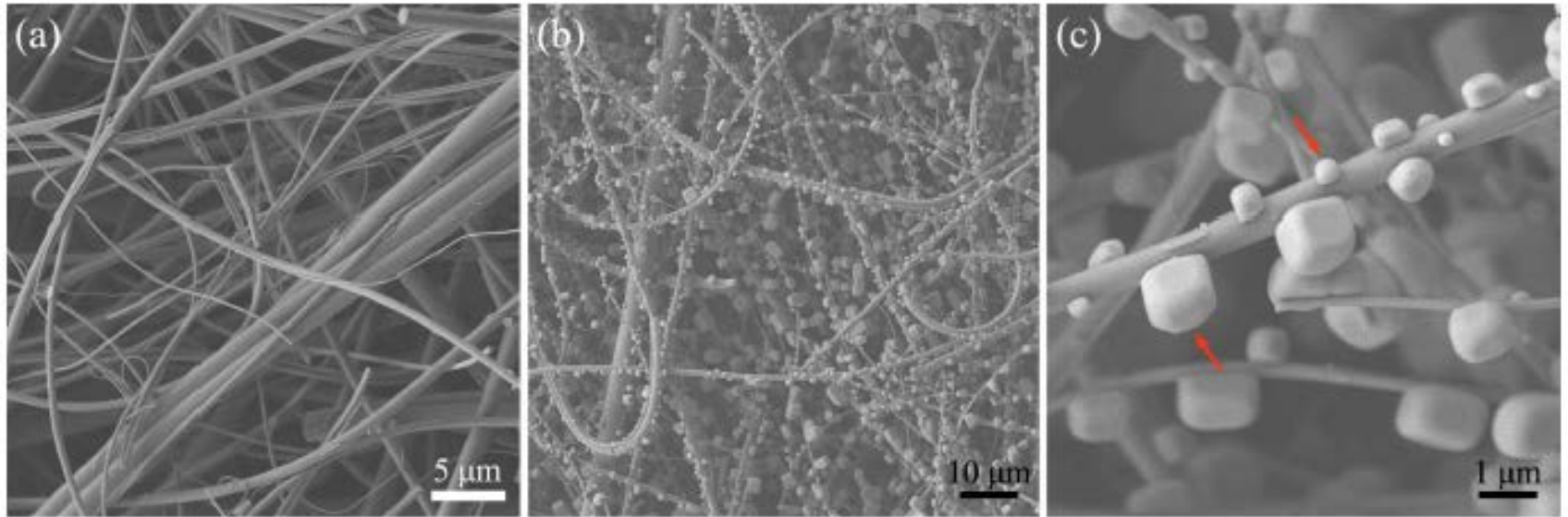
Membránszűrők



Electron Microscope Image of PES300 Membrane Cross Section



Mikroszálás szűrőanyag részecske leválasztása



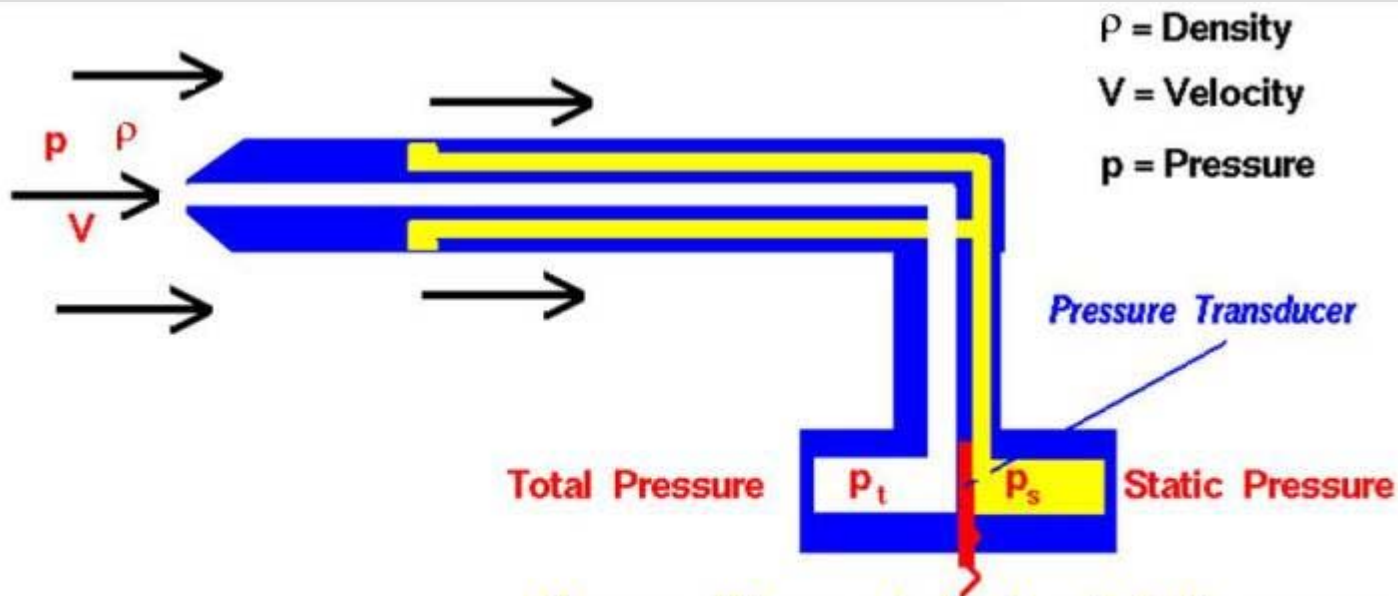
SEM felvételek szűrés előtt és után

(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

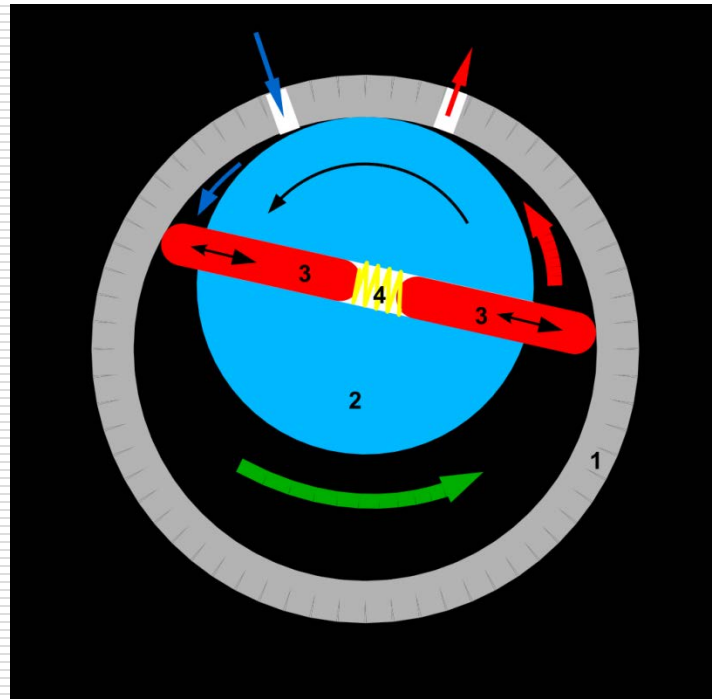
$$\left(p_s + \rho \times \frac{V^2}{2} \right) = p_t$$

Solve for Velocity:

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

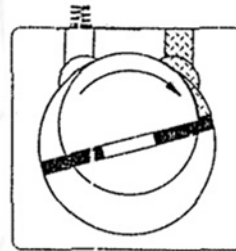


Forgó lapátos pumpa működése

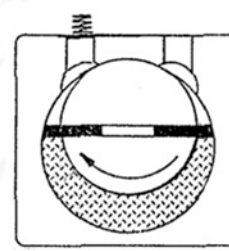


1. Pumpa ház
2. Rotor
3. Lapát
4. Rugó

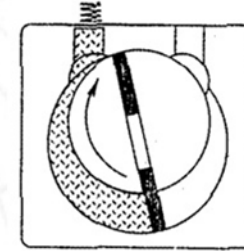
Sequence of Rotary Vane Pump Operation



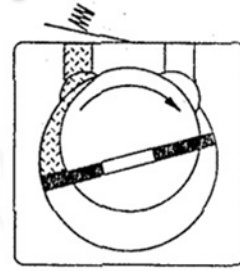
Suction



Transport



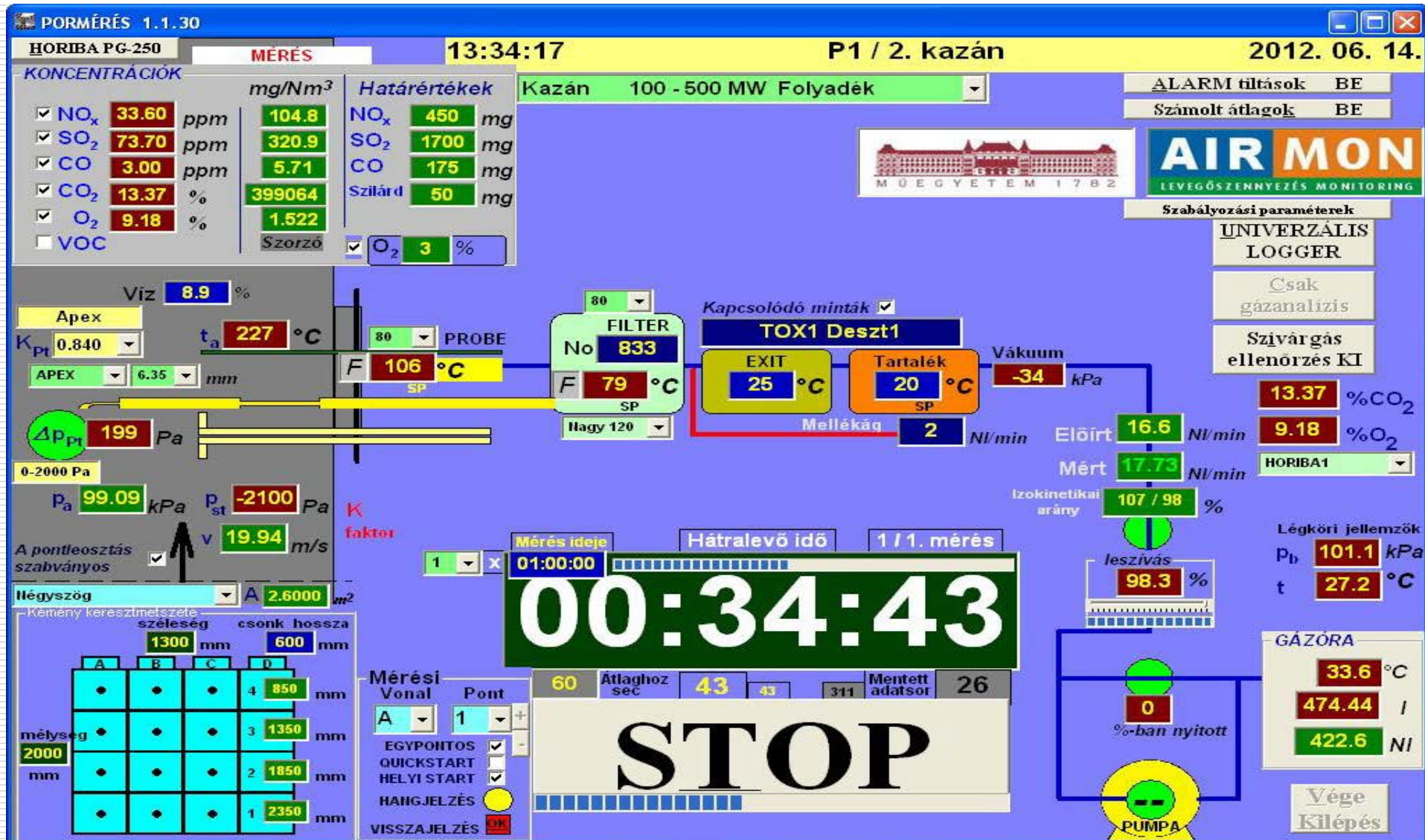
Compression



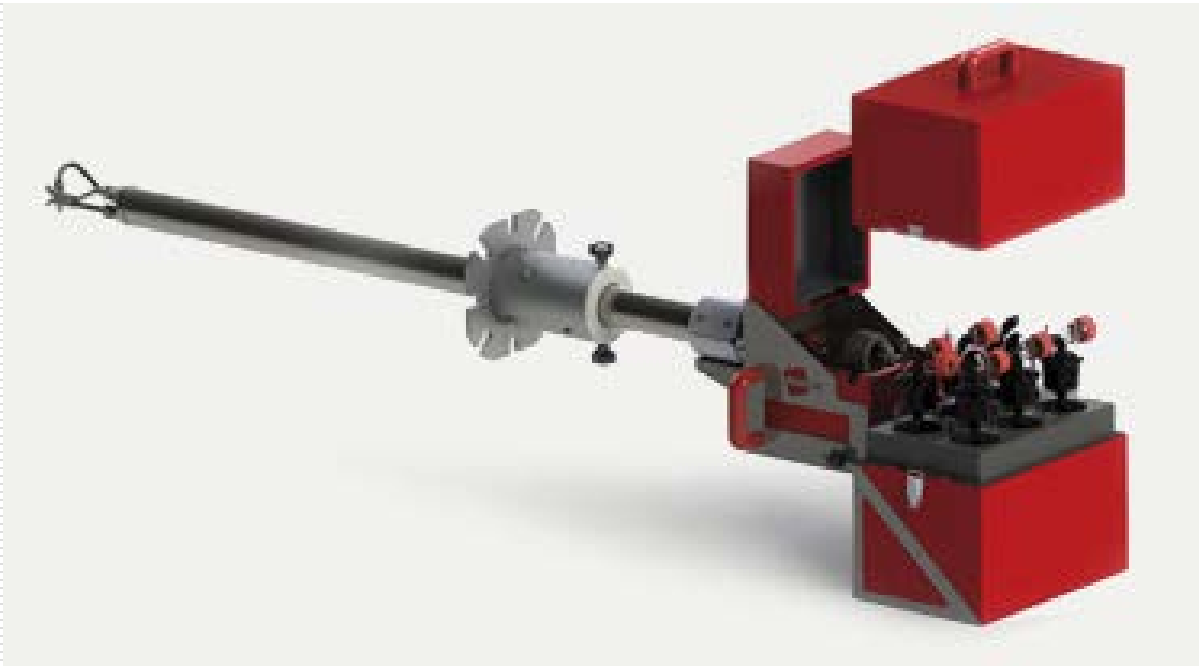
Emission



BME automatikus izokinetikus mintavevő



DADO LAB automatikus izokinetikus mintavevő



Izokinetikus mintavétel alkalmazási területei

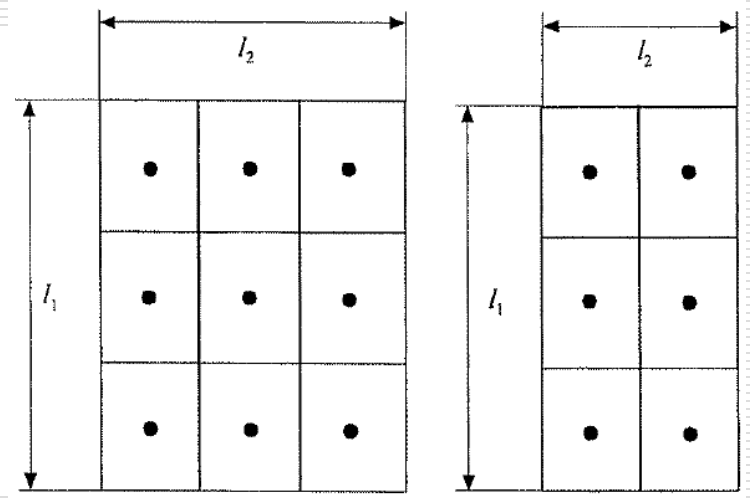
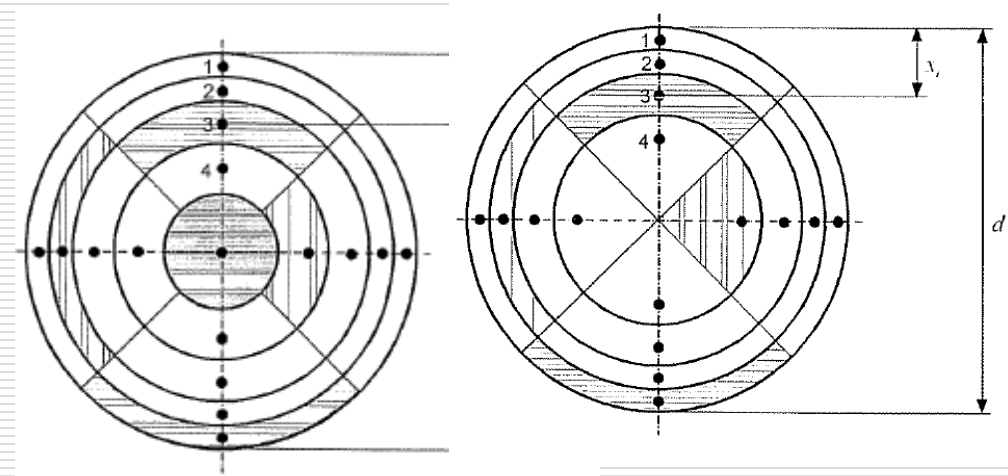
Minden részecske (szilárd vagy folyadék) mintázásánál!

- Szilárd anyag (por)
- Toxikus fémek
- POP vegyületek: PAH, PCB, Dioxinok és Furánok
- Formaldehid
- Vízoldható vegyületek folyadékcseppek jelenlétében (pl. HCl, NH₃)
- Részecske méret eloszlás (PM₁₀; PM_{2,5}; PM_{1,0})

PM: Particulate Matter

PM₁₀: „10 µm-nél kidebb részecske méretű szálló porok összessége”

Reprezentatív mintavétel: kéményből, kürtőből



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

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

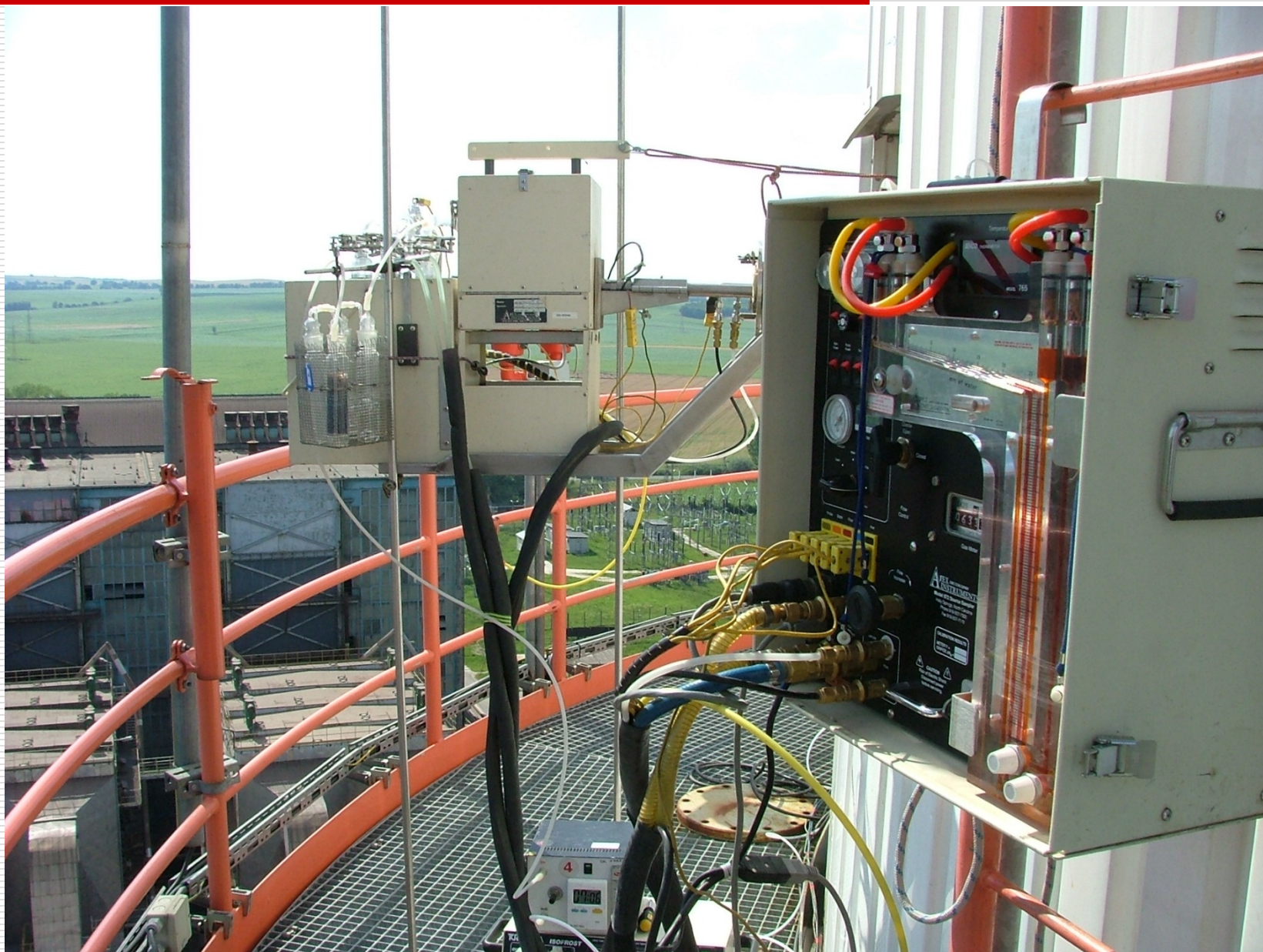
Csatona átmérő	Síkonkénti mérési pontok min. száma
< 0,35 m	1
0,35-1,1 m	4
1,1-1,6 m	8
> 1,6 m	min. 12 (ált. 20)

Négyszögletű csatona	Síkonkénti mérési pontok minimális száma
< 0,1 m ²	1
0,1-1,0 m ²	4
1,1-2,0 m ²	8
> 2,0 m ²	min. 12 (ált. 20)

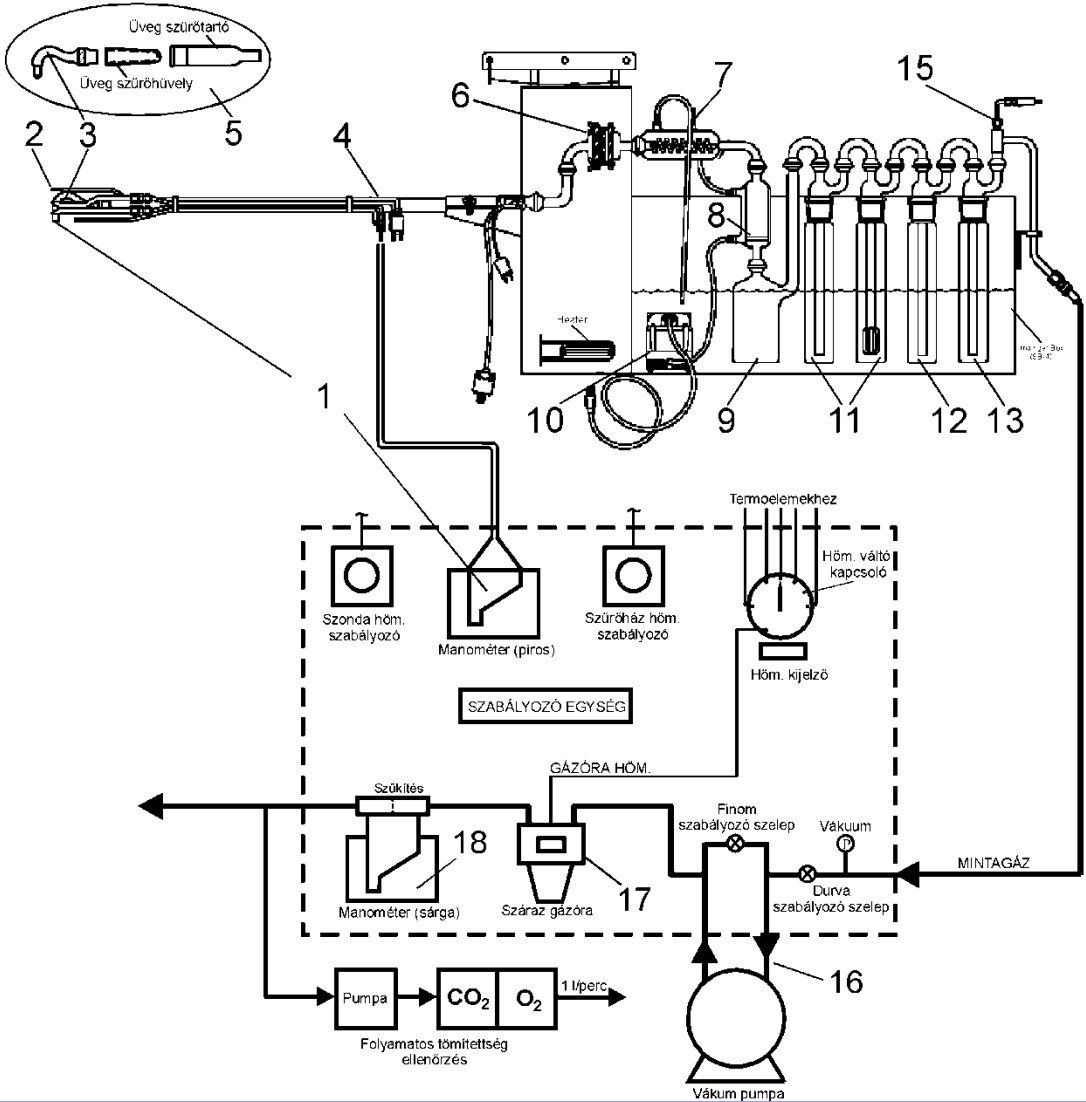
Példák több fázisú mintavételre

VEGYÜLET	MINTAVEVŐ ANYAG	MINTAELŐKÉSZÍTÉS	ANALÍZIS
Olajköd + gőz	Üvegszálás szűrő / Aktívszén	Leoldás CS ₂ -el	GC
Glikolok	Üvegszálás szűrő / XAD-7	Leoldás metanollal	GC
POP: PAH, PCB, Dioxinok	Kvarc vagy teflon szűrő / kondenzáltatás / XAD-2	Mátrix-függő	GC-MS GC-HRMS
Toxikus fémek	Kvarc szűrő / 3,3% HNO ₃ + 1,5% H ₂ O ₂	Szűrő roncsolása	AS
Hg	Kvarc szűrő / 2% KMnO ₄ +10% H ₂ SO ₄	Szűrő roncsolása	AS

Toxikus fémek és sósav + HF mintavétel



Dioxin mintavevő kör felépítése

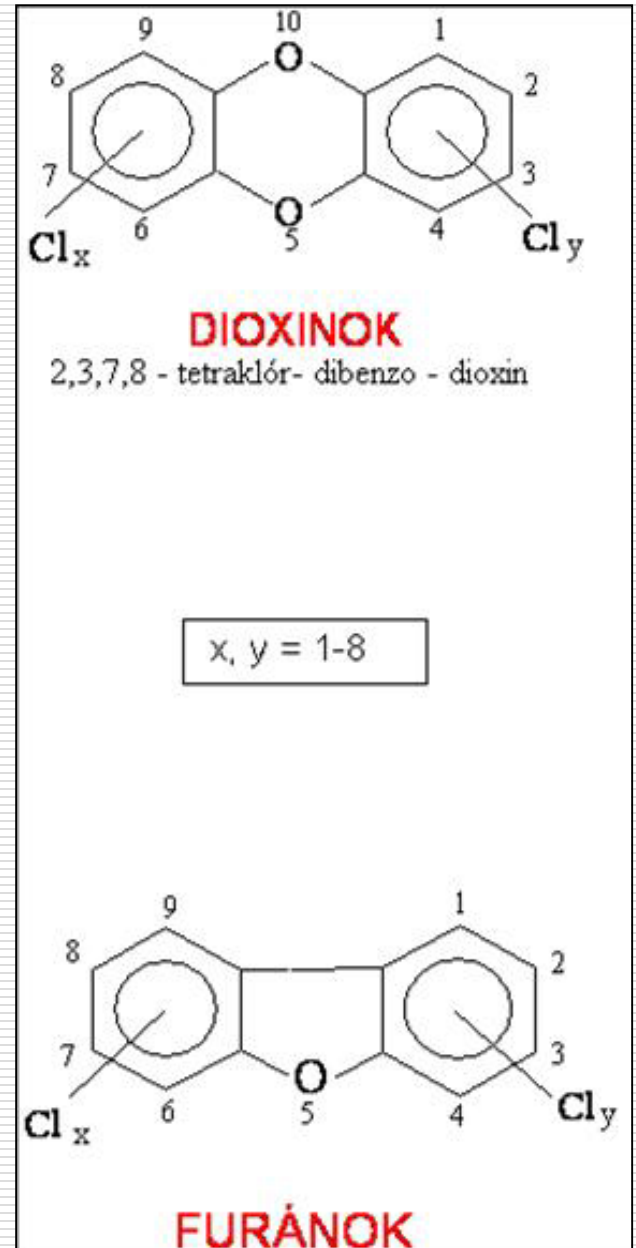


1. Pitot-cső és Δp mérő
2. Hőmérő (termoelem)
3. Beszívó cső
4. Fűtött szonda
5. Szűrőtartó és szűrőhüvely
6. Kültéri fűtött szűrőtartó és síkszűrő
7. Hűtő
8. XAD adszorber
9. Kondenz gyűjtő
10. Hűtővíz keringető szivattyú
11. Folyadékcsépp leválasztás
12. Cseppfogó
13. Szilikagéles szárító
14. Minta vezeték
15. Hőmérő
16. Pumpa
17. Gázóra
18. Szűkítéses áramlási seb. mérő

Dioxinok mérése füstgázból

TE	¹³ C ₁₂ -mal jelzett standardok	Összes beadott mennyiség, pg		
		Mintavétel	Extrahálás	Injektálás
		Összes térfogat, µl	100	100
0,1 - 1	2,3,7,8-TCDF 1,2,3,4-TCDD 2,3,7,8-TCDD		400 400	400
0,05 0,5 0,5	1,2,3,7,8-PeCDF 2,3,4,7,8-PeCDF 1,2,3,7,8-PeCDD	400	400 400	
0,1	1,2,3,4,7,8-HxCDF 1,2,3,6,7,8-HxCDF 1,2,3,7,8,9-HxCDF 2,3,4,6,7,8-HxCDF 1,2,3,4,7,8-HxCDD 1,2,3,6,7,8-HxCDD 1,2,3,7,8,9-HxCDD	400	400 400 400 400 400 400	400
0,01	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF 1,2,3,4,7,8,9-HpCDF 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	800	800 800	
0,001	OCDF OCDD		800 800	

Forrás: EN 1948-2:2006

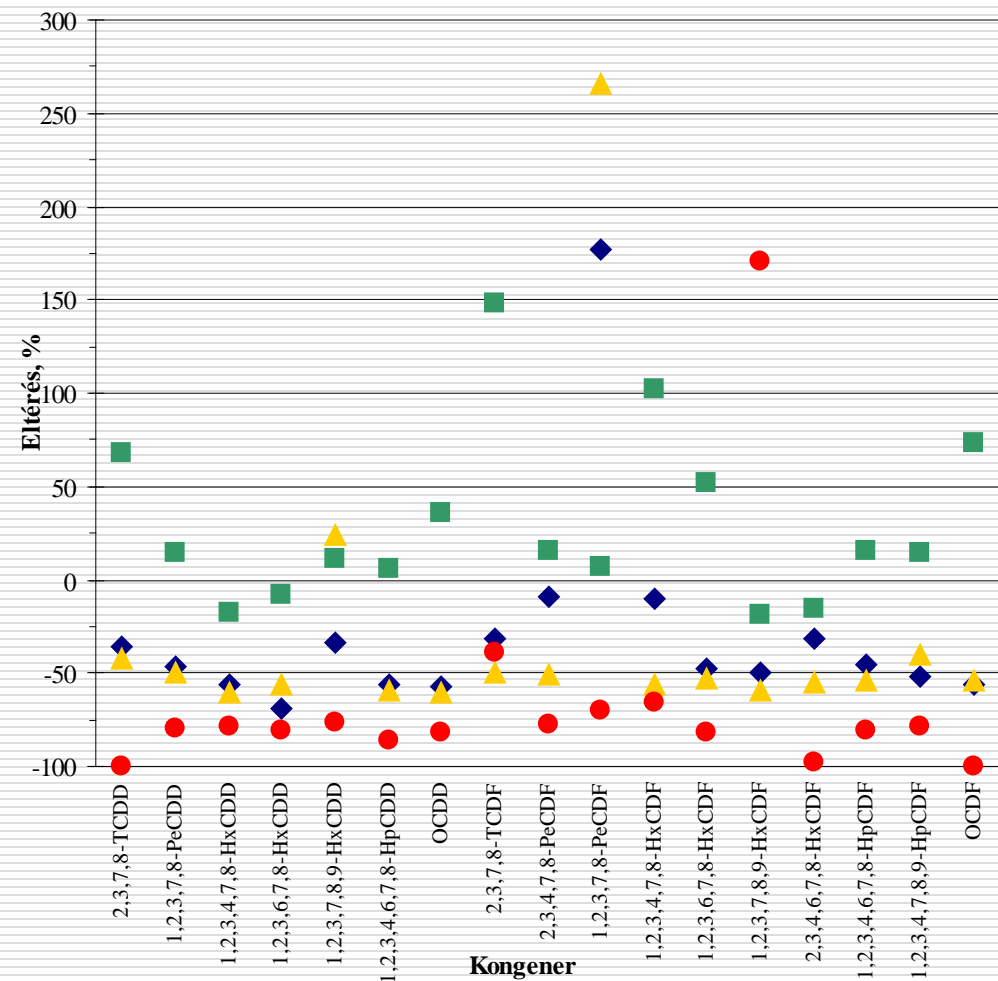


Dioxin mintavétel

(Beremendi Cementgyár, 2008.)



Dioxin mérések egységesítése, KöM 2002

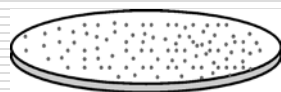
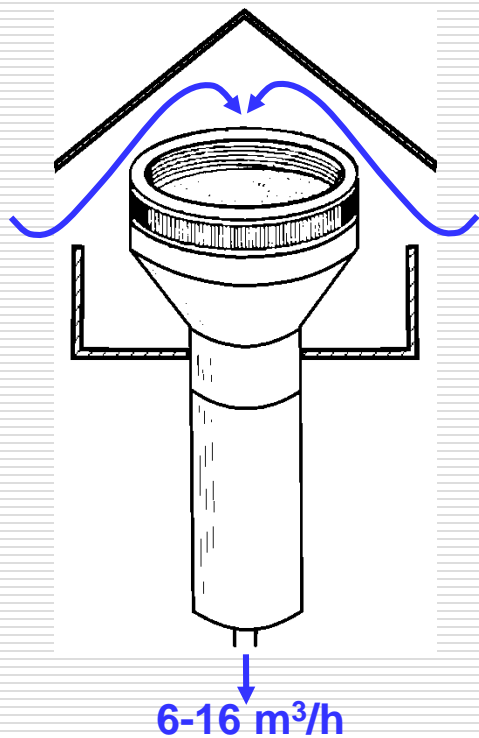


	<i>Jó</i>	<i>Elf.</i>	<i>Gyenge</i>	<i>Rossz</i>
Labor 1 ■	11	1	3	2
Labor 2 ◆	1	8	7	1
Labor 3 ▲	1	4	11	1
Labor 4 ●	0	1	2	14
Összesen	13	14	23	18

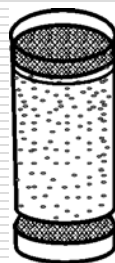
Jó: eltérés ± 25 % alatt
Elf.: eltérés $\pm 25 - 50$ % között
Gyenge: eltérés $+ 50,1 - +100$ %
 $- 50,1 - -75$ %
Rossz: eltérés $> +100$ %
 $< - 75$ %

PAH VEGYÜLETEK

Környezeti levegő: MSZ ISO 12884: 2003.

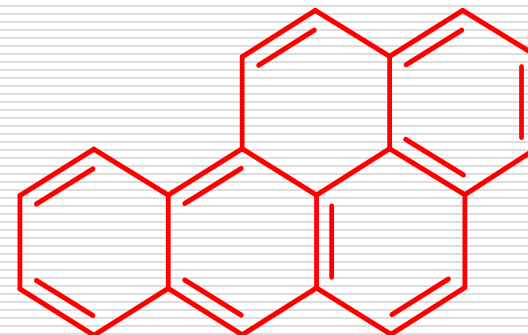


Kvarcszálás
szűrő



Szorbens

XAD-2 (Sztírol / divinil-benzol
polimergyanta)
PUF



3,4-Benz(a)pirén

Labor analízis: GC-MS
Soxhlet extrakció,
oszlop kromat. tisztítás

Mérési tartomány: $0,05-1000 \text{ ng/m}^3$
(350 m^3 mintatérfogat)

Eredő bizonytalanság: max. $\pm 50 \%$

Hat. érték: 24 órás 1 ng/m^3
éves $0,12 \text{ ng/m}^3$

2007 óta PM10 porfrakcióban!
(14/2001. KöM-EüM-FVM)

Reprezentatív mintavétel: levegőszennyezettség

6/2011. VM rendelet

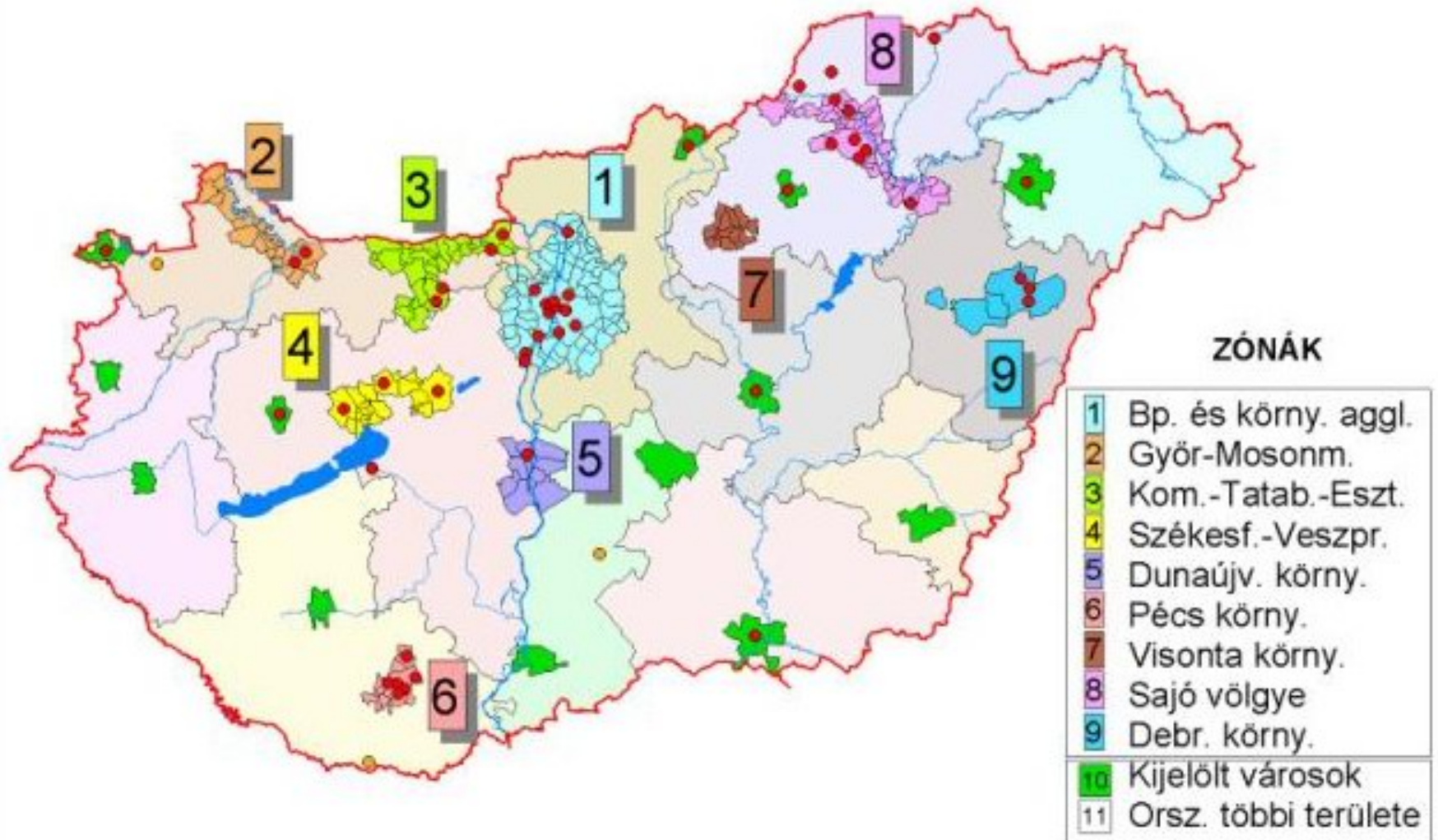
- Mintavevő szonda bemenete körüli áramlást semmi ne korlátozza.
- Talaj feletti magasság 1,5-4 m (talajközeli mintavétel)
- Ne legyen légszennyező forrás közelében (pl. forgalmi csomóponttól legalább 25 m-re)

Szennyező források hatásának vizsgálata:

- Legalább 3 koncentrikus kör a forrás körül
- Mintavételi pontok telepítése a szélviszonyok figyelembe vételével

Reprezentatív mintavétel: légszennyezettség

AZ ORSZÁGOS LÉGSZENNYEZETTSÉGI MÉRŐHÁLÓZAT MÉRŐÁLLOMÁSAINAK ZÓNÁK SZERINTI ELHELYEZKEDÉSE



Reprezentatív mintavétel: légszennyezettség

Országos Légszennyezettségi MÉRŐHÁLÓZAT Telepítés

Jó



Hibás



VÉRT Füstgáz-kéntelenítő, Oroszlány

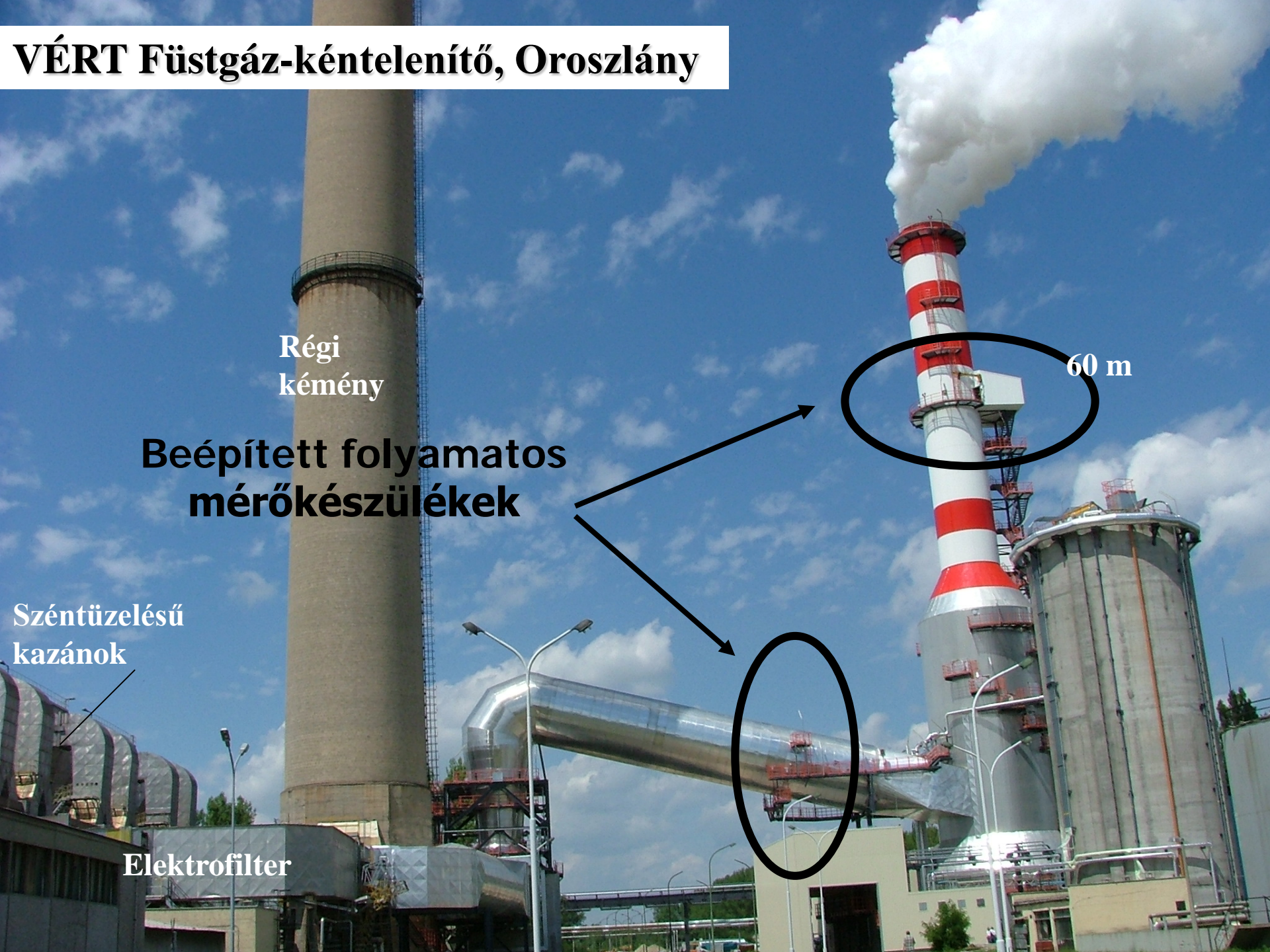
Régi
kémény

Beépített folyamatos
mérőkészülékek

Széntüzelésű
kazánok

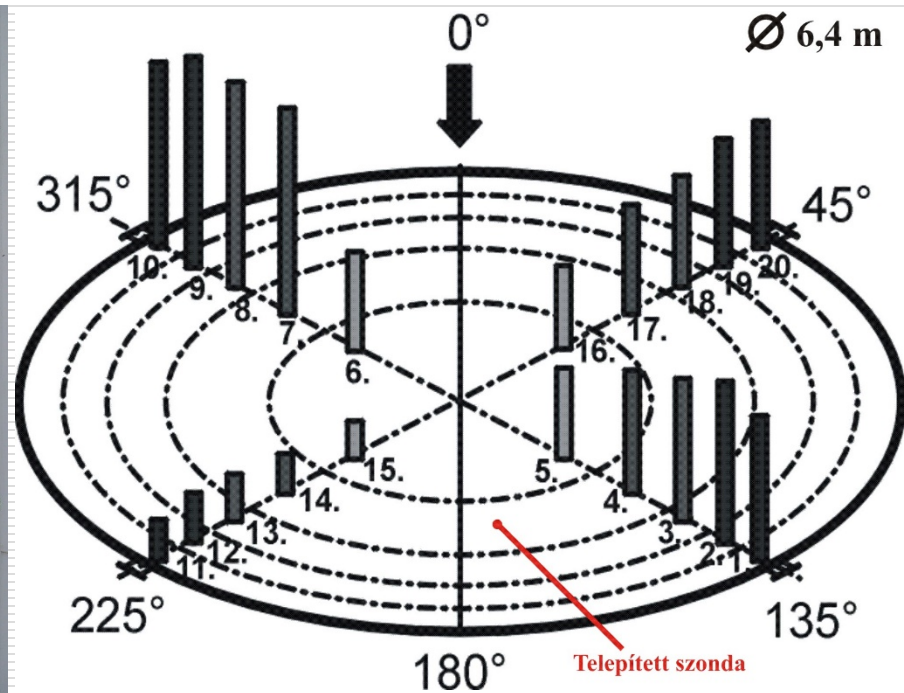
Elektrofilter

60 m



VÉRT - Füstgáz-kéntelenítő

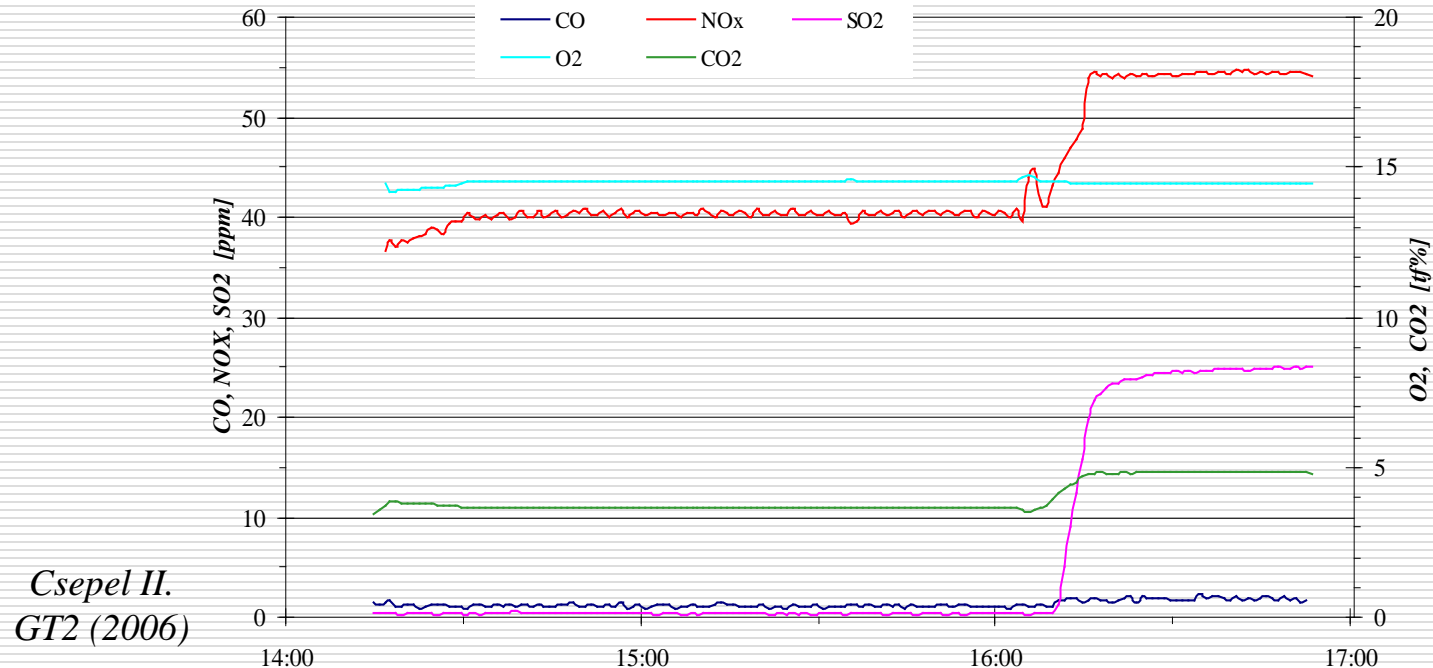
SO₂ tömegáram eloszlás



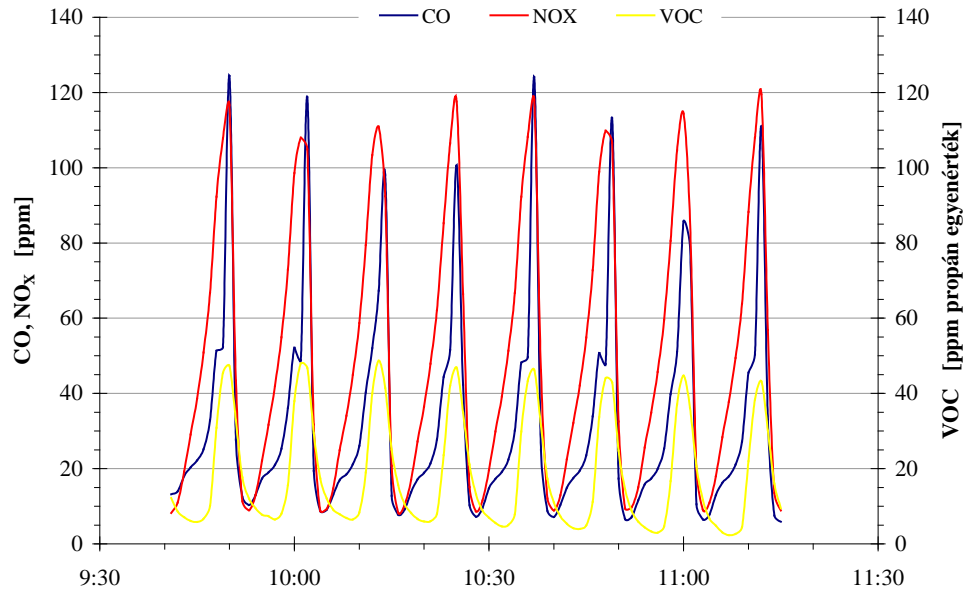
Mintavétel idejének meghatározása: emisszió mérése

6/2011. VM rendelet

1. Időben gyakorlatilag egyenletes kibocsátás
legalább 3 x 0,5 óra
2. Időben ciklikusan változó kibocsátás
lehetőleg 3 ciklus kibocsátása
3. Időben rendszertelenül változó kibocsátás
legalább 6 óra

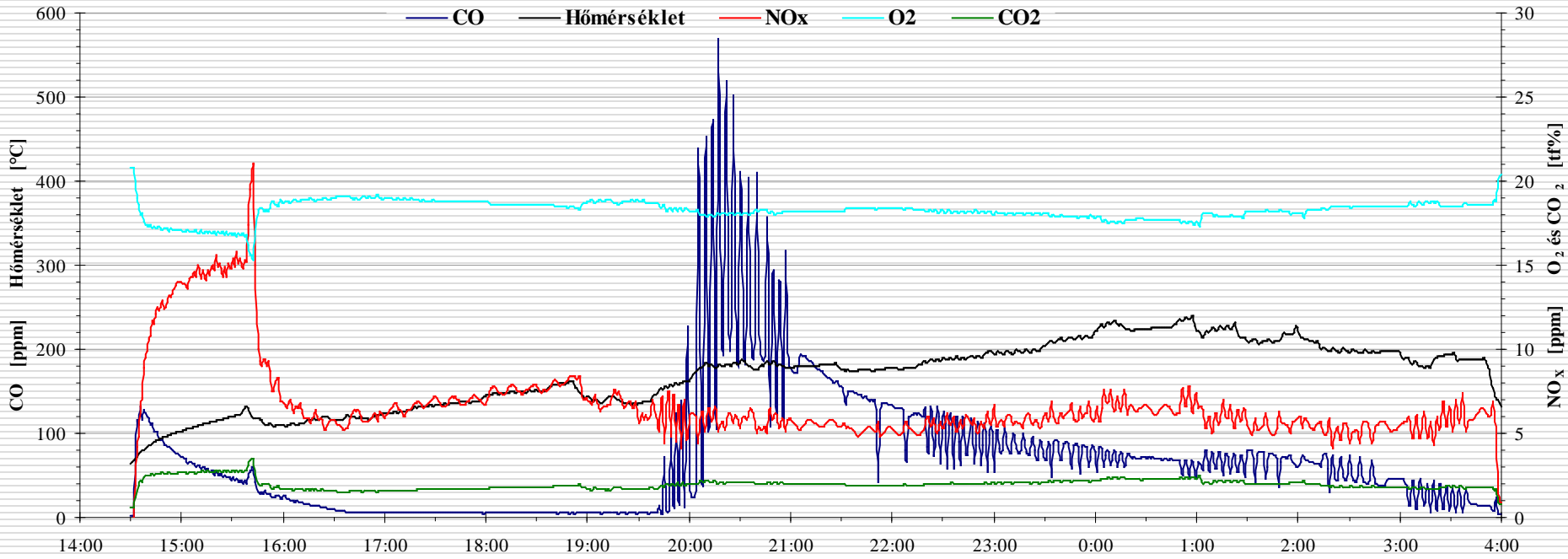


Időben ciklusosan változó kibocsátás: emisszió mérése

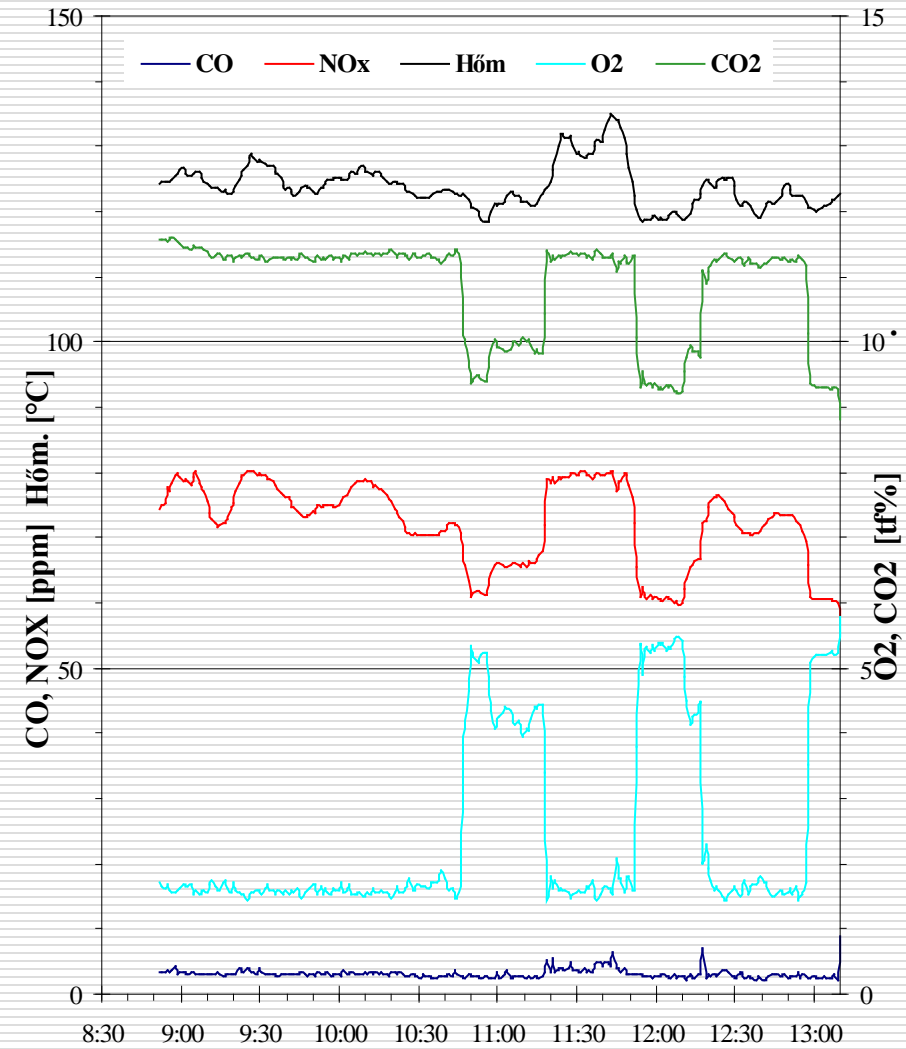


**Sara Lee
kávépörkölés**

Herend, porcelánégető kemence



Időben rendszertelenül változó kibocsátás: emisszió mérése



Mintavétel idejének meghatározása: levegőszennyezettség mérése

6/2011. VM rendelet

Éves átlagkoncentráció meghatározásának lehetőségei

- Folyamatos mérés.
- Legalább heti 1-1 véletlenszerűen kiválasztott 24 órás mérés.
- Legalább 8 héten keresztül végzett mérés, egyenletesen elosztva az év során.

Havi átlagkoncentrációhoz legalább 8 db 24 órás minta kell.

Mintavétel idejének meghatározása:

inhalatív személyi expozíció

ÁK: 8 órás műszakra vonatk. megengedett átlagos expozíció

Legjobb becslés: teljes műszak személyi mintavétele

Rész tevékenységek expozíciójából is összerakható

CK: csúcskoncentráció

Referencia idő: 15 perc

Mi van, ha $\text{ÁK}=\text{CK}$?

MK: maximális koncentráció rákkeltő anyagokra

Referencia idő: 8 óra (mérése hasonló ÁK-hoz)

Diffúziós (passzív) mintavétel

Lényeg: a vizsgált molekulák egy állandó levegő rétegen, porózus anyagon vagy membránon (vagy ezek kombinációján) keresztül diffúzióval jutnak el a megkötő anyag felületére.

A diffúzió hajtóereje: a megkötő anyag felületén a levegőben lévő vizsgálandó anyag koncentrációja nullára csökken.

Fizikai-kémiai alap: Fick-törvény, melyet alkalmazva az alábbi összefüggés nyerhető:

$$Q = D \cdot K$$

ahol:

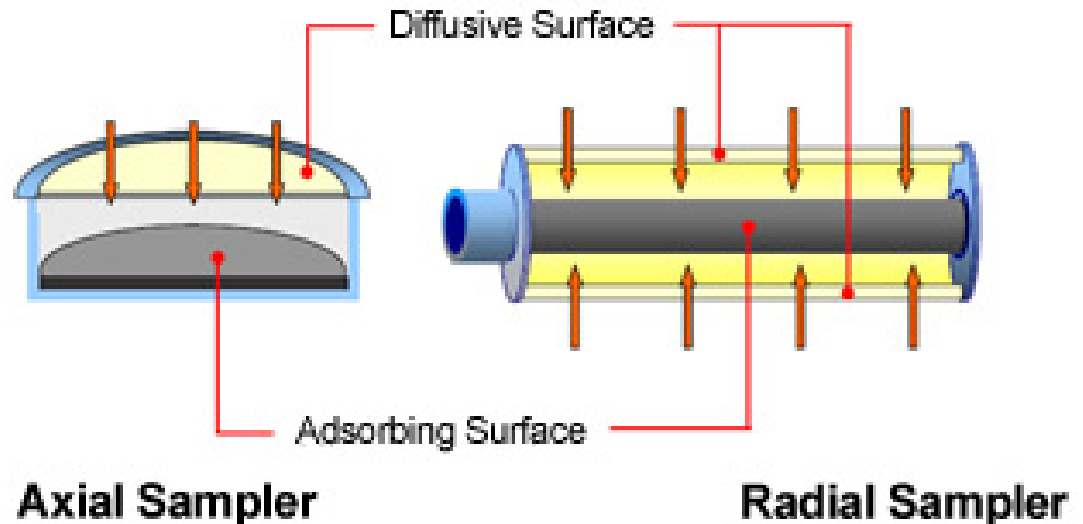
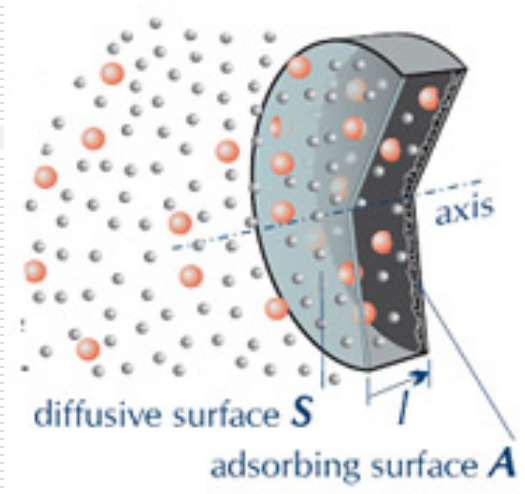
Q: a vizsgált molekula felvételi sebessége, cm^3/min

D: a vizsgált molekula diffúziós állandója, cm^2/min

K: a mintavevő geometriájától függő állandó, cm

$K = S/l$, ahol: S: diffúziós felület, cm^2

l: diffúziós és az adszorpciós felület közötti távolság, cm



A diffúziós mintavételi technika előnyös tulajdonságai

- ❖ Egyszerű és olcsó, mivel nincs szükség mintavevő szivattyú alkalmazására.
- ❖ Lehetővé teszi az átlagkoncentráció meghatározását 8 órától akár 2 hetes időtartamra nézve.
- ❖ Nem igényel felügyeletet, zajtalan és robbanásveszélyes környezetben is alkalmazható.
- ❖ Könnyen, akár közel egyidőben nagy számban elhelyezhető.
- ❖ Számos összehasonlító vizsgálat tanúsága szerint azonos eredményt szolgáltat az aktív (átszívós) mintavétellel. Minden VOC vegyületre ez nem érvényes, a leggyakoribb alkalmazási területre (BTEX vegyületek) azonban igen.
- ❖ Egyaránt alkalmazható környezeti és belső téri légterek vizsgálatára, valamint személyi mintavételekhez a munkahelyi légterekben.

A diffúziós mintavételi technika korlátai

- ❖ A diffúziós mintavételre hatással van: hőmérséklet, légnyomás, légsebesség, turbulencia, visszadiffúzió, légnedvesség, zavaró komponensek.
Ezen hatások egy része az aktív mintavételnél nem játszik akkora szerepet (pl. légsebesség, visszadiffúzió) vagy könnyebben kézben tartható.
- ❖ A meghatározható vegyületek köre a rendelkezésre álló mintavevők és a validált felvételi sebesség adatok által korlátozott (azaz szűkebb, mint az átszívásos mintavétel esetében).
- ❖ A felvételi sebesség a legtöbb esetben függ a mintavétel idejétől, így a legpontosabb eredmény akkor érhető el, ha a mintavétel ideje megegyezik a felvételi sebesség meghatározásának idejével.
- ❖ 24 órás mérésekre szokásos környezeti levegőben csak megfelelően érzékeny analitikai módszerrel alkalmas (pl. leoldásos GC-FID technikával a meghatározási határ benzol esetében a határérték közelében van).
- ❖ A leggyakrabban alkalmazott aktívszén adszorbensen gyengébben kötődő vegyületek (pl. metanol, diklór-metán, aceton) esetében jelentős lehet a visszadiffúzió, így ezek mérésére nem alkalmas (annak ellenére, hogy pl. a Radiello ad meg ezekre is felvételi sebességeket).

Axiális diffúziós mintavevők



Collar Clip

DNPH-treated tape
(contained behind
diffusion barrier)

Diffusion barrier
exposed

Sample blank
(contained in separate
compartment in housing)

Sliding cover in open or
sampling position



RADIÁLIS DIFFÚZIÓS MINTAVEVŐ KÉSZÜLÉK

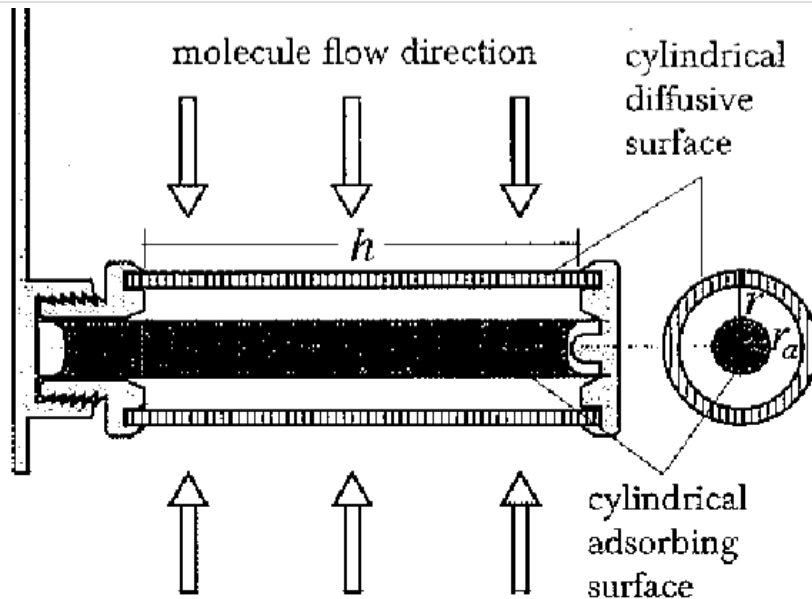
Gyártó: Fondazione Salvatore Maugeri - IRCCS
Environmental Research Centre (Olaszország)

Típus: Radiello

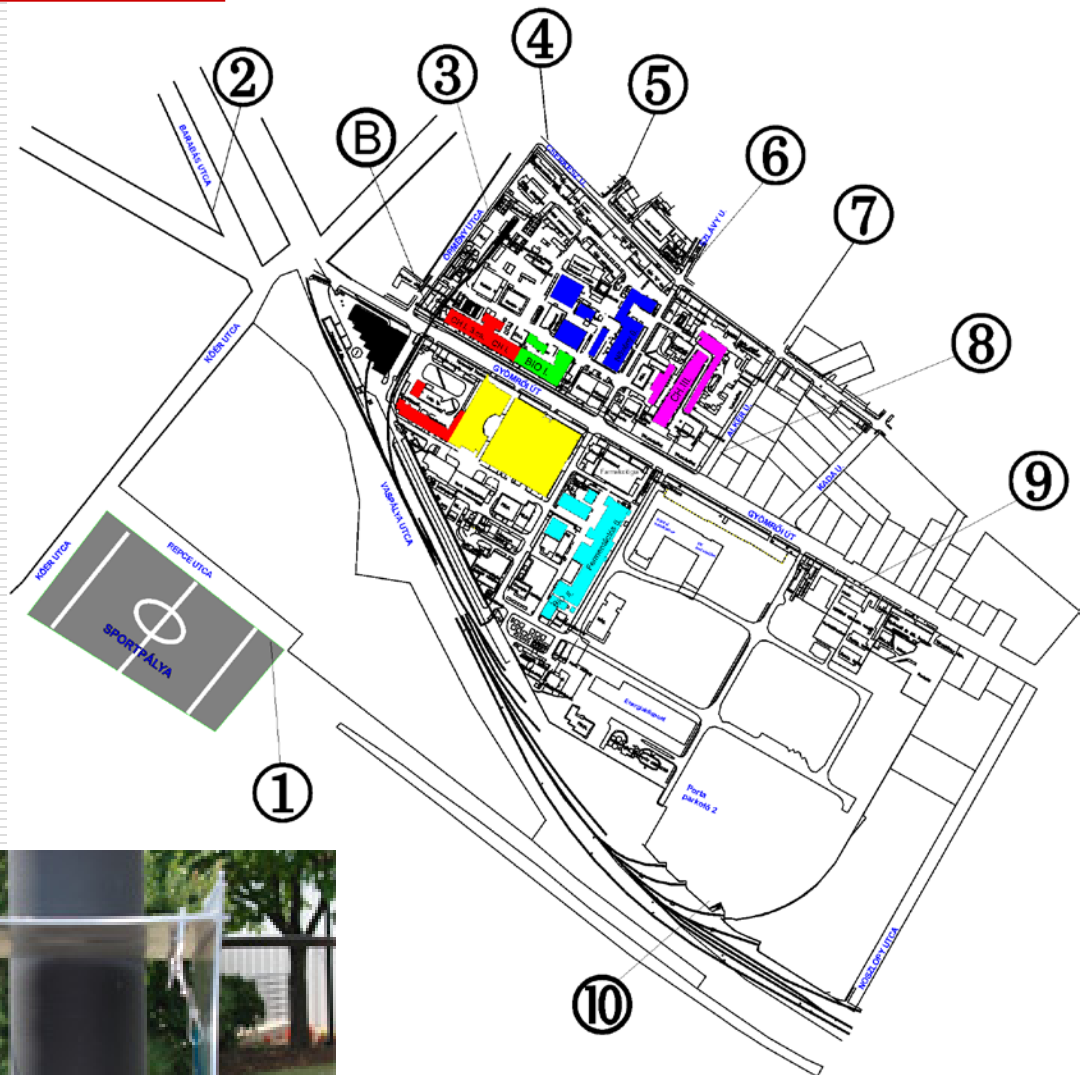
Aktívszenes patron: 530 mg 35/50 mesh aktívszén,
100 mesh acélhálóban (\varnothing 5,9 mm)

Diffúziós köpeny: többször felhasználható,
 \varnothing 16 x 47 mm méretű
szinterezett mikropórusos polietilén

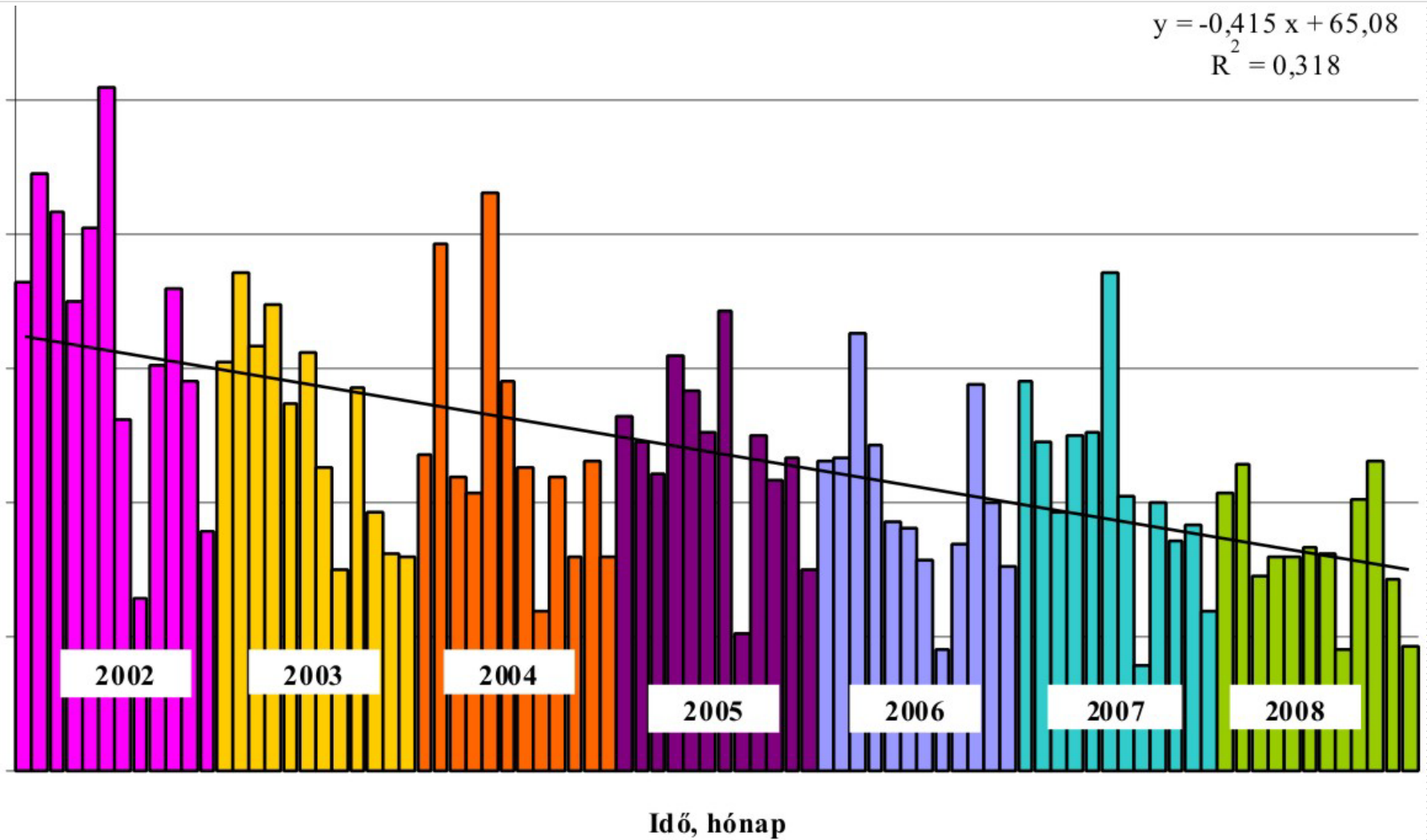
Tartóelem: többször felhasználható, polikarbonát



Richter Gedeon Rt. Bp. Diffúziós oldószer monitoring



Az összes oldószer koncentráció időbeli alakulása a mintavételi pontok átlaga alapján



- Heltai György, Kristóf János: Környezeti analitika
Környezetmérnöki Tudástár (sorozat szerkesztő: Domokos Endre)
5. kötet (szerkesztő: Pokol György) 3. javított kiadás, 2011.

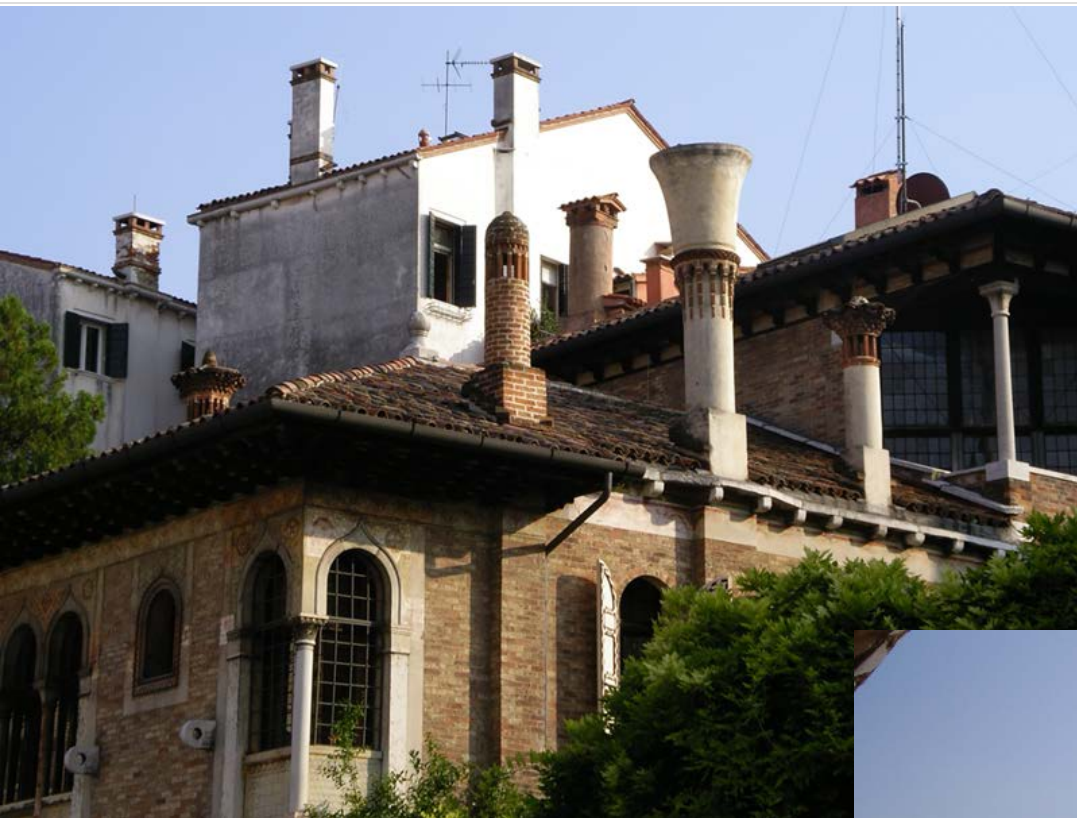
Készült

**a HEFOP 3.3.1-P.-2004-0900152/1.0 azonosítójú
„A Felsőoktatás szerkezeti és tartalmi fejlesztése”
című pályázat keretében.**

Konzorciumvezető: Pannon Egyetem

- Környezeti Analitika
szerk. Dr. Kőmíves József, Műegyetemi Kiadó, Bp. 1998.
- Környezeti Analitika gyakorlat
szerk. Dr. Kőmíves József, Műegyetemi Kiadó, Bp. 1998.

Köszönöm a figyelmet!



**Találkozunk
végzett mérnökként
valahol.....**

Köszönöm a figyelmet!

