

A reszuszpendált városi aeroszol kémiai jellemzése és emberi egészségre gyakorolt hatásai

JANCSEK-TURÓCZI BEATRIX

tudományos munkatárs, HUN-REN–PE Levegőkémiai Kutatócsoport, Pannon Egyetem

2025. december 4.

Bevezetés

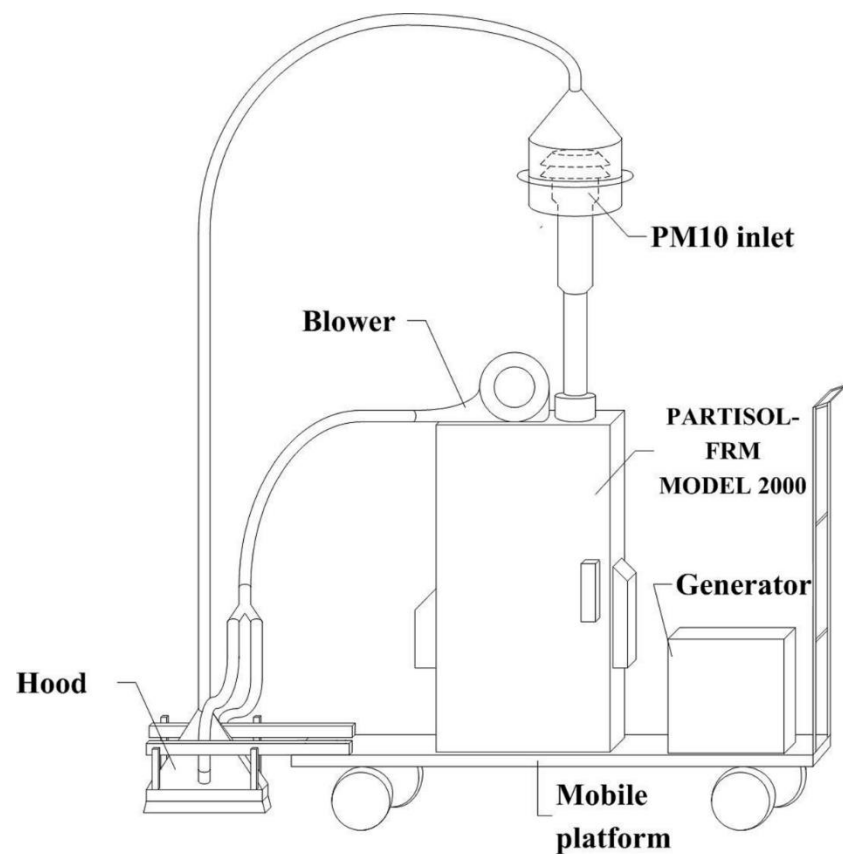
- A városi PM10 tömegkoncentrációját befolyásolja: gépjárműközlekedés
 - közvetlen kibocsátás → EEs (exhaust emissions)
 - fékbetétek kopása
 - gumiabroncsok kopása
 - kiülepedett por felverése

} NEEs (non-exhaust emissions)
- Reszuszpenzió: szél, közlekedés
- Hozzájárulás PM10-hez: ~ 10–30%
- Potenciális veszélyes szennyezőanyagok → káros egészségügyi hatások

Bevezetés

- Városi reszuszpendált por fő forrásai:
 - Építkezési és bontási munkálatok
 - Talaj kiporzása
 - Közlekedés
- Felületi terhelés függ:
 - Antropogén tevékenységek
 - Közlekedés dinamikája
 - Útburkolat szerkezete
 - Meteorológiai körülmények (pl. száraz időszakok)

Mintavételi és analitikai módszer



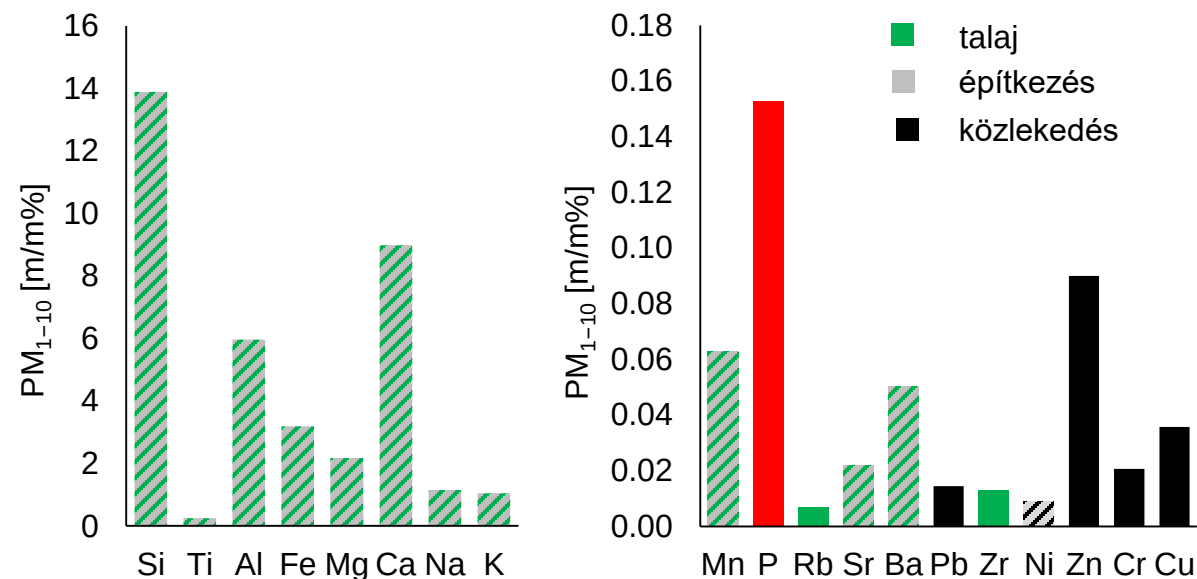
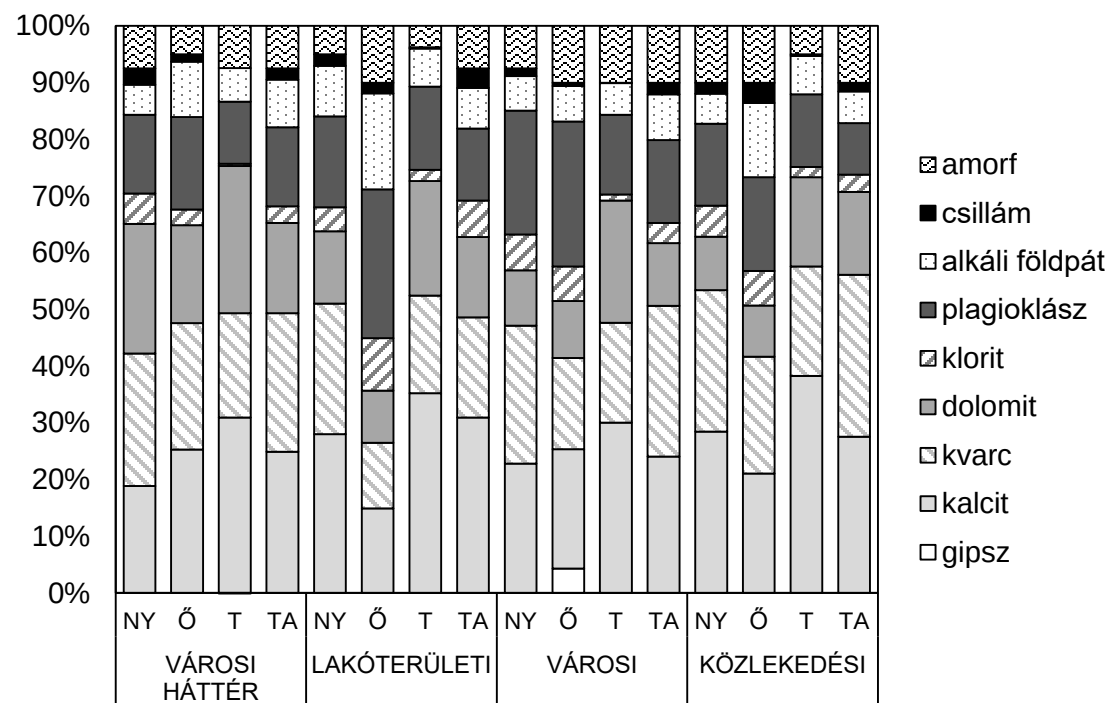
PARTISOL-FRM MODEL 2000
ciklon leválasztó

↓
PM₁₋₁₀
„bulk” minta

↙
fázisösszetétel
XRD

↘
elemi összetétel
PIXE

Kémiai összetétel

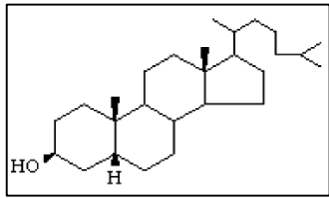


Jelentős mennyiségű **foszfor** a kiülepedett városi porban

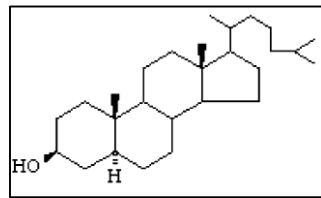
↓
állati eredetű ürülék jelenléte

Állati eredetű ürülék biomarkerei

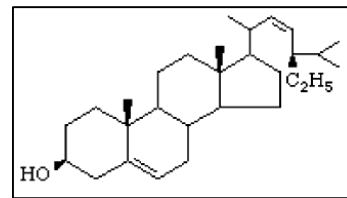
- Ürülékkel való szennyezettség kimutatása
- Fekális szterolok: nem specifikusak (pl.: hús sütése, grillezés)



coprostanol

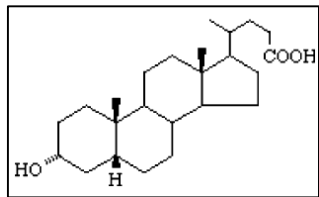


cholestanol

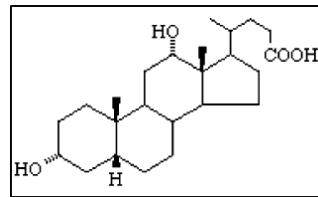


stigmasterol

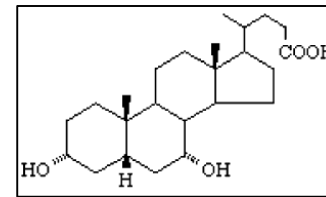
- Epesavak: specifikusak → minden madár és emlős emésztőrendszerében megtalálhatók



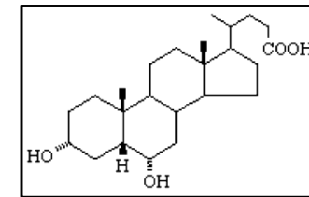
lithocholic acid (LCA)



deoxycholic acid (DCA)



chenodeoxycholic acid (CDCA)



hyodeoxycholic acid (HDCA)

Epesavak (GC-MS) és foszfor (PIXE) tömegkoncentrációja

Minta	Epesavak [$\mu\text{g g}^{-1}$]				Σ epesav [$\mu\text{g g}^{-1}$]	Σ P [mg g^{-1}]
	LCA	DCA	CDCA	HDCA		
1 – Bp	1,3	2,7	1,0	2,3	7,3	1,6
2 – Bp	1,1	3,6	<LOQ	2,4	7,0	1,7
3 – Bp	1,4	4,3	0,9	1,9	8,5	2,1
4 – Bp	4,5	6,2	1,0	3,1	15	1,7
5 – Bp	1,6	5,5	1,1	3,2	12	2,5
6 – Bp	2,3	7,7	1,6	3,5	15	2,1
7 – Vp	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	<LOQ	1,9
8 – Vp	0,7	2,8	1,3	2,7	7,6	2,1
<i>Átlag</i>	<i>1,8</i>	<i>4,7</i>	<i>1,2</i>	<i>2,7</i>	<i>10</i>	<i>2,0</i>

Állati eredetű ürülék hozzájárulása a reszuszpendált PM₁₋₁₀-hez

Minták	Σ epesav reszuszpendált PM ₁₋₁₀ -ben [mg g ⁻¹]	Állati eredetű ürülék becsült tömeg hozzájárulása
1	0,007	0,02 – 0,26
2	0,007	0,02 – 0,25
3	0,009	0,02 – 0,31
4	0,015	0,04 – 0,53
5	0,011	0,03 – 0,41
6	0,015	0,04 – 0,54
7	< LOQ	< LOQ
8	0,008	0,02 – 0,27
Átlag	0,010 ± 0,004	0,20 ± 0,20

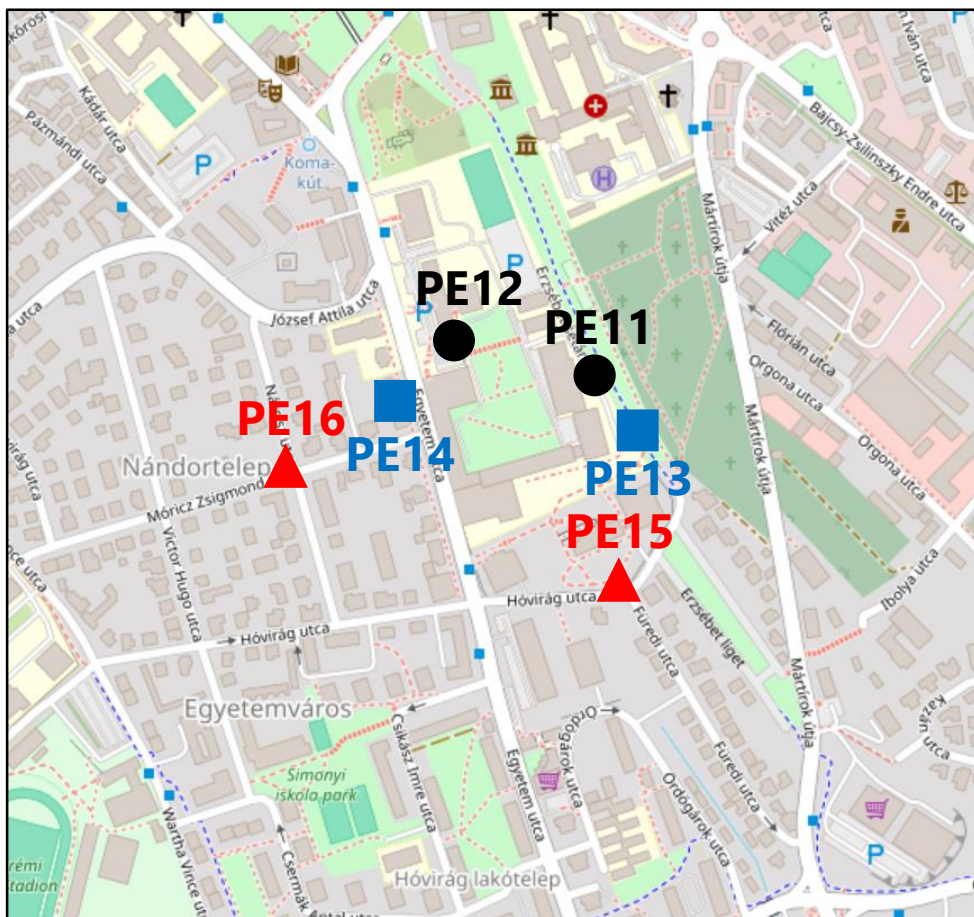
Városi reszuszpendált aeroszol forrásazonosítása

- Két fő forrás (építkezés/bontási munkálatok és talaj) elkülönítése a reszuszpendálható városi aeroszolban nehéz → hasonló kémiai profil
- Fő források nyomjelző vegyületei nem ismertek
- Fő források hozzájárulásának mértéke → csak becsléssel modellek segítségével (PMF, CMB)
- Ökotoxikus hatás elhanyagolható → ásványi eredet hozzájárulása 80–94%
- Fontos lenne a cito- és genotoxikológiai hatások megállapítása



- Nyomjelző komponensek azonosítása → forrásazonosítás
- Humán egészségügyi hatások becslése

Építkezési/bontási munkálatok mintavételezése



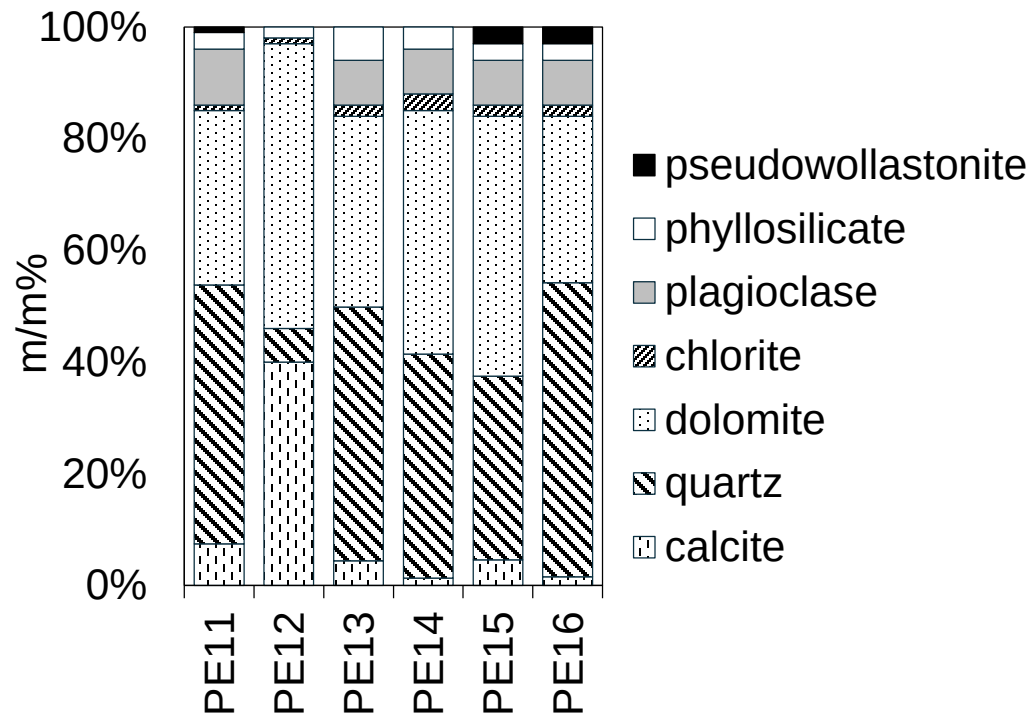
● Építkezés és bontás helyszíne

■ 50–100 m távolság

▲ 200–300 m távolság

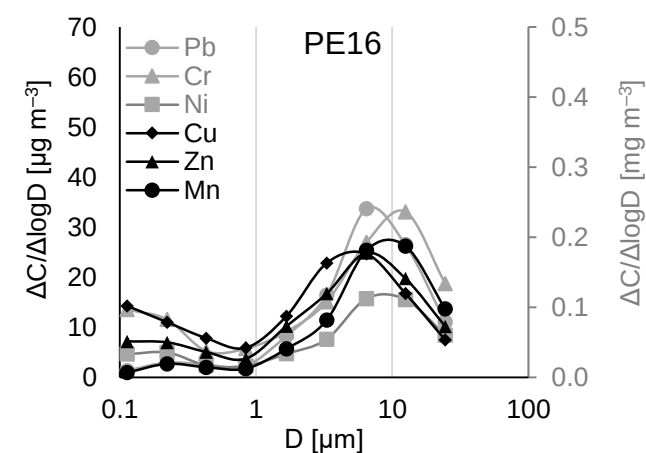
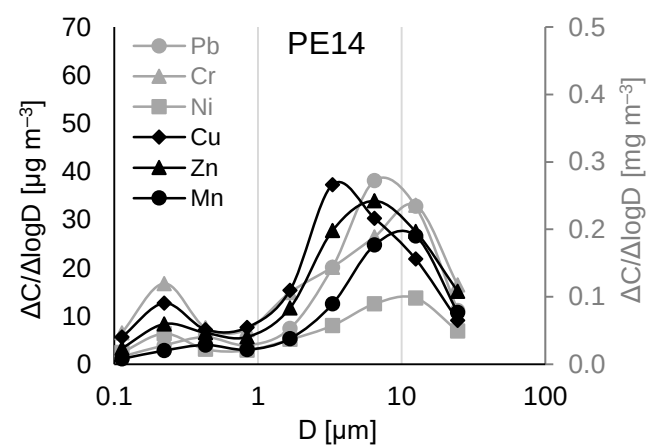
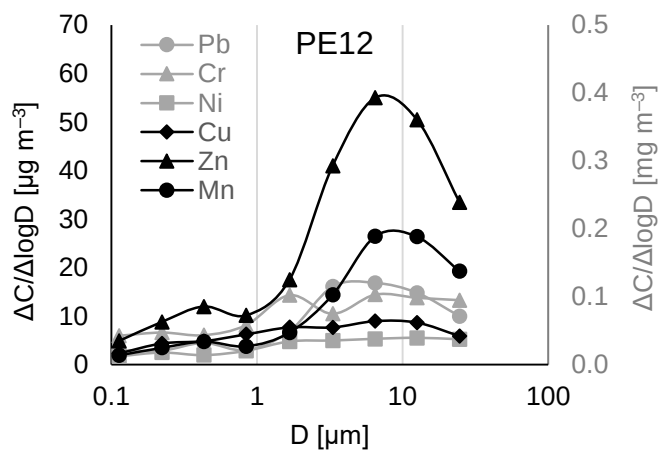
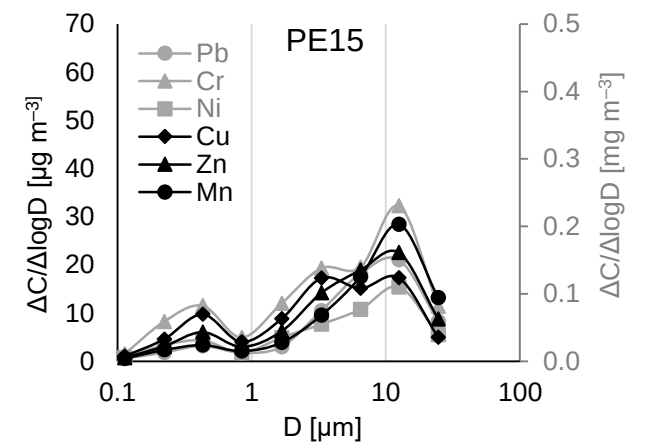
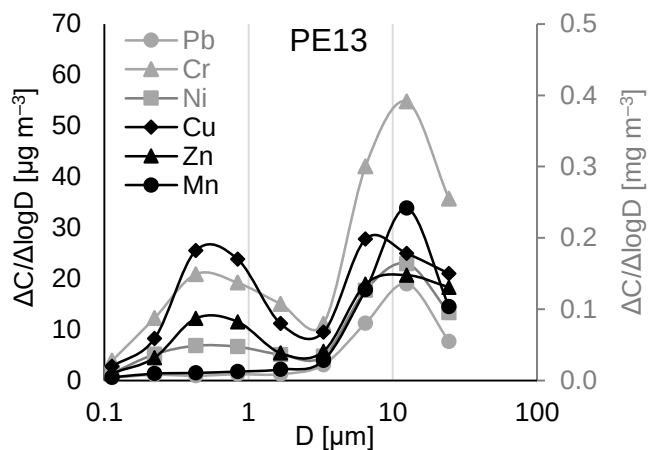
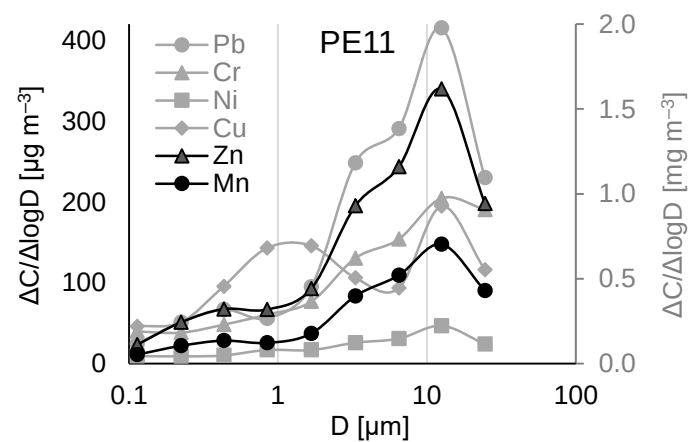
- Mintavétel közvetlenül
- Homogenizálás
- Szitálás ($< 80 \mu\text{m}$) $\rightarrow$ XRD
- Speciális laboratóriumi berendezés (PM_{1-10})
 $\rightarrow$ TXRF, MTT

Fázisösszetétel - XRD

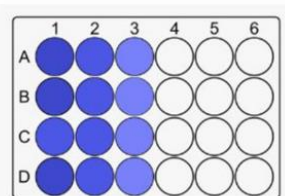
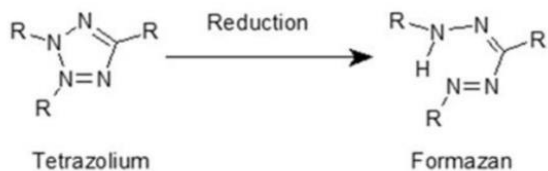
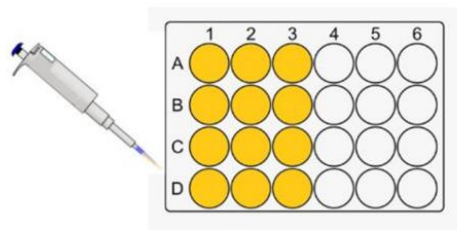


- pseudowollastonite
- ↓
- CaSiO_3 mesterséges eredetű, magas hőmérsékleten keletkező kristályos fázisa
 - Forrásai: cement és salak
 - Természetes forrása nincs
- ↓
- Kiváló nyomjelző vegyülete lehet az építkezési/bontási munkálatoknak

Elemi összetétel - TXRF

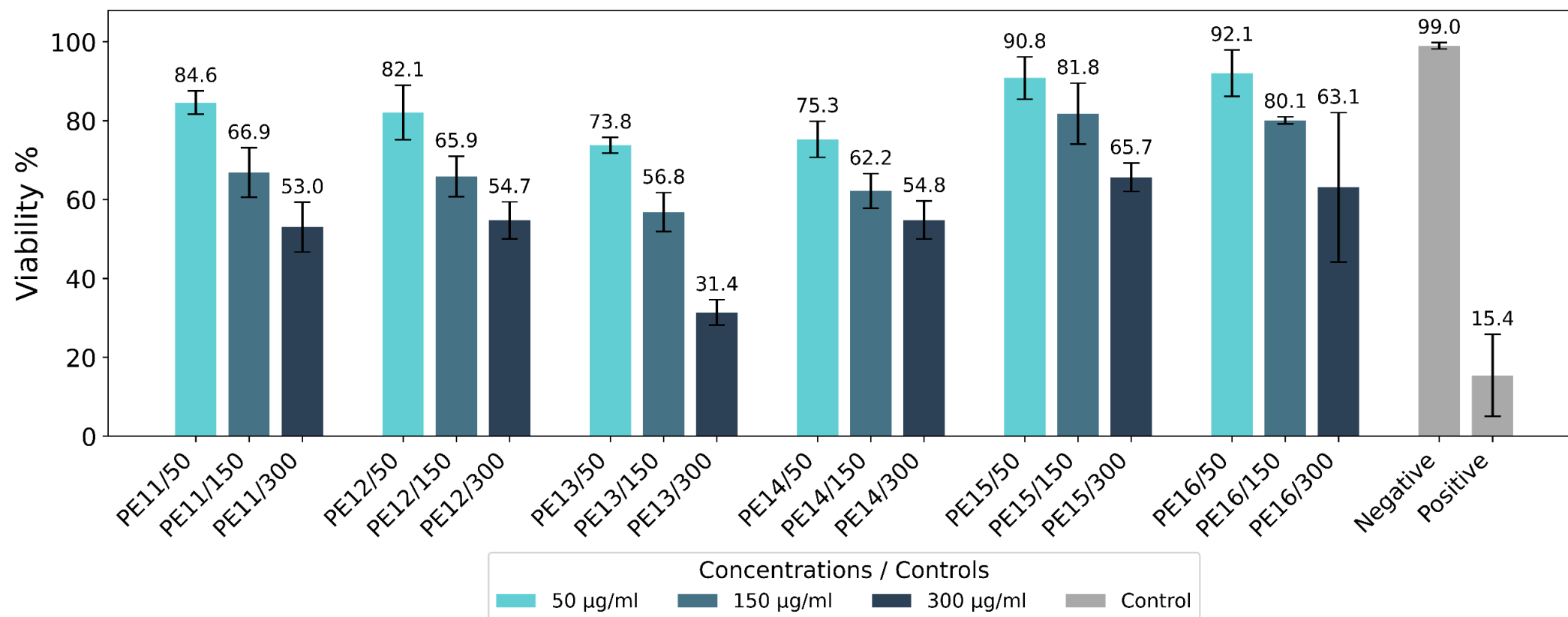


Városi reszuszpendált aeroszol MTT vizsgálata



- Az életképes sejtek számának csökkenése a metabolitikus aktivitás csökkenését okozza
- Sejtvonal: BEAS-2B tüdősejtek
- Expozíciós idő: 24 h (37°C, 5% CO₂)
- 1. nap: sejtek beoltása ($2 \cdot 10^4$ sejt/well)
- 2. nap: expozíció PM₁₋₁₀ mintákkal 3 különböző koncentrációban: 50, 150 and 300 µg ml⁻¹
- 3. nap: 5 mg ml⁻¹ MTT reagens hozzáadása (kivétel vak)
 - inkubációs idő: 4 h (37°C, 5% CO₂);
 - 100 µl DMSO hozzáadása → formazan kristályok visszaoldásához
 - abszorbancia 570 nm-en → sejt életképessége

MTT vizsgálat - életképesség



Köszönöm a figyelmet!

A kutatást az MTA Fenntartható Fejlődés és Technológiák Nemzeti Program (FFT NP FTA), az Éghajlatváltozás Multidiszciplináris Nemzeti Laboratórium projekt (RRF-2.3.1-21-2022-00014) és a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Kutatási Ösztöndíja támogatta.

MTA

