

# Gáztöltésű müoográfiai detektorok előkészítése terepi mérésekre

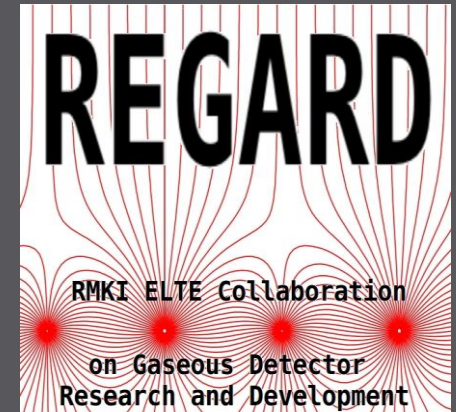
Gerlei Martin

fizika BSc III.

Témavezető:

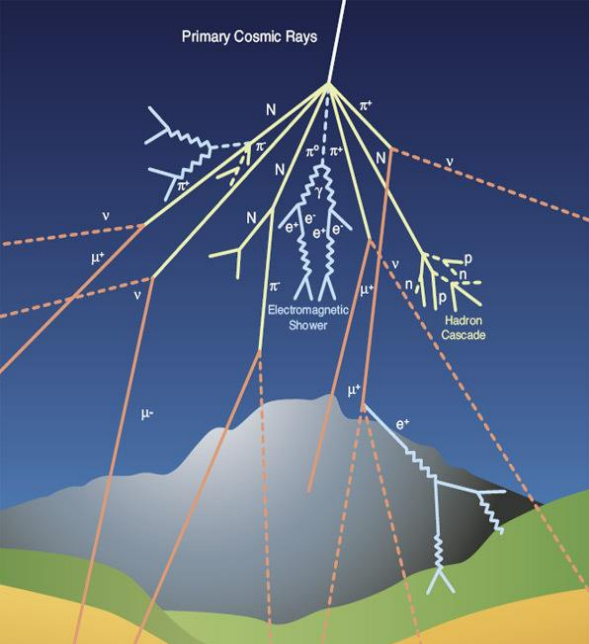
Dr. Hamar Gergő

Wigner Fizikai Kutatóközpont



# Az előadás vázlata

- Müográfia
- Müográfiai detektorok és működésük
- Motiváció
- Eredmények
  - Kalibrációk és tesztmérések
  - Pozicionálás
  - Környezeti paraméterek
- Összefoglalás



# Müográfia

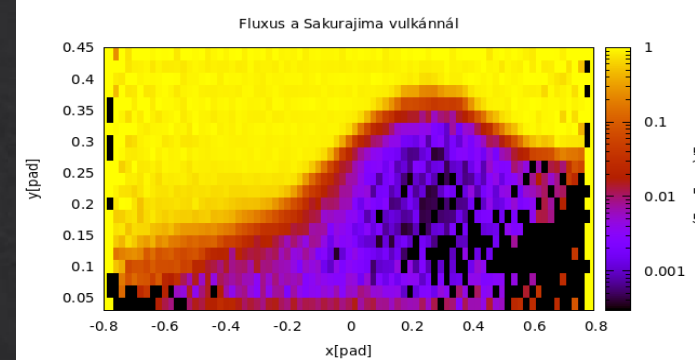
A müográfia egy hatékony és modern eszköz nagy objektumok belső szerkezetének tanulmányozására, mely kihasználja a természetesen képződő és ionizáló képességgel rendelkező kozmikus müonokat.

## Müon:

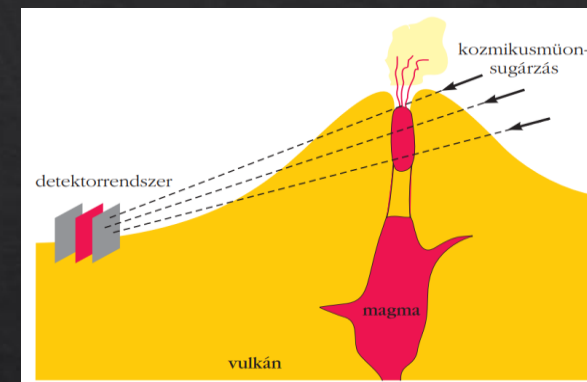
- Pion bomlás
- Nagyenergiás részecske
- Bethe-Bloch formula
- Nagy behatoló képesség

Egy müográfiai detektor a rajta áthaladó müonok számát és irányát méri.

A müonok fluxustérképéből következtetünk a megfigyelt objektum belsejének sűrűség-eloszlására.



Egészségügyi röntgenképhez hasonló.



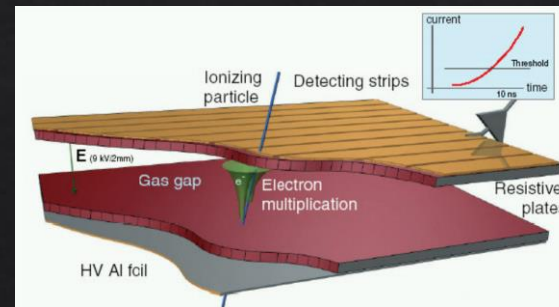
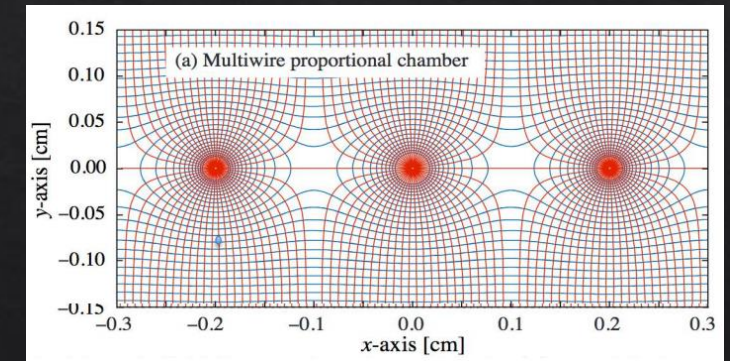
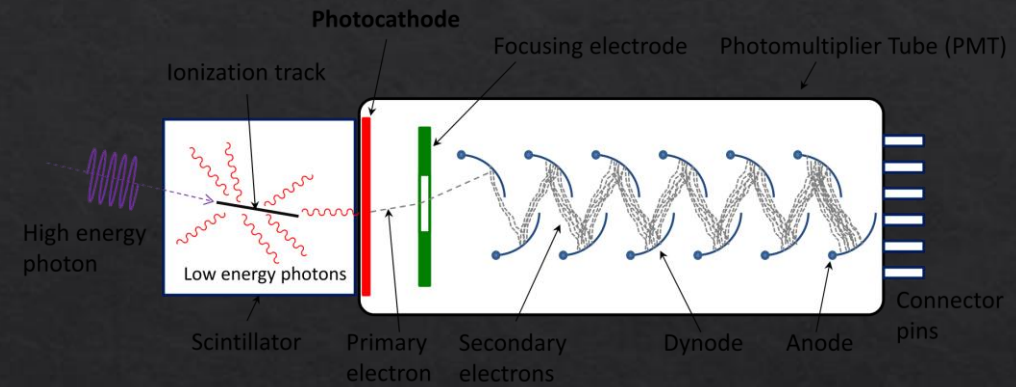
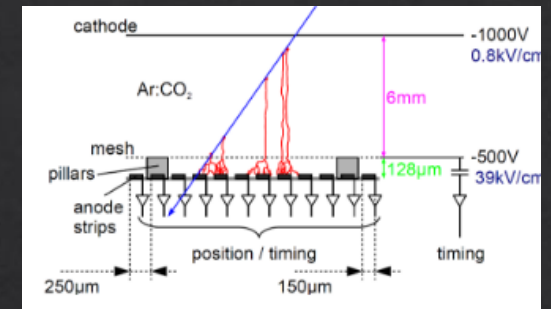
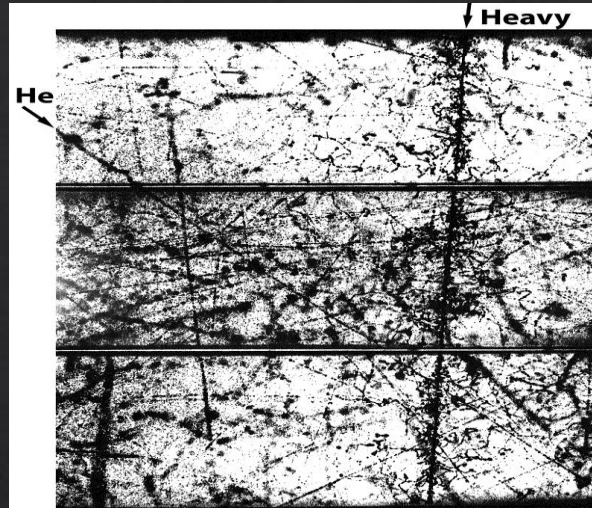
Felhasználása:

- Geofizikai
  - Barlangok
  - Vulkanok
  - Bányászat
- Régészeti
- Honvédelmi

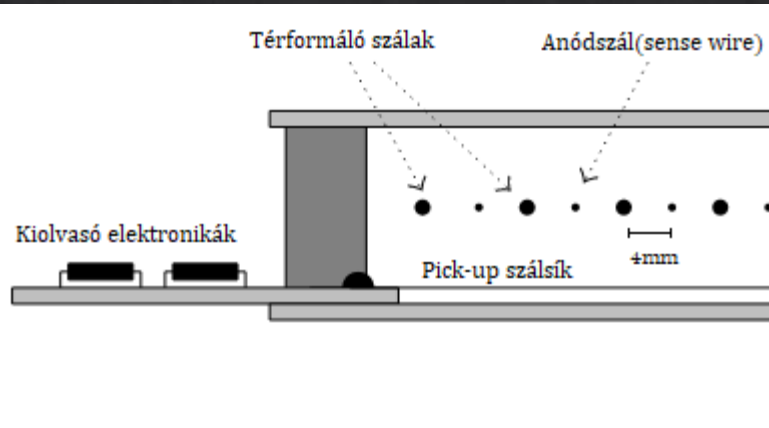
# Műgráfiai detektorok

Típusok:

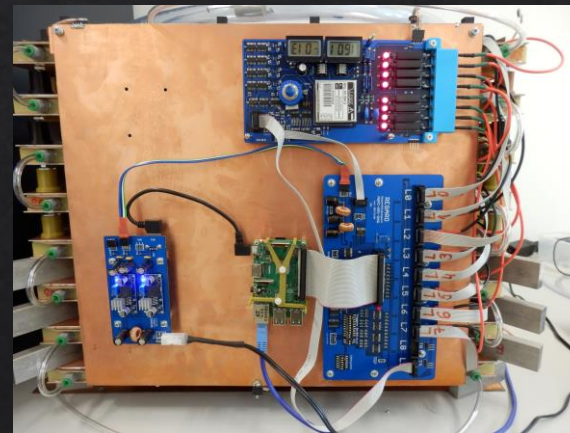
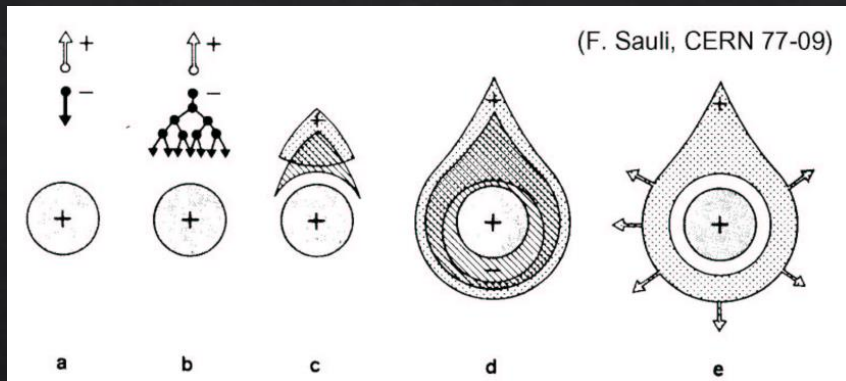
- Emulziós
- Szcintillációs
- Gáztöltésű
  - Sokszálas proporcionális kamrák (MWPC)
  - Mikrostrukturás kamrák
  - Szigetelőlapos kamrák (RPC)



# A REGARD müögráfok működése



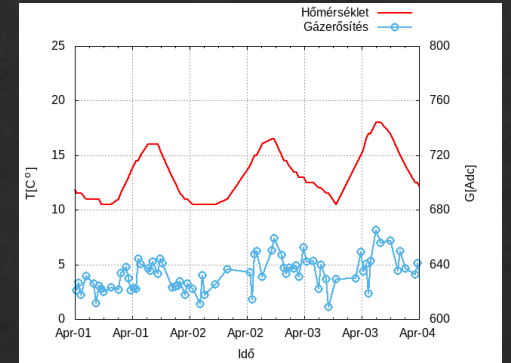
- Áthaladó töltött részecske ionizálja a gázt
- Az anódszálakon elektronlavinák alakulnak ki a gázerősítés miatt
- Megfelelő gáz áramoltatása ( $\text{Ar}:\text{CO}_2 = 82:18$ )
- Különböző szálsíkok felelnek a kétdimenziós képalkotásért
- Adatkiolvasás egyedi tervezésű elektronikákkal
- Trigger-jel → koincidencia → RPi



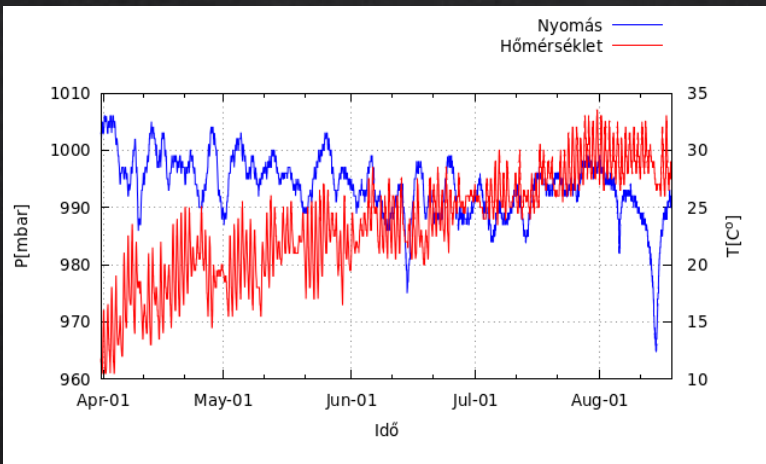
# Motiváció

Az MWPC-k terepre való kiviteléhez működésükből kifolyólag tesztmérésekre, kalibrációkra szorulnak.

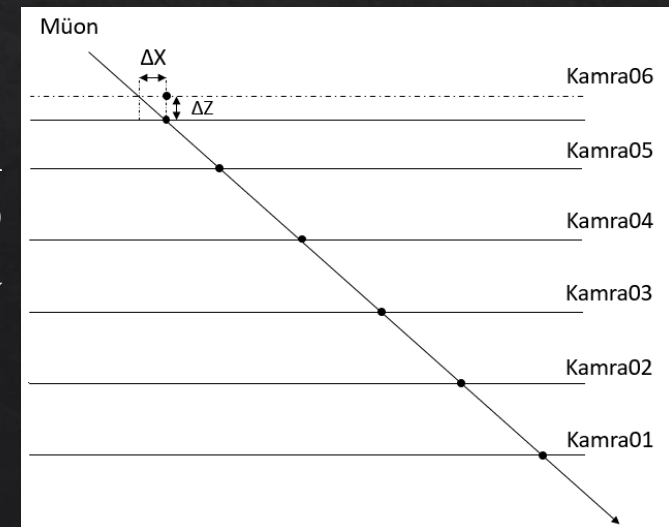
A mechanikai behatások, illetve elektronikák okozta meghibásodási lehetőségekkel mind-mind számolnunk kell a megfelelő működéshez.



Az elektronlavina mérete erősen függ a gáz sűrűségétől, így a környezeti paraméterek, mint hőmérséklet, páratartalom és nyomás folyamatos változása miatt, ezek hatásait a detektorra korrigálni kell.



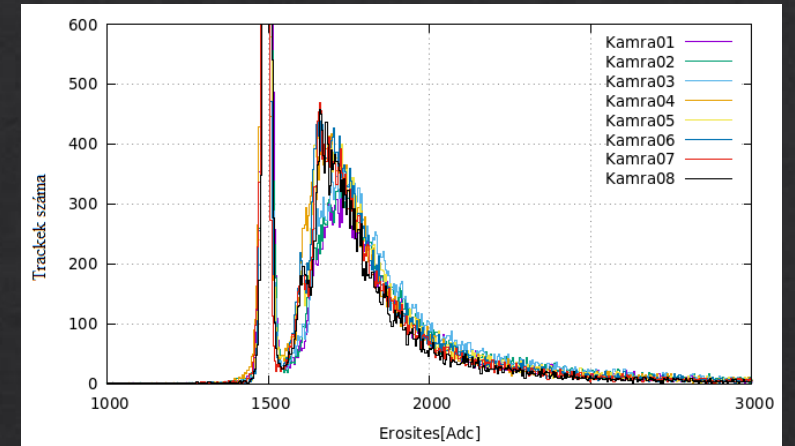
Ha egy kamra a megfelelő helyétől el van mozdulva, az analizáló szoftver alrébb fogja érzékelni a kamrán a beütések helyét, ami eltorzítja a fluxusképet.



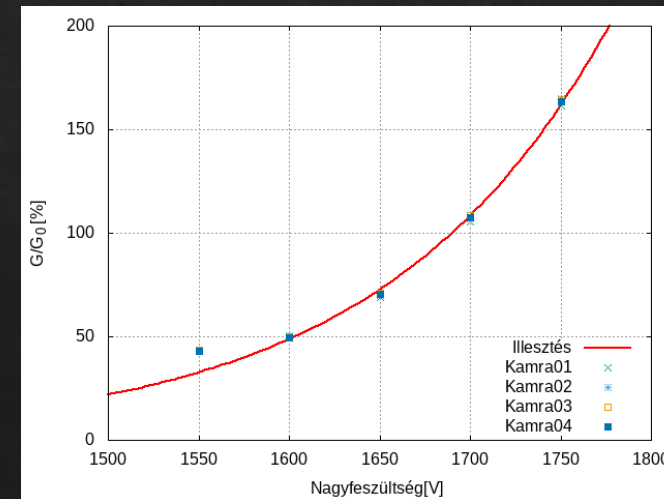
# Eredmények

## Kalibrációk és tesztmérések:

- Gázteszt és nyomásteszt
- Gázerősítés vizsgálata
- Nagyfeszültség kalibráció
- Trigger-küszöb beállítása
- Adatkiolvasás megkezdésének időzítése
- Koincidencia vizsgálata



A müonok kamrán belüli energialeadására jellemző Landau-eloszlás.



# A detektorhatásfok megváltozása egy-egy karma meghibásodásának hatására:

A kamrák megszólalási valószínűségei binomiális eloszlást követnek:

$\epsilon = 0.90$			
	N=8	N=7	N=6
x	P(x/N)		
1	1.0	1.0	1.0
2	1.0	1.0	0.9999
3	1.0	0.9998	0.9987
4	0.9996	0.9973	0.9842
5	0.9950	0.9743	0.8857
6	0.9619	0.8503	0.5314
7	0.8131	0.4783	-
8	0.4305	-	-

$\epsilon = 0.985$			
	N=8	N=7	N=6
x	P(x/N)		
1	1.0	1.0	1.0
2	1.0	1.0	0.9999
3	1.0	0.9999	0.9999
4	0.9999	0.9999	0.9999
5	0.9999	0.9998	0.9968
6	0.9998	0.9955	0.9133
7	0.9941	0.8996	-
8	0.8861	-	-

kamrák száma,  
amin a műonnak  
át kellett haladni

kamrahatásfok

$$P(x \setminus N) = \sum_{k=0}^{N-x} \binom{N}{k} \epsilon^{N-k} (1 - \epsilon)^k$$

megszólalt kamrák száma

Következtethetünk, hogy mekkora koincidencia szintet követelhetünk meg, ha a látószög is figyelembe vesszük.

kamra szélességének a fele

$$\operatorname{tg}(\alpha_{\text{látó}}) = \frac{X}{h}$$

a trackhez megkövetelt detektorok összmagassága

MTS-50 geometria

N	h[mm]	$\alpha_{\text{látó}}$
8	365	34.41°
7	312	38.7°
6	260	43.88°
5	208	50.24°
4	155	58.20°



# Kamrák pozicionálása

Horizontálisan: Szoftveresen eltolva

Tracktól való eltérések eloszlása  $\longrightarrow$  Gauss-görbe illesztés

Gauss közepe (“ $\mu$ ”)  $\longrightarrow$  Adott irányba való elmozdulás

$$G(x) = \frac{A}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

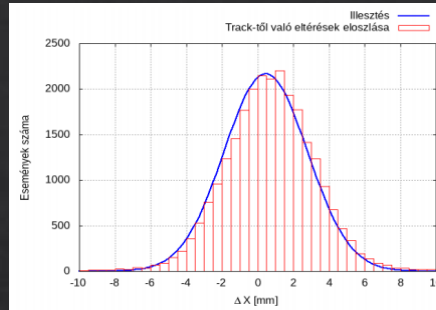
Század milliméter pontossággal meghatározható a horizontális eltolódás.

Konzisztensen 0.53 mm eltérés X irányban és 0.72 mm eltérés Y irányban.

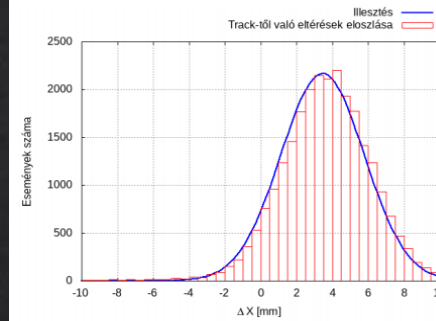
Kamrák alapból el voltak mozdulva.

Helyfüggő eltolás

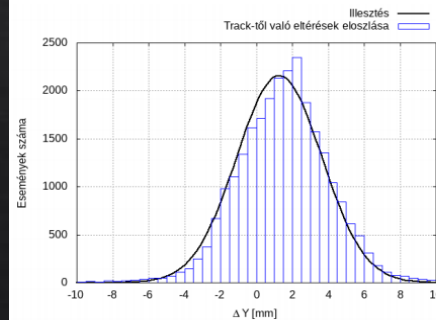
Forgatás



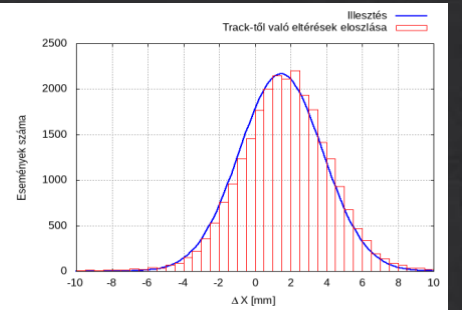
(a)  $\Delta X_a = 1mm$   
 $\mu_a = 0.47mm$



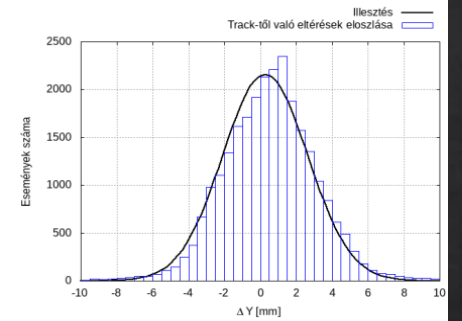
(c)  $\Delta X_c = 4mm$   
 $\mu_c = 3.47mm$



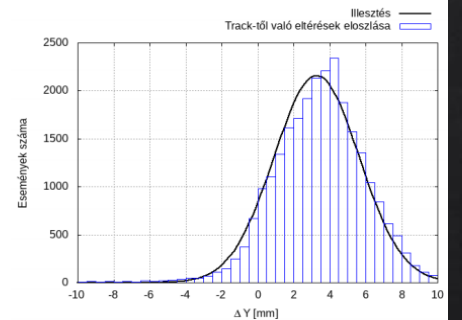
(e)  $\Delta Y_e = 2mm$   
 $\mu_e = 1.28mm$



(b)  $\Delta X_b = 2mm$   
 $\mu_b = 1.47mm$

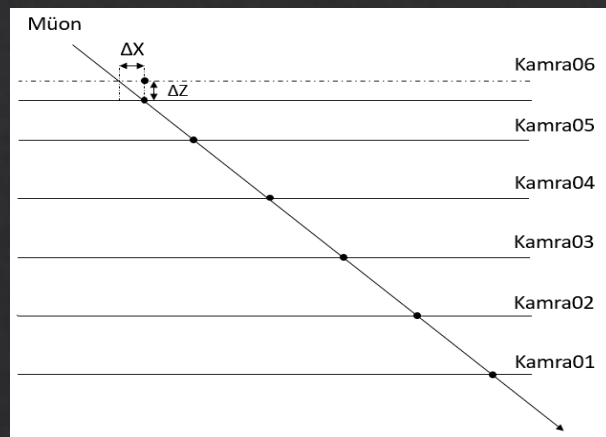


(d)  $\Delta Y_d = 1mm$   
 $\mu_d = 0.28mm$



(f)  $\Delta Y_f = 4mm$   
 $\mu_f = 3.28mm$

# Vertikálisan:



Szoftveresen eltolva

Trackek meredekségének függvényében a tracktől való eltérés:

→ Egyenest illeszttek →  $\Delta z = -m \cdot \text{PadSize}$

Ellenőrzés képpen kiszámoltam:

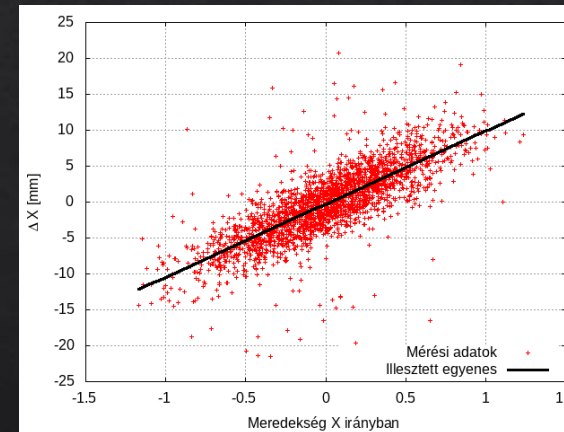
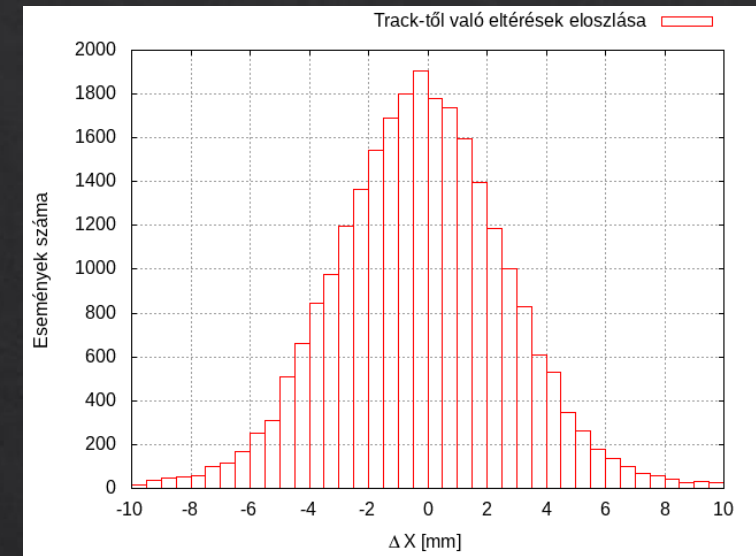
- $\Delta Z(-10\text{mm}) = -m(-10\text{mm}) * 8 = -10.16 \text{ mm}$
- $\Delta Z(-4\text{mm}) = -m(-4\text{mm}) * 8 = -4.15 \text{ mm}$

Tized milliméter pontossággal visszacapjuk az eltolást.

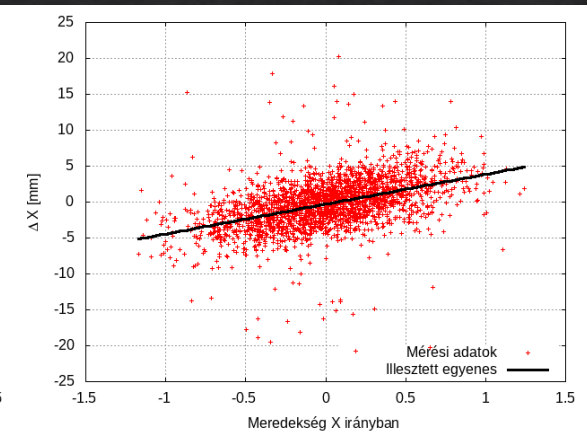
Helyfüggő eltolás

↓  
billenés

Konzisztensen megjelenő 0.12 milliméteres eltérés miatt, a kamra valóban lejjebb van ennyivel.

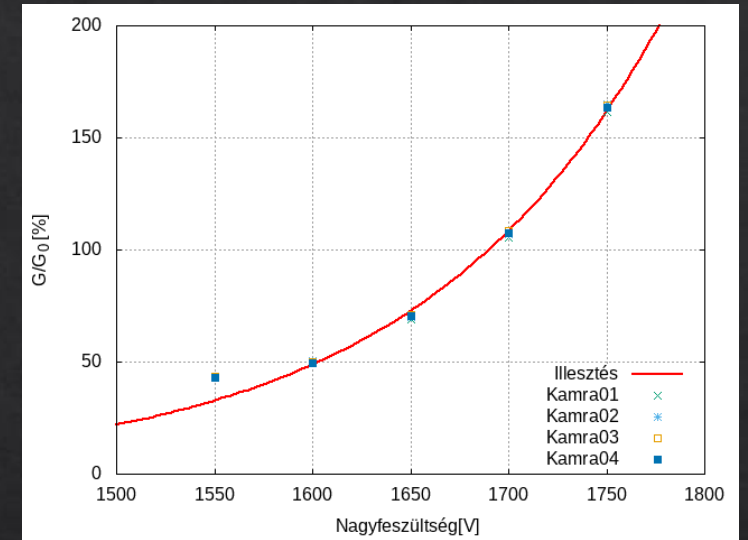
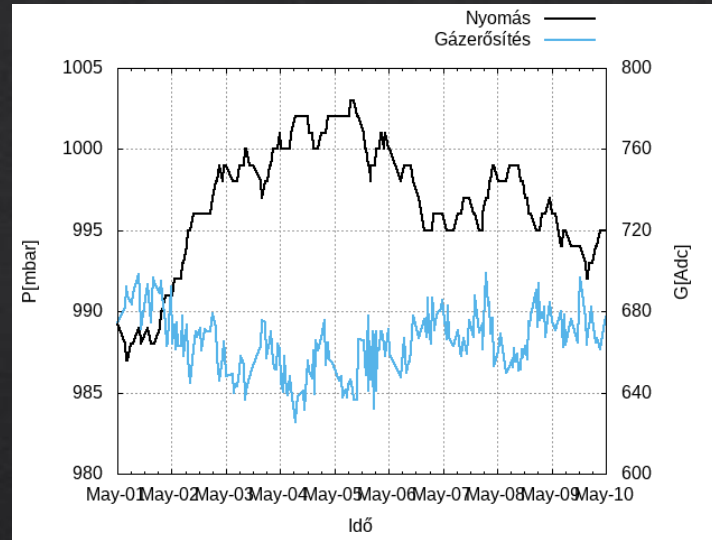
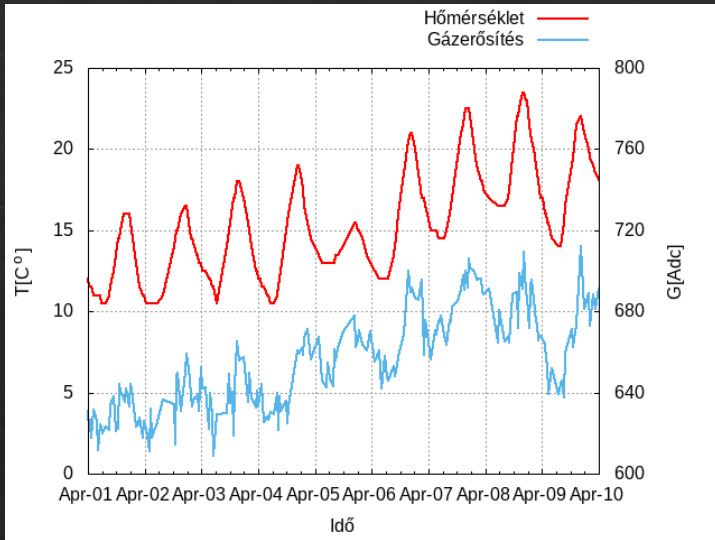


$$m(-10\text{mm}) = 1.27$$



$$m(-4\text{mm}) = 0.52$$

# Környezeti paraméterek



A gázerősítés hőmérsékletfüggése:

A gázerősítés nyomásfüggése:

A gázerősítés feszültségfüggése:

$$G(T) \sim e^{\alpha \frac{T-T_0}{T_0}}$$

$$G(P) \sim e^{\beta \frac{P-P_0}{P_0}}$$

$$G(U) \sim e^{\gamma \frac{U-U_0}{U_0}} \quad \Delta \ln \frac{G}{G_0} = \frac{\Delta U}{U_0} \cdot \gamma$$

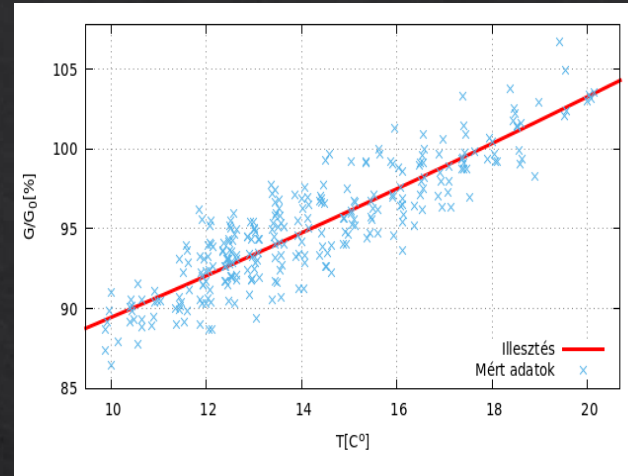
Elméleti korreláció:  $\alpha = -\beta$

$\gamma = 13.52$

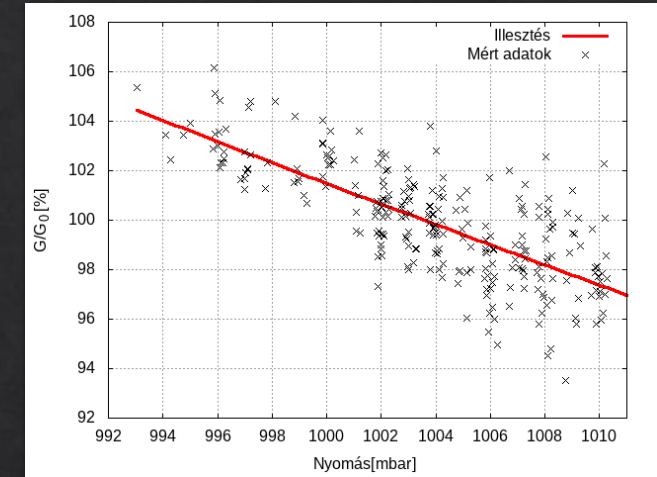
# Környezeti paraméterek

9 hónapnyi a Sakurajima vulkánál regisztrált mérési adat hőmérséklet és nyomásértékeit felhasználva:

Egyenes illesztésnél a hőmérséklet elektronikákra vett korrekcióját (-0.6%) figyelembe vettem.



$$\alpha = 4.212$$



$$\beta = -4.132$$

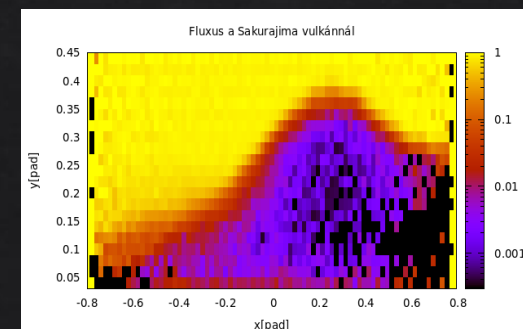
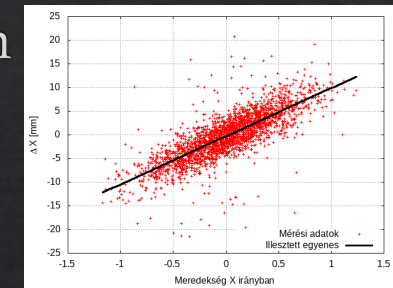
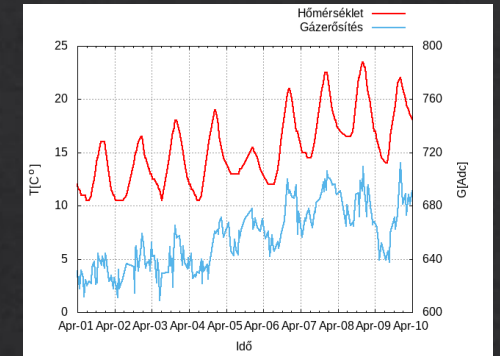
$\Delta T$  és  $\Delta P$  hőmérséklet és nyomásváltozással bekövetkező lineáris  $\Delta \ln G$  változás.

$$\Delta \ln \frac{G}{G_0} = \frac{\Delta U}{U_0} \cdot \gamma \quad \longrightarrow \quad \alpha = \frac{\Delta \ln \frac{G}{G_0}}{\Delta T} \cdot T_0 \quad \longrightarrow \quad \Delta U = \frac{\alpha U_0}{\gamma T_0} \Delta T$$

$$P1.: \quad \Delta T = 10^\circ C \quad \longrightarrow \quad \Delta U = 17.96V$$

# Összefoglalás

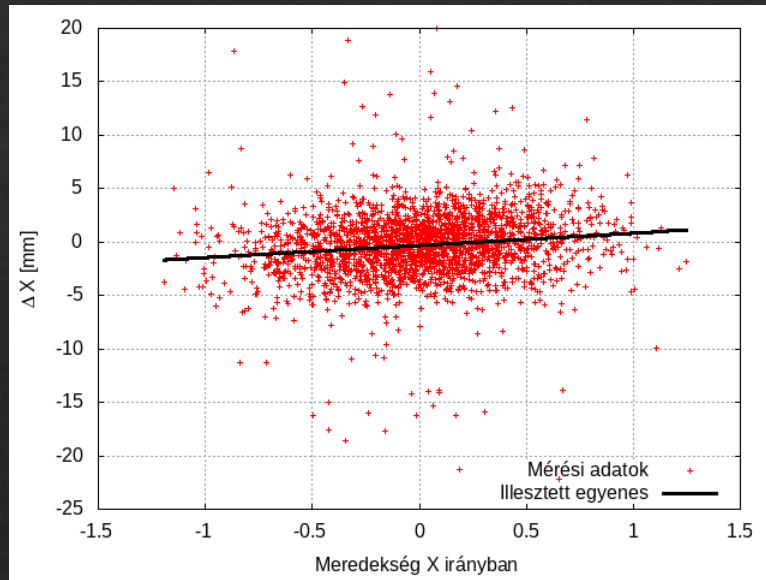
- ◇ Müográfia: modern kutatási terület, sokszínű felhasználási lehetőségekkel
- ◇ Gáztöltésű müográf detektorok → müonfluxustérkép jó felbontással
- ◇ Terepi alkalmazás → előkészítést igényel → kalibrációk, tesztmérések laborban
- ◇ Gáz és nyomástereszt, valamint nagyfeszültség, elektronika megfelelő beállítása
- ◇ A detektort érő mechanikai hatások elleni védekezés
- ◇ Kamrák pozicionálásból adódó fluxusképtorzulás szoftveres korrigálása
- ◇ Nagyfeszültség korrekció a környezeti paraméterek változására



Köszönöm a figyelmet!

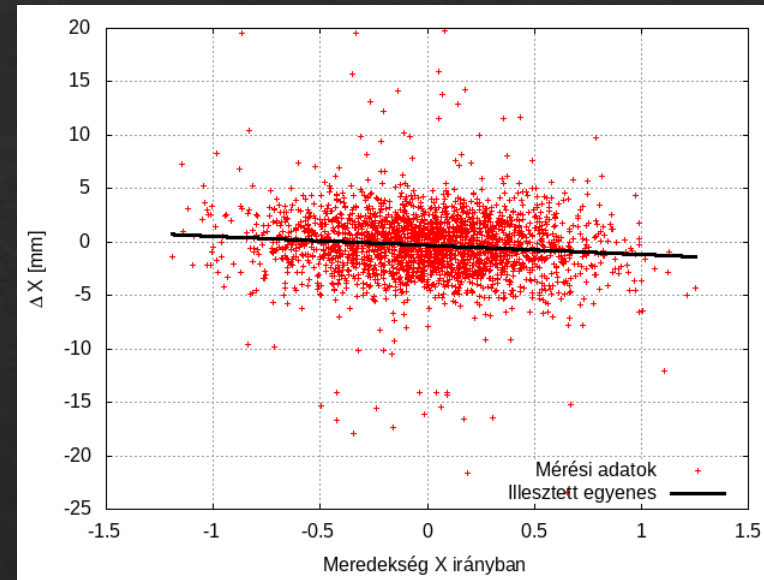
Gerlei Martin

# Egyéb számolás ábrái



$$m(-1\text{mm})=0.14$$

$$\Delta Z(-1\text{mm}) = -m(-1\text{mm}) * 8 = -1.12 \text{ mm}$$



$$m(+1\text{mm})=-0.11$$

$$\Delta Z(+1\text{mm}) = -m(+1\text{mm}) * 8 = 0.88 \text{ mm}$$