

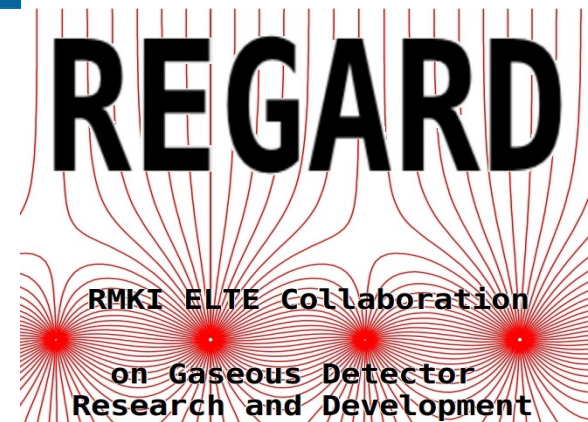
MAFIHE FIZIKA TDK Hét

Alkalmazott kutatások kozmikus részecskék detektálásával

Oláh László
a REGARD csoport nevében

2015. November 10.

Lendület program



Tartalom

I. Kozmikus sugárzás

II. Részecske-detektorok

**III. Föld alatti üregek, ércek detektálása:
barlangkutató, archeológia, bányászat**

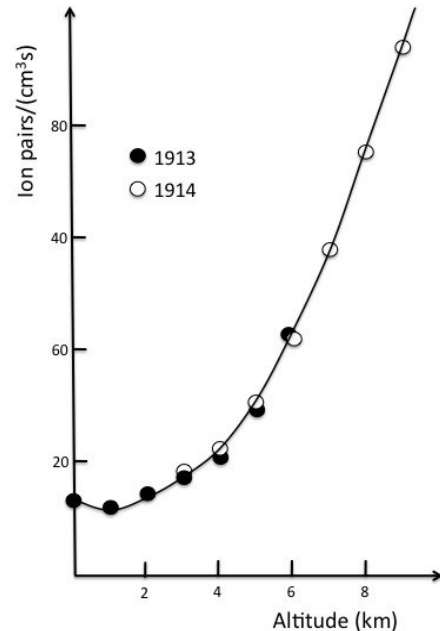
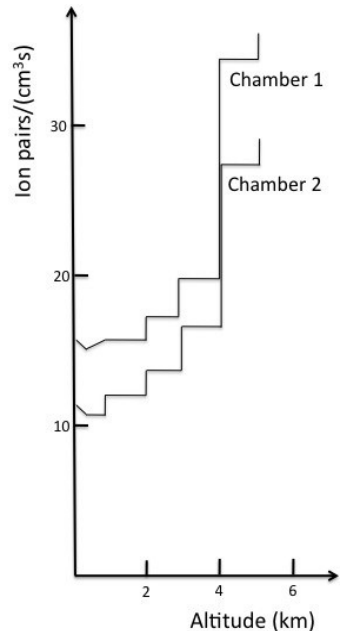
IV. Nukleáris csempészárak detektálása

V. Vulkanok átvilágítása műonokkal

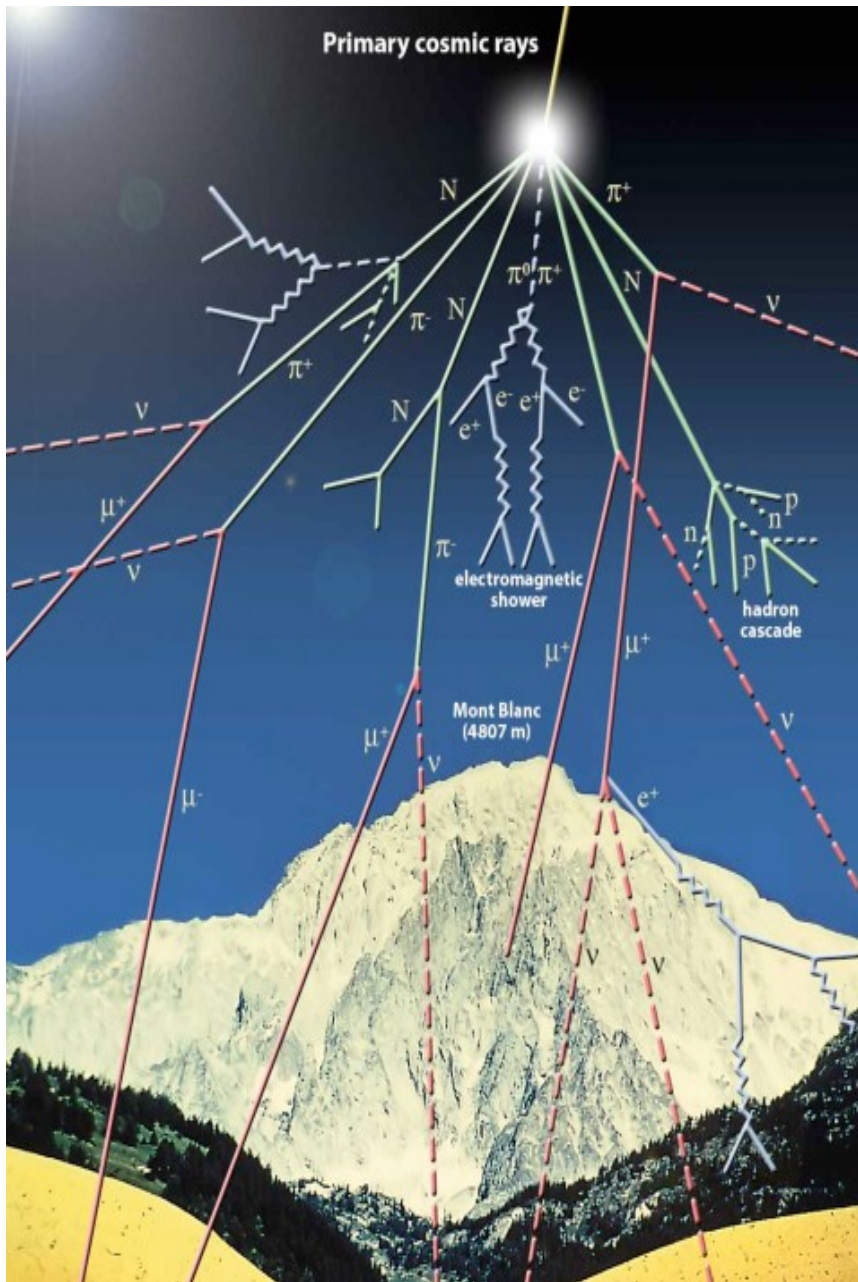
I. Kozmikus sugárzás



- A XX. század elején az elektroszkóp töltésveszteségét a földalatti kőzetek sugárzásával magyarázták.
- Földalatti mérések azonban azt sugallták, hogy csökken a töltésveszteség ideje!
- 1910-ben az Eiffel torony aljánál és tetején végzett mérések azt mutatták, hogy a sugárzás égi eredetű.
- Viktor Hess (1912): 5300 méterig emelkedett ballonjával, miközben egy elektroszkóp töltésveszteségének sebességét mérte: magassággal nőtt a töltésveszteség ideje. (Nobel díj, 1936).



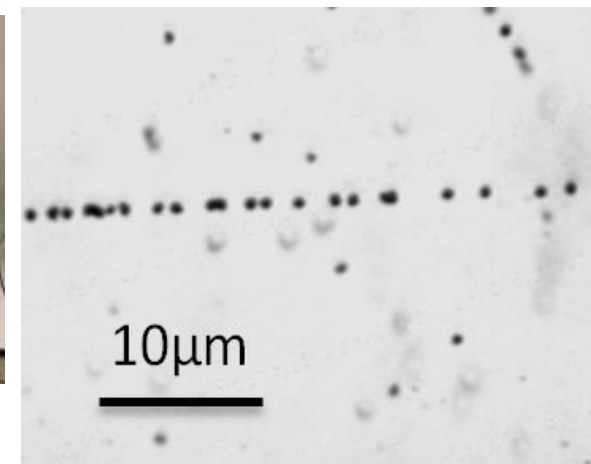
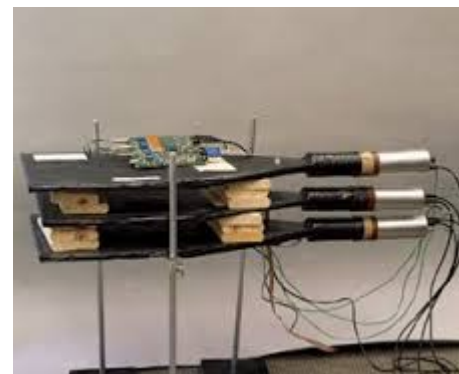
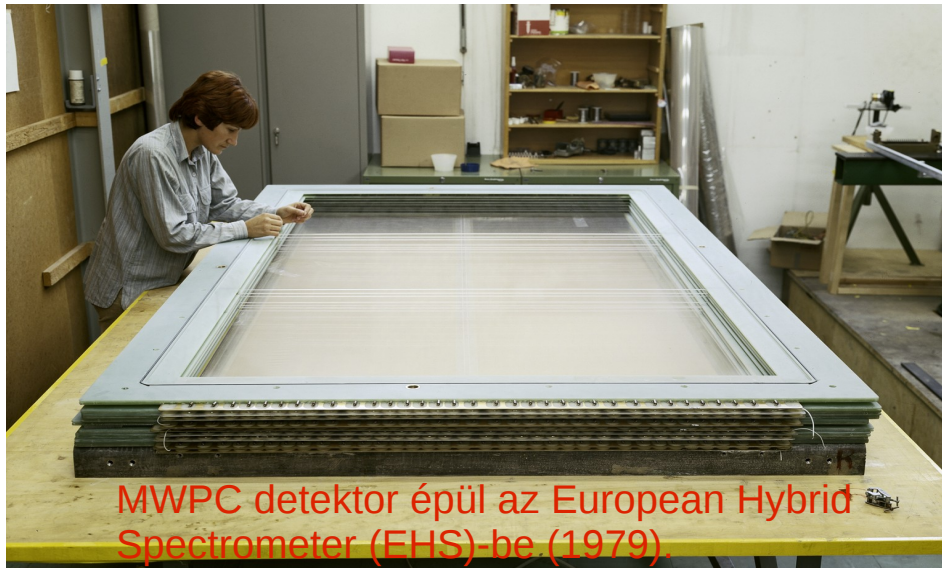
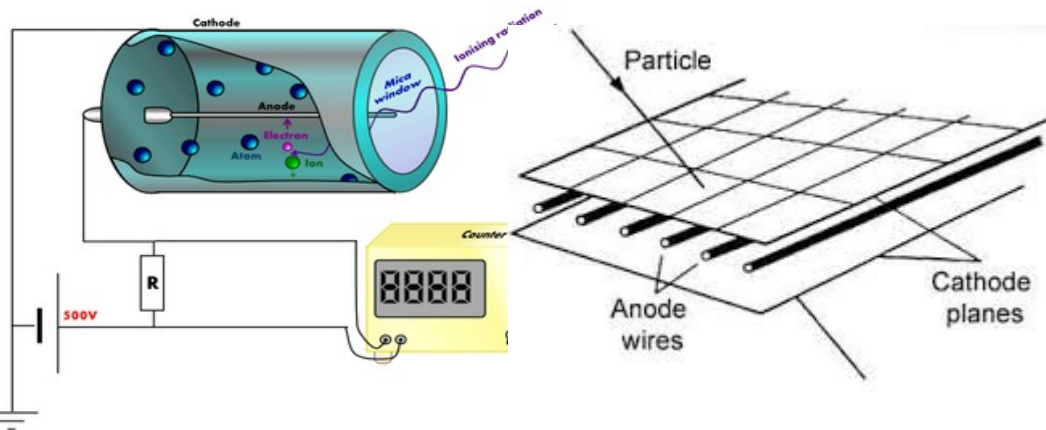
I. Kozmikus sugárzás



- Földünket folyamatosan bombázzák a nagyenergiás részecskék (p, ...)
- Kölcsönhatva a légkörrel pionokat, majd müonokat keltenek
- A kozmikus **müonok** élettartama: 2,2 μs
- A függőlegesen ($\theta = 0^\circ$ zenitszögben) érkező müonok $100 \text{ m}^{-2}\text{sr}^{-1}\text{s}^{-1}$ intenzitásúak és néhány GeV energiával rendelkeznek
- Légkörön és más anyagon történő áthaladásuk során energiát adnak le

II. Hogyan detektáljuk a kozmikus részecskéket???

- **Gáztöltésű detektorok:**
 - Geiger-Müller számláló
 - **Sokszálas proporcionális kamra (MWPC)**
 - Scintillátor alapú detektorok
 - Emulziós detektorok



II. Közel-katódos kamrák (CCC)

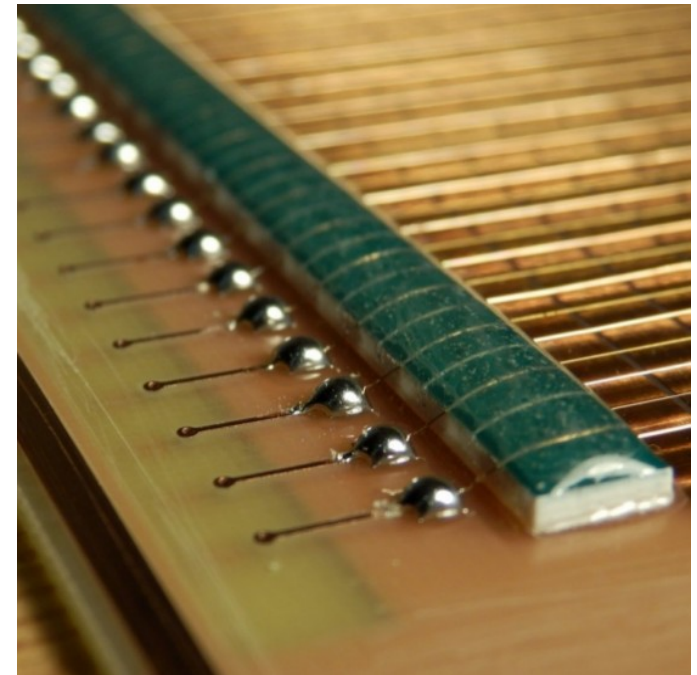
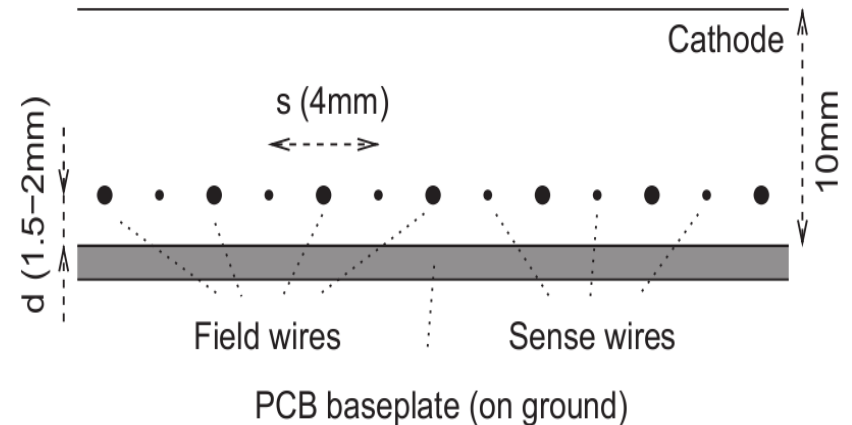
NIM A 648 (2011) 163

NIM A 698 (2013) 11

- **REGARD (Wigner FK + ELTE) fejlesztés:**
Közelkatódos kamra (CCC):

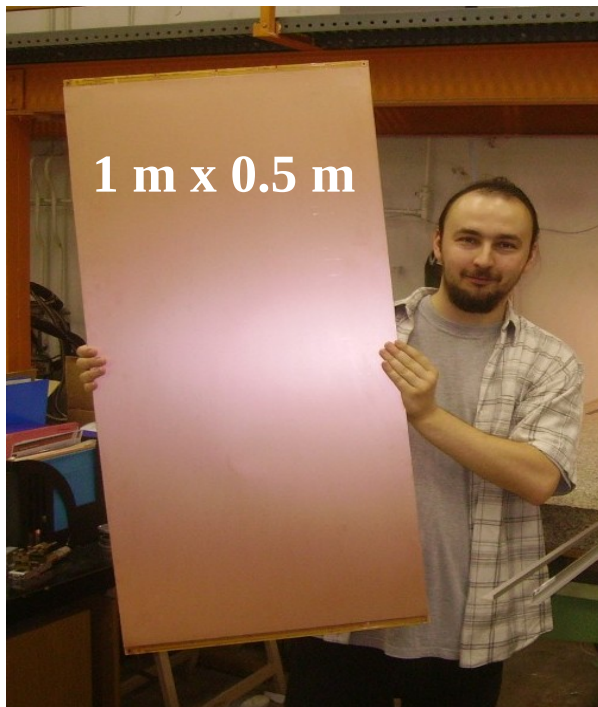
Asszimetrikus Sokszálas Proporcionális Kamra (MWPC):

- Anyag és költséghatékony
- Egyszerű konstrukció
- Toleráns a kisebb pontatlanságokra (~ 100-200 μm)
- **Folytonos gáz áramoltatás (~ 1 L/h):**
nem éghető, nem mérgező Ar – CO₂ (82% - 18%)
- **2D helymeghatározás (szálak and parketták)**
- **High Voltage:** +1 kV az anódszálakon,
-500 V a térformáló szálakon és a katódok közö
- **Öntriggerelés** az anódszálak jelére



Close Cathode Chamber Technology

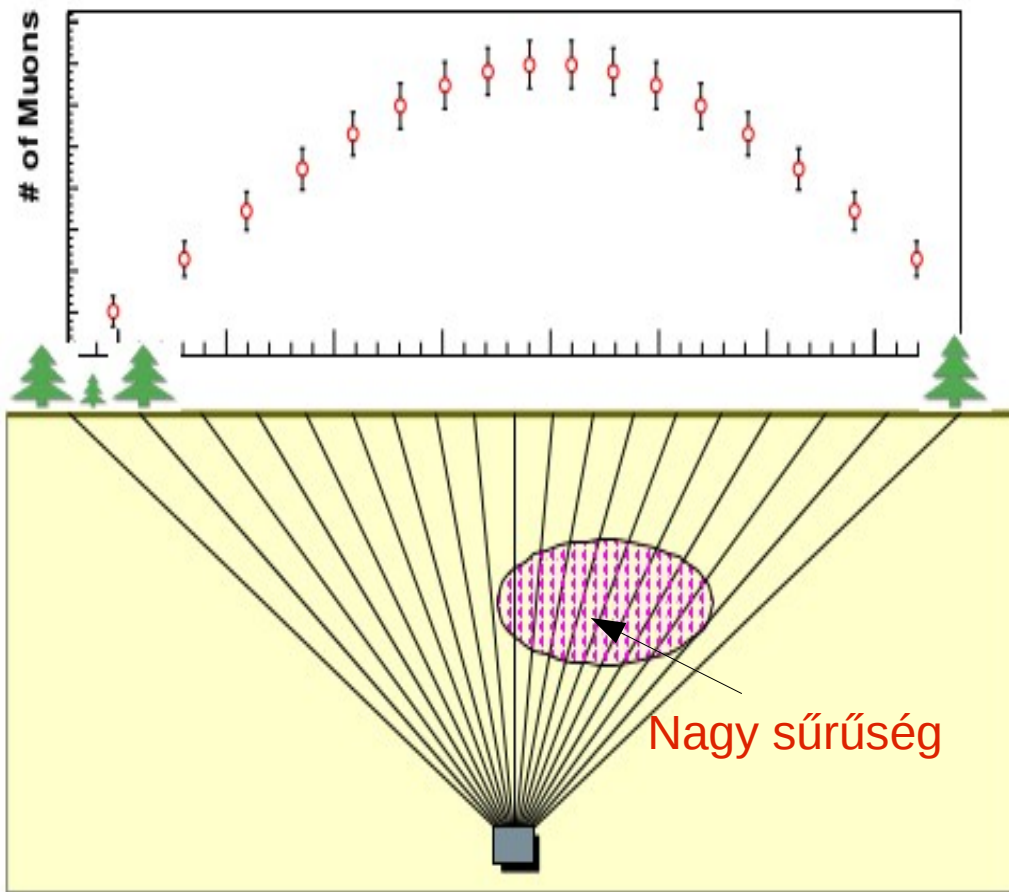
CCC 1 m hosszú szálakkal. CCC kamrák a CERN Proton Synchrotron pion nyaláiban.



- Optimalizált:
 - Tömeg/kamra (0.88 kg)
 - Helyfelbontás (1.5 mm)
 - Detektálási hatásfok (> 95 %)
 - Költséghatékonyság

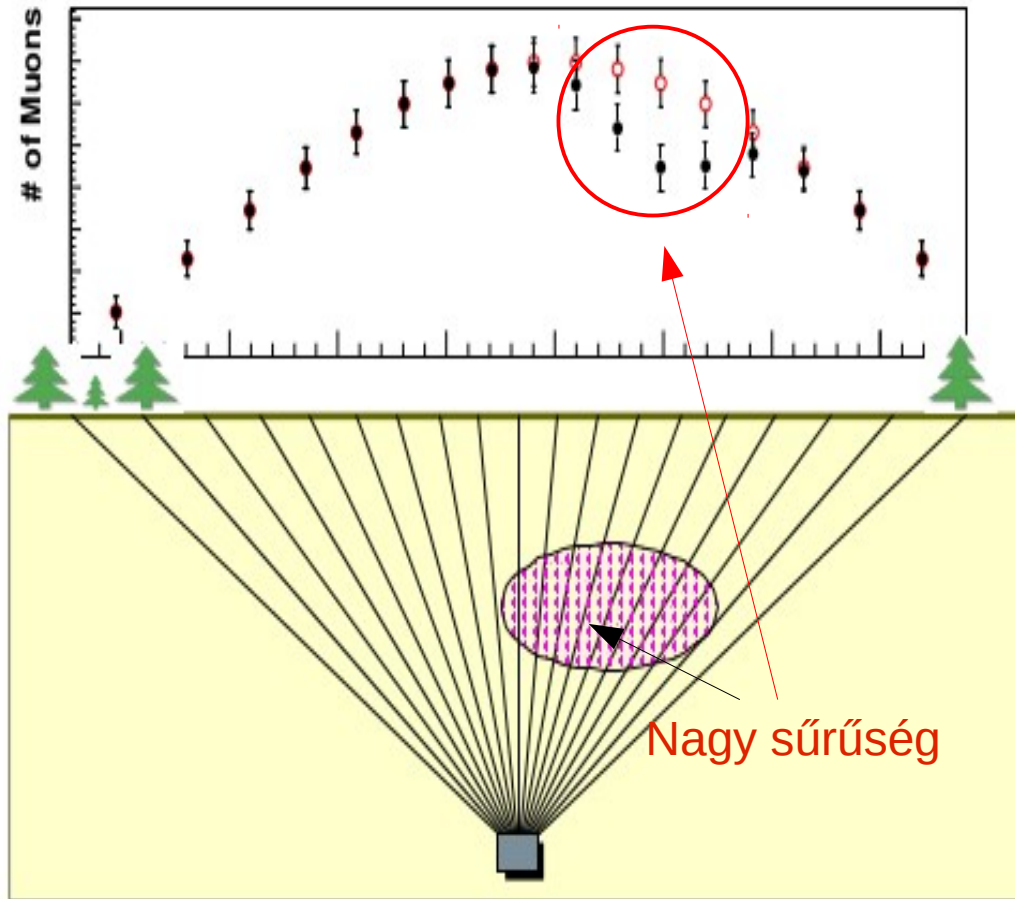
NIM A 698 (2013) 11

III. Föld alatti üregek, ércek detektálása archeológia, bányászat, barlangkutatás



- **Cél:**
nagyskálájú sűrűség-
inhomogenitások (föld alatti
üregek, ércek) detektálása
 kozmikus müonok hozamának
 mérésével

Lásd Zhiyi Liu előadása @ MNR2012 (Clermont Ferrand)



- **Cél:** nagyskálájú sűrűség-inhomogenitások (föld alatti üregek, ércek) detektálása kozmikus müonok hozamának mérésével

A mért müon fluxus kisebb (nagyobb) a vártnál
 → föld alatti sűrűség-inhomogenitás nagyobb (kisebb) sűrűséggel

Lásd Zhiyi Liu előadása @ MNR2012 (Clermont Ferrand)

Régészeti kutatások

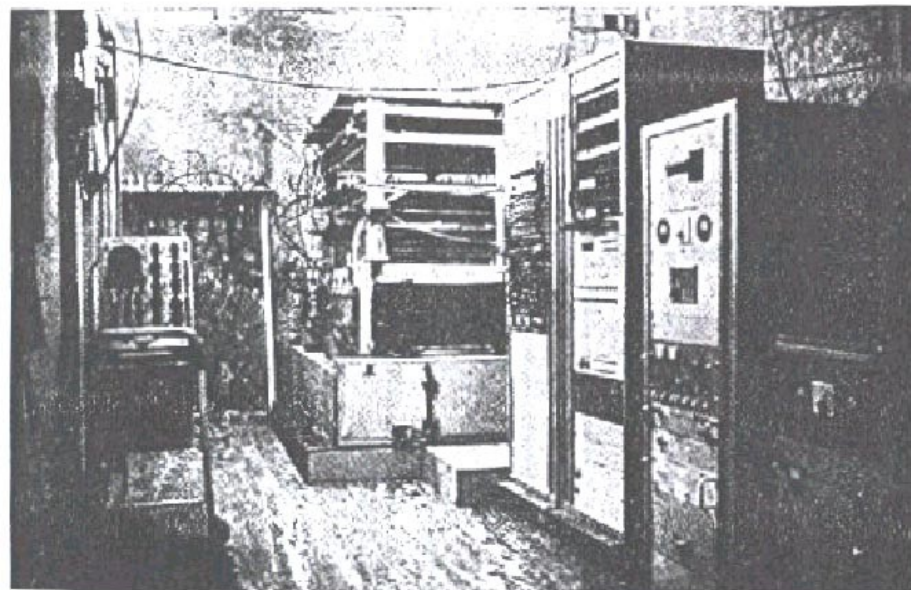


- A Kefren piramis feltérképezése a kozmikus müonok hozamát mérve szik-rakamrák segítségével (**Luis Alvarez**, 1966)
- kb. 1 év mérés, 650k detektált müon:
Nem találtak rejtett kincseskamrákat.

L. Alvarez et al.: Search for Hidden Chambers in the Pyramids, Science, 167, 832-839, 1970.

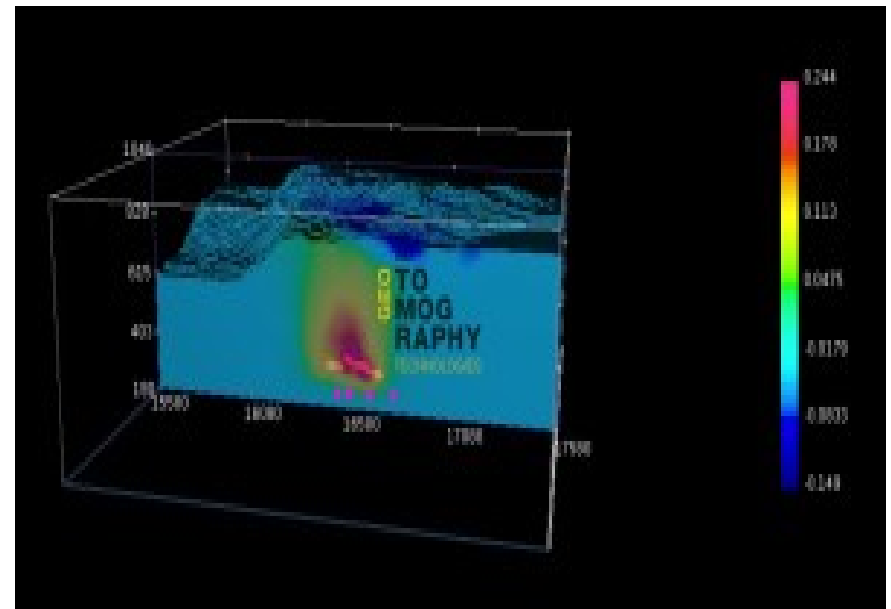
- 2007 óta rejtett sírkamrákat keresnek a Teotihuacanban található Nap piramisában MWPC-k segítségével.
- Eddig nem találtak
1 méternél nagyobb üreget a piramisban:

R. Alfaro, V. Grabski et al.:
Searching for possible hidden chambers in the Pyramid of Sun.



Bányászati alkalmazások

- CRM GeoTomography Technologies (<http://www.crmgtm.com>)
- Kőzet-sűrűsödések (ércek) detektálása kozmikus részecskék hozamának mérésével



Alkalmazás optimalizált detektorok fejlesztése



- **Detektor:**

- Stabil, megbízható működés laboron kívül (100 % páratartalom, hőmérséklet ingadozás, etc)
- Kis fogyasztás (10-50 Watt)
- Optimális precizitás, jó hatásfok:
 - Fair szögfelbontás (< 5 deg)
 - Jó detektálási hatásfok (> 90 %)

- **A földalatti Müon-leképezés korlátai:**

- Detektor a vizsgált objektum alatt
- Részecskék többszörösen szóródnak a kőzetben
- Mérések ideje nő a mélységgel (sűrűségossal)

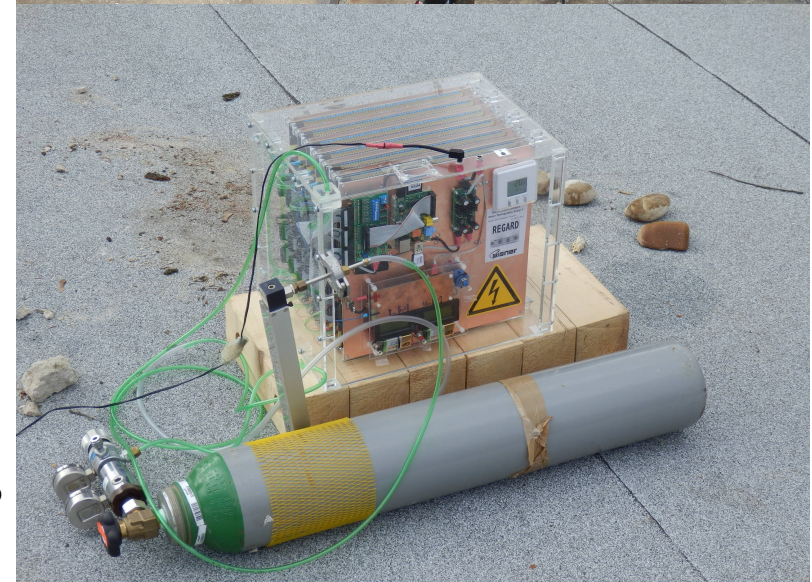


A REGARD csoport hordozható müondetektorai

NIM A 689 (2012) 60-69

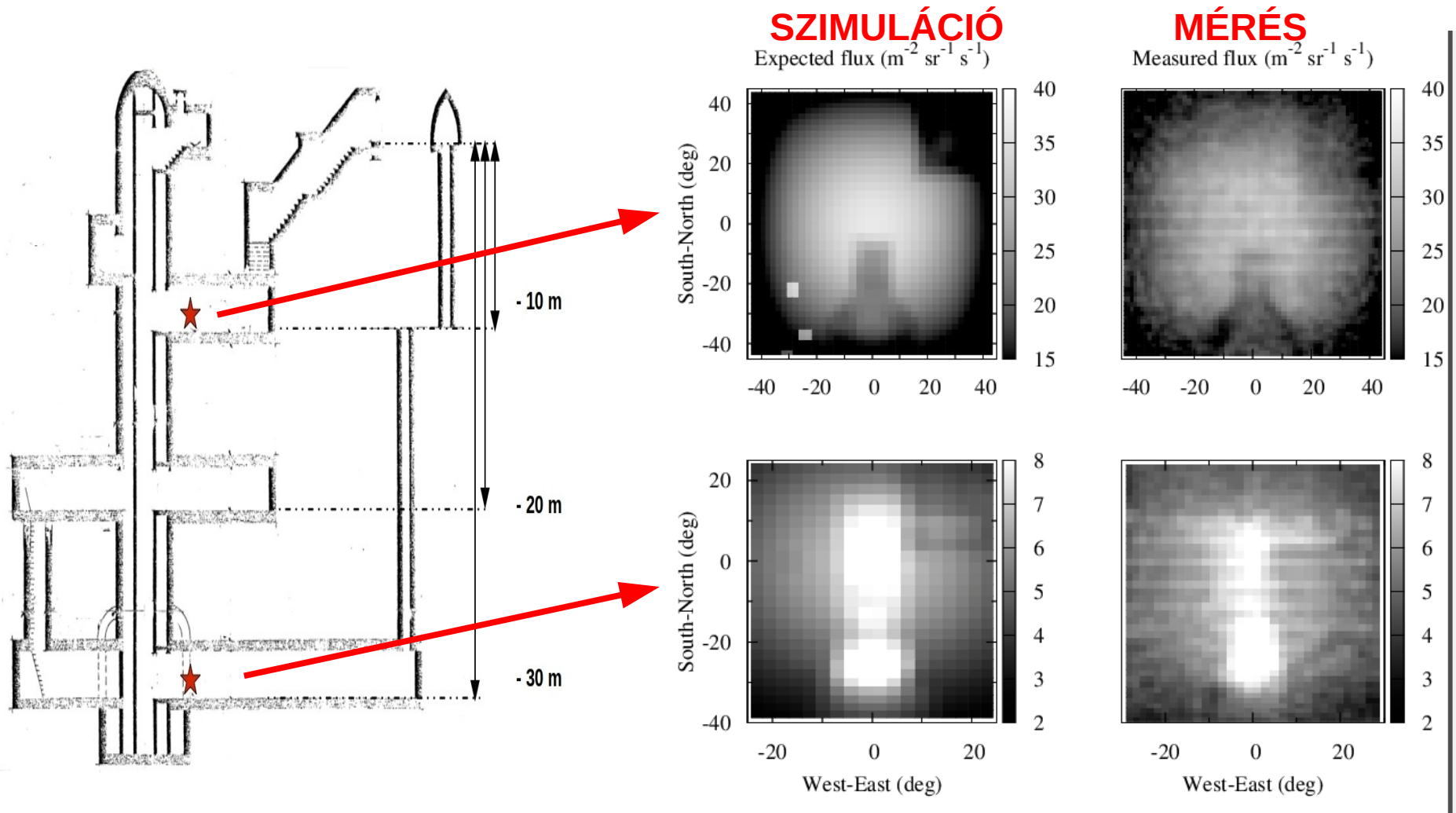
Adv. in HEP, 560192 (2013) 1-7

- **5-6 réteg közel-katódos kamra (CCC)**
 - Méret: **0.0625 - 0.250 m²**
 - Szögfelbontás: **10 mrad**
 - Energiavágás: **~ 10 MeV**
- Plexidoboz véd a külső környezettől
- Kézben hordozható:
 - térfogat: **47 x 51 x 25 cm³**
 - tömeg: **20 kg**
- Integrált (PIC32 és Raspberry Pi alapú) adatgyűjtő rendszerek (DAQ)
- Külső és detektor paraméterek monitorozása (p, T, H)
- Egyszerű kezelőfelület:
 - LCD kijelző, SD kártya
- **Fogyasztás: 5 W !!!!**



L. Oláh TDK hétvége 2015

Épületszerkezetek, alagutak detektálása



- 30 m mély Jánossy akna a KFKI Kampuszon:
 - Épületszerkezetek és alagutak látszanak

Barlangászat kozmikus müonokkal



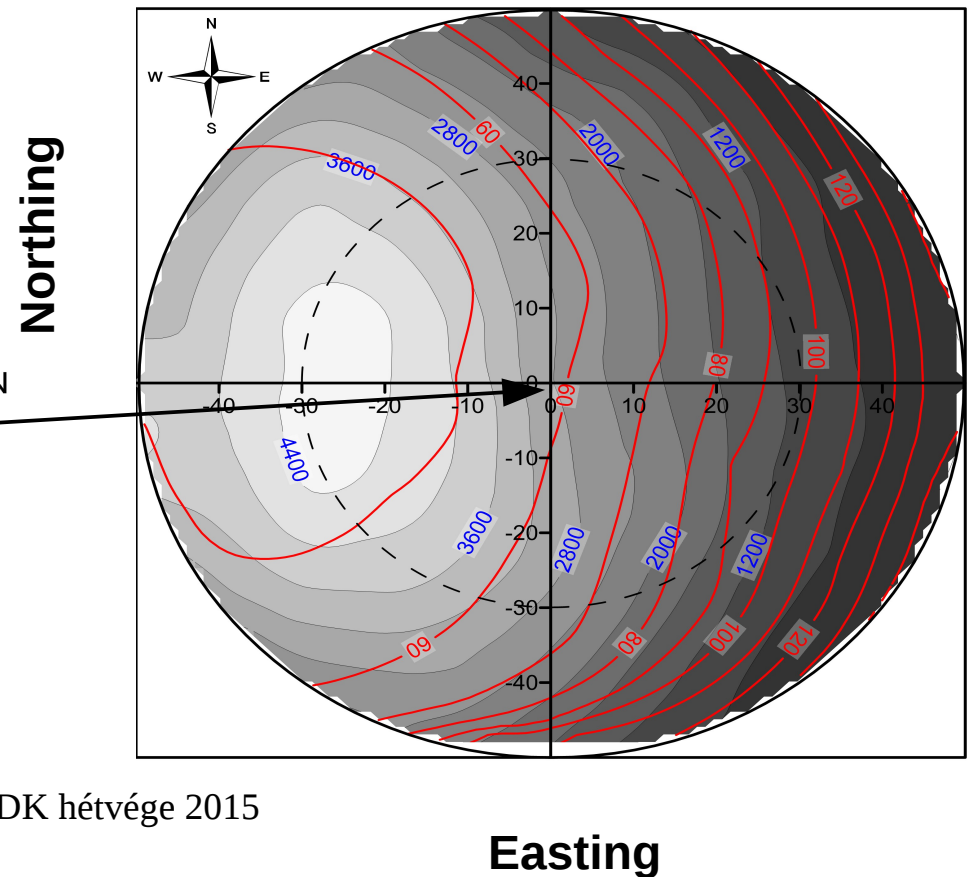
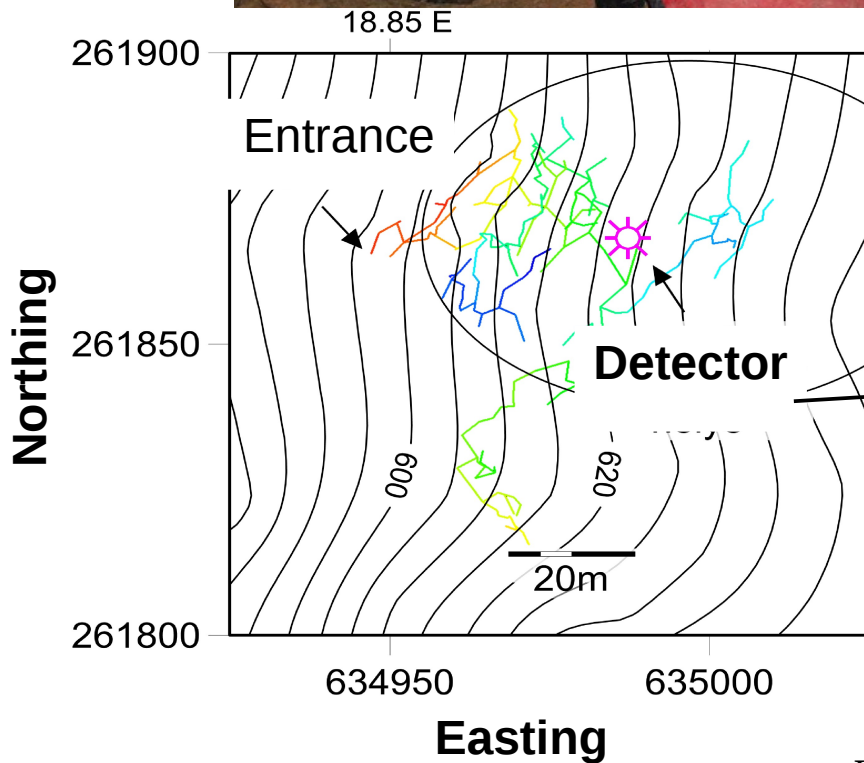
NIM A 385 (1997) 480-488

NIM A 689 (2012) 60-69

- 50 nap, 60 méter mélyen az Ajándék barlangban, Pilis, Hungary (170k tracks)
- **Müon hozam korrelál a kőzetvastagsággal:**
Nincs üreg

Red contours: rock thickness (m)

Grayscale contours: muon counts



Bekapcsolódási pontok a kutatásba (TDK/BSc/MSc):

- További kamrák és müondetektorok építése
- Mérések
- adatanalízis
- Geológiai/geofizikai szimulációk:
 - Valós kőzet vs érc szimulációk, etc

IV. Nukleáris csempészárak detektálása

IV. Nukleáris csempészárúk detektálása

Cél: nukleáris csempészárúk detektálása a kozmikus részecskék elnyelődésének és többszörös szóródásának mérésével

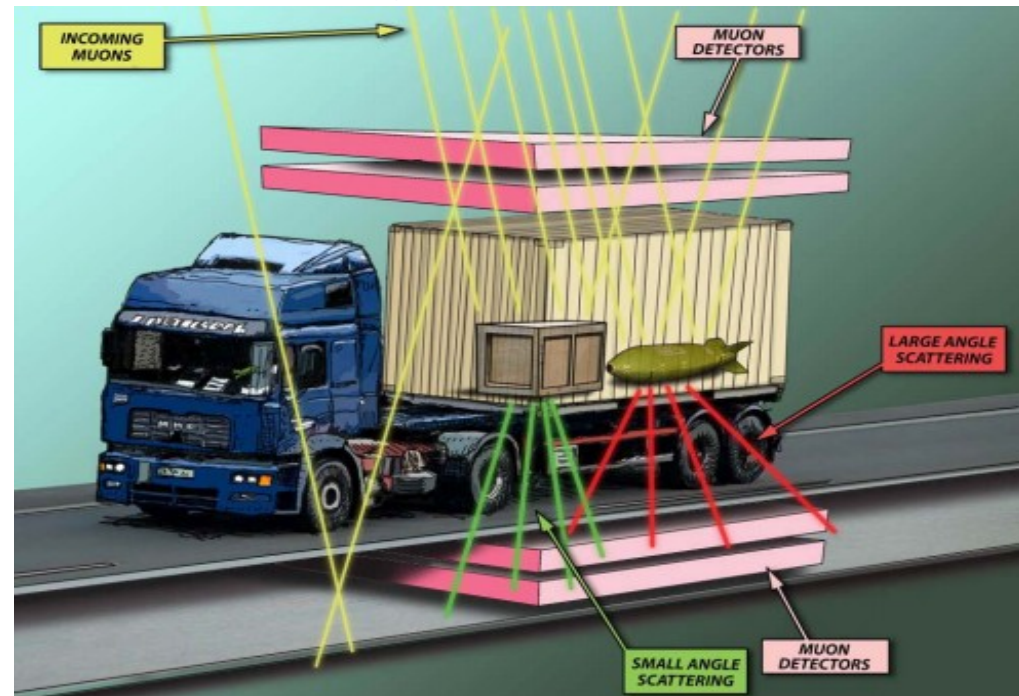
- **Előny:**

- Természetes sugárzás
- Nagy rendszámú anyagokra érzékenyebb
- Nagy áthatolóképeség: vastag fémek is átvilágíthatók

K. Borozdin et al.: Nature 422, 277 (2003)
L. Morris et al.: AIP Advances 2, 042128 (2012)

- **Kérdések:**

- Mennyi idő szükséges?
- Mekkora felbontás?
- Mit mérünk (műon/electron)?

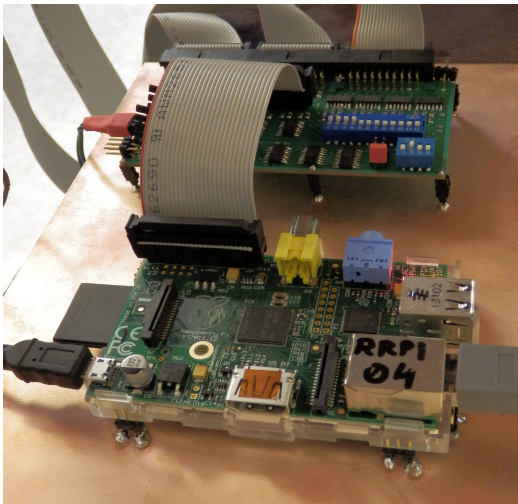


REGARD Muon Security Setup

μ

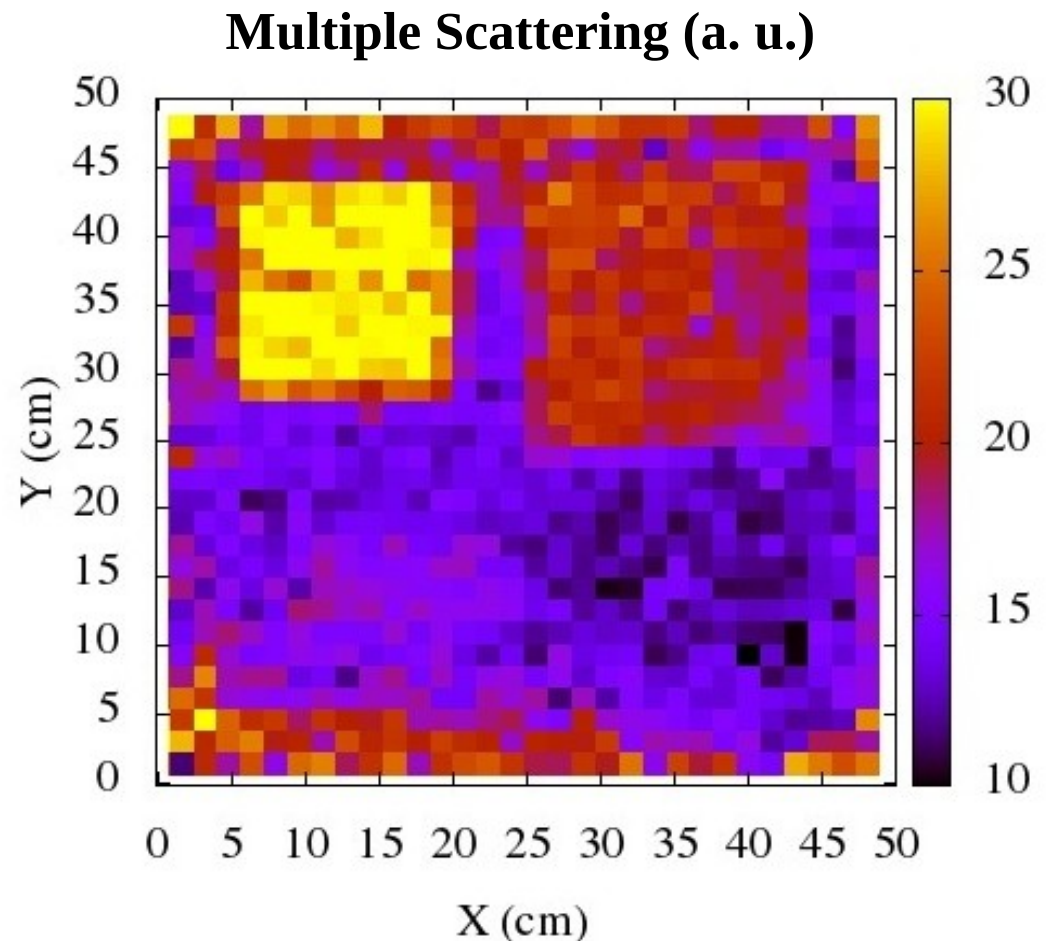
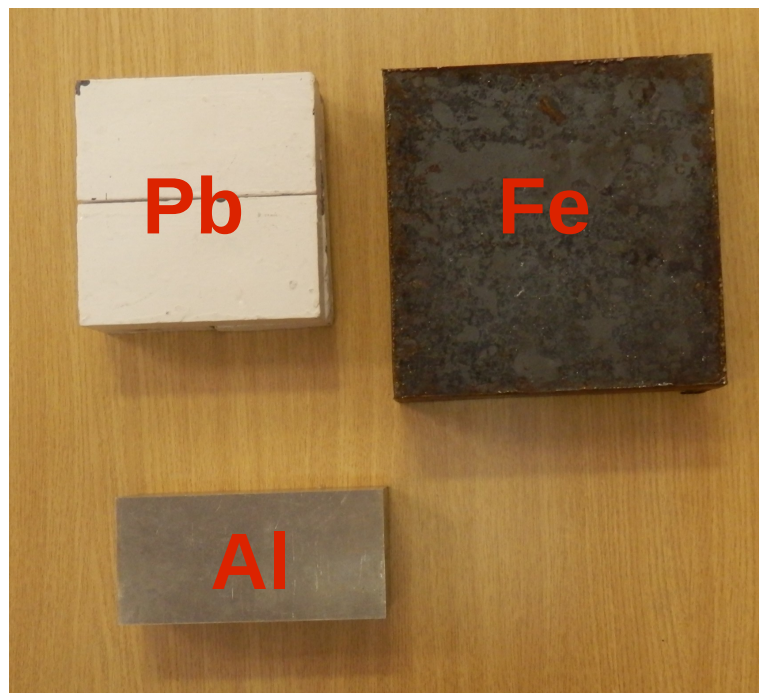


- 3+3 CCC:
- Érzékeny felület:
50 cm x 50 cm
- Raspberry Pi alapú DAQ:
 - Kis méret (10 cm x 10 cm x 3 cm)
 - Lehetőség távoli vezérlésre és adat managementre
- Fogyasztás: ~ 10 W



Anyag elválasztás kozmikus részecskék szóródásának mérésével

- 1-2 órás méréssel jól megkülönböztethetők az Aluminium, Vas és Ólom tömbök



Bekapcsolódási pontok a kutatásba (TDK/BSc/MSc):

- Nagy méretű ($\sim 6 \text{ m}^2$) detektor építése
- Adatgyűjtő rendszer fejlesztés
- Reális prototípus (GEANT4) szimulációja
- Mérések
- Adatanalízis

V. Vulkáni tevékenység vizsgálata

NIM A 356 (1995) 585-595

Geophys. J. Int. (2012) 190, 1008–1019

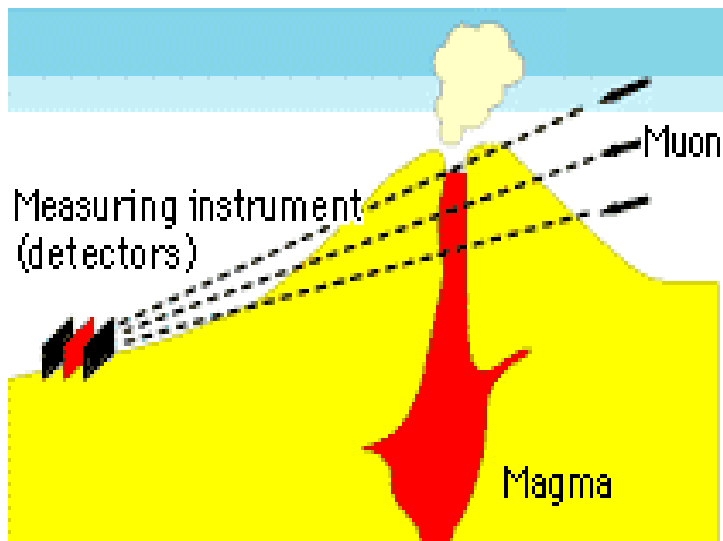
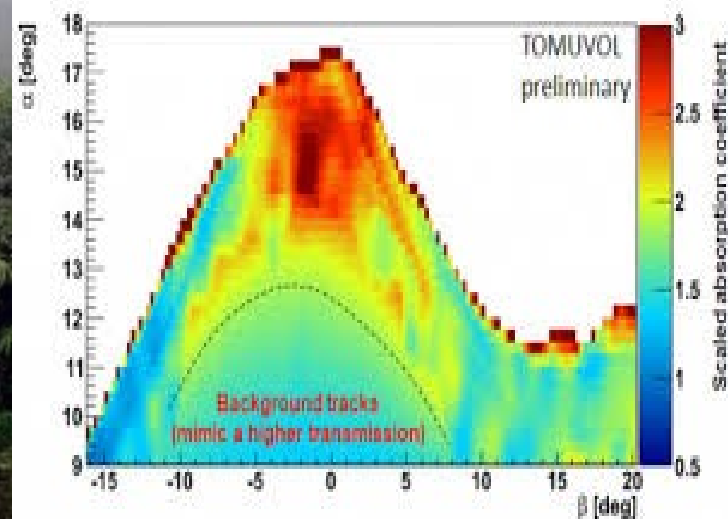


Figure 4: Analyzing the internal structure of a volcanic zone using muons



Geosci. Instrum. Method, 2, 55–60, 2013

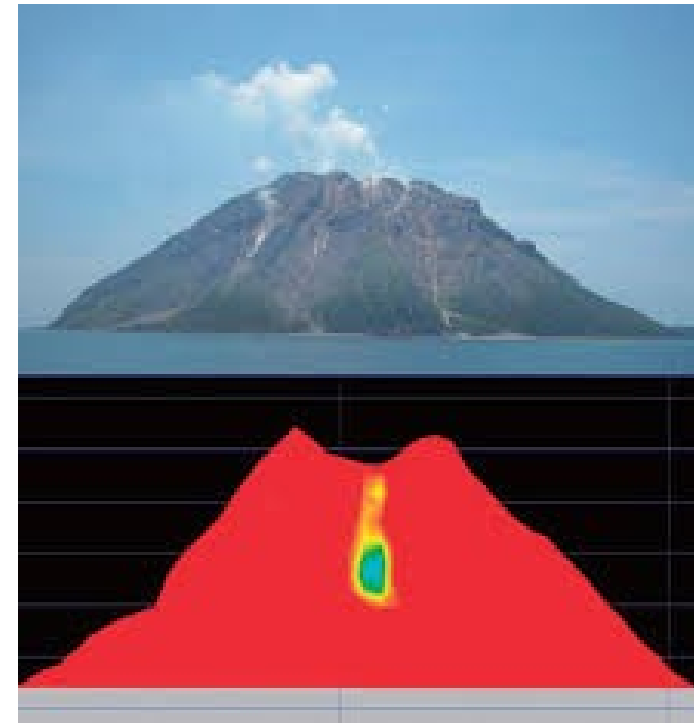


- Cél: vulkán sűrűségváltozásának monitorozása (4D tomográfia)
 - Mikor lesz vulkánkitörés?
 - Hol fog kitörni a vulkán?
 - Milyen hosszú lesz a kitörés?

V. Vulkáni tevékenység vizsgálata

- Aktív kutatás: Japán, Franciaország, Olaszország.
- **Alkalmazott detektor technológiák:**
 - **Scintillátor:** megbízható, de rossz a helyfelbontása
 - **Emulziós:** jó a felbontása, de nem lehet online a mérés utáni kiolvasás miatt
 - **Gáztöltésű detektorok:** jó felbontás, de nehezen optimalizálható a környezethez
- **Korlátozó tényezők:**
 - Közel vízszintes részekék detektálása:
 - Kicsi hozam → nagy detektor (több m²)
 - Melyik részecske jött előlről és melyik hátulról? :-)
 - Hogyan szűrjük ki azokat a részecskéket amelyek a vulkán irányából, de nem azon keresztül érkeztek?

GEOPHYS. RES. LETTERS,
VOL. 36, L01304, 2009

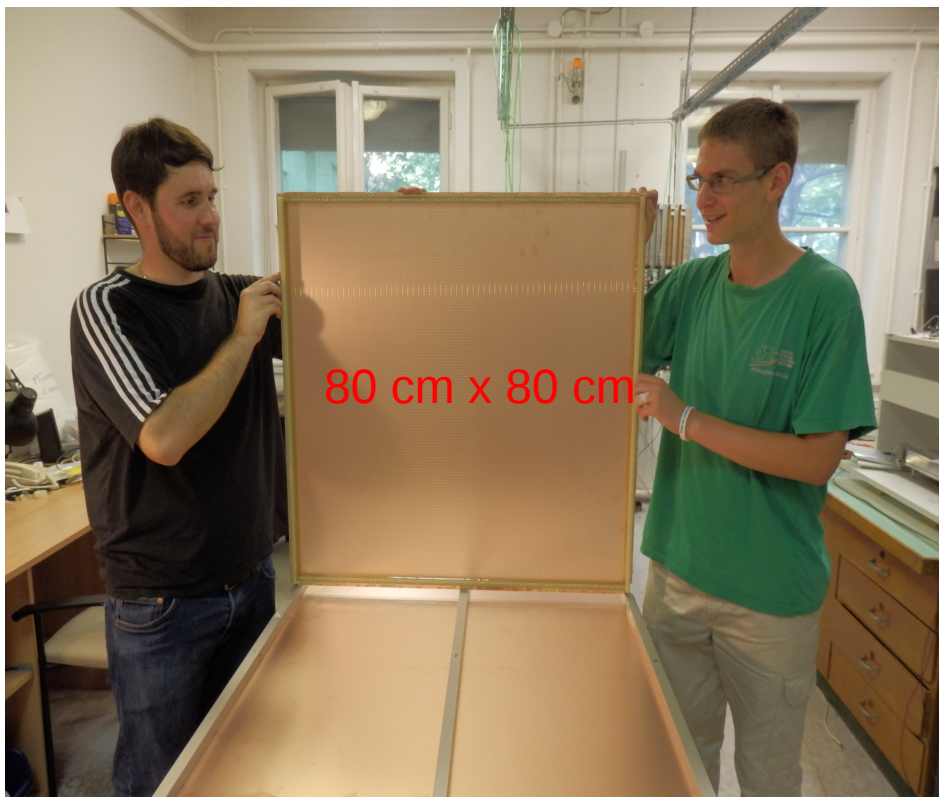


Satsuma-Iwojima Volcano, Japan

Hordozható gáztöltésű detektorok fejlesztése

- Tokyo University - Wigner FK együttműködés
- Mérések a Sakurajima vulkánnál a REGARD csoport hordozható detektoraival 2016-ban

D. Varga et al.: Eur. J. Phys.
36 (2015) 065006



Bekapcsolódási pontok a kutatásba (TDK/BSc/MSc):

- Nagy méretű ($\sim 2 \text{ m}^2$) detektor építése
- Mérések szimulációja
- Adatanalízis

Összefoglalás

- **A REGARD csoport műondetektorai:**
 - Mobilisak, kompaktak, energiahatékonyak
 - Költséghatékony technológia
 - Alkalmazás optimalizáltak
- **Alkalmazási lehetőségek: barlangászat, archeológia, nemzetvédelem és vulkanológia**
- **TDK/BSc/MSc témák: detektor építés, mérések, szimulációk, adatanalízis**

**KONTAKT: Oláh László (olah.laszlo@wigner.mta.hu)
Varga Dezső (varga.dezso@wigner.mta.hu)**

Köszönöm a figyelmet! :-)



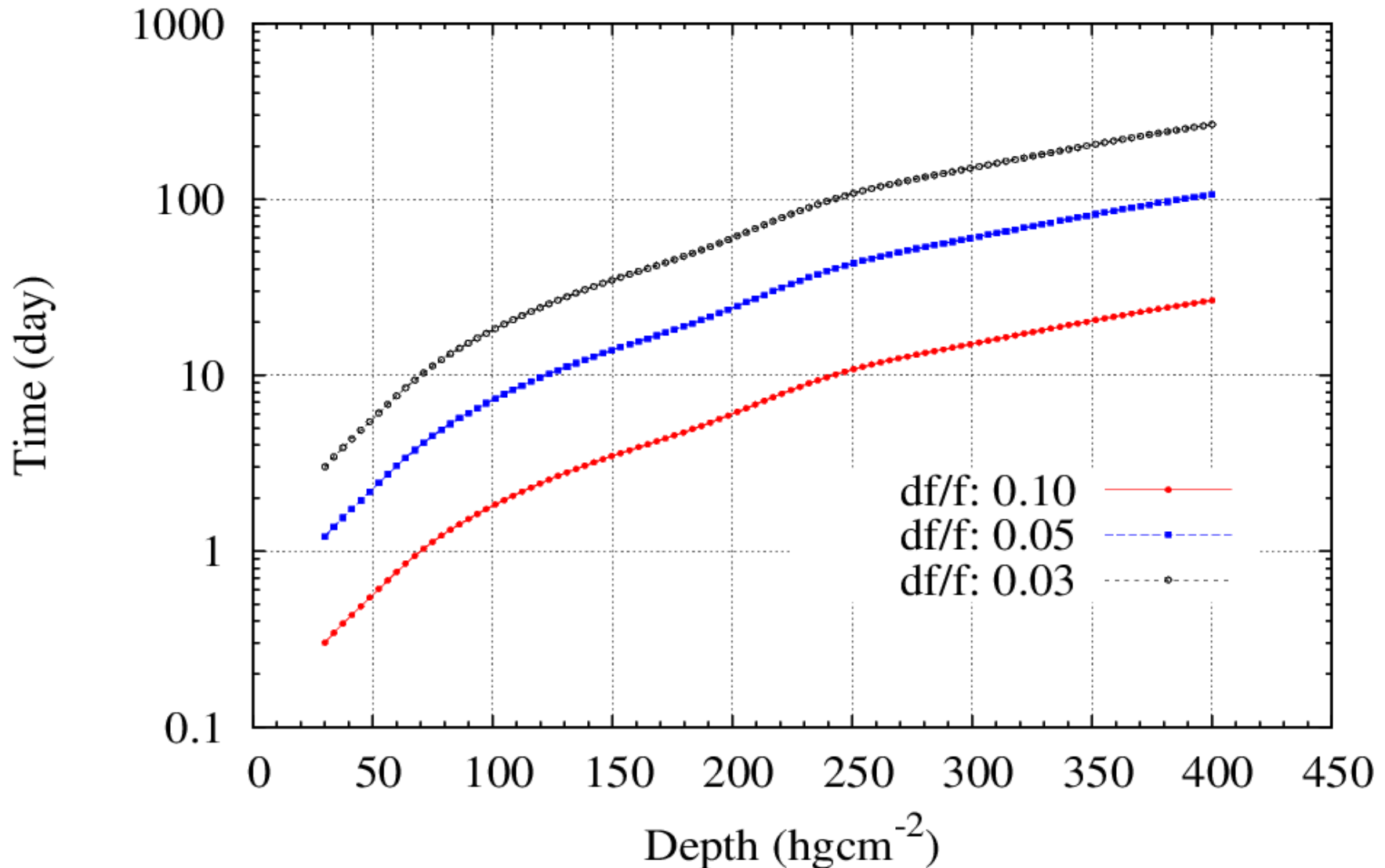
Kutatásunkat a Lendület program (LP2013-60) támogatja.

L. Oláh TDK hétvége 2015

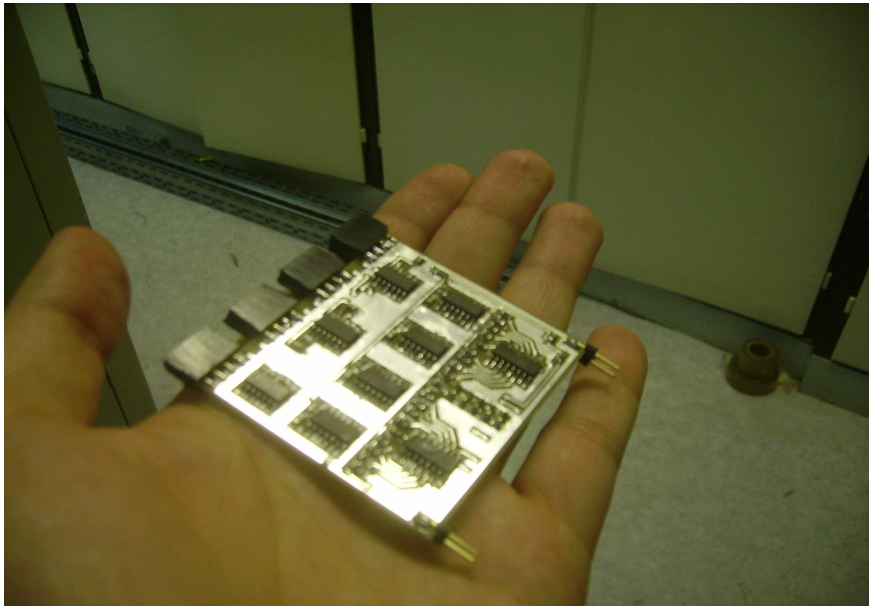
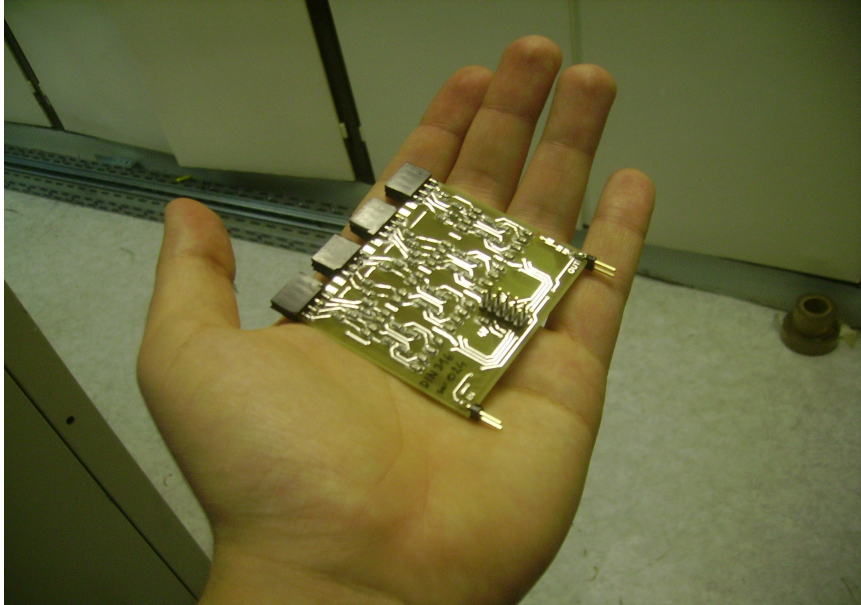
Backup Slides

The Duration of Muon Flux Measurements

- depends on the depth and the precision (df/f , relative error)



Front-End Electronics



- 16 channels per electronic
- Analog amplification with commercial logic ICs (CD4001 and CD4069)
- Discrimination → 1 bit per channel
- Local storage in a shift register (74HCT165)
- Serial readout
- All electronics can be put into **one chain**