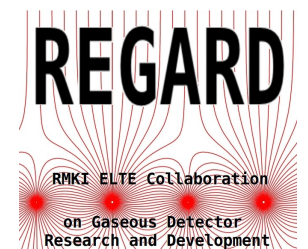


Müográfia

Földi képalkotás kozmikus részecskékkel
Részecskefizikai detektorok geofizikában

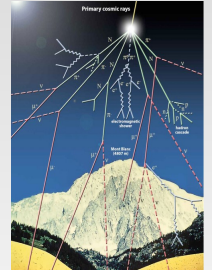
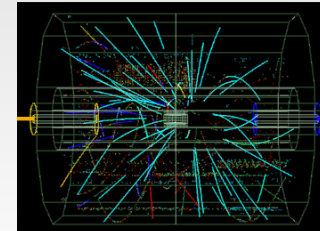
Dr. Hamar Gergő

Wigner Fizikai Kutatóintézet
Nagyenergiás Fizikai Osztály
REGARD Innovatív Detektorfejlesztő Csoport



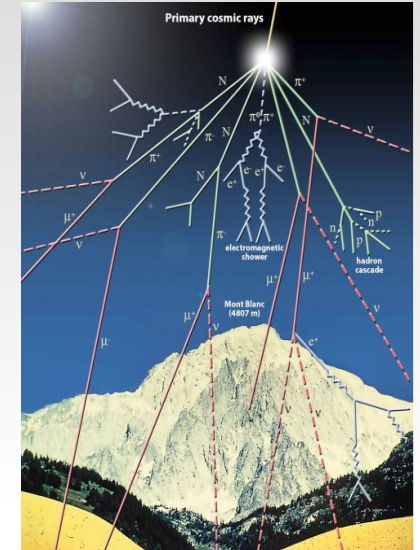
Vázlat

- **Kozmikus müonok eredete**
- **Részecskefizika és detektorok**
- **Földalatti kísérletek idehaza**
- **Vulkánok átvilágítása**
- **Határvédelem és anyagvizsgálat**
- **Összefoglalás**



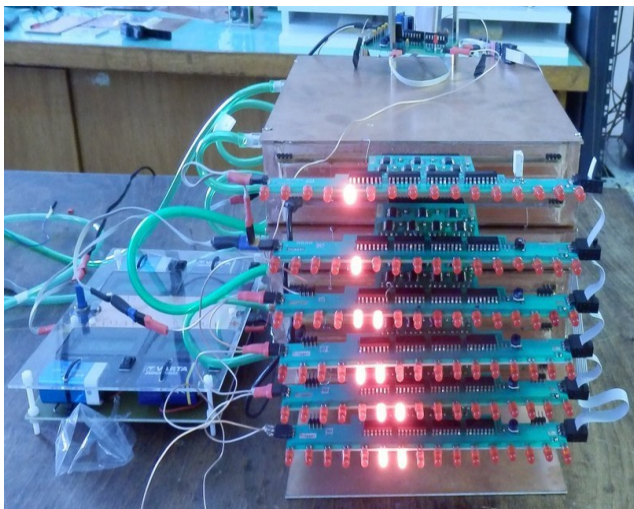
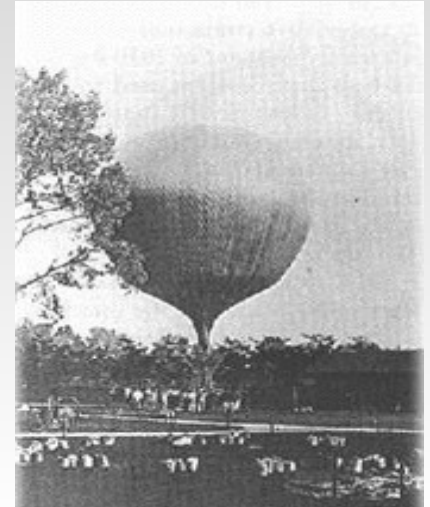
Vázlat

- **Kozmikus müonok eredete**
- **Részecskefizika és detektorok**
- **Földalatti kísérletek idehaza**
- **Vulkánok átvilágítása**
- **Határvédelem és anyagvizsgálat**
- **Összefoglalás**



Kozmikus háttérsugárzás

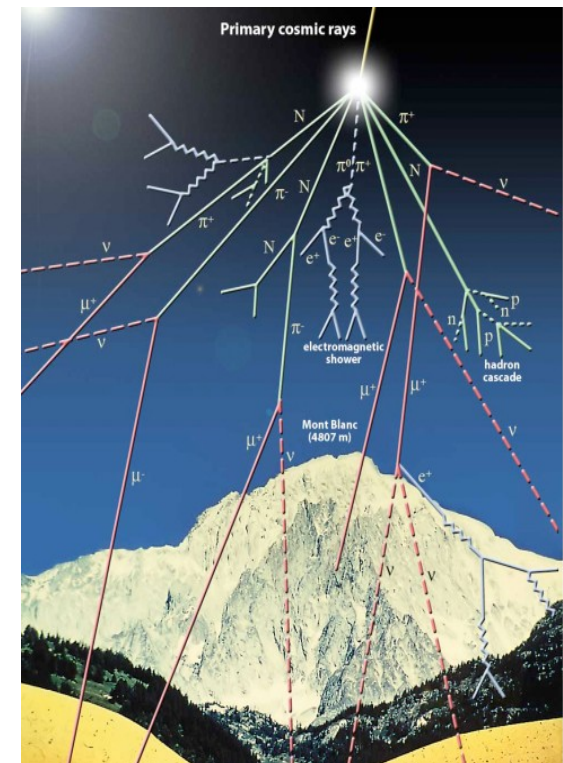
- Wulf szerzetes (1909) elektroszkóp kís.
- Victor Hess (1912) hőlégballon 6 km
- Világűrben részecskék (proton, alfa, ..)
- Nagyenergiás ütközések a felső légkörben (mint CERN)
- Keletkező részecskék : elbomlanak
- Földfelszínre a müon részecske jut el



másodpercenként
egy tenyéren 1 müon

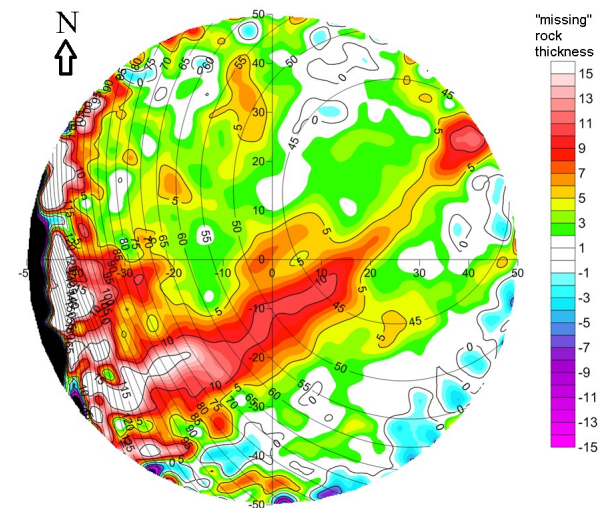
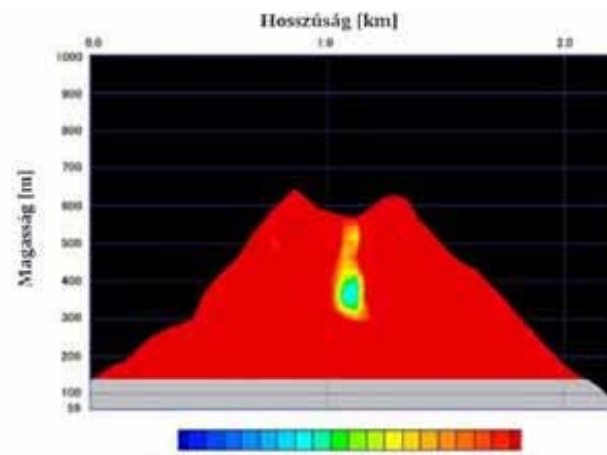
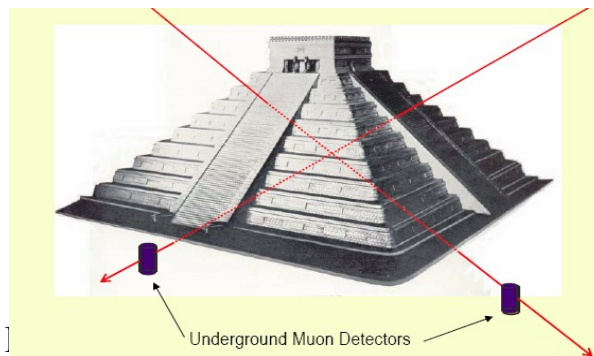
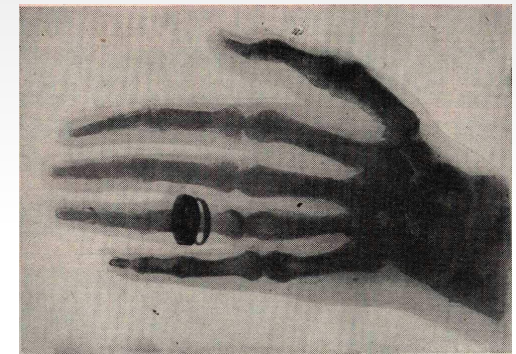
Fluxus $\sim 120 / \text{m}^2 \text{srad s}$

Hamar G. - Müográfia



Müográfia

- Kozmikus müonok : mindig és mindenhol
- Folyamatosan energiát veszít
→ véges mélységig jut a földre
- Széles energiatartomány, szögfüggő $\sim \cos^2$
- Anyagmennyiség \leftrightarrow Müonok száma
(mint egy Röntgen kép egy hegyről)
- Nagy objektumok átvilágítása
- Egyedi müon részecskék észlelése

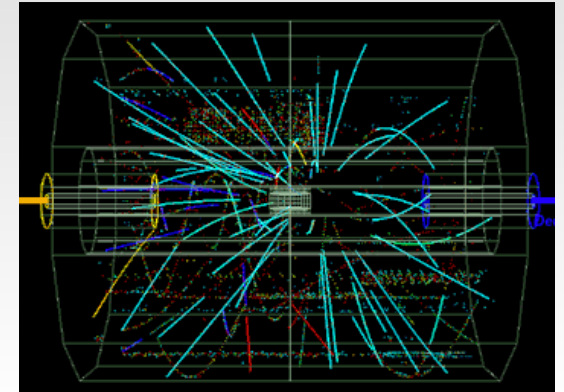


Kutatási területek

- Müoográfia egy új tudományterület
részecskefizikai technológia geofizikai alkalmazásban
- Alapvetően nagy skálás sűrűség anomáliák lokalizálása
(Klasszikus technológiákkal együttműködve)
- Régészeti kutatások
Kefren piramis (Alvarez), Gízai piramis, Kofun, ...
- Vulkánok belsejének megértése, monitorozása (előrejelzés?)
Sakurajima, Etna, Stromboli, Puy de Dome, ...
- Földalatti természetes értékek
Barlangászat, Bányászat, Rekultiváció, ...
- Ipari alkalmazások
Földalatti tárolók, Reaktor vizsgálat, ...
- Nemzetvédelmi felhasználás
Rakomány átvilágítás földi/vizi/légi szállításnál

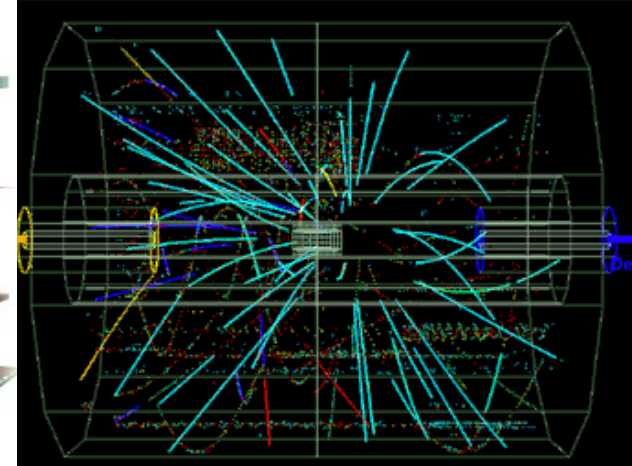
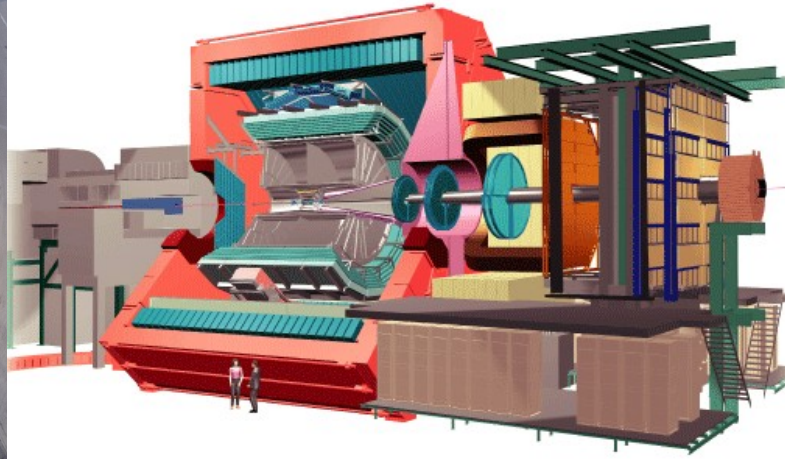
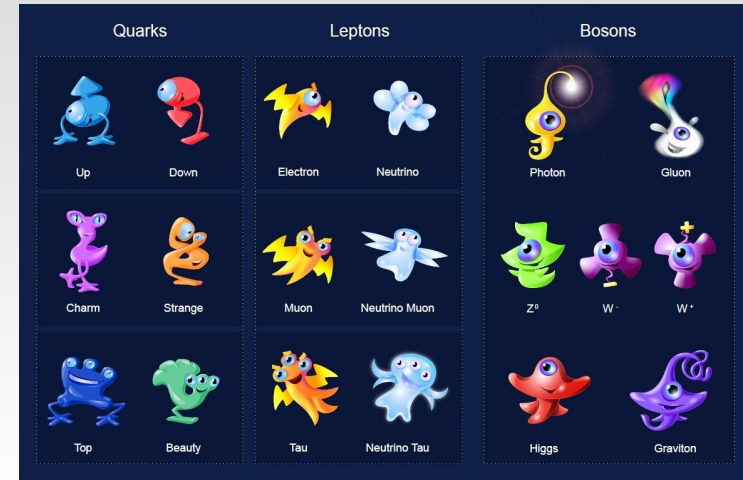
Vázlat

- Koszmos mionok eredete
- **Részecskefizika és detektorok**
- Földalatti kísérletek idehaza
- Vulkánok átvilágítása
- Határvédelem és anyagvizsgálat
- Összefoglalás



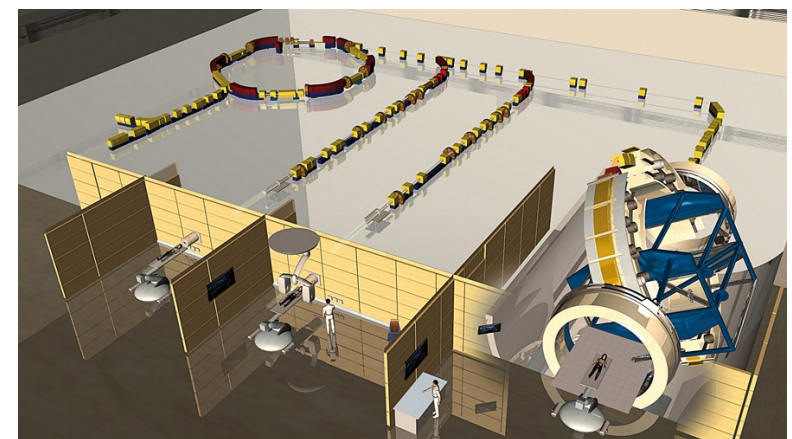
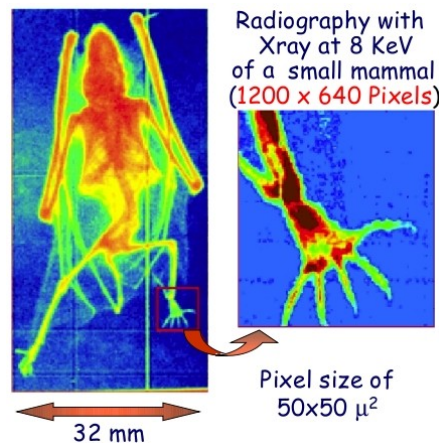
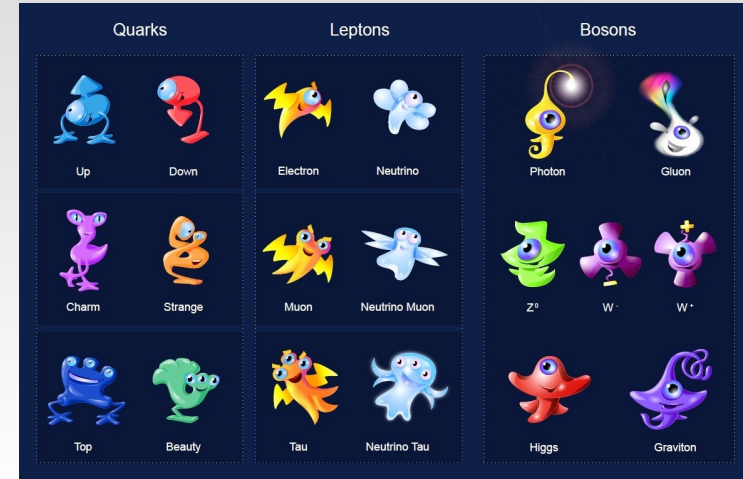
Részecskefizika

- Elemi részecskék : Standard model
proton, neutron, elektron →
kvark, gluon, lepton, bozon
- Óriási részecskegyorsítók, ütköztetők
hatalmas kísérletek (pl: CERN)
(Nobel díj 2013 : Higgs bozon)
- és amúgy van a részecskefizikának gyakorlati haszna ?



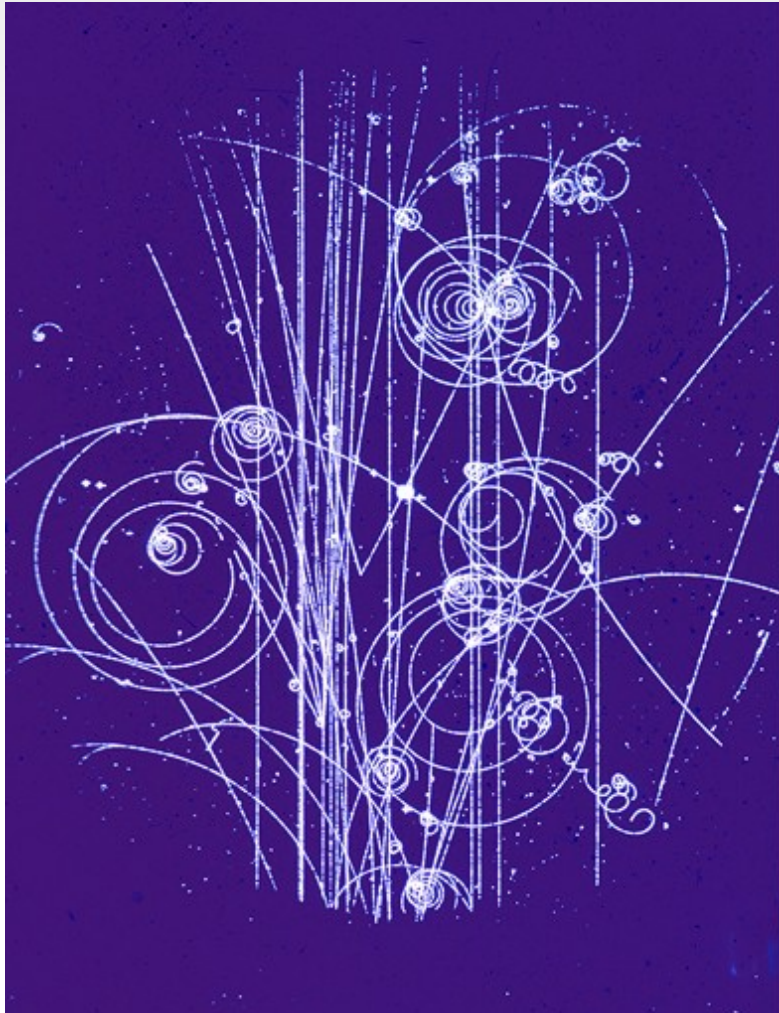
Részecskefizika

- Elemi részecskék : Standard model
proton, neutron, elektron →
kvark, gluon, lepton, bozon
- Óriási részecskegyorsítók, ütköztetők
hatalmas kísérletek (pl: CERN)
(Nobel díj 2013 : Higgs bozon)
- és amúgy van a részecskefizikának gyakorlati haszna !
orvosi alk: Röntgen, CT, PET, MR, ion terápia, ...
reaktor, anyagfizika, ipar, grid, www, genom, müográfia



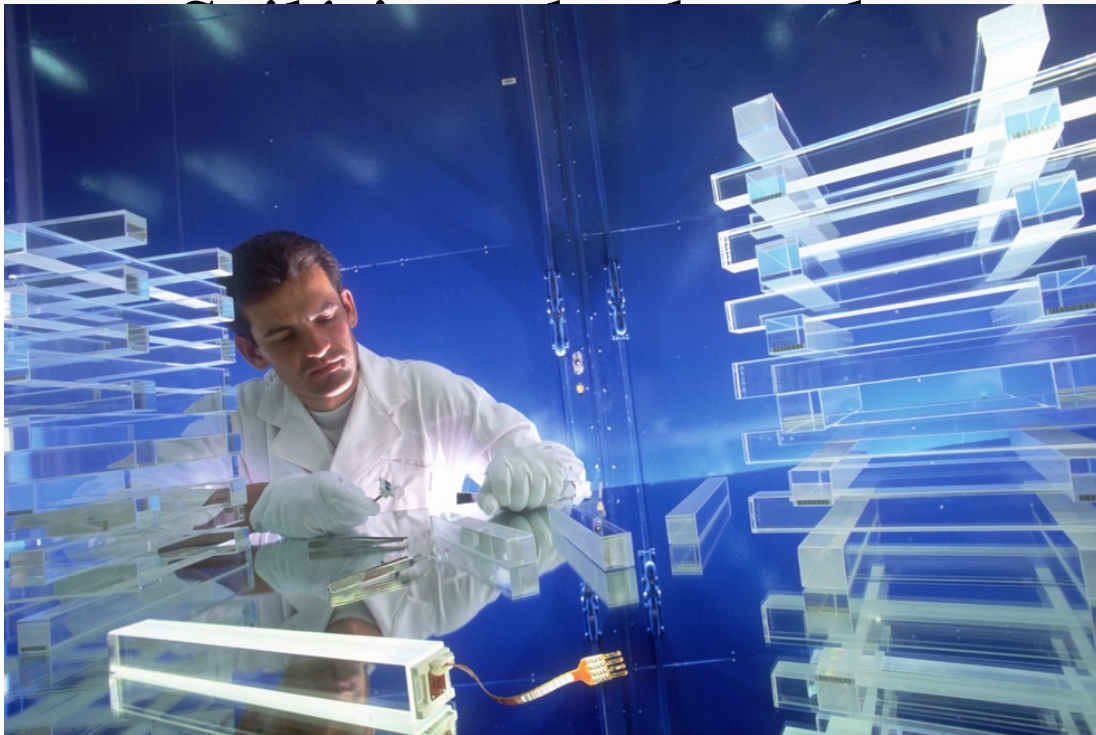
Klasszikus Részecske Detektorok

- **Buborék- és ködkamrák**



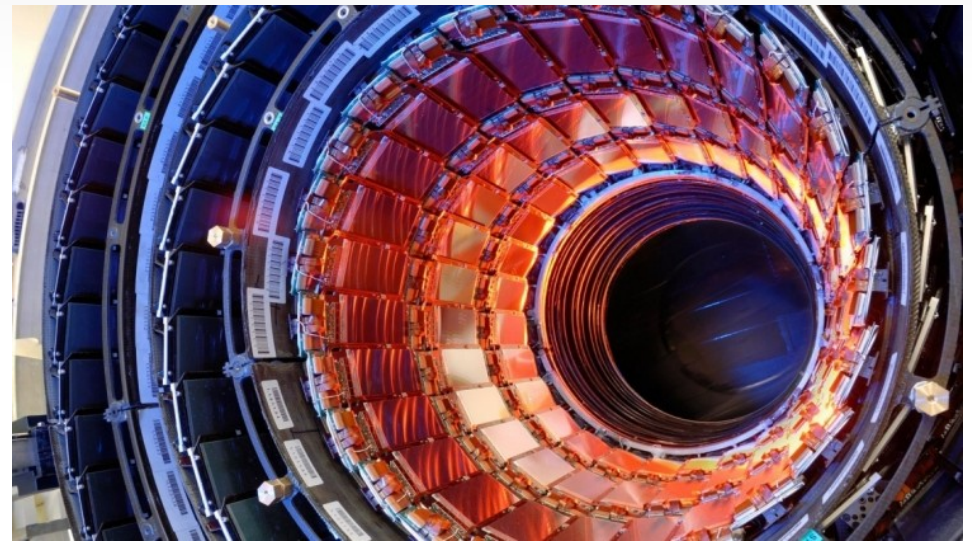
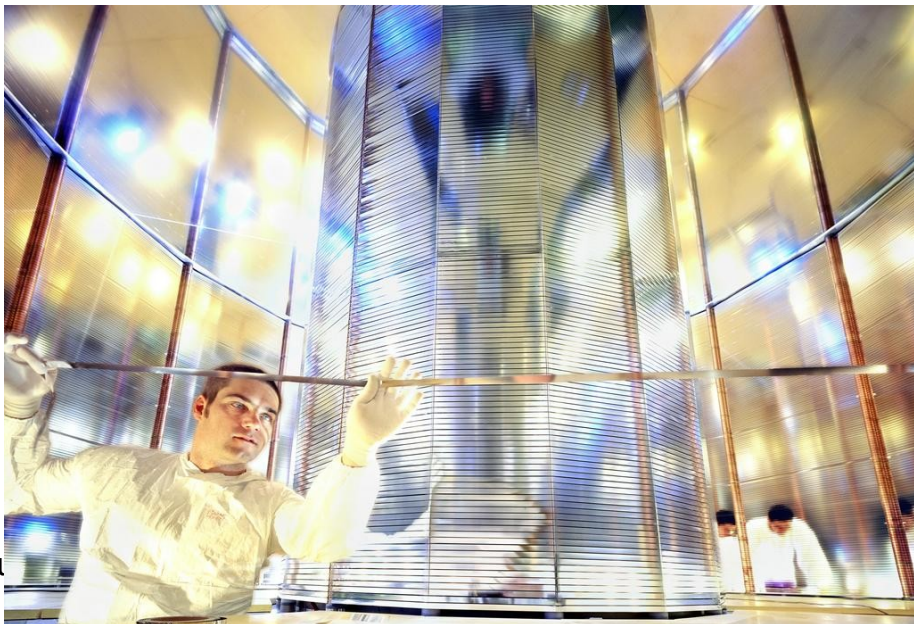
Klasszikus Részecske Detektorok

- Buborék- és ködkamrák
- Szcintillátorok + fotoelektron sokszorozók



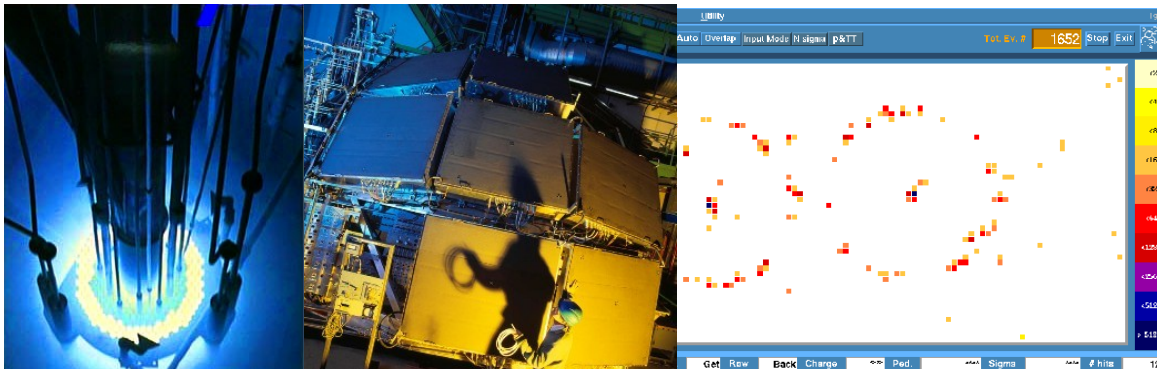
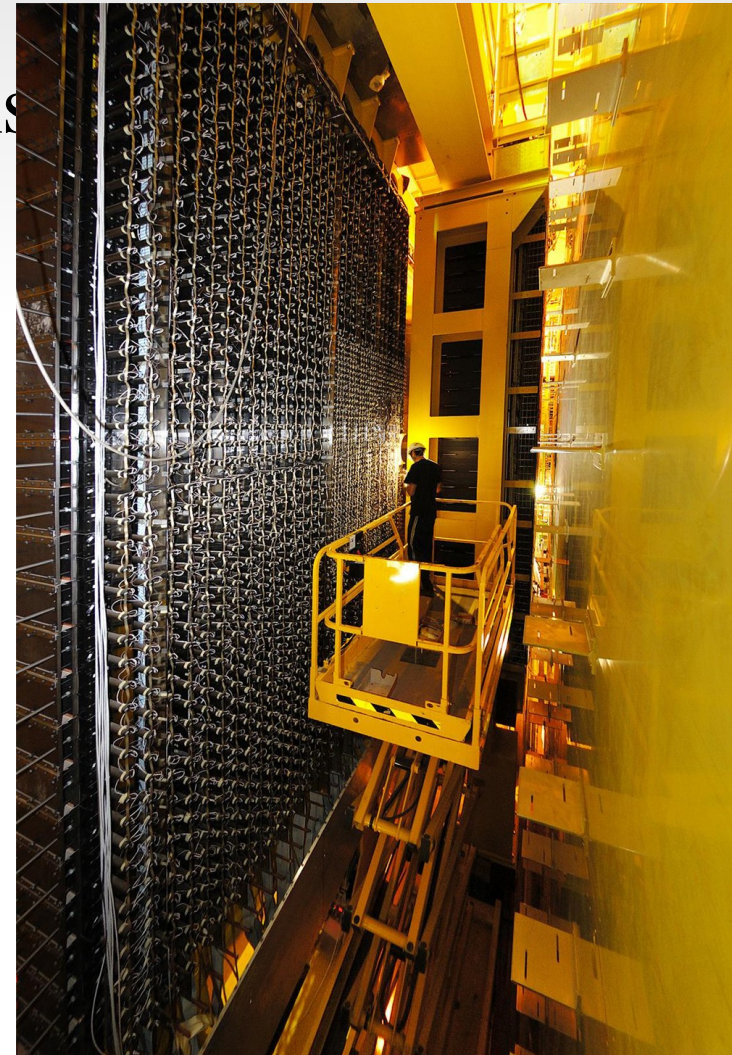
Klasszikus Részecske Detektorok

- Buborék- és ködkamrák
- Szcintillátorok + fotoelektron sokszorozók
- Szilícium detektorok
- Gáztöltésű detektorok



Klasszikus Részecske Detektorok

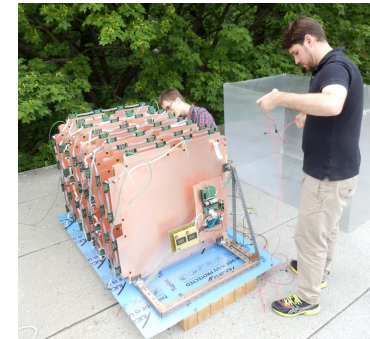
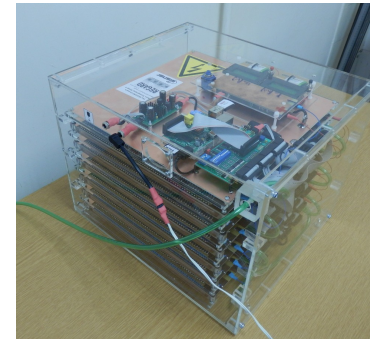
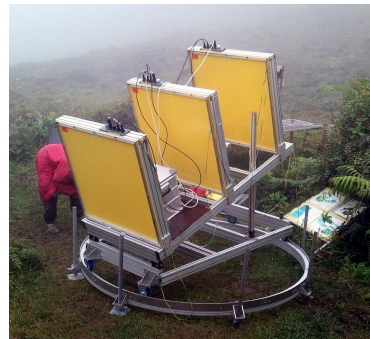
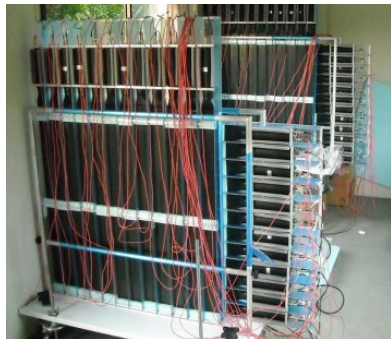
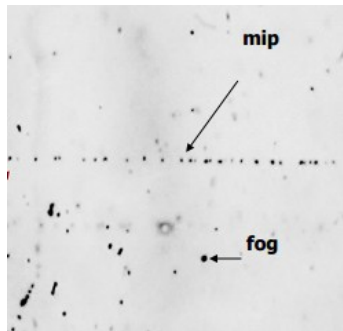
- Buborék- és ködkamrák
- Szcintillátorok + fotoelektron sokszorosítók
- Szilícium detektorok
- Gáztöltésű detektorok
- **Kaloriméterek**
- **Cserenkov detektorok**



ia

Detektor Müögráfiához ?

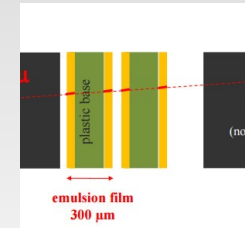
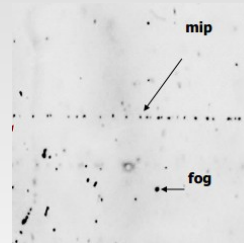
- Müon : töltött → nyomkövető detektorok
- Elvárások:
 - Jó hely- ill. szögfelbontás (1°)
 - Terepi mérés ! (magas páratartalom, hőmérséklet vált., energia fogyasztás, szállítás, ...)
 - Költséghatékony
 - Autonóm üzemelés, lehetőleg sokáig
 - Távvezérlés? Valós idejű képképzés?
- Emulziós, Szcintillátoros, Gáztöltésű



Detektor Müográfiához ?

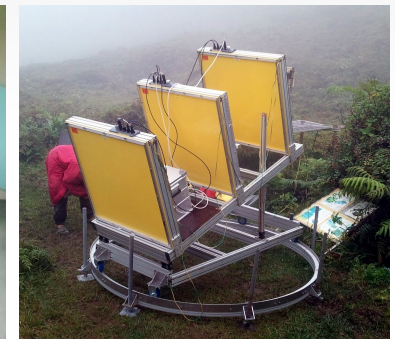
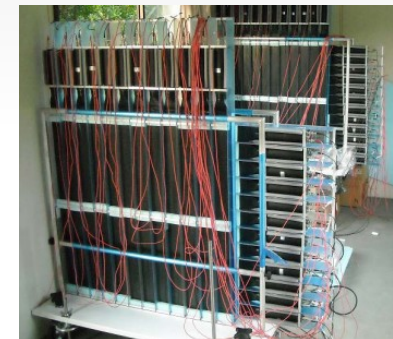
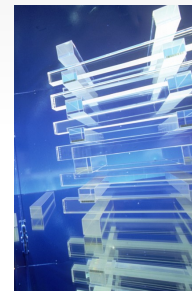
- **Emulziós**

film elsötétedés, 0.001mm
passzív, könnyű, kicsi
előhívás, szállítás



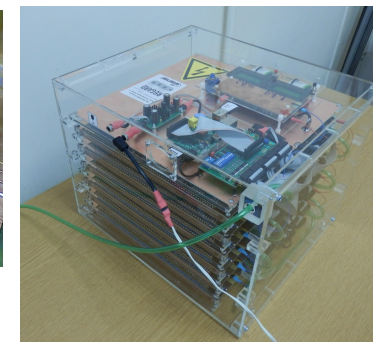
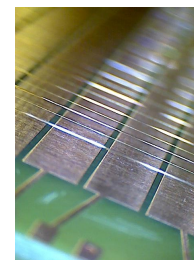
- **Szcintillátoros**

fényfelvillanás, PMT, SiPM
egyszerű, időjárásálló, nehéz
gyenge felbontás, drága



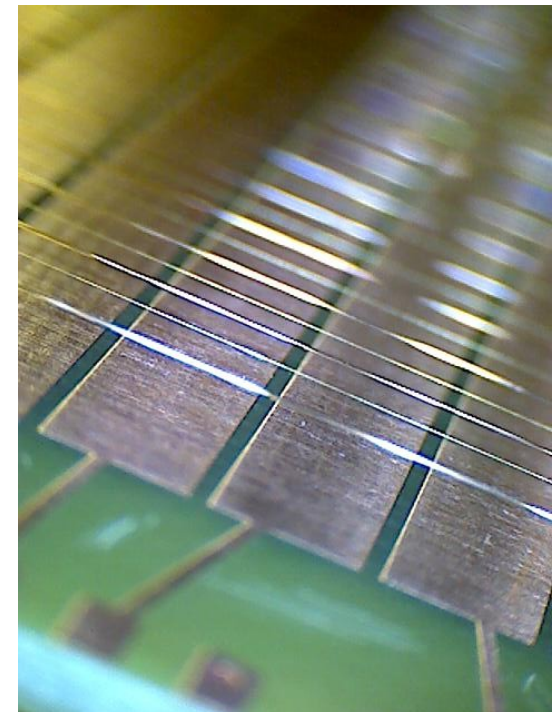
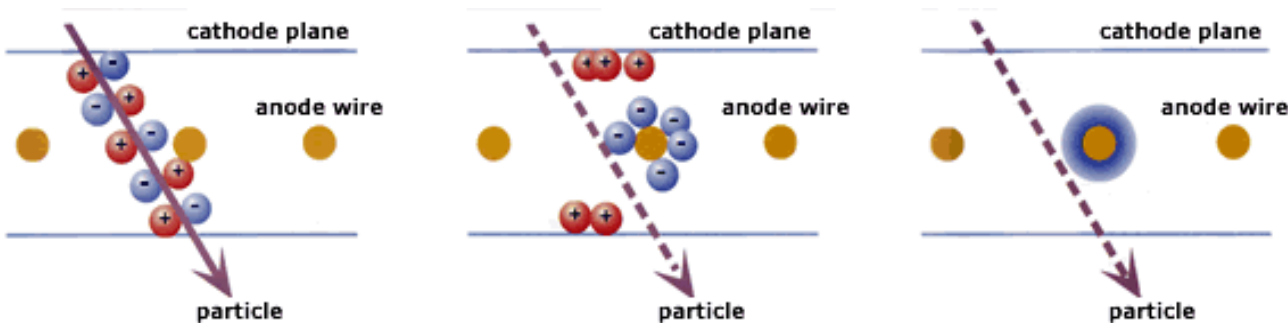
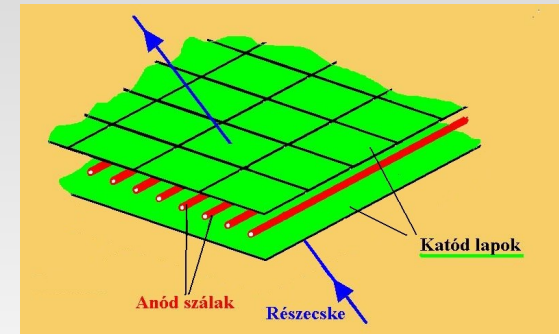
- **Gáztöltésű**

ionizáció, elektron lavina
precíz, költséghatékony, könnyű
hőmérséklet/nyomás



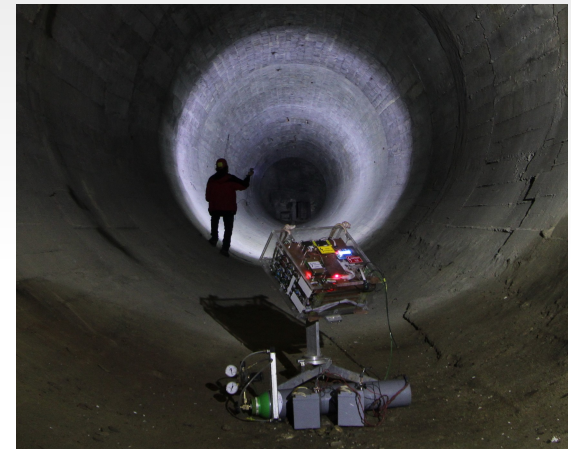
Gáztöltésű Detektorok

- Geiger-Müller számláló
- Sokszálas kamrák (G.Charpak, Nobel díj)
- Nemesgáz + egyéb
- Töltött részecske ionizálja a gázt : $100 e^- / cm$
→ vékony szál mellett elektron lavina
- Szál + parketta → 2 dimenzió
- Jó felbontás: $\sim 1 mm$, $\sim 100 ns$
- Idővetítő kamra : 3 dimenziós info



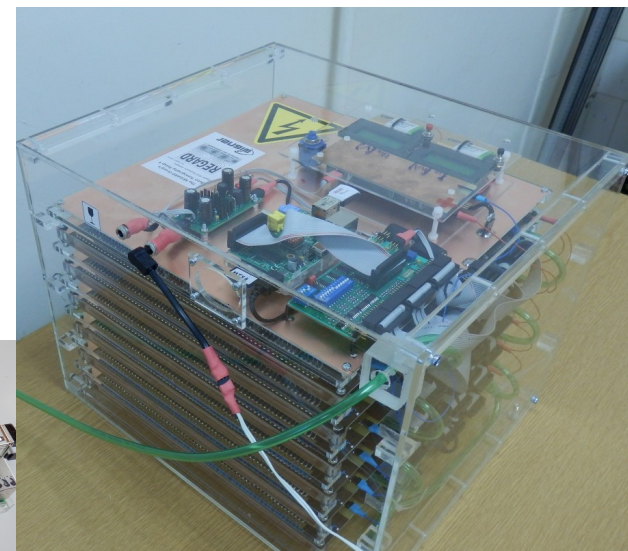
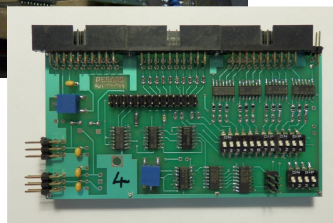
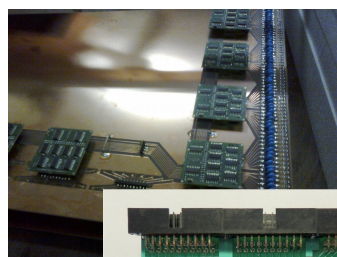
Vázlat

- Koszmos mionok eredete
- Részecskefizika és detektorok
- **Földalatti kísérletek idehaza**
- Vulkanok átvilágítása
- Határvédelem és anyagvizsgálat
- Összefoglalás



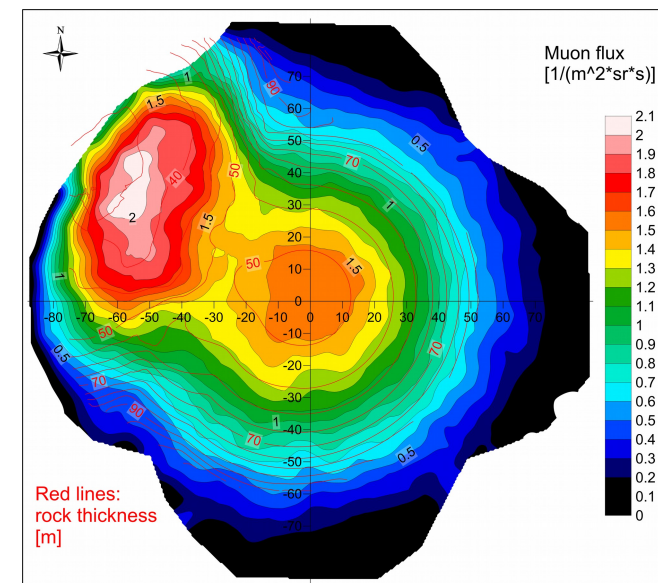
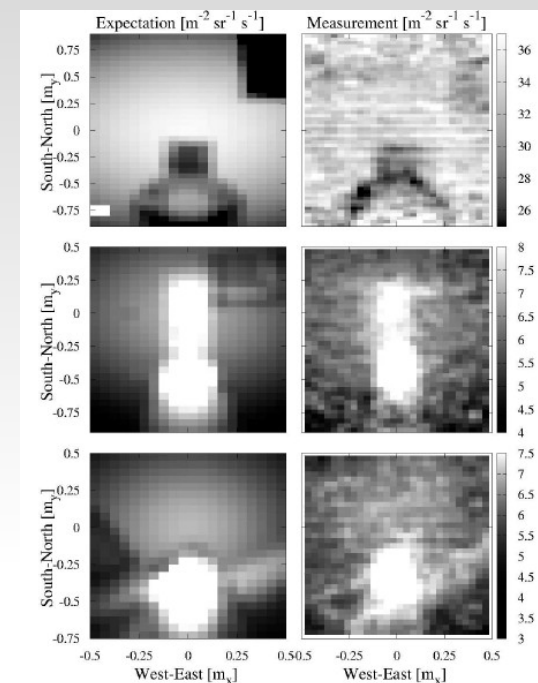
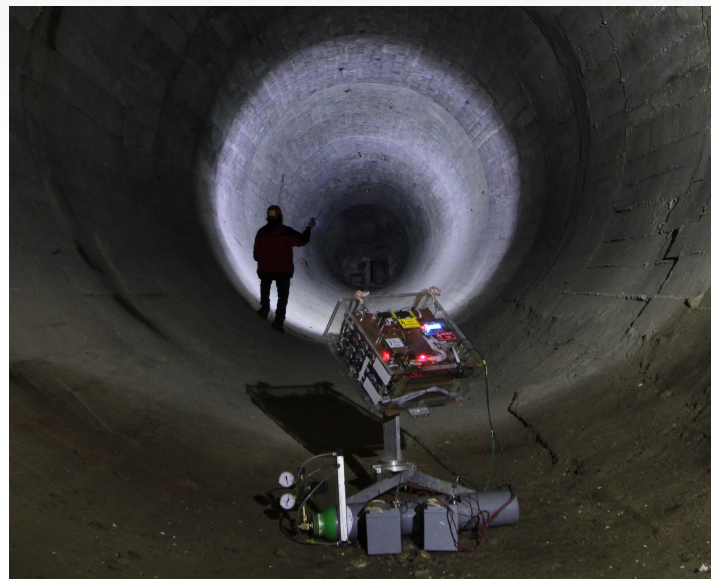
Földalatti Müográfia

- Földalatt: barlangászat, bányászat, építési területek, ...
Magyaro., Kanada, Olaszo., Japán, ...
- Hordozható detektorok
robosztus, könnyű, közepes méretű
- Alacsony fogyasztás (akkumulátor, napelem?)
- WignerFK NFO : Regard Inn.Det.Fejl. Kut.Csop.
Részecskefizikai gáztöltésű detektorok projektorientált kutatása és fejlesztése,
alapkutatáshoz és alkalmazáshoz, kiemelten müográfiához
- Regard Müográfok
Gáztöltésű detektorok
(módosított sokszálas kamra)
Több rétegben : 5-8
Hordozható : ~50cm, 10kg
Egyedi adatgyűjtés + RPi
Alacsony fogyasztás ~ 5W
(elektronika, nagyfesz., kiolvasás, tárolás, ...)



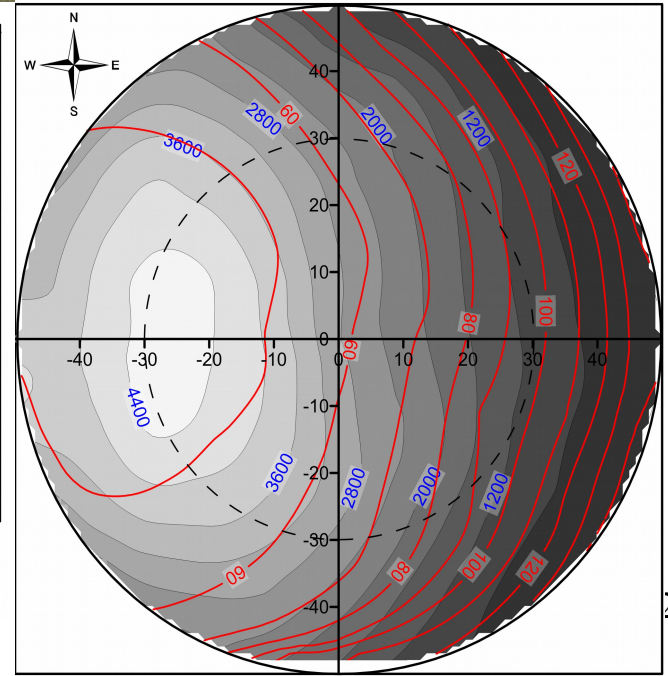
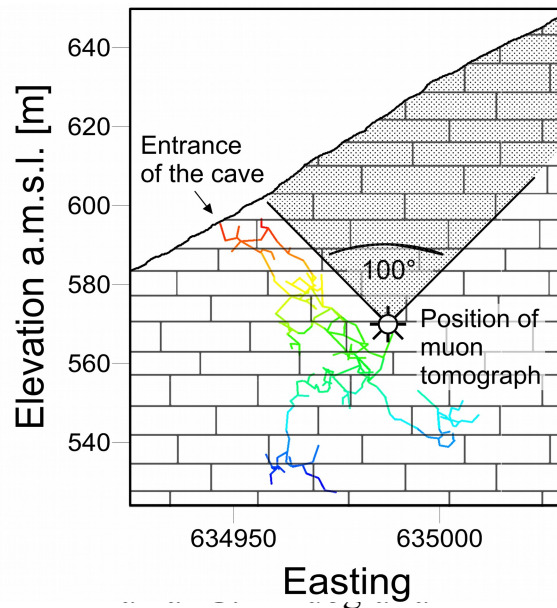
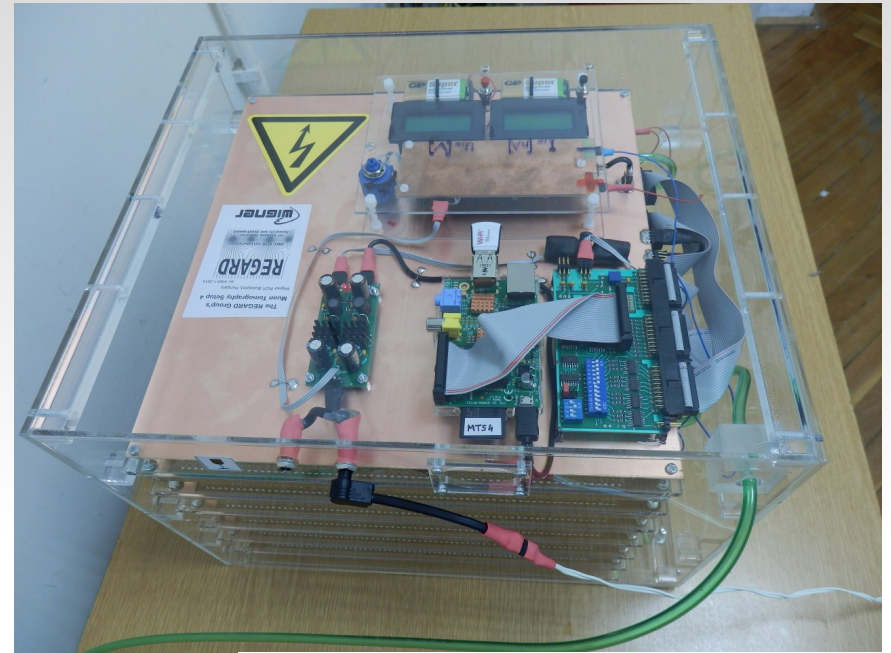
Földalatti Müográfia

- Első kalibrációs mérések : KFKI Jánossy akna
- Barlangászati kutatások
Molnár János barlang, Ajándék barlang,
Királylaki barlang, Sátorkőpusztai barlang



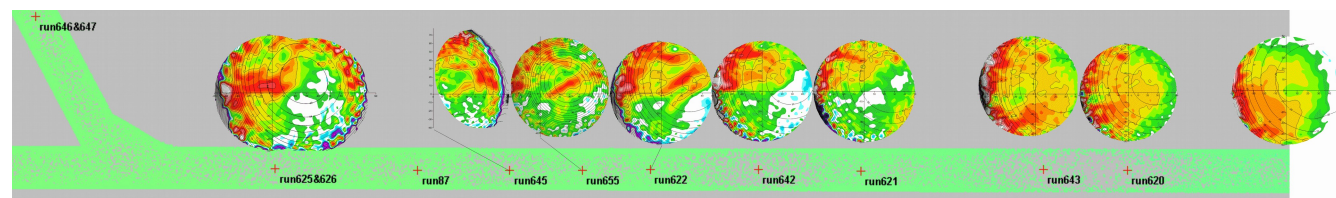
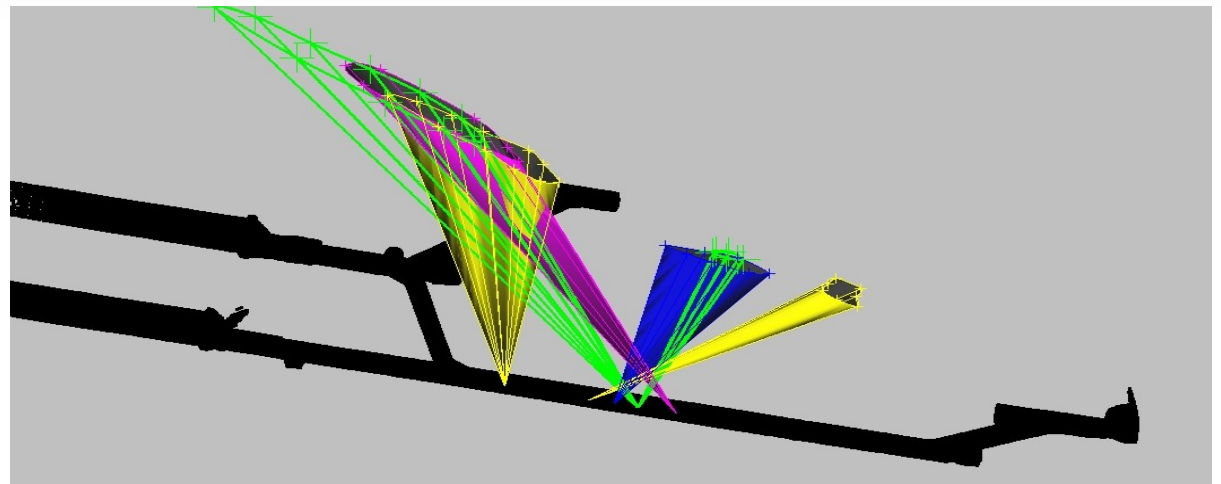
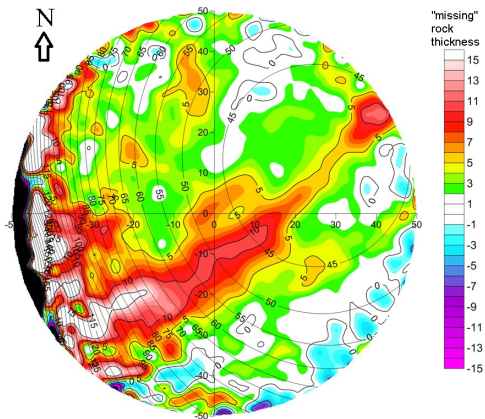
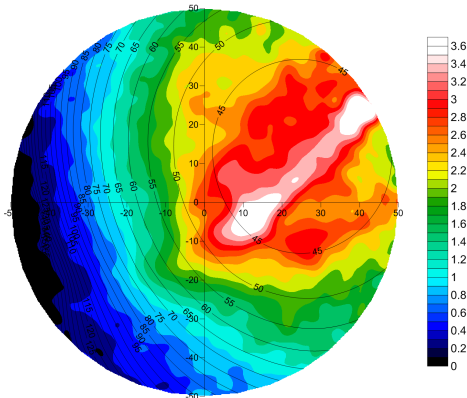
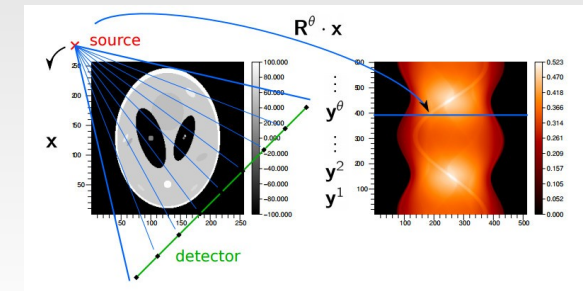
- Háttér felmérés: Drezda Felsenkeller Lab.

Barlangászati mérések



MűonTomográfia

- Több pontból mért müoográfiával 3 dimenziós kolalizáció
- Kevés pontból / kisebb statisztikával (nagyobb bizonytalanság)
- Inverziós eljárások (a fentiek miatt kihívás)
- Kombinálható más geofizikai módszerekkel (elektromos, szeizmikus, gravitációs, ...)



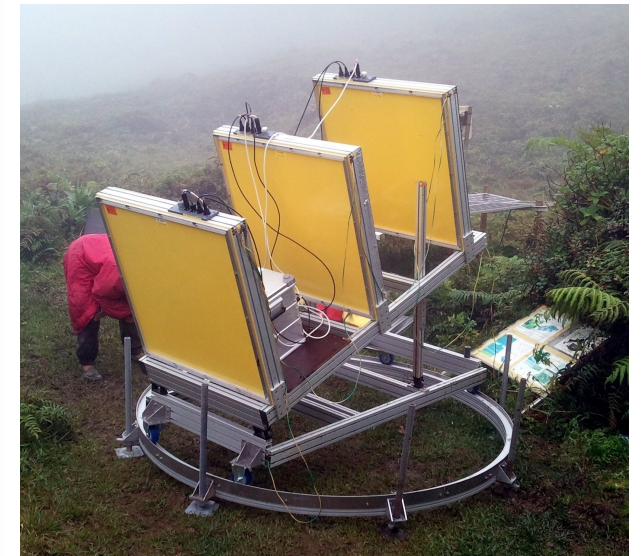
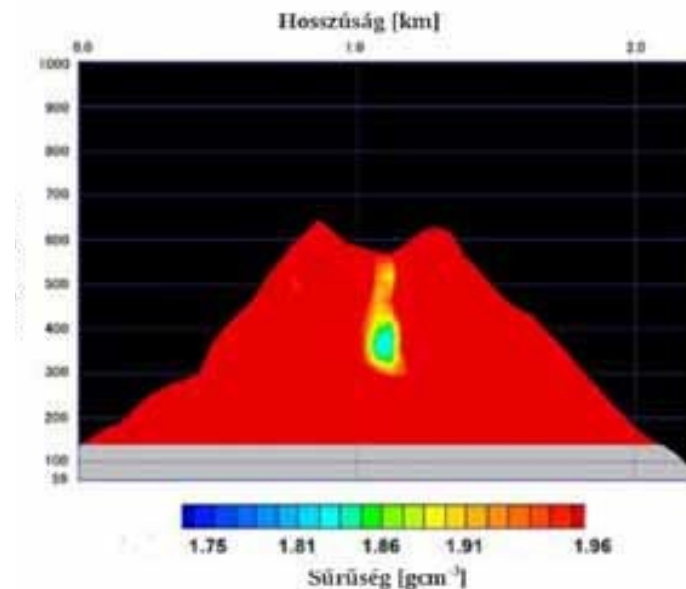
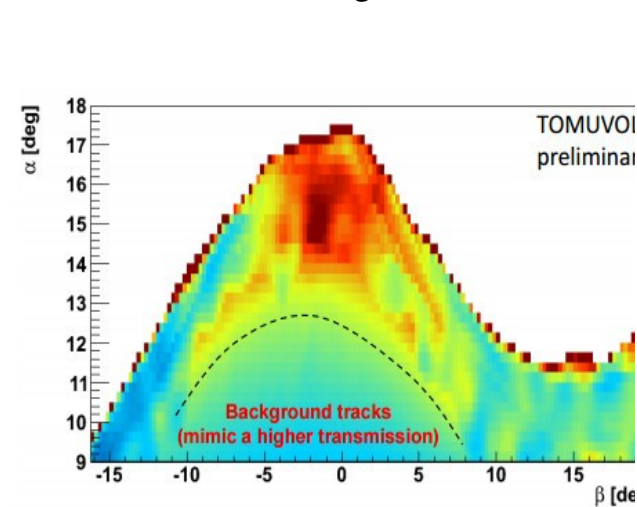
Vázlat

- Koszmosz müonok eredete
- Részecskefizika és detektorok
- Földalatti kísérletek idehaza
- **Vulkánok átvilágítása**
- Határvédelem és anyagvizsgálat
- Összefoglalás



Vulkán Müográfia

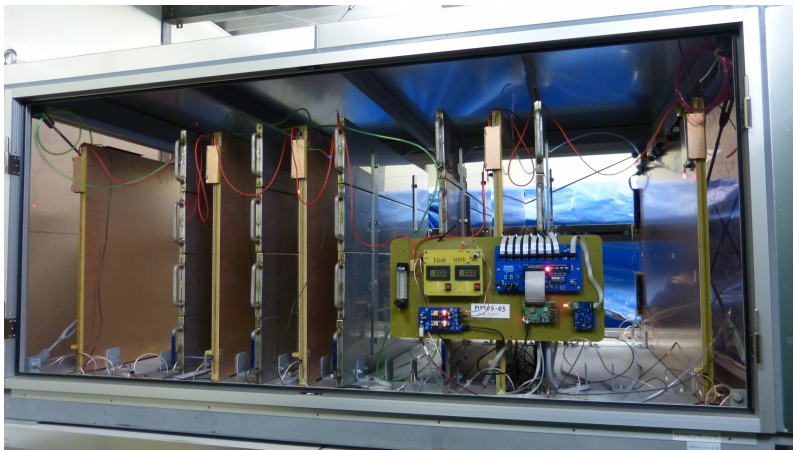
- Japán, Franciaó., Olaszo., Magyaró.
- Oldalról átvilágítás
kevés müon, sok kőzet
→ nagy felület + hosszú mérések
(+ háttér elnyomás, szóró lapok)
- Magmakamra, változások
- Előrejelzés ?



Sakurajima

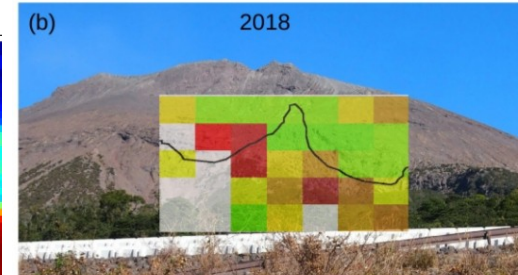
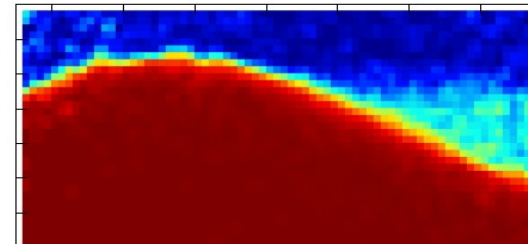
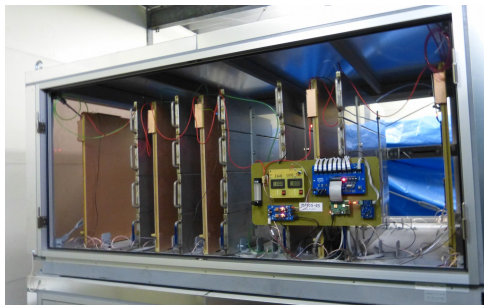
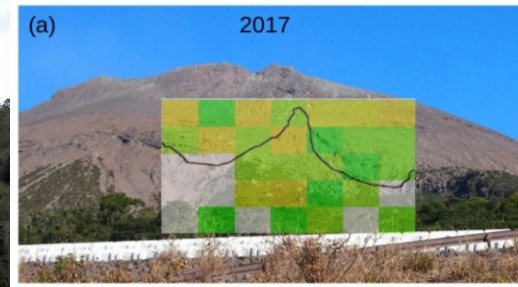
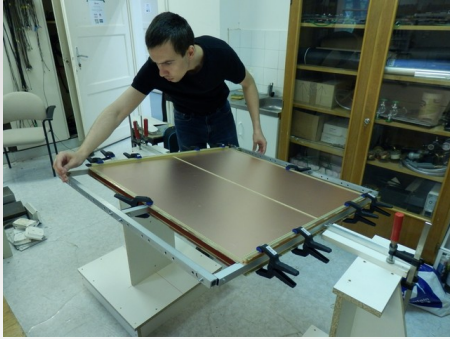
Muography Observatorpy

- Sakurajima (Japán) aktív vulkán
- Japán-Magyar kollaboráció
(Tokyo Egyetem + Wigner FK)
- Detektorok: WignerFK : MWPC rendszer
- Jelenleg 10 detektor (x7 kamra)
- Folyamatos mérés évek óta
- Első kimutatott kürtőeltömődés



Sakurajima

Muography Observatory



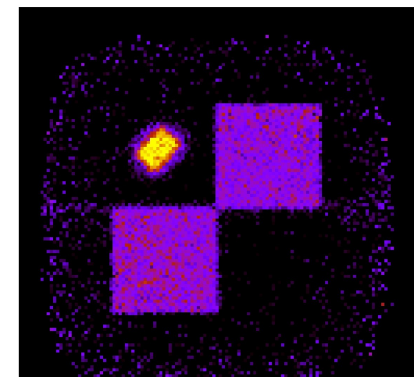
Vázlat

- Koszmosz müionok eredete
- Részecskefizika és detektorok
- Földalatti kísérletek idehaza
- Vulkánok átvilágítása
- **Határvédelem és anyagvizsgálat**
- Összefoglalás



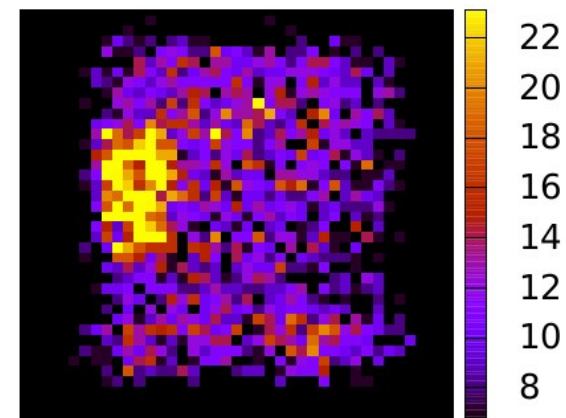
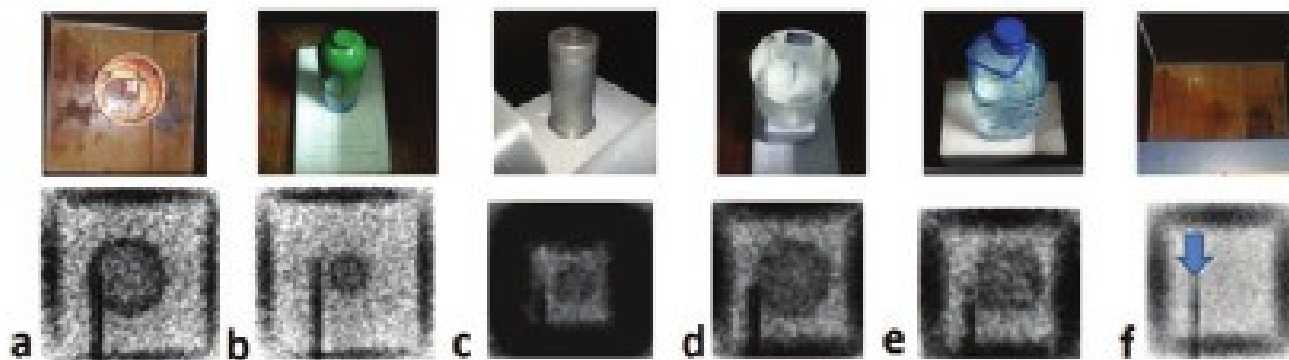
Szóródásos Vizsgálat

- Müionok szóródnak a nagy rendszámú anyagokon
- Előtte + Mögötte típusú mérés szükséges
- Rejtett/árnyékolt anyagok keresése
(pl: ólommal körülvett radioaktív anyag csempészése)
- Nemzetvédelm határállomáson, légi kargónál,
nem bontható / nem röntgenezhető / hatalmas csomagoknál



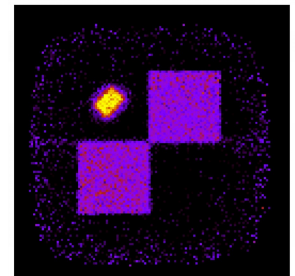
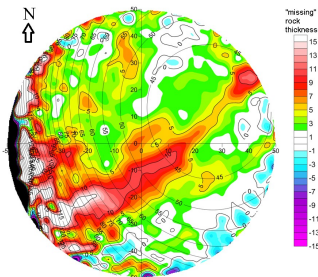
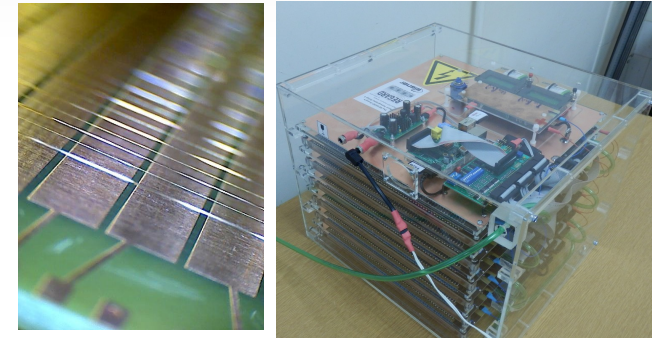
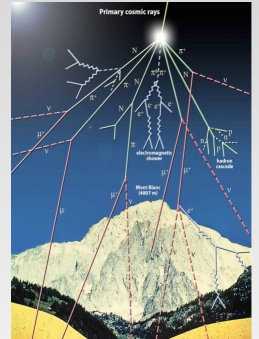
Másodlagos részecskék

- Anyagon való áthaladáskor másodlagos részecskék keletkeznek
- Ezen részecskék spektruma függ az anyagtól
- Müion nyomkövető + szcintillátorok
- Kis rendszámú anyagok is vizsgálhatóak
- Újfajta roncsolásmentes képalkotó eljárás
- Régészet, műtárgy vizsgálat, ...
- Szerb-Magyar fejlesztés



Összefoglalás

- **Müográfia** : Részecskefizikai detektorok geológiában
- Kozmikus sugárzás → Föld felszínére : müon
- Részecskefizikai detektorok : müon nyomkövetés
- Müon elnyelődés \longleftrightarrow anyagmennyiség
- Nagy objektumok sűrűséginhomogenitását tudjuk mérni
- Barlangászat, bányászat, vulkanológia,
- Erős hazai csapat (Regard Cs. WignerFK)
gáztöltésű detektorok, barlangászat, vulkánok
- Ipari alkalmazási lehetőségek



Köszönöm a figyelmet

Wigner Fizikai Kutatóközpont
NFO, REGARD Inn.Det.F. Kut.Csop.

OKTA FK-135349