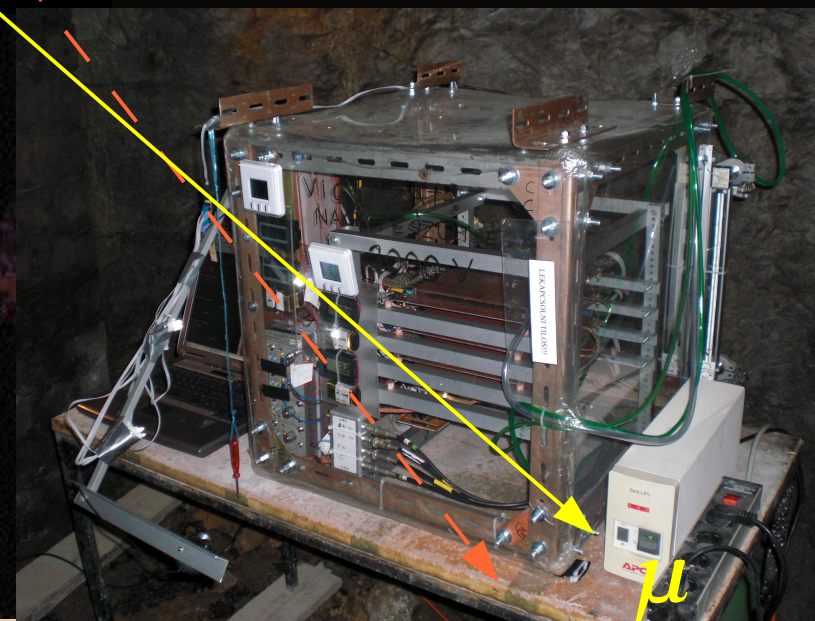


KINCSKERESÉS KOZMIKUS RÉSZECSKÉKKEL

AtomCsill, ELTE TTK Budapest, 2011.10.13

Barnaföldi Gergely Gábor, MTA KFKI RMKI



Tartalom

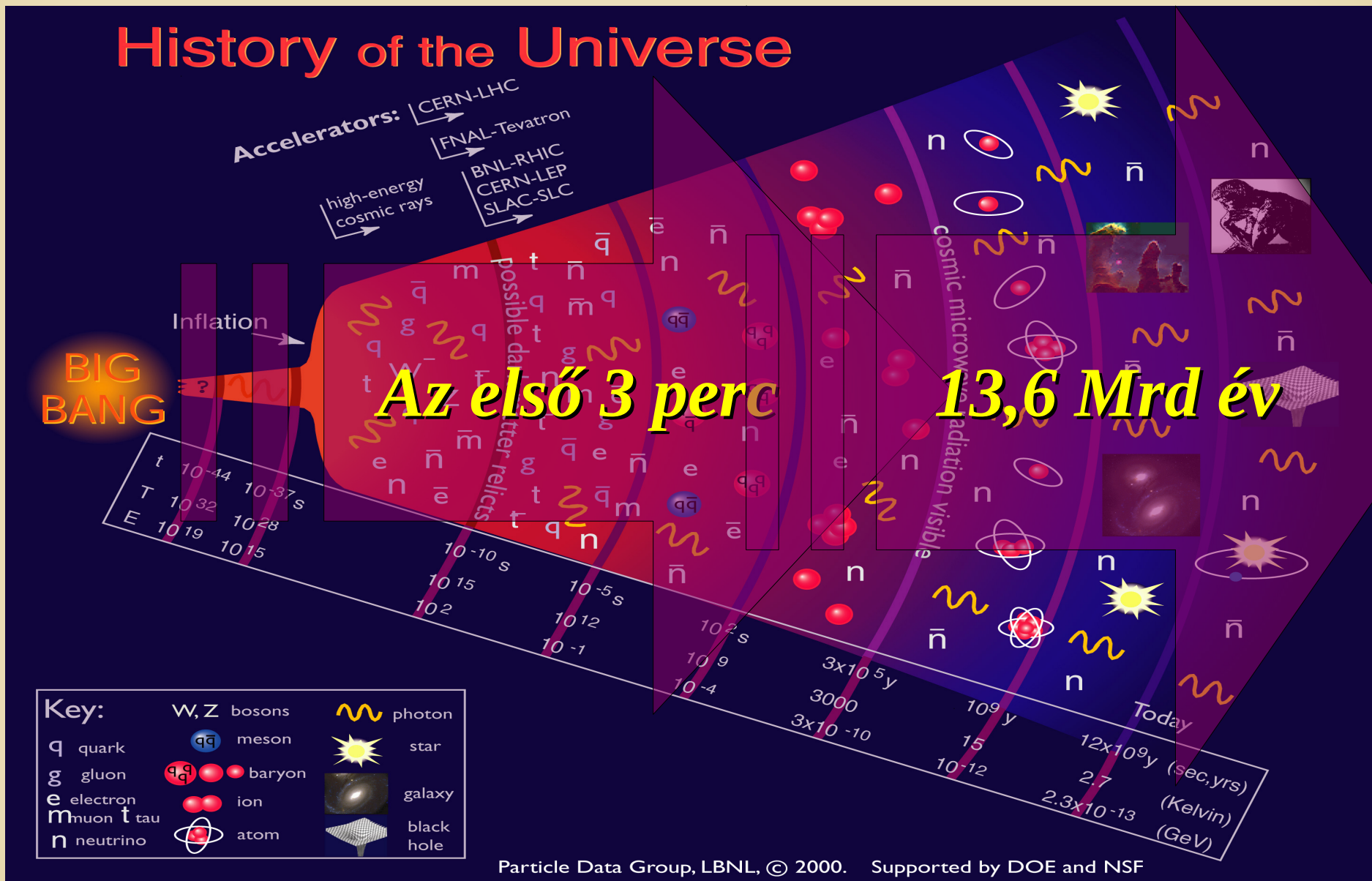
- Motiváció: kozmikus sugárzás és felfedezése
- Gáztöltésű detektorok (REGARD)
- A müontomográf és alkalmazása
- Budapest kincsei: egy virtuális barlangtúra
- Kincs, ami nincs: első eredmények...

I. MOTIVÁCIÓ

A kozmikus sugárzás és felfedezése

Az Univerzum fejlődése...

History of the Universe



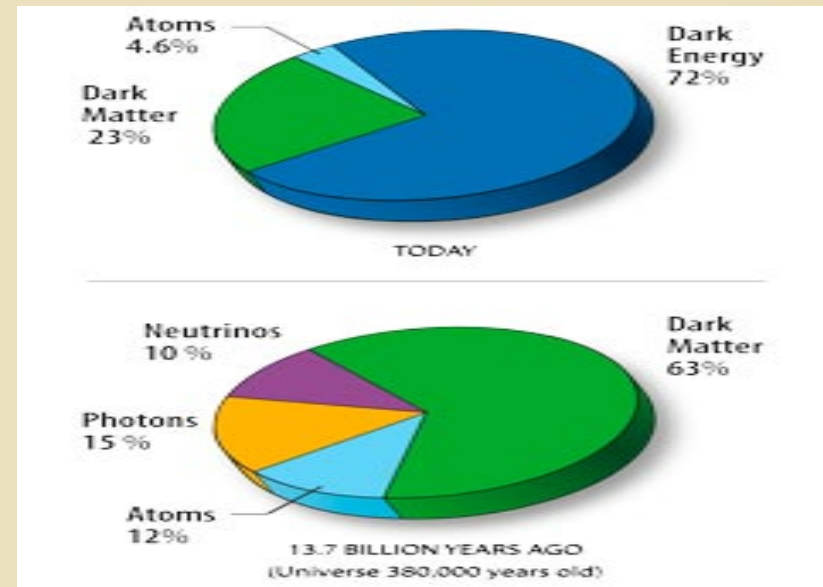
Particle Data Group, LBNL, © 2000. Supported by DOE and NSF

Mennyit is ismerünk az Univerzumból?

- A barionok + leptonok

Ma ez közel $\sim 4 - 5 \%$

Ősrobbanáskor $\sim 22\%$

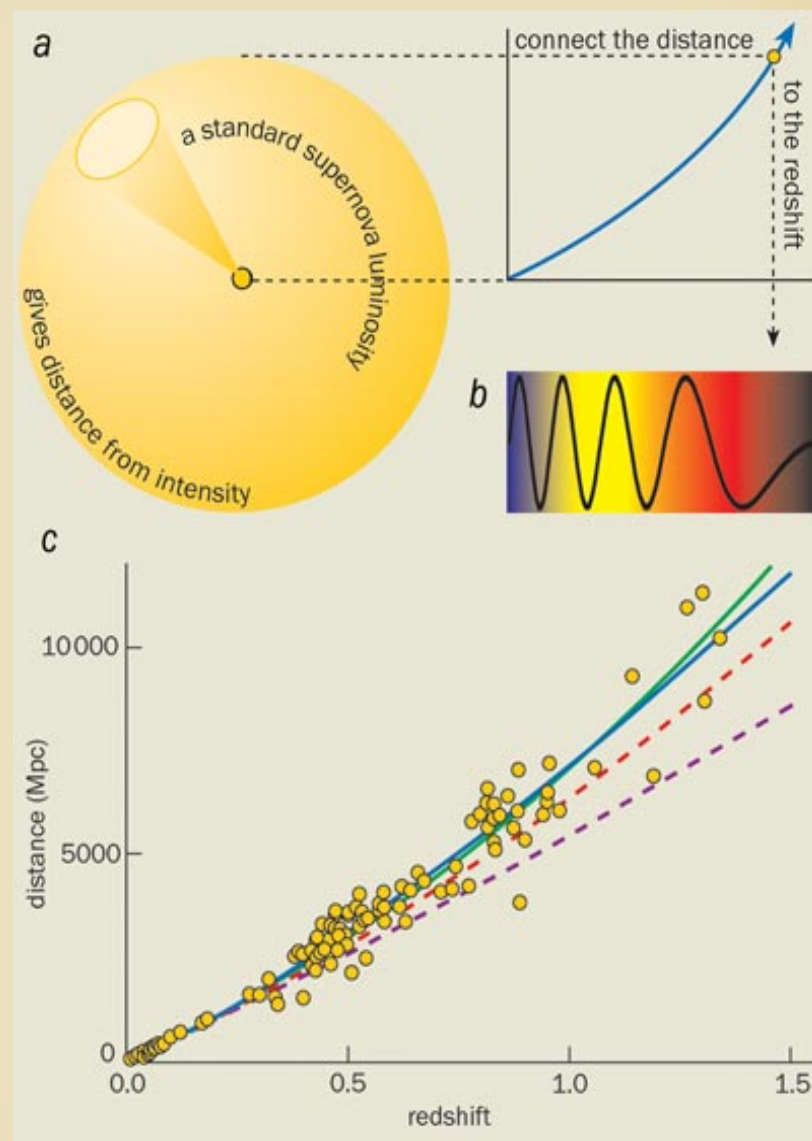


- Tudományterületek szempontjából:

Nukleáris asztrofizika =
magfizika
+ kozmológia
+ asztrofizika
+ csillagászat
+ O(etc.)

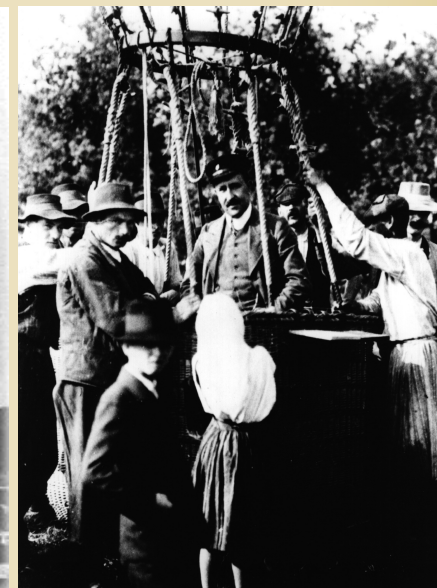
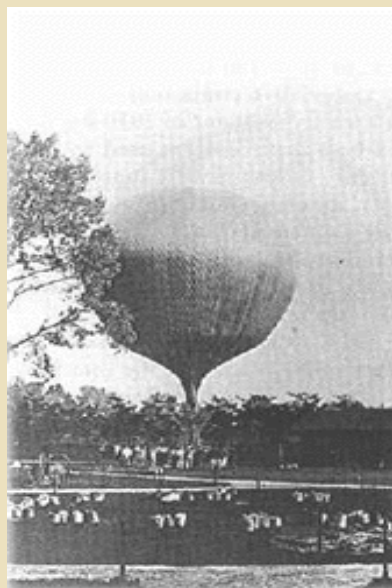
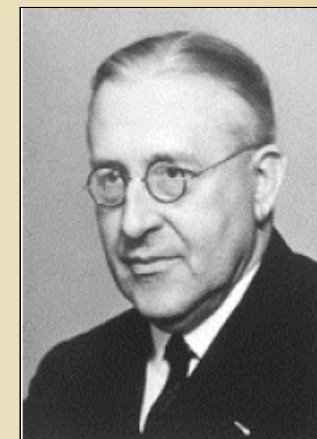
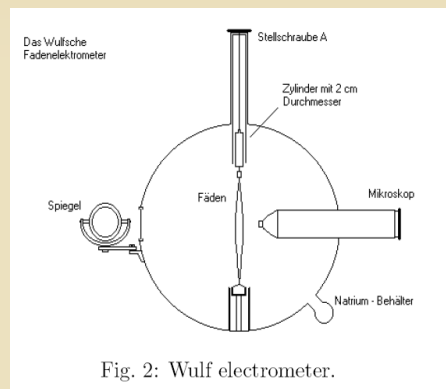
Honnan tudjuk mindezt?

- Sztandard gyertyák:
 - Világegyetemben messzire világító, nagy fényességű szupernóva robbanások
 - Vöröseltolódásuk mérhető
- Táguló világegyetem
 - Hubble törvény: $v = H \cdot r$
 - Az Univerzum gyorsulva tágul: oka egy negatív „nyomás paraméter” ez a sötét energia
 - **Ennek megértéséhez a nagyenergiás kozmikus folyamatokat kell vizsgálni.**



A kozmikus sugárzás története

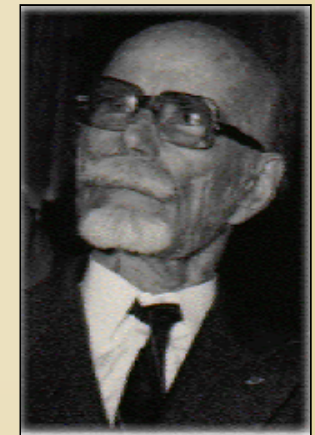
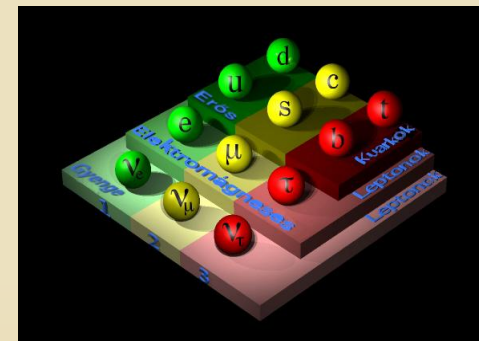
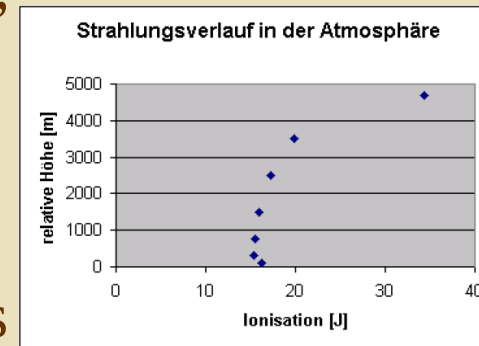
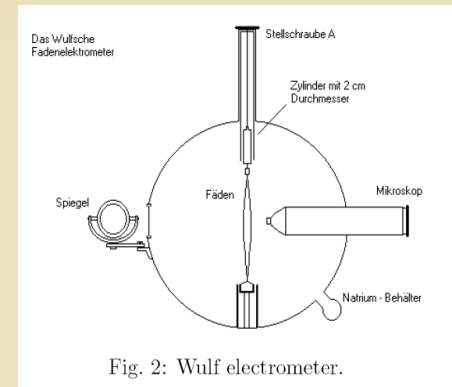
- Elektroszkóp elveszti a töltést
 - Wulf szerzetes (1909): kísérletek az iskolában és környék homokkőbányáiban.
 - Eredetileg a kőzetre gyanakodtak, de a bányában lassabban.
 - Párizsi egyetem + Eiffel torony: magasabban erősebb a sugárzás
 - Viktor Hess (1912) hőlégballonos mérés 6 km-ig. (Nobel: 1936)



A kozmikus sugárzás története

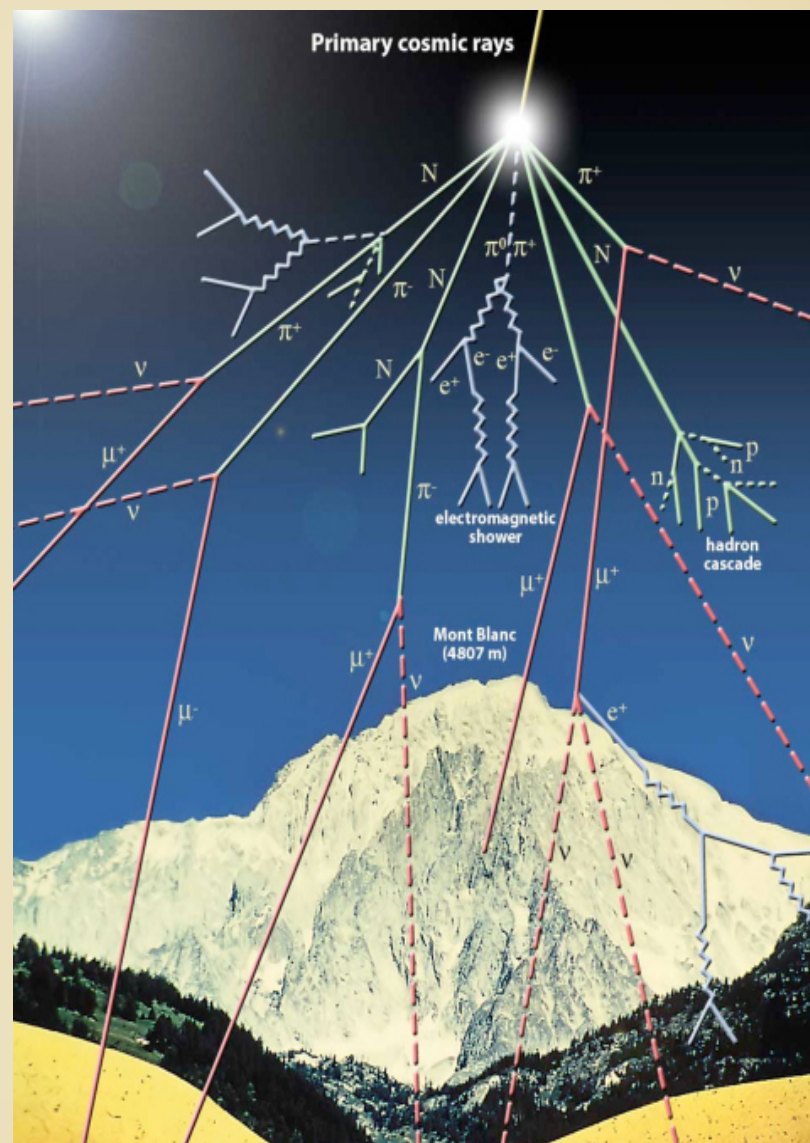
- Elektroszkóp elveszti a töltést

- Wulf szerzetes (1909): kísérletek az iskolában és környék homokkőbányáiban.
- Eredetileg a kőzetre gyanakodtak, de a bányában lassabban.
- Párizsi egyetem + Eiffel torony: magasabban erősebb a sugárzás
- Viktor Hess (1912) hőlégballonos mérés 6 km-ig. (Nobel: 1936)
- Carl Anderson: pozitron (1932)
- Powell: a müonok nehéz elektronok (1947)
- Pierre Auger, Jánossy Lajos



A kozmikus sugárzás eredete

- Primer kozmikus sugárzás:
 - A világúrból érkező nagyenergiás részecskék
 - Elsősorban p (89%), He^{2+} (10%), e^- , egyéb magok (1%)
 - Akár 10^{20} eV energiával is.
- Szekunder részecskék
 - Pionokat, kaonokat keltenek
 - Elektronokká, müionokká bomlanak
 - Müion: egyszeres negatív töltés, 200 szoros elektron tömeg: μ^-



A kozmikus sugárzás tulajdonságai

- Energiaeloszlás:

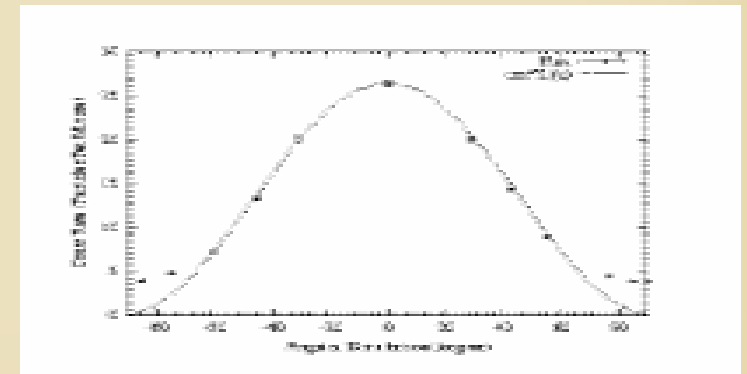
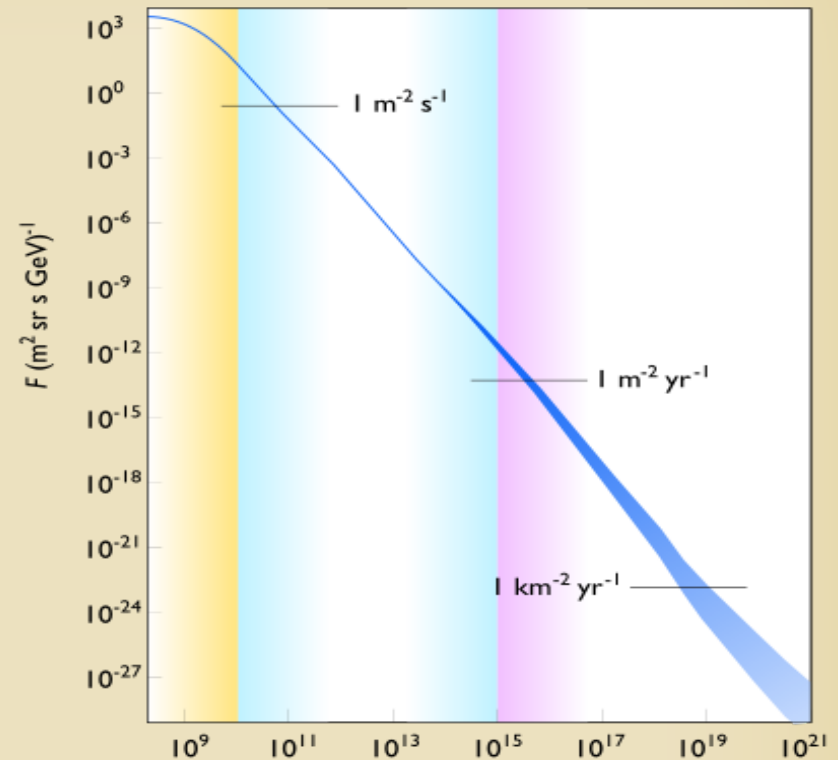
$$N(>E) = k \cdot (E+1)^{-a}$$

- E a részecske energiája [GeV];
- $N(>E)$: az E-nél nagyobb energiájú részecskék száma;
- $k \cong 5000$ részecske/m²;
- $a \cong 1.6$

- Szögeloszlás:

$$\Phi(\theta) \sim \cos^m(\theta)$$

- A θ a függőlegestől mért úgynevezett zenitszög
- $m=2$, de van földrajzi szélesség és magasság függése is.



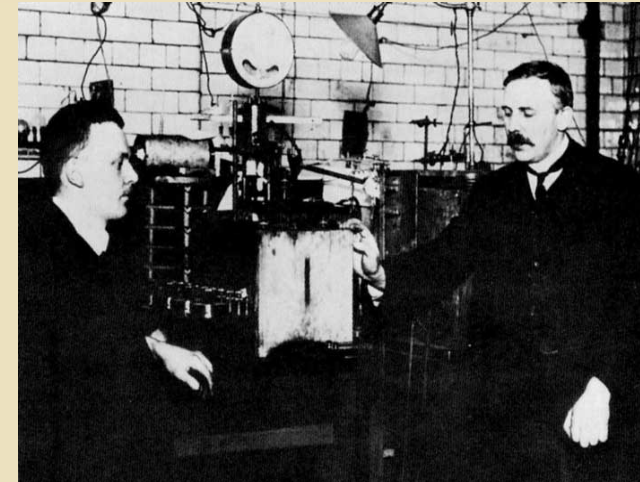
II. Gáztöltésű detektorok

RMKI-ELTE Gázdetektor
Fejlesztőlabor

csoport és tevékenysége

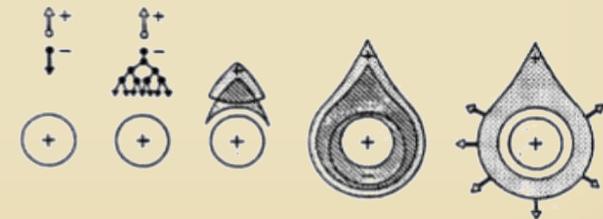
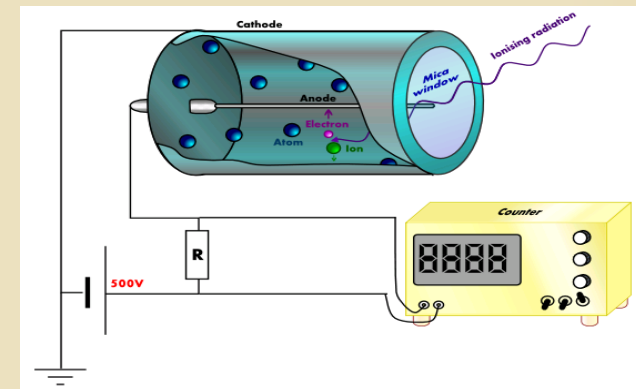
Gáztöltésű detektorok – GM cső

- Geiger-Müller számláló
 - H. Geiger, E. Rutherford W. Müller
 - 1908 H. Geiger-cső
 - 1928 W. Müller tökéletesíti



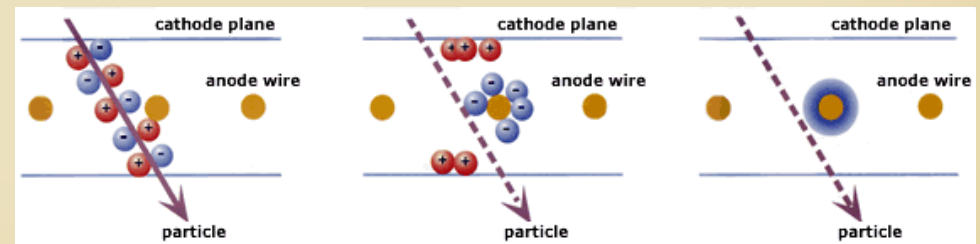
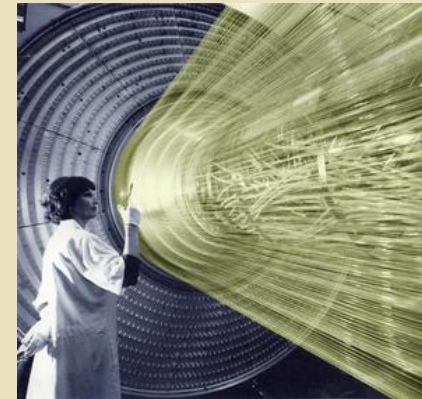
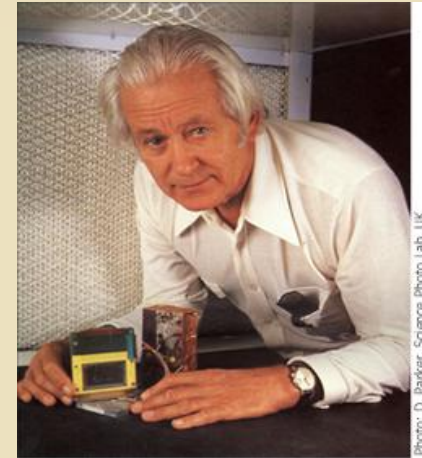
- Működés

- Nagy elektromos térbe érkező töltött részecske, ütközve a gáztér részecskéivel elektronlavinát kelt.
- Az elektronlavina már mérhető pl. 10^6 elektron



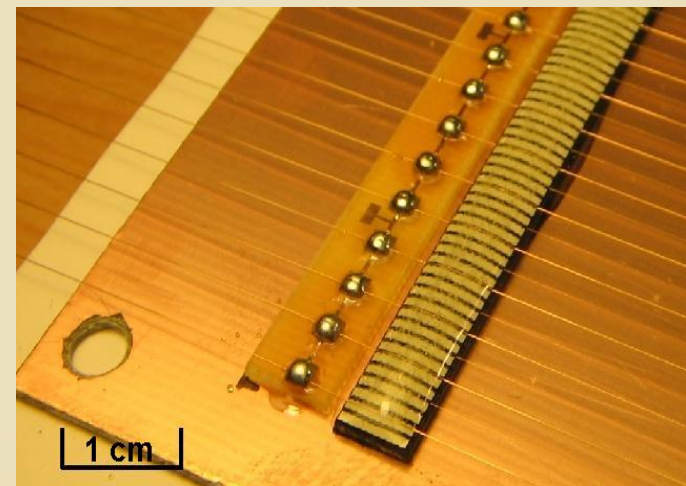
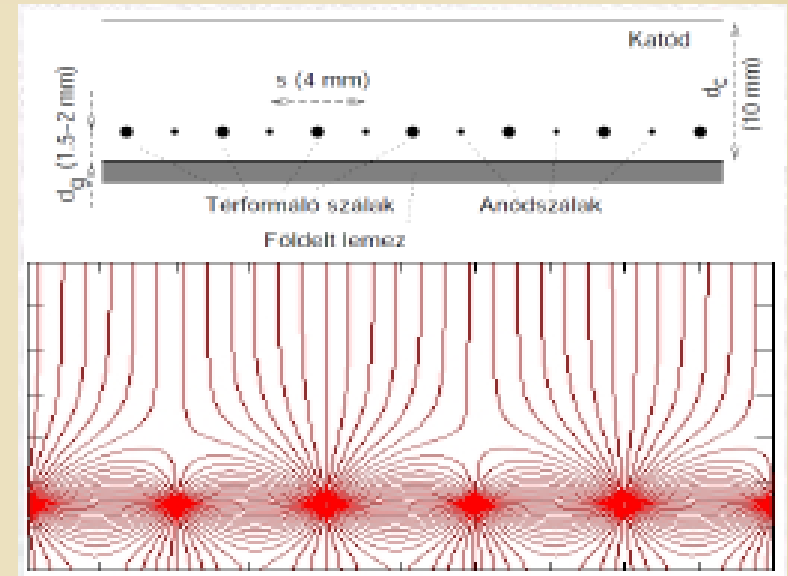
Gáztöltésű detektorok – MWPC

- Sokszálas kamra (MWPC)
 - Georges Charpak (1924 -)
 - 1968 sokszálas kamra
 - Töltött részecskéket mér
 - 1992 Nobel díj
- Működés
 - Azonos a GM csőével, csak sokkal több anódszál van benne.
 - Nagyobb térfogat.



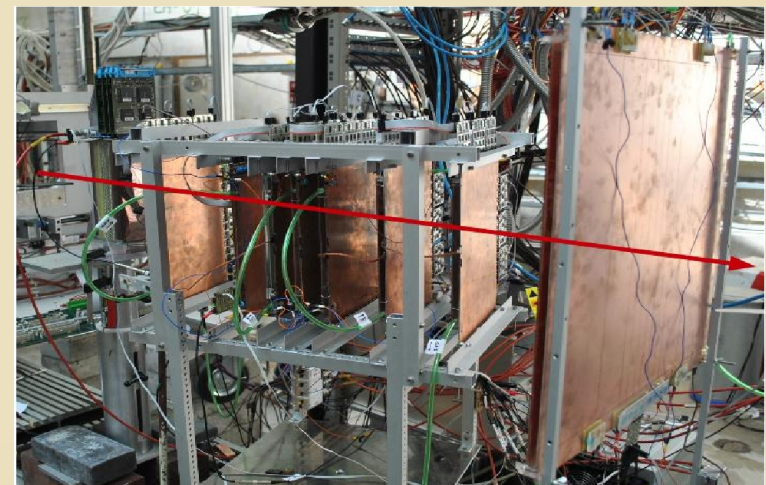
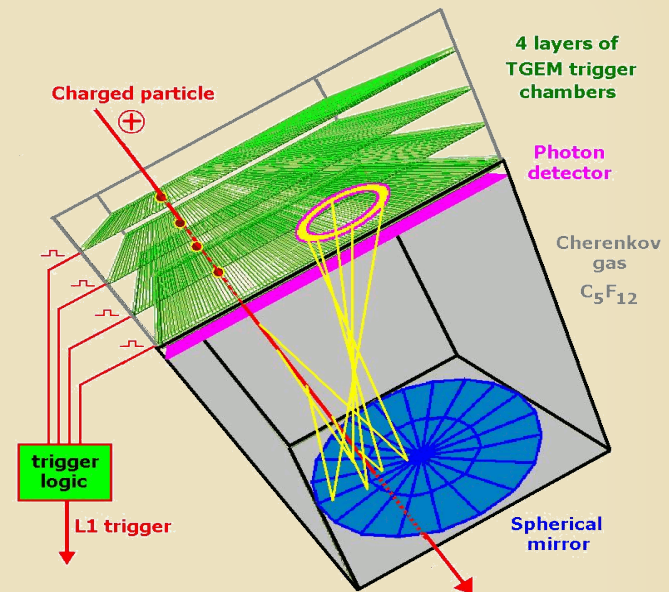
A REGARD csoport és tevékenysége

- Detektorfejlesztés
 - Mikro-mintázatú detektorok
 - Gáz-elektronsokszorozó, GEM
 - Sokszálas kamrák (MWPC)
- Saját fejlesztés: CCC
 - Közel-katódos kamra (CCC)
 - Nem érzékeny
 - Extrém körülményekre is
 - Olcsón előállítható



A REGARD csoport és tevékenysége

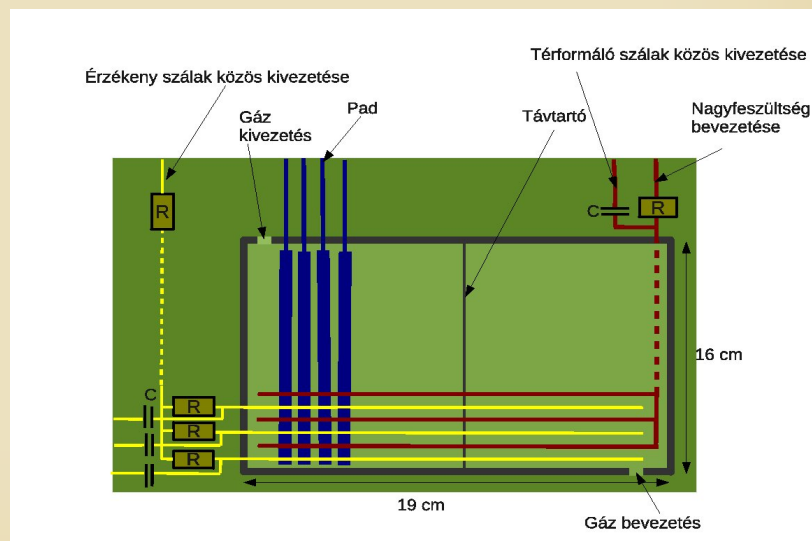
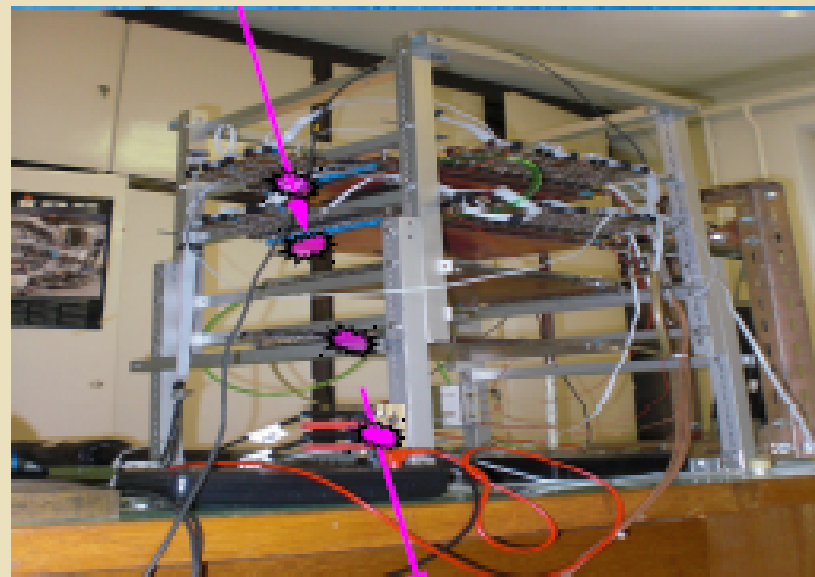
- CERN-es fejlesztések
 - Trigger detektor fejlesztése az LHC ALICE kísérlet VHMPID moduljához (HPTD).
 - TPC az NA61/SHINE CERN kísérlethez
- Alkalmazott kutatások
 - Radondetektor
 - PET detektor
 - Müontomográf



III. A müontomográf és alkalmazása

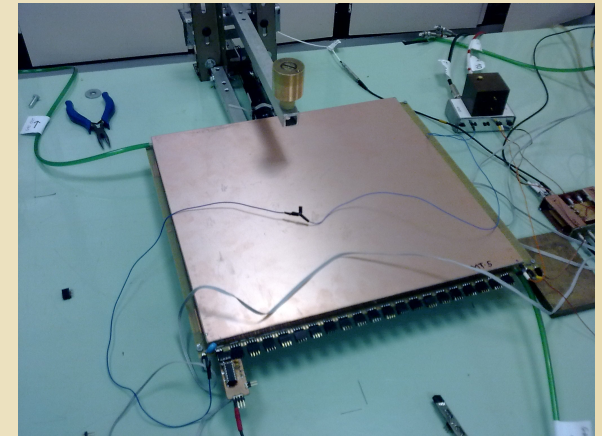
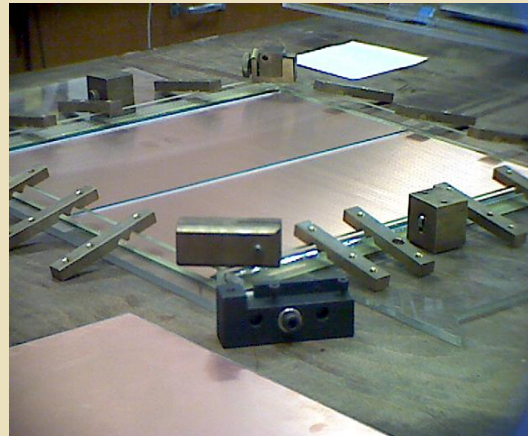
A müontomográf szerkezete

- Müontomográfia:
 - Nagyenergiás müonok szögeloszlásának mérése
 - 1 vagy 2 dimenziós eloszlások vizsgálata koincidenzában.
 - Ehhez sokszálas kamrák kellene, de azok macerásak.
- A 2-dimenziós CCC kamra
 - Direkt 2D mérés
 - ArCO₂-vel töltött aszimmetrikus kadódos kamrák
 - Nem (nagyon) érzékeny deformációkra, hőmérsékletre

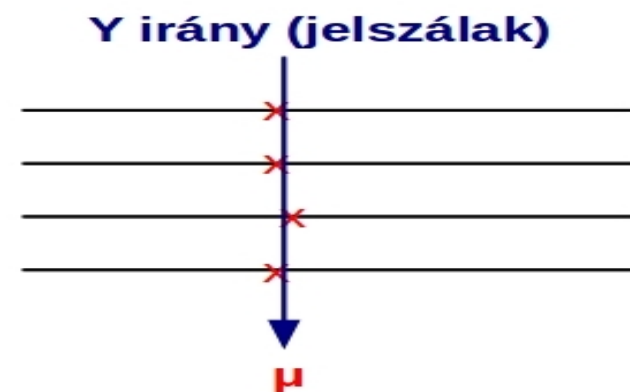
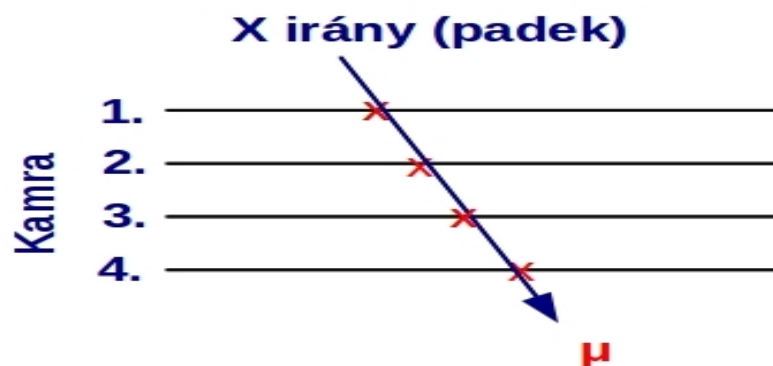


A REGARD müontomográf építése

- CCC kamra készítése

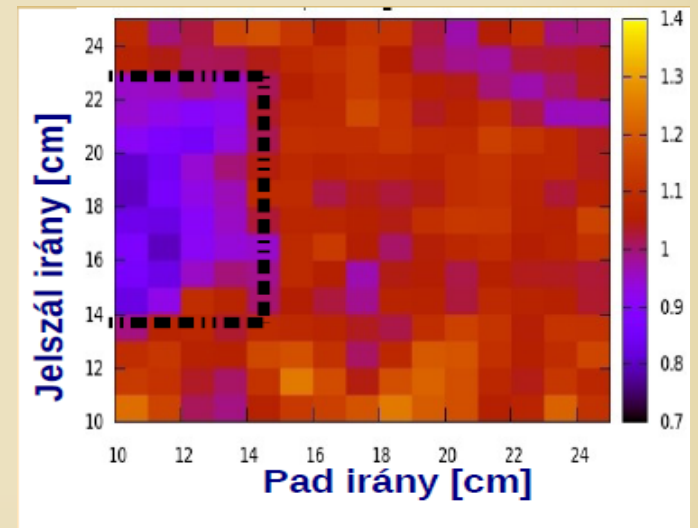
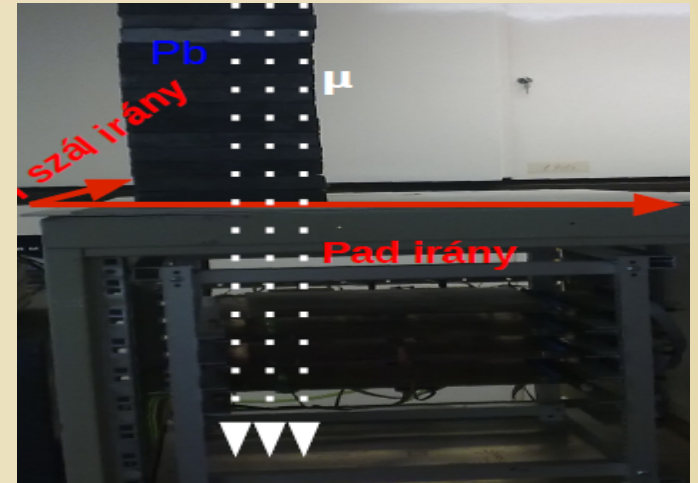


- Müontomográf feműködése

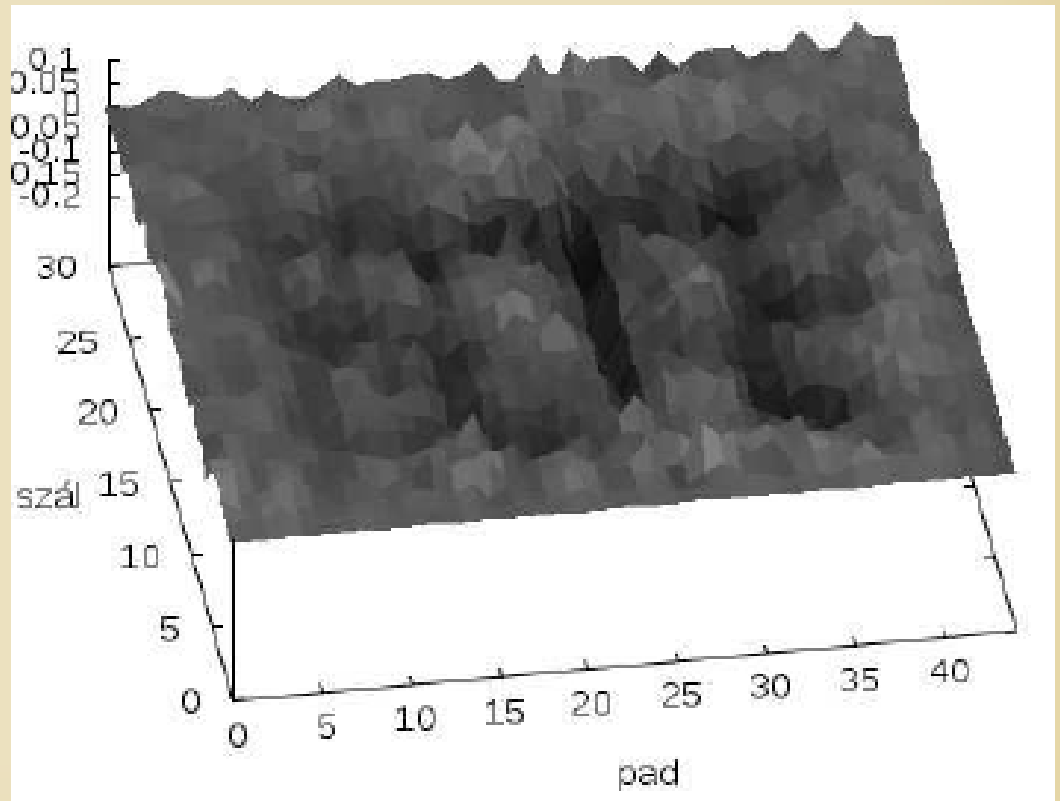


Egy ólomtömb „műonképe”

- Müontomográfia:
 - A müonok elnyelődnen a nagyon sűrű anyagokban (pl. ólomban)
 - Lehet-e látni az ólomtömb „műon-árnyékát”?
- IGEN: müontomográfal
 - **Lila** (kevés müon jön)
 - **Piros** (sok müon jön)



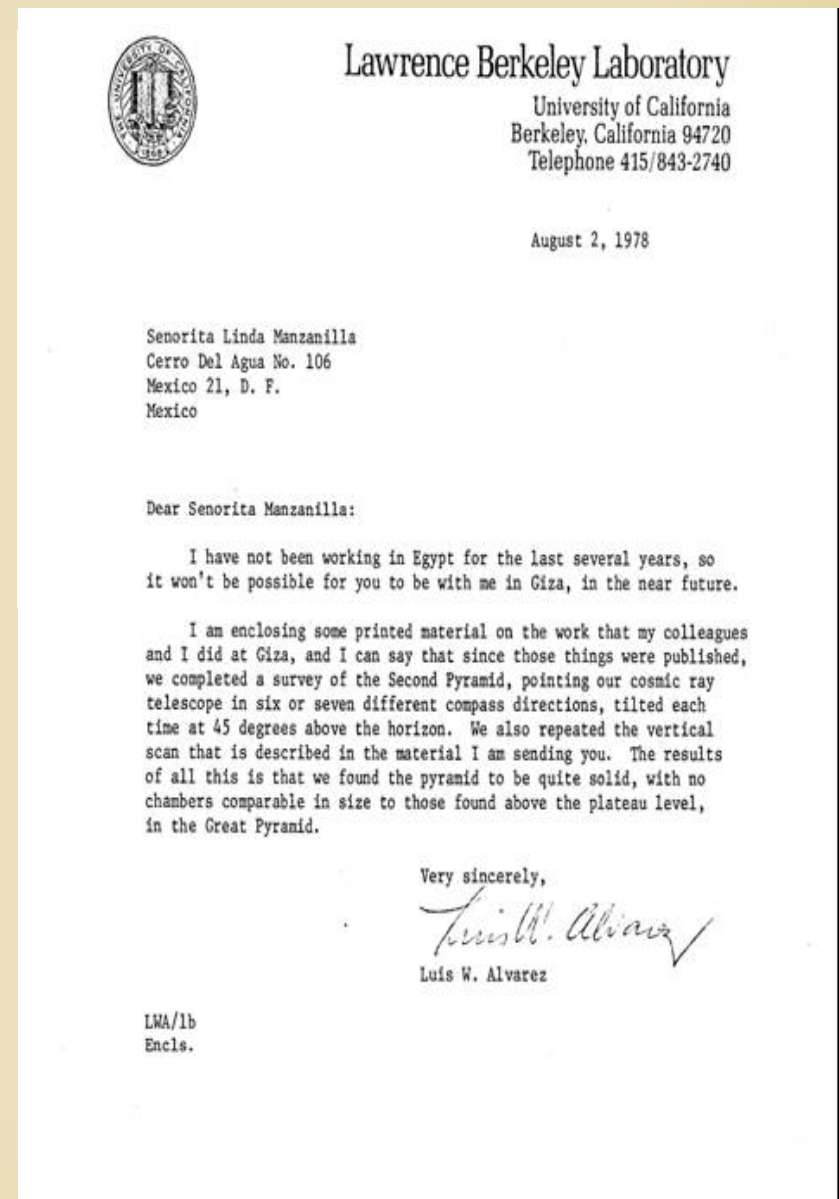
Az ELTE kép ^{90}Sr forrással



Kincskeresés müontomográffal...

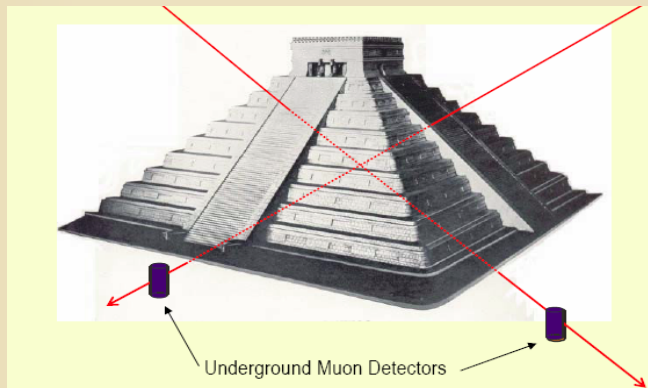
Kincskeresés müontomográffal

- Elv: kozmikus „röntgenkép”
 - Első alkalmazás L.W. Alvarez: rejtett kamrák keresése a Kefren piramisban. (1957)
 - Fizikai eredmény:
Nincsenek titkos kamrák a Kefren piramisban
- Igazi eredmény:
Nem kell szétfúrni a piramist!

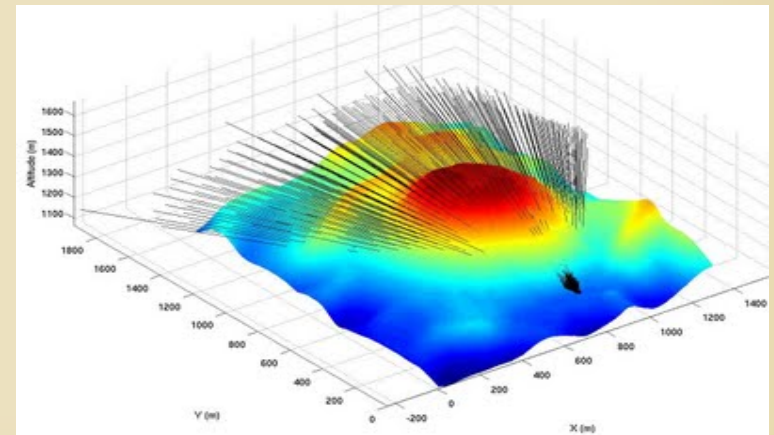
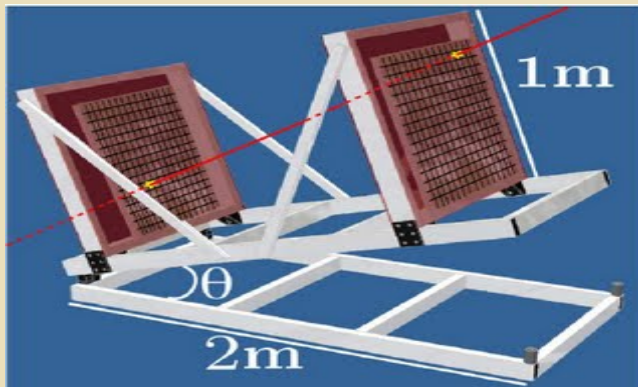


Müontomográf alkalmazások

- Nap Piramisa (Mexikó)



- Vulkánvizsgálat (Japán,)

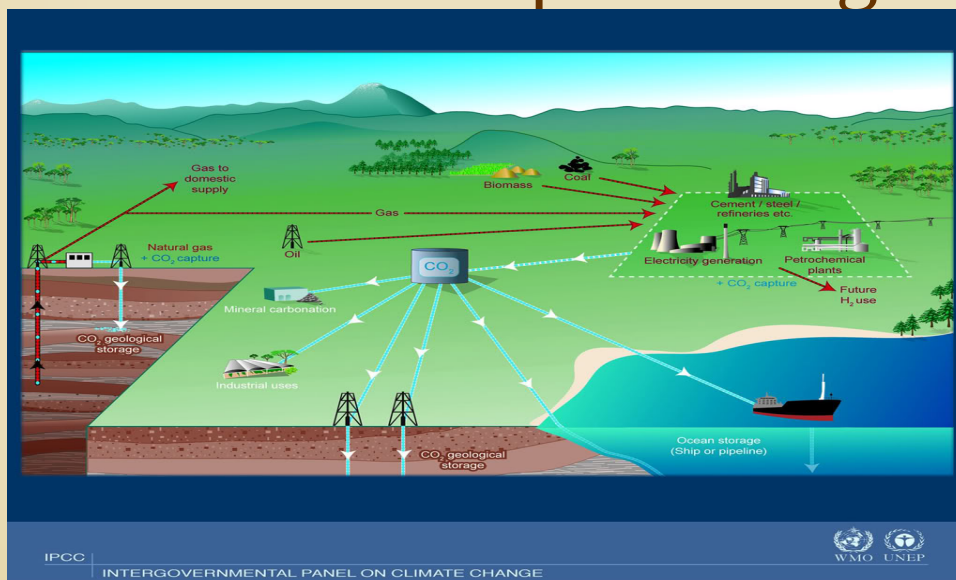


Müontomográf alkalmazások

- Nemzetvédelmi alkalmazás



- Széndioxid Csapda térfogat mérése



IV. Magyarország természeti kincsei

—

Virtuális barlangtúra a budapesti Molnár János Barlangban

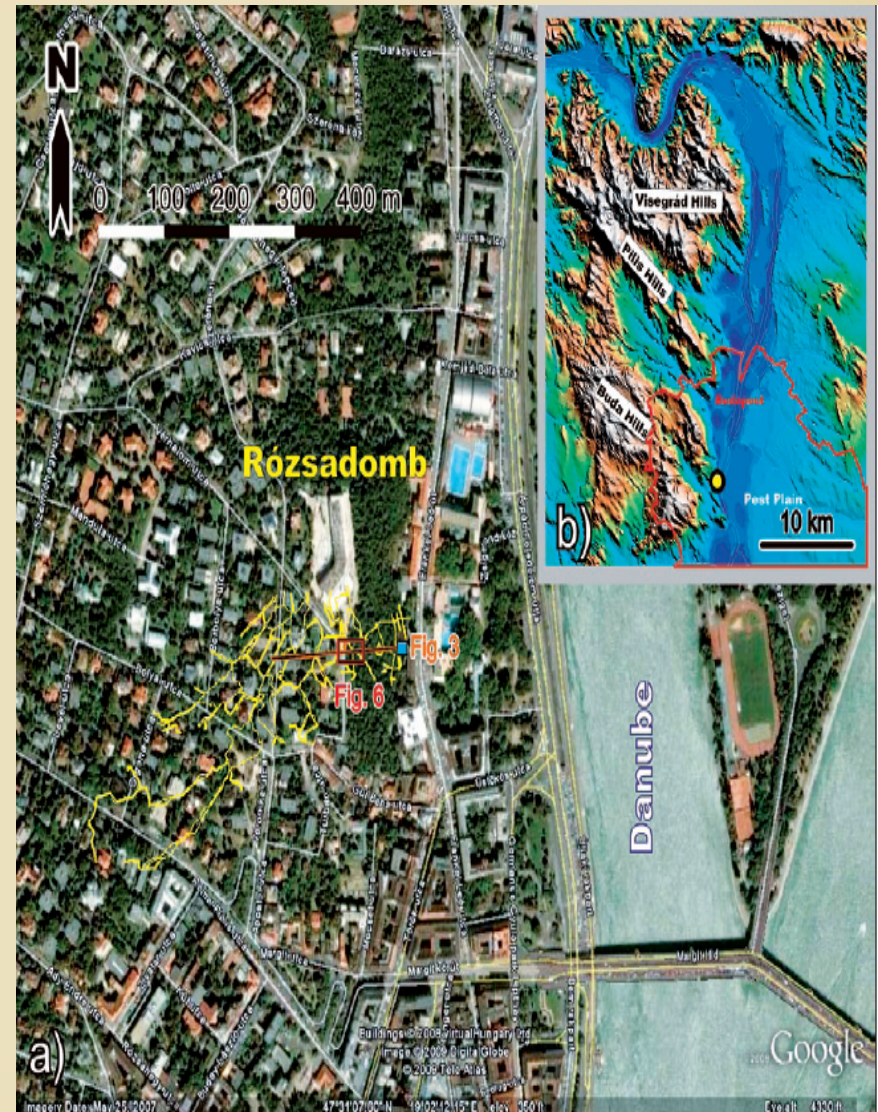
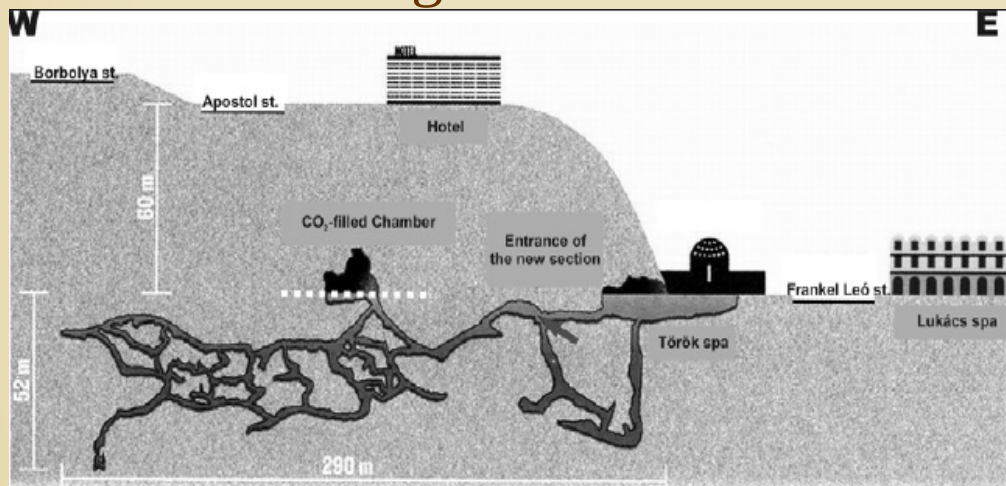
Budapest kincse: Molnár János barlang



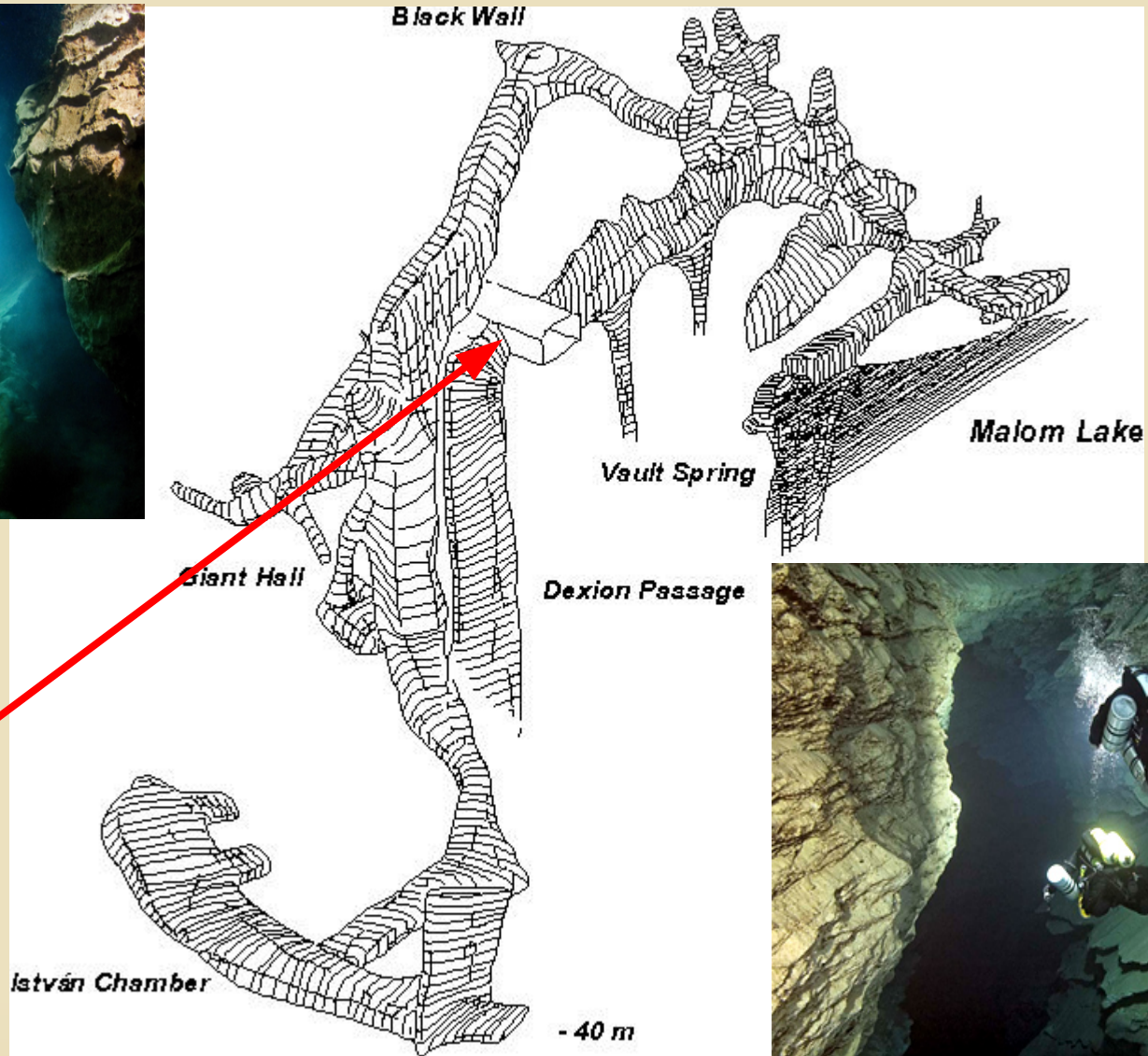
Barnaföldi GG: Kincskeresés kozmikus műonokkal - ELTE AtomCsill 2011.10.13

Budapest kincse: Molnár János barlang

- Termál barlang a városban
 - Új barlang: 10-100 ezer éves
 - 99%-a víz alatt van
 - több forrás is táplálja.
 - 1860: Molnár János patikus
 - 1977: Kessler Hubert, 180m
 - Jelenleg: 6000-7000m



Budapest kincse: Molnár János barlang



Budapest kincse: Molnár János barlang



Virtuális túra

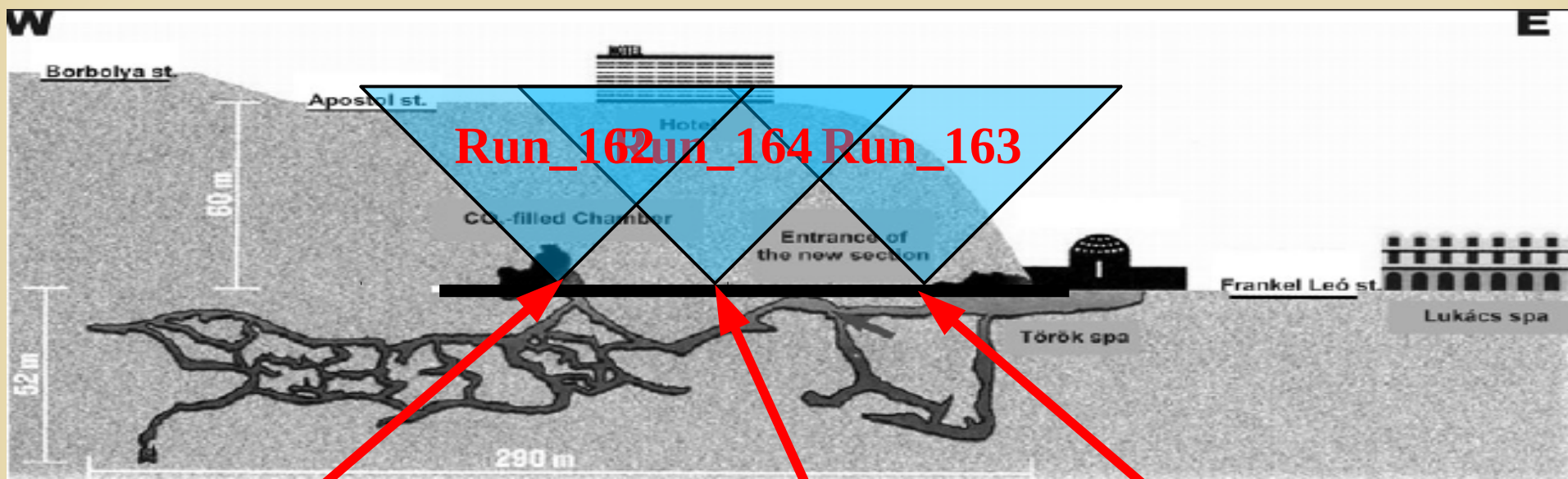
Barnaföldi GG: Kincskeresés kozmikus műonokkal - ELTE AtomCsill 2011.10.13

V. Kincskeresés, azaz
rejtett járatok keresése
hazai barlangokban

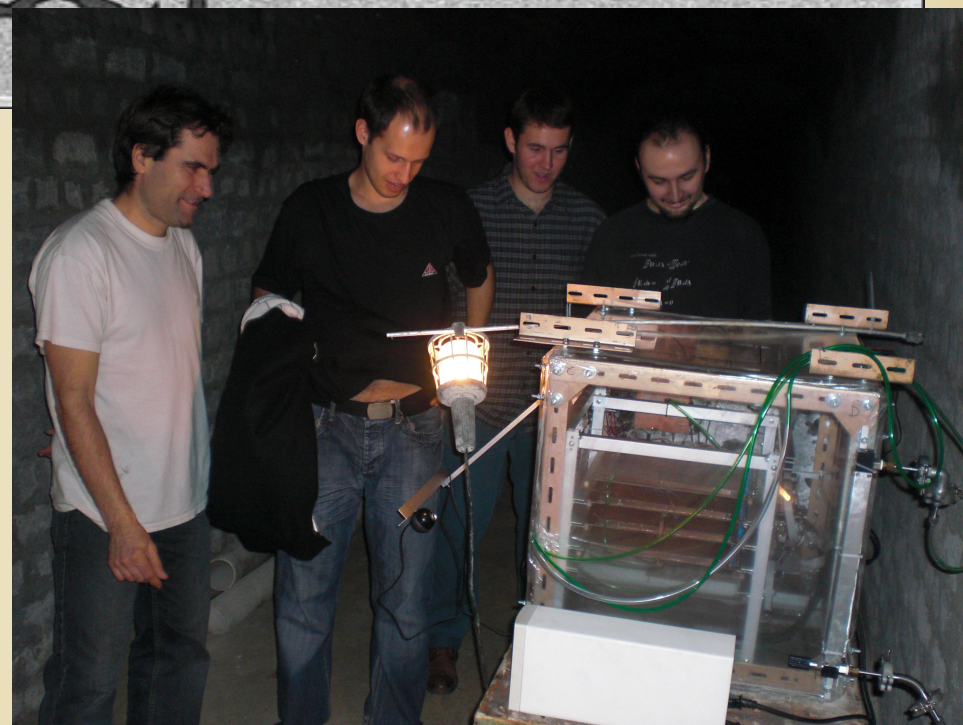
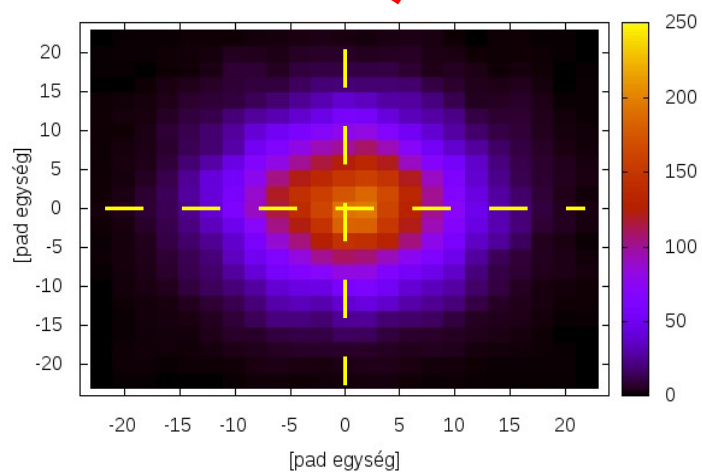
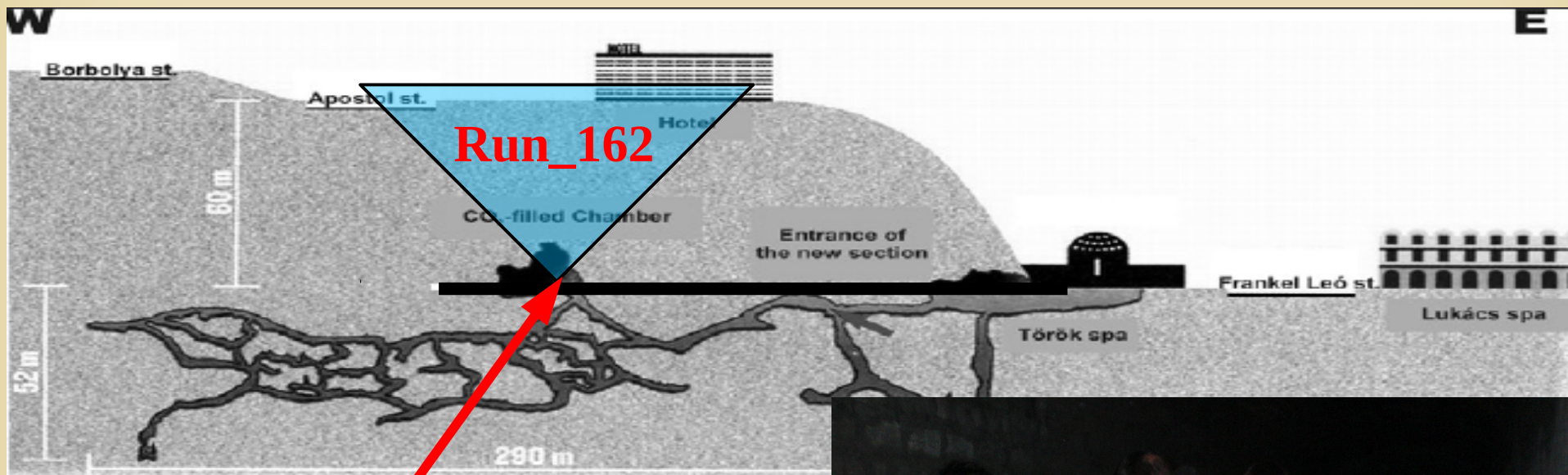
Müontomográf telepítése 2011. január 12.



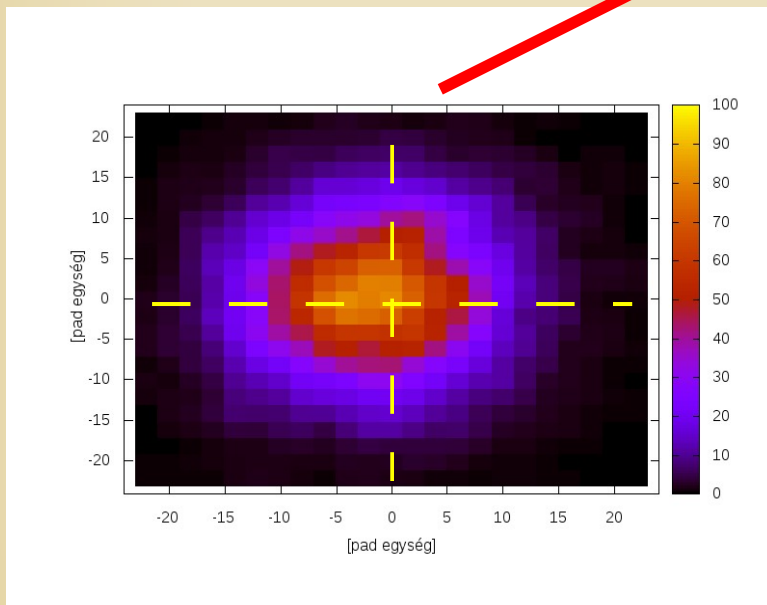
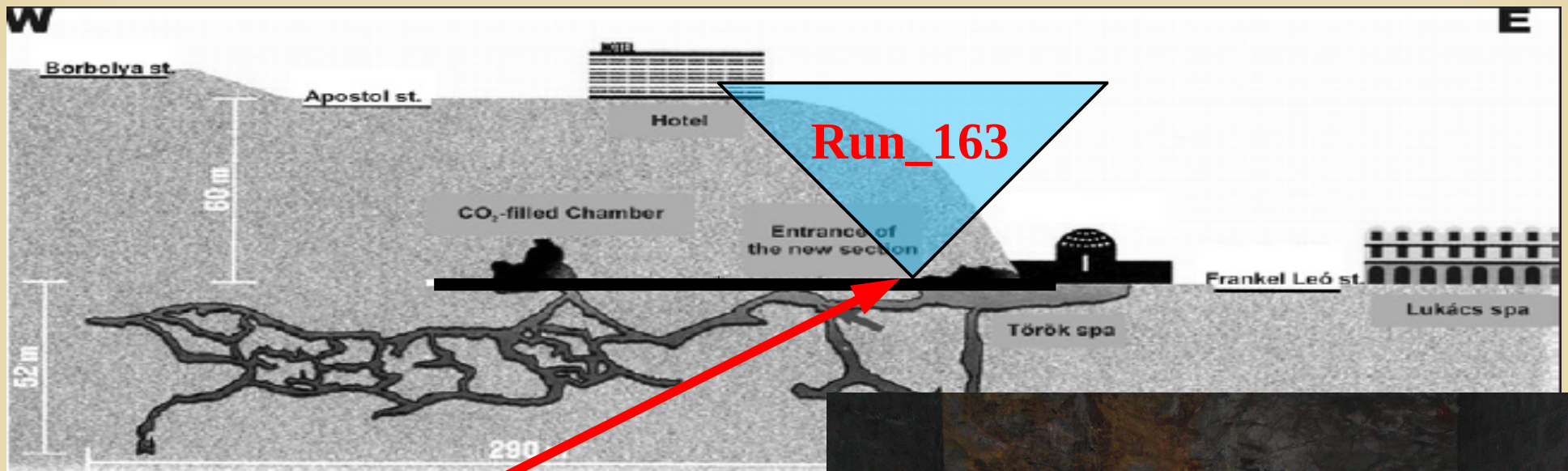
Mérések a Molnár János barlangban



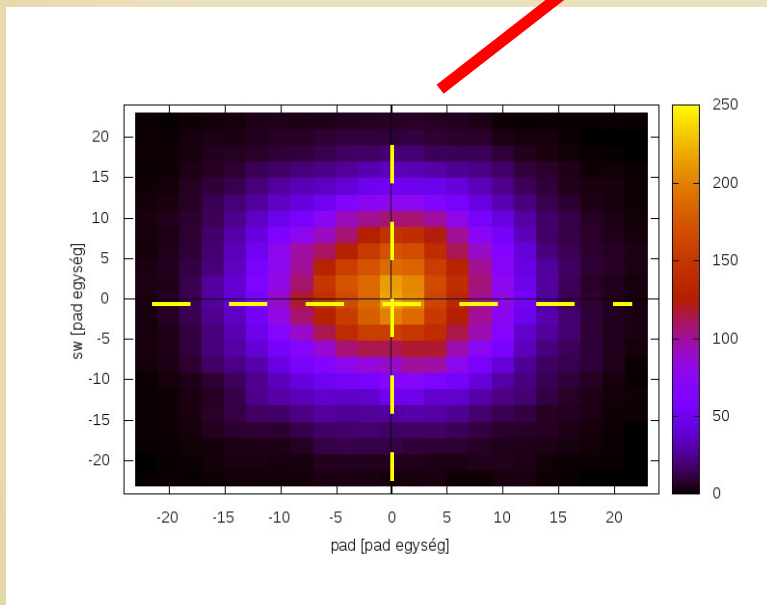
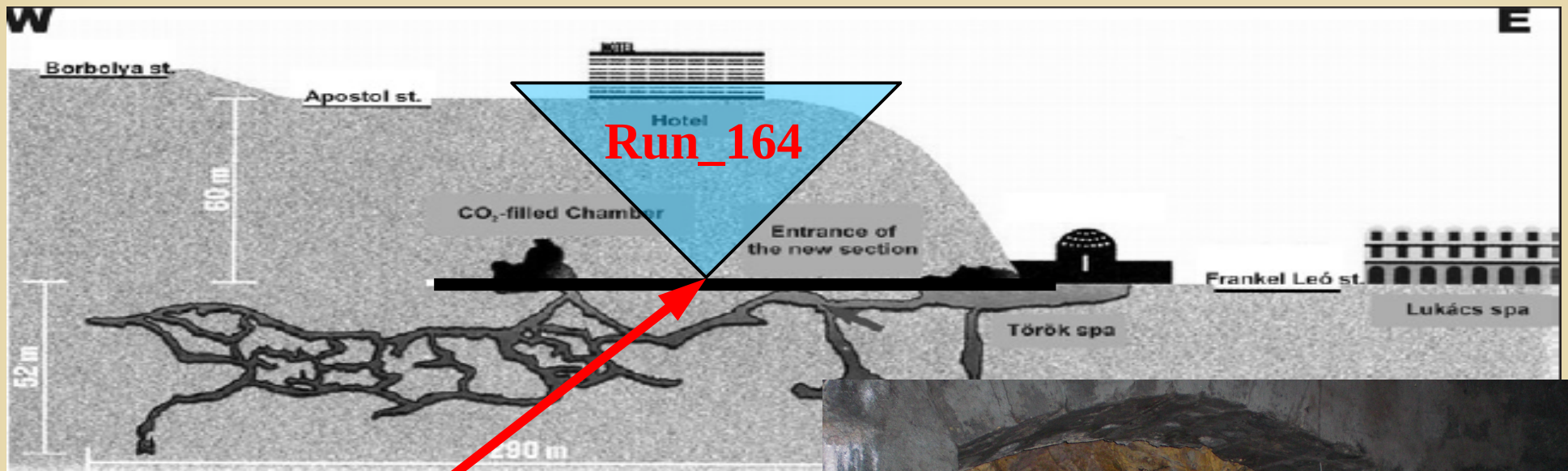
Run_162: 1 hónap, 80k esemény



Run_163: 3 hét, kb. 800k esemény

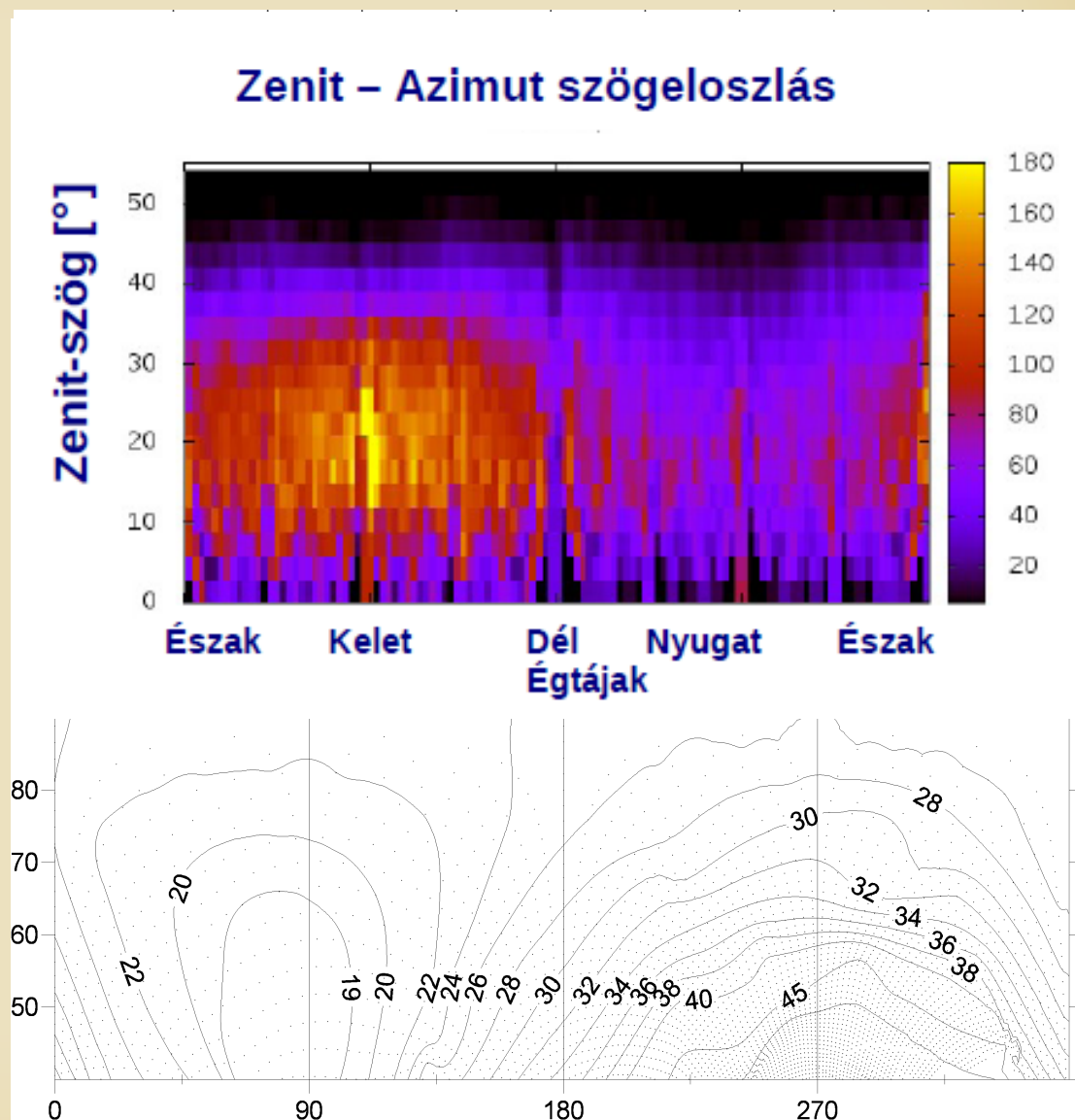


Run_164: 3 hét, 450k esemény



Hasonlóság a domborzattal

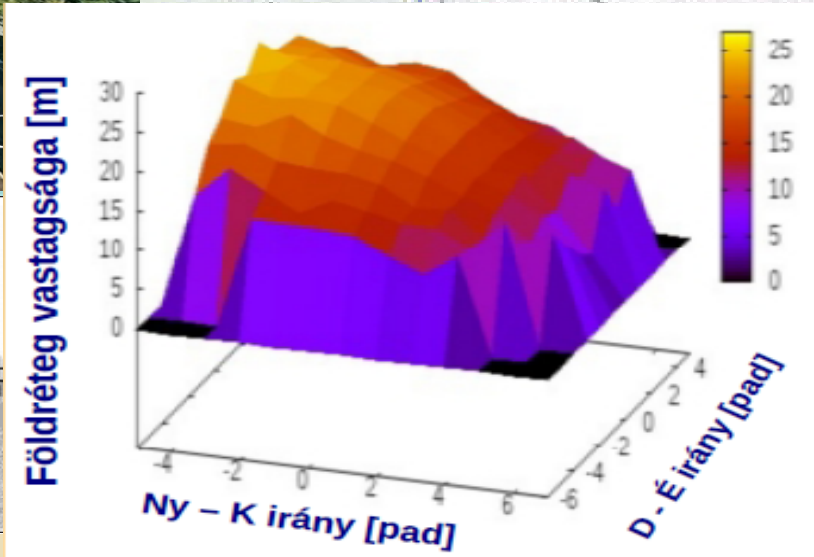
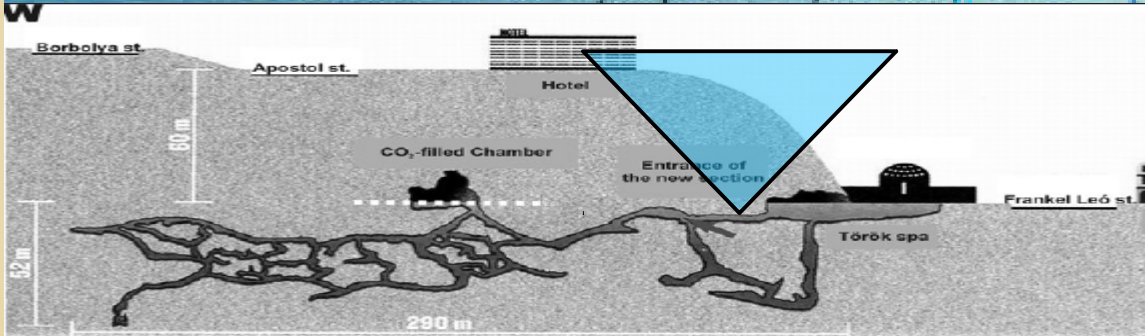
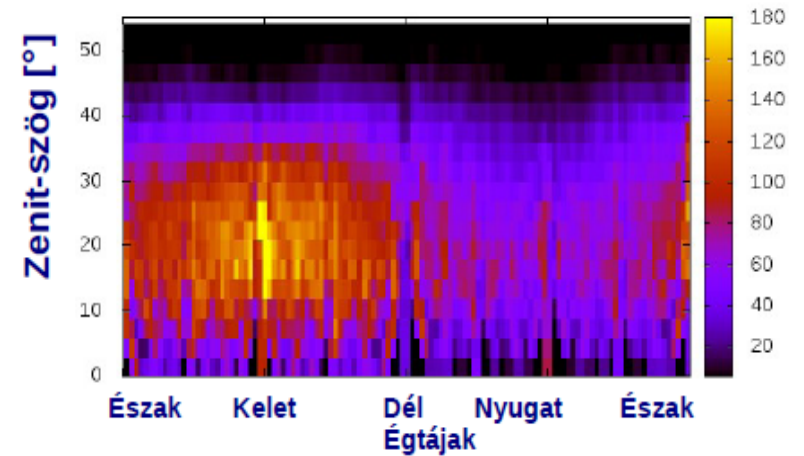
- Térképezés (GPS):
 - 3 cm-es pontosság(!)
 - Saját szintvonal térkép
 - A kőzet vastagságának megadása 0,5-1 m pontossággal
- Korrigált szögeloszlás
 - A kőzet vastagsága arányos az adott irányú elnyelődéssel
- **Látszik a hasonlóság a domborzattal!**



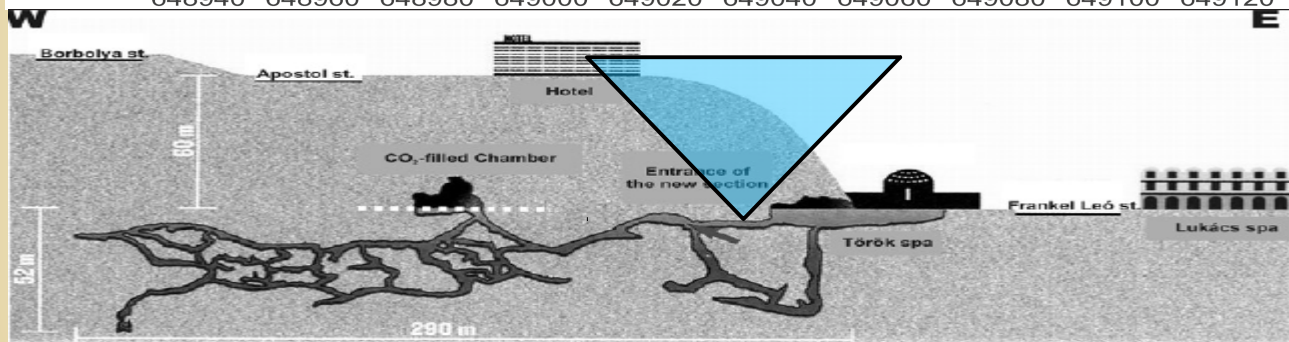
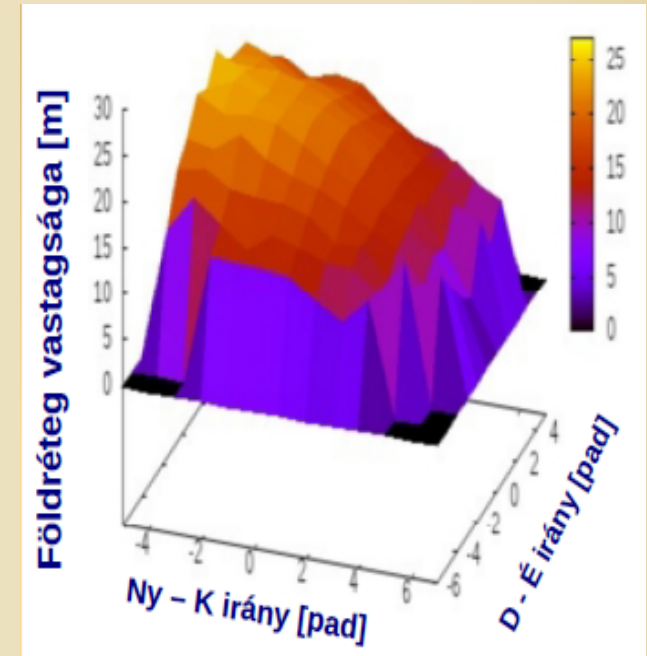
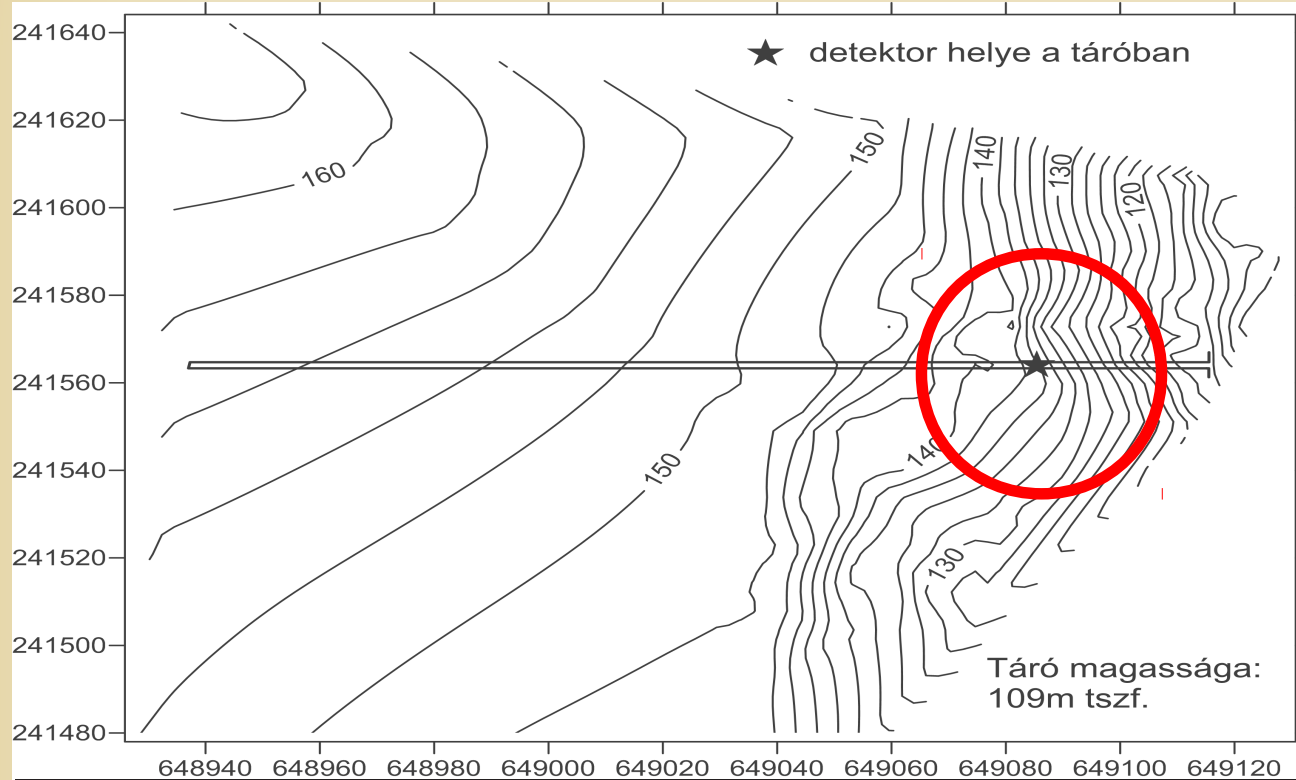
Rózsadomb domboldal



Zenit - Azimut szögeloszlás



Rózsadomb domboldal



Kitekintés: Müöntomográf 2.0



A REGARD müontomográf

- **Nagyléptékű szerkezetvizsgálat kozmikus részecskékkel.**
- **Megvalósítás:**

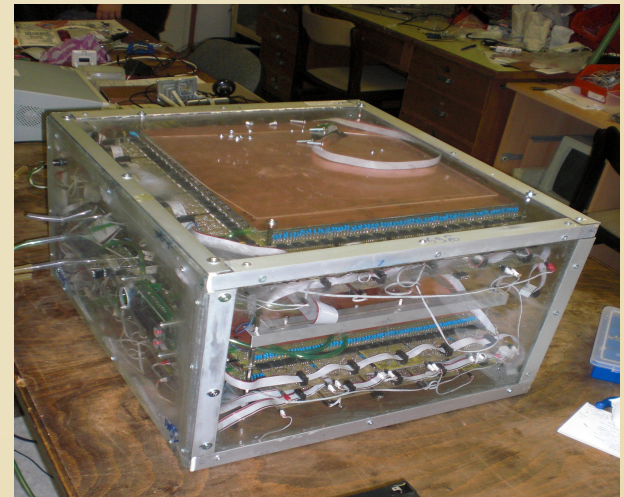
Detektor:

- kozmikus müonok detektálására;
- nagy sűrűségű tárgyak leképezésére müonokkal;
- talaj inhomogenitások és földalatti üregek kimutatására.
- Precizitás:
 - 1-2 cm-es helyfelbontás;
 - 2-3 °-os szögfelbontás.

Mobilis (< 50 kg).

Költséghatékony.

Alacsony energia felhasználású.



REGARD

KUTATÓINK

BGG¹, Bámer Csaba², Bencze György¹, Bencédi Gyula^{1,2}, Hamar Gergő¹, Horváth Péter¹, Kiss Gábor², Kovács Levente^{1,2}, László András¹, Lévai Péter¹, Lipusz Csaba¹, Márton Krisztina², Melegh Hunor³, Oláh László², Surányi Gergely⁴, Varga Dezső², Zalán Péter¹

RÉSZTVEVŐ INTÉZETEK

¹MTA KFKI Részecske- és Magfizikai Kutatóintézet

²Eötvös Loránd Tudományegyetem, Komplex Rendszerek Fizikája Tsz.

³Budapesti Műszaki és Közgazdagságtani Egyetem,

⁴MTA-ELTE Geológiai, Geofizikai és Űrtudományi Kutatócsoport,

Köszönetnyilvánítás

TÁMOGATÓK

OTKA NKTH

CK A08-77719, A08-77718, NK-77816

TOVÁBBI KÖSZÖNET

Adamkó Péter,

Rózsabombi Kinizsi SE,

Ariadne Karszt- és Barlangkutató Egyesület,

Bognár Csaba.