

XXX. Jubileumi Fizika OTDK 2011

Földalatti üregek vizsgálata kozmikus részecskék segítségével

Oláh László

Témavezetők:

dr. Barnaföldi Gergely Gábor

dr. Varga Dezső

REGARD

Kutatásunkat az OTKA NKTH CK 77719, OTKA NKTH CK 77815

és az OTKA NK-77816, OTKA PD-73596 pályázatok támogatják.



Tartalom

- I. Motiváció
- II. Detektor felépítése és működése
- III. Nyaláb teszt a CERN PS-ben
- IV. Kozmikus müon mérések a laborban
- V. Földalatti detektor tesztek
- VI. Összefoglalás és kitekintés

I. Motiváció

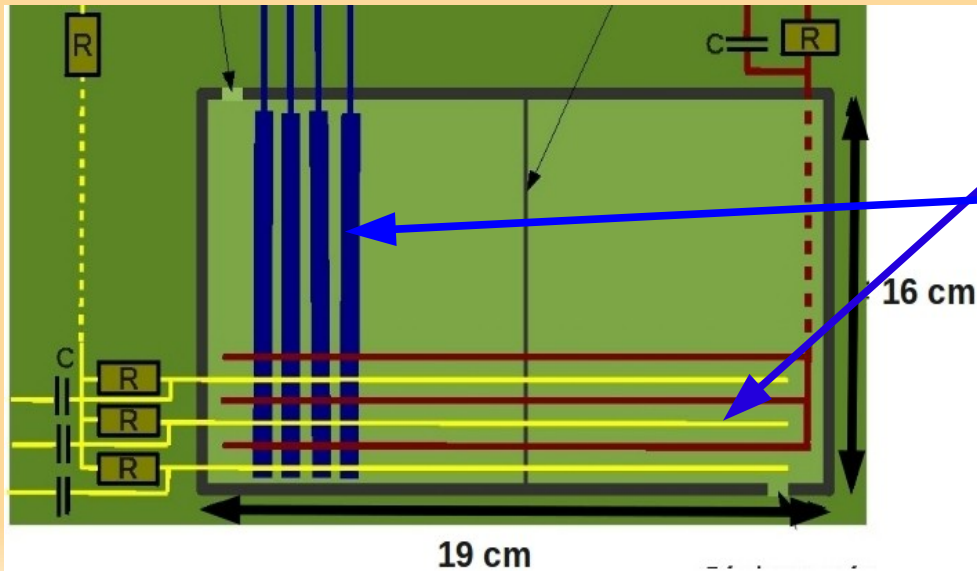
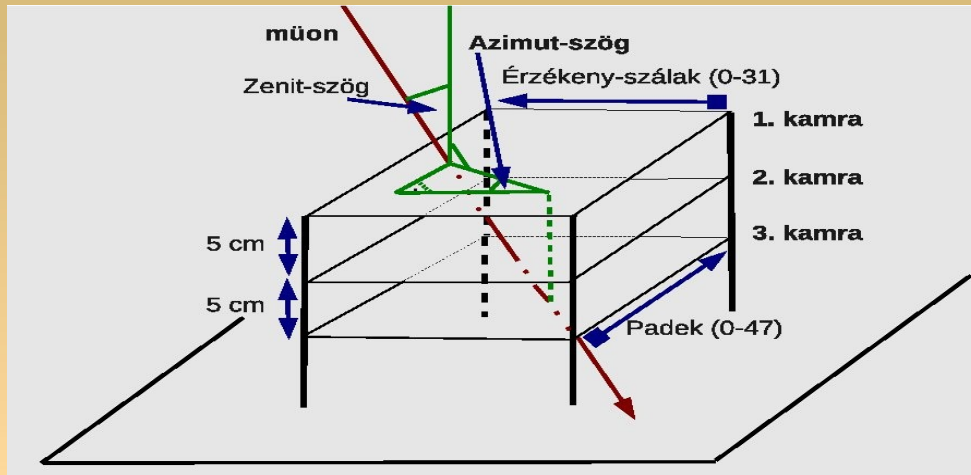


- Földünket folyamatosan bombázzák a nagyenergiás részecskék (p , ...).
- Kölcsönhatva a légkörrel pionokat, majd müonokat keltenek.
- A kozmikus müonok eljutnak a Föld felszínére is.
- Alkalmazások napjainkban: archeológia, geológia, nemzetvédelem, stb.
- Feladataim:
 - Müontomográf tervezése és megépítése.
 - A detektor jeleit analizáló program megírása.

Célok

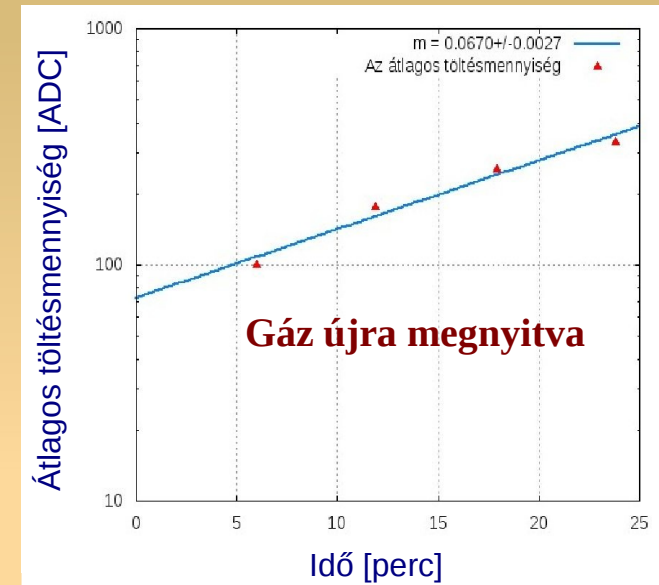
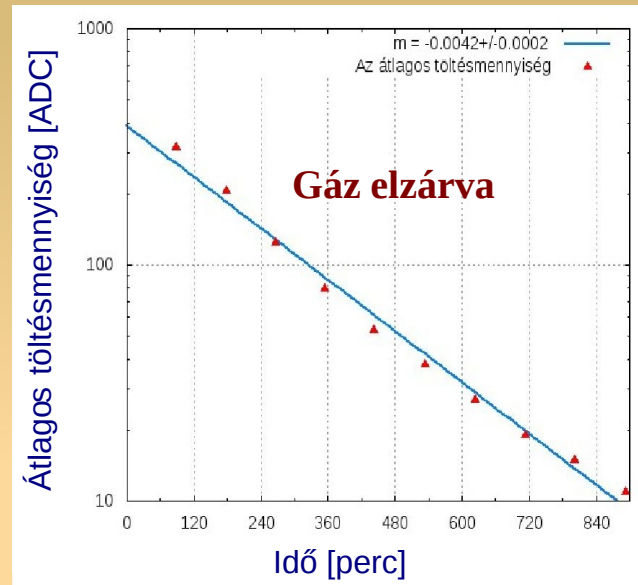
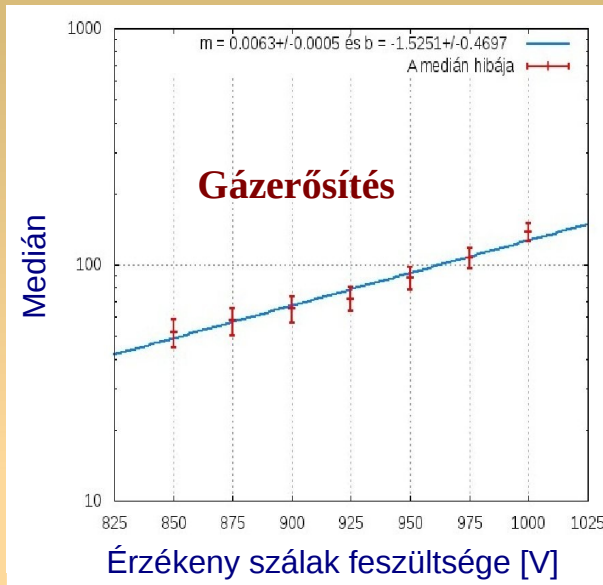
- **A tervezett detektor:**
 - **Alkalmas:**
 - kozmikus müonok detektálására.
 - nagy sűrűségű tárgyak leképezésére müonokkal.
 - talaj inhomogenitások vagy földalatti üregek kimutatására.
 - **Precizitás:**
 - 1 – 2 cm-es helyfelbontás
 - 2 – 3 °-os szögfelbontás
 - Mobilis (< 100 kg)
 - Költséghatékony
 - Szerény energia felhasználású

II. A detektor felépítése



- 3 darab párhuzamosan, egymás alatt elhelyezett Közeli Katódú Kamra (CCC).
- Részecske pálya megadása 2 db koordinátával: zenit-szög (θ) és azimut-szög(ϕ).
- 2 dimenziós helymeghatározás mindhárom rétegen.
- Érzékeny szálak 4 mm távolságra egymástól.
- A katód 4 mm széles padekre van szegmentálva.
- A kamra térfogata: 1 cm x 19 cm x 16 cm
- Ar és CO₂ gázok (80% - 20 %) keverékével töltött.

A kamrák működése



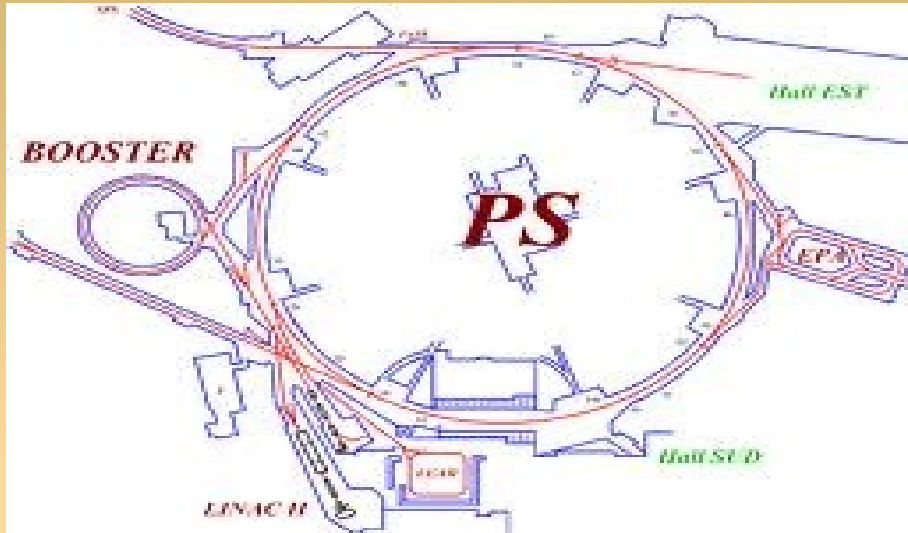
A gázerősítés vizsgálata:

- Jól működő gáztöltésű detektorok esetében a gázerősítés exponenciálisan függ az anódszára (jelszára) adott feszültségtől. Ez teljesül a CCC kamrákra!

Az optimális gázáramlás meghatározása:

- Elzárva a 7 l/h áramlású gázt, majd újra megnyitva azt, 0,44 l/h-nak adódik a kamrák működéséhez szükséges minimális gázáramlás.

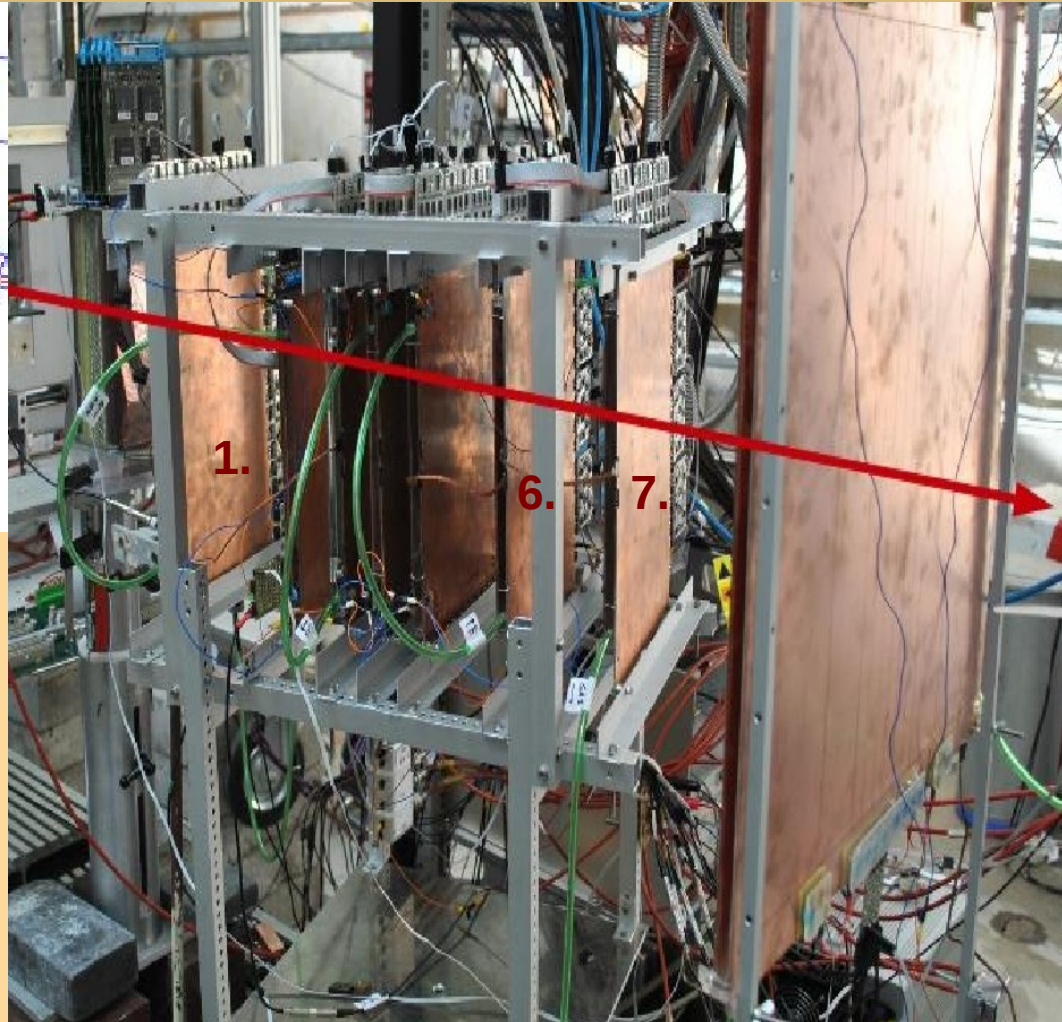
III. Nyaláb teszt a CERN PS-ben



- **Nyalábteszt előnyök:**
 - Monoenergiás pionok
 - Nagy fluxusú
 - Jól kollimálható

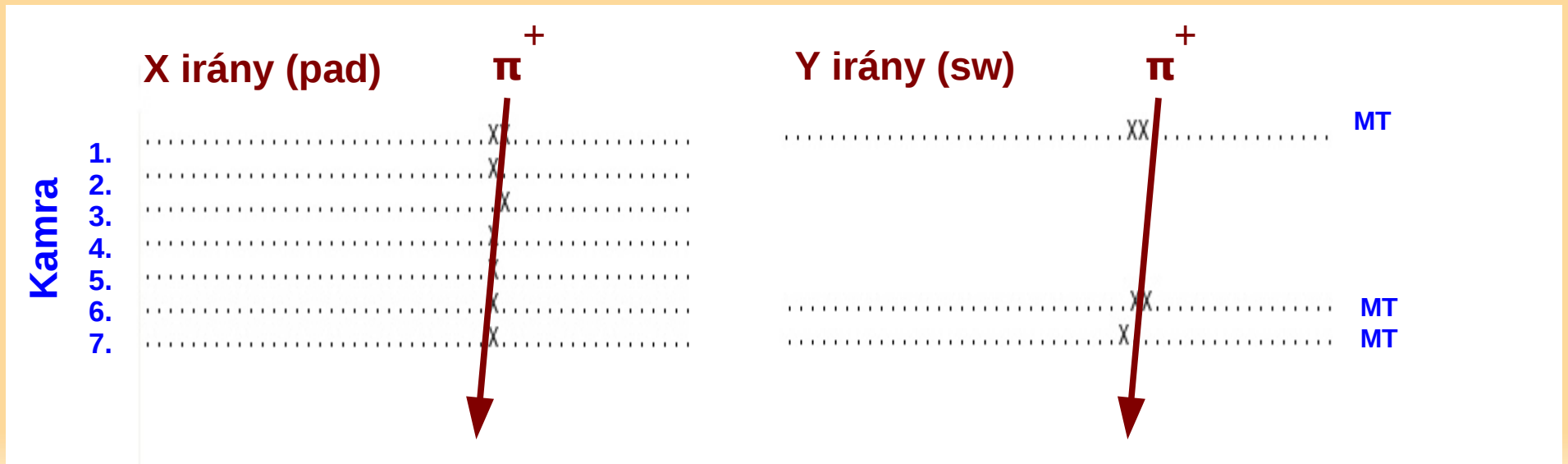
Kísérleti összeállítás:

- 7 réteg CCC kamra: 1, 6 és 7 kamrák a müontomográf kamrák.

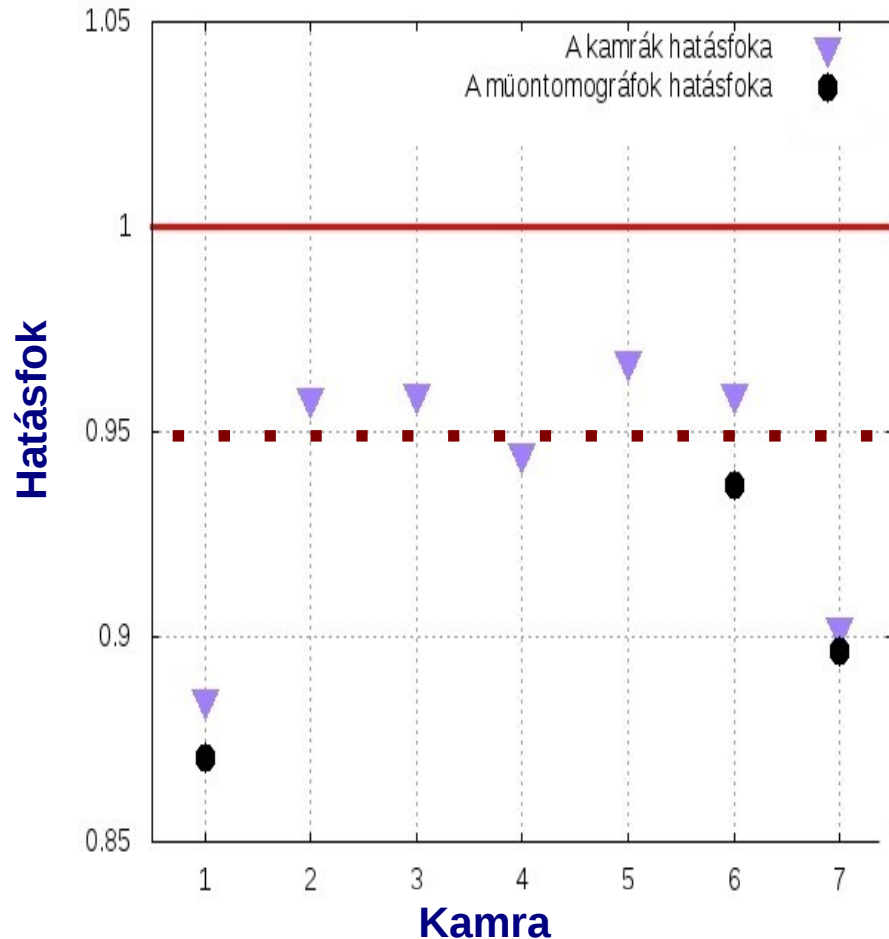


A kísérleti összeállítás

- A müontomográf (MT) kamrák 2 dimenzióban detektálják a részecskéket, a többi CCC kamrák csak 1 dimenzióban.
- A kamrákon keresztülhaladó részecske pályájának mérése:
 - Beütések helyének mérése az egyes kamrákon.
 - Egyenes illesztés a mért beütésekre.

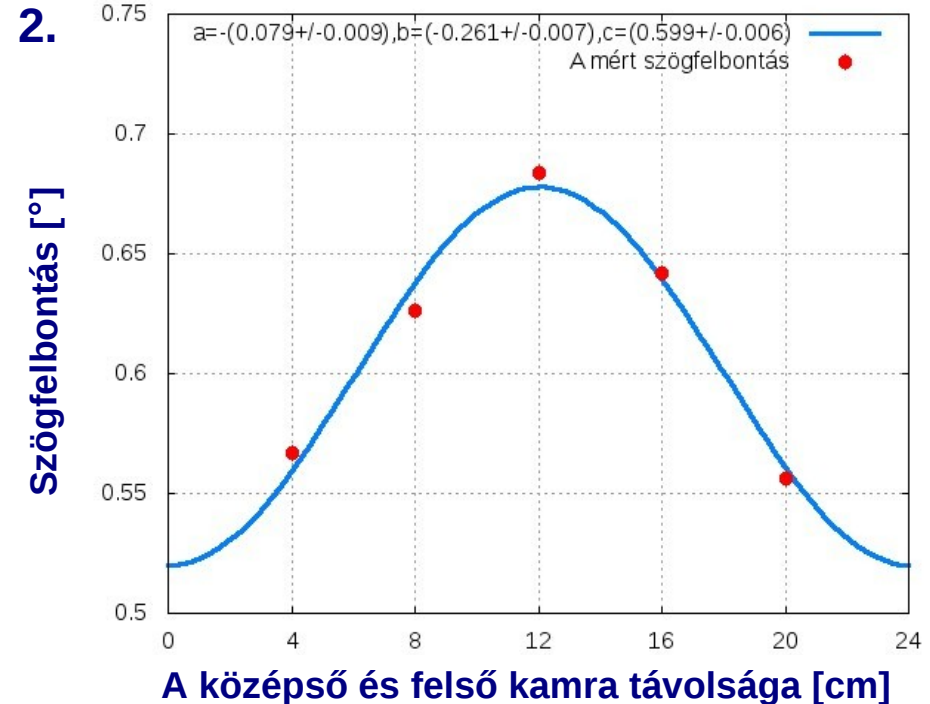
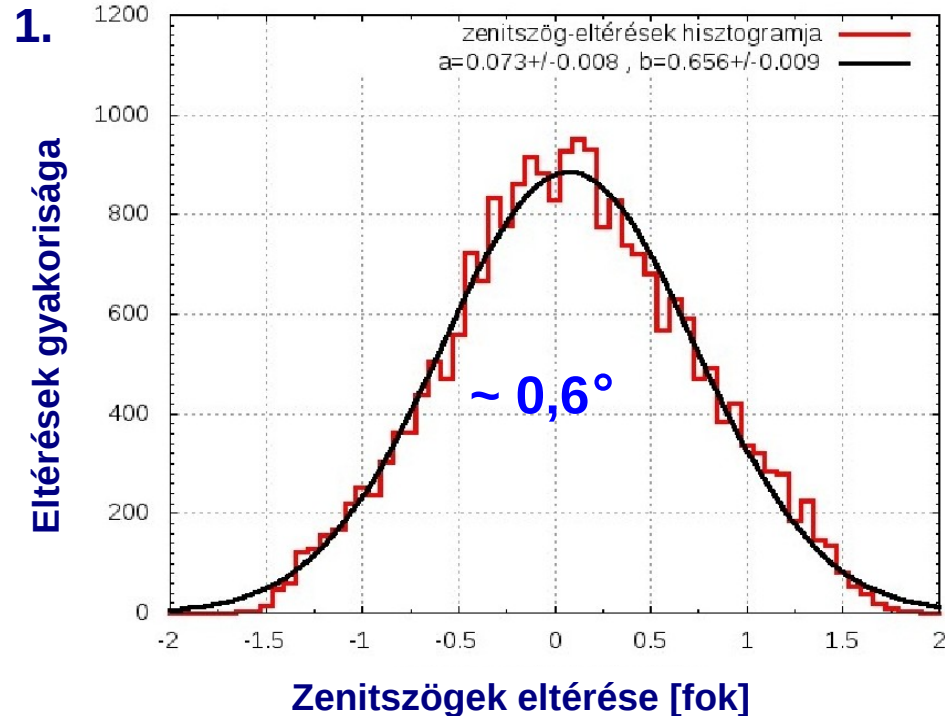


A kamrák hatásfokának mérése



- A hatásfok: megadja, hogy a kamrán valóban keresztülhaladó részecskék hány százalékát detektáltuk.
- Hatásfok mérése:
 - (1) Egyenes illesztés 6 kamrán, majd extrapoláció a vizsgált kamrára.
 - (2) Ha az extrapolált pont és mért beütés távolsága kisebb mint 2 pad egység (8 mm), akkor „jó” a beütés.
 - (3) $\eta = \text{„jó” beütések} / \text{összes beütés}$.
- 95% körüli hatásfok az igényeinknek megfelelő.

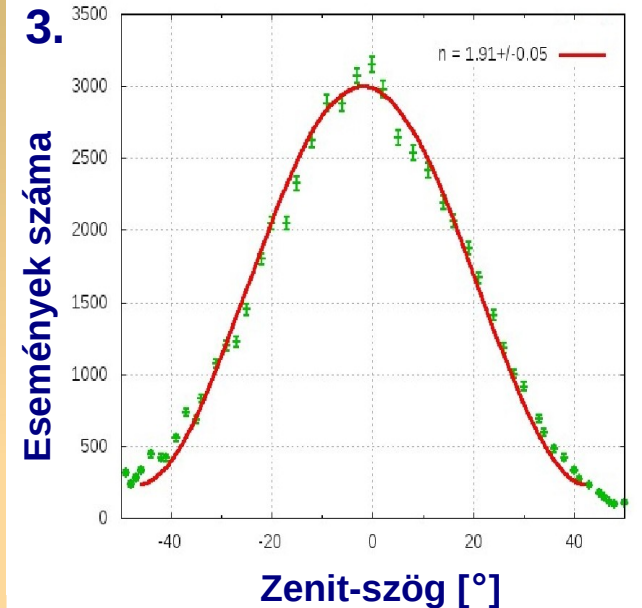
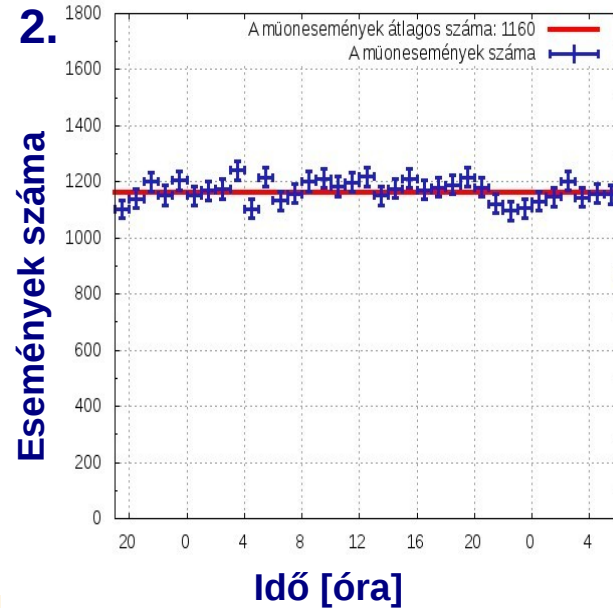
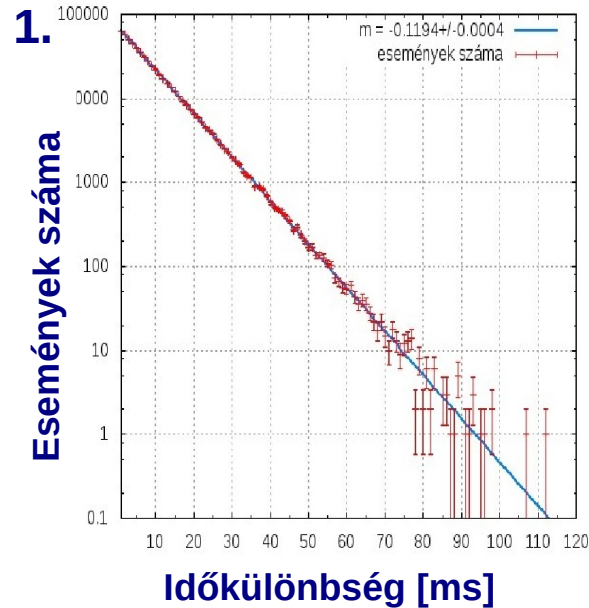
A szögfelbontás vizsgálata



1.: Az egymástól még éppen megkülönböztethető térbeli források zenitszögeinek különbségét szögfelbontásnak nevezzük.

2.: A szögfelbontás 20%-kal javul, ha a középső kamrát a szélső kamrák valamelyikéhez közelebb helyezzük.

IV. Kozmikus müonok mérése laborban



1.: Müon-események időkülönbségének eloszlása:

A müon-események függetlenek és minden időben azonos valószínűséggel következnek be, ezért időkülönbségeik exponenciális eloszlást követnek.

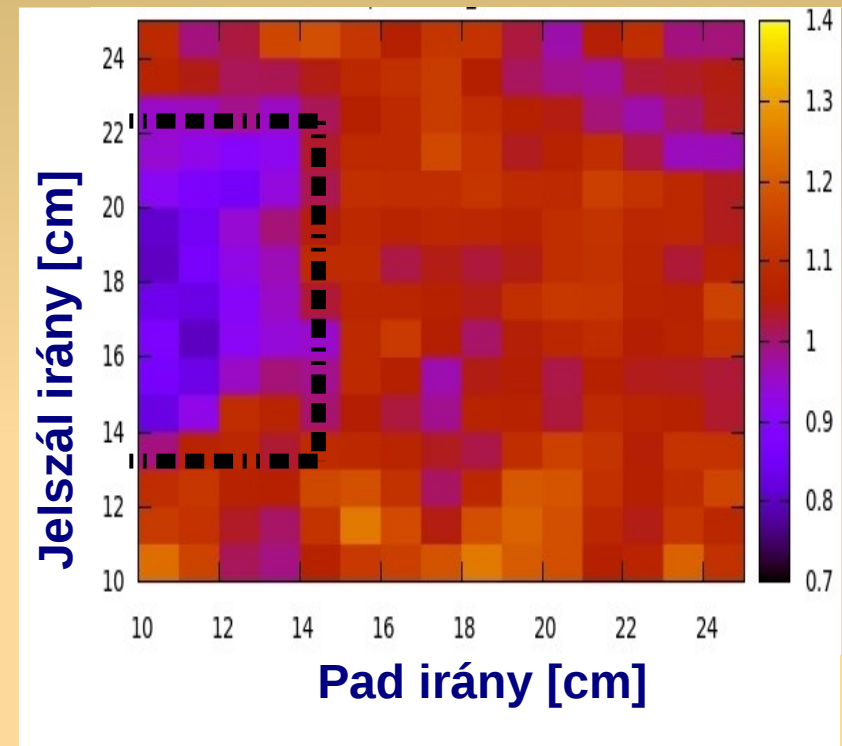
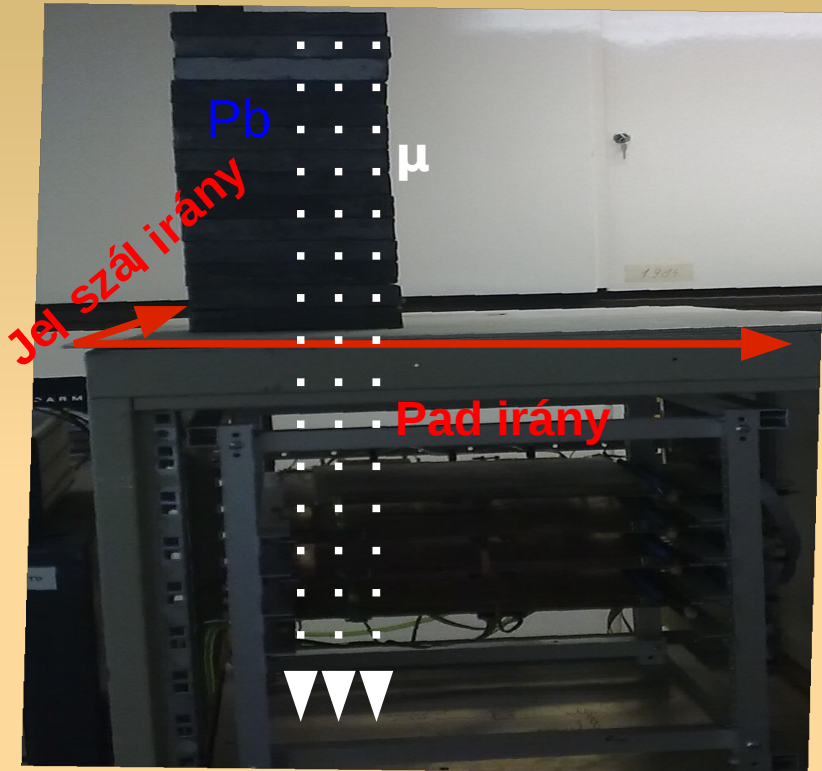
2.: Müon-események számának napszakfüggése:

1-2 % eltérés az átlaghoz képest: a müon-események száma független a napszakok váltakozásától.

3.: Detektorunkon keresztülhaladó müonok zenit-szögének eloszlása:

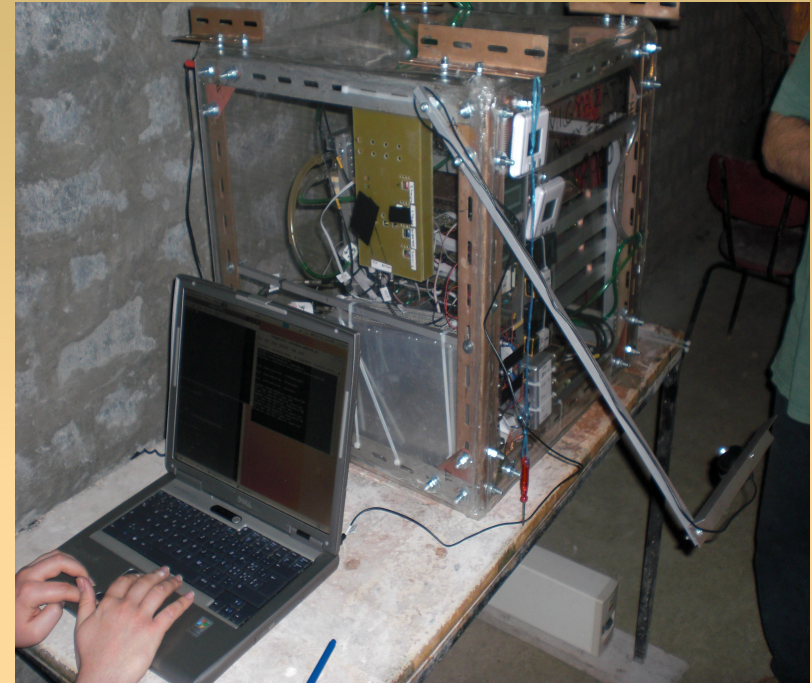
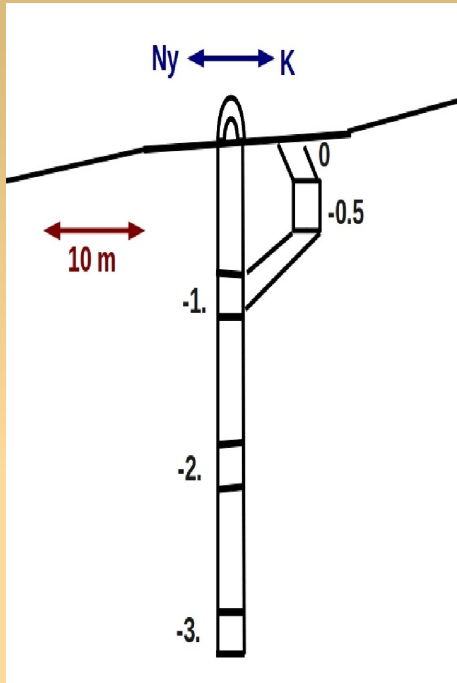
A hatvány-kitevőre $n = (1.91 \pm 0.05)$ -t kaptam eredményül, amely megegyezik a szakirodalomban közölt eredményekkel (lásd P.K.F.Grieder, Cosmic Rays at Earth, Elsevier, 2001).

Leképezés kozmikus müonokkal



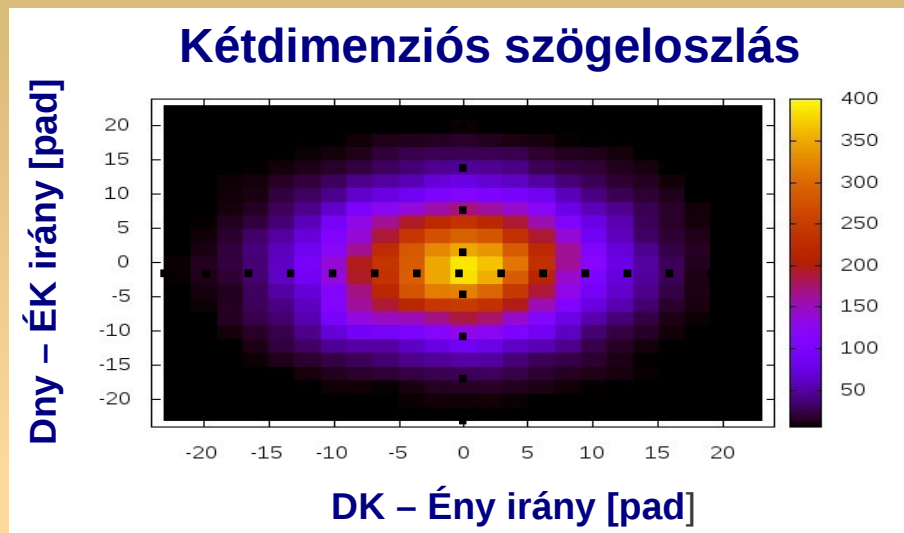
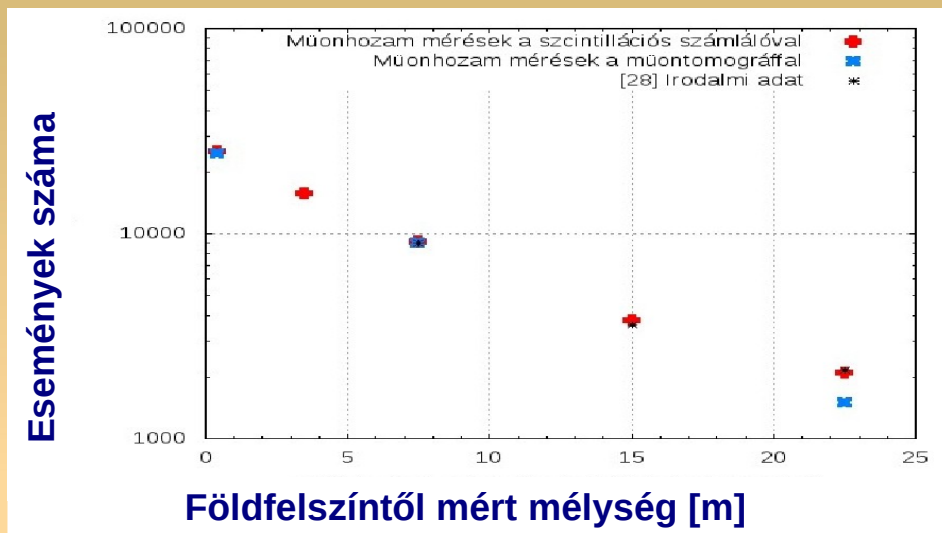
- Egy 17,5 cm x 8 cm x 8 cm-es Pb tornyot építettem a MT felett 12 cm-re.
- A 3-4 GeV átlagos energiájú kozmikus müonok intenzitása ~10 %-ot csökken a Pb toronyban.
- A 10% intenzitás csökkenés 357 MeV energia leadást jelent, tehát a mért intezitás csökkenés megegyezik az analitikus számolások eredményével (lásd dolgozat B. függelék)!
- A detektor alkalmas nagy sűrűségű tárgyak kozmikus müonok általi leképezésére!

V. Földalatti detektor tesztek



- A Jánossy-akna egy 30 m mély 3 szintes föld alatti építmény, amely kiváló hely a detektor tomográfiás képességeinek tesztelésére.
- Első méréseinket 2010. októberében és decemberében végeztük el.
- A detektor megfelelően működik a nedves, magas páratartalmú környezetben!

Mérések a Jánossy aknában



1. Müonhozam mérések:

- Megmértem a kozmikus müonhozamot a detektor és egy szcintillációs számláló segítségével az akna különböző szintjein.
- A mérési eredmények megegyeznek egymással ill. az elméleti értékekkel, amely azt bizonyítja, hogy a detektor megfelelően méri a müonhozamot!

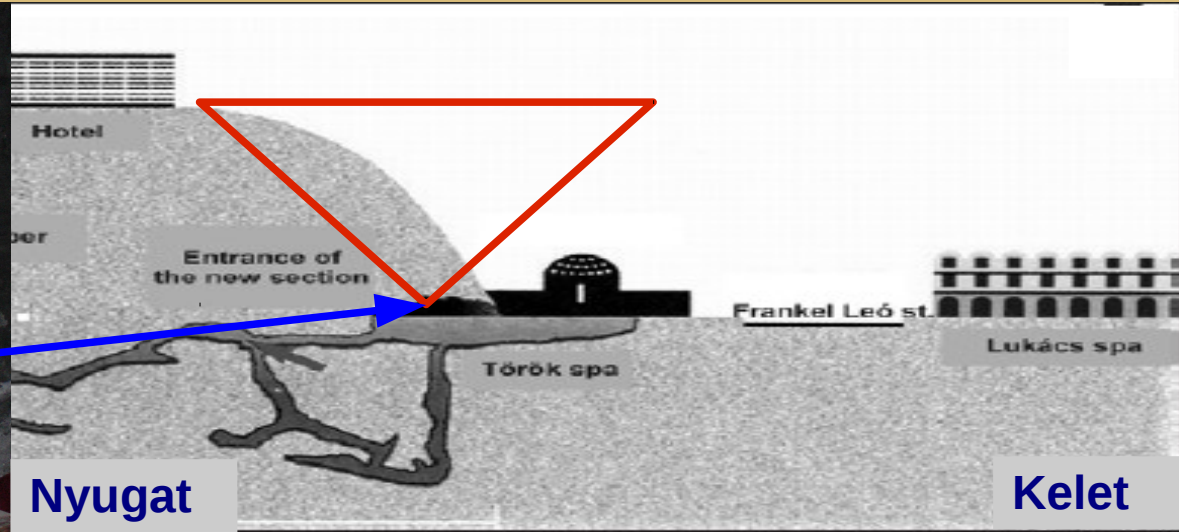
2. Két dimenziós szögeloszlás:

- A kétdimenziós szögeloszlás nem mutat jelentős asszimetriát, amely kimutatásához, további hosszabb idejű mérések szükségesek (20 m mélyről a 2 méteres szintkülönbség kiméréséhez ~ 4 hét szükséges).

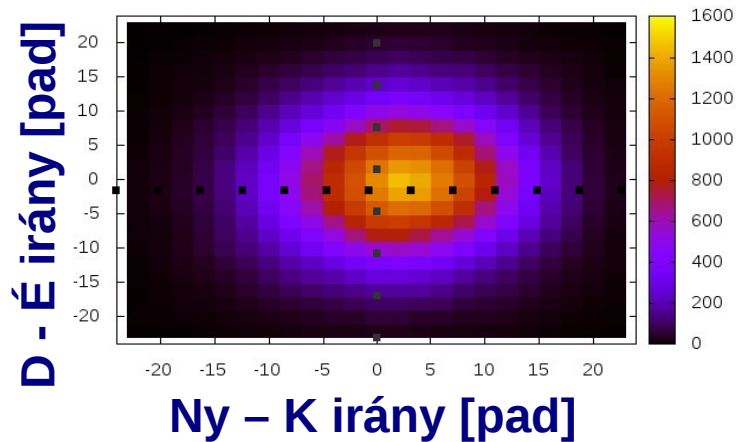
VI. Összefoglalás és kitekintés

- Részt vettem az új fejlesztésű CCC kamrák megépítésében.
- Megírtam a mérési adatokat elemző C++ kódot.
- Elvégeztem a kamrák tesztelését a CERN PS-ben.
- Megépítettem a müontomográfot:
 - 4 mm-es helyfelbontás és 0,6 °-os szögfelbontás.
 - Mobilis (< 10kg, + 20 kg gáz ~ 3 hétre).
 - Olcsó CCC technológia (< 1000 \$).
- Elvégeztem a detektor tesztelését a REGARD csoport gázdetektor laboratóriumában ill. a Jánossy féle aknában:
 - Alkalmas különböző objektumok müonokkal történő leképezésére.
 - Megfelelően méri a müonhozamot különböző mélységeken.
 - Meghatározható segítségével a kozmikus müonok szögeloszlása, fluxusa.

Mérések a Molnár János-barlangban



Kétdimenziós szögeloszlás



Zenit – Azimut szögeloszlás

