

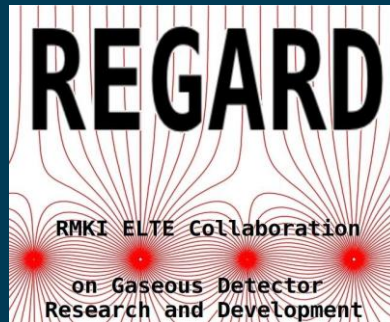
Müográfiai direkt probléma megoldása mérés optimalizáláshoz

Stefán Boglárka Abigél
ELTE Geofizikus MSc

Témavezetők:

Dr. Hamar Gergő
Wigner Fiz.Kut. Nagyenergiás Fizikai Osztály
REGARD L.Inn.Detektorfizika Csoport

Dr. Balázs László
ELTE Geofizikai és Űrtudományi tanszék



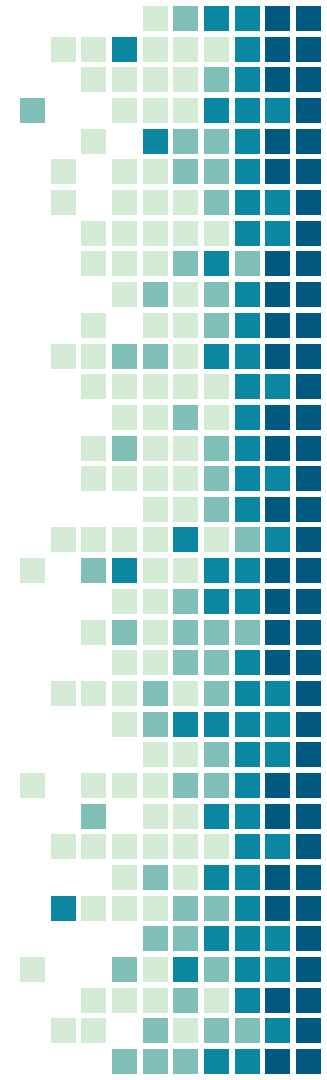
Tartalomjegyzék

Bevezetés:

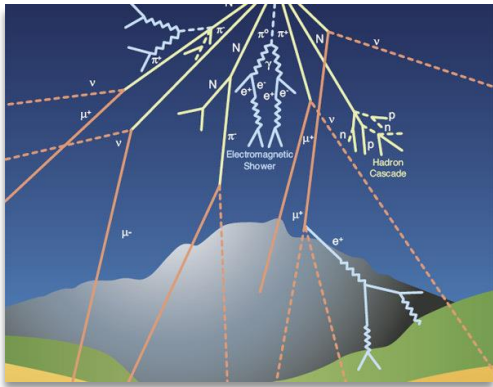
- Müográfiai rövid története, alkalmazása
 - Adatfeldolgozás, direkt feladat
 - St. Christoph bánya geológiája

Eredmények:

- Detektor specifikus effektusok
 - Mérésoptimalizálás
 - A C++ implementáció
 - Ellenőrzés terepi mérésen



Kozmikus sugárzásból származó müonok



1.: Kozmikus sugárzás

1911: Victor Hess: Kozmikus sugárzás

Elsődleges és másodlagos részecskék

1936: C. D. Anderson: müon azonosítása

Tulajdonságai:

- széles energiaspektrum
- lassú energiaveszteség (Bethe-Bloch formula)
- az energia vesztesége egyenes arányos lesz a közetben megtett úthosszal és a közet sűrűségével

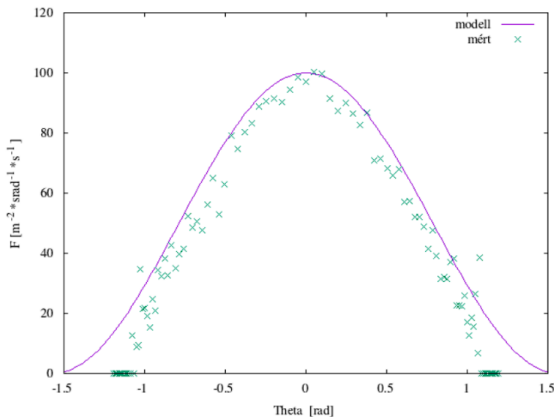
A müonteret leíró fluxus: $F = N/(t\Omega A)$

Felszínen az alapmodell: $F = F_0 \cos^2\vartheta$ (100/ sec/m²)

A müonok detektálásán alapuló képalkotási módszert nevezzük müográfának

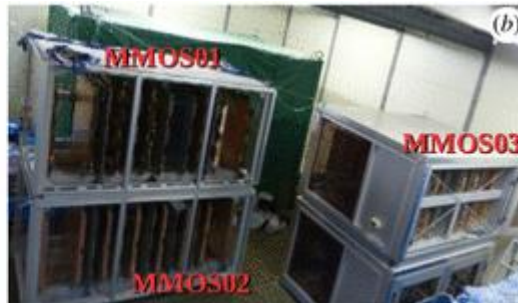
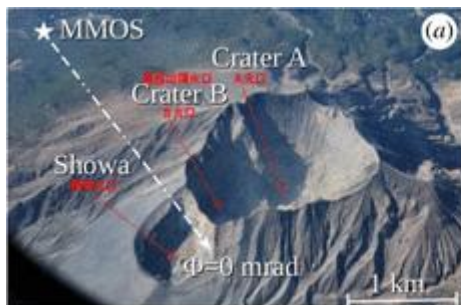


2.: Victor Hess

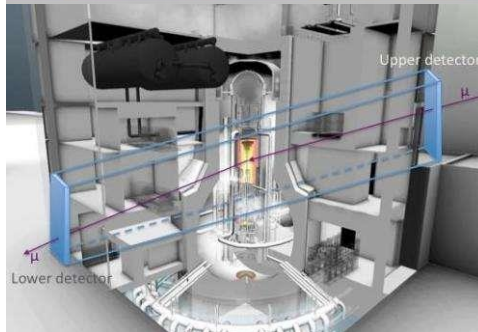
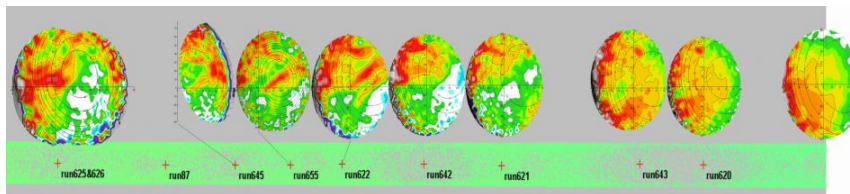


Felhasználási területei

- Vulkanológia
- Régészeti felhasználás
- Barlangkutató
- Mélyfúrású geofizika
- Szerkezetvizsgálat
- Monitorozás
- Bányászat

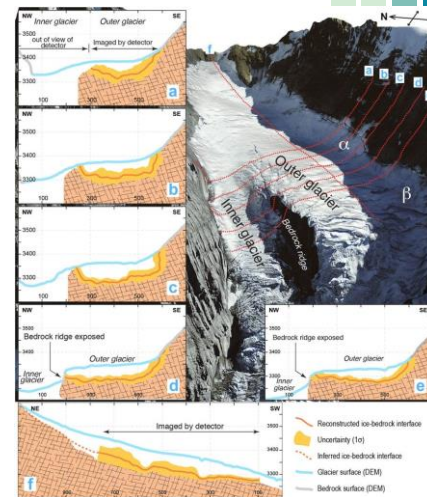


4.: Sakurajima lábánál található Müográfiai Observatórium



6.: Királylaki táróban végzett mérési eredmények

5.: Királylaki táróban egy mérés



7.: Fukushima atomerőmű monitorozása

8.: Eiger gleccser topográfiája

Használt detektortípusok

Cél: beérkező müonok számát és irányát regisztrálni

Detektorok: Szcintillációs, gáztöltésű, emulziós detektorok

Elvárások: hordozható, kis fogyasztás, jó felbontás, stabil, ellenálló, autonóm.

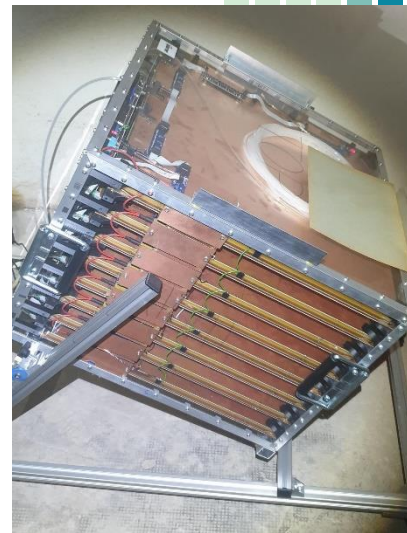
REGARD Csoport: üregkutatás, vulkánkutatás, bányászat

MWPC, CCC kamrák

Alapvetően két méréselrendezést használunk

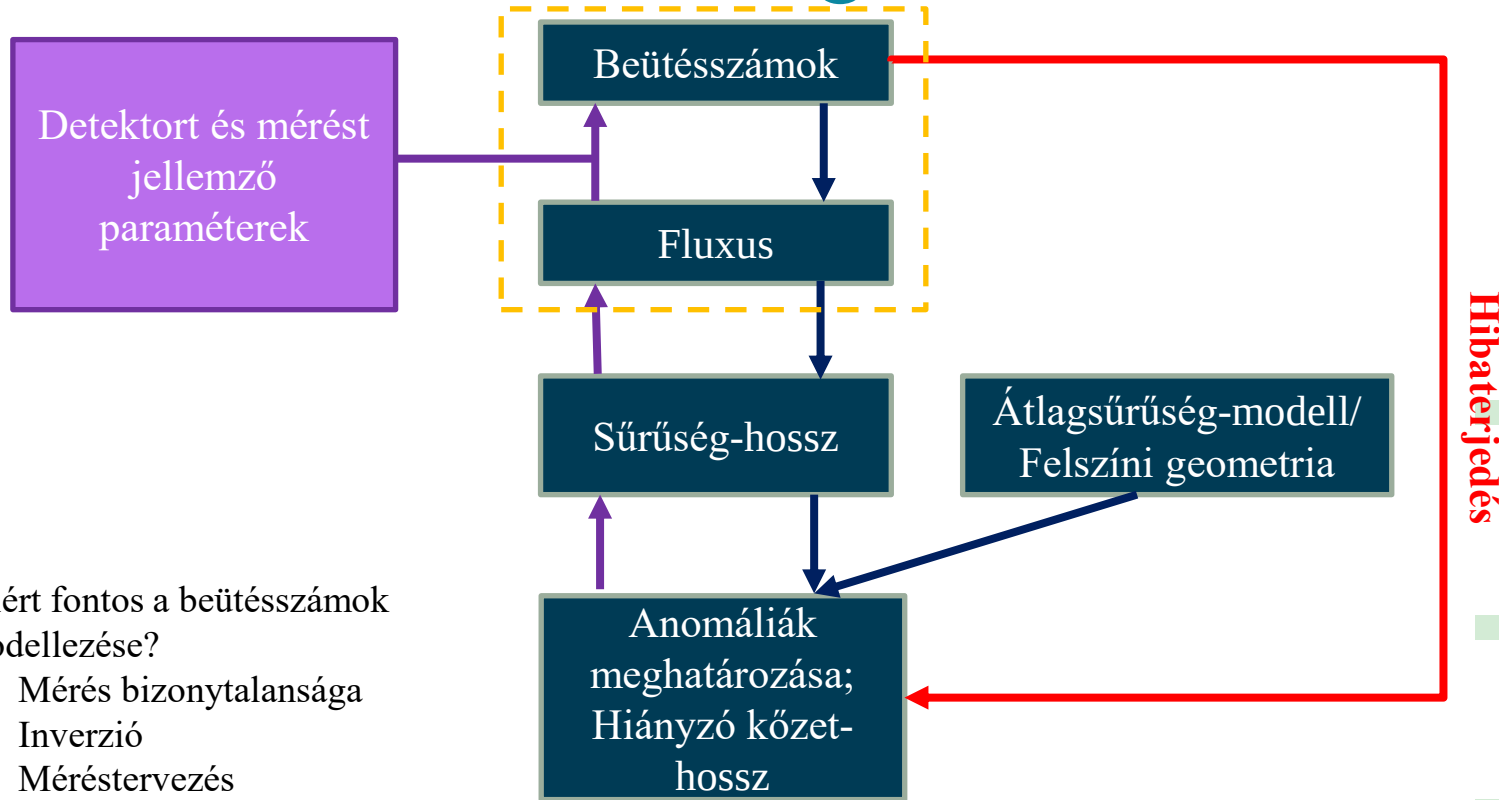


9. Felszíni méréselrendezés



10.: Felszín alatti méréselrendezés

Adatfeldolgozás



Miért fontos a beütésszámok modellezése?

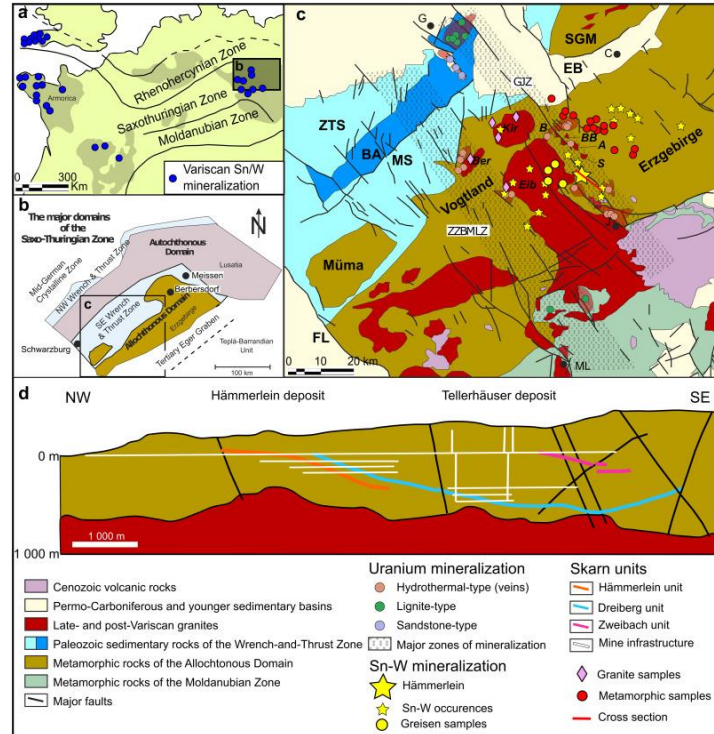
- Mérés bizonytalansága
- Inverzió
- Méréstervezés
- Mérésidő

Detektorok

Detektor	Típus	L_x [cm]	L_y [cm]	N_k	h [cm]	a [cm]
MTL1	MWPC	76.8	76.8	8	56	8
MTS51	MWPC	51.2	51.2	8	37.45	5.35
BHD2	CCC	4.8	19.2	4	6	2



- 8



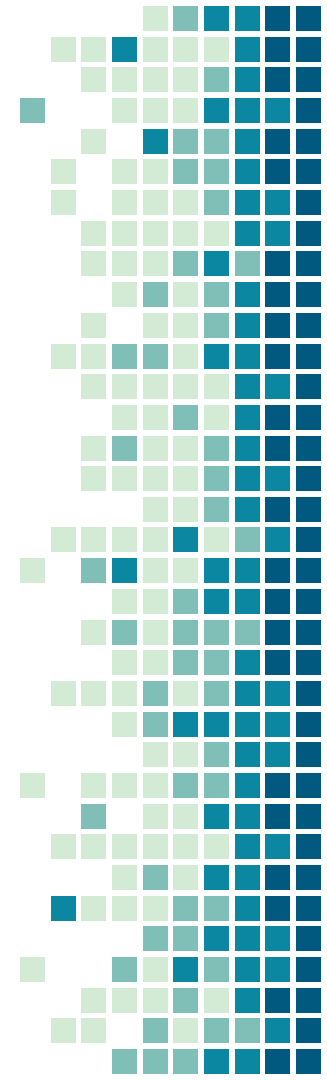
Tartalomjegyzék

Bevezetés:

- *Müográfiái rövid története, alkalmazása*
 - *Adatfeldolgozás, direkt feladat*
 - *St. Christoph bánya geológiája*

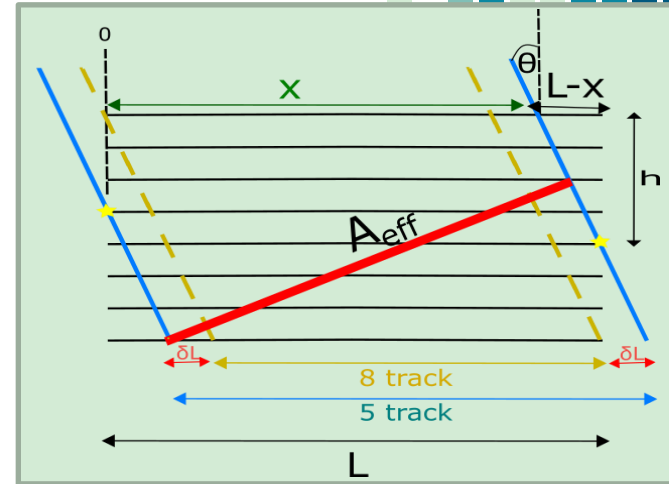
Eredmények:

- Detektor specifikus effektusok
 - Mérésoptimalizálás
 - A C++ implementáció
 - Ellenőrzés terepi mérésen



Detektor specifikus effektusok

- **Fluxus:** a müonteret leíró fizikai mennyiség: $F = N/(t\Omega A_{\text{eff}}) = >$
 $N = Ft\Omega A_{\text{eff}}$
- **Effektív felület és track-definíció:**
 - adott irányból érkező müonok $\Rightarrow$ a detektor érzékeny felületrésze
 - egy egyenesbe eső beütések közül mennyit követelek meg $\Rightarrow$ érvényes track $\Rightarrow$ befolyásolja A_{eff} -t
- **Térszög:**
 - fix térszög $\Rightarrow$ anomália észlelhetősége
 - lokális kr.-hez igazított $\Rightarrow$ nyers fluxussal összehasonlítás



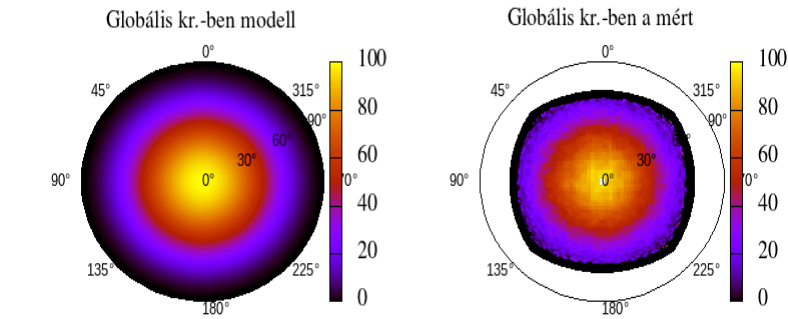
Detektor specifikus effektusok

$$F=F_o cos^2\vartheta$$

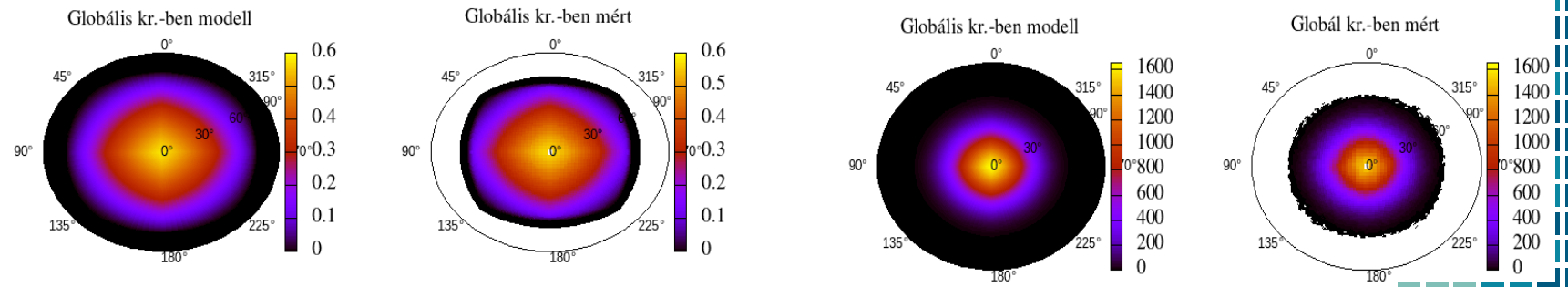
$$A_{eff} = (L_x - h s_x + 2(N_K - K)as_x)(L_y - h s_y + 2(N_K - K)as_y) \frac{1}{\sqrt{1+s_x^2+s_y^2}} \eta$$

$$N = F t (L_x - h s_x + 2(N_K - K)as_x)(L_y - h s_y + 2(N_K - K)as_y) \frac{1}{\sqrt{1+s_x^2+s_y^2}} \eta \frac{ds_x ds_y}{(1+s_x^2+s_y^2)^{3/2}}$$

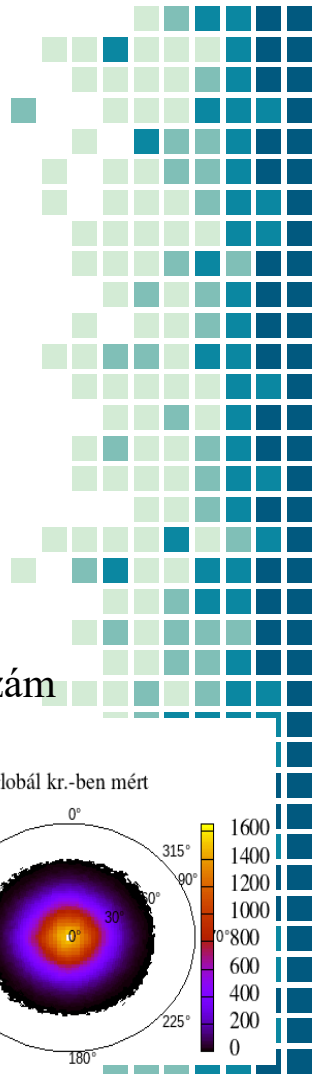
Fluxus



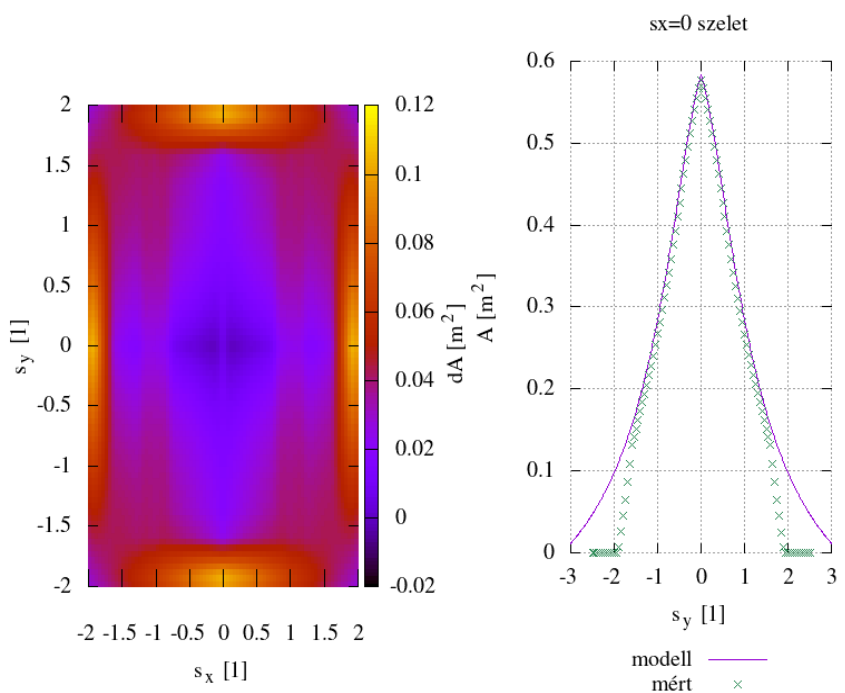
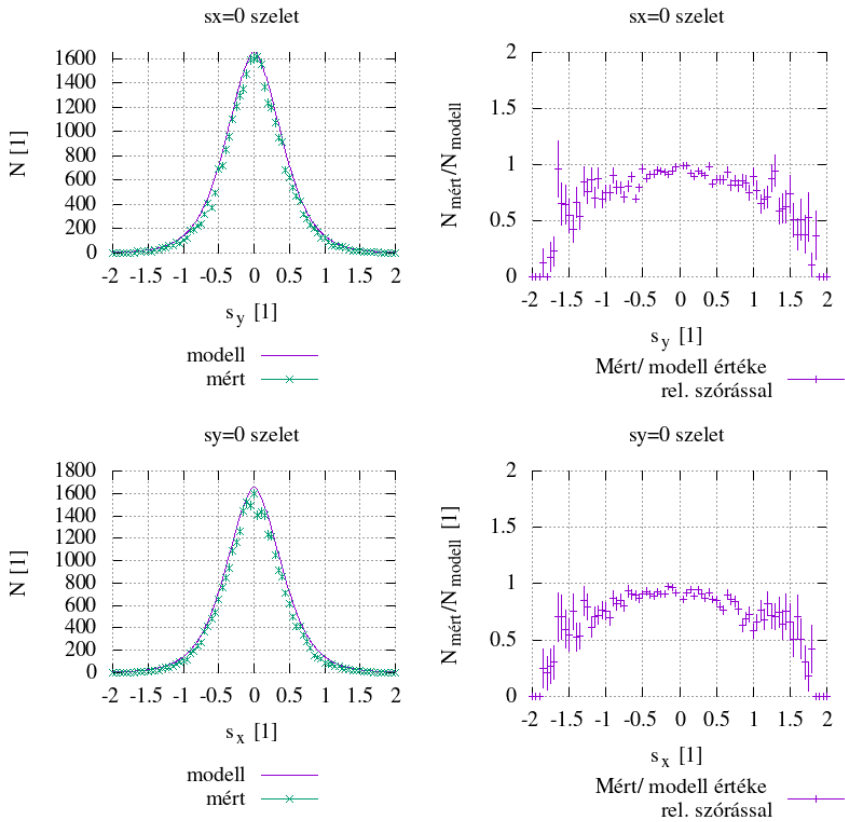
Effektív felület



Beütésszám



Detektor specifikus effektusok



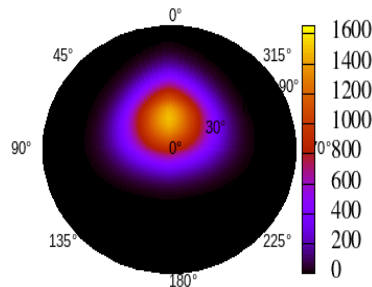
45°-ig jól működik. Két további effektust kell még beépíteni a modellbe. Jelenleg ezen dolgozom.

Döntések hatása a mérésekre

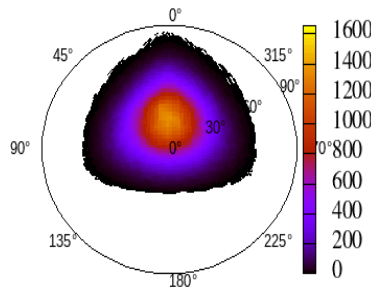
- A modellem helyességét vizsgáltam meg döntött mérések esetén is .
- x tengely körüli történik a döntés
- Mi és hogyan változik a beütések számában?
- MTL1 detektor méréseit használom továbbra is

Run	K	Döntési szög [°]	Hatásfok [1]	Mérés ideje [min]	F0 [$\text{m}^{-2} \cdot \text{srad}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$]
67	6	-29.9	0.99	216	100
66	6	-44.5	0.997	254	100
69	6	-59.9	0.99	315	100

Globális kr.-ben modell



Globál kr.-ben mért

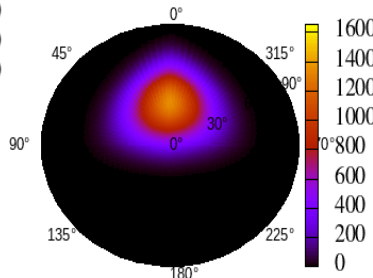


30°-os döntés

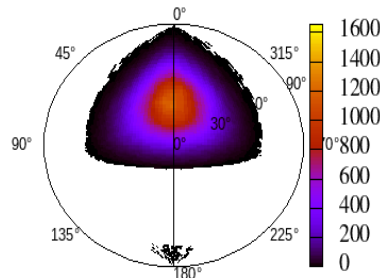
Döntések hatása a mérésekre

45°-os döntés

Globális kr.-ben modell

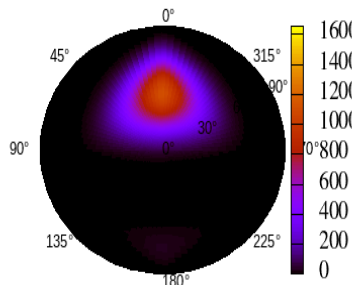


Globál kr.-ben mért

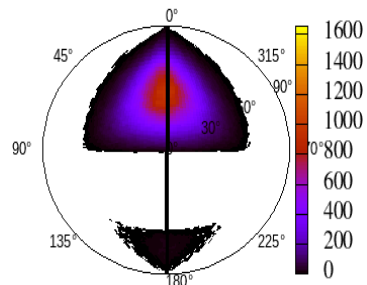


60°-os döntés

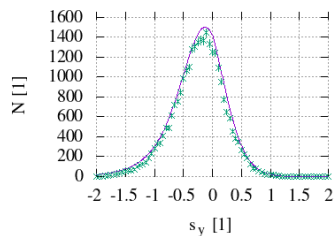
Globális kr.-ben modell



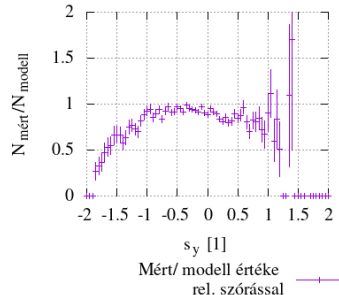
Globál kr.-ben mért



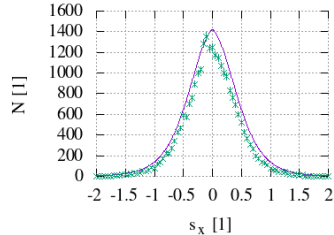
sx=0 szelet



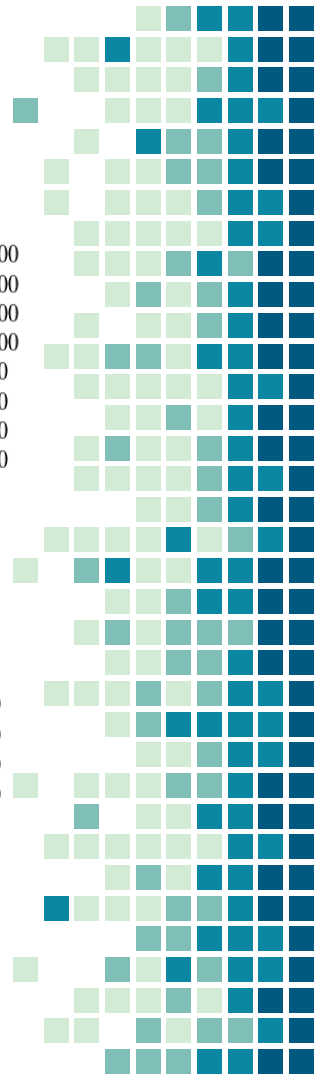
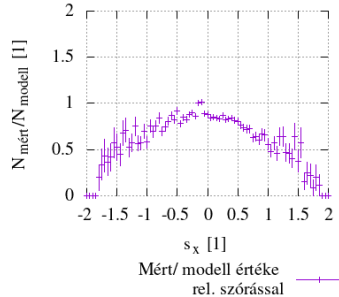
sx=0 szelet



sy=0 szelet



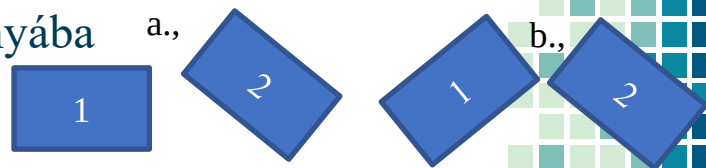
sy=0 szelet



Mérés optimalizálással kapcsolatos kérdések

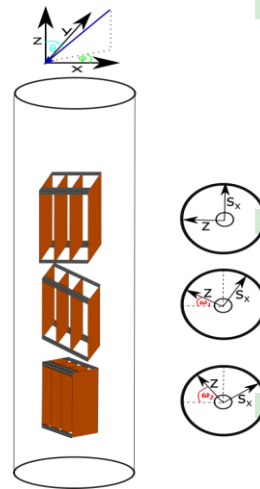
MTL1: Királylaki-táró

- a) Jobb először zenitben mérni, és utána az anomália irányába dönteni a detektort?
- b) Vagy két ellentétesen döntött detektorpozícióban mért mérés átlaga lesz az optimálisabb?

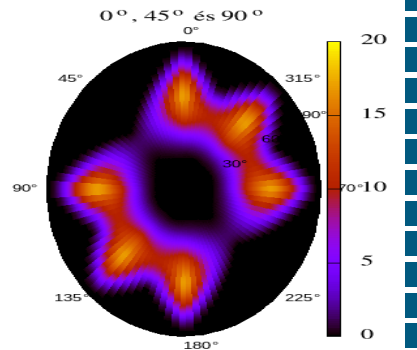
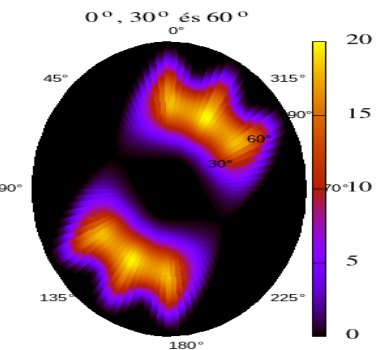
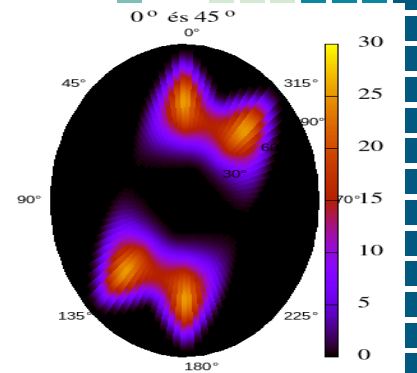
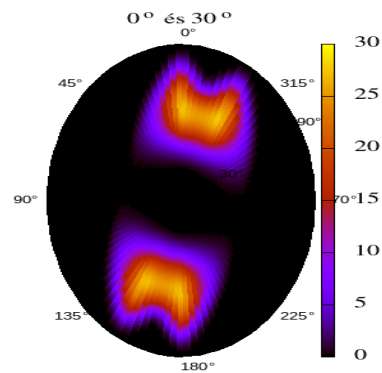
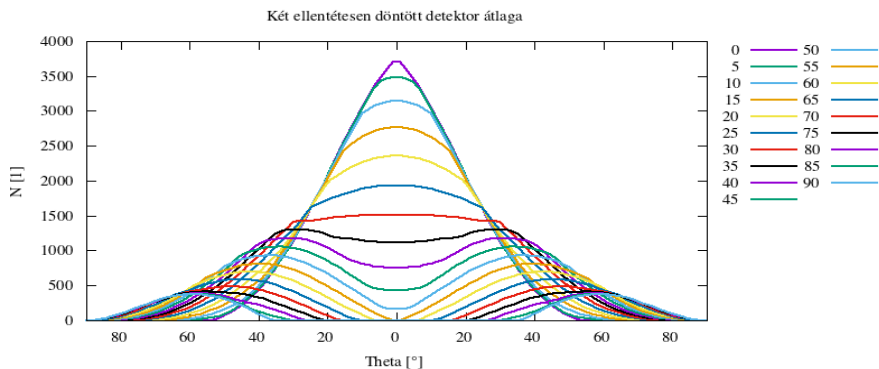
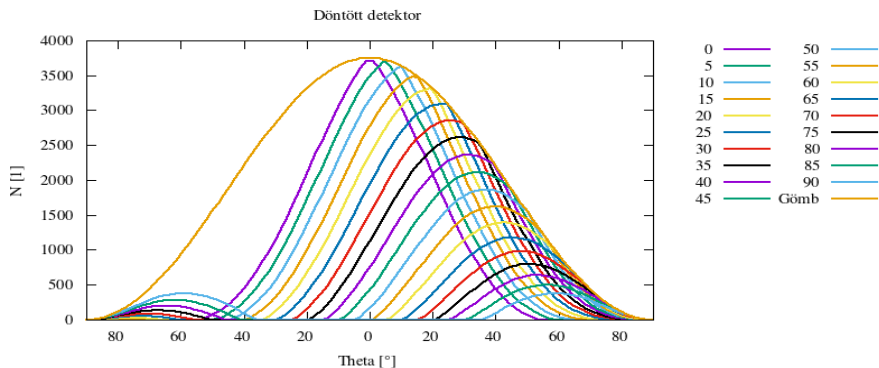


BHD2: Képesek vagyunk már detektor tervezési fázisában döntéseket meghozni?

- Érdemesebb egyszerre több detektorral mérni
=> nagyobb térszöget látunk
- Hány detektorral érdemes mérni?
- Hány fokos szögben érdemes z tengely körül elforgatni a detektort/detektorokat az elsőhöz képest (ω_1, ω_2)?



Mérés optimalizálással kapcsolatos kérdések

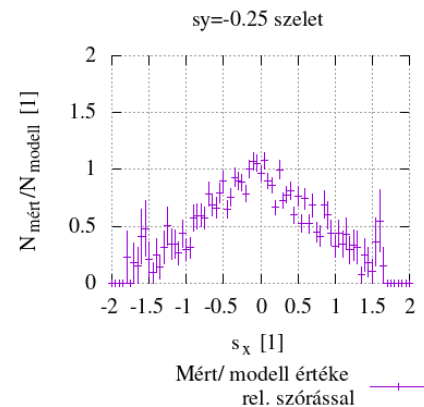
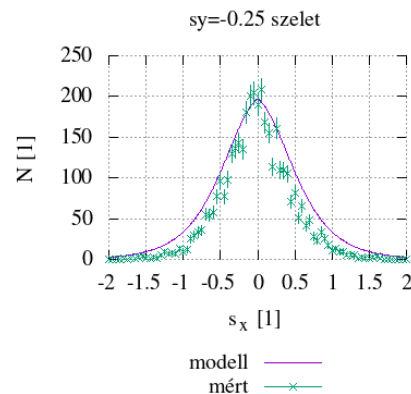
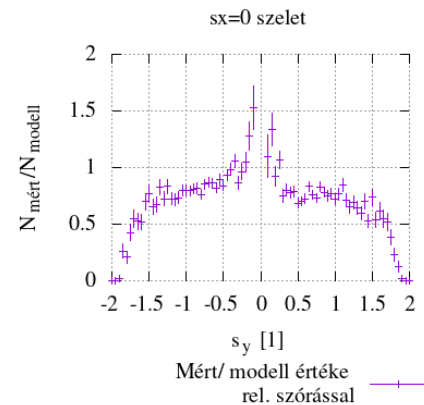
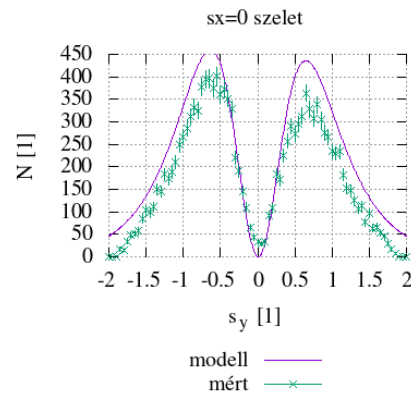
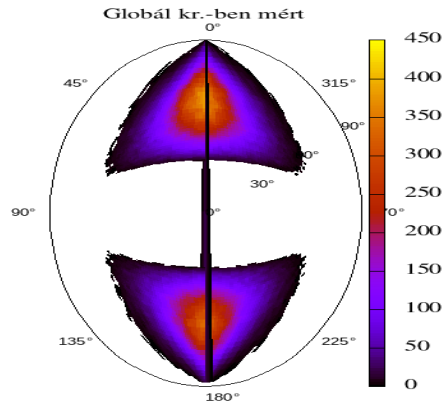
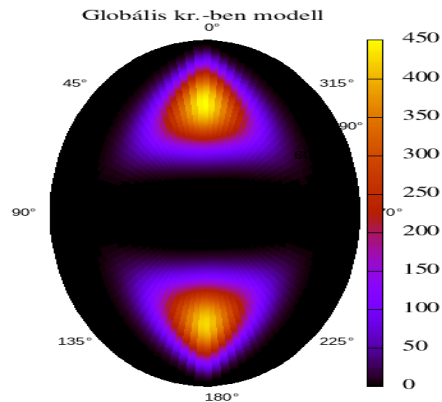
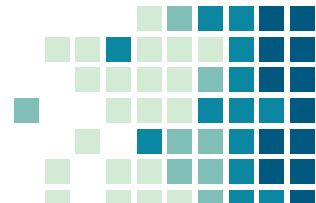


Közel-horizontális müonok vizsgálata

- Látható, hogy a modell jól vág össze döntött mérések esetén
- Ezen mérések közül kiemelkedik a közel-horizontálisan döntött mérések
- Vulkanológiában és mélyfúrású geofizikában ilyen típusú méréseket alkalmaznak/alkalmazhatnak

Detektor	Run	K	Döntési szög [°]	Hatásfok [1]	Mérés ideje [min]	F0 [m ⁻² *srad ⁻¹ *s ⁻¹]
MTL1	72	6	-89.5	0.977	434	100
BHD2	70	3	90	0.97	11516	30

MTL1

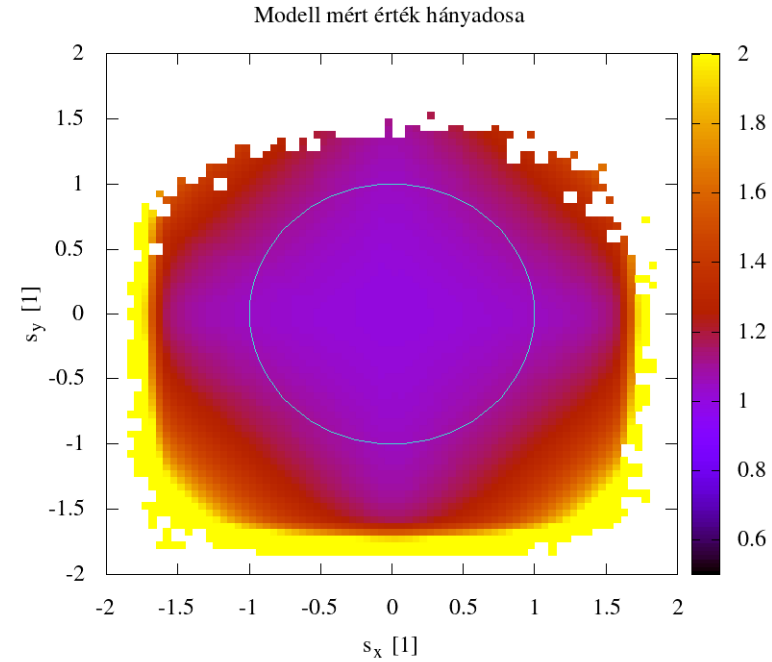
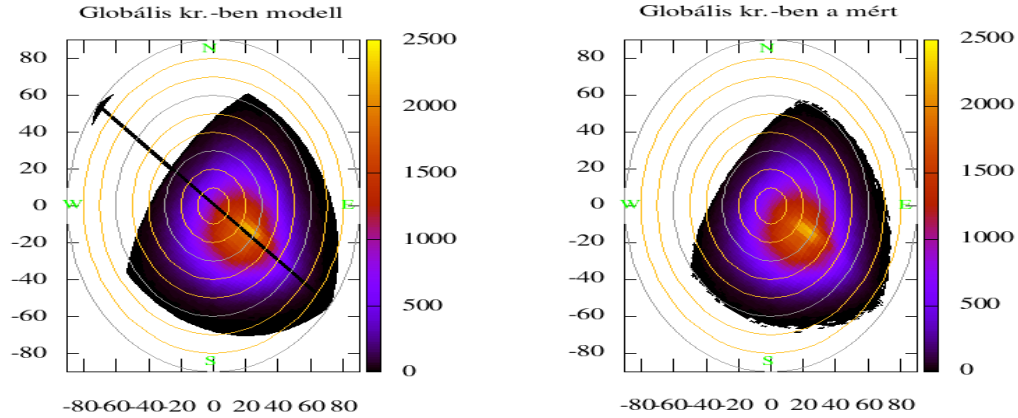


Konkrét terepi mérés modellezése

- Szükségessé vált, hogy bonyolultabb fluxustérképeket is tudjak vizsgálni
- C++ nyelvre implementáltam a modellemet
- Valós bányászati célú méréssel vettem össze eredményét
- Németország: St. Christoph bánya
- Több összehasonlítást is vettem az adatoknak
- Detektorhoz képesti 45° -os szögtartományban tényleg jól működik?

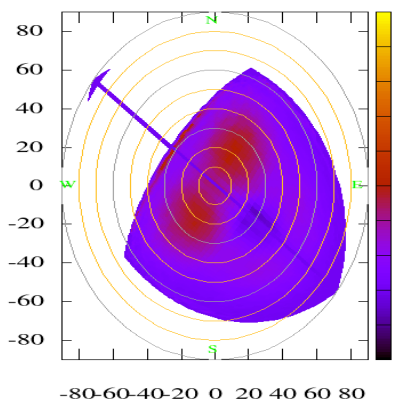
Detektor	Run	K	Döntés szöge [°]	Forgatás szöge[°]	Hatásfok [1]	Mérés ideje
MTS51	37	6	-30	232.5	0.99	15d 4h

Konkrét terepi mérés modellezése

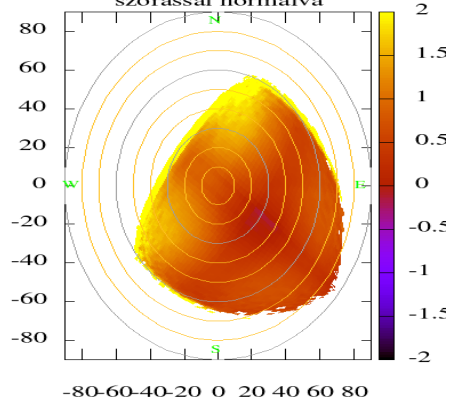


Konkrét terepi mérés modellezése

Modell és mért érték különbsége

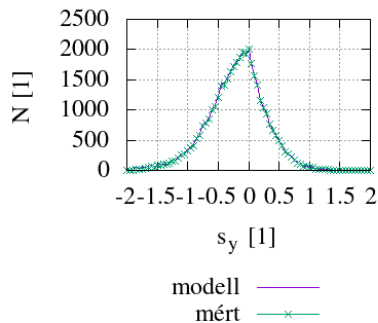


Modell és mért érték különbsége
szórással normálva

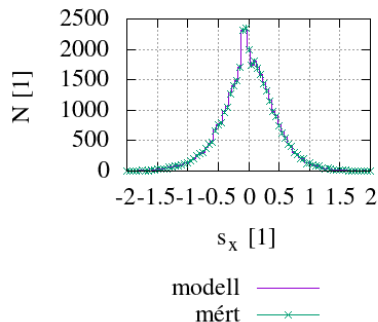


Igazoltam,
hogy valós terepi méréseken is az
elvárt 45fok-ig kiválóan működik

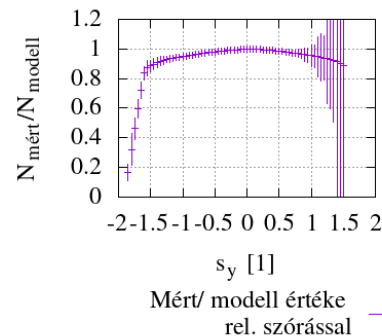
$s_x=0$ szelet



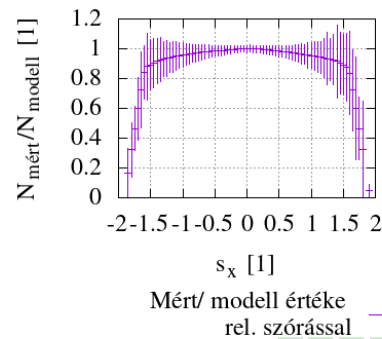
$s_y=0$ szelet



$s_x=0$ szelet



$s_y=0$ szelet

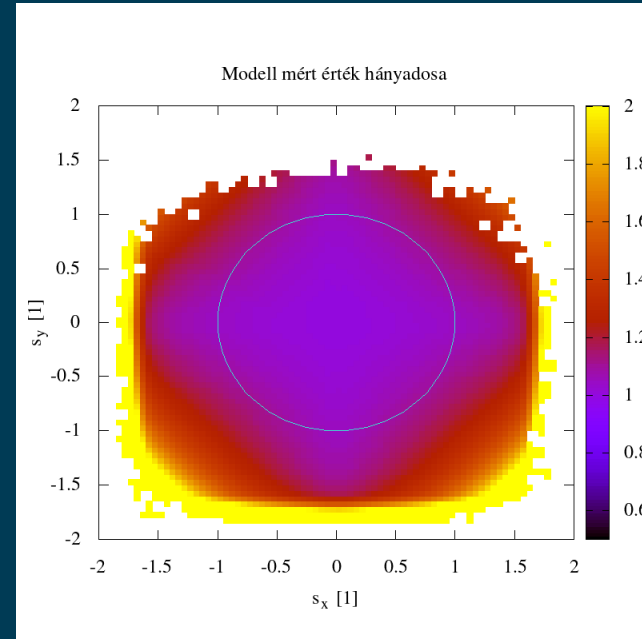


Konklúzió

- A kozmikus sugárzásból származó müonok detektálásán alapuló interdiszciplináris tudományterület a müográfia.
- A megfelelő mennyiségű beütésszám detektálása elengedhetetlen az adatfeldolgozás szempontjából
- Modellt állítottam fel, mely a fluxus, a mérést és a detektort jellemző paraméterek ismeretében megoldása a direkt feladatnak, megadja a beütésszámot.
- A modell 45° -os szögtartományon belül használható, ezt konkrét laboratóriumi és terepi mérésekkel igazoltam

Köszönöm a figyelmet!

Esetleges kérdések?



Hivatkozások:

1. L. Oláh et al.:
Investigation of the limits of high-definition muography for
observation of Mt Sakurajima
Royal Society
2. R. Nishiyama et al.:
3. Bedrock sculpting under an active alpine glacier revealed from
cosmic- ray muon radiography
Scientific Reports
4. Marie G. Lefebvre et al.:Skarn formation and tin enrichment
during regional metamorphism: The Hämmerlein polymetallic
skarn depositELSEVIER
5. G. Gilányi : Müontomográf mérések modellezése
Szakdolgozat, ELTE
6. <https://home.cern/science/physics/cosmic-rays-particles-outer-space>
7. https://hu.wikipedia.org/wiki/Victor_Franz_Hess
8. <https://phys.org/news/2015-03-cosmic-ray-muon-technology-image-debris.html>
9. REGARD Csoport belső dokumentáció