



XVII. Magyar Magfizikus Találkozó

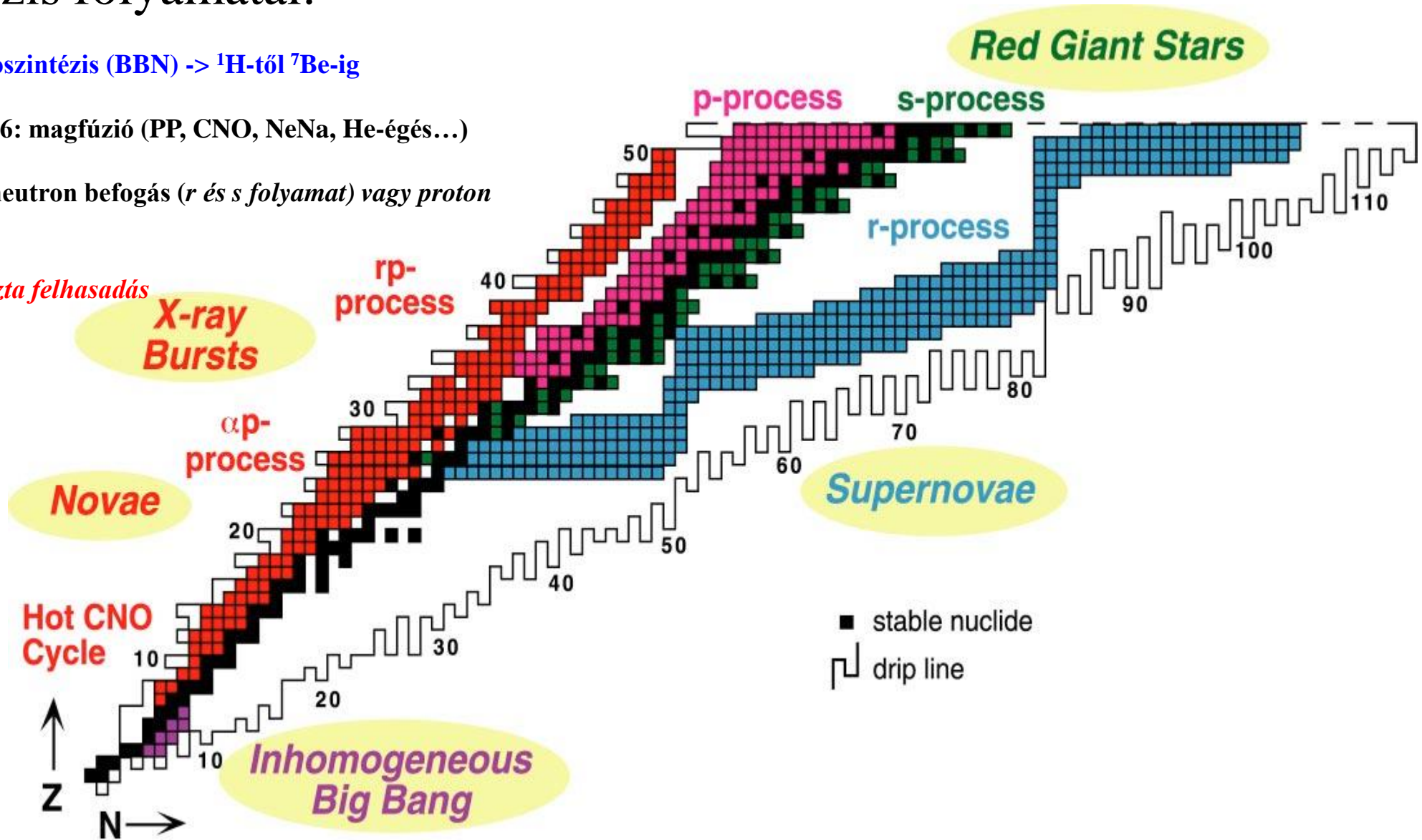
Az asztrofizikai s-folyamat vizsgálata Debrecenben

Dr. Csedreki László

Atommagkutató Intézet, Debrecen

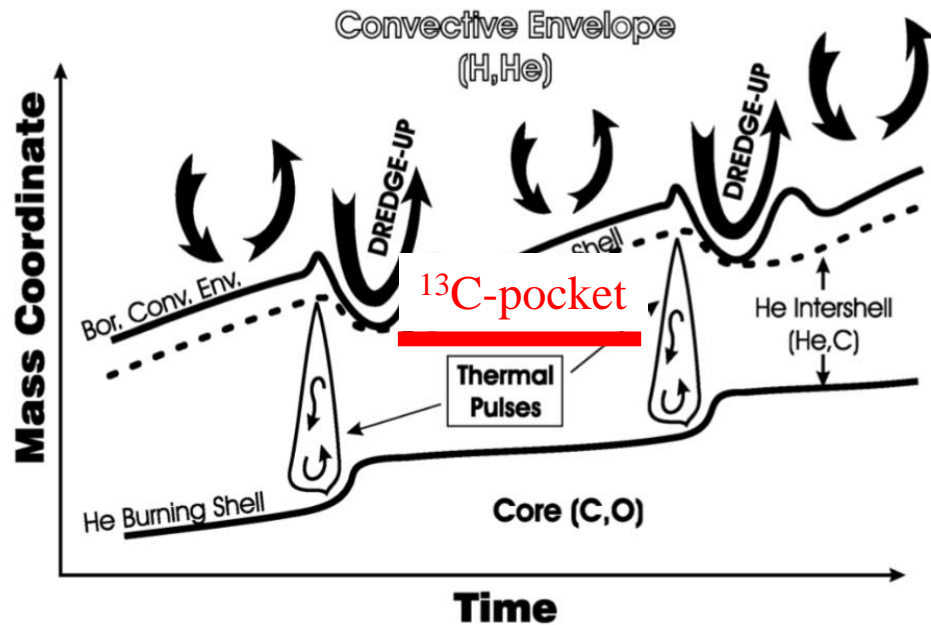
Nukleoszintézis folyamatai:

- **Ősrobbanás kori nukleoszintézis (BBN)** -> ^1H -től ^7Be -ig
- **NS a csillagokban:** $A \leq 56$: magfúzió (PP, CNO, NeNa, He-égés...)
- **Ns:** $A > 56$ túli elemek: neutron befogás (*r és s folyamat*) vagy proton befogás (*p-folyamat*)
- **Kozmikus sugárzás okozta felhasadás** (*Li, Be, B*)



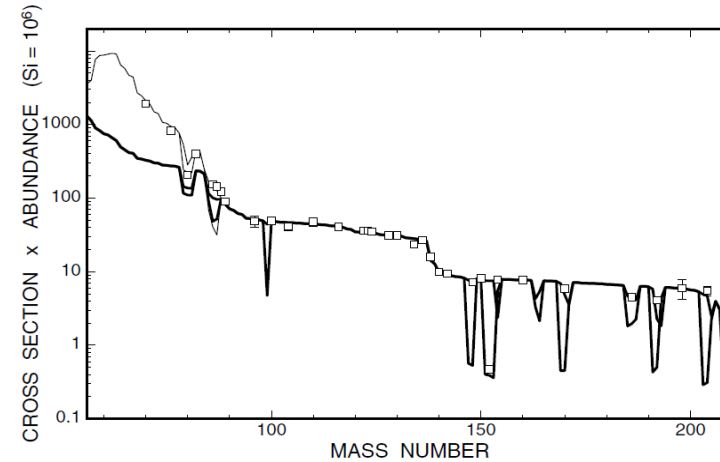
Astrofizikai s-folyamat

- **Fő s-folyamat**
- Első megfigyelés az 1950-es évek, Ba tartalom és Tc
- Alacsony tömegű AGB csillagok ($1-4 M_{\odot}$)
- $A < 90$
- $^{12}\text{C}(p,\gamma)^{13}\text{N}(\beta^+)^{13}\text{C} \rightarrow ^{13}\text{C}(\alpha,n)^{16}\text{O} \quad T \sim 90-100 \text{ MK}$



Staniero, O et al. Nucl. Phys. A., V777 (2006)

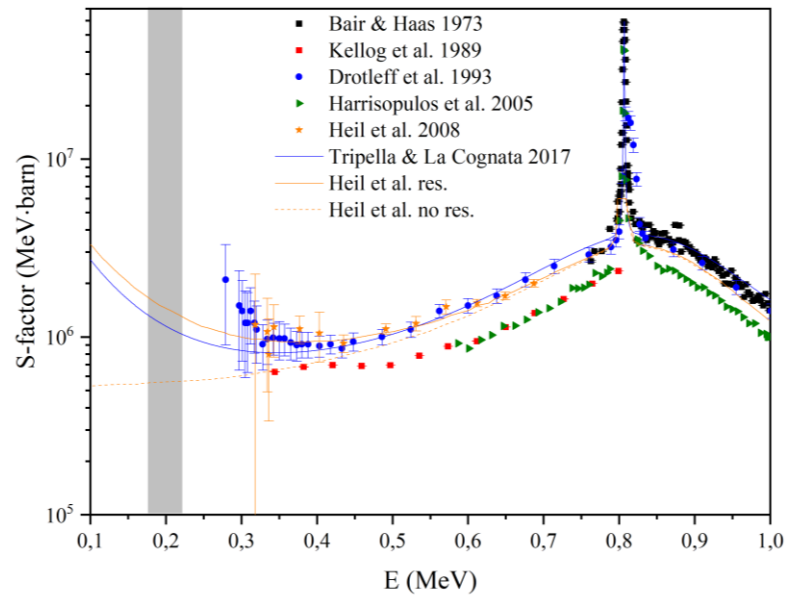
- **Gyenge s-folyamat**
- Főleg masszív ($M > 10 M_{\odot}$) csillagok
- $60 < A < 90$
- $^{14}\text{N}(\alpha,\gamma)^{18}\text{F}(\beta^+)^{18}\text{O}(\alpha,\gamma)^{22}\text{Ne}$
- He-égés a magban és szénégés a héjban
- $\rightarrow ^{22}\text{Ne}(\alpha,n)^{25}\text{Mg} \quad T > 300 \text{ MK}$



Egyéb folyamatok jelentősége:

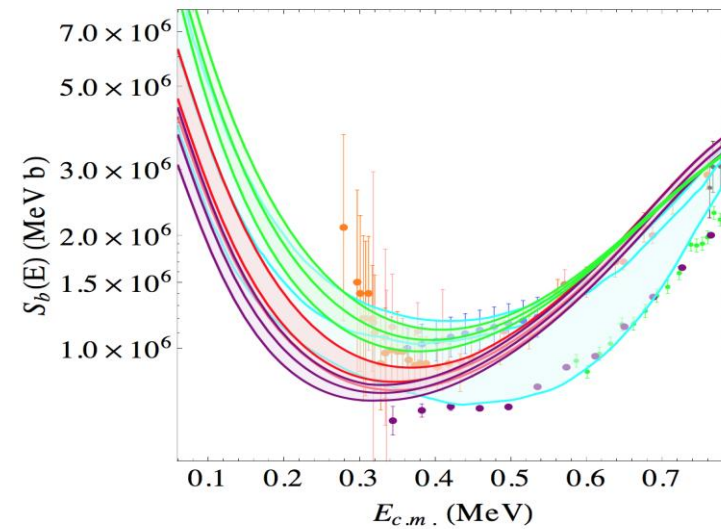
- i-folyamat
- erős s-folyamat (^{208}Pb)
- Alacsony fémtartalmú gyorsan forgó nagy tömegű csillagok

$^{13}\text{C}(\alpha,n)^{16}\text{O}$ reakció



Közvetlen kísérleti adatok bizonytalansága

- földfelszíni kísérleti háttér
 - szisztematikus hibaforrások
- (céltárgy, szén ráégés, neutron detektálási hatások, stb.)

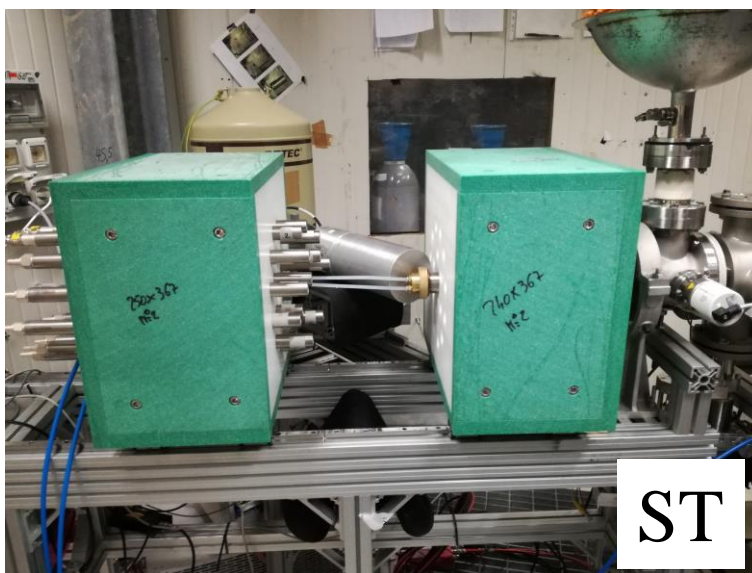
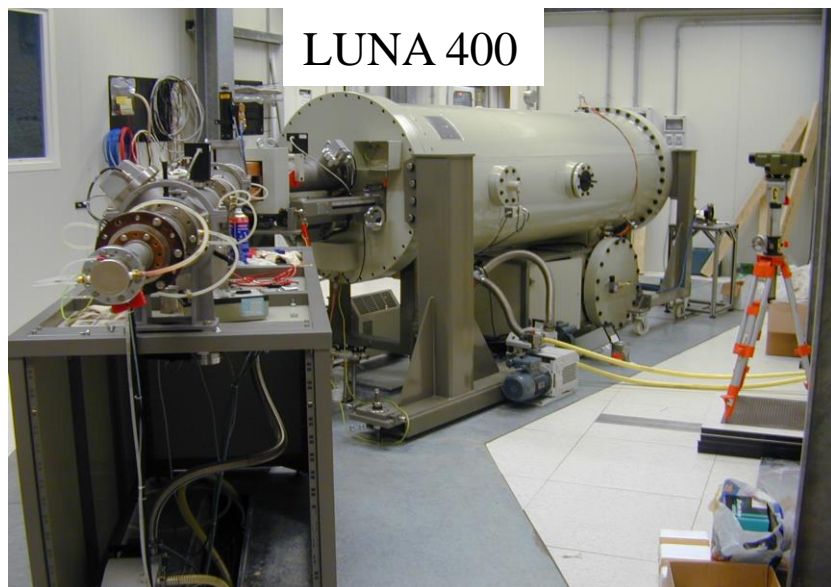
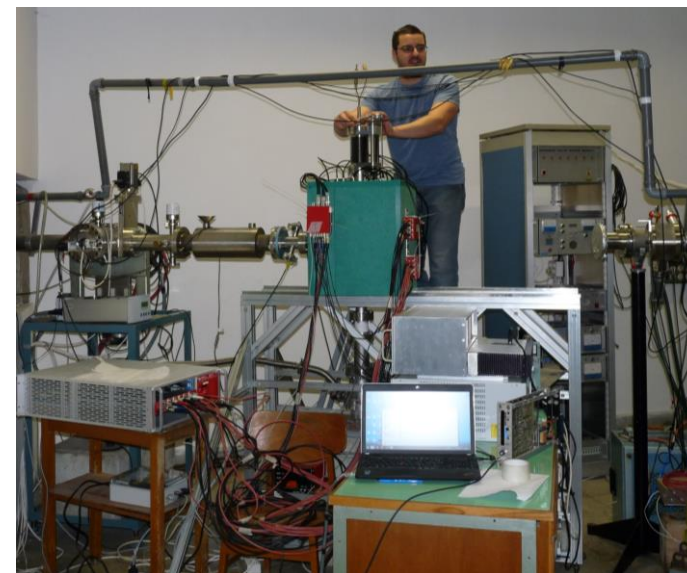
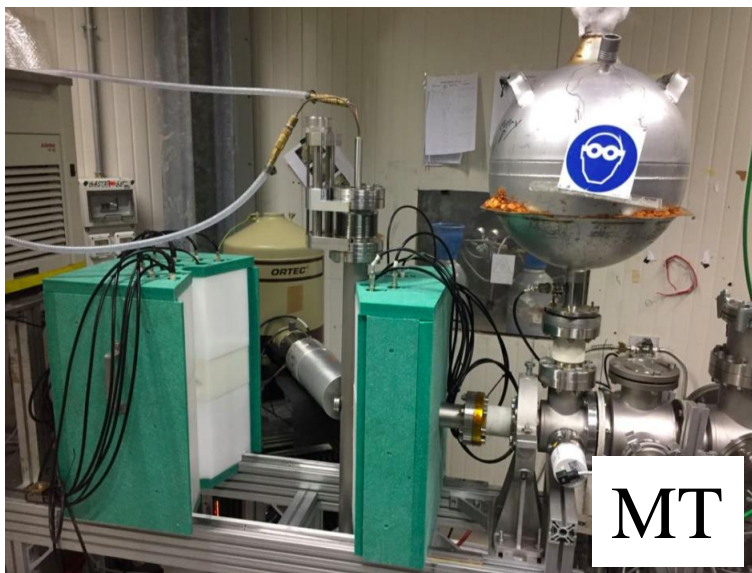
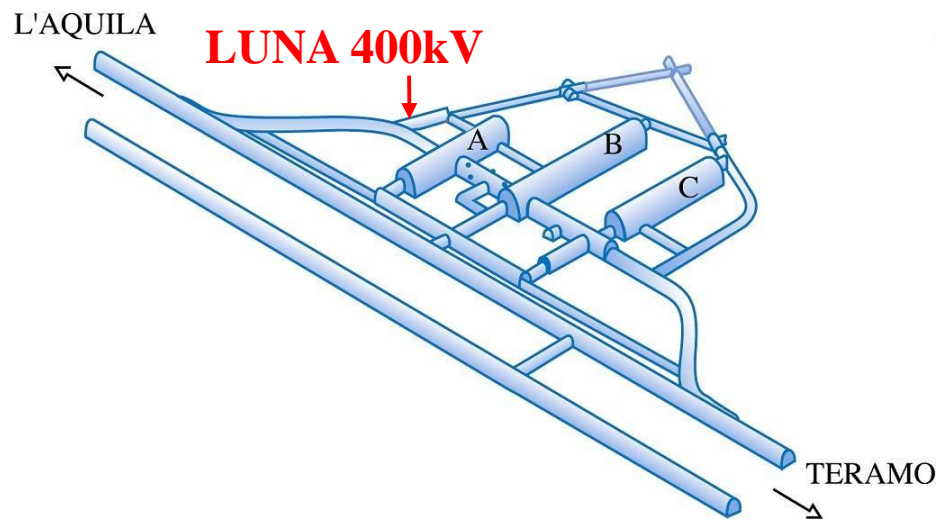


Trippella O. & La Cognata M., ApJ, 837, 41 (2017)

Közvetett kísérleti adatok bizonytalansága

- Asymptotic Normalisation Coefficient (ANC)
- Trojan Horse Methode (THM)
- rezonancia paraméterek bizonytalansága

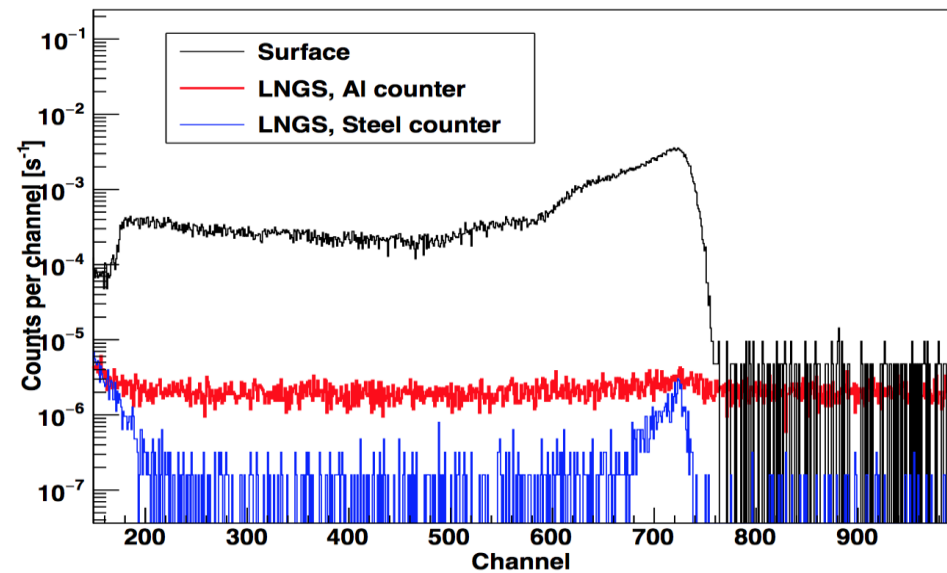
LUNA neutron detektor rendszer



Kísérleti háttér

- ^3He számlálók anyagában lévő U és Th szennyeződések és a környezeti háttér
- 10 bar ^3He számlálók alacsony háttérű acél fallal: $(n+\alpha)$: ~ 3 beütés/h

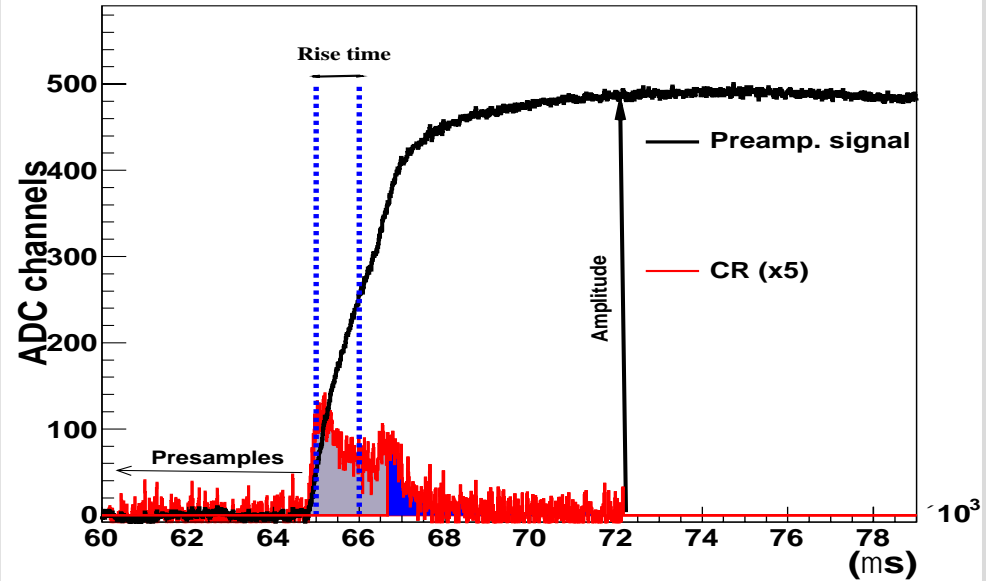
L. Csedreki et al. NIMA 994 (2021)



Jelalak diszkrimináció: post-process PSD
($\sim 98\%$ α and 17% neutron leválasztás)

Háttér: $\sim (1.05 \pm 0.06)$ beütés/h

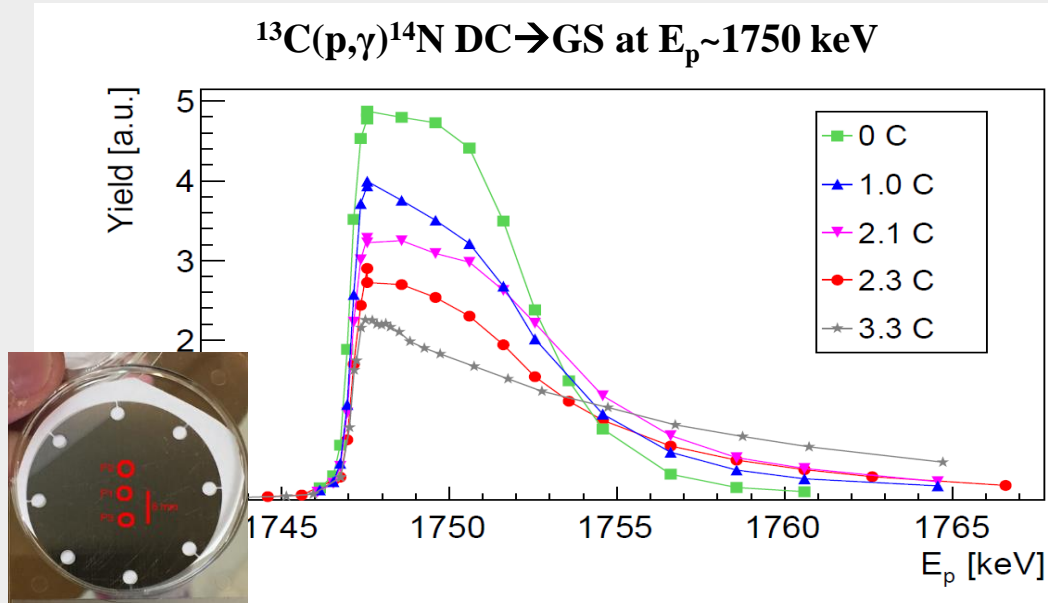
J. Balibrea-Correa, et al. NIMA 906 (2018)



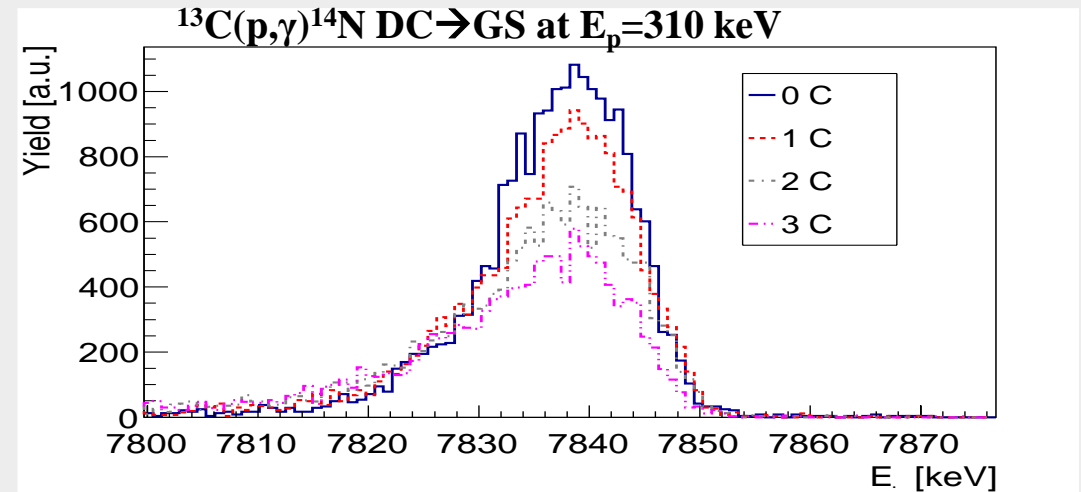
Céltárgy vizsgálat

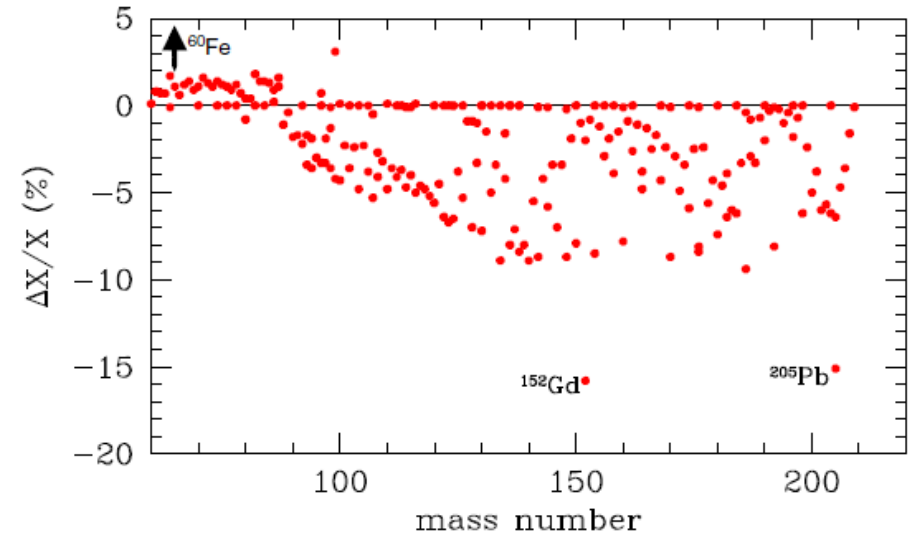
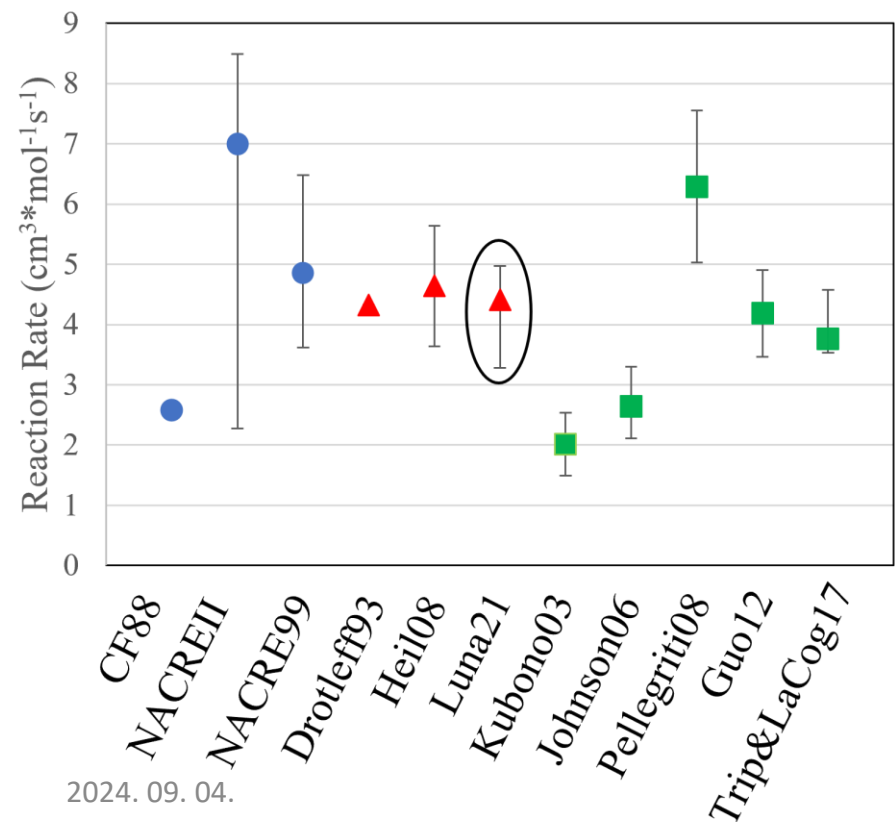
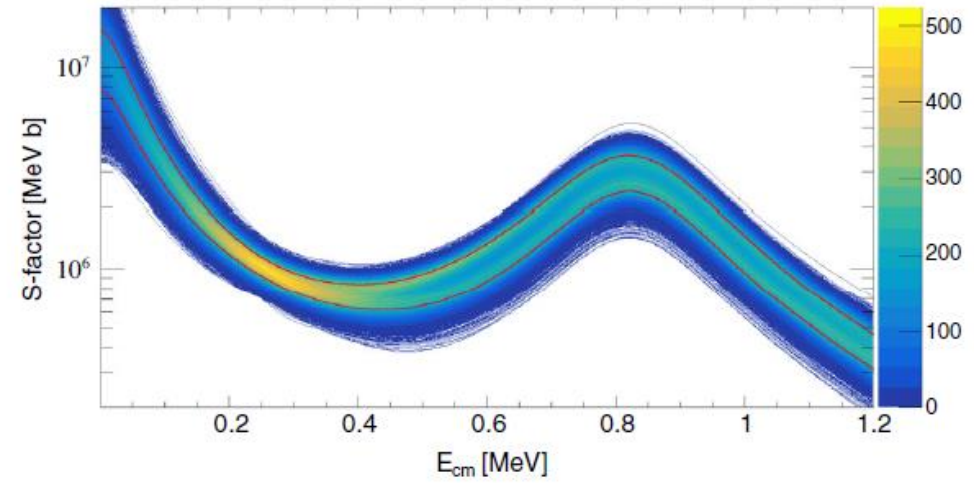
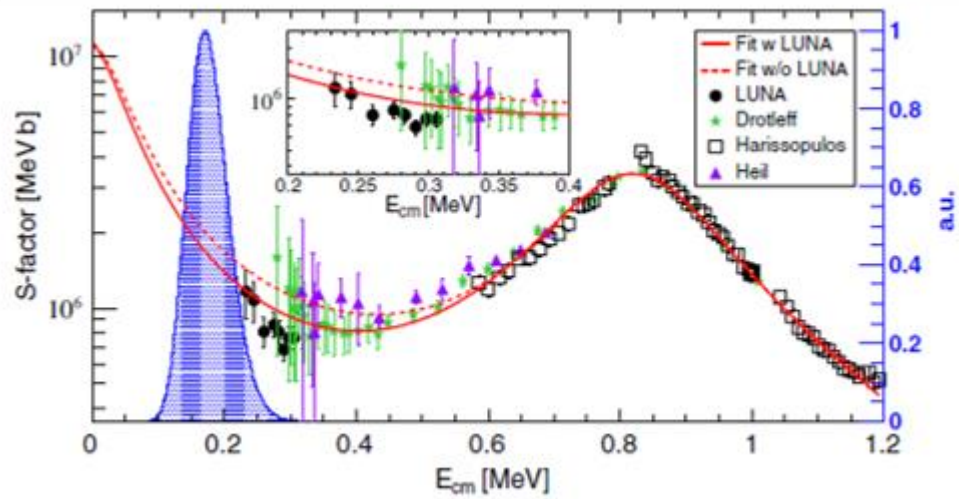
- 99%-ra dúsított ^{13}C por tantál hátlapra párologtatva elektronagyú technikával

- Vastagság és sztochiometria vizsgálata: ATOMKI-ban **NRRA** technikával $^{13}\text{C}(p,\gamma)^{14}\text{N}$ $E_{p,\text{lab}} = 1748 \text{ keV}$ ($\Gamma_R = 122 \text{ eV}$)
- Párologtatott réteg homogeneitásának vizsgálata



- ~ 100 darab céltárgy, keskeny rezonancia hiánya a LUNA400 energiatartományban
- **Gamma-csúcs alakjának vizsgálata**

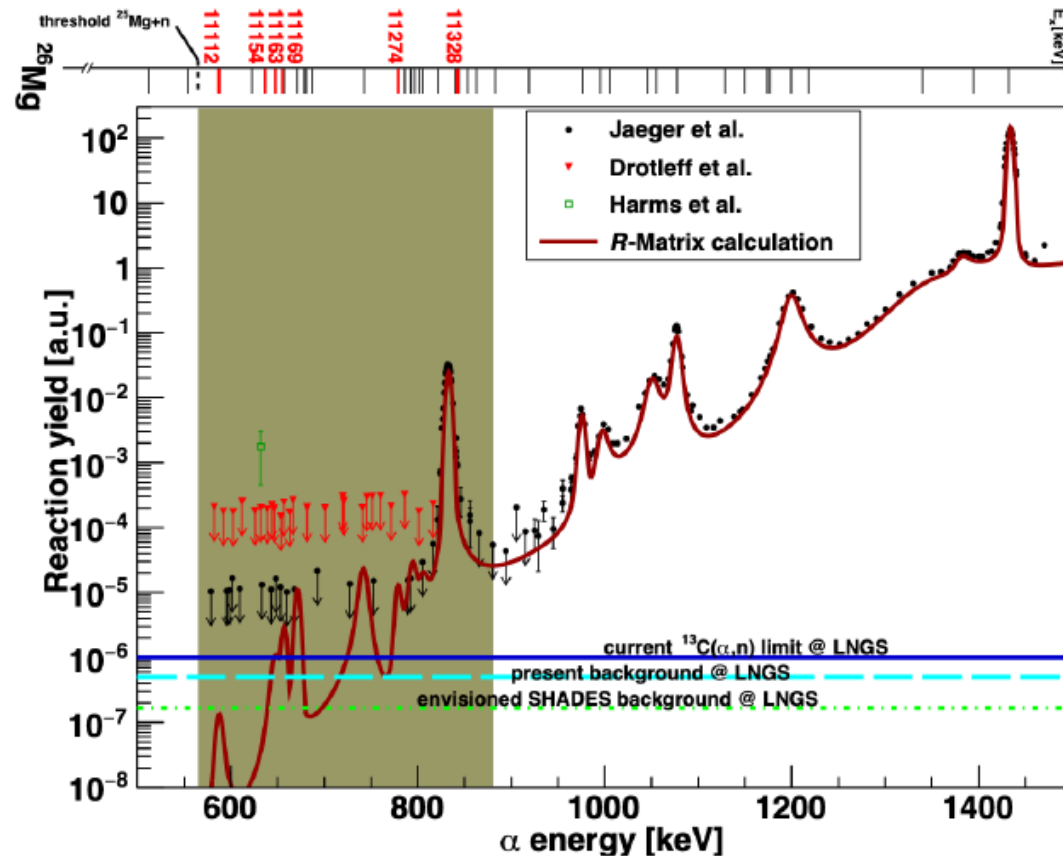




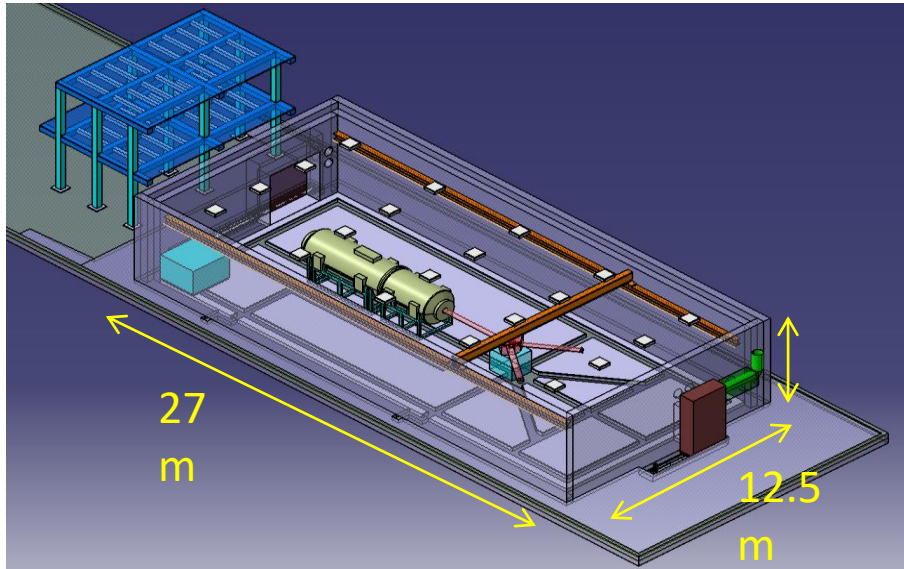
Balibrea-Correa J. et al., Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A 906 (2018) 103–109
Csedreki L., Gyürky G., Kiss G. Gy., Fizikai szemle 2020/2
 Ciani G. F., **Csedreki L.** et al., Eur. Phys. J. A (2020) 56:75
Csedreki L. et al., Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A 994 (2021) 165081
 Ciani G. F., **Csedreki L.** et al., PHYSICAL REVIEW LETTERS 127, 152701 (2021)
 Chemseddine A. et al., Universe 8(1) (2022) 4
Csedreki L. et al., Journal of Physics G, DOI 10.1088/1361-6471/ad6a2a

A $^{22}\text{Ne}(\alpha, n)^{25}\text{Mg}$ reakció vizsgálata

- Masszív csillagok és alacsony tömegű AGB csillagok
- ^{87}Rb és ^{96}Zr gyakoriság, melyek jól mérhetők pl. SiC meteoritszemcsék (alacsony tömegű AGB csillagokban)
- $^{22}\text{Ne}(\alpha, n)^{25}\text{Mg}$ és $^{22}\text{Ne}(\alpha, \gamma)^{26}\text{Mg}$ reakciók bizonytalansága



Belotti Ion Beam Facility 2023-



$^1\text{H}^+$ (TV: 0.3 – 0.5 MV): 500 μA
 $^1\text{H}^+$ (TV: 0.5 – 3.5 MV): 1000 μA



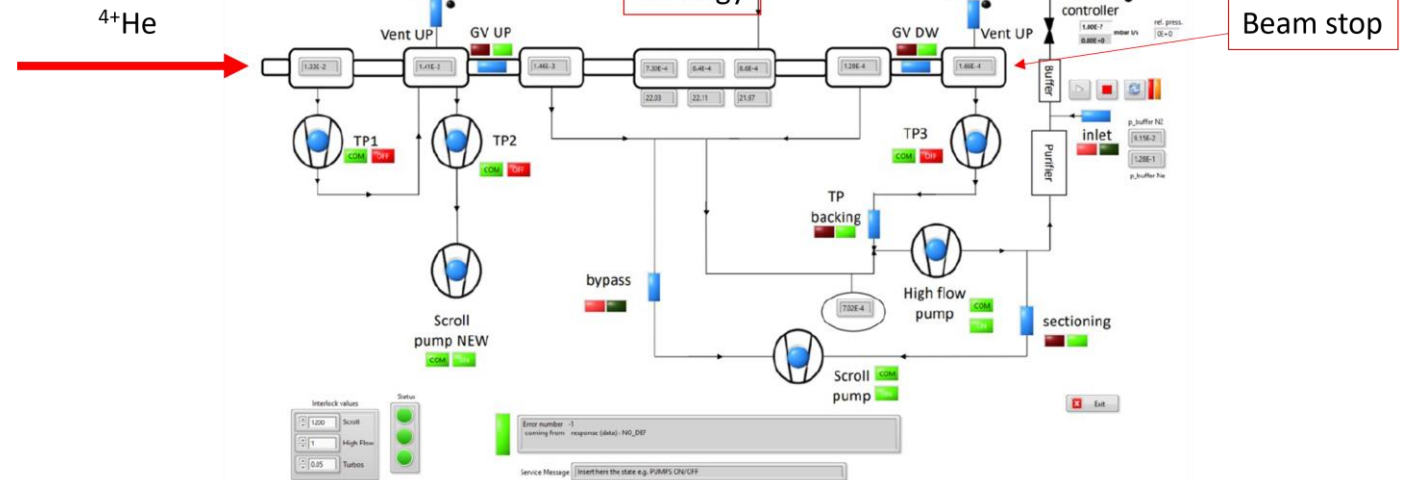
$^4\text{He}^+$ (TV: 0.3 – 0.5 MV): 300 μA
 $^4\text{He}^+$ (TV: 0.5 – 3.5 MV): 500 μA

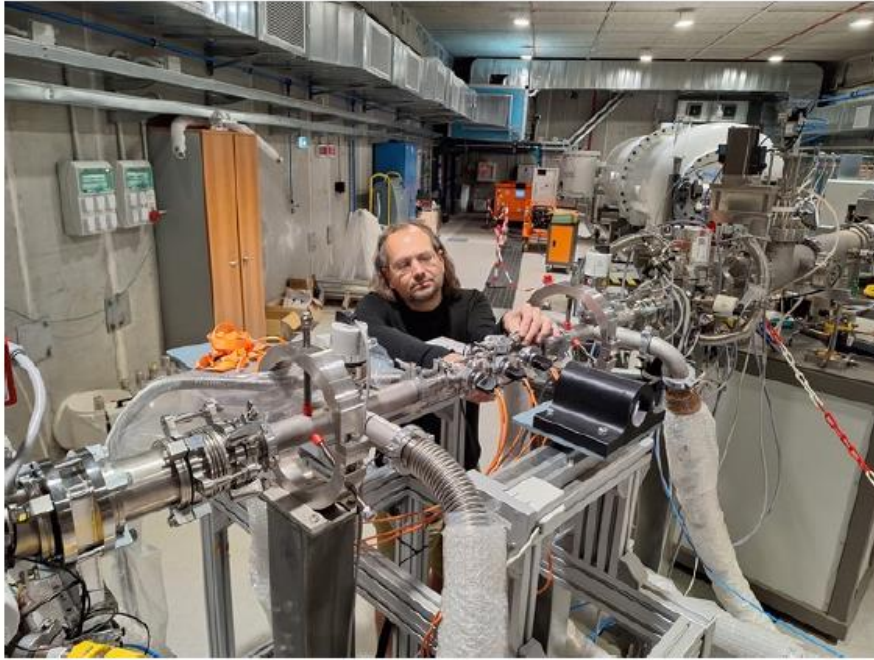


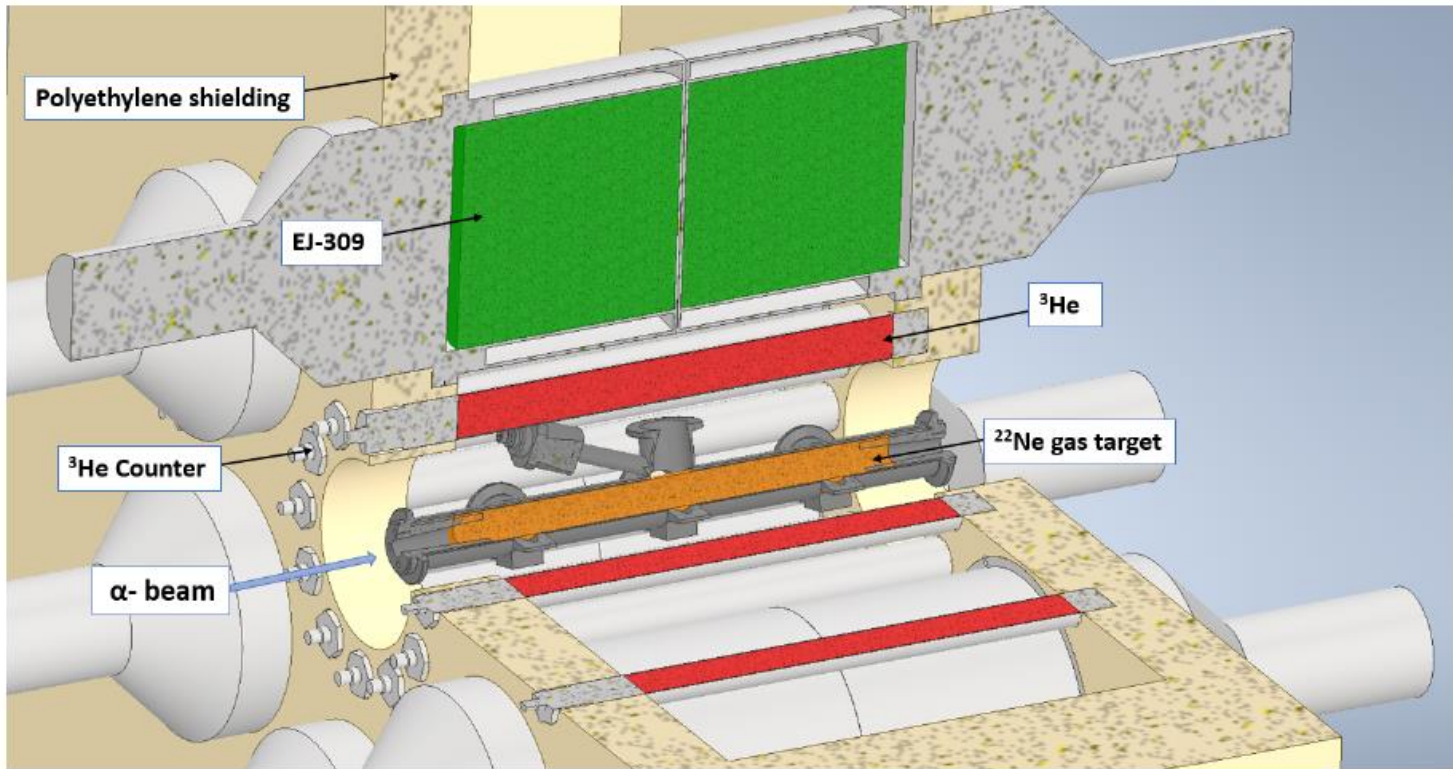
$^{12}\text{C}^+$ (TV: 0.3 – 0.5 MV): 100 μA
 $^{12}\text{C}^+$ (TV: 0.5 – 3.5 MV): 150 μA
 $^{12}\text{C}^{++}$ (TV: 0.5 – 3.5 MV): 100 μA

2024. 09. 04.

Gázcéltárgy rendszer

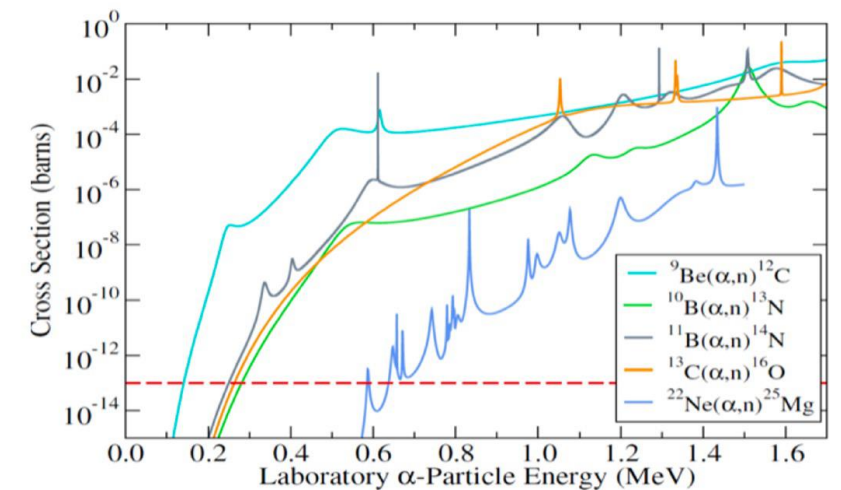
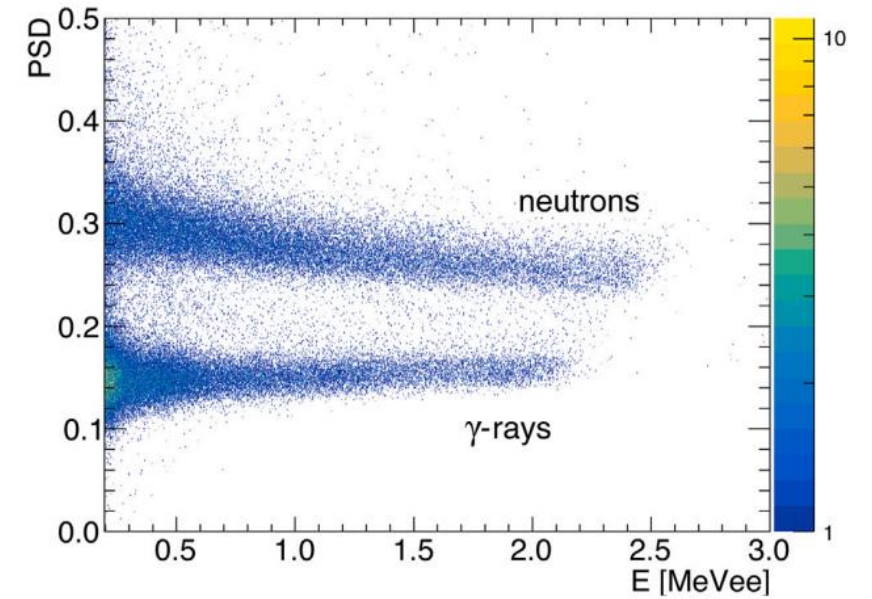






D. Rapagnani et al., EPJ Web of Conferences 260, 11031 (2022)

- Jelenleg kísérleti elrendezés optimalizálása, tesztelés
- 2025 eleje:
 - Rezonancia paraméterek vizsgálat $E_\alpha=830$ és 1100 keV környékén
 - Neutron detektálási hatásfok meghatározása



Atommagkutató Intézet- Nukleáris Asztrofizika csoport

Elekes Zoltán

Szücs Tamás

Kiss Gábor Gyula

Fülöp Zsolt

Csedreki László

Somorjai Endre

Gyürky György

Halász Zoltán

Szegedi Norbert

Kovács Sándor

Mátyus Zsolt

Tóth Ákos

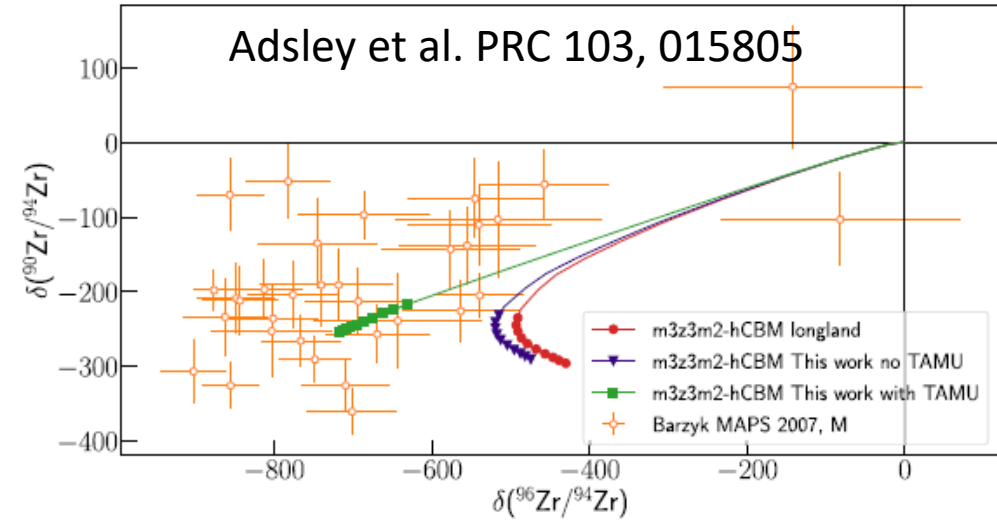
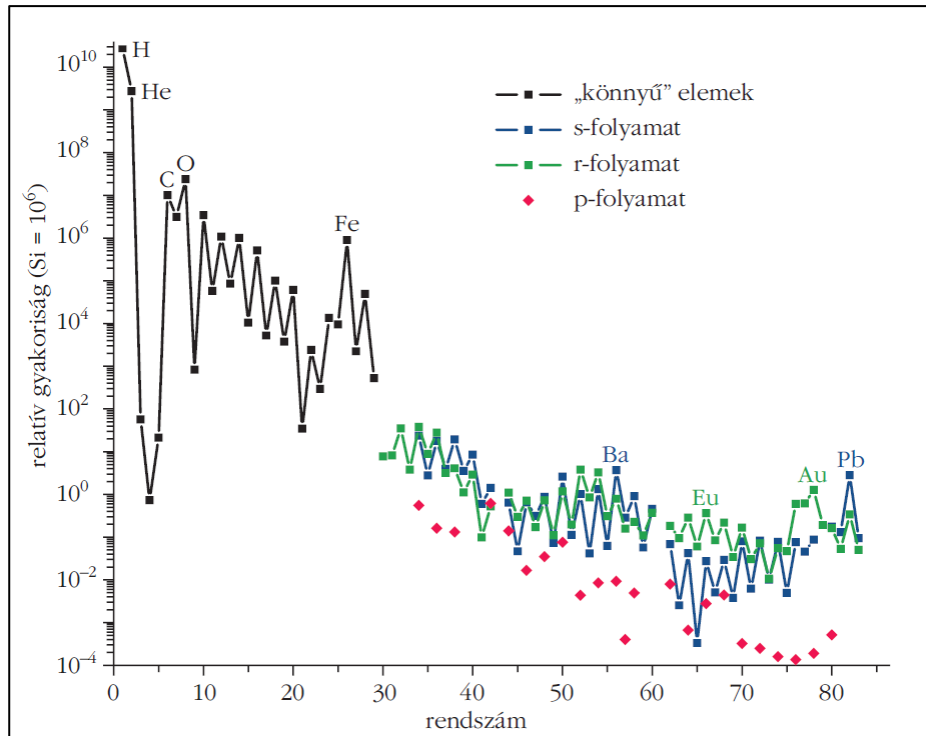


FIG. 8. Comparison of MESA stellar models results with measured Zr isotopic ratios from presolar SiC grains. The theoretical tracks show the results obtained with $^{22}\text{Ne}(\alpha, n)^{25}\text{Mg}$ and $^{22}\text{Ne}(\alpha, \gamma)^{26}\text{Mg}$ evaluated with and without the recent nuclear data inputs of the Texas A&M measurements [15,16] and the rates of Longland *et al.* [5].