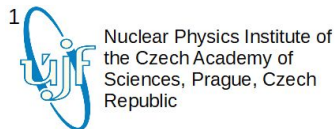


Tkáňově ekvivalentní LET spektrometr SPRM - testování různými ionty na zařízení HIMAC



RESEARCH CENTRE OF COSMIC RAYS
AND RADIATION EVENTS IN THE ATMOSPHERE



Nuclear Physics Institute of
the Czech Academy of
Sciences, Prague, Czech
Republic



evolving systems consulting
Aerospace company, Praha,
Czech Republic



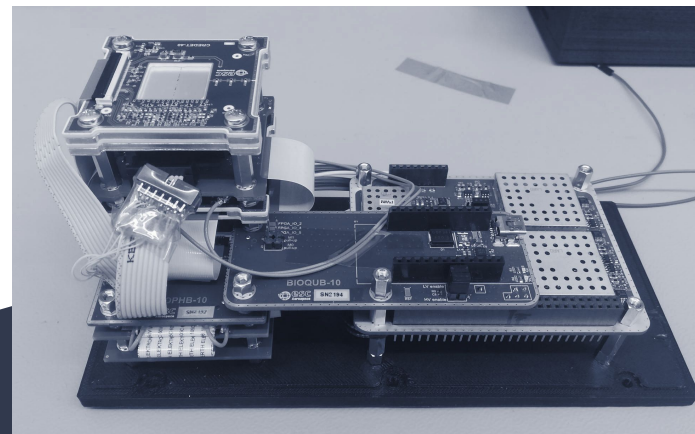
Czech Technical
University in Prague,
Czech Republic



National Institutes for Quantum
and Radiological Science and
Technology, Radiation
Measurement Research Group,
Inage, Chiba, Japan



NUVIA Dosimetry, s.r.o.,
Na Truhlářce 39/64, Prague,
Czech Republic



T A Program **Zéta**
Č R TJ04000374

M. Lužová^{1, 2, 5}, M. Sommer^{1, 2}, M. Marčišovský², P. Suchánek³, P. Brož³,
M. Kákona¹, I. Ambrožová¹, S. Kodaira⁴, H. Kitamura⁴, O. Ploc¹

Motivace

T	A	Program Zéta
Č	R	TJ04000374



Příprava satelitu BION M1

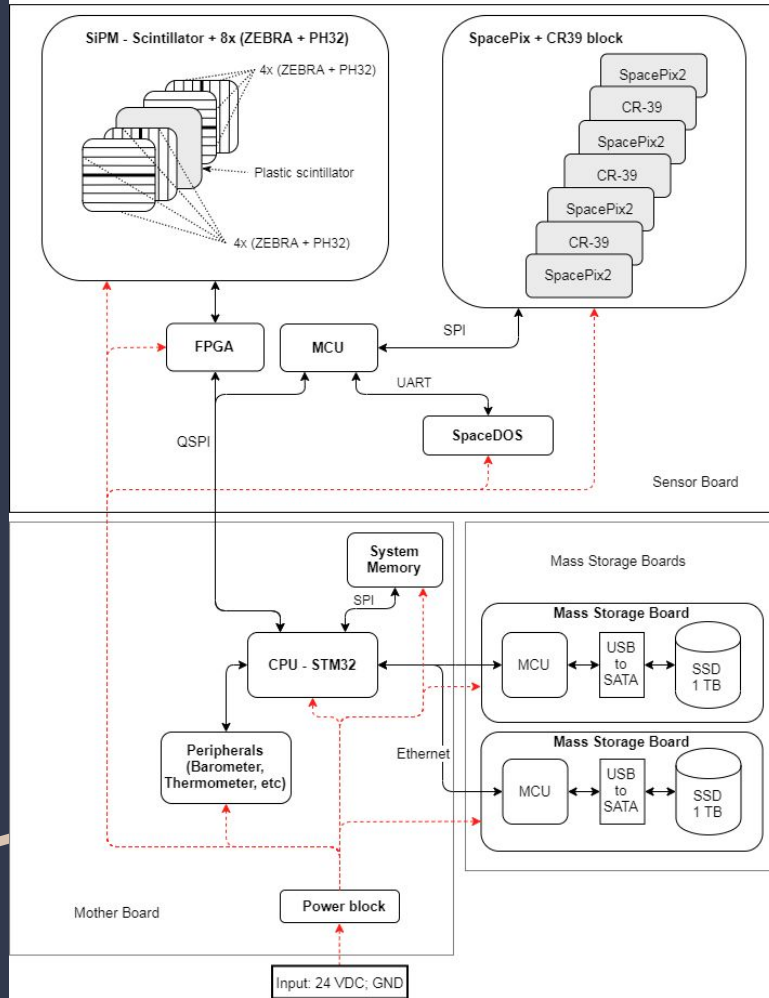
Mise BION M2

- Ruská mise s návratovým satelitem BION M2, plánována na 2024, 30 dnů
- sklon dráhy 64.8, apogeum 1000 km, perigeum 800 km

Projekt Zéta 4 TJ0400374

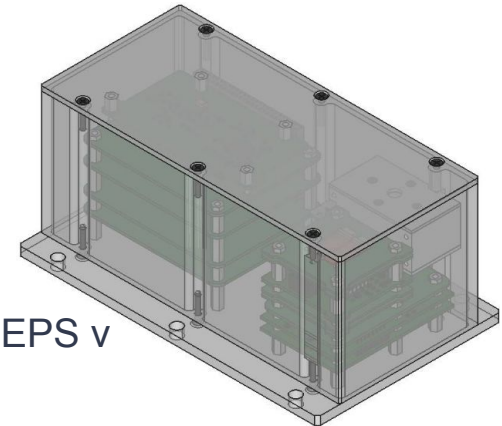
Cíl:

- vyvinout a charakterizovat hybridní systém poskytující dozimetrická data v souběhu s biologickými experimenty pro misi BION M2 a další experimenty ve vesmíru...
- LET v tkáňově ekvivalentním materiálu



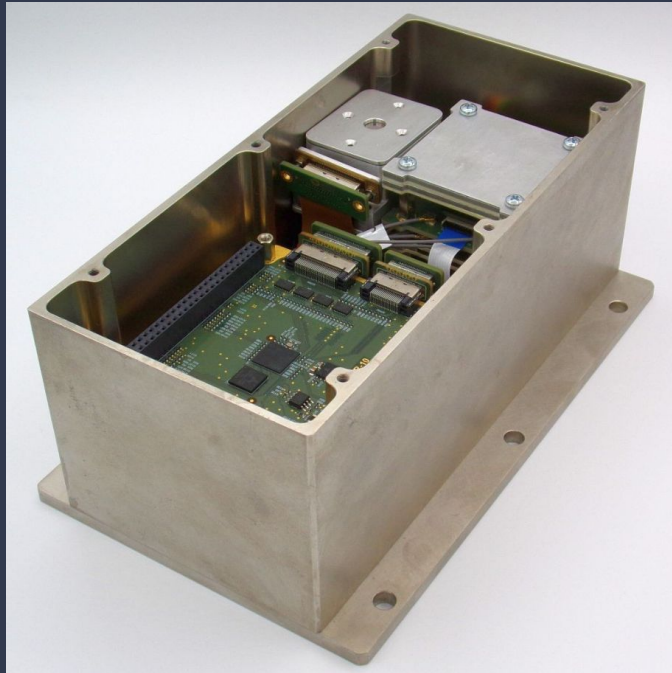
Zařzení BICZEPS (Blon CZEch apParatuS)

- Scintillator with PH32 chips Radiation Monitor (SPRM) - dříve CTED
- Teleskopický pixelový detektor (SXRM)
- Space Dosimeter (SPACEDOS)
- Pasivní dozimetry (TLD, PNTD)



Návrh rozložení BICZEPS v obalu pro BION M2

Motivace



Rozložení BICZEPS v obalu
pro BION M2

Zařízení BICZEPS (Blon CZEch apParatuS)

- **Scintillator with PH32 chips Radiation Monitor (SPRM) - dříve CTED**
- Teleskopický pixelový detektor (SXRМ)
- Space Dosimeter (SPACEDOS)
- Pasivní dozimetry (TLD, PNTD)

Tkáňově ekvivalentní LET
spektrometr

SPRM dnes



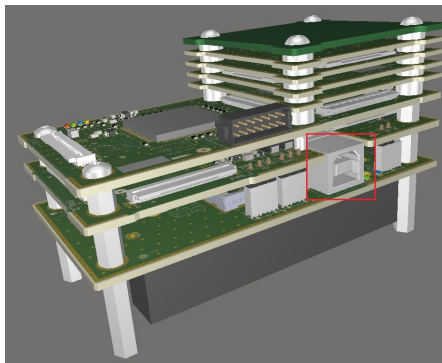
SPRM - Scintillator with PH32 chips Radiation Monitor

- Energie částice?
 - Plastický scintilátor



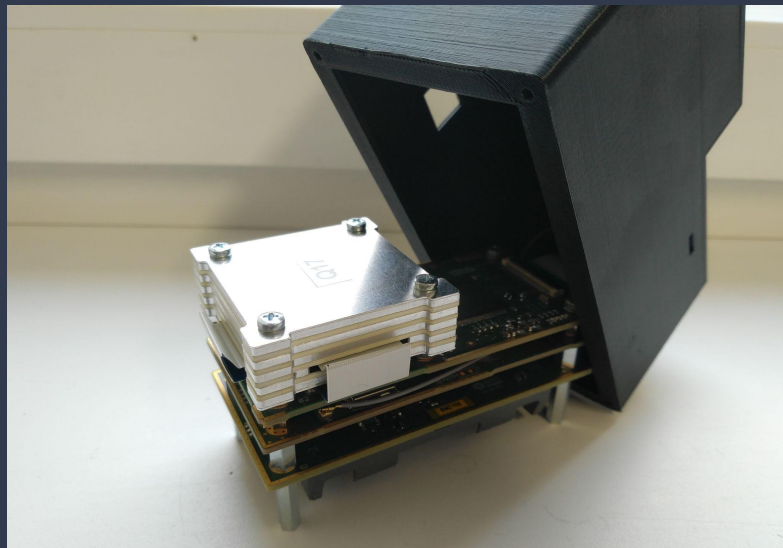
Energie deponovaná
v tkáňově
ekvivalentním
materiálu

- Směr částic?
 - MOSAIC - stripový detektor s čipy PH32

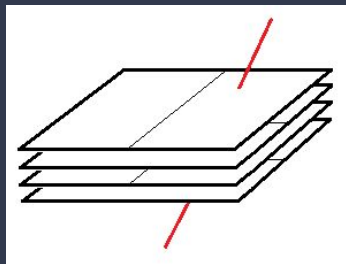


Odhad úhlu
dopadu

Detektor MOSAIC



Čtyřvrstvý křemíkový
stripový teleskop



Senzor připojený k čipu PH32:

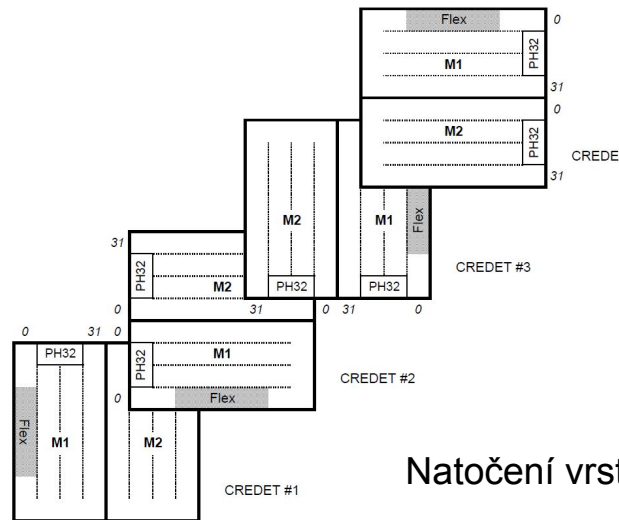
- Tloušťka: 525 μm
- 40 000 elektronů na MIP

Stripy:

- Délka: 18 000 μm
- Šířka: 250 μm

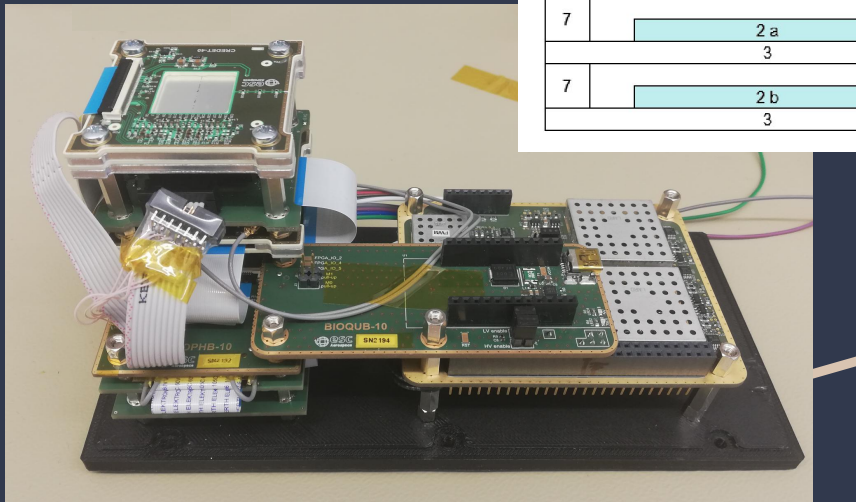
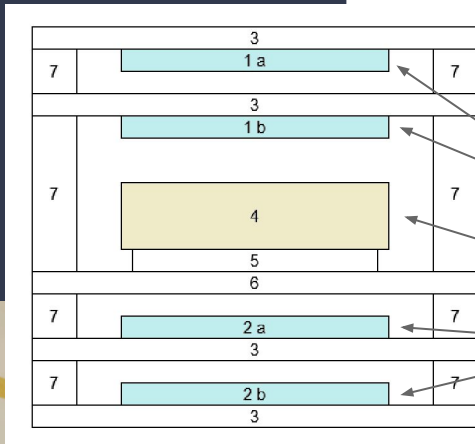


Fotografie
senzoru



Natočení vrstev

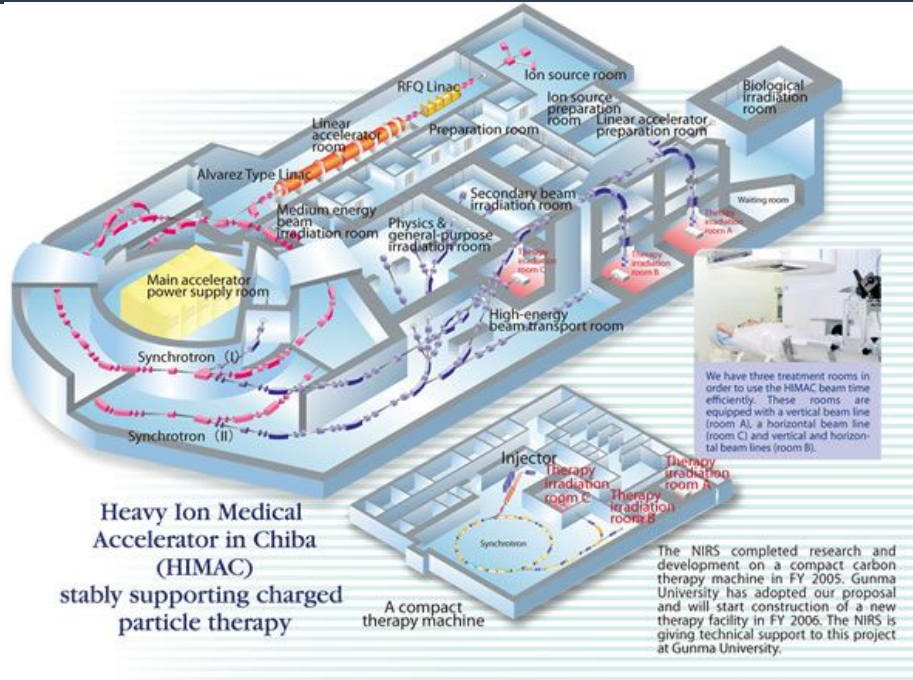
SPRM dnes



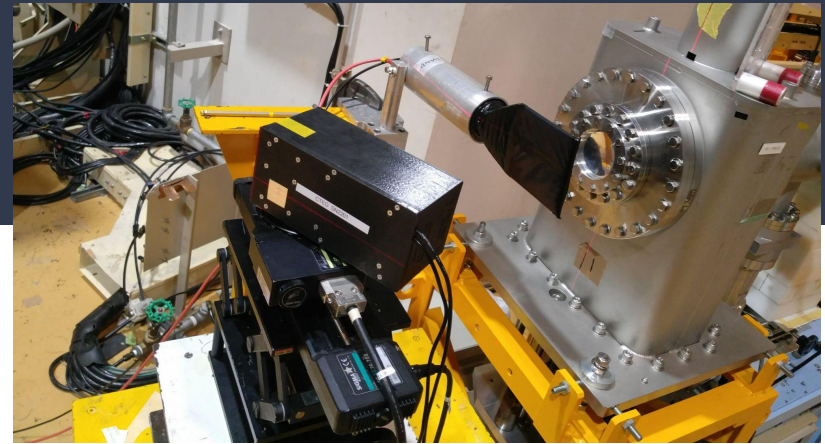
SPRM - Scintillator with PH32 chips Radiation Monitor

- **Sendvič:**
 - 2 vrstvy stripového detektoru
 - Plastický scintilátor
 - 2 vrstvy stripového detektoru
- **Detekční plocha: téměř 2x2 cm²**
- **Křemíkový stripový detektor:**
 - 64 stripů na vrstvu
 - Šířka stripu 250 μm
- **Plastický scintilátor:**
 - EJ-276
 - Tloušťka: 0,6 cm

Testování SPRM na zařízení HIMAC



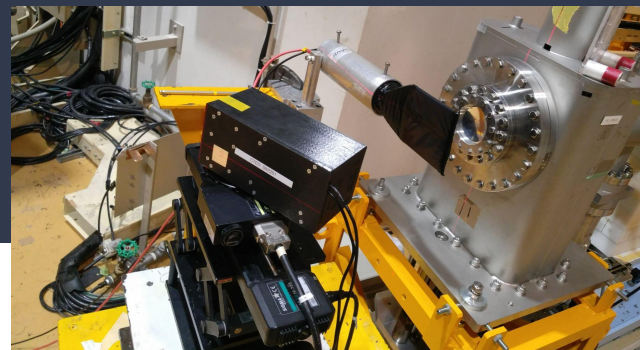
http://www.nirs.go.jp/ENG/research/charged_particle/index.shtml



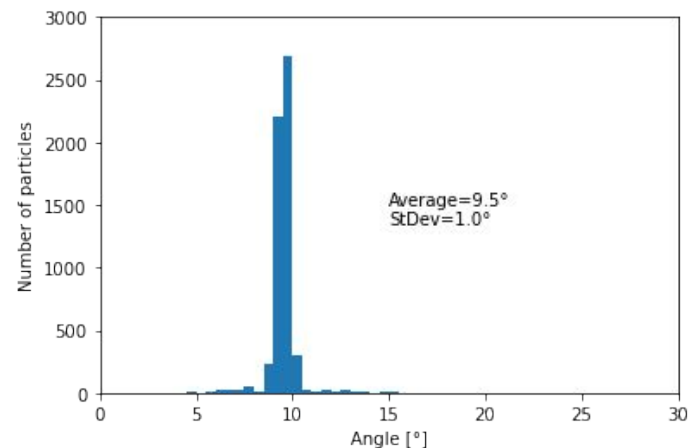
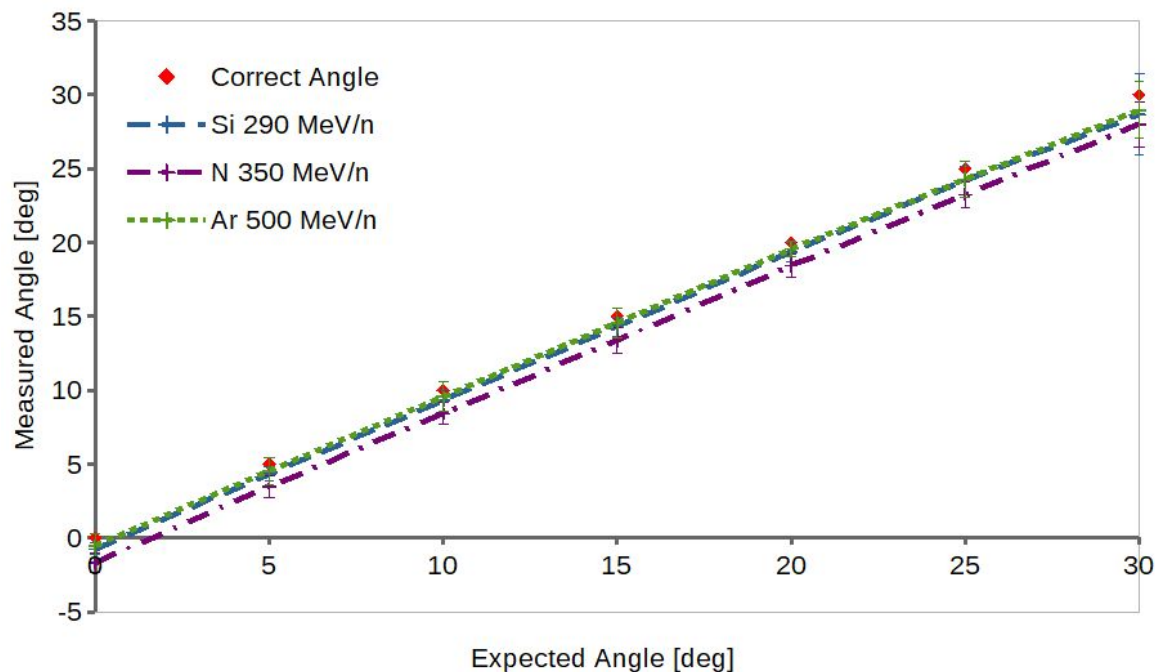
HIMAC - Heavy Ion Medical Accelerator in Chiba, Japonsko

- Místnosti: General Physics (PH1), Biology (BIO), Medium energy
- Použité ionty:
 - Březen 20, 2023 PH1 Si 290 MeV/n
 - Březen 21, 2023 PH1 N 350 MeV/n
 - Březen 22, 2023 PH1 Ar 500 MeV/n

Výsledky měření úhlů

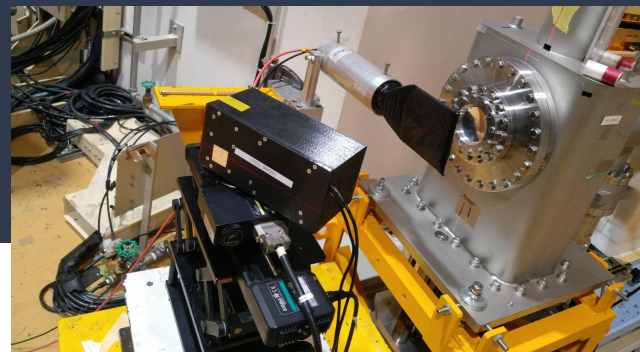


Průměrný úhel změřený pomocí SPRM po ozáření různými ionty

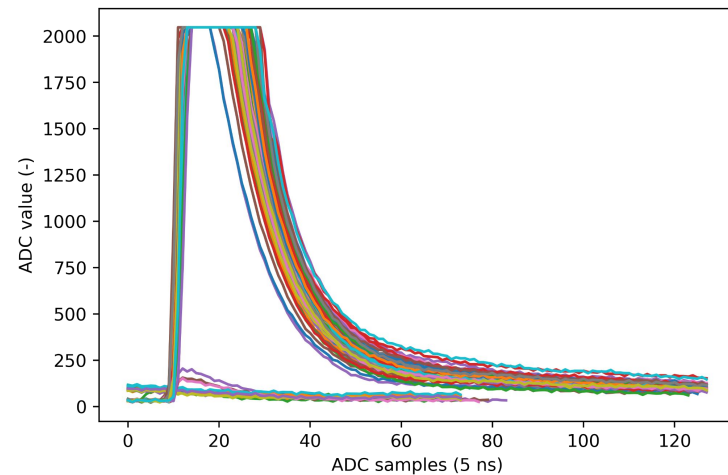
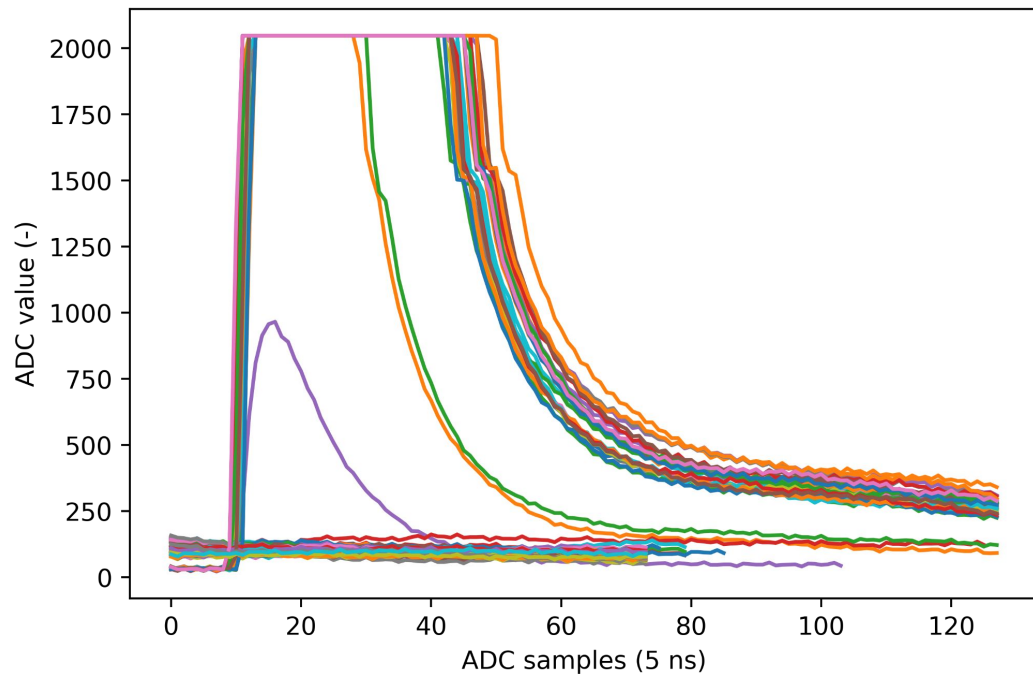


Histogram úhlů pro svazek Ar 500 MeV/n z 10°

Výsledky ze scintilátoru

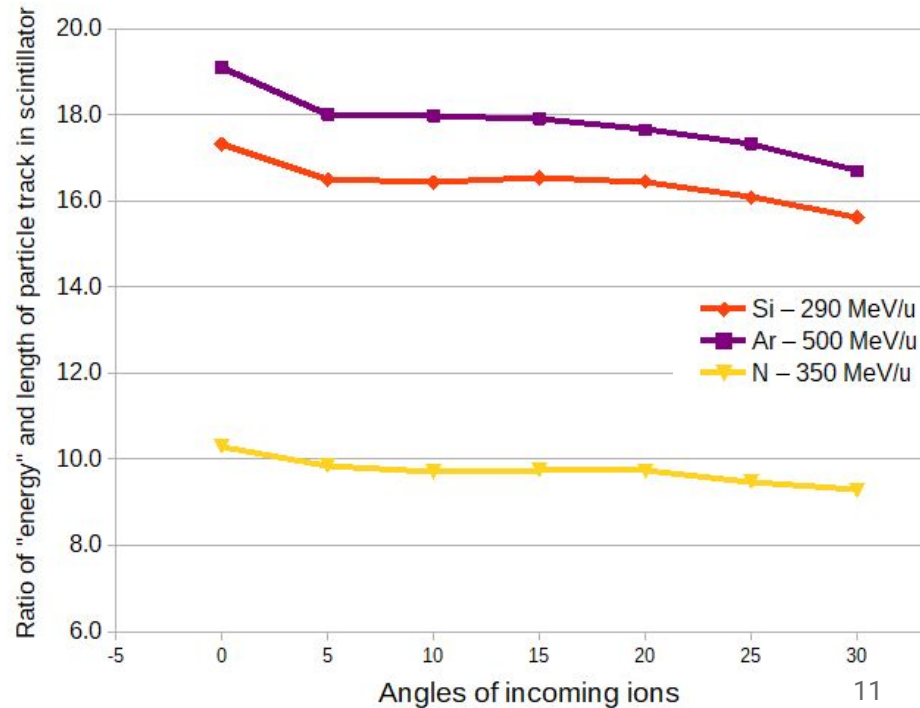
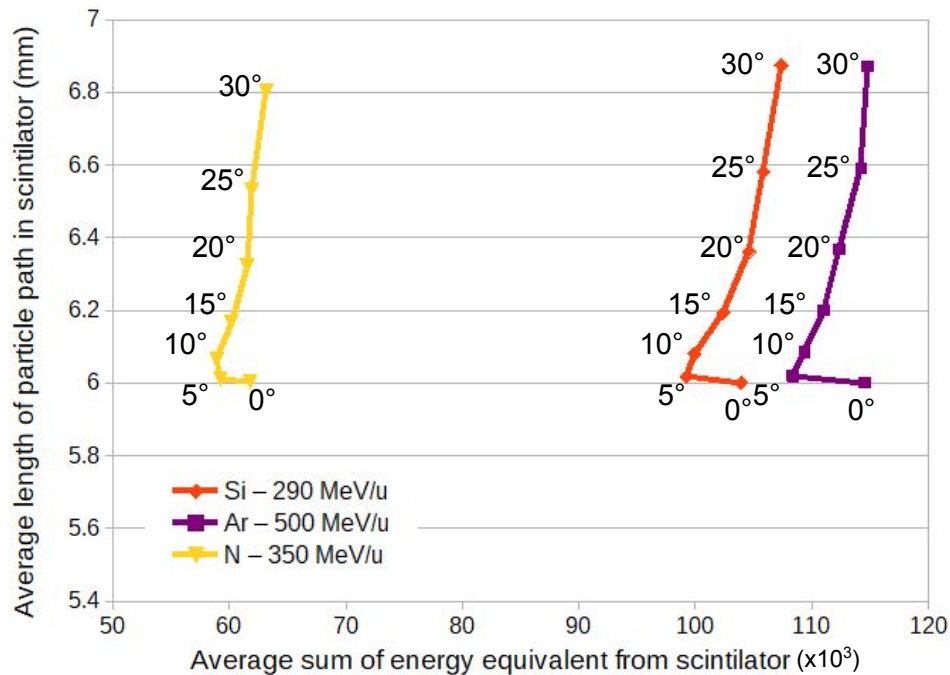


Ionty Ar s energií 500 MeV/n z 0°

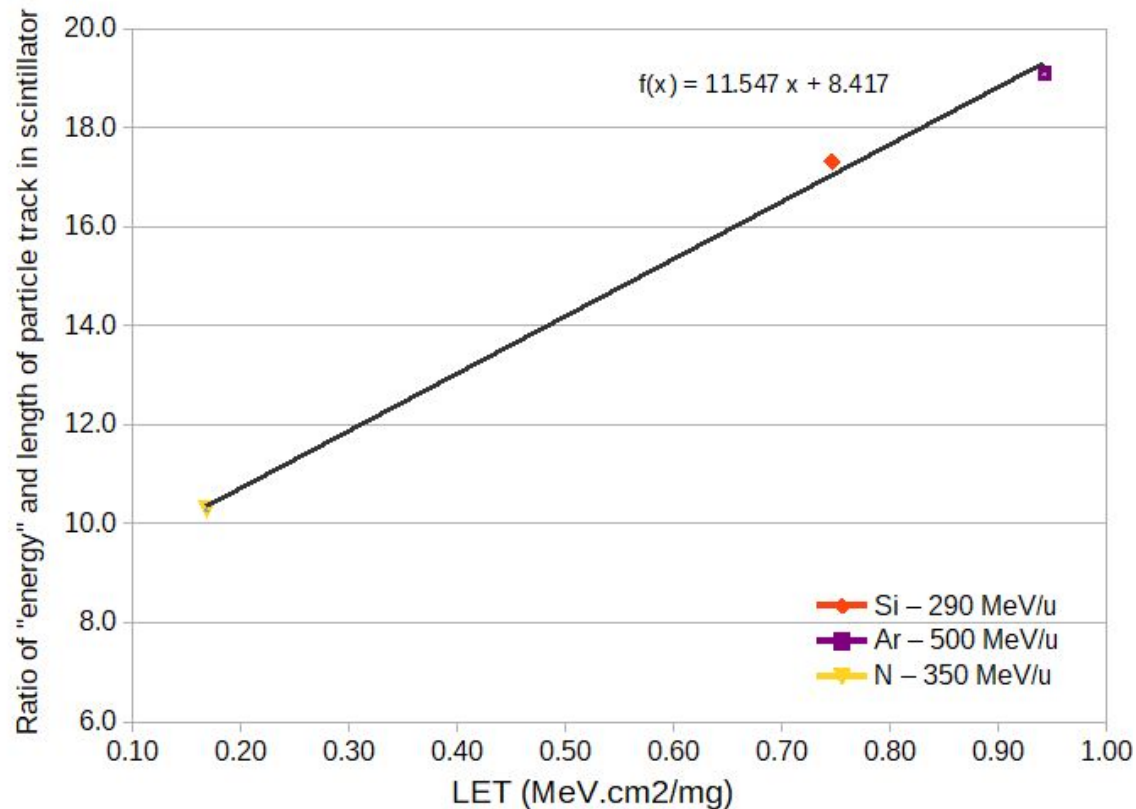


Ionty N s energií
350 MeV/n z 0°

Výsledky - srovnání délky dráhy a deponované energie pro různé ionty

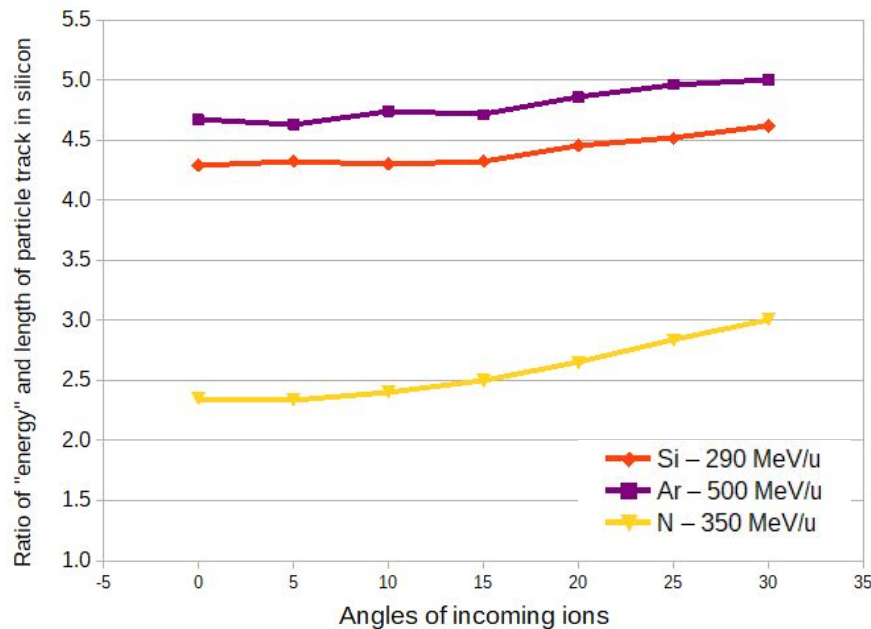
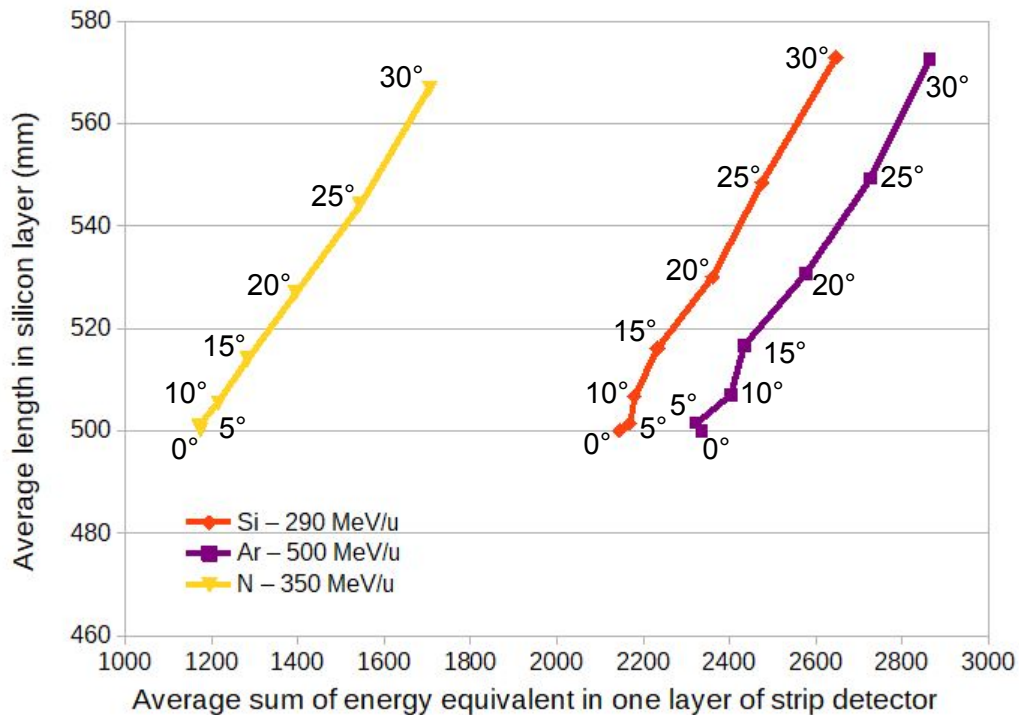
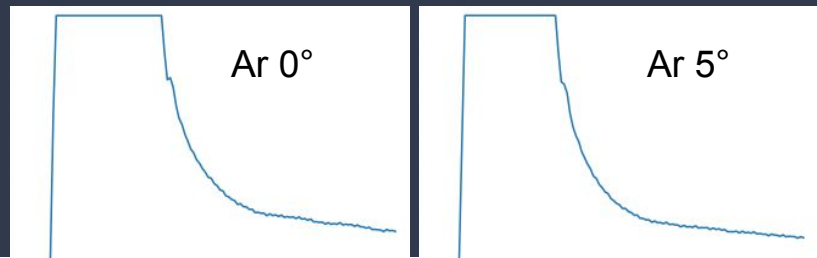


Výsledky - LET v tkáňově ekvivalentním materiálu

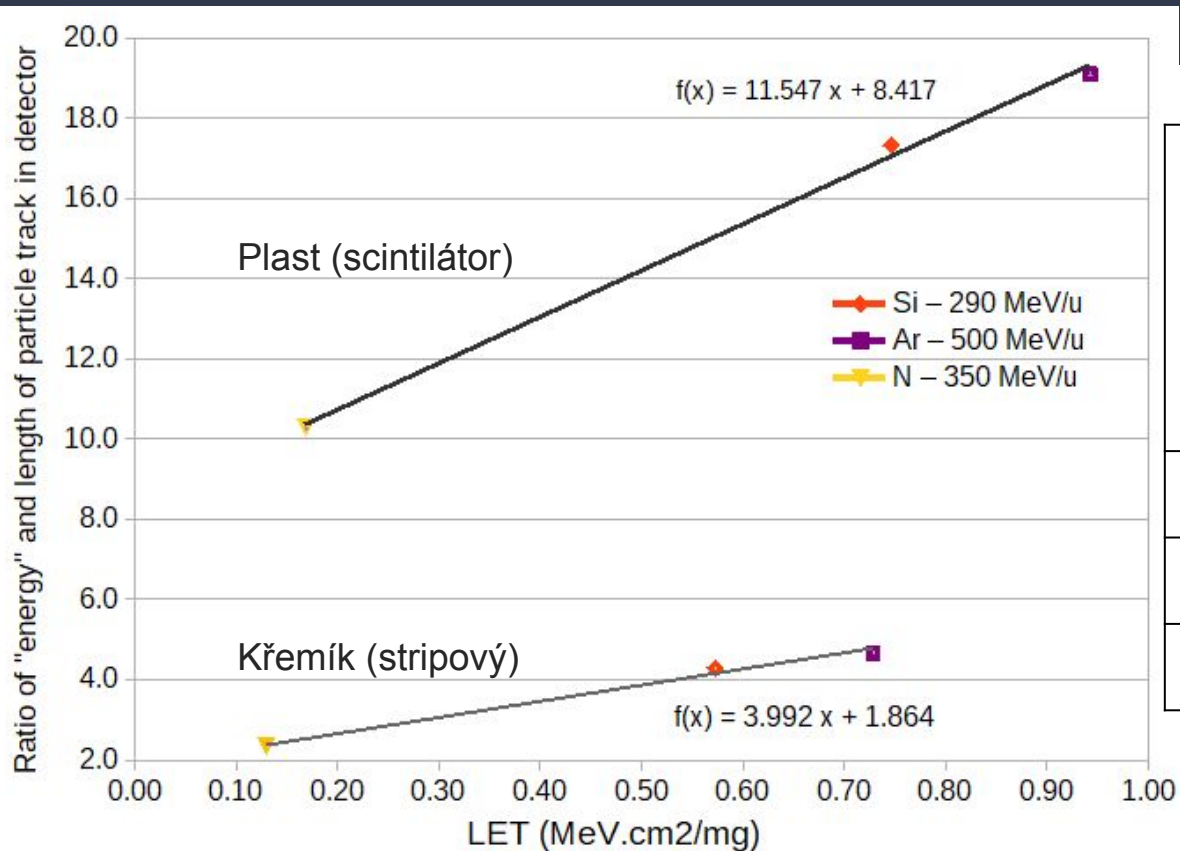


Iont a energie (MeV/n)	LET (MeV · cm ² /mg)	Poměr "energie" a délky dráhy částice ve scintilátoru
Si 290	0.75	17.3
Ar 500	0.94	19.1
N 350	0.17	10.3

Výsledky - LET v křemíku



Výsledky - LET v křemíku

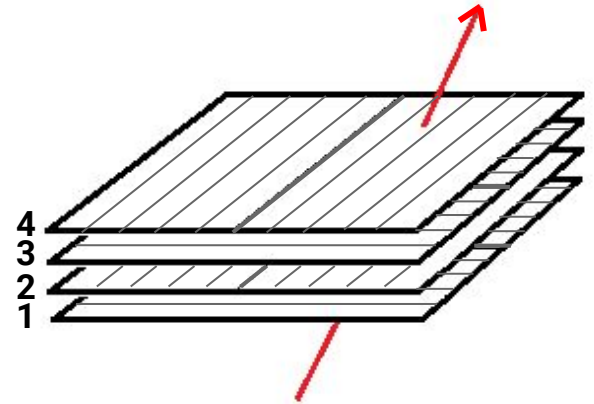


Ion a energie (MeV/n)	LET v křemíku (MeV · cm ² /mg)	Poměr "energie" a délky dráhy částice ve stripovém detektoru
Si 290	0.57	4.3
Ar 500	0.73	4.7
N 350	0.13	2.3

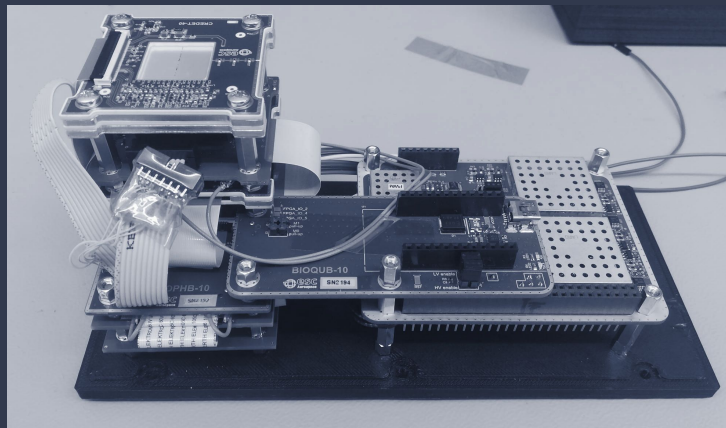
Výsledky - LET v křemíku

Úhel	Vrstva 1	Vrstva 2	Vrstva 3	Vrstva 4
0	1157	1122	1174	1168
5	1156	1122	1171	1163
10	1189	1140	1216	1172
15	1242	1134	1284	1182
20	1353	1157	1395	1194
25	1454	1171	1543	1207
30	1546	1206	1705	1220

lonty N s energií 350 MeV/n



Shrnutí



Hybridní LET spektrometr SPRM

SPRM - Scintillator with PH32
chips Radiation Monitor

- Hlavním výsledkem projektu bylo vytvoření komplexního dozimetrického systému pro extrémní radiační prostředí v cislunárním prostoru
- Detekční systém je specificky navržen pro vesmírné mise, kde těžké ionty hrají zásadní limitující roli v ozáření osob
- SPRM vykazuje slibné výsledky se stripovými detektory v teleskopickém uspořádání vyvinutými pro úhlová měření a tkáňově ekvivalentním plastickým scintilátorem pro odhad energie částice