

Kalibrace a monitorování astročásticových teleskopů

Daniel Staník

SLO UPOL

19. dubna 2022

Úvod

- Detekce kosmických částic s extrémní energií (tzv. UHERC).
- Testování a úpravy pulzního UV kalibračního zdroje.
- Analýza kalibračních dat.

Úvod

- Detekce kosmických částic s extrémní energií (tzv. UHERC).
- Testování a úpravy pulzního UV kalibračního zdroje.
- Analýza kalibračních dat.

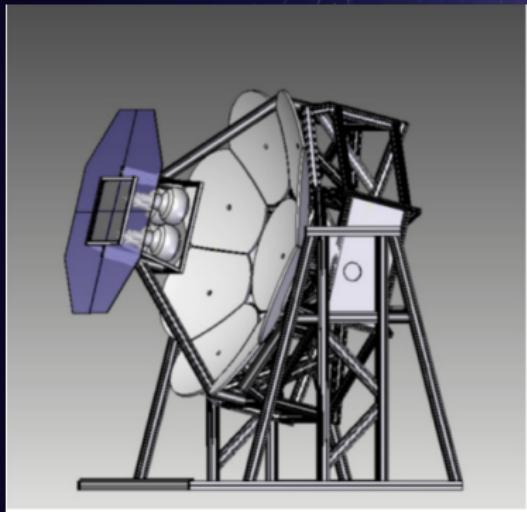
Detekce kosmických částic s extrémní energií

- energie 10^{18} až 10^{20} keV .
- Využití atmosféry jako kalorimetru. Vytvoření čisticové a elektromagnetické spršky po zásahu energetickou částicí.
- Fluorescenční technika detekce - detekce deexcitačního slabého UV spektra.

Teleskop FAST

- Fluorescenční teleskop pro detekci kosmických částic s extrémní energií (UHECR).
- Detekční část - čtyři fotonásobiče a superodrazná UV zrcadla.
- Dnes v provozu 4 prototypy.
- Budoucí účel - osazení velké plochy teleskopu tohoto typu a rekonstrukce spršek vyvolaných UHECR částicemi.

Teleskop FAST



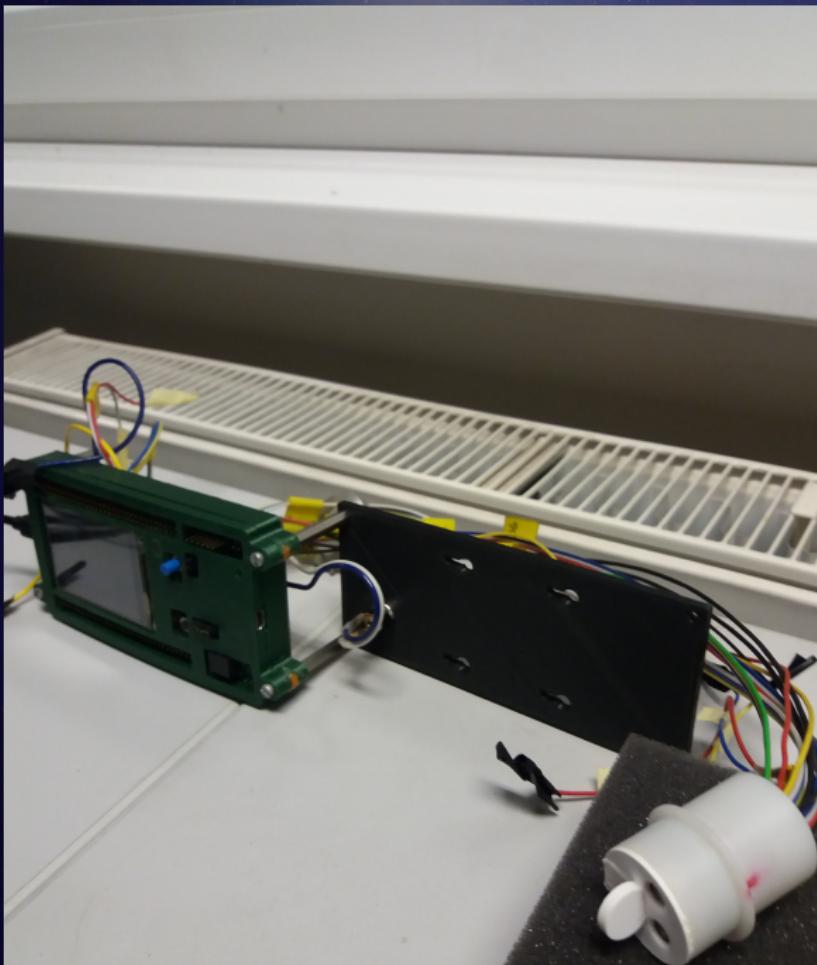
Obrázek: Návrh teleskopu.

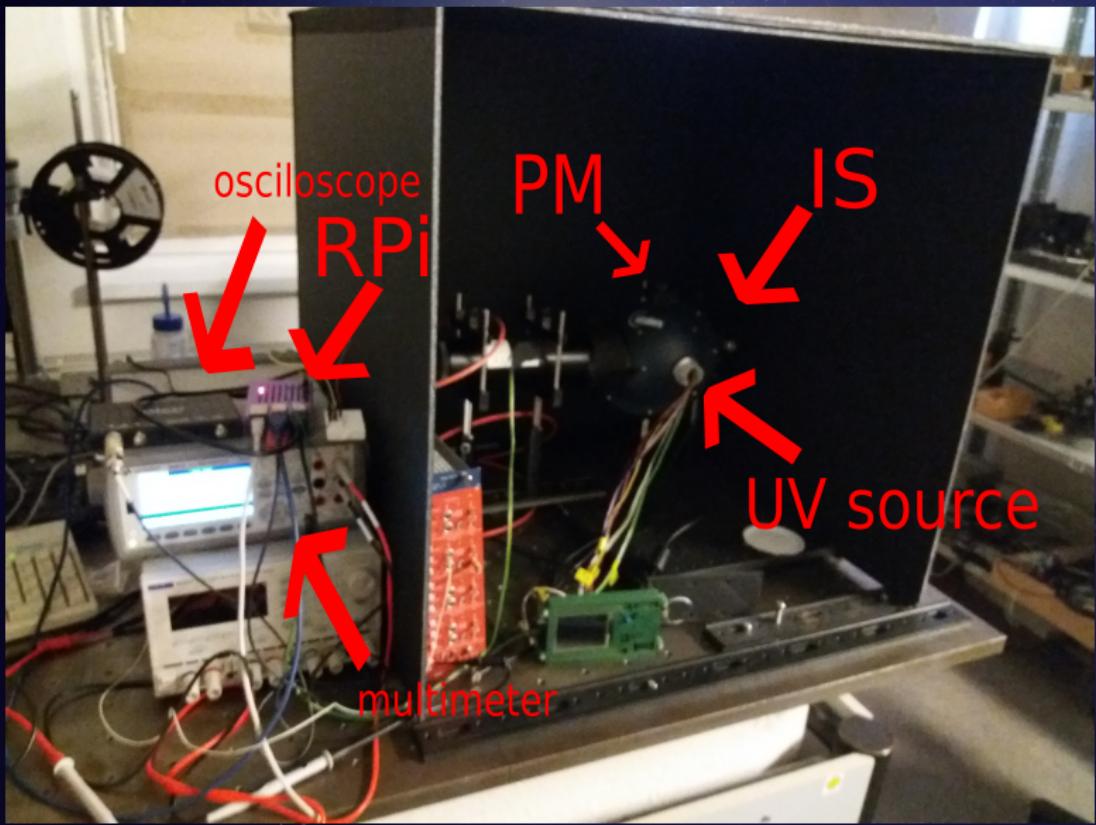


Obrázek: Teleskop FAST.

Vývoj a testování kalibračního UV zdroje

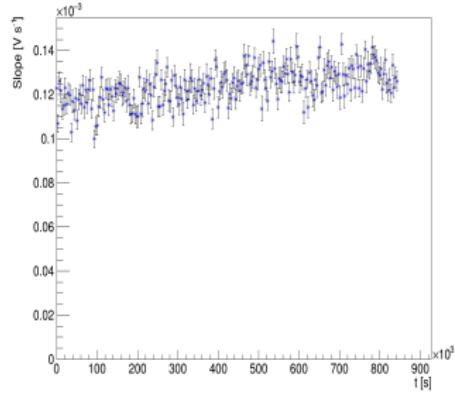
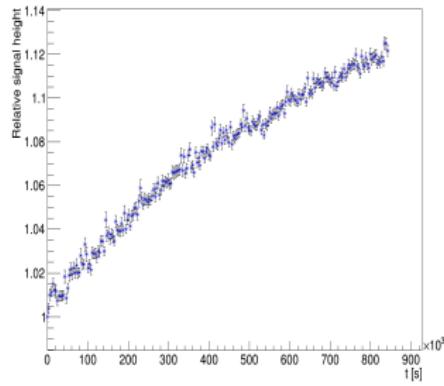
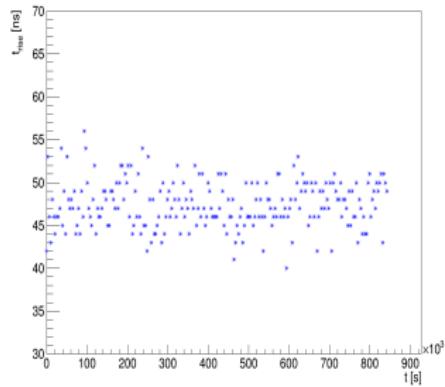
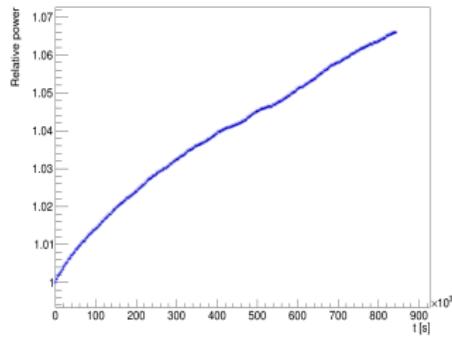
- Nutnost kalibrace teleskopu jako optické soustavy. Detekční části díky různým vlivům podléhají degradaci.
- K tomu účelu - pulzní kalibrační UV zdroj založen na diodách. Netestován, nutnost ověření jeho funkčnosti a návrh případných úprav či jiných konceptů. K tomu účelu sestavena aparatura pro dlouhodobé měření stability zdroje.
- Nutno ověřit dva parametry - stabilita výkonu a stabilita geometrie pulzů. Měření prováděno v intervalu dvou týdnů. K měření výkonu užit PM16 měřící přístroj optického výkonu a k měření pulzní geometrie - fotonásobič + osciloskop.





Obrázek: Testovací aparatura.

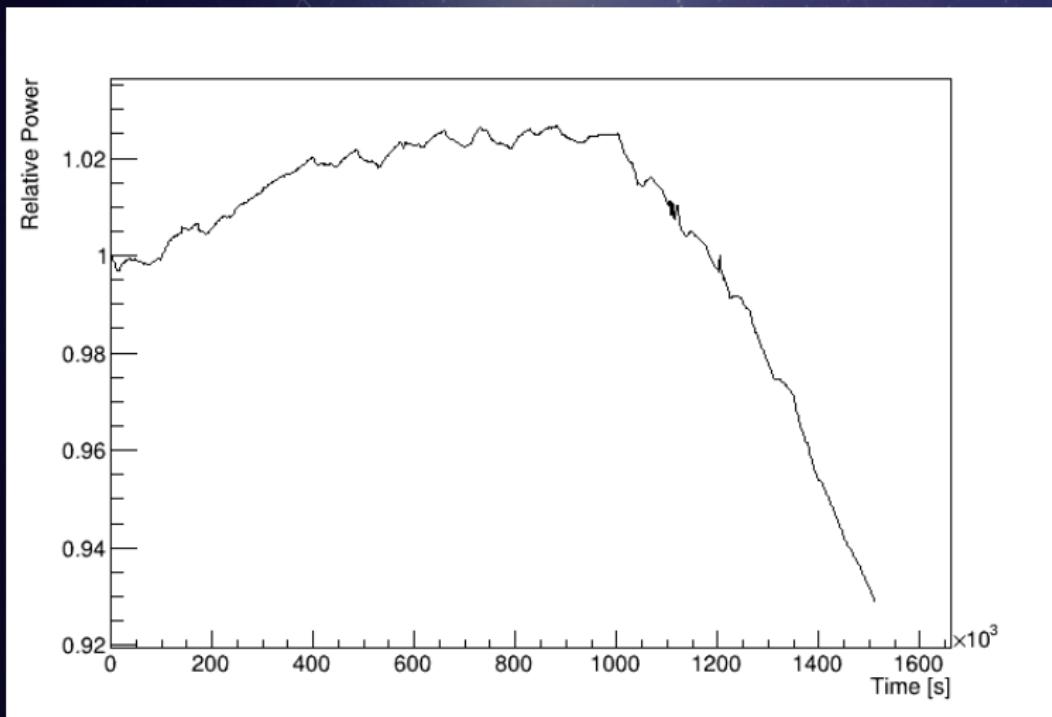
Výsledky měření



Výsledky měření

- Nalezen zásadní problém - výrazný rostoucí trend ve výkonu. Potvrzeno fotonásobičem i PM16. Pulzní geometrie - doba náběhu a sklon nemají dlouhodobý trend.
- Hlavní příčinou jsou degradační procesy v samotných diodách. Viz další stránka se samotným chováním diody.
- Možná oprava - přidaní zpětnovazební UV detekční diody, podle které se bude upravovat proud LEDkou.

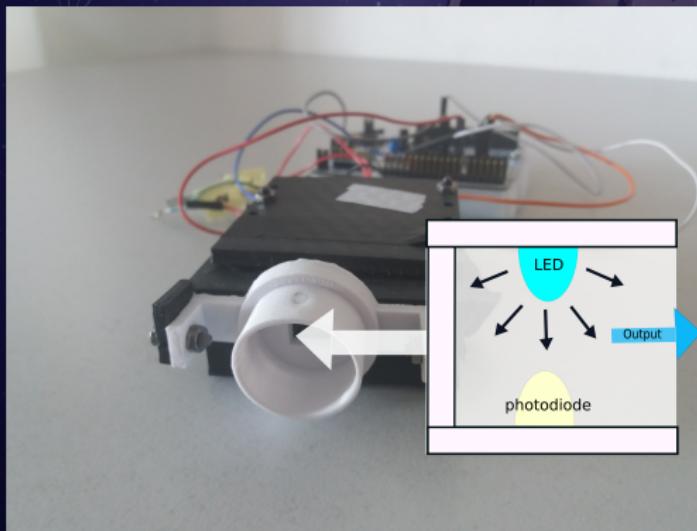
Degradace osamocené LED diody.



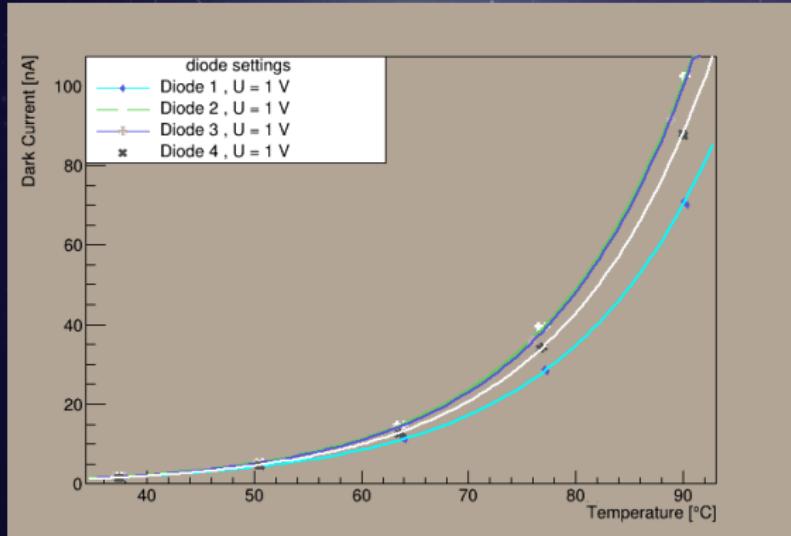
Obrázek: Degradace osamocené LED diody.

Optická zpětná vazba

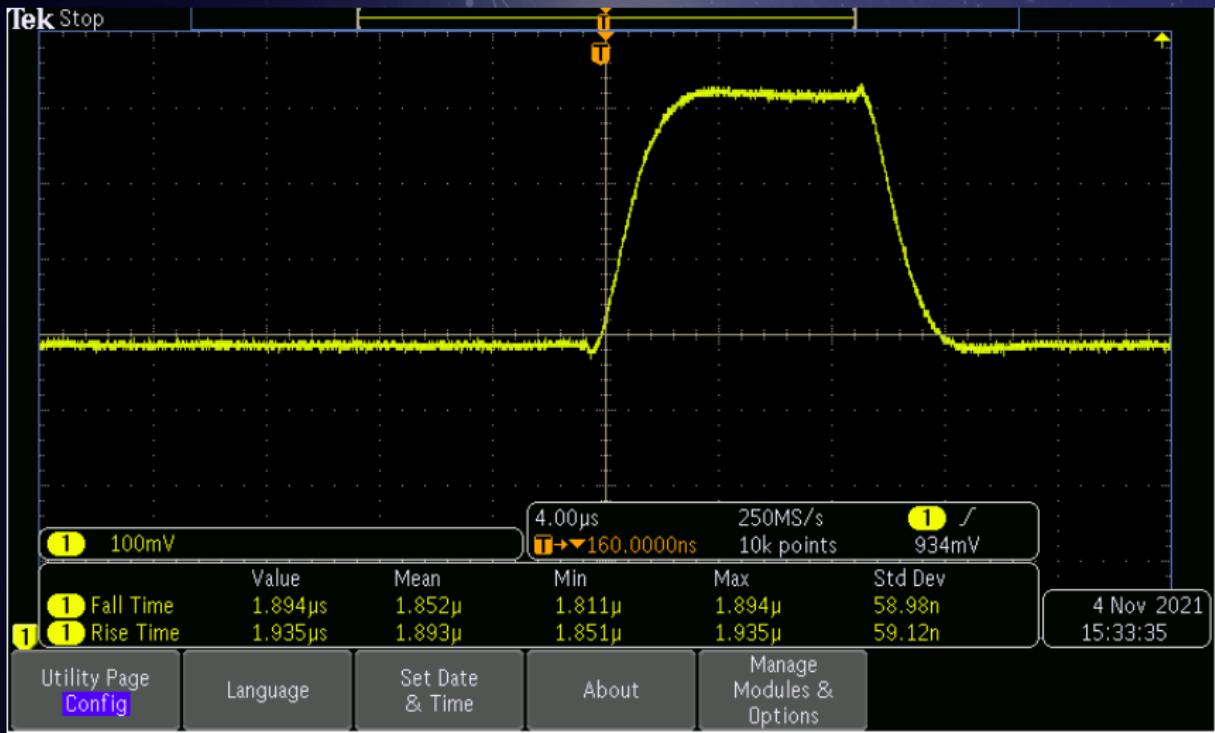
- Nastavování výkonu podle detekované hodnoty - detekce výšky pulzů za pomoci fotodiody.
- Nutnost změření fotodiody - závislosti chování na teplotě, odezvy na pulzy a dlouhodobé stability.



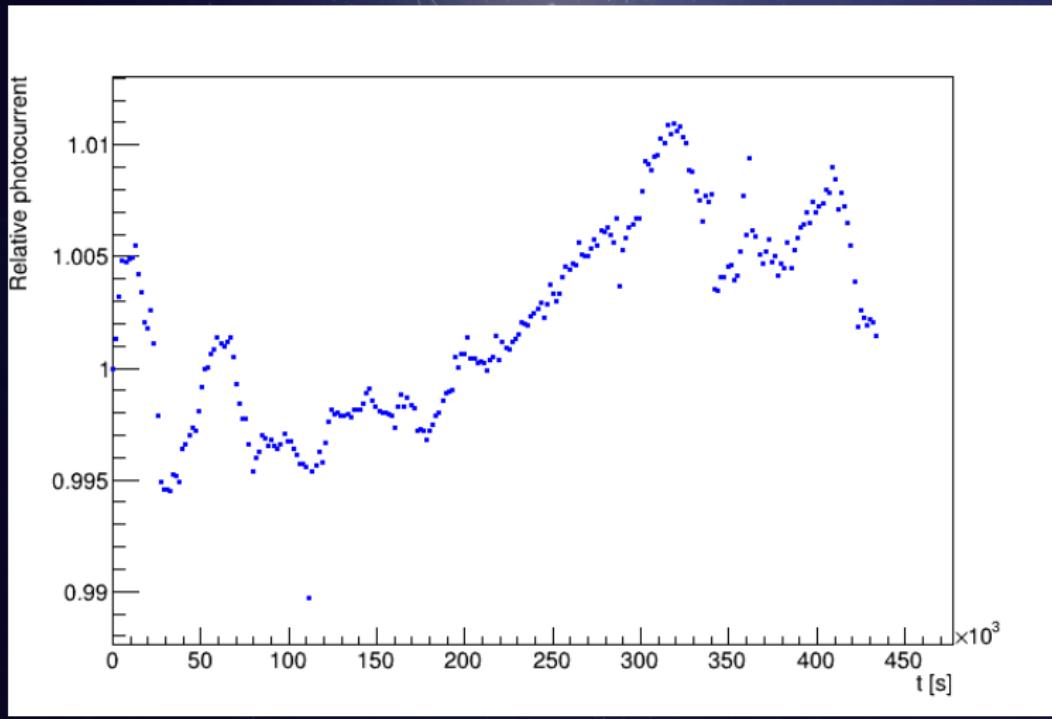
Obrázek: Zpětnovazební optomechanika.



Obrázek: Závislost temných proudů na teplotě.

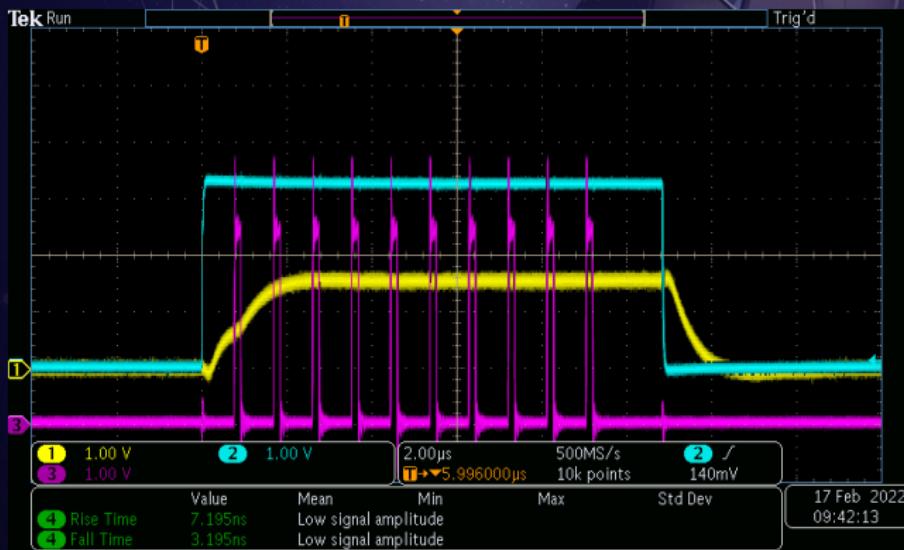


Obrázek: Detekovaný pulz přes I/U převodník.

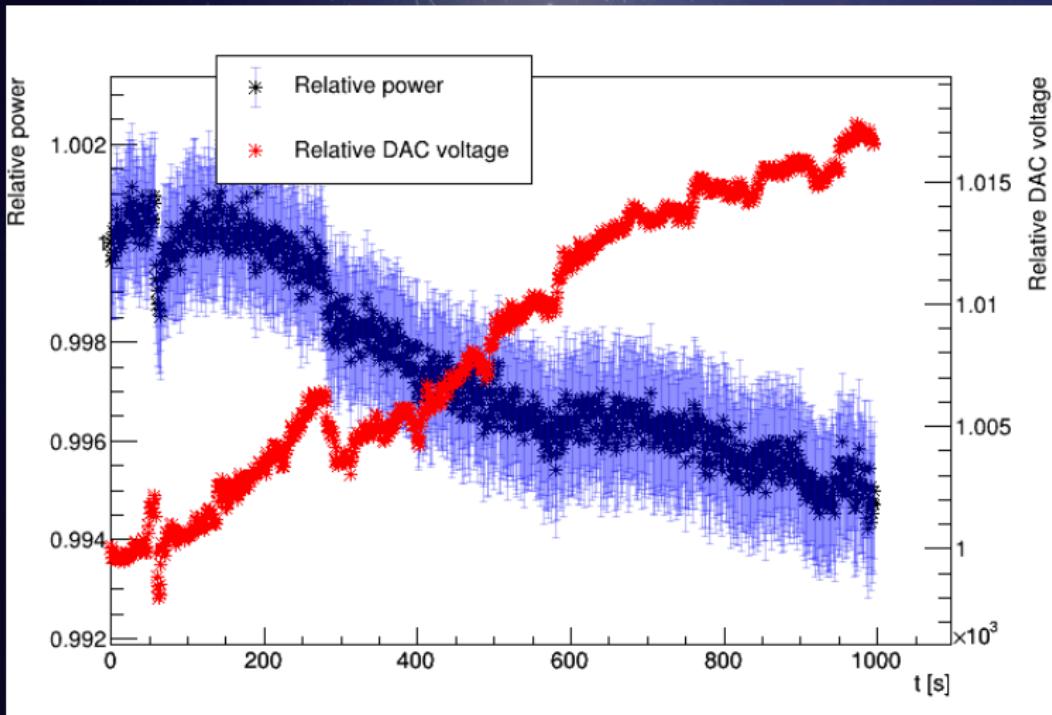


Obrázek: Stárnutí detekční fotodiody.

- Použití desky Nucleo F446RE. Nastavení synchronního vzorkování za pomocí provázání interních časovačů.
- Navzorkování pulzů, a vyvození výšky pulzu - získání hodnoty aktuálního výkonu. Tato hodnota následně použita do PID regulátoru.



Obrázek: Synchronizované vzorkování.

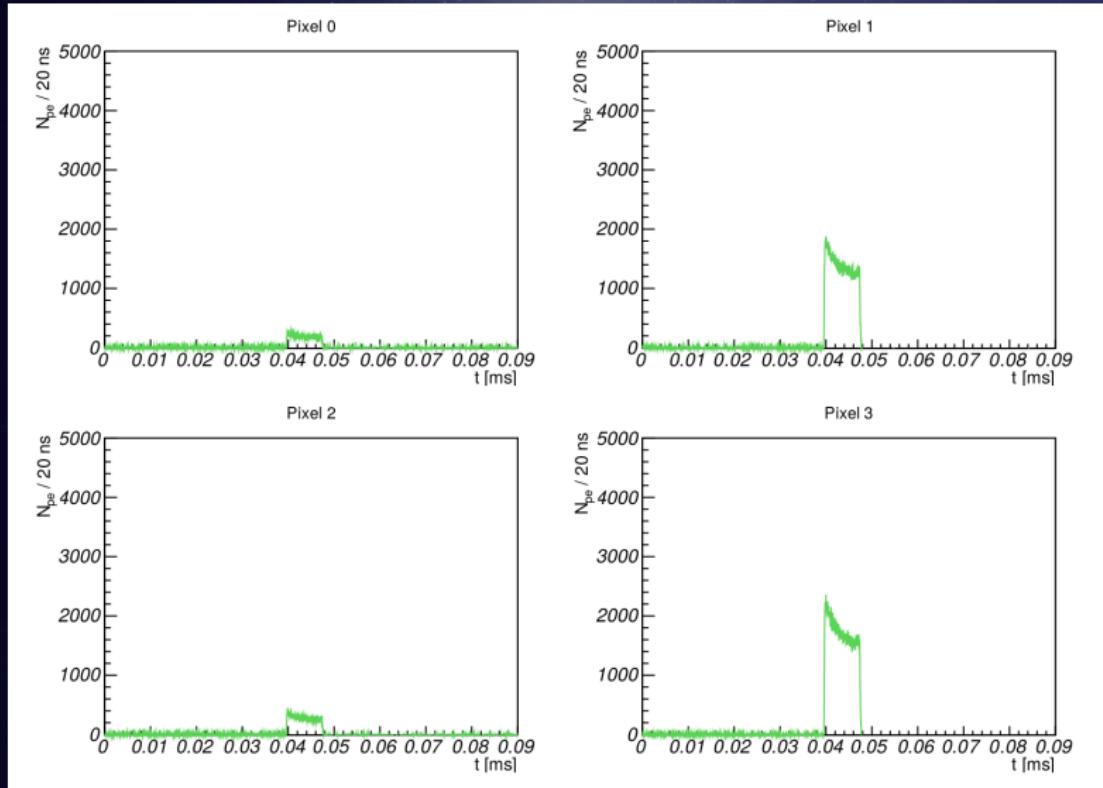


Obrázek: Test upraveného zdroje.

Analýza kalibračních dat

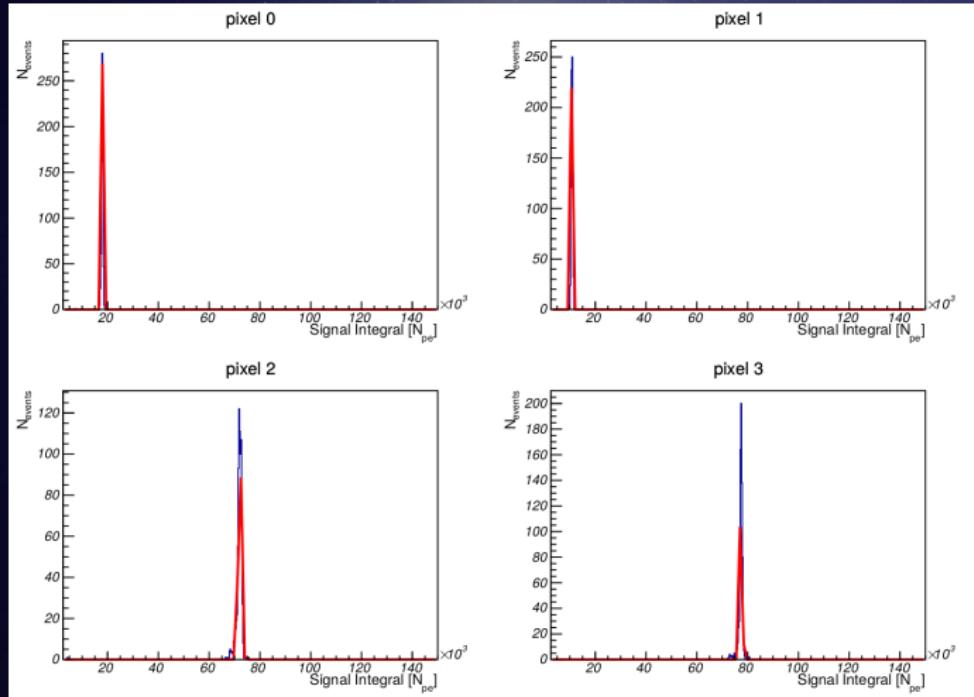
- Užití kalibračního UV zdroje umístěného do integrační koule, nasvěcování apertury teleskopu z různých poloh.
- Hlavní účel analýzy - získání relativních odezvových konstant pro 4 fotonásobiče.
- Porovnání s teoretickými modely.

Nasvícení fotonásobičů



Obrázek: Signál viděný fotonásobiči.

Ukázka distribuce



Obrázek: Ukázka fitování distribucí maximální výšky kalibračních pulzů a srovnání pro 4 fotonásobiče.

Porovnání výsledků se simulacemi

	pravá	levá	spodek
c_0	0.2314 ± 0.0002	1	0.1070 ± 0.0002
c_1	0.1397 ± 0.0002	0.7485 ± 0.0003	0.8061 ± 0.0003
c_2	0.9304 ± 0.0004	0.2138 ± 0.0002	0.1631 ± 0.0002
c_3	1	0.2462 ± 0.0002	1

Tabulka: Naměřené odezvové konstanty.

	pravá	levá	spodek
c_0	0.48	0.95	0.44
c_1	0.41	1	0.98
c_2	1	0.41	0.46
c_3	0.95	0.46	1

Tabulka: Konstanty ze simulace.