

The background image shows the interior of a nuclear reactor core. It features several vertical fuel rods and control rods, surrounded by a complex network of metal pipes and structural supports. The lighting is somewhat dim, highlighting the metallic surfaces and the intricate arrangement of the reactor components.

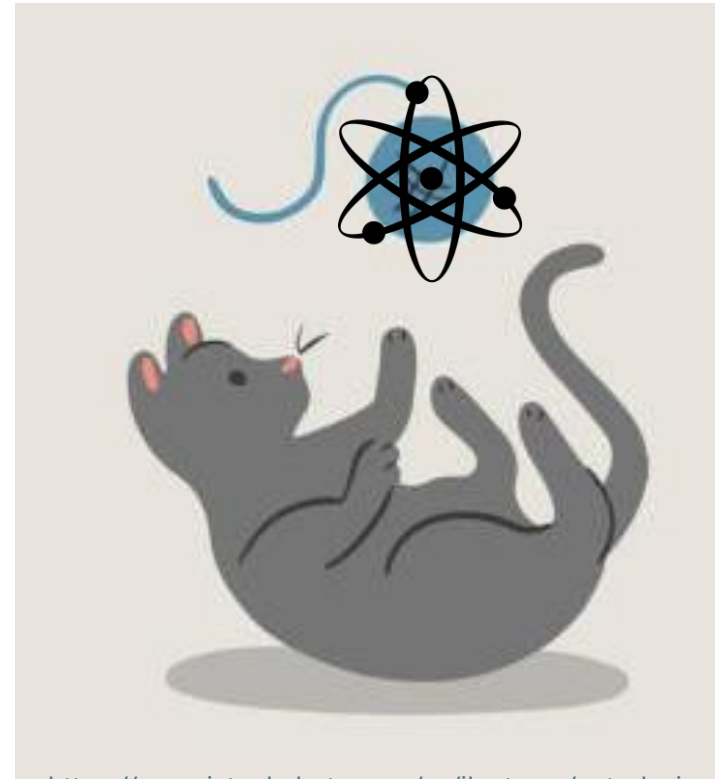
Stanovení kalibrační křivky regulační tyče na Reaktoru VR-1

T. H. N. Nguyen, L. Vojtek, M. Tlamka

Garant: Bc. Ondřej Lachout

Obsah

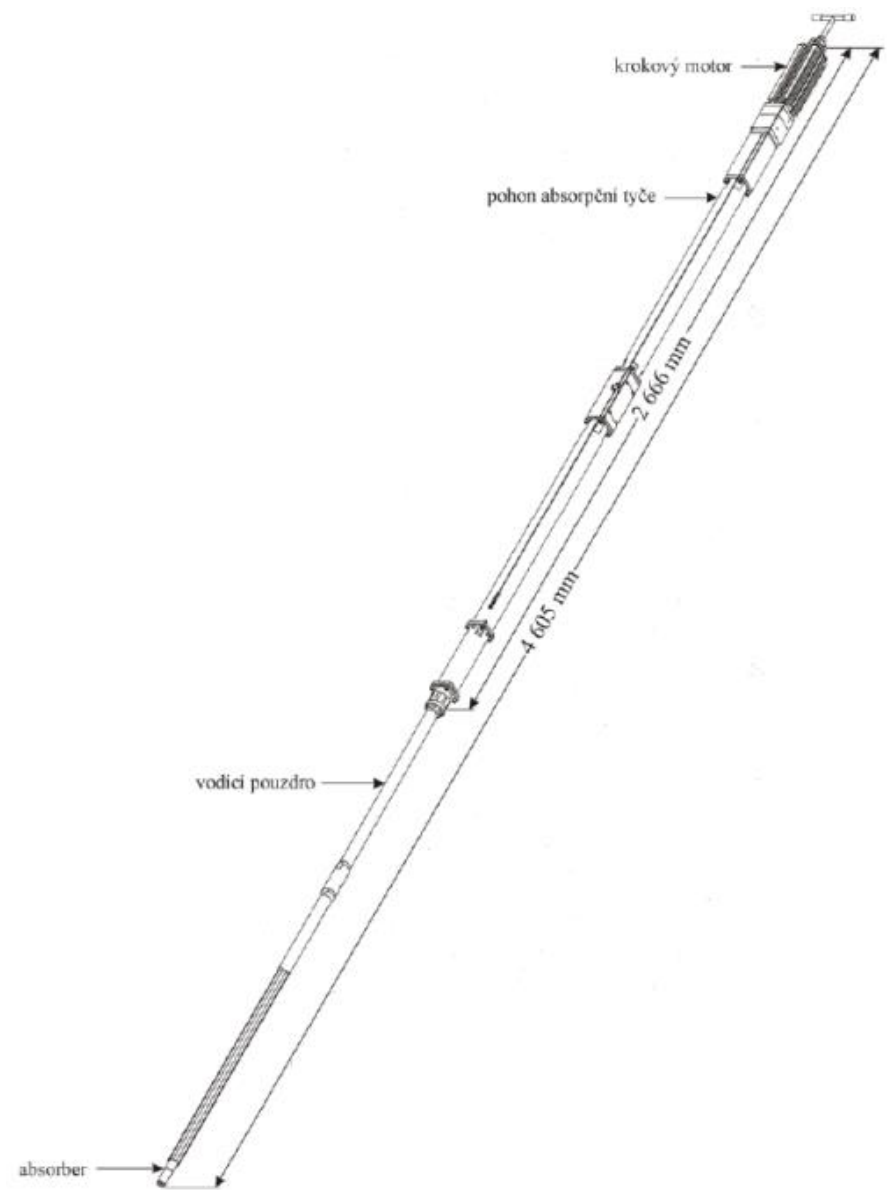
- 1. Úvod
- 2. Teoretický základ
- 3. Metodika měření
- 4. Analytický přístup
- 5. Numerický výpočet
- 6. Experimentální měření
- 7. Výsledky
- 8. Diskuze
- 9. Závěr



<https://www.istockphoto.com/cs/ilustrace/cat-playing>
<https://www.pngegg.com/en/png-evbba>

1) Úvod

- Kalibrační křivka regulační tyče je klíčová pro **bezpečné řízení reaktoru**.
- Zobrazuje závislost mezi polohou tyče a účinkem na reaktivitu reaktoru.
- **Cíl studie:** Určit kalibrační křivku pro regulační tyč **R2** na reaktoru VR-1.
- **Důležitost:** Přesné stanovení kalibrační křivky zajišťuje efektivní a bezpečný provoz.



2) Teoretický základ

- Regulační tyč ovlivňuje reaktivitu reaktoru absorpcí neutronů.
 - Kalibrační křivka: Vztah mezi polohou tyče (mm) a změnou reaktivity (β_{ef}).
 - **Důležitost kalibrace:** Přesná kalibrace je zásadní pro bezpečný provoz reaktoru.
 - **Reaktivita:** Udává nám relativní odchylku od kritického stavu reaktoru (tedy stavu, kdy probíhá kontrolovaná štěpná reakce).
 - **Absorpce neutronů:** Klíčový mechanismus pro regulaci výkonu reaktoru. Míra absorpce neutronů je řízená axiální polohou regulační tyče.
-

3) Metodika měření

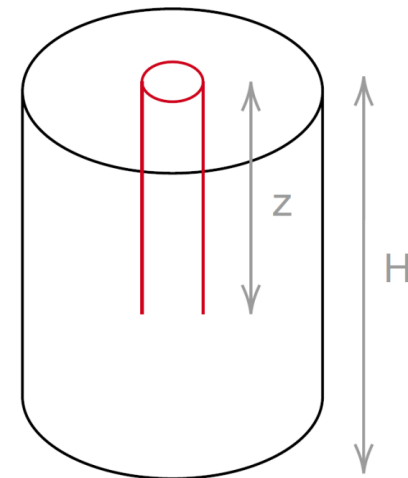
- **Použité přístroje:** Neutronový detektor SNM10, poziční senzor tyče, systém pro sběr dat.
 - **Postup:** Reaktor uveden do podkritického stavu, tyč R2 vysouvána z AZ z dolní koncové polohy po krocích 120 mm, měření odezev neutronů.
 - **Analýza:** Průměrné hodnoty četnosti detekce analyzovány a stanoveny kalibrační křivky.
 - **Data sběr:** Automatizovaný systém sbírá data pro následnou analýzu.
 - **Bezpečnostní opatření:** Během měření musí být dodržena všechna bezpečnostní pravidla, platná při pohybu a práci v kontrolovaném prostoru reaktoru VR-1.
-

4) Analytický přístup

- Založen na poruchové teorii s určitými zjednodušujícími předpoklady.
- **Model:** Absorpční tyč umístěna do středu homogenního reaktoru.
- **Výpočty:** Teoretické vztahy pro výpočet kalibračních křivek.
- **Poruchová teorie:** Umožňuje predikci změn reaktivity na základě poruchy.
- **Zjednodušení:** Homogenní model reaktoru s tyčí umístěnou ve středu pro jednodušší výpočty.

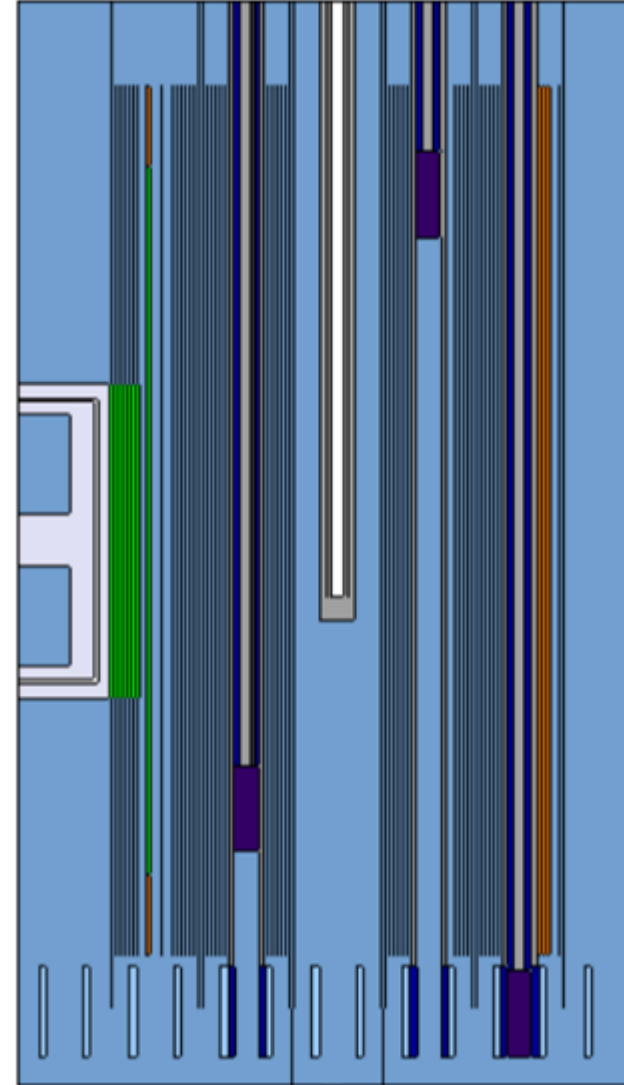
$$\rho_{\text{int}}(z) = \rho_0 \cdot \left(\frac{H - z}{H} - \frac{1}{2\pi} \cdot \sin \frac{2\pi(H - z)}{H} \right),$$

$$\rho_{\text{dif}}(z) = \frac{\rho_0}{H} \cdot \left(\cos \frac{2\pi(H - z)}{H} - 1 \right),$$



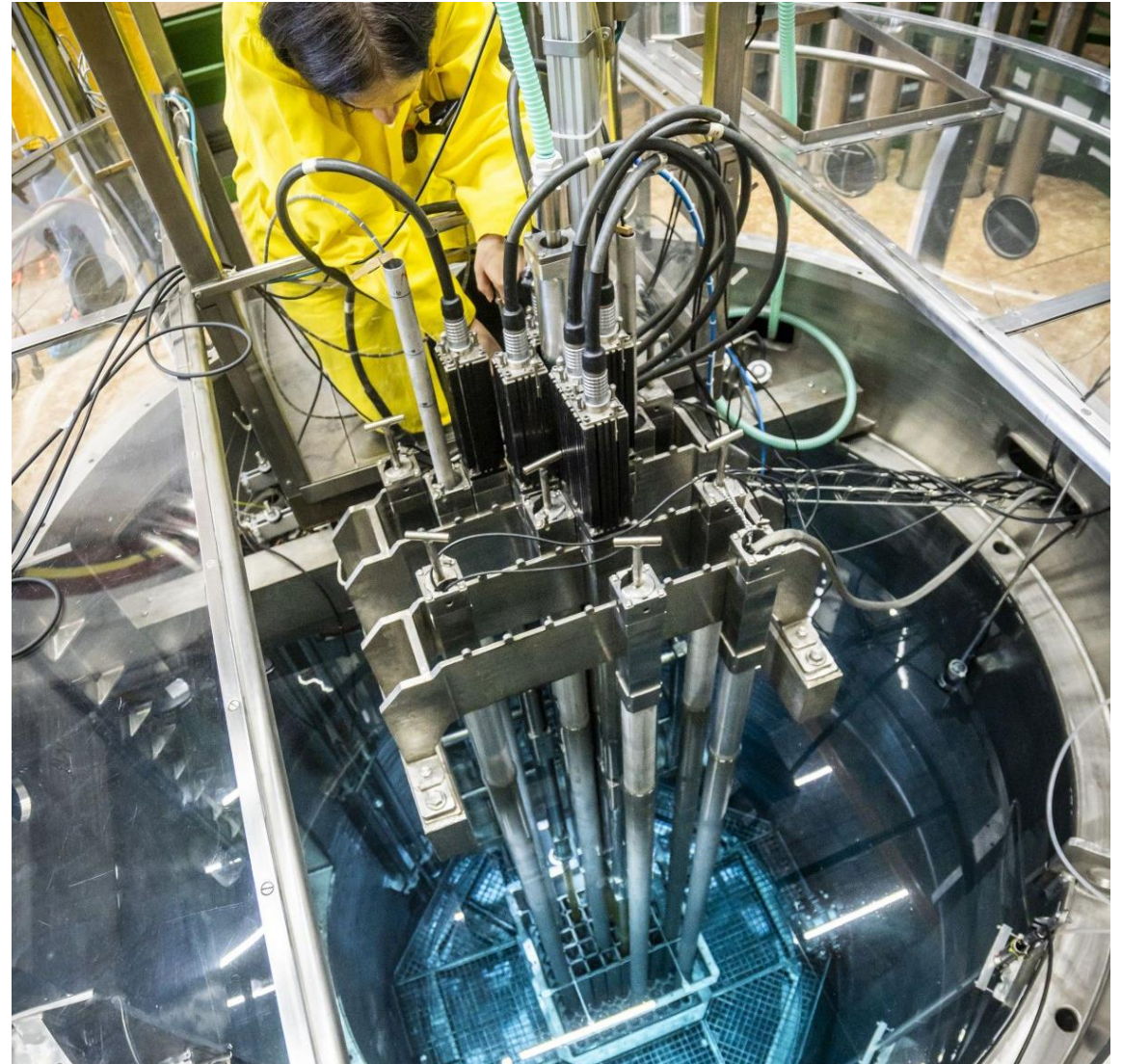
5) Numerický výpočet

- Využití numerického výpočtu pro stanovení kalibrační křivky. (Program Serpent2)
- **Význam simulací:** Numerické simulace poskytují přesnější výsledky než analytické metody.
- **Modelování:** Komplexní simulace vlivu regulační tyče v reaktoru
- **Validate:** Srovnání numerických výsledků s experimentálními daty.



6) Experimentální měření

- Měření prováděno na reaktoru VR-1.
- Postupné vysouvání tyče a měření odezev neutronů v různých pozicích.
- **Analýza dat:** Tvorba integrální a diferenciální kalibrační křivky. *Metoda inverzních četností*
- **Reaktor VR-1:** Specifikace a vlastnosti testovaného reaktoru.
- **Kalibrace přístrojů:** Zajištění přesnosti měření před zahájením experimentu.

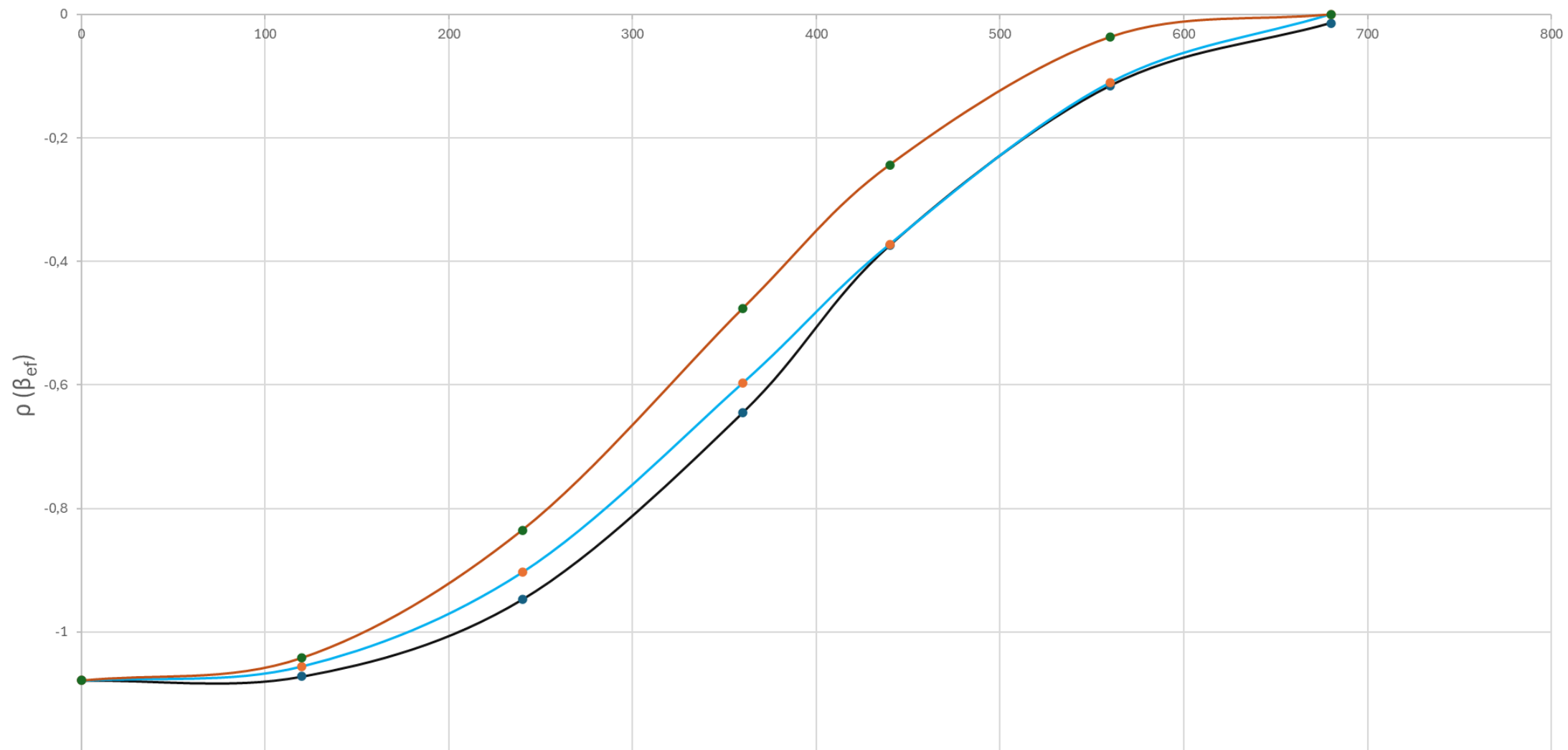


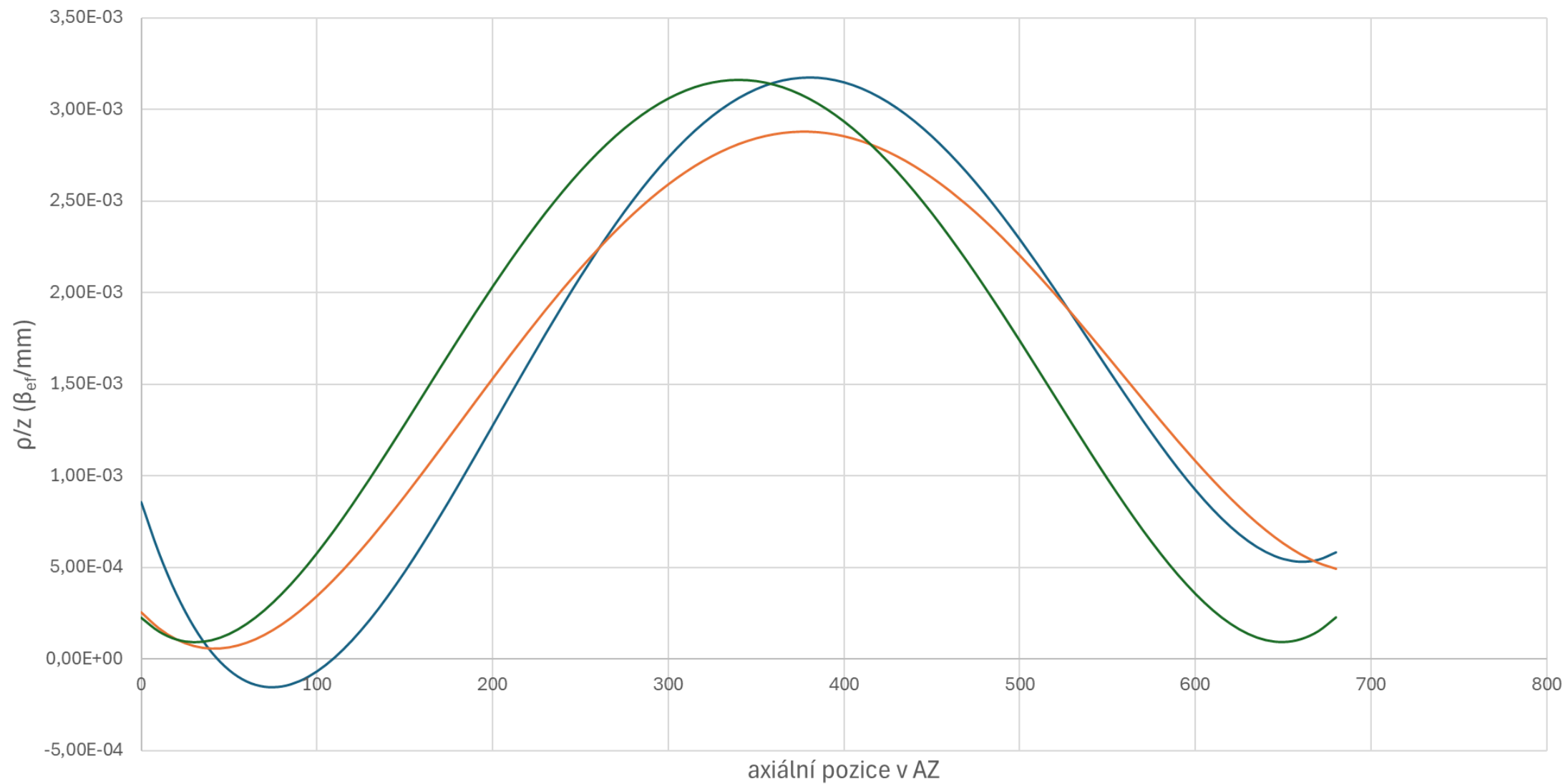
<https://media.cvut.cz/cs/foto/20240520-den-reaktorovym-fyzikem#lg=1&slide=41>

7) Výsledky

- Patrná závislost mezi polohou regulační tyče a reaktivitou. Typická křivka tvaru „S“.
 - **Integrální křivka:** Vliv tyče v dané axiální pozici (β_{ef}).
 - **Diferenciální křivka:** Míra vlivu tyč, tedy zobrazuje, kde je integrální křivka nejstmější (β_{ef}/mm).
 - **Grafická prezentace:** Vizualizace naměřených dat pomocí grafů.
 - **Interpretace:** Výsledky potvrzují teoretické předpoklady.
-

Integrální kalibrační křivka





8) Diskuze

- **Interpretace výsledků:** Závislost polohy tyče na reaktivitě potvrzena.
 - **Dopady na bezpečnost:** Přesná kalibrace klíčová pro řízení reaktoru.
 - **Omezení studie:** Možná nepřesnost měření, zjednodušující předpoklady u analytické teorie.
 - **Návrhy pro další výzkum:** Provádění měření za různých provozních podmínek.
 - **Přínos studie:** Poskytuje důležité informace pro bezpečné řízení reaktoru.
 - **Srovnání s literaturou:** Výsledky jsou v souladu s existujícími modely a experimentálními daty.
-

9) Závěr

- Stanovení kalibrační křivky je zásadní pro bezpečný a efektivní provoz reaktoru.
 - Výsledky poskytují důležité informace pro optimalizaci řízení.
 - **Shrnutí:** Studie prokázala spolehlivost měřících metod a význam kalibračních křivek.
 - **Budoucí aplikace:** Možnost aplikace metodiky na jiné typy reaktorů a regulační tyče.
 - Přesná kalibrace zvyšuje bezpečnost a efektivitu reaktoru.
-

Konec

Děkujeme za pozornost.

Zdroje:

1. Prezentace – Bc. Ondřej Lachout (2024)
Stanovení kalibrační křivky regulační tyče na reaktoru VR – 1
2. Webové informační stránky ČVUT -
<http://www.reaktor-vr1.cz/cz/reaktor/popis>
3. Prezentace – Lenka Heraltová **Jaderné reaktory a jak to vlastně vše funguje**
4. Protokol – Bc. Ondřej Lachout**Stanovení kalibrační křivky regulační tyče na reaktoru VR – 1**