



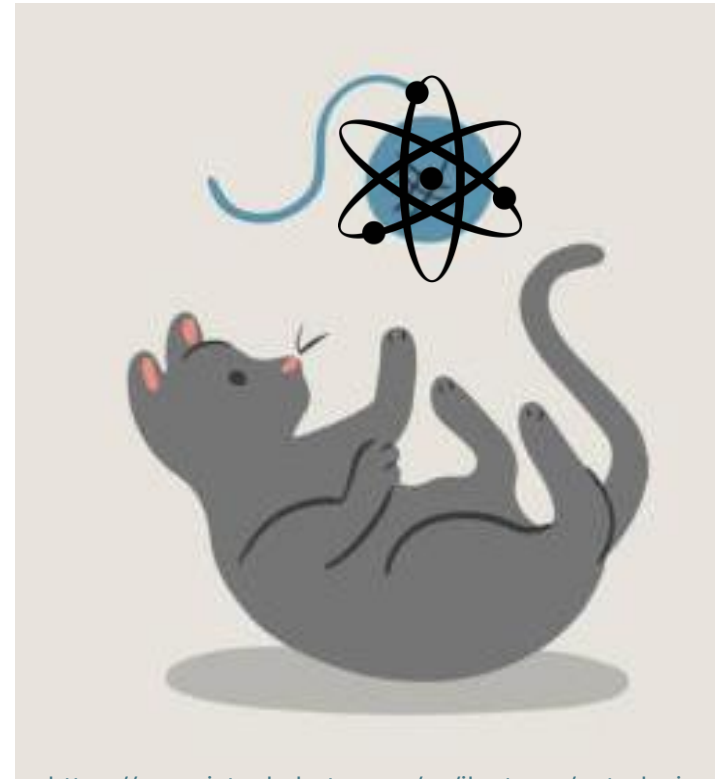
Stanovení kalibrační křivky regulační tyče na Reaktoru VR-1

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

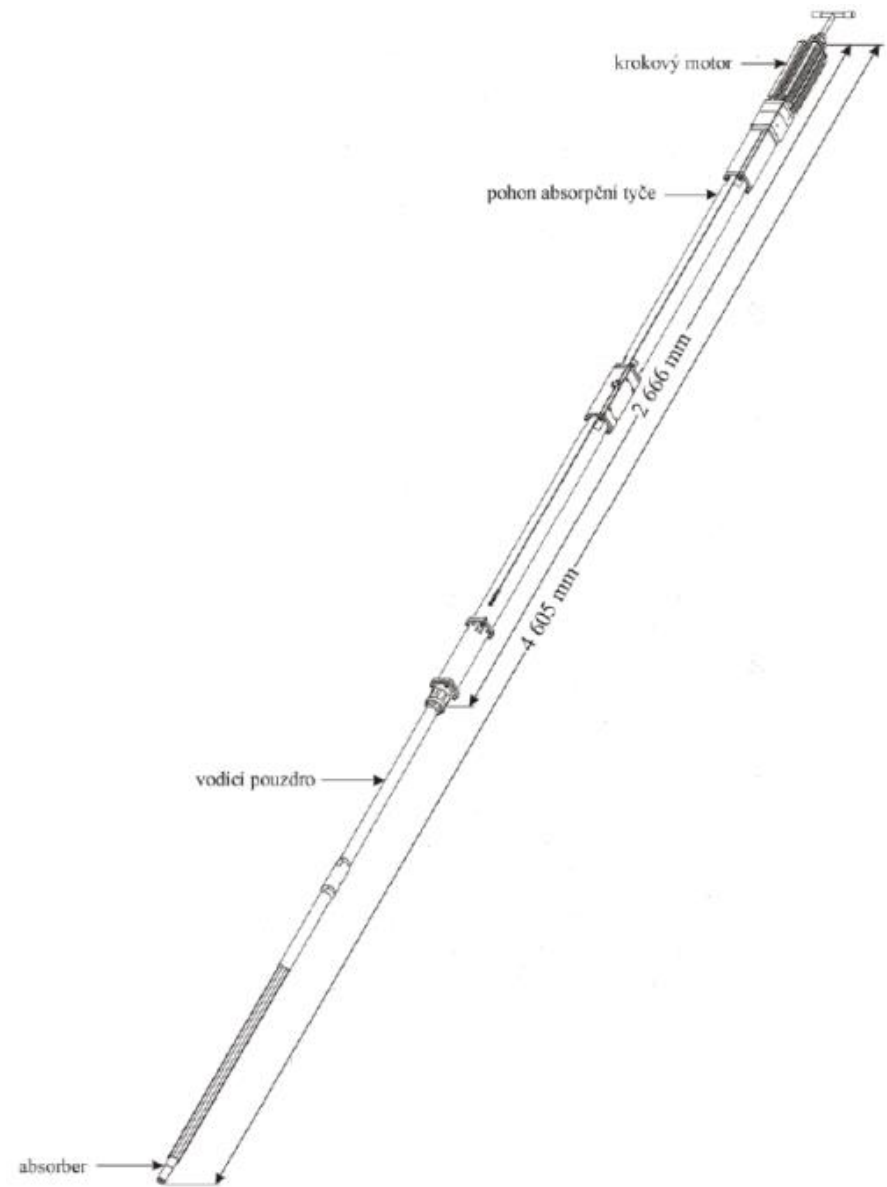


<https://www.istockphoto.com/cs/ilustrace/cat-playing>

<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

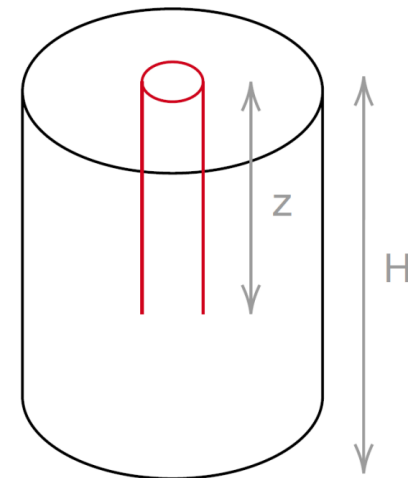
- **Použité přístroje:** Neutronový detektor SNM10, poziční senzor tyče, systém pro sběr dat.
 - **Postup:** Reaktor uveden do podkritického stavu, tyč R2 vysouvána z AZ z dolní koncové polohy po krocích 120 mm, měření odezev neutronů.
 - **Analýza:** Průměrné hodnoty četnosti detekce analyzovány a stanoveny 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.

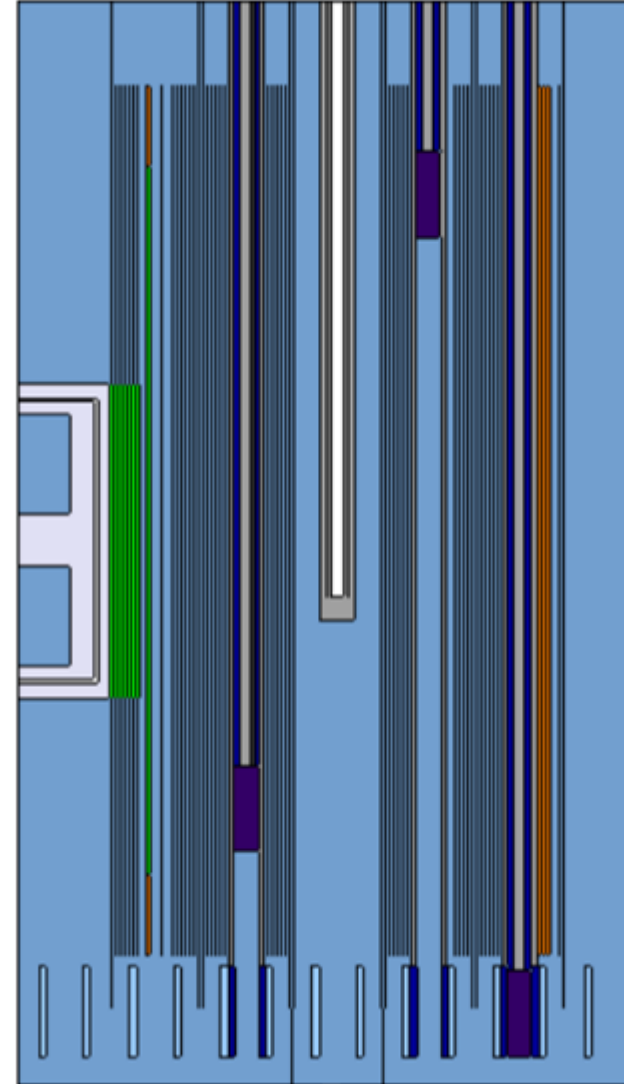
$$\rho_{\text{int}}(z) = \rho_0 \cdot \left(\frac{H-z}{H} - \frac{1}{2\pi} \cdot \sin \frac{2\pi(H-z)}{H} \right),$$

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



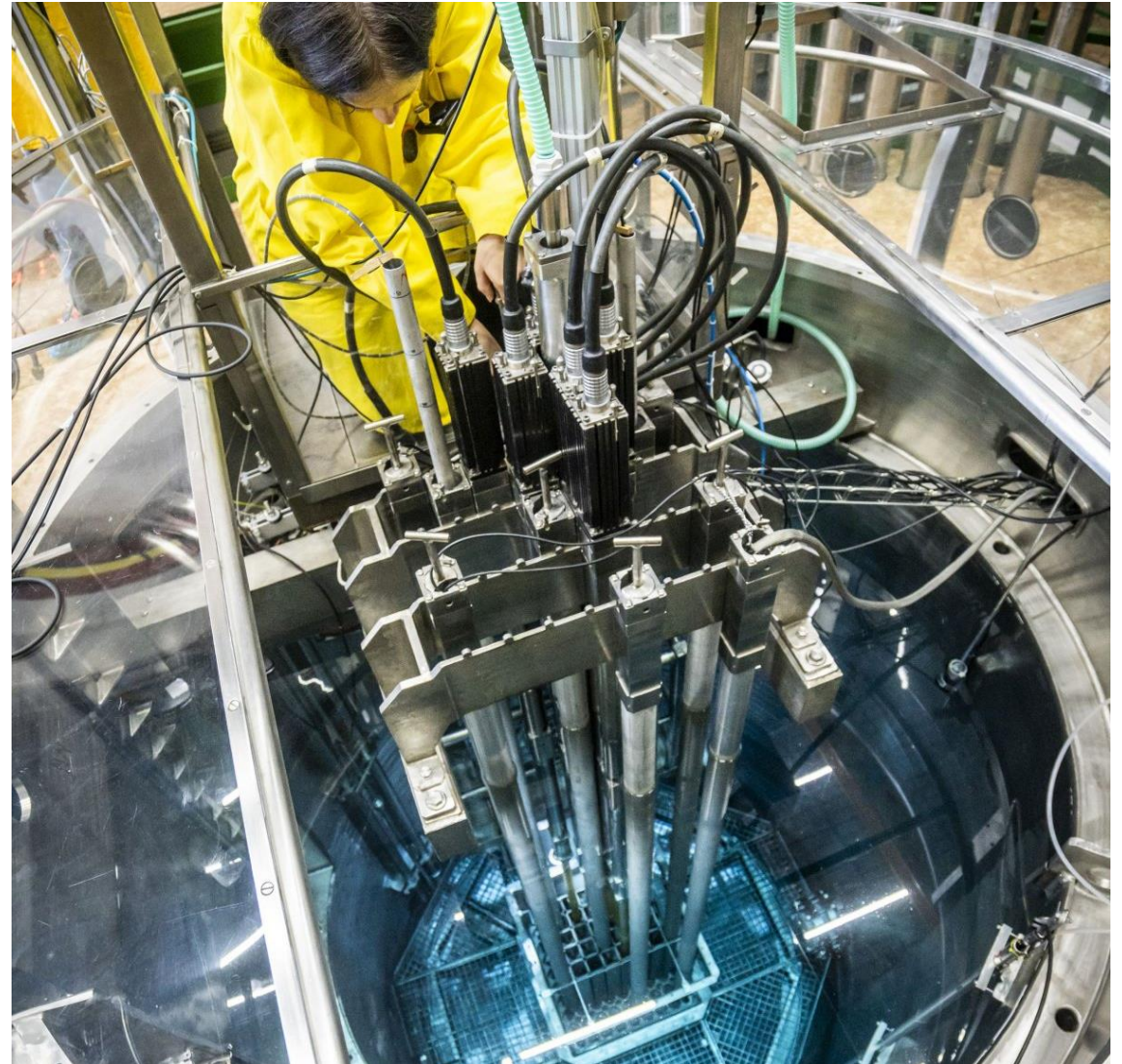
5) Numerický výpočet

- 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.

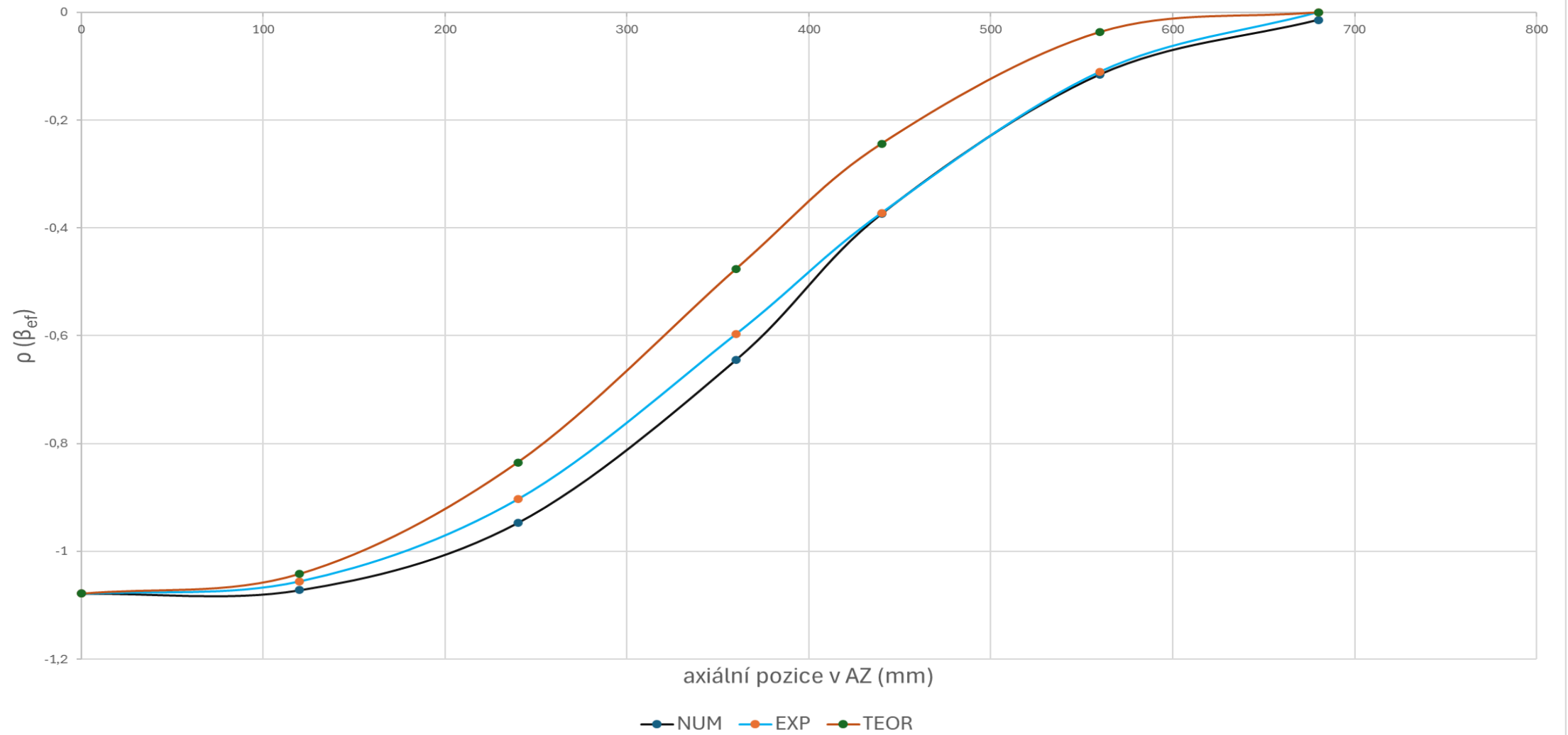


<https://media.cvut.cz/cs/foto/20240520-den-reaktorovym-fyzikem#lg=1&slide=41>

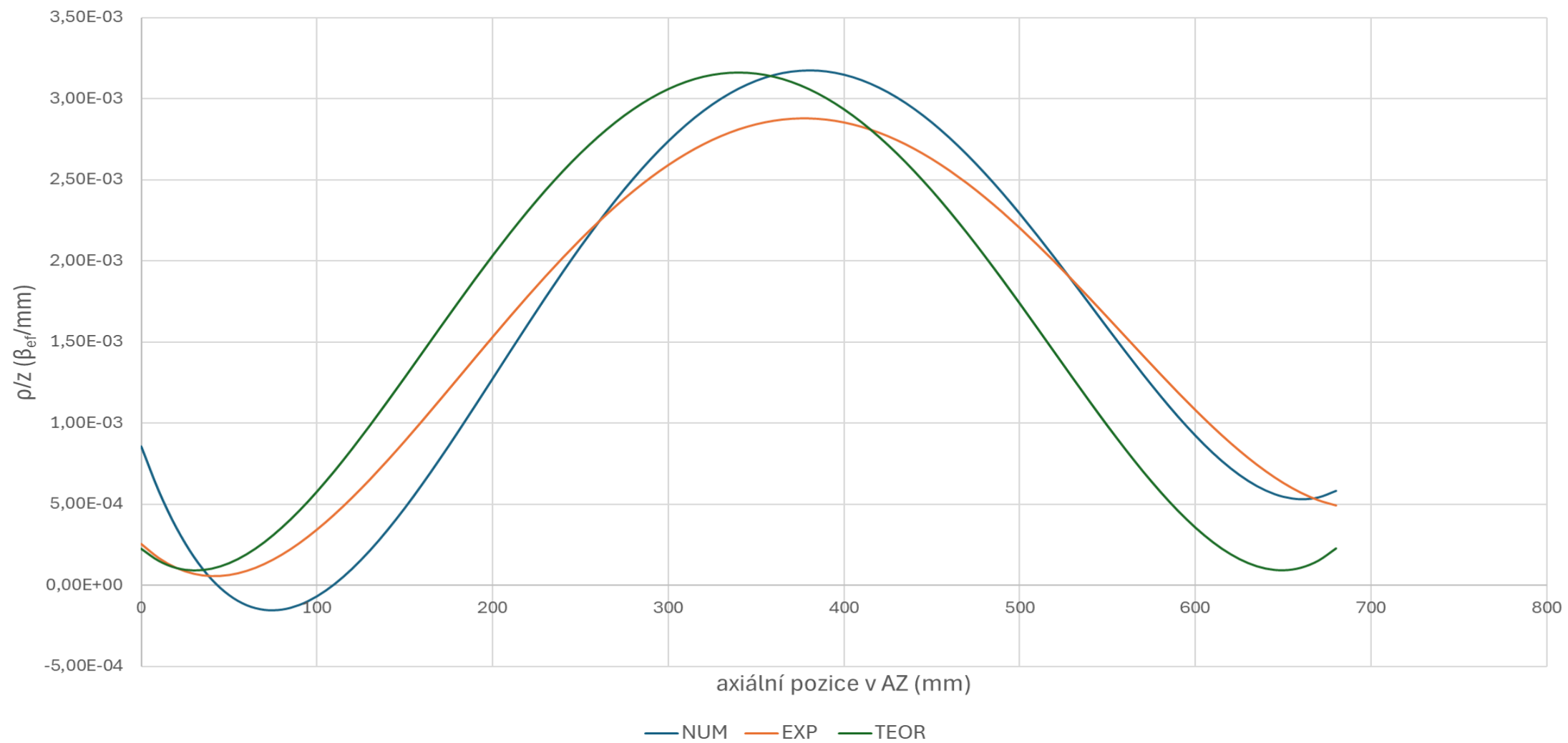
7) Výsledky

- 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



Diferenciální 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**