

Podkritičnost tyče reaktoru VR-1 VRABEC

Štěpán Tichý

ČVUT

Fakulta jaderně a fyzikálně inženýrská

Fyzikální seminář 11.12 2019

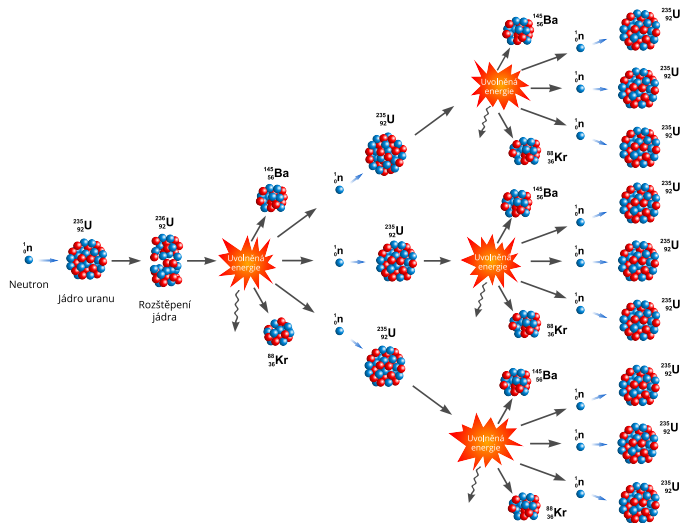


- 1 Teoretický úvod
 - Řízení štěpné reakce
 - Reaktivita
- 2 Experiment
 - Průběh experimentu
 - Získaná data
- 3 Závěr a diskuze



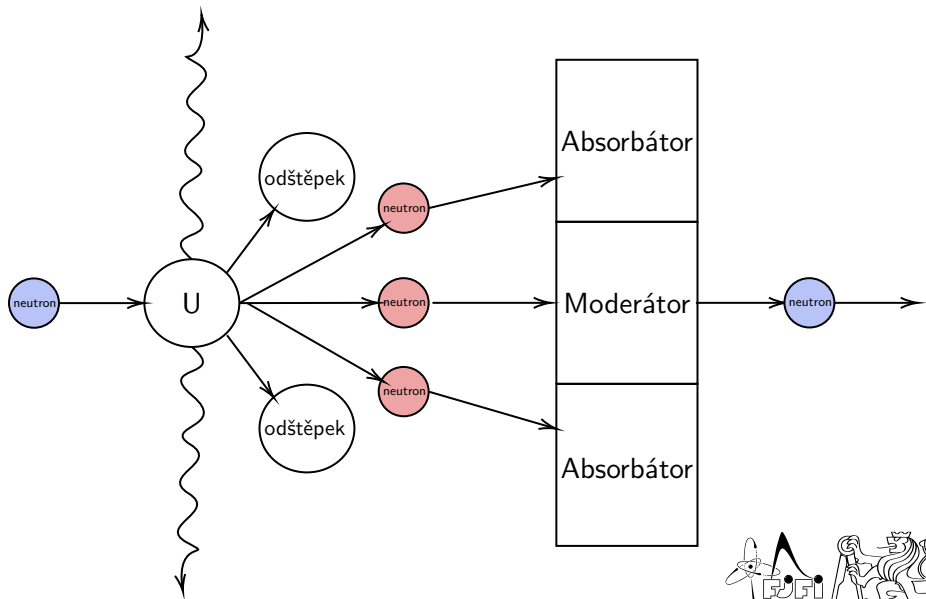
- 1 Teoretický úvod
 - Řízení štěpné reakce
 - Reaktivita
- 2 Experiment
 - Průběh experimentu
 - Získaná data
- 3 Závěr a diskuze





Obr. 1: Proces štěpení [6]





Reaktivita

k_{ef} efektivní koeficient násobení

$k_{ef} = 0$ tzv. kritický stav

ρ reaktivita - relativní odchylka od kritického stavu

β_{ef} efektivní podíl zpožděných neutronů (při našem měření 1)

n_0, n_1 hustota toku neutronů před, respektive po

$$\rho = \frac{k_{ef} - 1}{k_{ef}}$$



Reaktivita

k_{ef}	efektivní koeficient násobení
$k_{ef} = 0$	tzv. kritický stav
ρ	reaktivita - relativní odchylka od kritického stavu
β_{ef}	efektivní podíl zpožděných neutronů (při našem měření 1)
n_o, n_1	hustota toku neutronů před, respektive po

$$\rho = \frac{k_{ef} - 1}{k_{ef}}$$

$$\frac{\rho}{\beta_{ef}} = 1 - \frac{n_o}{n_1}$$



- 1 Teoretický úvod
 - Řízení štěpné reakce
 - Reaktivita
- 2 Experiment
 - Průběh experimentu
 - Získaná data
- 3 Závěr a diskuze



- Změření podkritičnosti tyče
 - Metoda Rod-Drop
 - Metoda Source-Jerk



- Změření podkritičnosti tyče
 - Metoda Rod-Drop
 - Metoda Source-Jerk
- Porovnání metod



- Změření podkritičnosti tyče
 - Metoda Rod-Drop
 - Metoda Source-Jerk
- Porovnání metod
- Určení nezbytné doby měření pro dostatečnou přesnost



- 1 Uvedení reaktoru do krit. stavu na výkon 1×10^5 (v našem případě 110100)
- 2 Vysunutí jedné řídicí tyče do horní koncové polohy (680 mm)
- 3 Umístění detektorů



- 1 Uvedení reaktoru do krit. stavu na výkon 1×10^5 (v našem případě 110100)
- 2 Vysunutí jedné řídicí tyče do horní koncové polohy (680 mm)
- 3 Umístění detektorů
- 4 Volný pád tyče do aktivní zóny

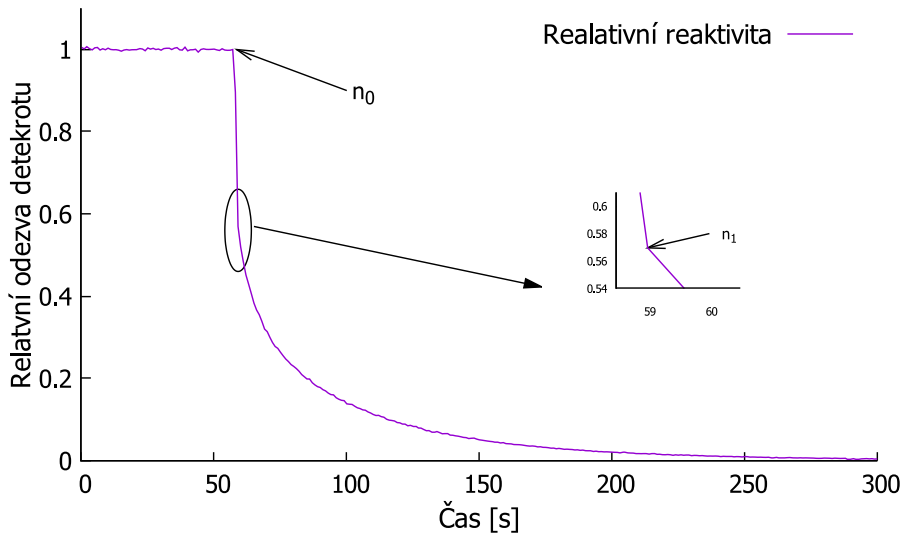


- 1 Uvedení reaktoru do krit. stavu na výkon 1×10^5 (v našem případě 110100)
- 2 Vysunutí jedné řídicí tyče do horní koncové polohy (680 mm)
- 3 Umístění detektorů
- 4 Volný pád tyče do aktivní zóny
- 5 Zavedení vnějšího neutronového zdroje a vyčkání ustáleného stavu



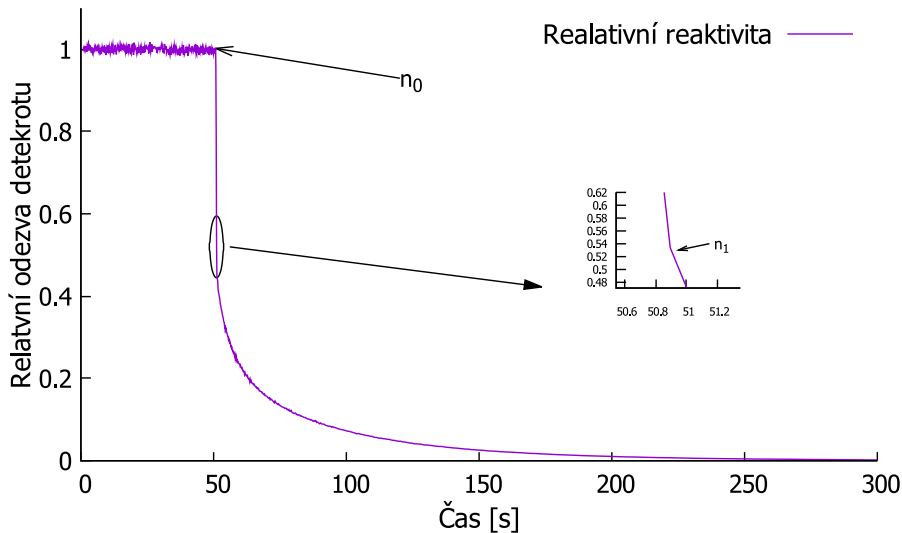
- 1 Uvedení reaktoru do krit. stavu na výkon 1×10^5 (v našem případě 110100)
- 2 Vysunutí jedné řídicí tyče do horní koncové polohy (680 mm)
- 3 Umístění detektorů
- 4 Volný pád tyče do aktivní zóny
- 5 Zavedení vnějšího neutronového zdroje a vyčkání ustáleného stavu
- 6 Odstranění vnějšího neutronového zdroje





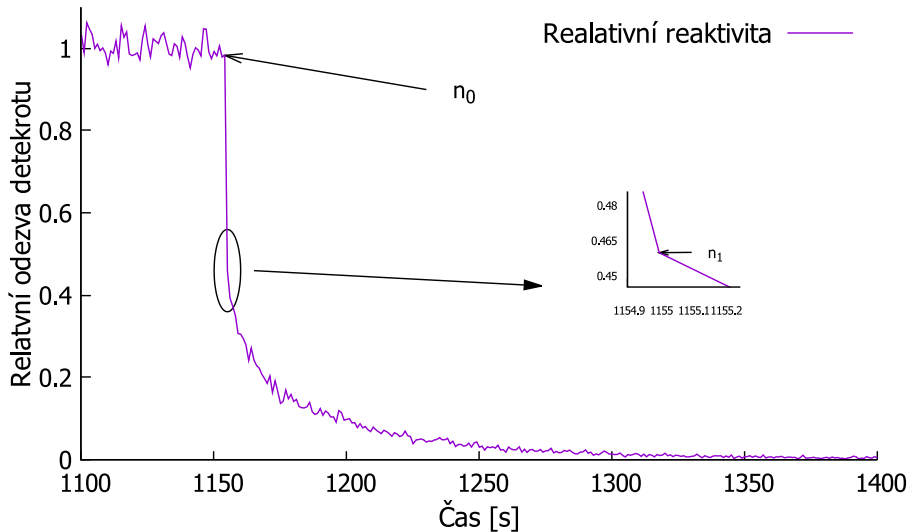
Obr. 2: Metoda Rod-Drop detektor SNM-11





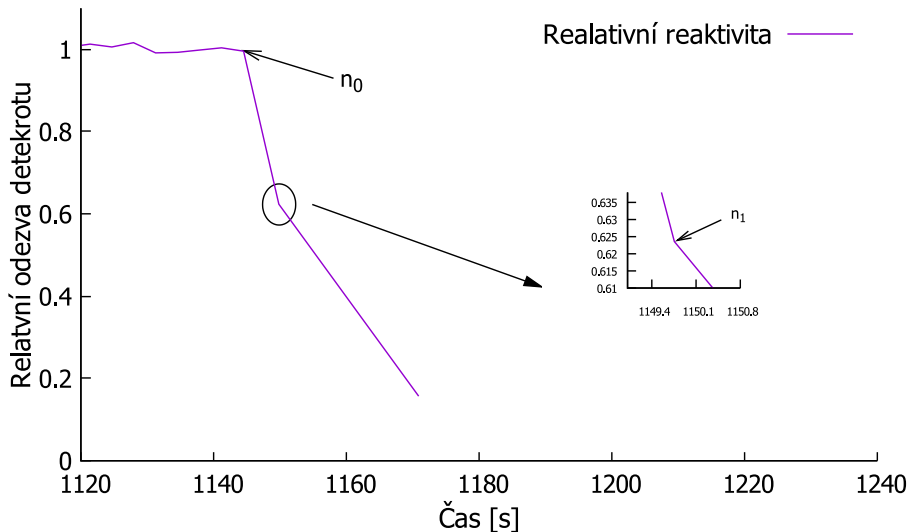
Obr. 3: Metoda Rod-Drop detektor KNK-56





Obr. 4: Metoda Source-Jerk detektor SNM-11





Obr. 5: Metoda Source-Jerk detektor KNK-56



- 1 Teoretický úvod
 - Řízení štěpné reakce
 - Reaktivita
- 2 Experiment
 - Průběh experimentu
 - Získaná data
- 3 Závěr a diskuze



Výsledky

- Metoda Rod-Drop
 - Reaktivita -0.995 ± 0.242
 - $dt = 1.25$ s
- Metoda Source-Jerk
 - Reaktivita -0.87 ± 0.27
 - $dt = 3.25$ s
- Výsledek měření $\rho = -0.932 \pm 0.153$
- Očekávaná reaktivita $\rho \approx 1$, proč máme jiný výsledek?



Závěr

- Odchylna od očekávané reaktivity způsobena nezapočítáním prostředí
- Přesnější pomocí integrace, třeba ale počítat s prostředím
- Dostatečná doba pro změření skoku
 - Metoda Rod-Drop 2,5 s
 - Metoda Source-Jerk 7 s
- Metoda Rod-Drop - vyšší hodnoty → vhodnější detektor KNK-56, jelikož detektor SNM-1 má mrtvou dobu
- Metoda Source-Jerk - nižší hodnoty → lepší detektor SNM-11, skvěle zaznamenává teplé neutrony
- **Nejlepší je použít obě metody a oba detektory**



DĚKUJI ZA POZORNOST

Zvláštní poděkování patří Katedře jaderných reaktorů za umožnění provedení experimentu, obzvláště panu Ing. Ondřeji Novákovi za ochotu a odbornou konzultaci.



Podkritičnost tyče reaktoru VR-1 VRABEC

Štěpán Tichý

ČVUT

Fakulta jaderně a fyzikálně inženýrská

Fyzikální seminář 11.12 2019

Dotazy, které nestihnu zodpovědět, lze zasílat na tichyste@jfifi.cvut.cz

[1] RATAJ, Jan, Lubomír SKLENKA a Ondřej HUML. Experimentální neutronová a reaktorová fyzika: laboratorní cvičení. V Praze: České vysoké učení technické v Praze, 2016. ISBN 978-80-01-05904-3.

[2] <http://www.reaktor-vr1.cz/cz/reaktor> [cit. 7.12 2019]

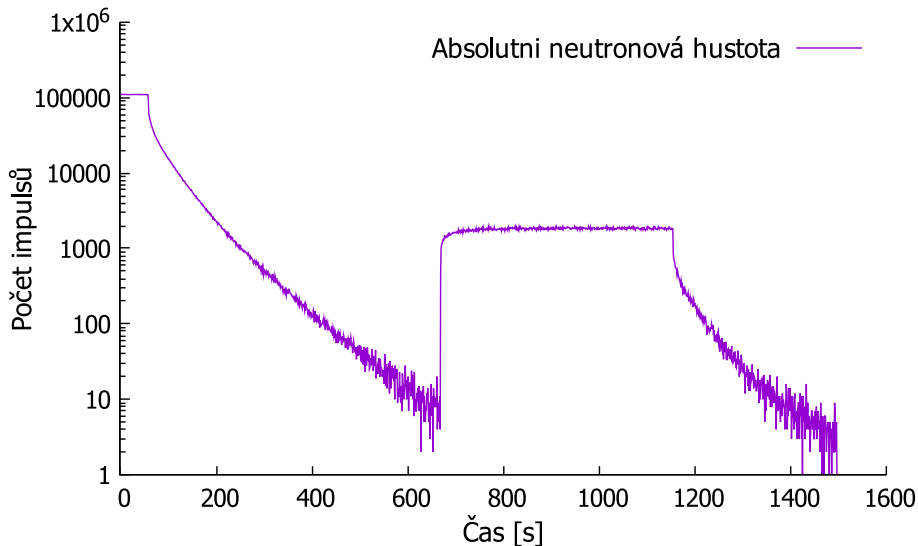
[3] KOLROS, Antonin, HUML, Ondřej, KRÍŽ, Martin and KOS, Josef. Equipment for neutron measurements at VR-1 Sparrow training reactor. Applied Radiation and Isotopes. 2010. Vol. 68, no. 4-5p. 570–574. DOI 10.1016/j.apradiso.2009.09.012.[online][cit. 7.12 2019].

[4] MATĚJKA, Karel. Experimentální úlohy na školním reaktoru VR-1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-01-03097-0.

[5] <https://www.mirion.com/products/knk-knu-50-neutron-ionization-chambers> [cit. 9.12 2019]

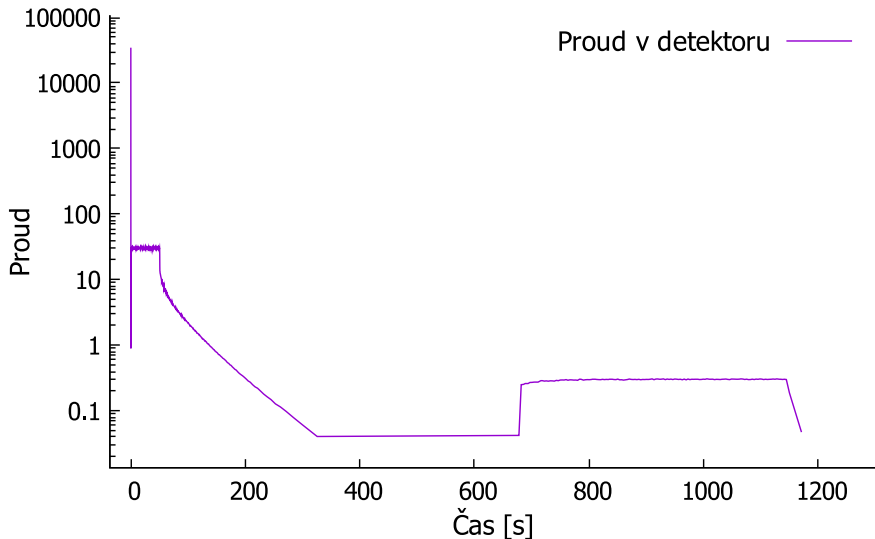
[6] <https://www.svetenergie.cz/cz/elektrarny-2/jaderne-elektrarny/atomy-a-jaderna-fyzika> [cit. 9.12 2019]





Obr. 6: Záznam experimentu detektor KNK-56





Obr. 7: Záznam experimentu detektor KNK-56



Podrobné výsledky

		Detektor KNK-56	Detektor SNM-11
Rod-Drop	Ustálený stav n	30.360 ± 0.009	110100
	$\frac{n_0}{n}$	1.00253	0.99967
	t_0	50.547	57.00
	$\frac{n_1}{n}$	0.448	0.57
	t_1	51.05	59.00
	ρ	-1.2378	-0.754
	Source-Jerk	Ustálený stav n	0.302 ± 0.0003
$\frac{n_0}{n}$		0.9958	0.9832
t_0		1144.445	1154.0
$\frac{n_1}{n}$		0.623	0.45984
t_1		1149.75	1155.0
ρ		-0.598	-1.138



Parametry reaktoru

- Nominální tepelný výkon 100 W - krátkodobě (max. 72 h/rok) 500 W
- Chlazení aktivní zóny - přirozená konvekce
- Tlak - atmosférický
- Moderátor - H₂O
- Teplota - 20°C



Parametry reaktoru

průměr	2300 mm
výška	4720 mm
tloušťka stěn	15 mm
tloušťka dna	20 mm
objem	17 m ³
materiál	08CH18N10T (korozi vzdorná ocel)
materiál vnitřních částí	hliník



Stínění reaktoru

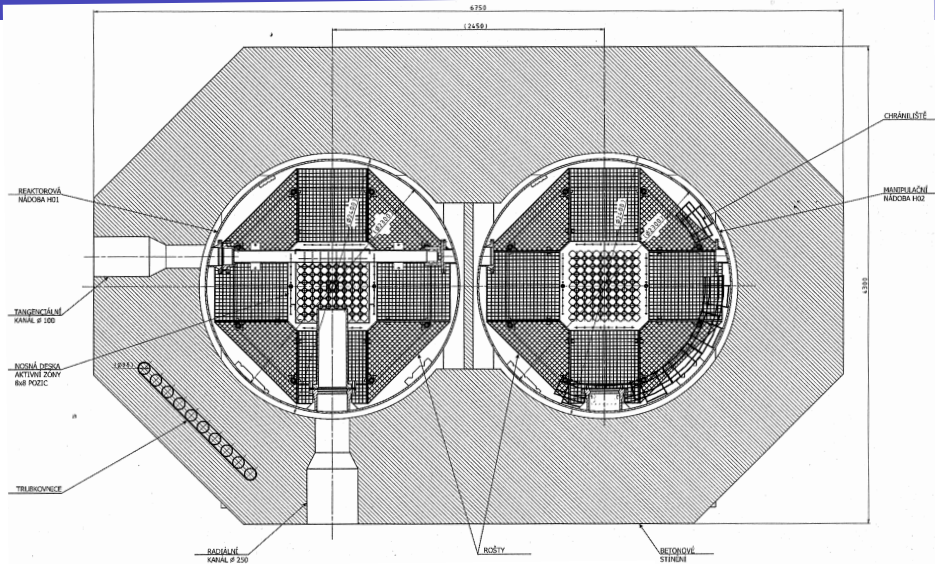
vertikální

cca 3000 mm H₂O

horizontální

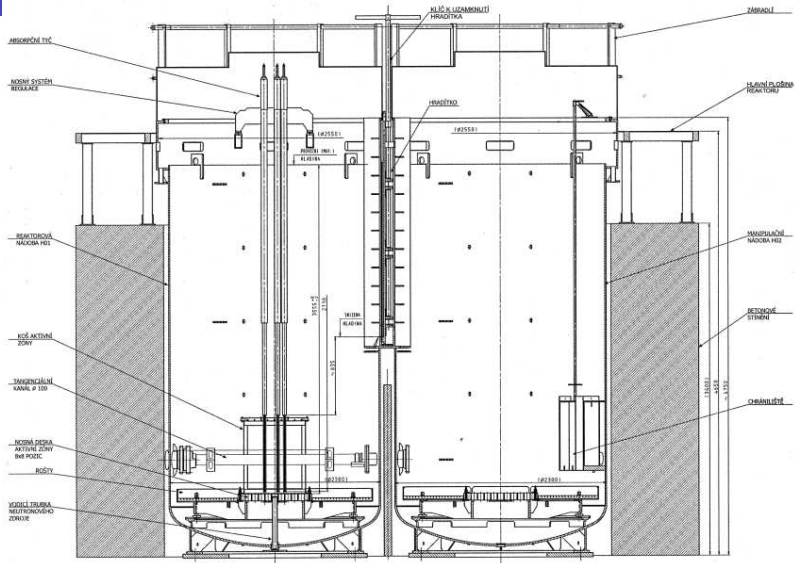
cca 850 mm H₂O + 950 mm zvlášť těžký beton s příměsí barytu





Obr. 8: Příčný řez reaktorem VR-1 [4]



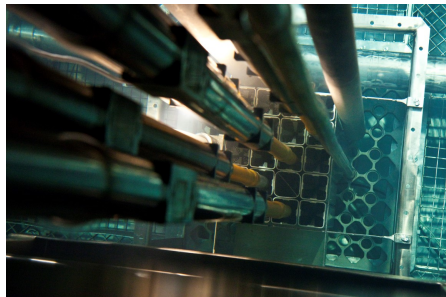


Obr. 9: Podélný řez reaktorem VR-1 [4]



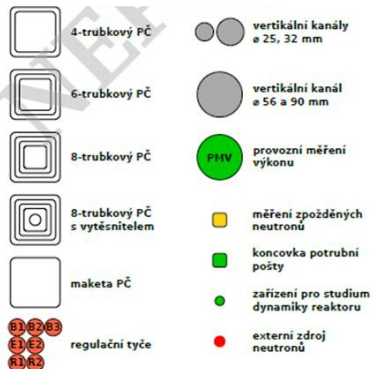
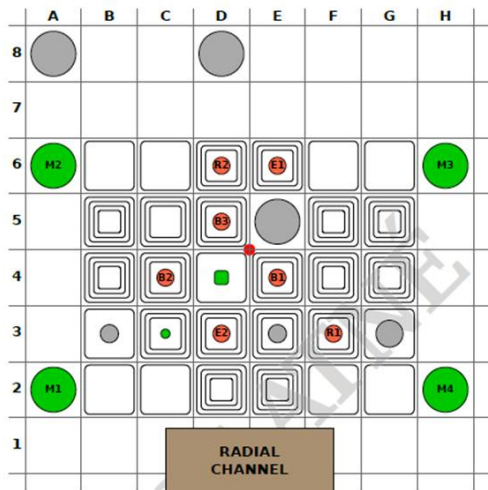
Specifikace paliva reaktoru VR - 1

typ	IRT-4M
palivová směs	Al+UO ₂
materiál pokrytí	Al
obohacení	19,7 % ²³⁵ U
geometrie	čtvercová



<https://www.sps-prosek.cz/2ea-na-exkurzi-jaderny-reaktor-vr1/>





Obr. 10: Schéma AZ zdroj: Ing. Ondřej Novák



Informace o reaktoru

- Umístěn v objektu těžkých laboratoří Matematicko-fyzikální fakulty UK v Praze 8
- Financován ze státních prostředků rozvoje vědy a techniky a Ministerstvem školství
- Reaktor dosáhl poprvé kritického stavu 3. prosince 1990 v 16:25 hod
- Od ledna 1992 reaktor VR-1 v trvalém provozu



Řídící systém

Regulační systém	5 až 7 absorpčních tyčí UR-70, absorbátor kadmium
Provozní měření výkonu	4 širokopásmové nekompenzované štěpné komory RJ 1300
Nezávislá výkonová ochrana	4 pulzní bórové detektory SNM-12
Neutronový zdroj	Am-Be, 185GBq, emisní četnost 1.1×10^7 n/s

Vyhodnoceny vždy 3 detektory, čtvrtý v záloze
K vyhodnocení signálů použita logika 2/3

