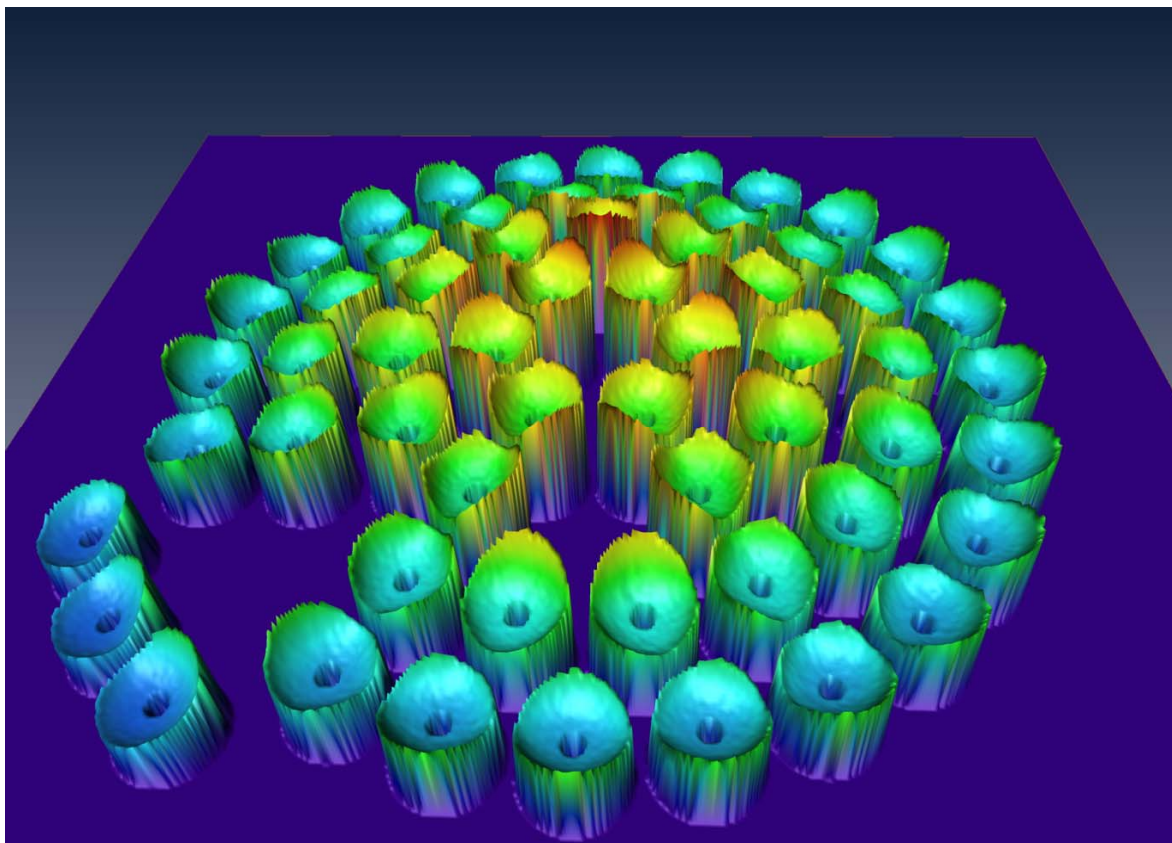


---

Luka Snoj  
Andrej Trkov

## TERMIČNA KALIBRACIJA MOČI



Ljubljana, november 2012

revizija 0

---

Univerza v Ljubljani  
Fakulteta za matematiko in fiziko  
Jedrska tehnika  
Tehnika jedrskega reaktorja

Revizija: 0

1. izdaja, oktober 2012

Avtorji: *Luka Snoj, Andrej Trkov*

Shranjeno v datoteki: *05\_termicna\_kalibracija\_moci.doc*,  
zadnjič shranjen 9.11.2012 16:05:00

Tiskano: 9.11.2012 16:05:00

# KAZALO

<b>1</b>	<b>KRATEK OPIS IN NAMEN VAJE .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>TEORETIČNE OSNOVE .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>IZVEDBA VAJE .....</b>	<b>5</b>
3.1	SPLOŠNI NAPOTKI.....	5
3.2	OPREMA PRI VAJI.....	5
3.3	NAPOTKI .....	5
<b>4</b>	<b>NALOGA .....</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>LITERATURA .....</b>	<b>6</b>
<b>6</b>	<b>PRILOGE .....</b>	<b>7</b>
6.1	SLIKE REAKTORJA TRIGA .....	7

# 1 KRATEK OPIS IN NAMEN VAJE

Med vajo bo reaktor obratoval na konstantni moči okoli 40 kW, mi bomo pa merili temperaturo vode v tanku v odvisnosti od časa. Če poleg tega poznamo še toplotno kapaciteto reaktorskih komponente lahko določimo termično moč reaktorja. tej metodi se reče kalorimetrična metoda.

Namen vaje je izvesti umeritev (kalibracijo) merilnikov moči reaktorja s kalorimetrično metodo.

## 2 TEORETIČNE OSNOVE

Moč raziskovalnega reaktorja med obratovanjem nadzirajo nevtronski detektorji, ki se nahajajo na zunanji strani reflektorja sredice. Pet neodvisnih merilnih kanalov meri fluks nevtronov in primarno sevanje žarkov gama, ki sta v bližini sredice sorazmerna termični moči sredice. Merilne kanale imenujemo: startni, logaritmični, linearni, varnostni in pulzni kanal. Detektorji vseh kanalov so zaprti v aluminijastih ohišjih in so z mineralnimi kabli povezani s pripadajočo elektroniko, ki se nahaja v samostojni omari. Občutljivost kanalov je različna in je odvisna od njihovega namena uporabe. Občutljivost startnega kanala je 1 sunek na nevtron, njegovo merilno območje pa je od 0.1 do 100000 sunkov na sekundo. Občutljivost linearnega in logaritmičnega kanala je  $2.01E-14$  A na nevtron in  $7.2E-12$  A/Rh za sunke gama. Signal toka iz logaritmičnega in linearnega kanala je pomemben varnostni in operativni podatek, ki poleg drugega proži različne avtomatske varnostne sisteme za zaustavitev reaktorja v primeru izrednega dogodka. Signal moči iz nevtronskih detektorjev je tudi nujno potreben za delovanje avtomatskega regulacijskega sistema tega jedrskega objekta. Na žalost pa zveza med signalom nevtronskega detektorja in dejansko termično močjo reaktorja ni enostavna, saj je odvisna od cele vrste parametrov, ki obsegajo: razporeditev nevtronskega fluksa, položaj kontrolnih palic, prenos toplote iz sredice v hladilo, naravna konvekcija vode v reaktorskem bazenu, hlajenje bazena in toplotne izgube v okolico. Znano je, da se ti parametri med obratovanjem reaktorja spreminjajo, zato je potrebno termično umeritev merilnika moči večkrat ponavljati.

Še bolj pomembno pa je, da nenatančen ali celo napačen podatek o termični moči reaktorja med njegovim obratovanjem direktno vpliva tudi na računsko določitev zgorelosti gorivnih elementov. Zgorelost iztrošenega goriva in s tem seveda tudi njegova izotopska sestava, se v raziskovalnih reaktorjih običajno določa samo z računskimi metodami, saj je direktna meritev zgorelosti za lastnike manjših reaktorjev običajno predraga in preveč zapletena. Podatek o termični moči reaktorja med obratovanjem in njegova nenatančnost pa se linearno preneseta na izračunano zgorelost goriva. Zaradi tega lahko poznamo zgorelost goriva v raziskovalnem reaktorju TRIGA IJS v najboljšem primeru samo tako natančno, kolikor natančna je termična umeritev reaktorja. To pa seveda velja tudi za izotopsko sestavo iztrošenega goriva, kar je osnovni podatek, potreben za varno odlaganje iztrošenega goriva. Ker pa je število sproščenih nevtronov linearno povezano z močjo reaktorja, je natančno poznavanje moči, oziroma poznavanje njene nenatančnosti pomembno tudi za določitev nevtronske aktivacije komponent in materialov v reaktorju in v njegovem ščitu.

## 3 IZVEDBA VAJE

### 3.1 Splošni napotki

Reaktor naj bo hladen. Hlajenje reaktorja naj bo izklopljeno ves čas vaje. Z reaktorjem upravlja operater. Navodila operaterju daje vodja vaj oziroma demonstrator. Za vstop v halo reaktorja in na ploščad je potrebno dobiti dovoljenje operaterja.

Vse meritve si najprej zapiši in šele nato opravi preračune. Zraven meritev piši tudi komentarje, kaj si spremenil, kaj si izmeril in podobno.

### 3.2 Oprema pri vaji

- linearni in logaritemski kanal, ki je del standardne instrumentacije reaktorja
- več termočlenov
- občutljiv merilnik toka/napetosti
- ura
- opcija: računalnik z avtomatskim zajemanjem T iz več termočlenov in programom za zapisovanje podatkov.

### 3.3 Napotki

Štiri termočlene razporedi na sledeč način:

- 2 meritve T vode v tanku
- 1 meritev T betonskega ščita
- 1 meritev T zraka v reaktorski hali

Operater naj zažene reaktor na 60 kW in naj ohranja moč konstantno. Naloga študentov je, da merite vse štiri temperature v odvisnosti od časa. Meritev naj traja 2-3 ure oziroma voda v reaktorju naj se segreje za vsaj 6 °C ali do 30 °C. Med vajo bo precej časa za sprotno analizo rezultatov ter meritve dimenzij reaktorja ter določanje/računanje toplotne kapacitete komponente reaktorja. Ko se voda v tanku doseže približno 30 °C, naj operater ugasne reaktor. Nato opazuj padanje temperature. V primeru avtomatskega merjenja temperature, naj meritev traja celo noč. Iz krivulje ohlajanja lahko določiš toplotne izgube zaradi sevanja, konvekcije, prevajanja.

## 4 NALOGA

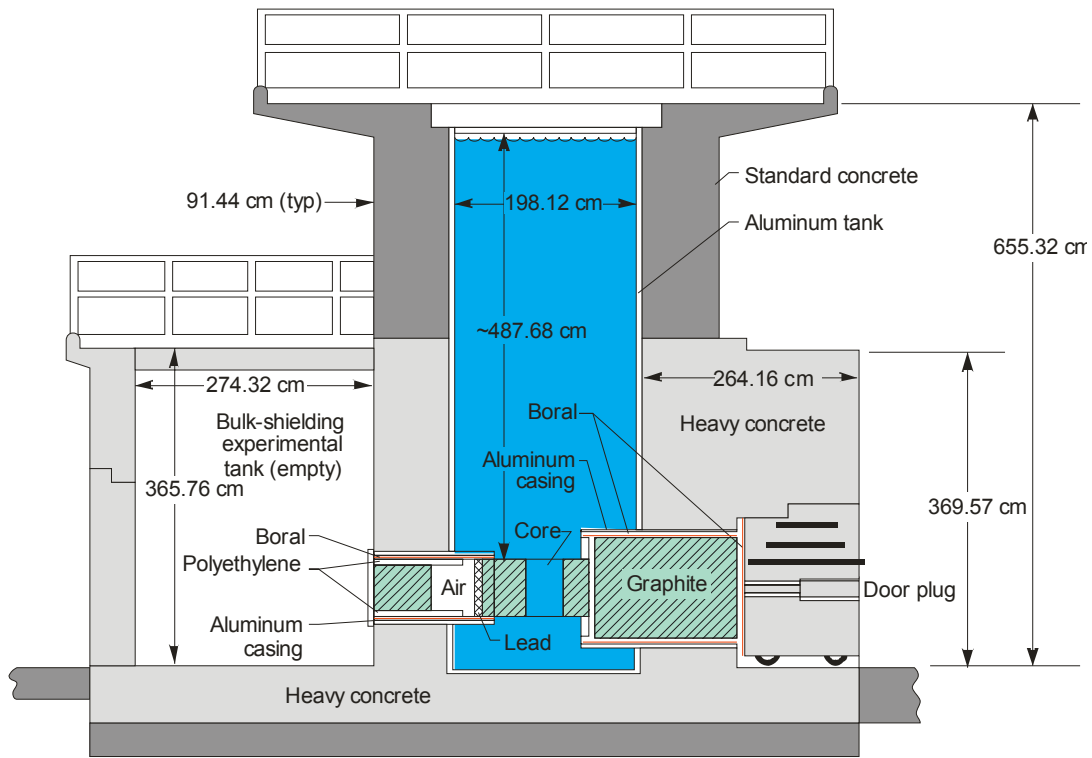
- izračunaj toplotno kapaciteto reaktorja oz. reaktorskih komponent
- nariši diagram  $T(t)$  za vse 4 termočlene pri gretju in ohlajanju
- določi moč pri kateri je obratoval reaktor
- Oceni negotovosti rezultatov

## 5 LITERATURA

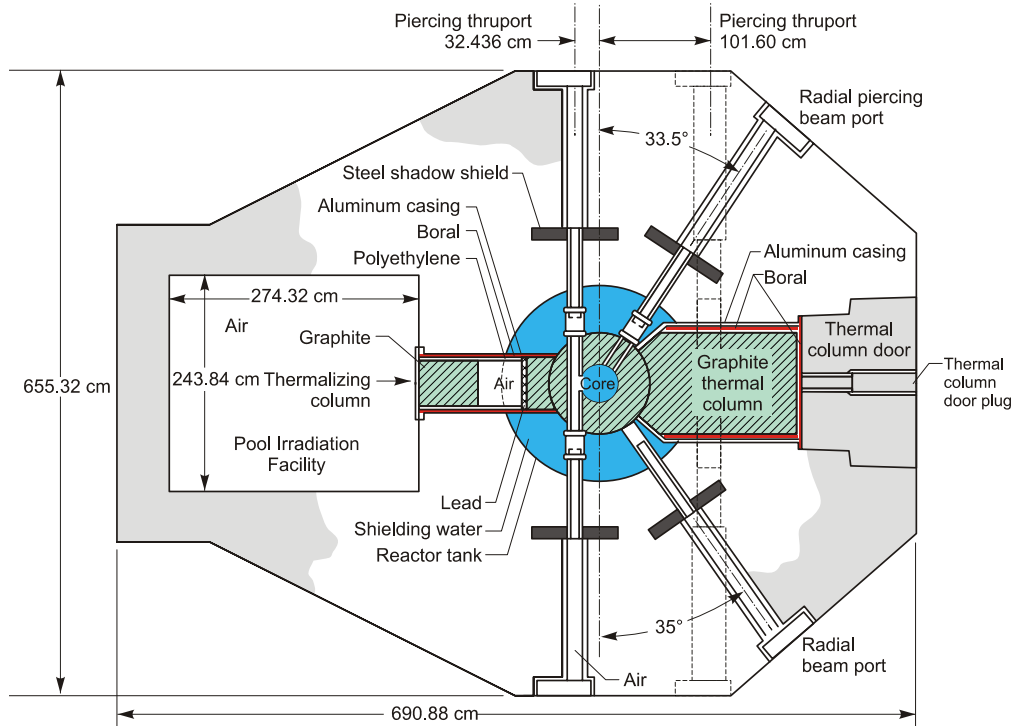
1. RAVNIK, Matjaž, SNOJ, Luka. Reaktorska in radiacijska fizika : vaje. Ljubljana: Fakulteta za matematiko in fiziko, 2007. 71 str
2. Duderstadt-Hamilton, Nuclear reactor analysis, John Wiley & Sons, NY, 1976
3. Lamarsh-Baratta, Introduction to nuclear engineering, Prentice Hall, NY, 2001
4. Žagar Tomaž, Ravnik Matjaž, Peršič Andreja, Analysis of TRIGA reactor thermal power calibration method, Nuclear energy in central Europe 99, Portorož, slovenia
5. Podvratnik Manca, Izboljšanje absolutne kalibracije moči reaktorja TRIGA Mark II na Institutu Jožef Stefan, diplomsko delo, FMF, Ljubljana 2011

## 6 PRILOGE

### 6.1 Slike reaktorja TRIGA



Slika 6-1: Reaktor TRIGA s strani.



Slika 6-2: Reaktor od zgoraj.