



SFullcore - Monte Carlo výpočty reaktorů VVER

Milan Gren
ÚJV Řež

Řež, prosinec 2017



Obsah

1 Popis a možnosti programu SFullcore

2 Porovnání výpočtů s měřením

3 Závěrem

Obsah



1 Popis a možnosti programu SFullcore

2 Porovnání výpočtů s měřením

3 Závěrem



SFullcore - základní popis

SFullcore = **Serpent fullcore** automated processing

- automatická režie přípravy fullcore výpočtu v programu SERPENT
- jednoduchá textová definice výpočtu jednoho stavu
- nodální, obecný přístup, aplikace na šablony reaktoru

Požadavky na program:

- jednoduchá definice vsázky (značení kazet jako v ANDREA)
- jednoduchá definice nodalizace
- snadná manipulace s axiálním rozložením reaktoru (mřížky ...)
- jednoduchá definice samotného výpočtu



SFullcore - možnosti/využití

1 výpočty stavů bez vyhoření a bez vazby na výkon

- izotermické modely
- testy F5-ARO (kritická BC) na začátku kampaně U1C9 a U2C9

2 výpočty stavů bez vyhoření a s vazbou na výkon

- jednokanálový teplotní model (TRANSURANUS)
- výpočty s $Xe=0$, výpočty s $Xe=E$
- výkonové stavy na začátku U1C9 a U2C9

3 výpočty stavů s vyhořením bez vazby na výkon

- vyhoření predikované programem ANDREA
- složení paliva předpočteno programem SCALE nebo HELIOS
- testy F5-ARO pro vyhořelé vsázky

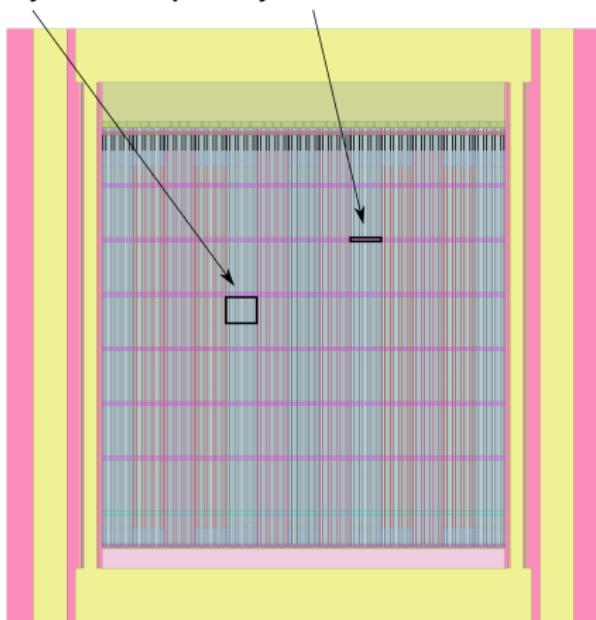
4 výpočty stavů s vyhořením a s vazbou na výkon

- kombinace bodů 2 a 3
- výkonové stavy za předpokladu $Xe=E$

Nodální přístup - ilustrace

palivový nód

palivový nód s mřížkou



Blanket

Zr plug

Water plug

Bottom nozzle

Top nozzle

Water plug

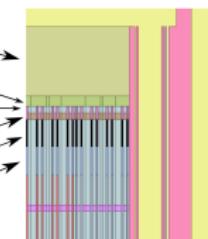
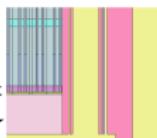
Zr plug

Zr plug + grid

Void plug

Blanket

Blanket

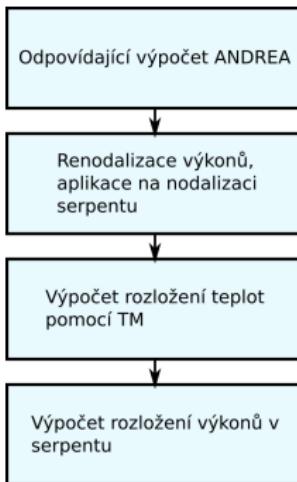




Výpočet rozložení výkonu na HFP

- rychlosť výpočtu rozložení výkonu na HFP je závislá na počtu iterací rozložení výkonu/teplot
- je vhodné mít co nejlepší odhad rozložení teplot v nódech před výpočtem

schéma pro daný stav:





Modelování vyhoření

- generický model sestavený na základě vybraných typů kazet
- pouze pro výpočty 'dostatečně' dlouho po odstavení
- nelze reprezentovat gradient vyhoření

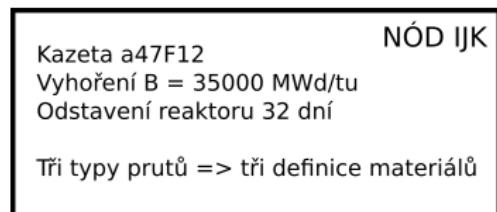


Schéma modelu:

- 1 na středním výkonu (39 MW/tU) pro několik typů kazet spočteno vyhoření do 75000 MWd/tu a následující odstavení - např. 35 dní
- 2 je vytvořena interpolační tabulka pro koncentrace isotopů v závislosti na vyhoření a počátečním obohacení prutu



Vstupní soubor programu SFullcore (1)

```
read data
reflector = reflector_eta
pressure = 15.7
mT = 290
fT = 290
cb = 4.331      # BC
power = 2994
xenon = true    # Xe=E
cr10 = 323
cr9 = 373
gen = 1000
npg = 250000
tmp_card = false
end data

read powers #PRO ITERACI 0
andrea_output = 'cms/u2c9s12/andrea/input.output'
andrea_state = 12
end powers

read burnup
andrea_output = 'cms/u2c9s12/andrea/input.output'
andrea_state = 12
origen_data = vver1000
powco = 'p39c100'
ndt = 1e-8
end powers

read core_map
          a30A9   a20A    a13A    a20A    a30A9   a13A    a30A9
a40A6a   a20A    a13A    a30A9   a13A    a20A
          a40E9b   a30A9   a13A    a20A    a13A
          a36D9a   a20A    a13A    a30A9
          a36D9b   a30A9   a13A
          a40E9a   a20A
          a40A6a
end core_map
```



Vstupní soubor programu SFullcore (2)

```
read homo
zr_grid1: {mass: 0.9/3.5, alloy: 'e110'}
zr_grid2: {mass: 1.3/3.5, alloy: 'e110'}
zr_grid3: {mass: 0.85/3.5, alloy: 'e110'}
steel_grid4: {mass: 3.0/2.85, alloy: 'steel'}
end homo

read levels #SPODNI CAST
name: lower_no_rods_plug fa_nature: water_plug axial_height: 1.1
name: lower_plug_grid fa_nature: zr_plug axial_height: 2.85 homo: steel_grid4
name: lower_blanket fa_nature: blanket axial_height: 15
name: fuel1 fa_nature: fuel_part axial_height: 12.75-1.5
name: grid1 fa_nature: fuel_part axial_height: 5 homo: zr_grid3
name: fuel2 fa_nature: fuel_part axial_height: 51-5
name: grid2 fa_nature: fuel_part axial_height: 5 homo: zr_grid2
name: fuel3a fa_nature: fuel_part axial_height: 23
name: fuel3b fa_nature: fuel_part axial_height: 23
name: grid3 fa_nature: fuel_part axial_height: 5 homo: zr_grid2
name: fuel4a fa_nature: fuel_part axial_height: 23
name: fuel4b fa_nature: fuel_part axial_height: 23
name: grid4 fa_nature: fuel_part axial_height: 5 homo: zr_grid2
name: fuel5a fa_nature: fuel_part axial_height: 23
name: fuel5b fa_nature: fuel_part axial_height: 23
name: grid5 fa_nature: fuel_part axial_height: 5 homo: zr_grid2
name: fuel6a fa_nature: fuel_part axial_height: 23
name: fuel6b fa_nature: fuel_part axial_height: 23
name: grid6 fa_nature: fuel_part axial_height: 5 homo: zr_grid2
name: fuel7 fa_nature: fuel_part axial_height: 51-5
name: grid7 fa_nature: fuel_part axial_height: 5 homo: zr_grid2
name: fuel8 fa_nature: fuel_part axial_height: 368-2*15-12.75-3.5-6*51
name: upper_blanket fa_nature: blanket axial_height: 15
name: upper_plug fa_nature: void_plug axial_height: 14.55
name: upper_plug_grid fa_nature: zr_plug axial_height: 3.5 homo: zr_grid1
name: end_of_fuel_rods fa_nature: zr_plug axial_height: 3.6
name: upper_no_rods_plug fa_nature: water_plug axial_height: 9-3.6
end levels #HORNÍ CAST

read core_template
 3Dcore
end core_template
```



Obsah

1 Popis a možnosti programu SFullcore

2 Porovnání výpočtů s měřením

3 Závěrem



Testy spouštění – F5 ARO

Měření kritické koncentrace kyseliny borité na začátku kampaně

- vyhoření predikované programem ANDREA
- složení paliva v závislosti na vyhoření předpočteno programem SCALE

	CMS	SERPENT	Rozdíl		CMS	SERPENT	Rozdíl
u1c9	6.59	6.58	-0.02	u2c9	6.69	6.59	-0.10
u1c10	8.94	9.00	0.06	u2c10	9.12	9.19	0.07
u1c11	10.09	10.03	-0.06	u2c11	8.80	8.71	-0.09
u1c12	10.02	9.93	-0.09	u2c12	10.54	10.48	-0.06
u1c13	10.22	10.07	-0.15	u2c13	10.65	10.51	-0.14
u1c14	0.00	0.00	0.00	u2c14	9.12	9.02	-0.09

Table: F5 ARO – kritická koncentrace kys. borité



Testy spouštění – F4 ITC

Měření izotermického koeficientu reaktivity

- snížení a zvýšení teploty systému o 1.5 °C
- $ITC = \frac{k_{zvýšení} - k_{snížení}}{3}$
- náročný výpočet z hlediska jeho neurčitosti
- výsledek negativně ovlivněn velkým rozdílem teplot (3 °C)

	CMS	SERPENT min	SERPENT mean	SERPENT max
u1c9	-3.53	-1.33	-2.67	-4.00
u2c9	-4.50	-3.33	-4.67	-6.00

Table: F4 ITC



Výkonový stav – E2 U2C9

Test rozložení výkonu kazet (na 100 % výkonu reaktoru)

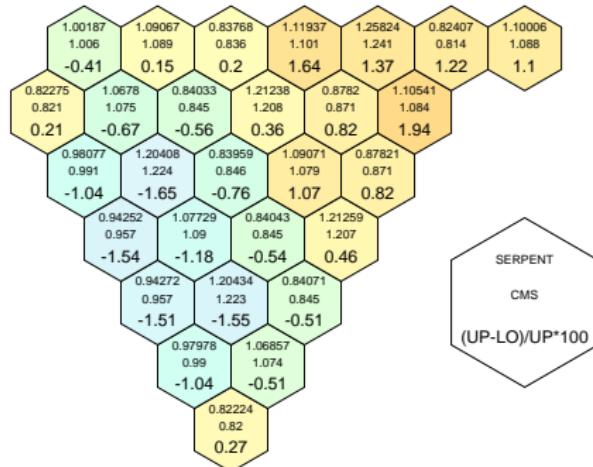
Výpočet	Reálný stav
bez vyhoření proveden s $Xe=E$	vyhoření cca 3.5 Teff xenon 'dojíždí' z testu na 80 % výkonu

- nástřel rozložení výkonu pomocí ANDREy
- 'lze' provést korekce na vyhoření a chování xenonu
- korekce na BC: cca 0.2 g/kg BC

	CMS	SERPENT ($T_{eff} = 0$)	SERPENT ($T_{eff} = 3.5$)
u2c9/e2	4.331	4.524	4.315

Table: Kritcká BC měření E2

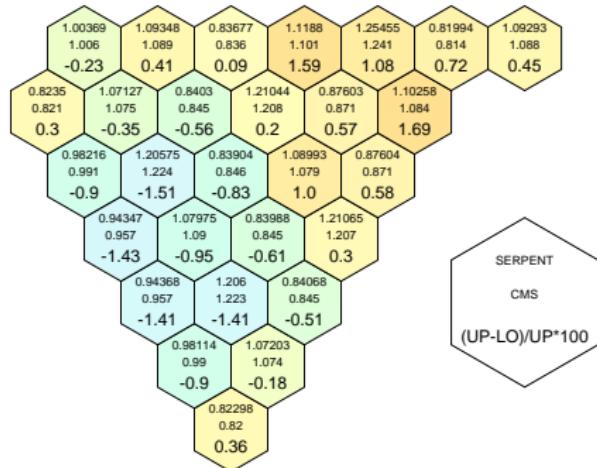
Výkonový stav – E2 U2C9 (mapa FHA)



fha_sixth_vs_cms
dkeff = -290, dBC = 0.0 (CMS - serpent)

Figure: Srovnání SERPENT - CMS

Výkonový stav – E2 U2C9 (korekce)



fha csixth_vs_cms

Figure: Srovnání SERPENT - CMS (korekce na vyhoření)



Obsah

1 Popis a možnosti programu SFullcore

2 Porovnání výpočtů s měřením

3 Závěrem



Závěrem - do budoucna:

- Zlepšení modelu vyhoření kazet
- Pokus o výpočet na HFP s vyhořením reaktoru
- Výpočty VVER 440 ve srovnání s měřením