

# Csatolt finomhálós reaktorfizikai – termohidraulikai számítási modul az új paksi blokkok számításaihoz

**Panka István, Hegyi György, Keresztúri András, Maráczy Csaba,  
Temesvári Emese**

TSO Szeminárium

OAH, 2016. június 7.



## Tartalom

- Kitűzött célok bemutatása
- A KARATE-1200 kódrendszer és annak speciális csatolása a COBRA kóddal
- A KARATE-1200 verifikálása a MIDICORE benchmarkon keresztül
- Demonstrációs célú számítási eredmények az új VVER-1200-as reaktorok geometriájának megfelelően
- Összegzés, konklúziók



## Kitűzött célok bemutatása

- Általános cél: a szállítótól független kódrendszer létrehozása az új blokkok (VVER-1200) zónatervezési és reaktiválás üzemzavari folyamatainak elemzésére
- A saját fejlesztésű, validált és széles körben alkalmazott KARATE-440-ből kiindulva egy olyan kódverzió (KARATE-1200) kifejlesztését és verifikációját tűztik ki célul, amellyel – az új blokkokra vonatkozóan - a zónatervezési biztonsági limitek (pl. maximális lineáris hőteljesítmény, pálcateljesítmény, pálcakiégés, szubcsatorna kilépő hőmérséklet) betarthatósága ellenőrizhető.
- Az egész zóna egy 60 fokos szimmetria szektorának pálcaszintű részletezettségű modellezése
- A geometria jelentőse megváltozott: nagyobb méretű kazetták (312 db üzemanyag pálca, 18 db megvezető cső, 1 db műszerezési cső), abszorbens kazetták helyett abszorbens rudak
- Nyitott kazetták → teljes zónás szubcsatorna szintű termohidraulikai modell, offline csatolás a reaktorfizikai modulokkal



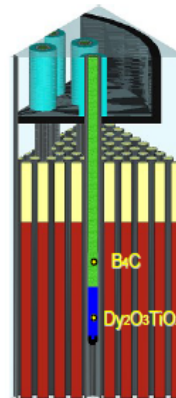
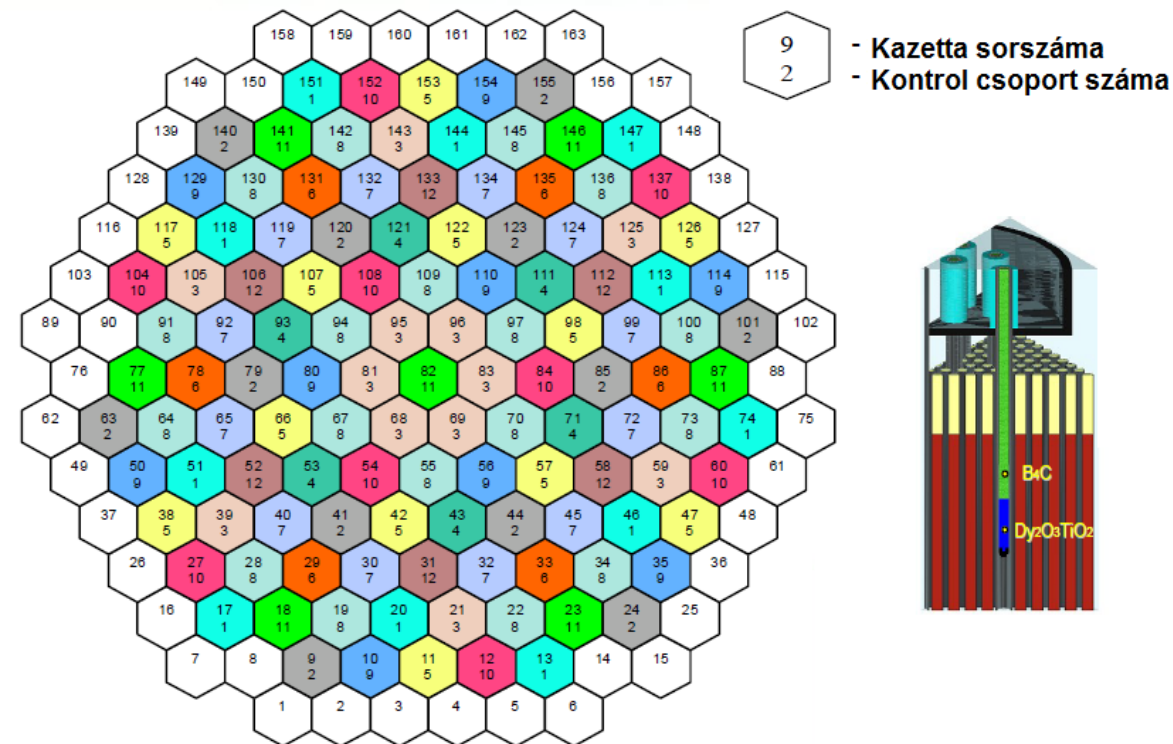
## A KARATE-1200 kódrendszer és annak speciális csatolása a COBRA kóddal

- Az eredeti KARATE-440 kódrendszer három egymásra épülő „szintből” álló, csatolt reaktorfizikai termo-hidraulikai programrendszer, mely alkalmas stacionárius és lassú (xenon) tranziensek számítására a zónatervezés (és bizonyos üzemzavar elemzések) céljára.
- MULTICELL transzport kód a parametrizált hatáskeresztmetszet könyvtárak létrehozására
- Cella, illetve kazetta szinten energiában részletes, ún. sokcsoport transzportszámítás végzése, melynek célja a magasabb szintek ellátása kevés csoport-állandókkal.
- VVER-1000/1200 geometriának megfelelő modell létrehozása
- A hatáskeresztmetszet könyvtárak parametrizálása (pl. kiégés, moderátor hőmérséklet és sűrűség, fűtelem hőmérséklet, izotóp koncentrációk, bórsav koncentráció, SP index), újdonság az abszorbens rudak anyagai szerinti parametrizálás



# A KARATE-1200 kódrendszer és annak speciális csatolása a COBRA kóddal

- GLOBUSKA1200 modul: az egész reaktor nodális szintű számítása
- Abszorbens rudakat tartalmazó nódusok leírása hatáskeresztmetszetekkel, szabályozó rúdcsortok modellezése
- Radiális, axiális albedók. Határfeltételek a pálcaszintű számítások, COBRA irányába.



VVER-1200 Reactor Plant and safety Systems, Rosatom Seminar on Russian Nuclear Energy Technologies and Solutions”  
[http://www.rosatom.ru/en/resources/6fb124004ad7d68ebd14bf283a1923f8/3.2.Fil\\_Gidropre ss\\_VVER-1200.pdf](http://www.rosatom.ru/en/resources/6fb124004ad7d68ebd14bf283a1923f8/3.2.Fil_Gidropre ss_VVER-1200.pdf) (2012)



## A KARATE-1200 kódrendszer és annak speciális csatolása a COBRA kóddal

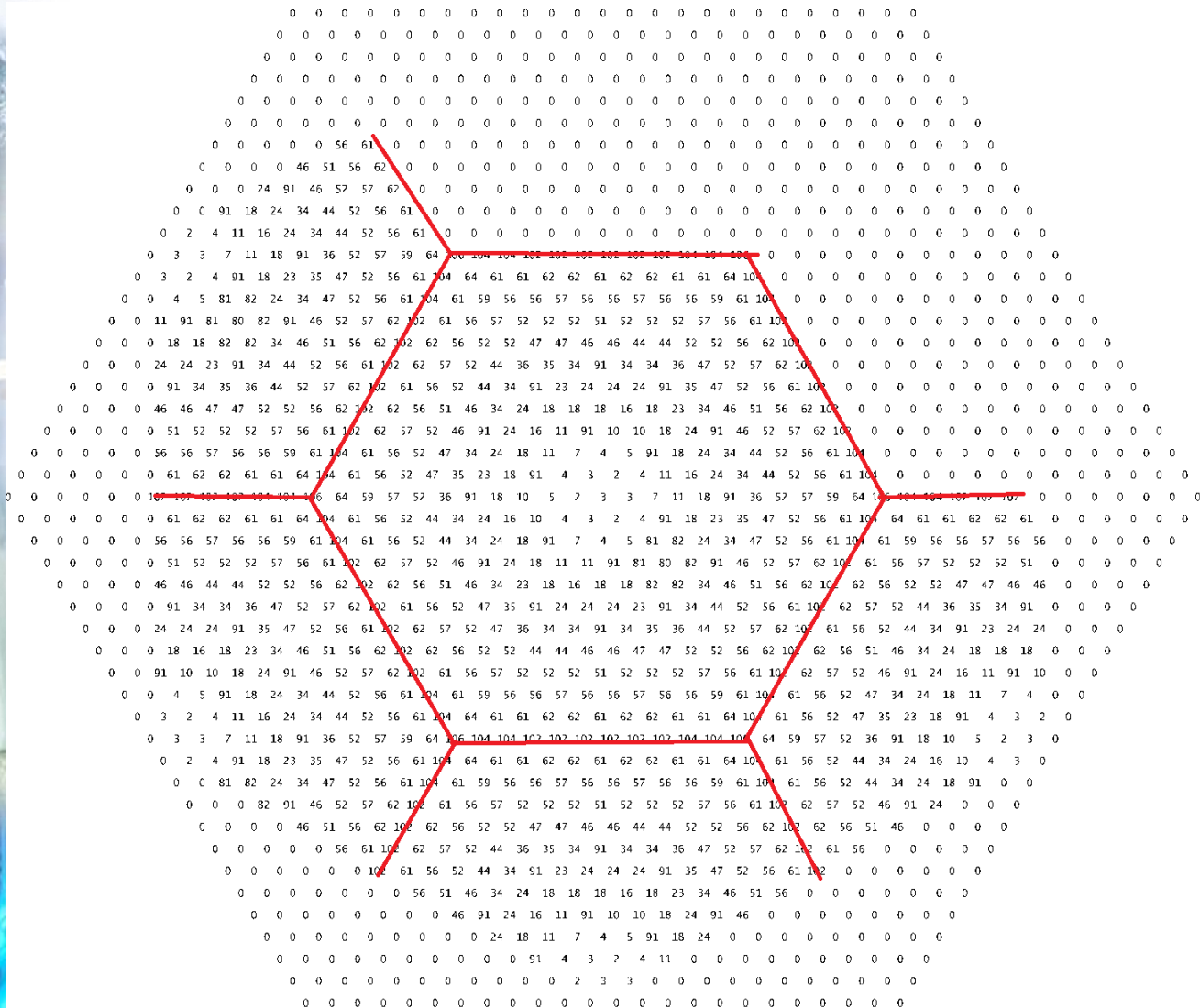
- SADR1200 modul: pálcaszintű számítások az egyes axiális szinteken
- Abszorbens rudakat tartalmazó cellák leírása hatáskeresztmetszetekkel
- Egy kazetta és annak szűk környezetének (6 szomszédjának) modellezése, a 60 fokos szimmetria szektor minden kazettájának modellezése. Pálcaszintű teljesítmény és kiégés eloszlások számítása → COBRA
- VVER-1000/1200 reaktorok kazettáinak modellezése, speciális térképek létrehozása a geometria leírására
- Radiális, élenkénti albedók alkalmazása a zóna szélén





# A KARATE-1200 kódrendszer és annak speciális csatolása a COBRA kóddal

Pálcák leírása  
pálcaazonosítókkal  
a számolt  
tartományban egy  
perifériális kazetta  
esetén (2 él határos  
a reflektorral).





## A KARATE-1200 kódrendszer és annak speciális csatolása a COBRA kóddal

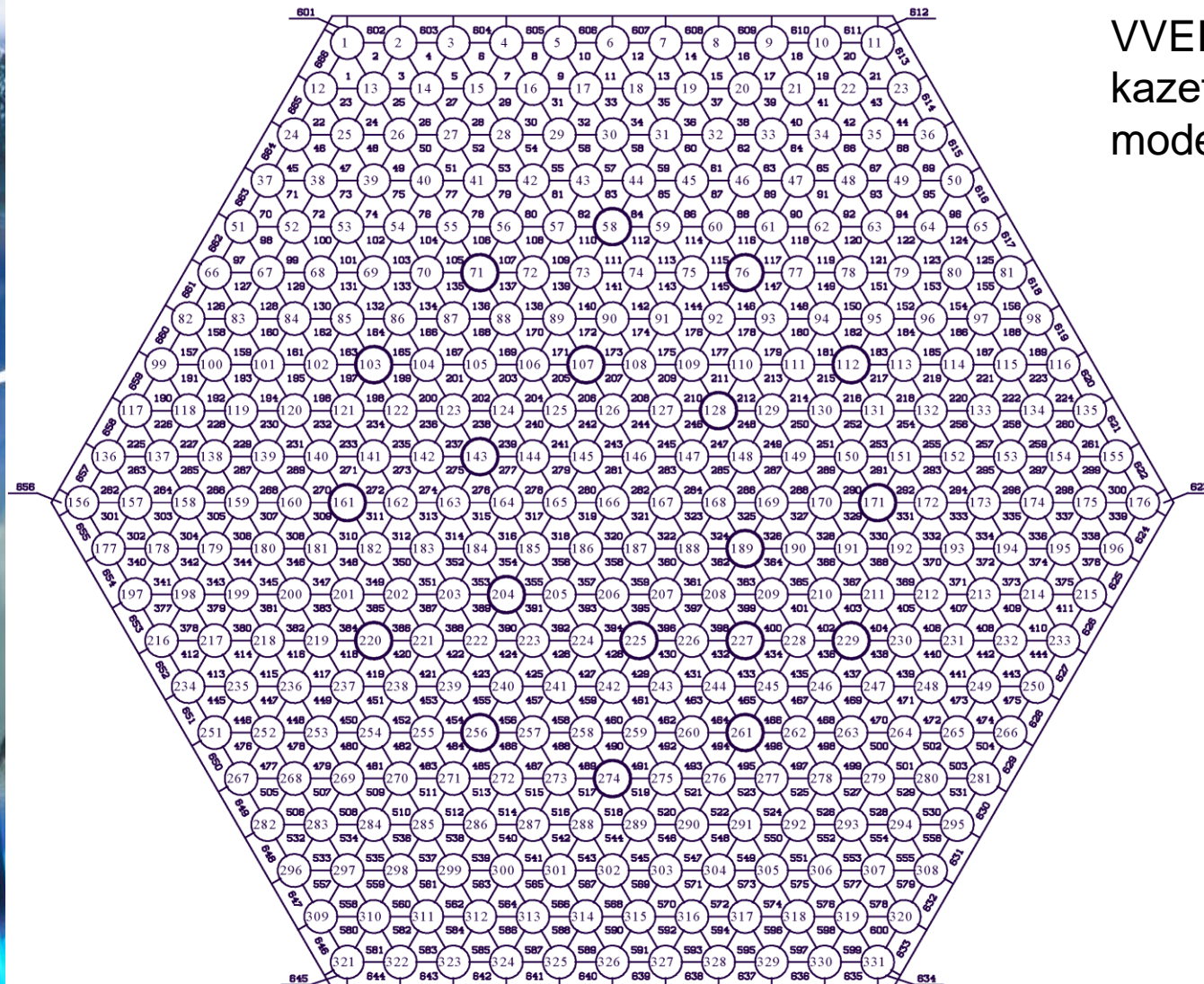
- COBRA szubcsatorna szintű termohidraulikai kód alkalmazása
- Az egyes kazetták közötti keresztáramok modellezése
- Zárt kazettás részletes modell és vegyes-hálós egész zónás modell
- A teljesítmény eloszlások a nodális és pálcaszintű KARATE-1200 számításokból jönnek offline módon



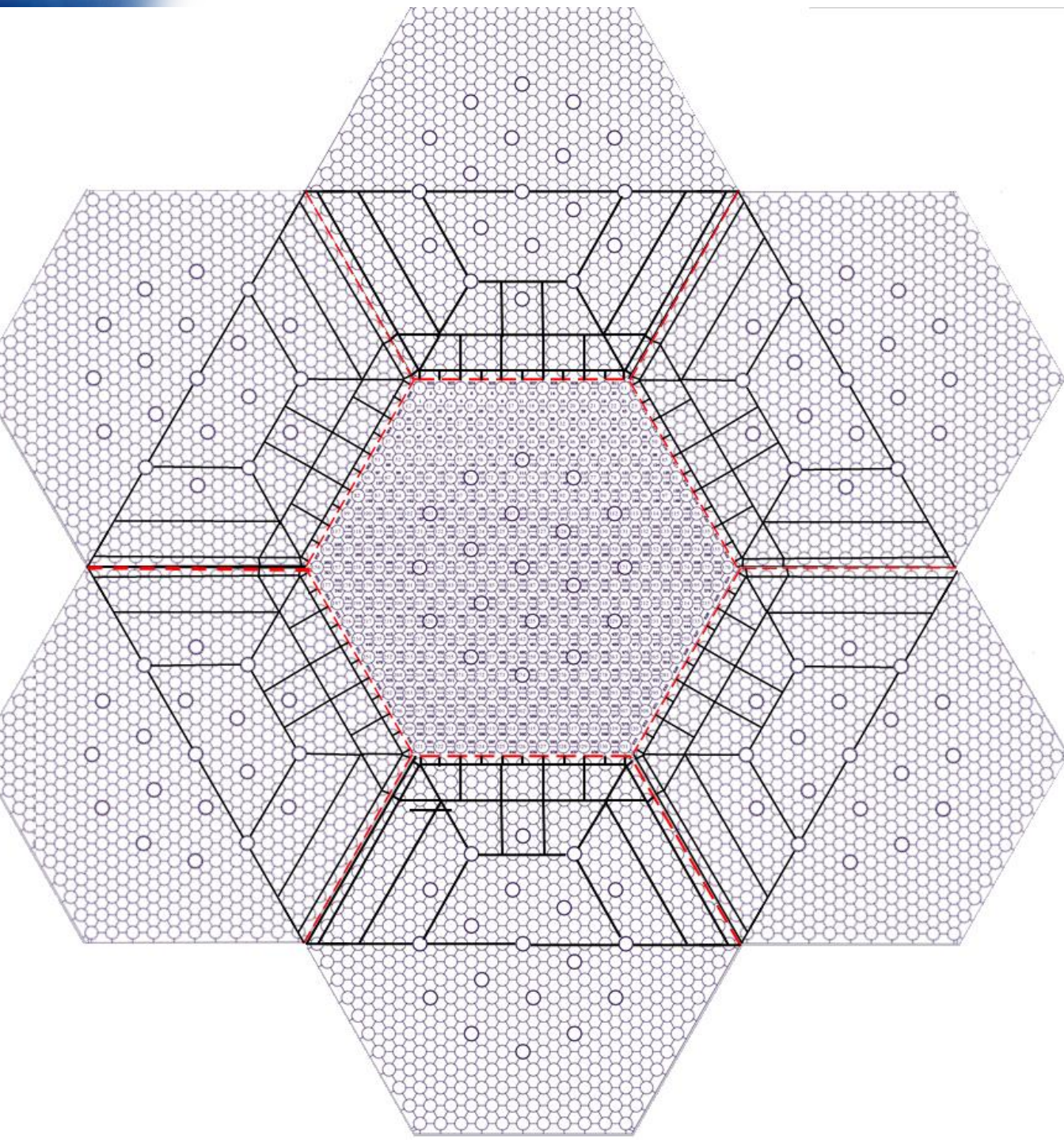


# A KARATE-1200 kódrendszer és annak speciális csatolása a COBRA kóddal

VVER-1200-as reaktor kazettájának COBRA modellje





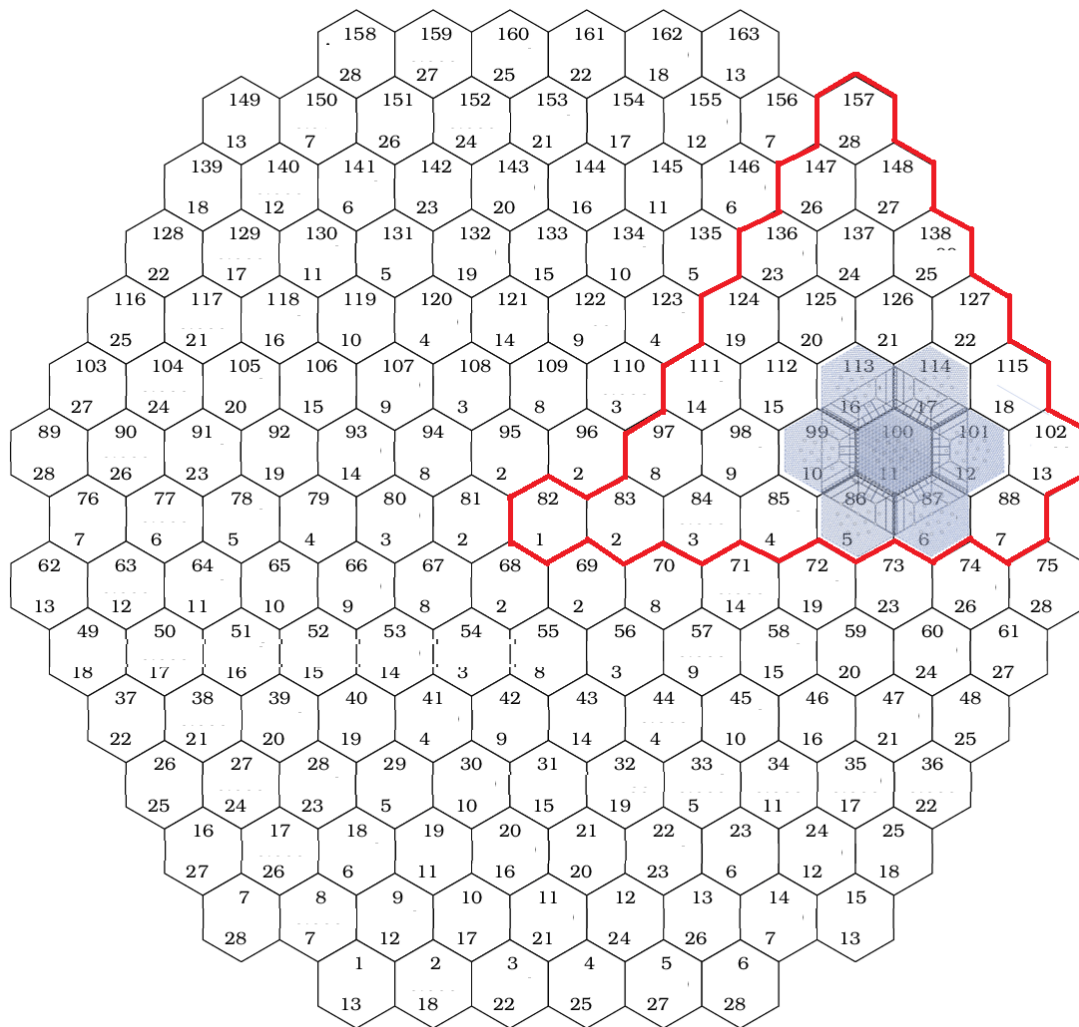


Egy kazetta részletes  
szubcsatorna szintű  
modellje és a szomszédos  
kazetták durvább  
modelljének sematikus  
ábrája



# A KARATE-1200 kódrendszer és annak speciális csatolása a COBRA kóddal

Vegyes hálós modell az egész zónára vonatkozóan

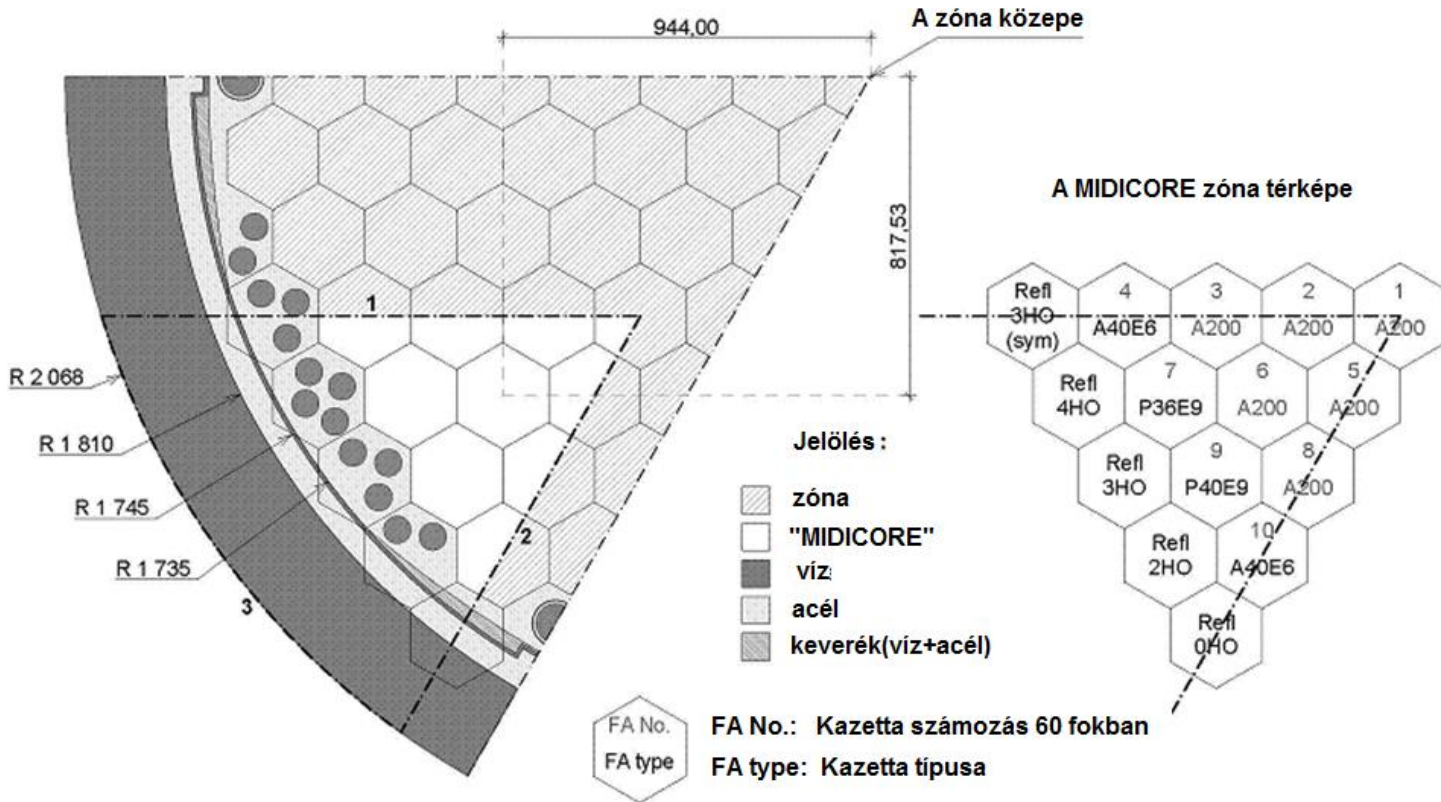






# A KARATE-1200 verifikálása a MIDICORE benchmarkon keresztül

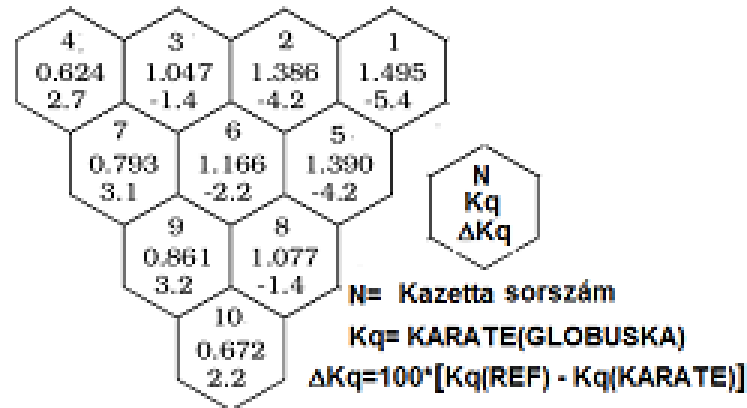
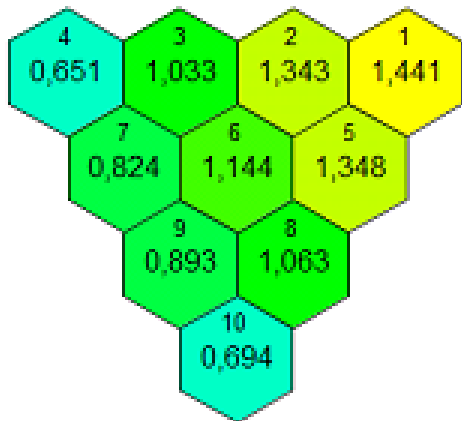
- A MIDICORE egy 2D matematikai benchmark, amely a VVER-1000 reaktor hideg állapotára vonatkozik. A feladat a reaktor zóna egy kivágott részére vonatkozik





## A KARATE-1200 verifikálása a MIDICORE benchmarkon keresztül

- Nodális számítás eredménye a teljesítmény eloszlásra vonatkozóan:



---

Radiális teljesítmény-eloszlás a REFERENCIA esetben (bal) és a KARATE-1200 (GLOBUSKA1200) megoldás (jobb)

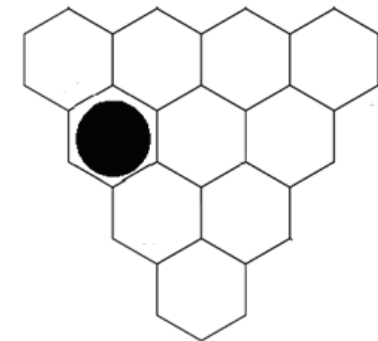
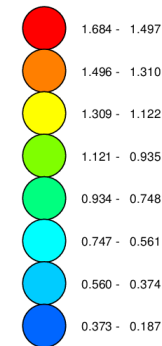
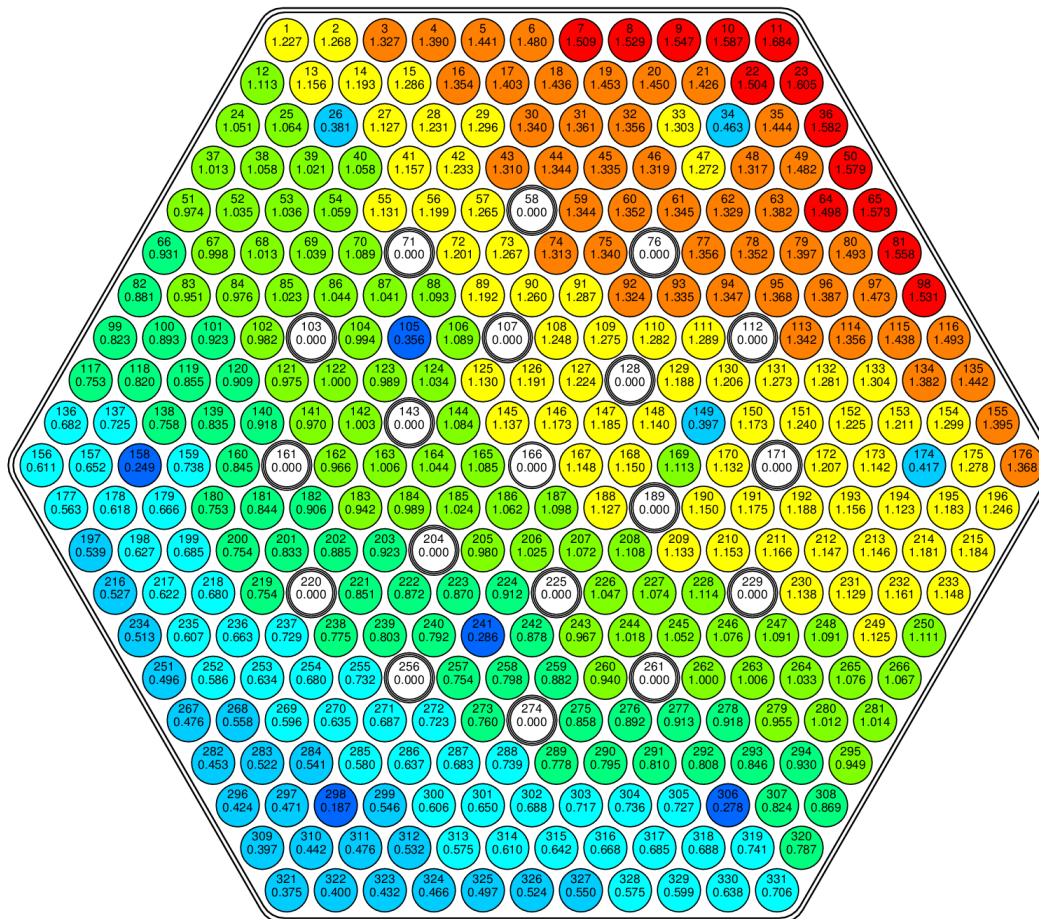
---

- Hasonló eltérések VVER-440 esetén is tapasztalhatók voltak



# A KARATE-1200 verifikálása a MIDICORE benchmarkon keresztül

- Pálcaszintű számítás eredményei, A 7. kazetta SADR1200 kóddal számolt pálcaszintű teljesítmény eloszlása (kk eloszlás)

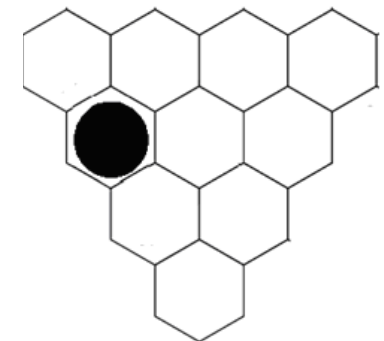
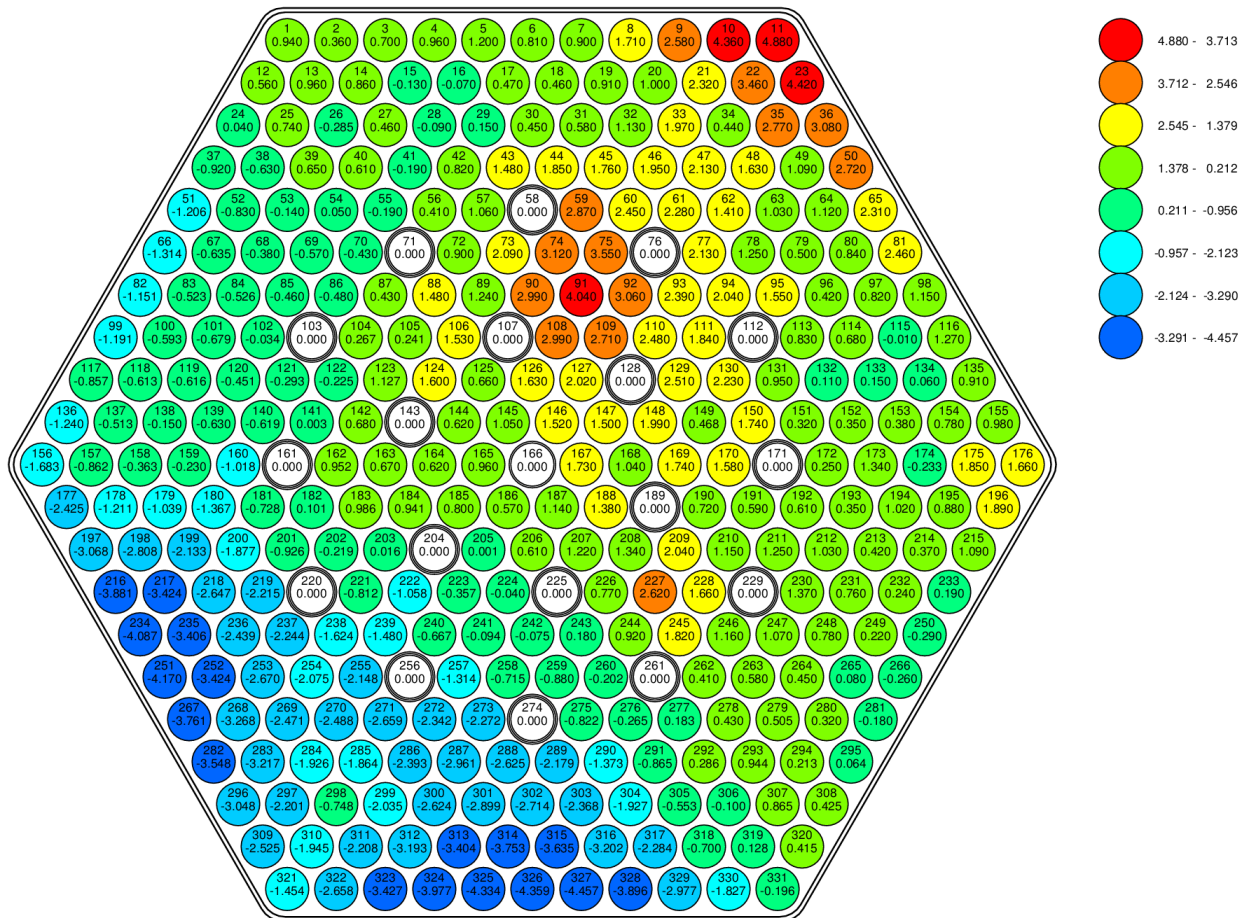






# A KARATE-1200 verifikálása a MIDICORE benchmarkon keresztül

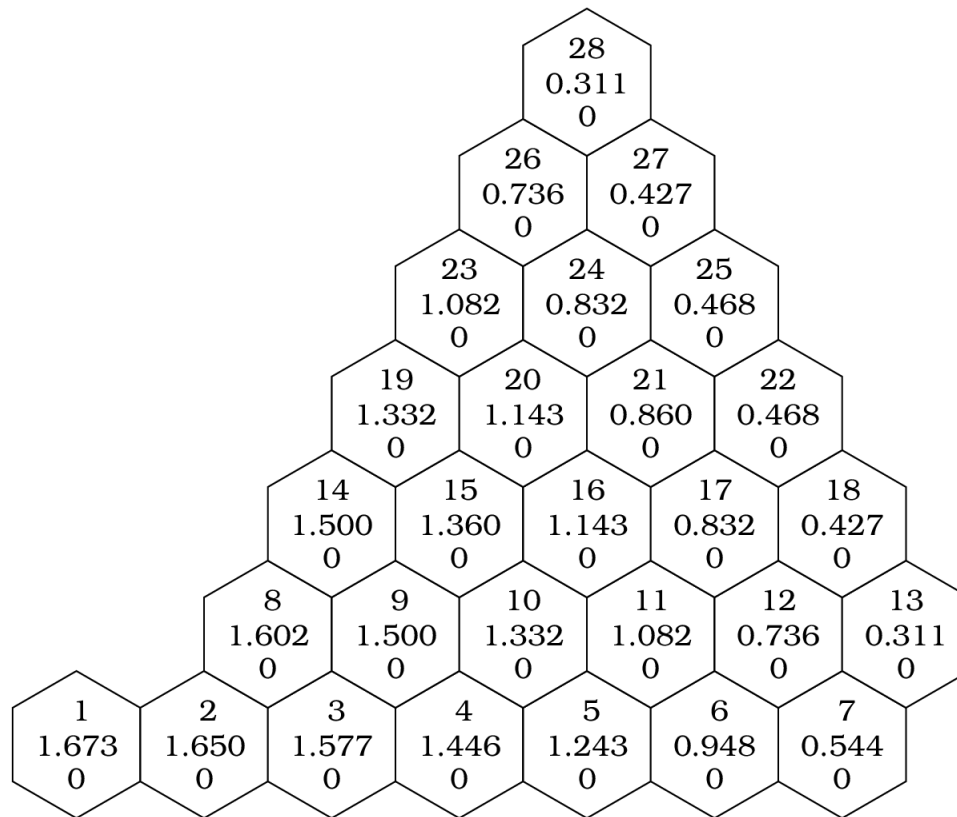
- A 7. kazetta esetében a pálcza szintű SADR1200 teljesítmény eloszlás referenciától való eltéréésének 100-szorosa:  $100 \cdot (\text{SADR1200 kk} - \text{MCNP kk})$





# Demonstrációs célú számítási eredmények az új VVER-1200-as reaktorok geometriájának megfelelően

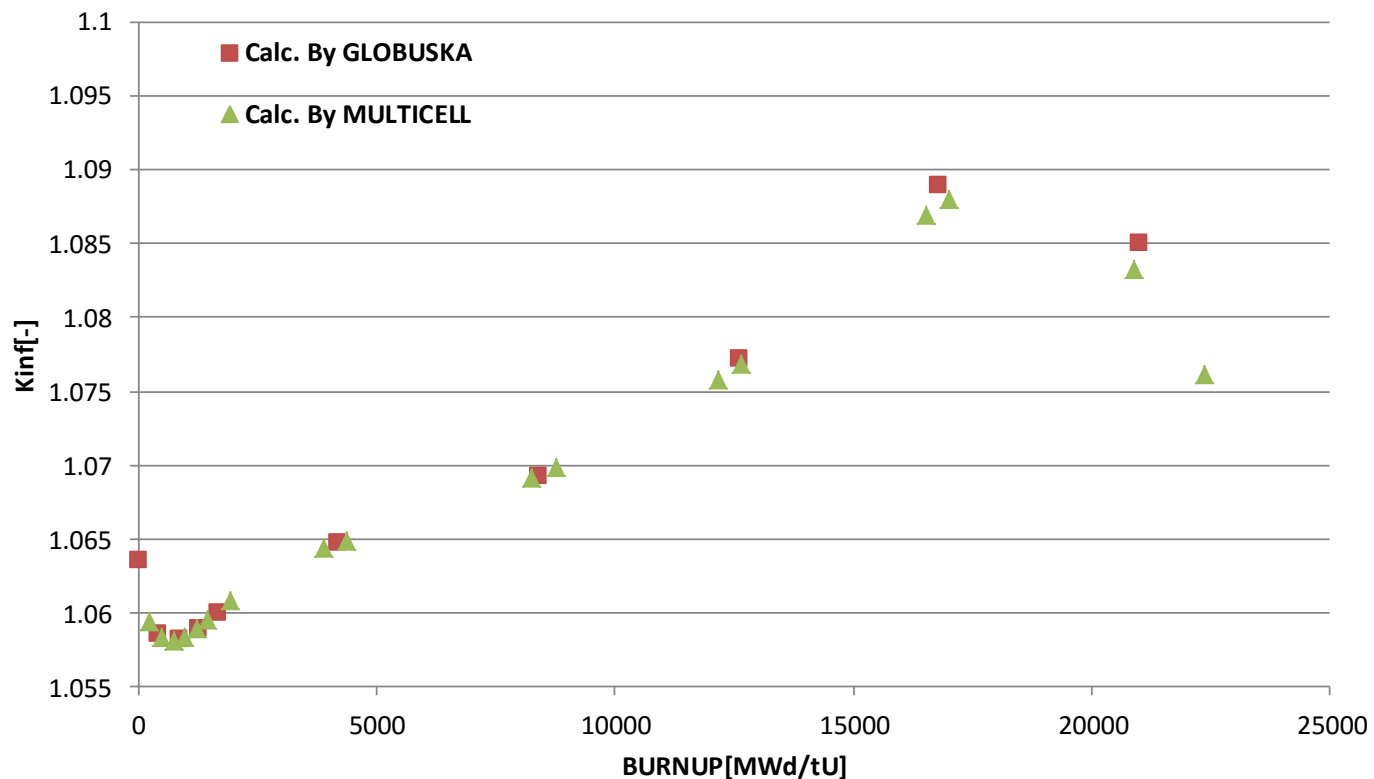
- Demonstrációs célokból a zónát friss, 4.9 % alapdúsítású (Gd-os pálcát is tartalmazó) kazettákkal töltöttük fel, ekkor a zónára átlagolt radiális kazetta teljesítmény eloszlás egy azonos típusú, friss kazettákkal kirakott zónára (GLOBUSKA1200):





# Demonstrációs célú számítási eredmények az új VVER-1200-as reaktorok geometriájának megfelelően

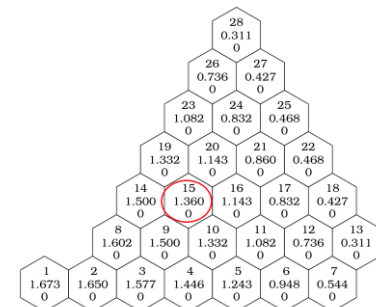
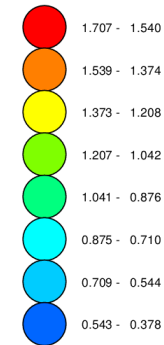
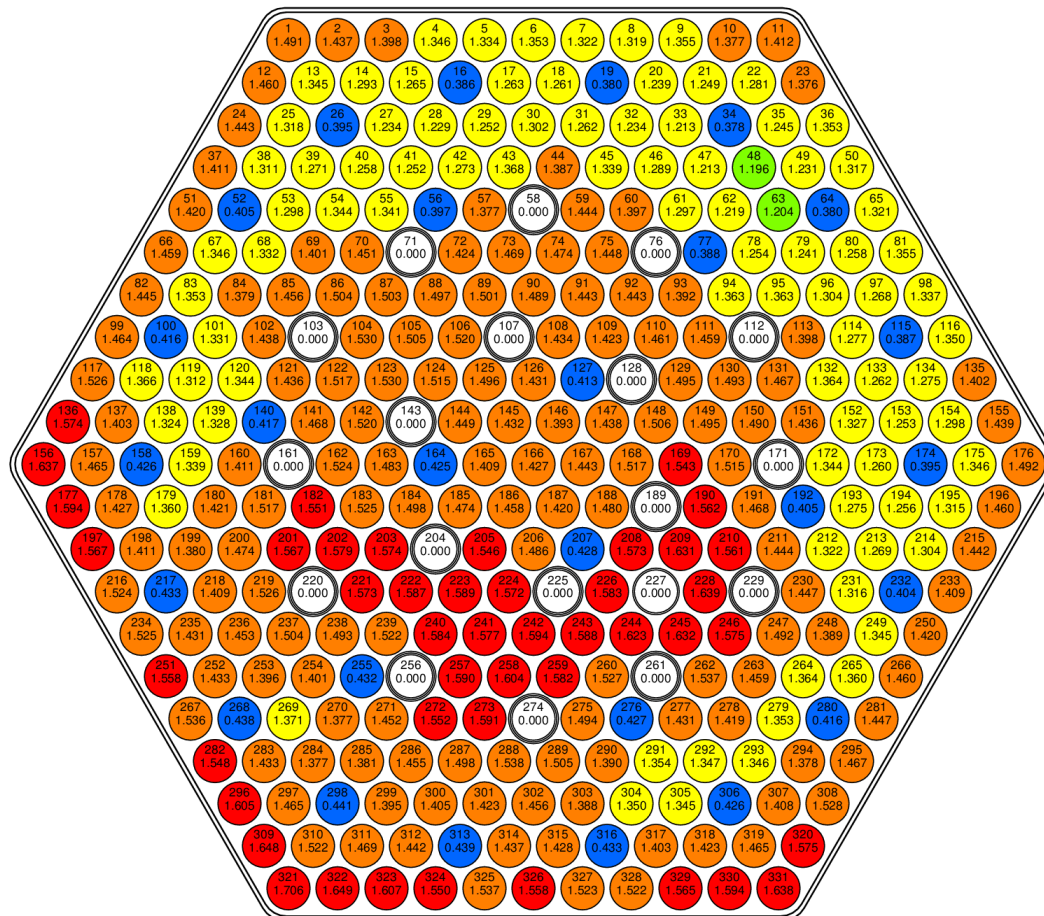
- GLOBUSKA1200-MULTICELL összehasonlítás a kiégés függvényében (végtelen rács)





# Demonstrációs célú számítási eredmények az új VVER-1200-as reaktorok geometriájának megfelelően

- SADR1200, Belső (15-ös) kazetta  $kk \times kz$  térképe, 0. kiegészi lépés, középső axiális szint.

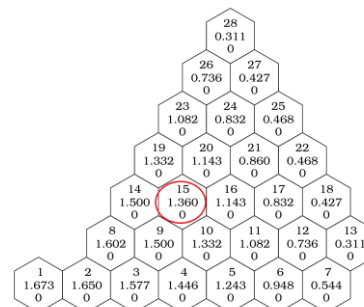
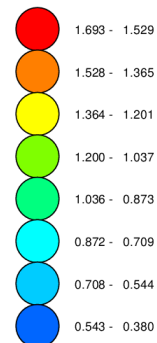
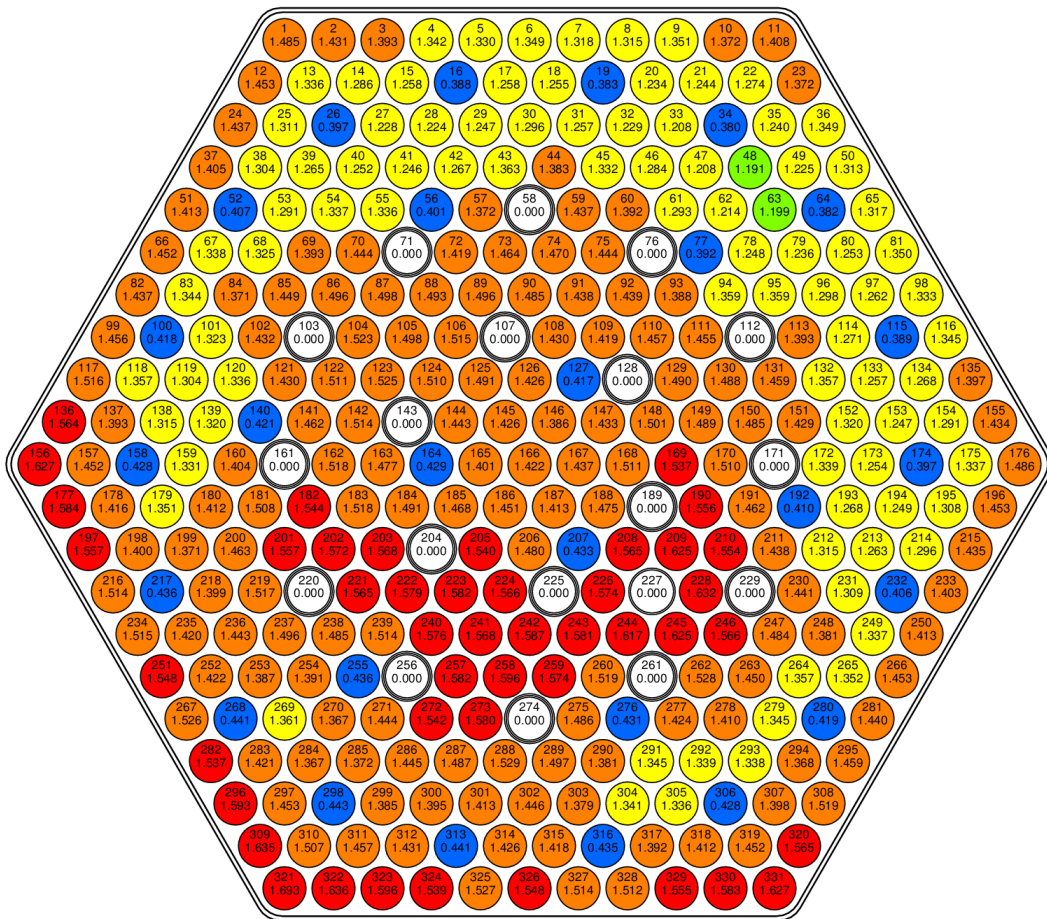






# Demonstrációs célú számítási eredmények az új VVER-1200-as reaktorok geometriájának megfelelően

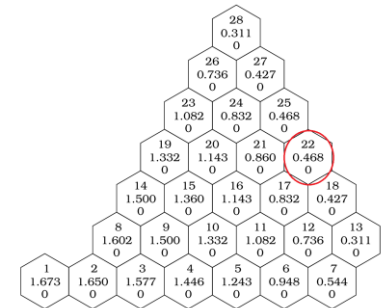
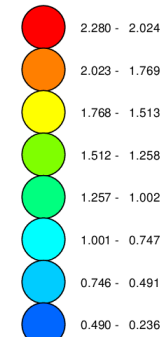
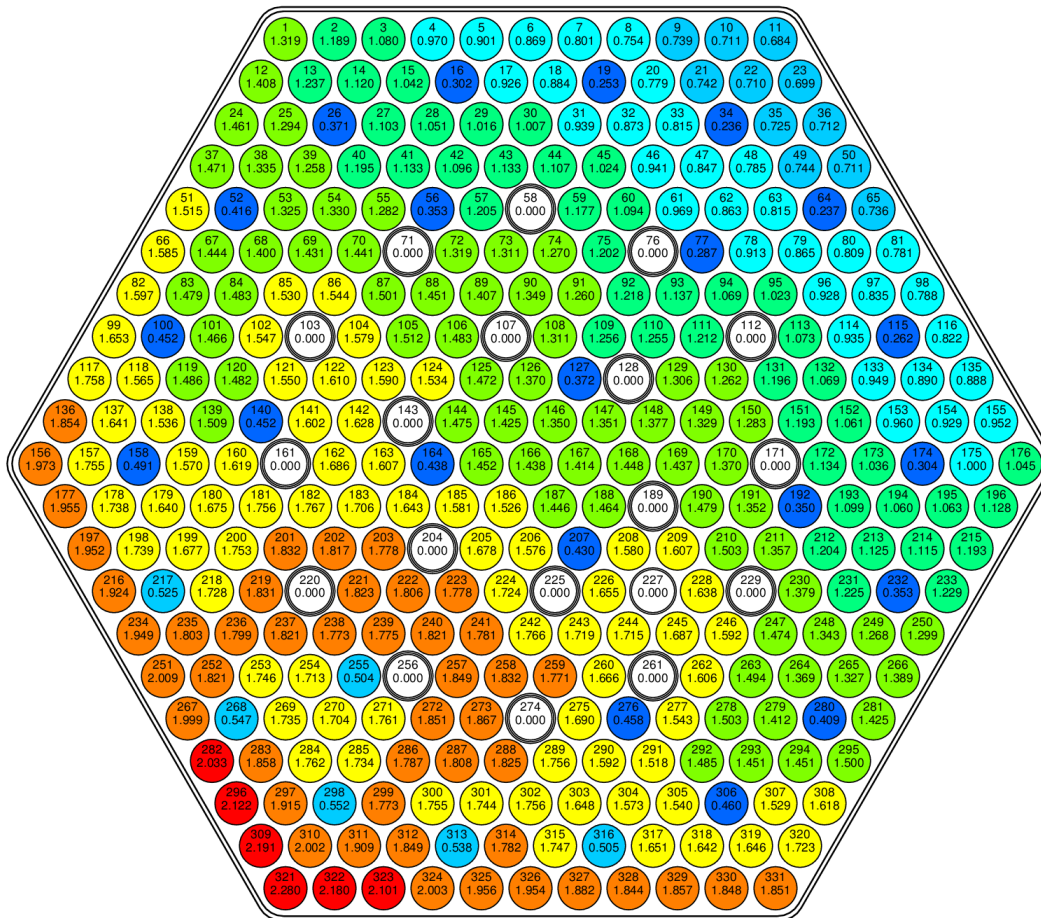
- Belső (15-ös) kazetta kk\*kz térképe, 1. kiegészi lépés, középső axiális szint.





# Demonstrációs célú számítási eredmények az új VVER-1200-as reaktorok geometriájának megfelelően

- Perifériális (22-es) kazetta  $kk^*kz$  térképe, kiégetlen állapot, középső axiális szint.

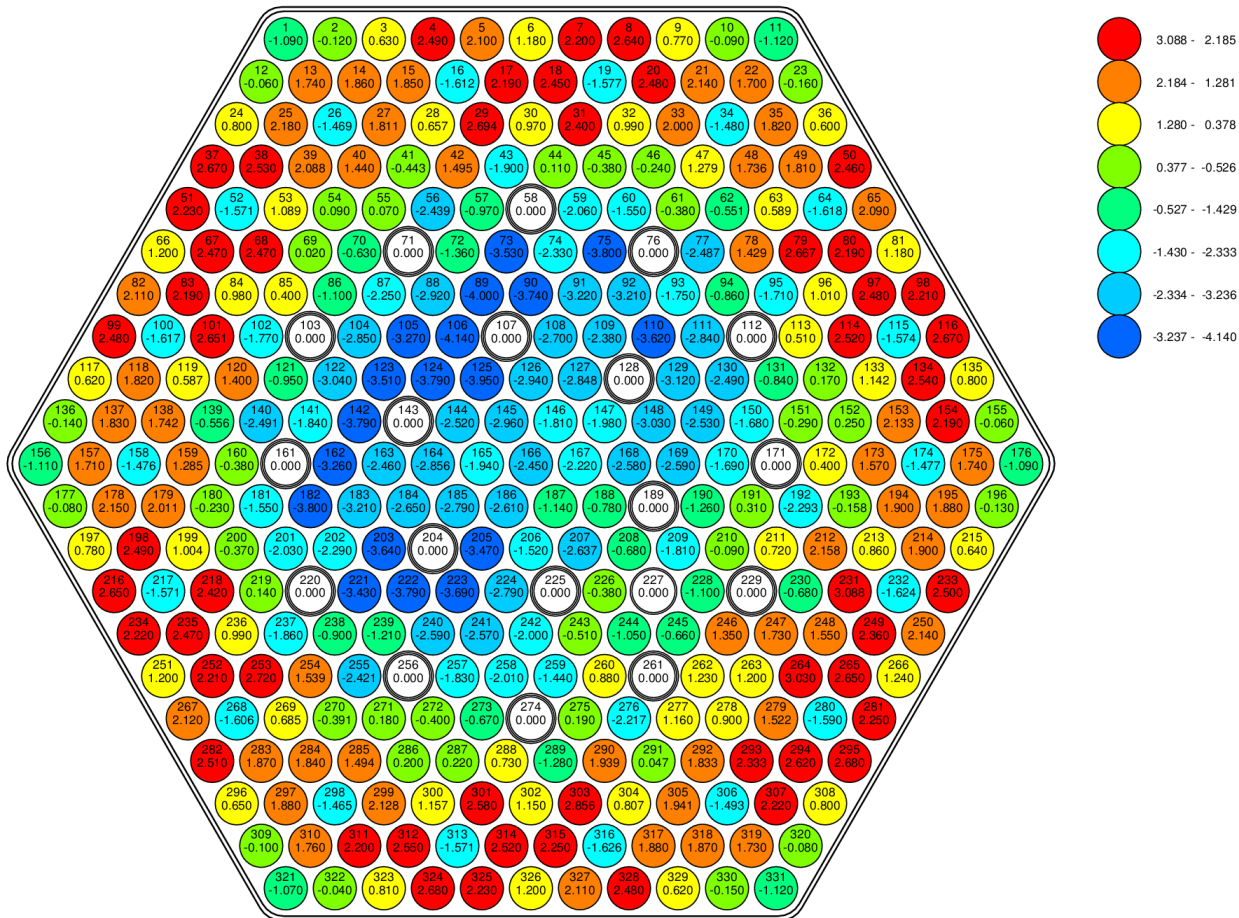






# Demonstrációs célú számítási eredmények az új VVER-1200-as reaktorok geometriájának megfelelően

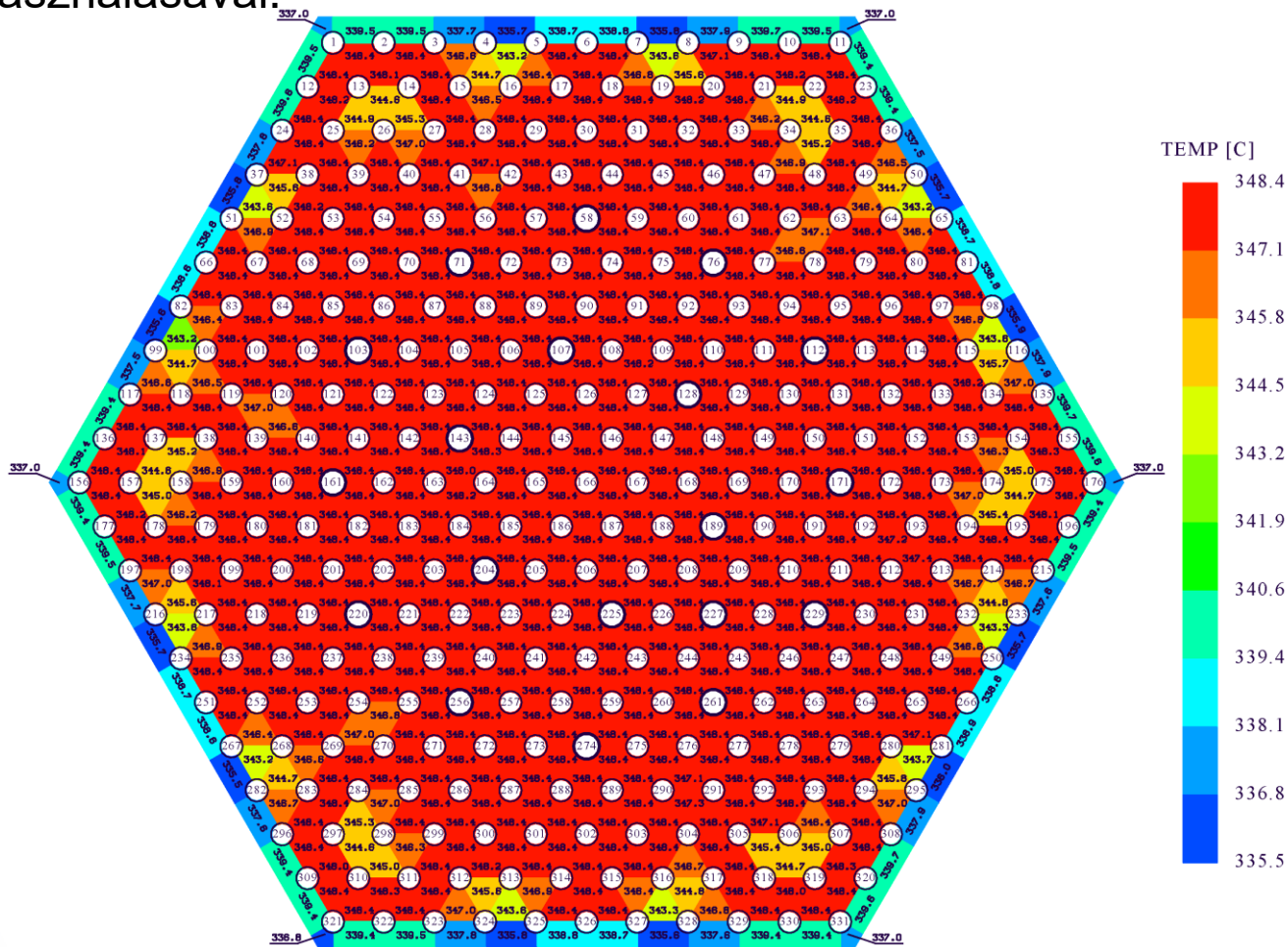
- SADR1200-MULTICELL összehasonlítás (végtelen rács), a SADR1200-MULTICELL eloszlás eltérése  $100 * (SADR1200\text{ kk} - MULTICELL\text{ kk})$  :





# Demonstrációs célú számítási eredmények az új VVER-1200-as reaktorok geometriájának megfelelően

- A szubcsatorna kilépő hőmérséklet radiális eloszlása a részletesen modellezett (középső) kazettában, teljes zónás modell effektív távtartórács ellenállások felhasználásával.

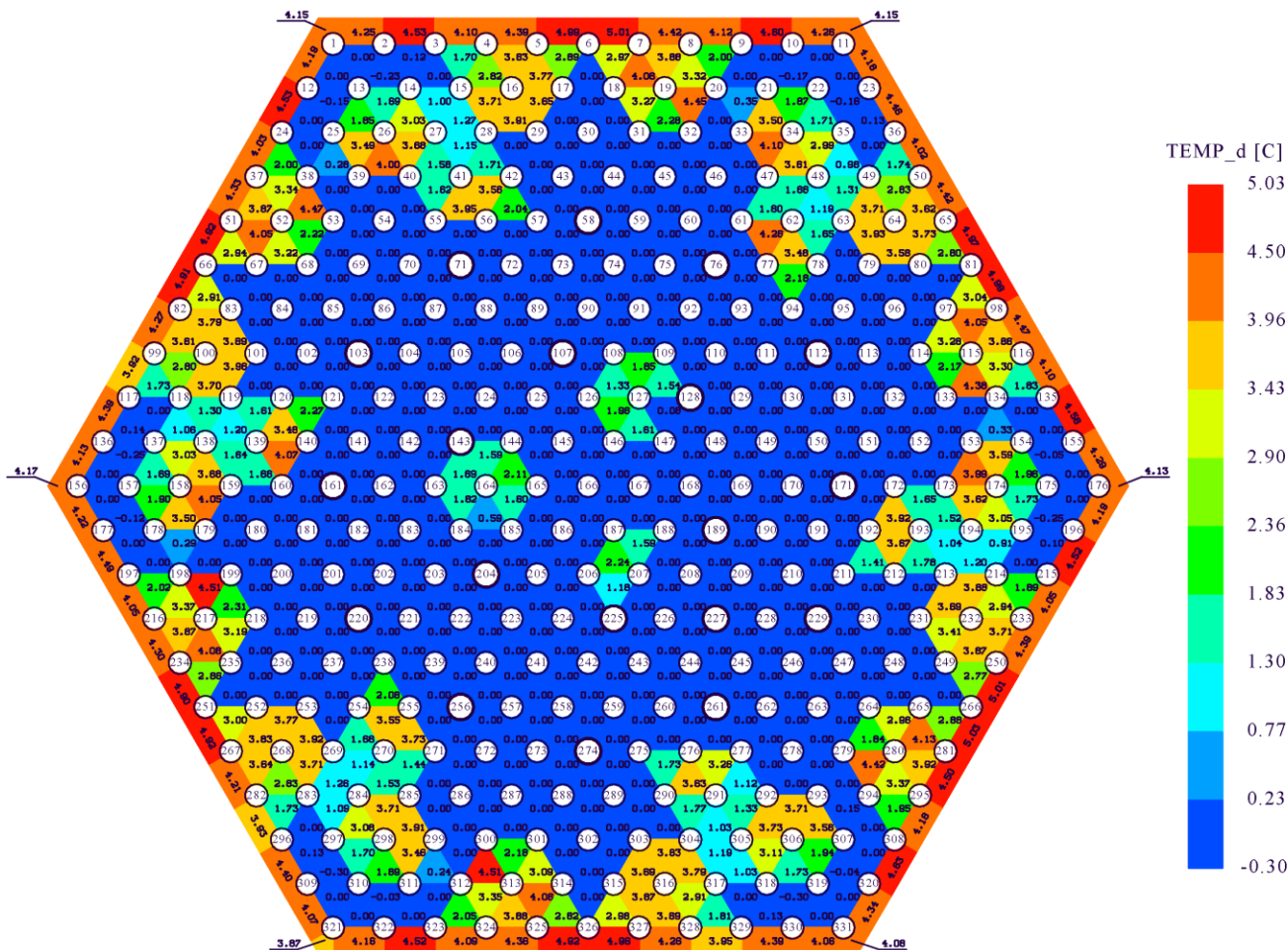






# Demonstrációs célú számítási eredmények az új VVER-1200-as reaktorok geometriájának megfelelően

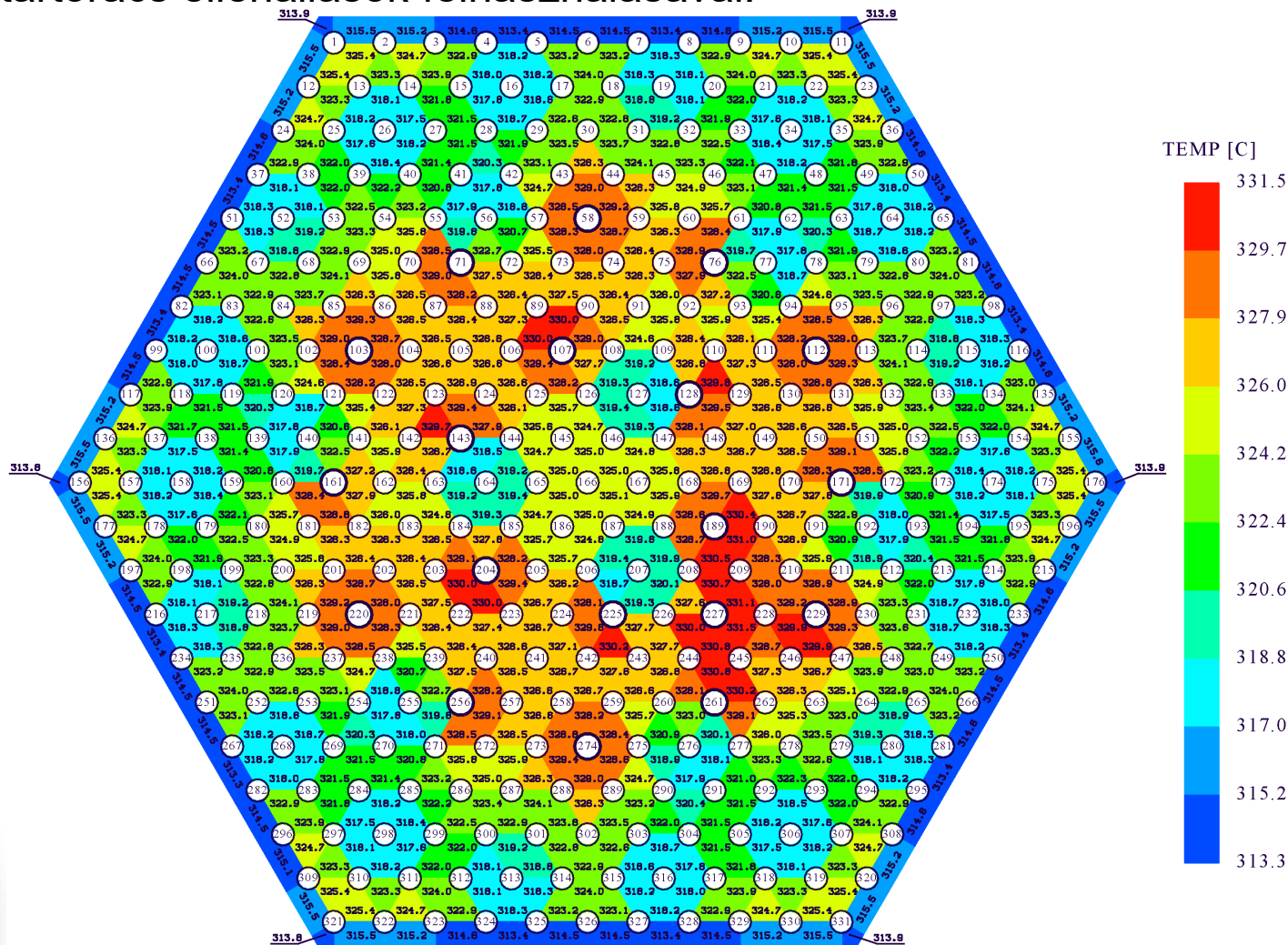
- A teljes zónás modell és a zárt kazetta modell különbsége a szubcsatorna kilépő hőmérséklet radiális eloszlására vonatkozóan a részletesen modellezett kazettában





# Demonstrációs célú számítási eredmények az új VVER-1200-as reaktorok geometriájának megfelelően

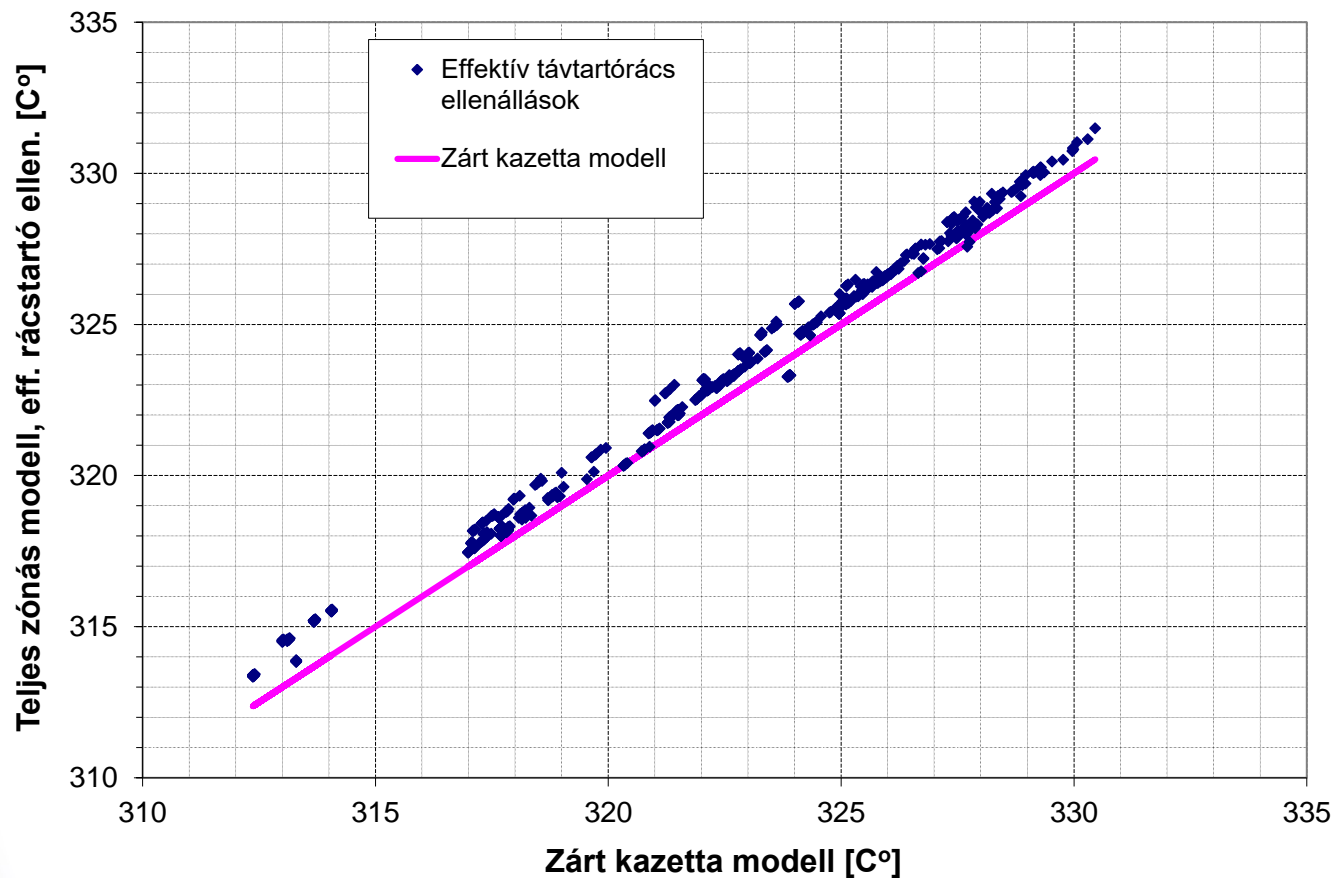
- A szubcsatorna hőmérséklet (axiálisan a zóna közepén) radiális eloszlása a részletesen modellezett (középső) kazettában, teljes zónás modell effektív távtartórács ellenállások felhasználásával.





## Demonstrációs célú számítási eredmények az új VVER-1200-as reaktorok geometriájának megfelelően

- A teljes zónás modell (effektív távtartórács ellenállások felhasználásával) szubcsatorna hőmérsékletei (a zóna közepén) a zárt kazetta modell szubcsatorna kilépő hőmérsékleteinek függvényében a részletesen modellezett kazettában.







## Összegzés, konklúziók

- Bemutattuk a kifejlesztett **KARATE-1200 számítási rendszert**, kódrendszert, mellyel az új **VVER-1200-as blokkok 3D-os pálcateljesítmény és kiégés eloszlásai meghatározhatók** a zóna 60 fokos szimmetria szektorára.
- **A KARATE-1200 kódrendszer kazetta és pálcaszintű verifikálását sikeresen elvégeztük** az AER („Atomic Energy Research”) együtt működésben definiált **MIDICORE benchmark megoldásán keresztül**. Megállapítottuk, hogy a kapott eredmények nem térnek el jobban az MCNP referencia megoldástól, mint a VVER-440-esetben, így a KARATE-1200 kód számítási bizonytalanságai sem változnak a VVER-440 esethez képest.
- **A KARATE-1200 kódrendszer demonstrációs és verifikációs céljaira további 3D-os globális (kazetta szintű) és finomhálós, pálcaszintű eredményeket mutattunk be** az új paksi blokkok 60 fokos szimmetria szektorára vonatkozóan.





## Összegzés, konklúziók

- A KARATE-1200 kódrendszer és a COBRA kód felhasználásával bemutattuk a teljes zóna egy olyan VVER-1200-as termohidraulikai modelljét, – valamint annak speciális offline csatolását a KARATE-1200 kódrendszer megfelelő moduljaival – amellyel a zónatervezés során a maximális szubcsatorna kilépő hőmérséklet korlát, illetve esetleg más szubcsatorna szintű limitek betarthatósága ellenőrizhető.
- A csatolt modell demonstrációs célú számításai azt mutatták, hogy az új modell – a kazetták közötti keresztáramok figyelembe vételével - konzervatívabb eredményekre vezet, mint a zárt kazettás modell. Ugyanakkor az új, csatolt modellt további részletes vizsgálatoknak kell alávetni a bonyolult termohidraulikai folyamatok miatt, ezért javasoljuk, hogy az új blokkok zónatervezési, keretparaméter meghatározási számításai során a részletes, szubcsatornára vonatkozó termohidraulikai elemzések mind a kifejlesztett zárt kazettás modellel, mind a teljes zónás modellel ellenőrizésre kerüljenek.

Köszönöm a figyelmet!

