



MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA ENERGIATUDOMÁNYI KUTATÓKÖZPONT

# **Forrócsatorna számítások a csatolt KIKO3D- COBRA kóddal az új blokkok biztonsági elemzéseihez**

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

**TSO Szeminárium**

**OAH, 2017. május 31.**

# Tartalom

- Bevezetés, célok bemutatása
- A KIKO3D-COBRA-TABCO-FRAPTRAN számítási rendszeren alapuló forrócsatorna metodika
- A forrócsatorna metodika demonstrációja egy rúdkielőkődéses tranziensre
- A hűtőközeg felmelegedését limitáló normálüzemi keretparaméter meghatározására
- Konklúziók



## Bevezetés, célok bemutatása

- Általános cél: a szállítótól független kódrendszer létrehozása az új blokkok (VVER-1200) zónatervezési és reaktivitási üzemzavari folyamatainak elemzésére
- Korábban: KARATE-1200, KIKO3D-COBRA fejlesztés a VVER-1200-as reaktorokra
- Jelen cél: a **forrócsatorna számítások metodikájának kidolgozása és metodikai vizsgálatok végzése** a KIKO3D-COBRA csatolt kódra alapozva
- További célok : **off-line kapcsolat megteremtése a KIKO3D-COBRA kód és a FRAPTRAN fűtőelem-viselkedési program között**
- Az utóbbi program adatokkal való ellátásához **szubcsatorna szintű forrócsatorna számítási modellt is létre kell hozni (TRABCO kód)**
- Vizsgálatok **a normálüzemi limitáló keretparaméterek meghatározására RIA események során a forrócsatorna számítások szempontjából**

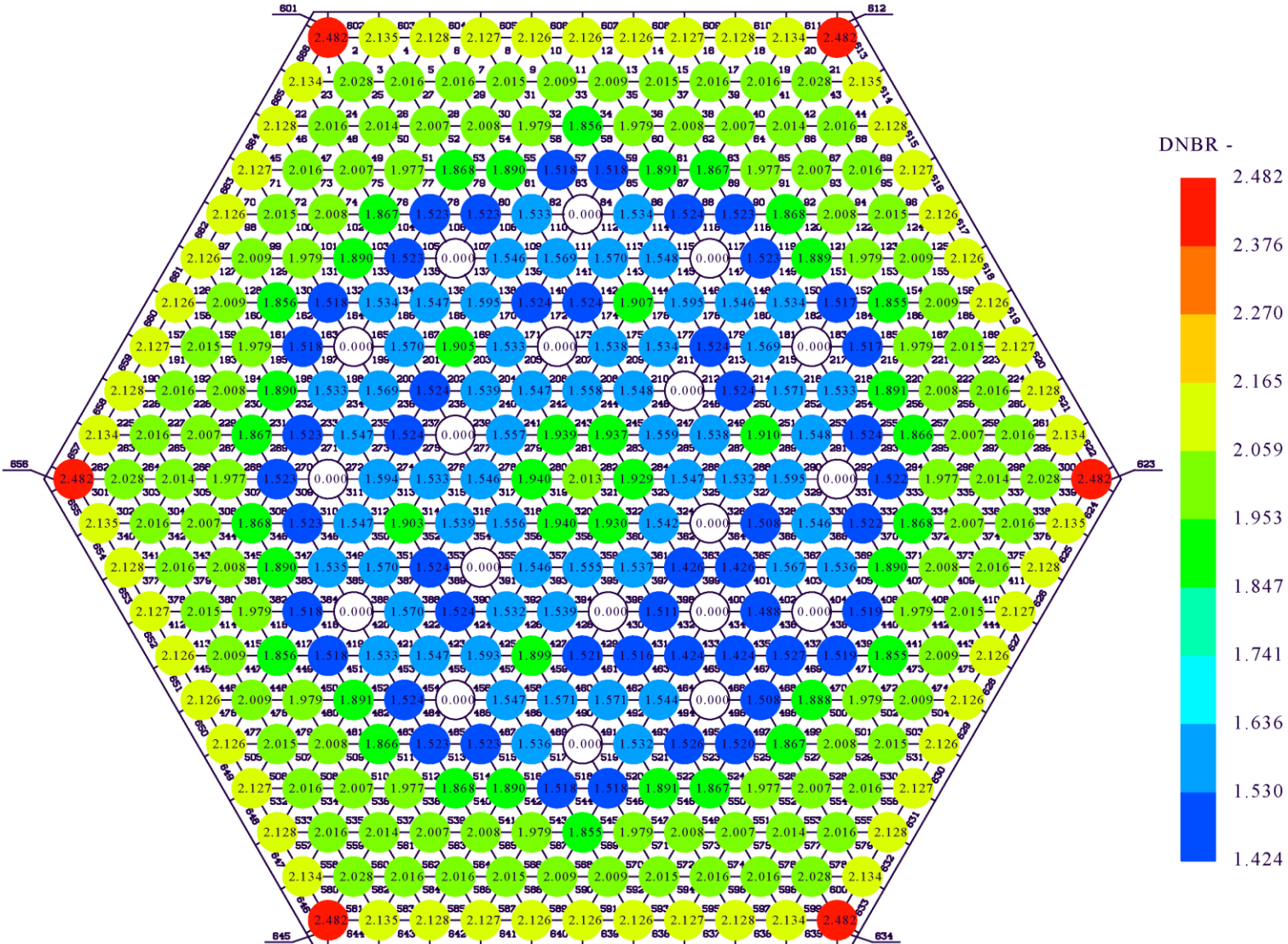
## A KIKO3D-COBRA-TABCO-FRAPTRAN számítási rendszeren alapuló forrócsatorna metodika, folyt.

- A számítási rendszer első eleme a **csatolt KIKO3D-COBRA számítás, amellyel nodális szinten, a visszacsatolások figyelembe vételével számolhatók a RIA tranziensek eredményei**
- A KIKO3D-COBRA számítások eredményeként előállnak **az egyes kazetták időfüggő nodális teljesítményei**. A forrócsatorna számítások során a **zóna egyes kazettákat csoportosítjuk és minden csoportból egy reprezentatív elemet használunk**
- **Kulcsfontosságú**, hogy az egyes kazetták ún. **forrócsatorna faktorát, a kazettán belüli teljesítmény-egyenlőtlenségeket hogyan vesszük figyelembe**. Ehhez a keretparamétereket használjuk fel, amelyek jól meghatározott állapotokban megadják a limiteket. Ilyen **pl. a lineáris hőteljesítményre vonatkozó limit**, a másik lehet **pl. a maximális pálcatelesítmény**
- **A forrócsatorna számítások során zárt csatorna közelítésben, egy csatornát vizsgálunk a TRABCO kóddal**. Az ehhez szükséges teljesítmény inputokat a KIKO3D-COBRA futásokból állítjuk elő és szorozzuk a forrócsatorna



# A KIKO3D-COBRA-TABCO-FRAPTRAN számítási rendszeren alapuló forrócsatorna metodika, folyt.

- Probléma DNBR („forráskrizistól való távolság”) kazettán belüli helyfüggése



Egyenletes teljesítmény-eloszlás, 300 W/cm

# A KIKO3D-COBRA-TABCO-FRAPTRAN számítási rendszeren alapuló forrócsatorna metodika, folyt.

Modellek:

- 1. TRABCO (alap): Ebben az esetben a szubcsatorna átömlési keresztmetszete megfelel a geometriának, konzervatívan 3 pálca fűti a szubcsatornát 2 helyett (nagyon konzervatív modell)
- 2. TRABCO (módosított): Ebben az esetben a szubcsatorna átömlési keresztmetszete nem felel meg a fenti geometriának, azt megnöveltük, ugyanakkor 3 pálca fűti a szubcsatornát 2 helyett

*240 W/cm-es egyenletes teljesítmény-eloszlás esetén a COBRA és TRABCO számítások összehasonlítása:*

<b><u>240 W/cm</u></b>	DNBR	Relatív eltérés [%]
COBRA sokcsatorna	2.645	-
1. TRABCO (alap)	1.963	-25.8
2. TRABCO (módosított)	2.639	<b>-0.2</b>



# A KIKO3D-COBRA-TABCO-FRAPTRAN számítási rendszeren alapuló forrócsatorna metodika, folyt.

300 W/cm-es egyenletes teljesítmény-eloszlás esetén a COBRA és TRABCO számítások összehasonlítása:

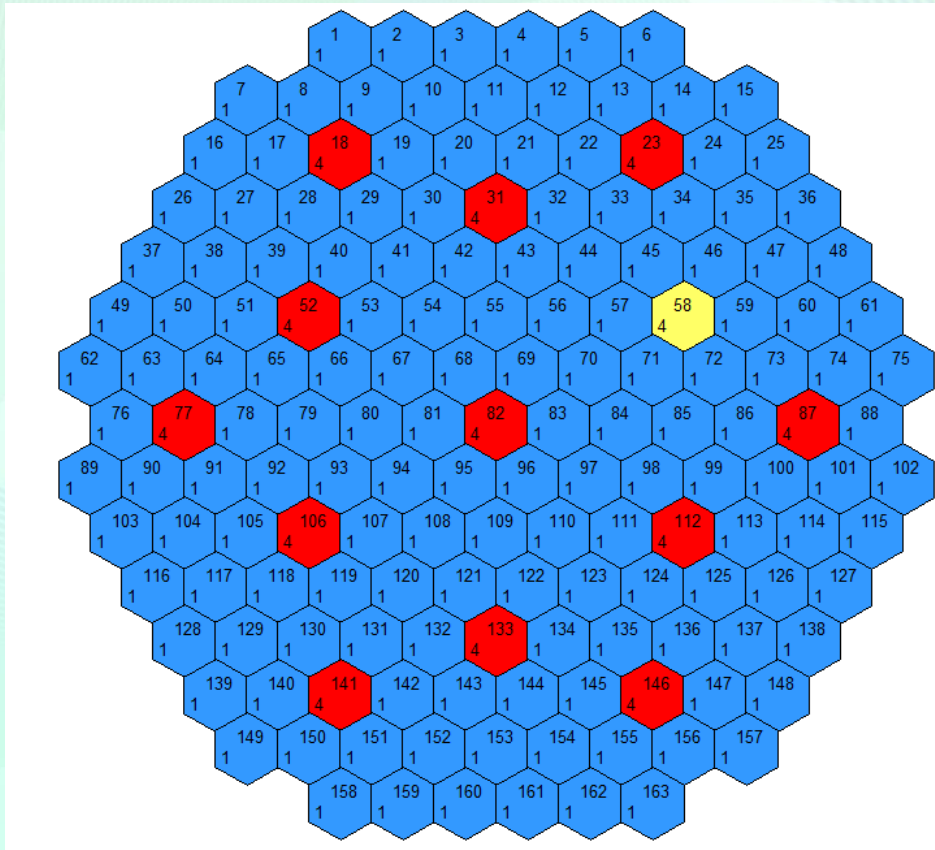
<u>300 W/cm</u>	DNBR	Relatív eltérés [%]
COBRA	1.424	-
1. TRABCO (alap)	0.842	-40.9
2. TRABCO (módosított)	1.276	<b>-10.4</b>

• Konklúzió: **a módosított TRABCO modell ésszerűen konzervatív** eredményeket ad

• A TRABCO számítási eredmények, időfüggő axiális teljesítmény- és burkolathőmérséklet-eloszlások inputjai a FRAPTRAN fűtőelemviselkedési számításoknak (konverzió)

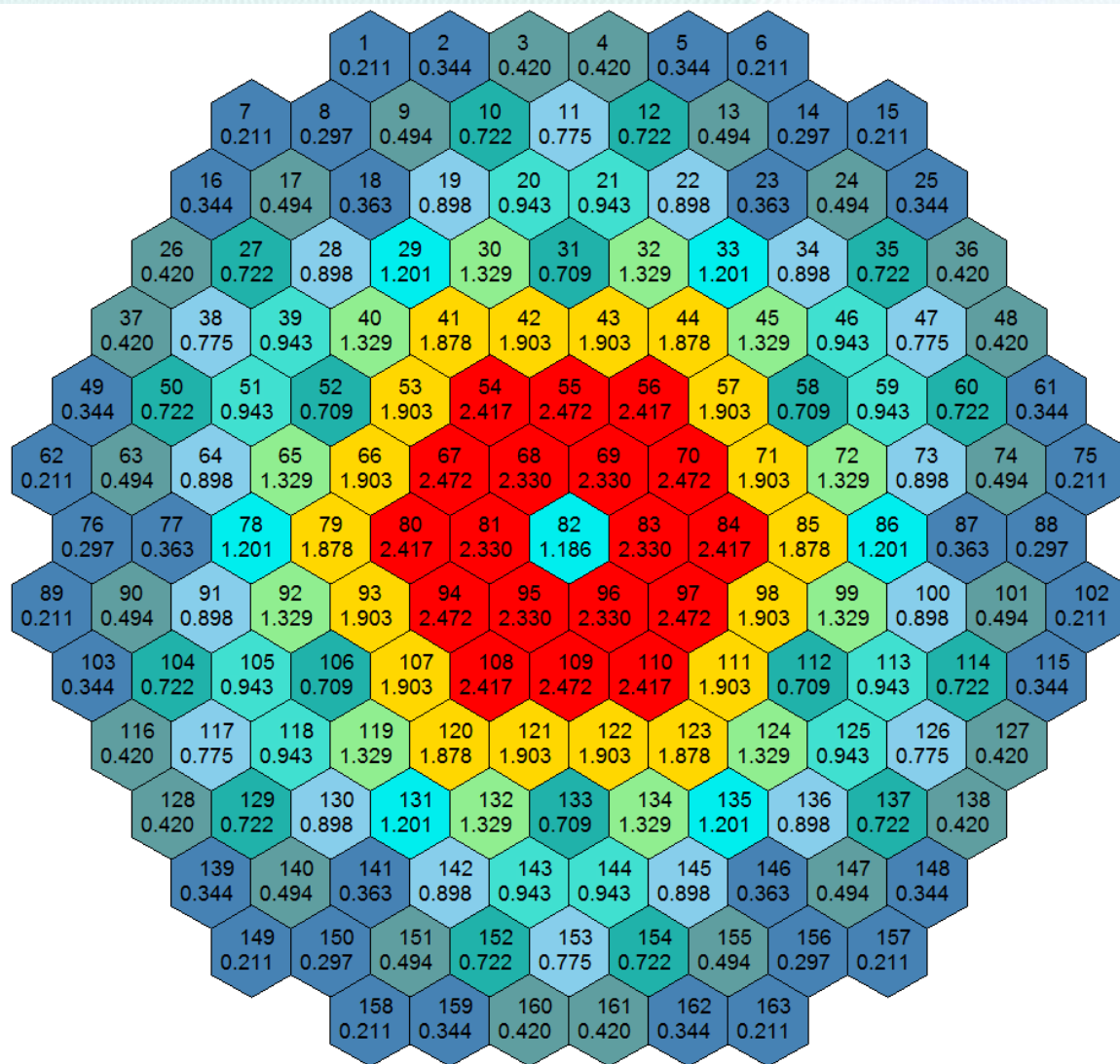
# A forrócsatorna metodika demonstrációja egy rúdkielőkődéses tranziensre

- Azonos kazettákból összerakott teszt zóna
- Kis (1%) teljesítményről induló rúdkielőkődés (~0.1 s), kezdetben a 11. és 12. csoport abszorbensei betolva



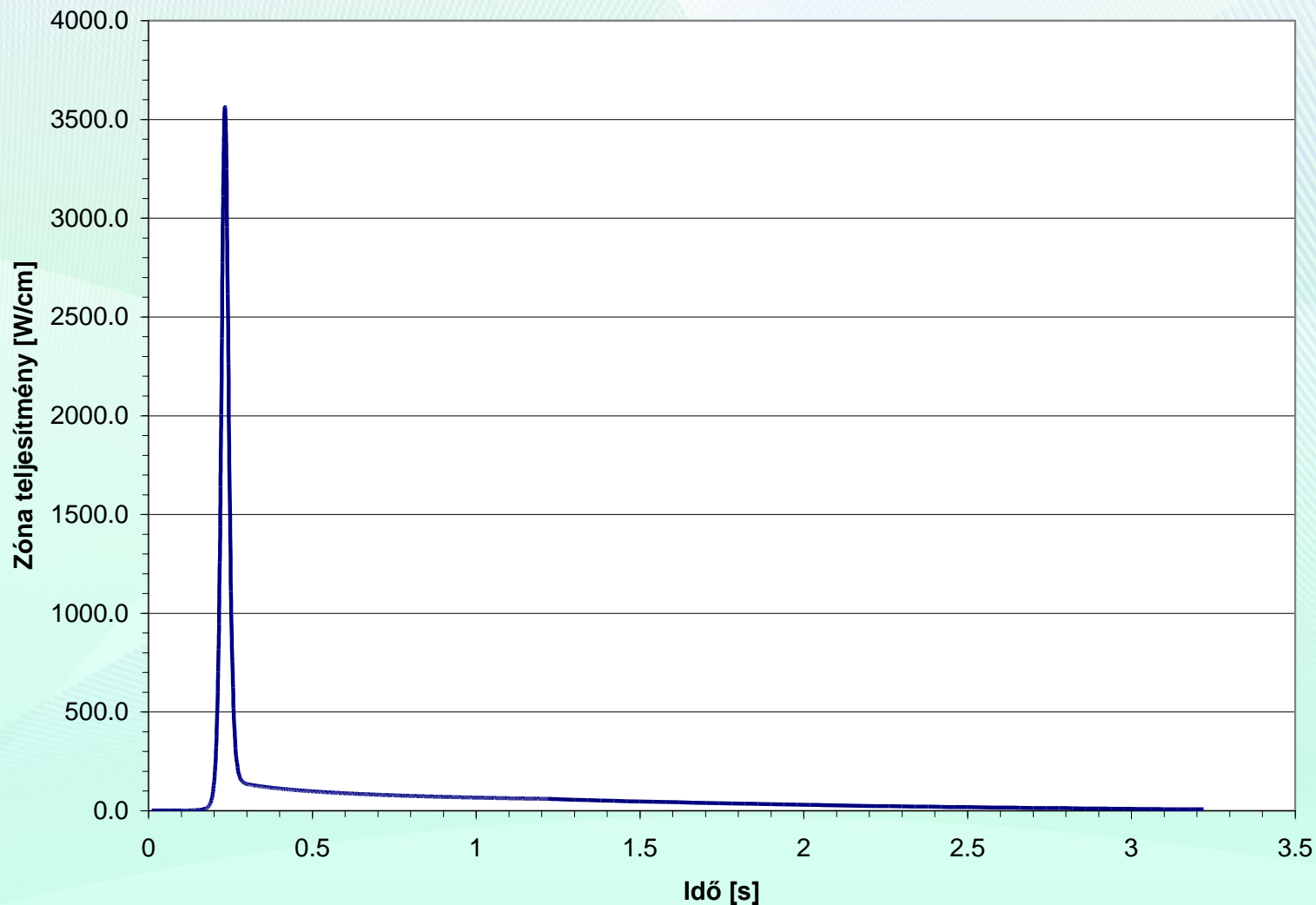


# A forrócsatorna metodika demonstrációja egy rúdkilőkődéses tranziensre, nodális szintű eredmények



Kezdeti  $K_q$  (normált radiális teljesítmény-eloszlás) eloszlás

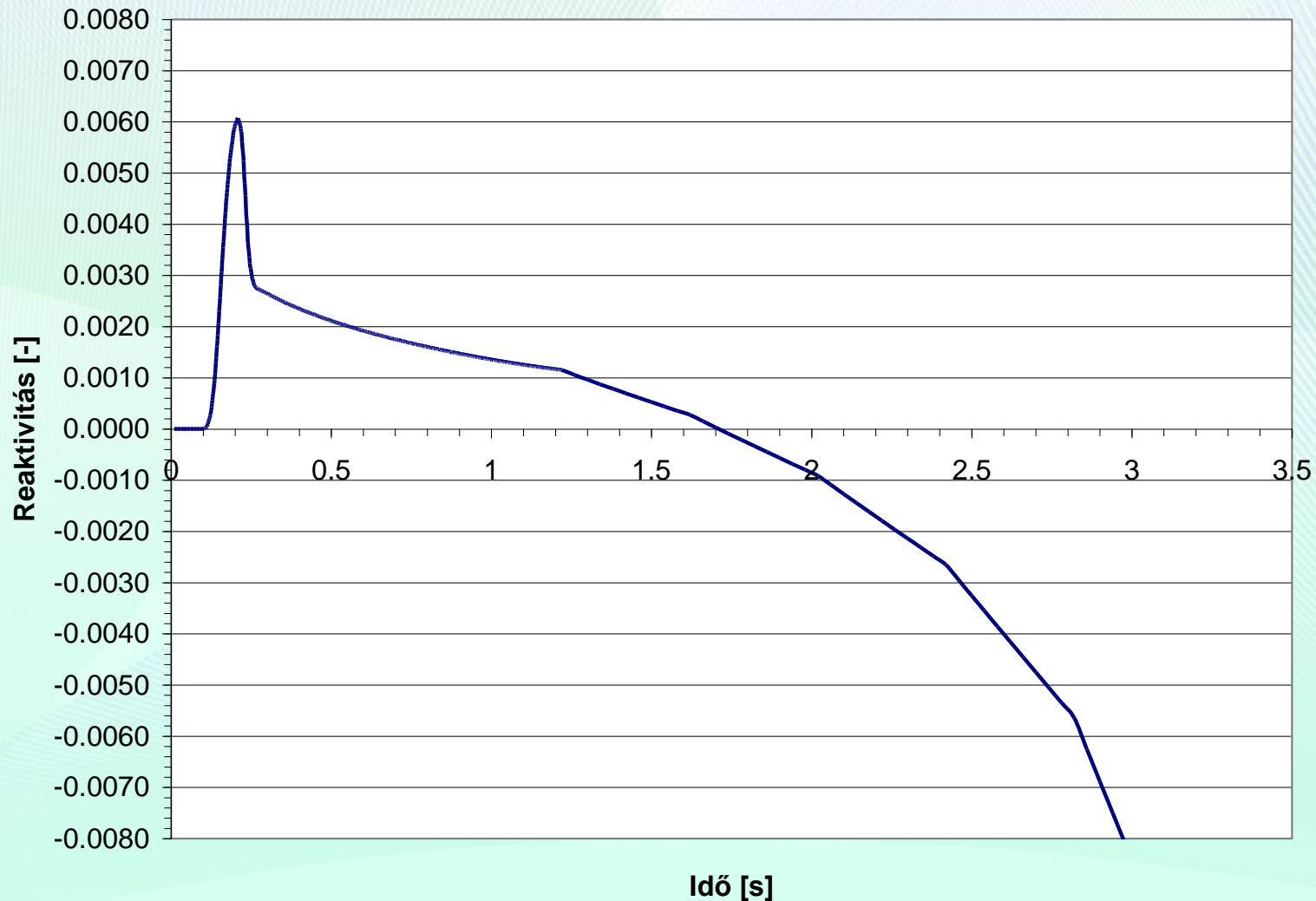
# A forrócsatorna metodika demonstrációja egy rúdkihőkődéses tranziensre, nodális szintű eredmények, folyt.



Zóna teljesítmény, átlagos lineáris hőteljesítményben megadva

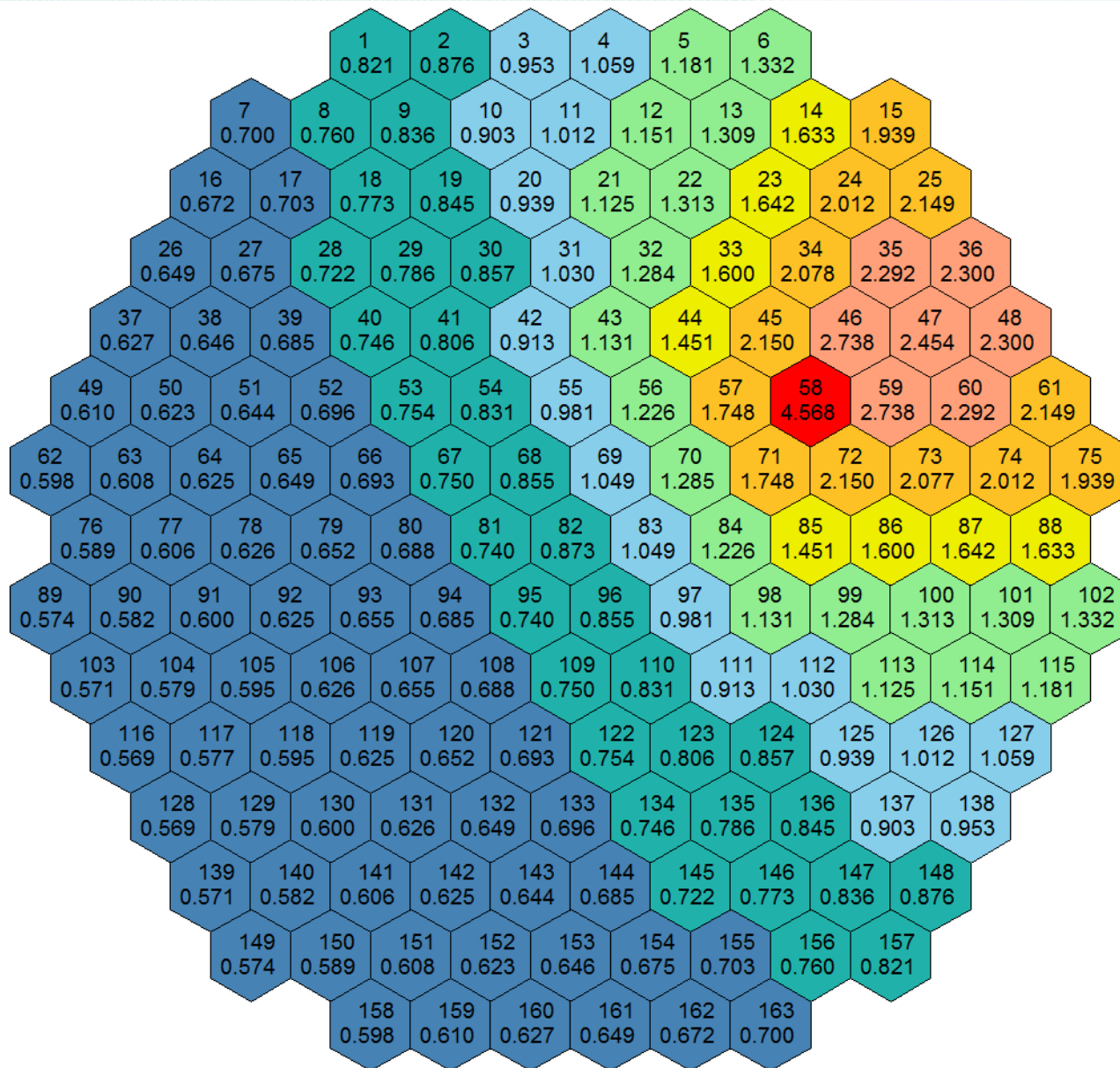


# A forrócsatorna metodika demonstrációja egy rúdkilökődéses tranziensre, nodális szintű eredmények, folyt.



Reaktivitás

# A forrócsatorna metodika demonstrációja egy rúdkilőkődéses tranziensre, nodális szintű eredmények, folyt.



Zónatérkép a többszörös forrócsatorna vizsgálatokhoz használható felosztás bemutatására,  $K_c = K_q(t_{max}) / K_q(t_0)$



# A forrócsatorna metodika demonstrációja egy rúdkielőkődéses tranziensre, forrócsatorna szintű eredmények

A forró csatorna faktorok, teljes teljesítményű kihúzott rudas állapot:

Forró sorszám	cs.	$k_x$ értéke a lin. hőteljesítmény alapján	$k_x$ értéke a pálcá-teljesítmény alapján	Választott $k_x$ forró csatorna érték
1		1.340	1.353	<b>1.340</b>
2		1.624	1.642	<b>1.624</b>
3		1.372	1.386	<b>1.372</b>
4		1.482	1.498	<b>1.482</b>
5		1.725	1.745	<b>1.725</b>
6		1.076	1.084	<b>1.076</b>
7		1.058	1.066	<b>1.058</b>
8		1.200	1.211	<b>1.200</b>

# A forrócsatorna metodika demonstrációja egy rúdkiöklődéses tranziensre, forrócsatorna szintű eredmények, folyt.

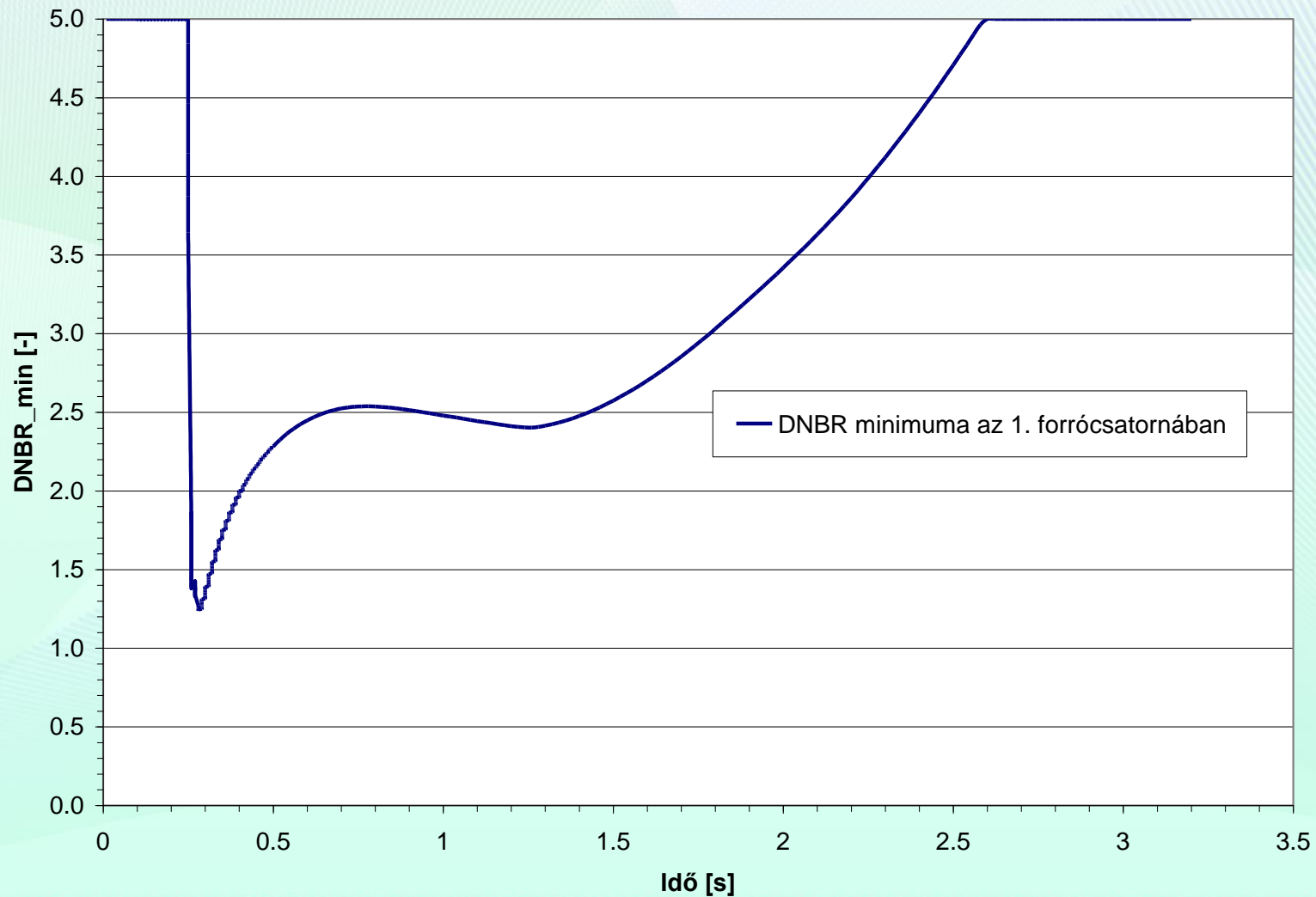
A forrócsatorna számítások eredményei, nincs limitsértés, de van forráskrízis az 1.-3. esetekben, konzervatív DNBR limit=1.33:

Csatorna sorszám	Min. hőfluxus DNBR	kritikus arány	Max. átlagolt [J/gUO <sub>2</sub> ]	radiálisan entalpia	Max. fűtőelem-hőmérséklet [°C]	Max. burkolat-hőmérséklet [°C]
1	<b>1.24</b>		<b>242.0</b>		<b>992.0</b>	<b>679.6</b>
2	<b>1.29</b>		<b>239.2</b>		<b>981.6</b>	<b>673.5</b>
3	<b>1.14</b>		<b>227.8</b>		<b>937.3</b>	<b>650.3</b>
4	2.09		154.5		729.3	353
5	4.18		133.2		611.3	351

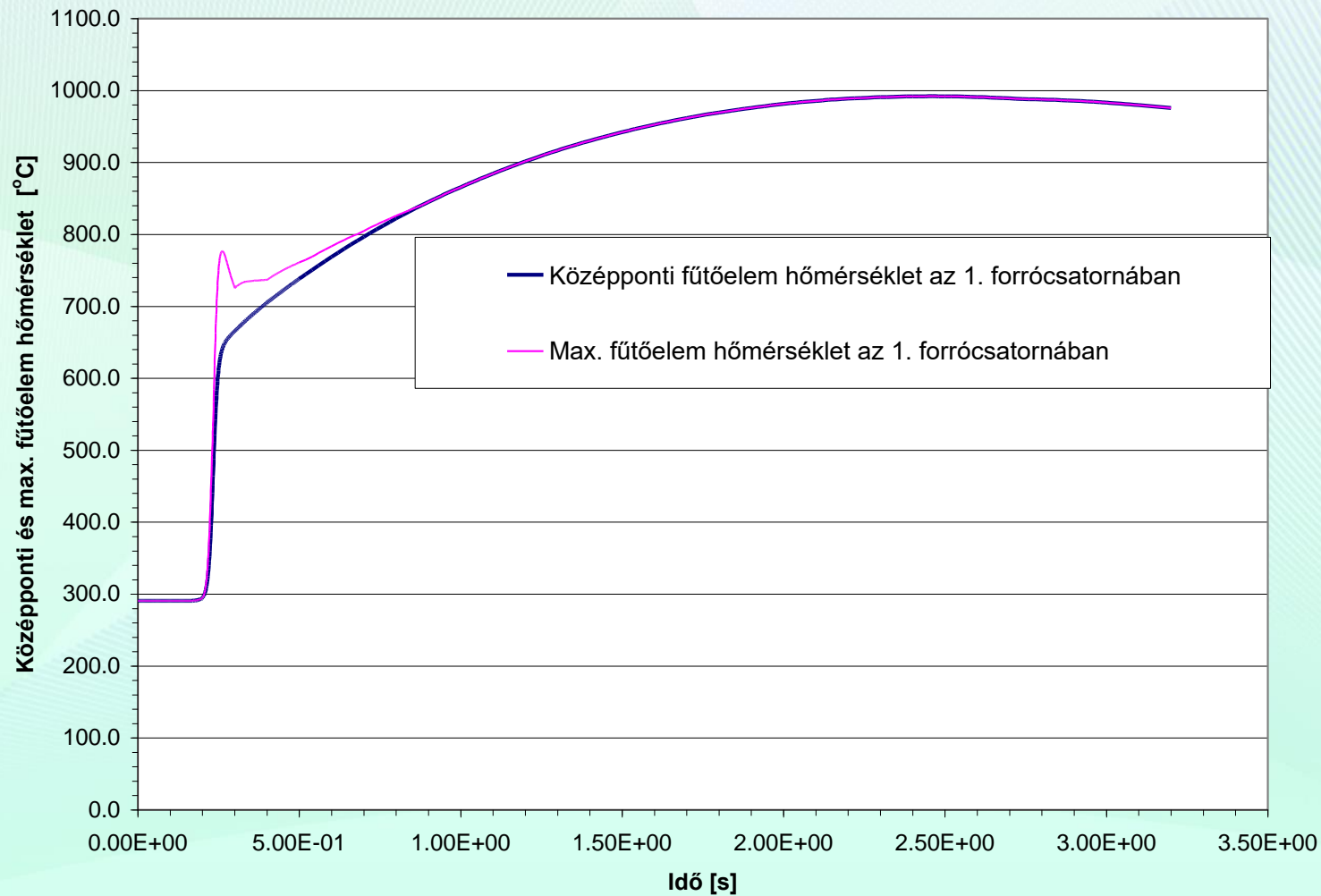
- Tervezési üzemzavarok (PA) esetben **korlátozott számú fűtőelemen a forráskrízis előfordulása megengedett, másrészt nem túl hosszú idejű DNB (forráskrízis) nem feltétlenül vezet fűtőelem sérüléshez. Az, hogy fellép-e egyáltalán fűtőelem sérülés, a továbbiakban elvégzett üzemzavari fűtőelem viselkedési számítási eredmények alapján lehet eldönteni**



# A forrócsatorna metodika demonstrációja egy rúdkihőkötéses tranziensre, forrócsatorna szintű eredmények, folyt.

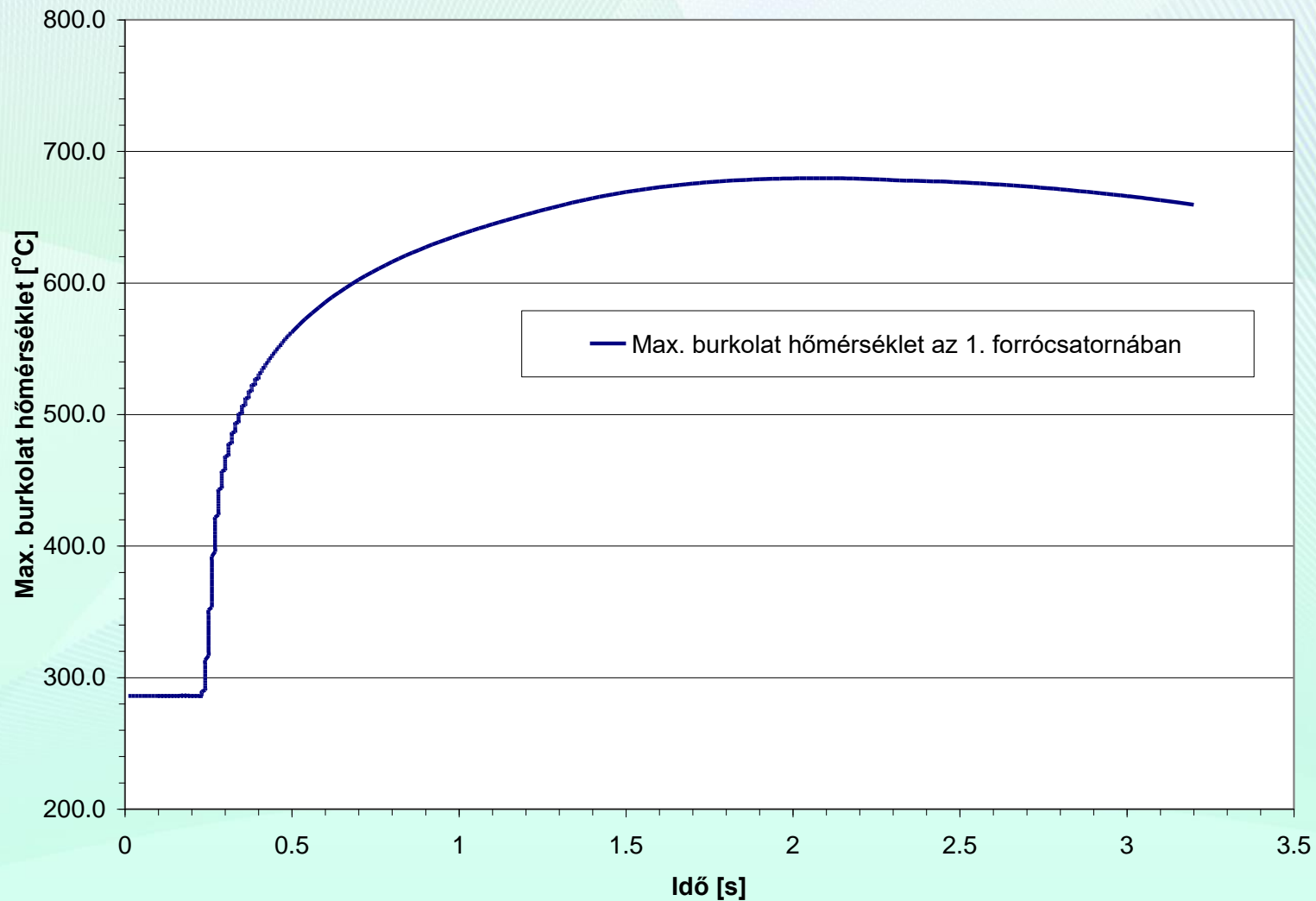


# A forrócsatorna metodika demonstrációja egy rúdkielőkődéses tranziensre, forrócsatorna szintű eredmények, folyt.

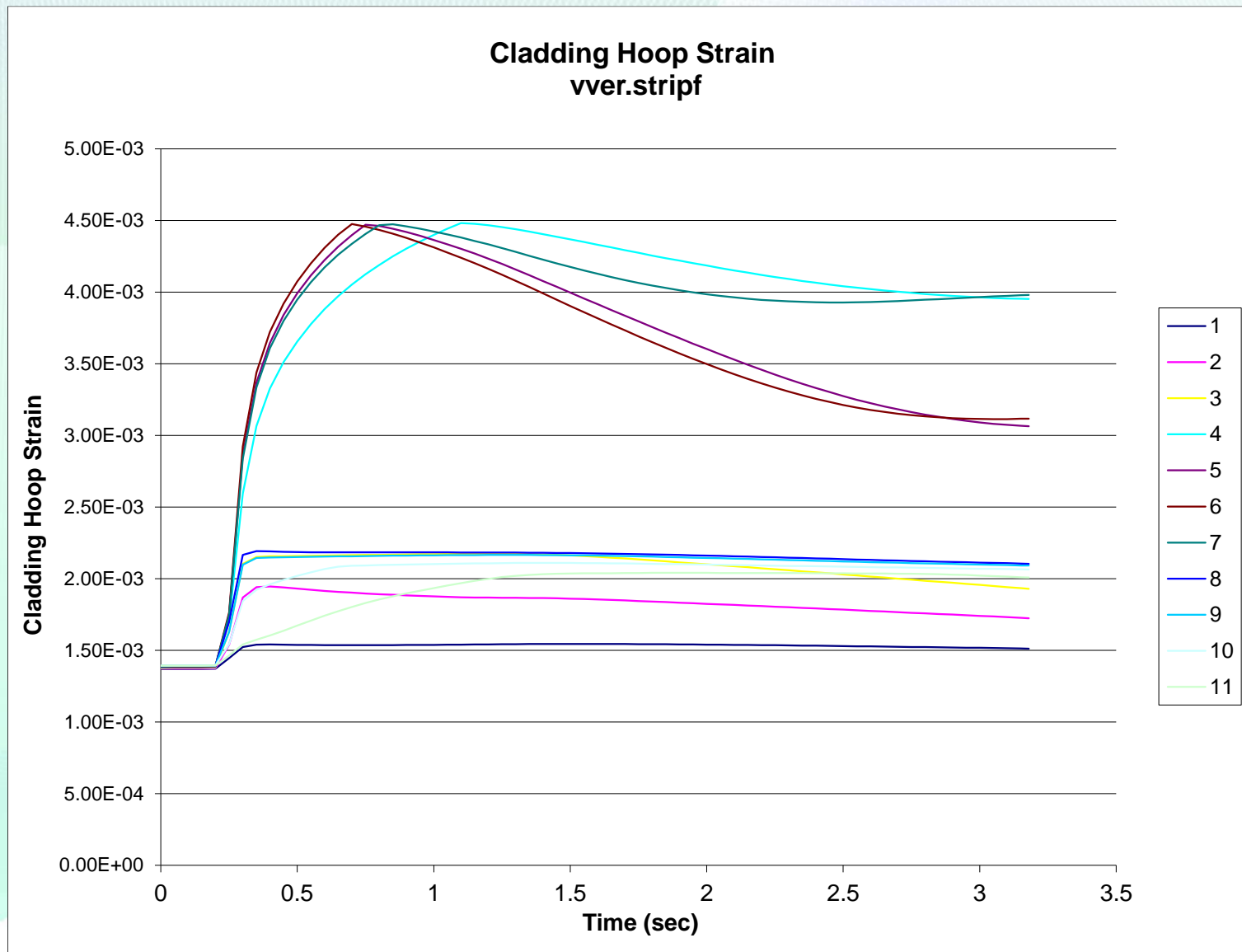




# A forrócsatorna metodika demonstrációja egy rúdkihőkötéses tranziensre, forrócsatorna szintű eredmények, folyt.



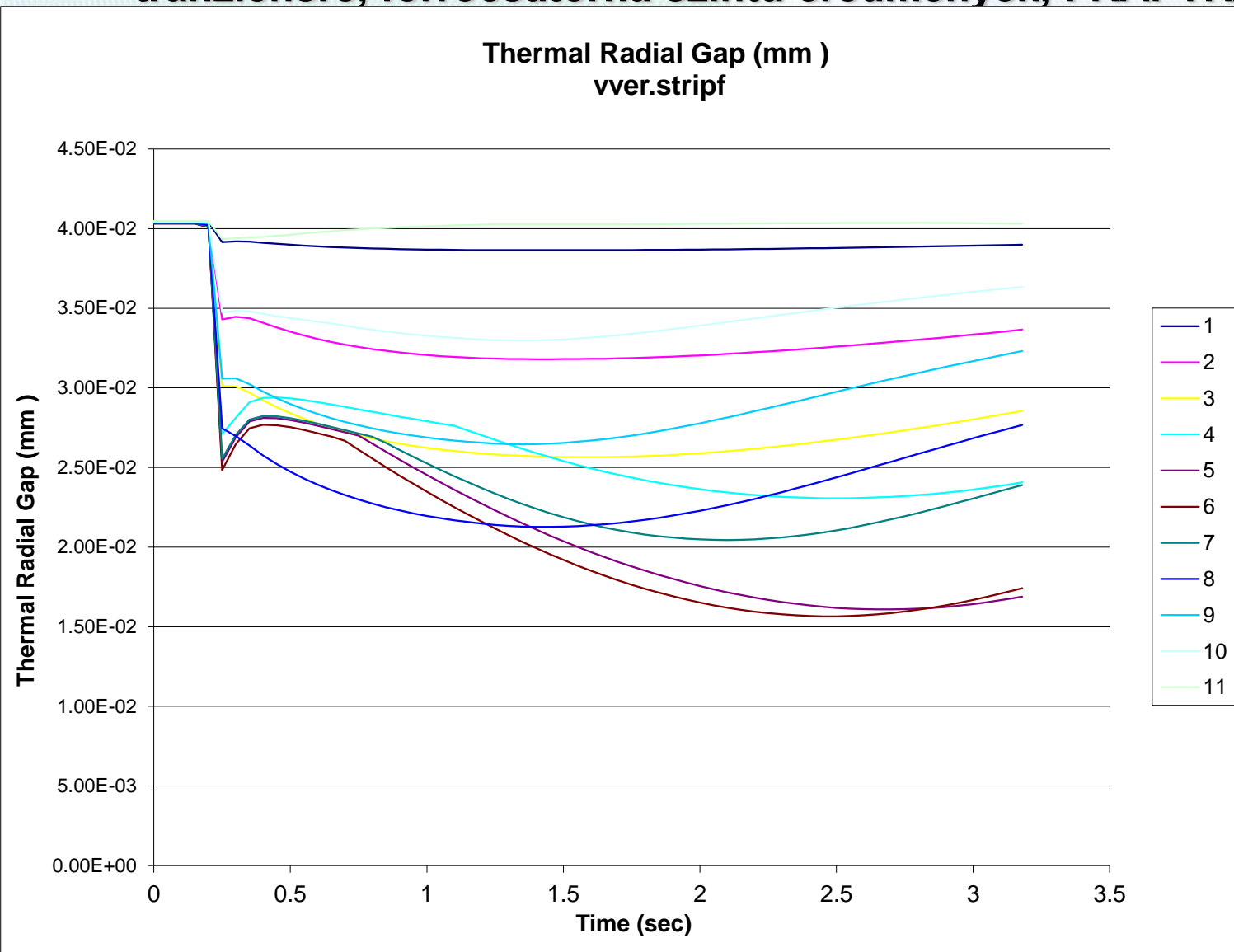
# A forrócsatorna metodika demonstrációja egy rúd kilökődéses tranziensre, forrócsatorna szintű eredmények, FRAPTRAN, folyt.



A burkolat  
kerületi  
megnyúlása az  
idő  
függvényében

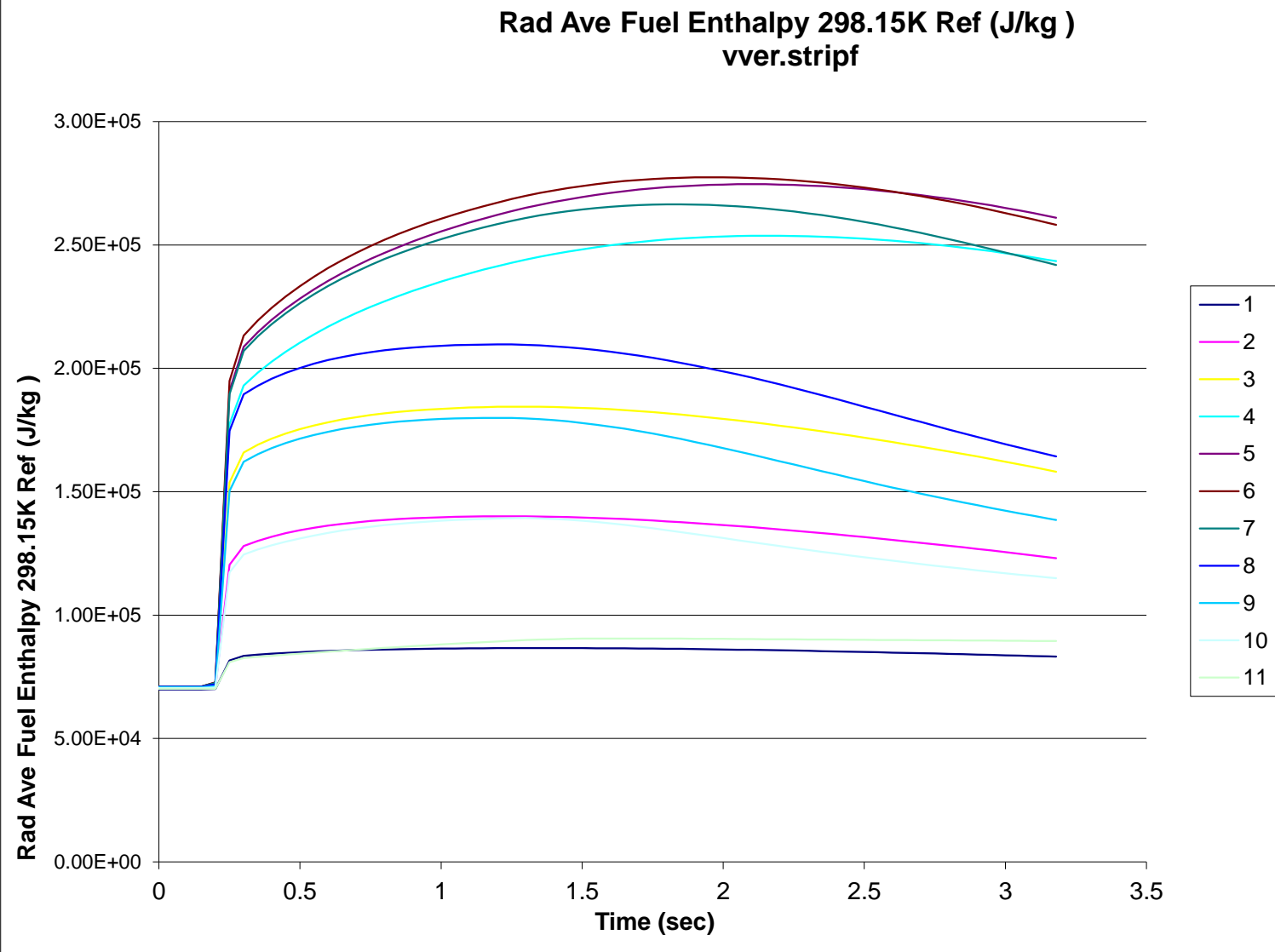


# A forrócsatorna metodika demonstrációja egy rúdkielőkődéses tranziensre, forrócsatorna szintű eredmények, FRAPTRAN, folyt.



A pasztilla és a burkolat közti rés változása az idő függvényében

# A forrócsatorna metodika demonstrációja egy rúdkielődéses tranziensre, forrócsatorna szintű eredmények, FRAPTRAN, folyt.



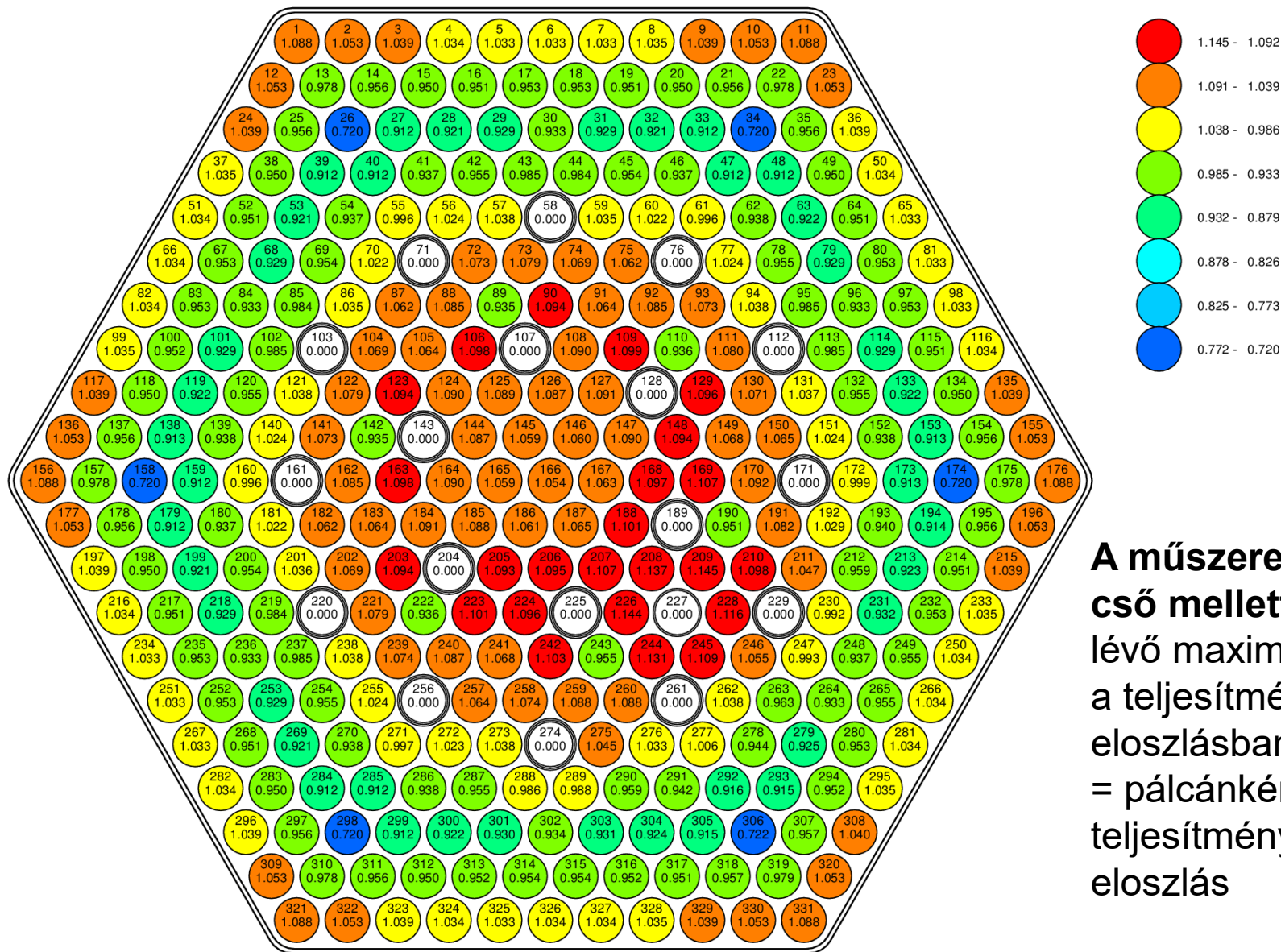
Az üzemanyag-pálca radiálisan átlagolt entalpiája az idő függvényében



# A hűtőközeg felmelegedését limitáló normálüzemi keretparaméter meghatározására

- KARATE-1200-zal számolt teljesítmény-eloszlások vizsgálata
- A teljesítmény-eloszlások torzítása (nyújtása) abból a célból, hogy különböző kazettán belüli teljesítmény-eloszlásokat tudjunk vizsgálni
- Azonos nyomásesés feltételezése üzembiztonsági esetekben
- Kazettán belüli keveredési folyamatok figyelembevétele
- A tendenciák a fontosak
- A maximális pálcatelesítményt vizsgáljuk, kezdetben normálüzemben korlátozzuk, kérdés, hogy mi van üzembiztonsági esetben
- Részletes COBRA számítások: 1.5-szeres és 1.2-szeres teljesítményszorzó a normálüzemhez képest

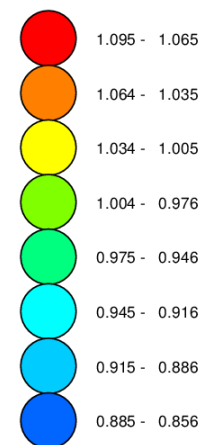
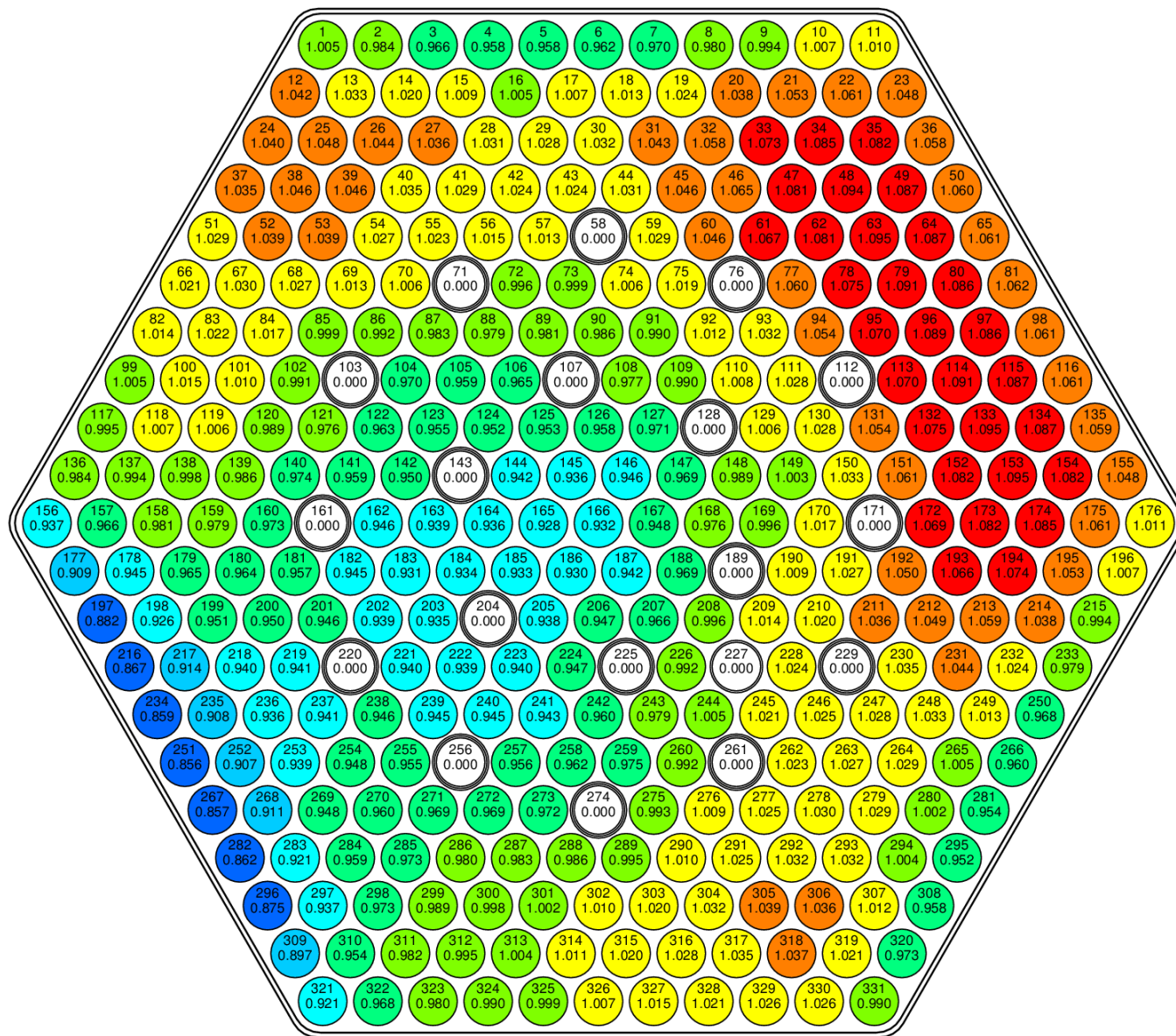
# A hűtőközeg felmelegedését limitáló normálüzemi keretparaméter meghatározására, folyt.



**A műszerezési cső mellett lévő maximum a teljesítmény-eloszlásban,  $K_k$  = pálcánkénti teljesítmény-eloszlás**



# A hűtőközeg felmelegedését limitáló normálüzemi keretparaméter meghatározására, folyt.

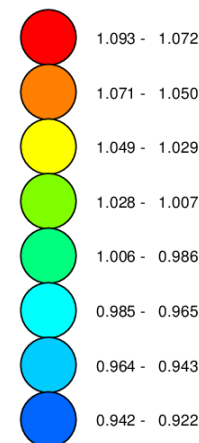
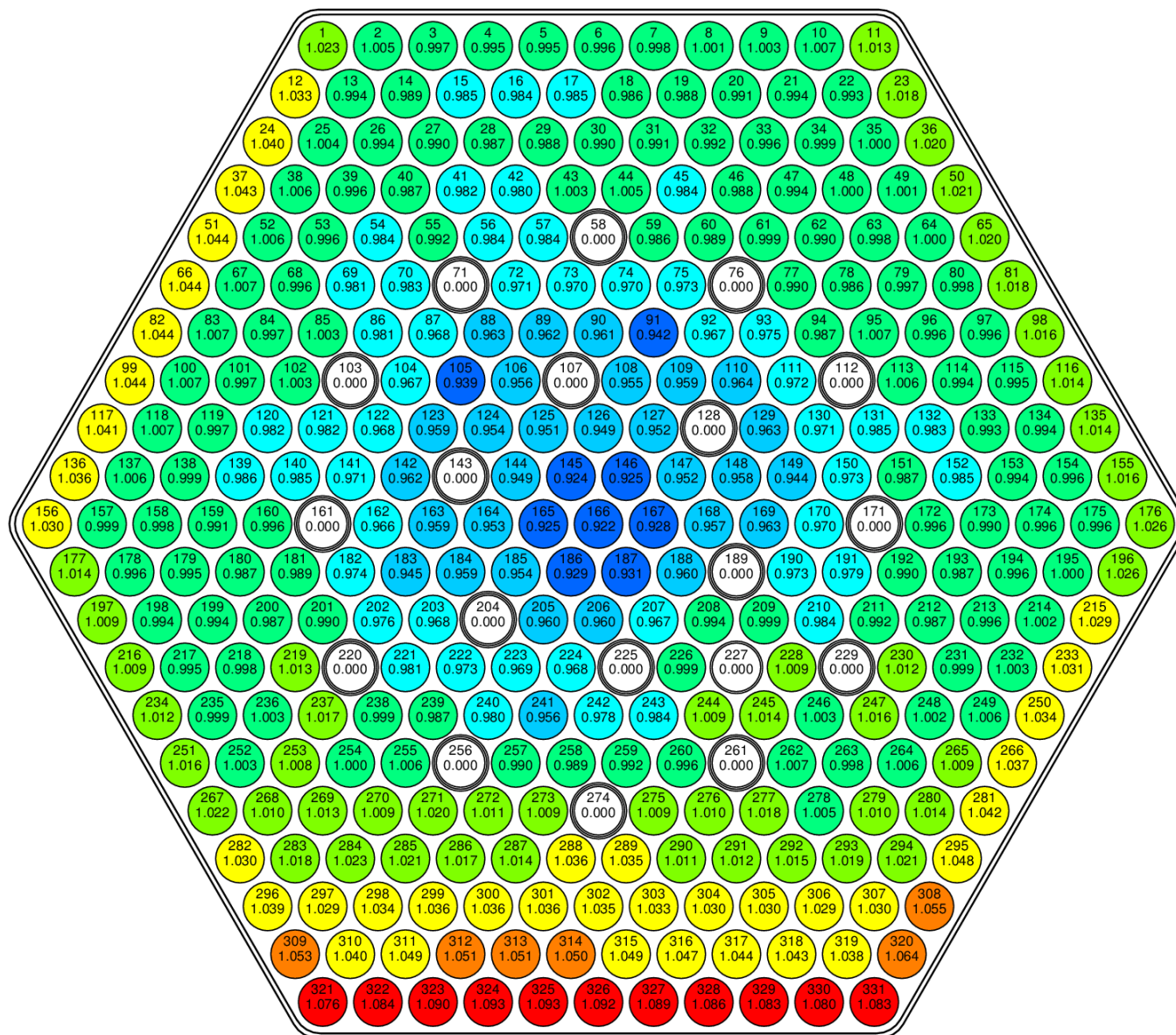


**A kazetta „belsejében” lévő maximum a teljesítmény-eloszlásban,  $K_k$  = pácánkénti teljesítmény-eloszlás**



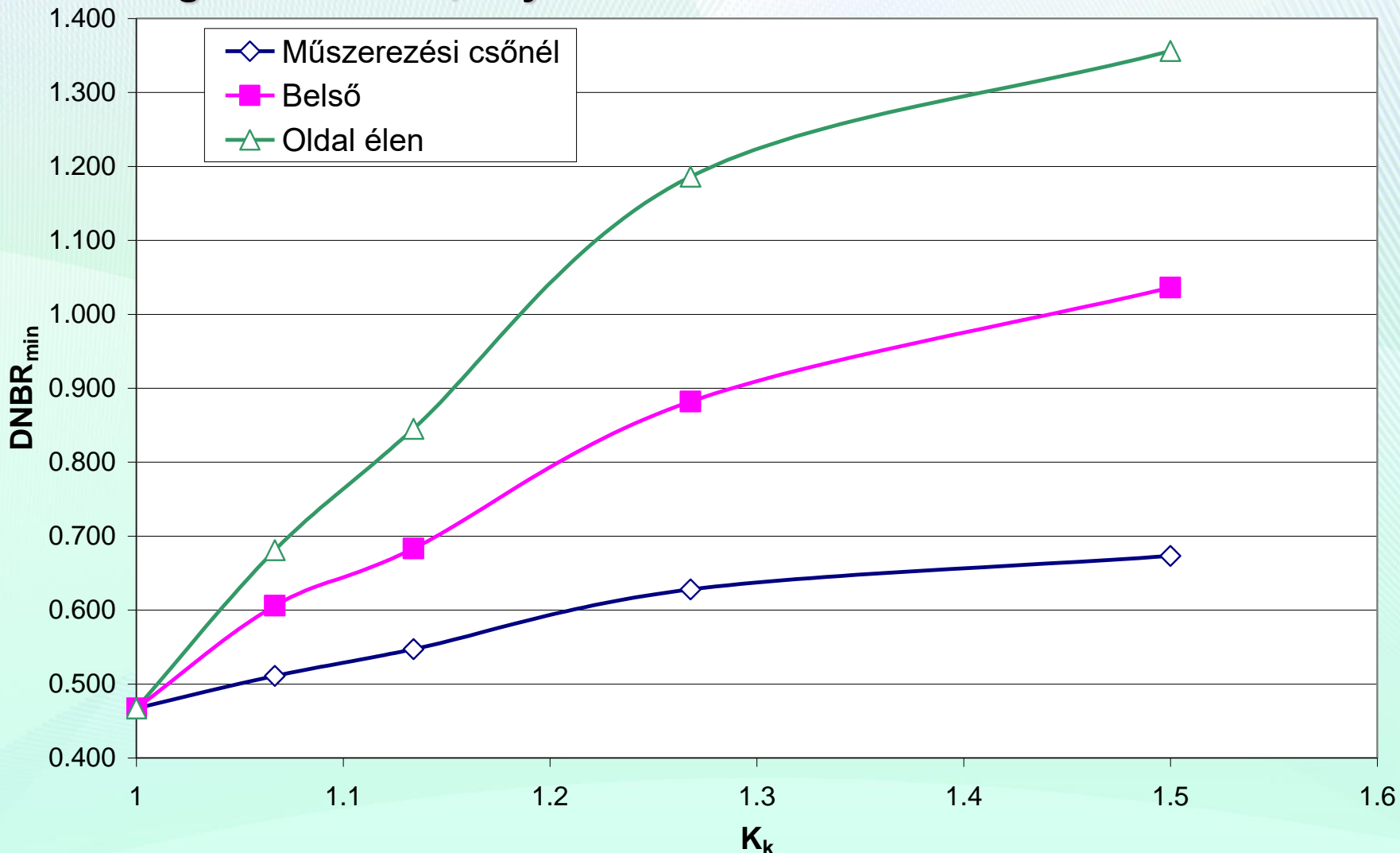


# A hűtőközeg felmelegedését limitáló normálüzemi keretparaméter meghatározására, folyt.



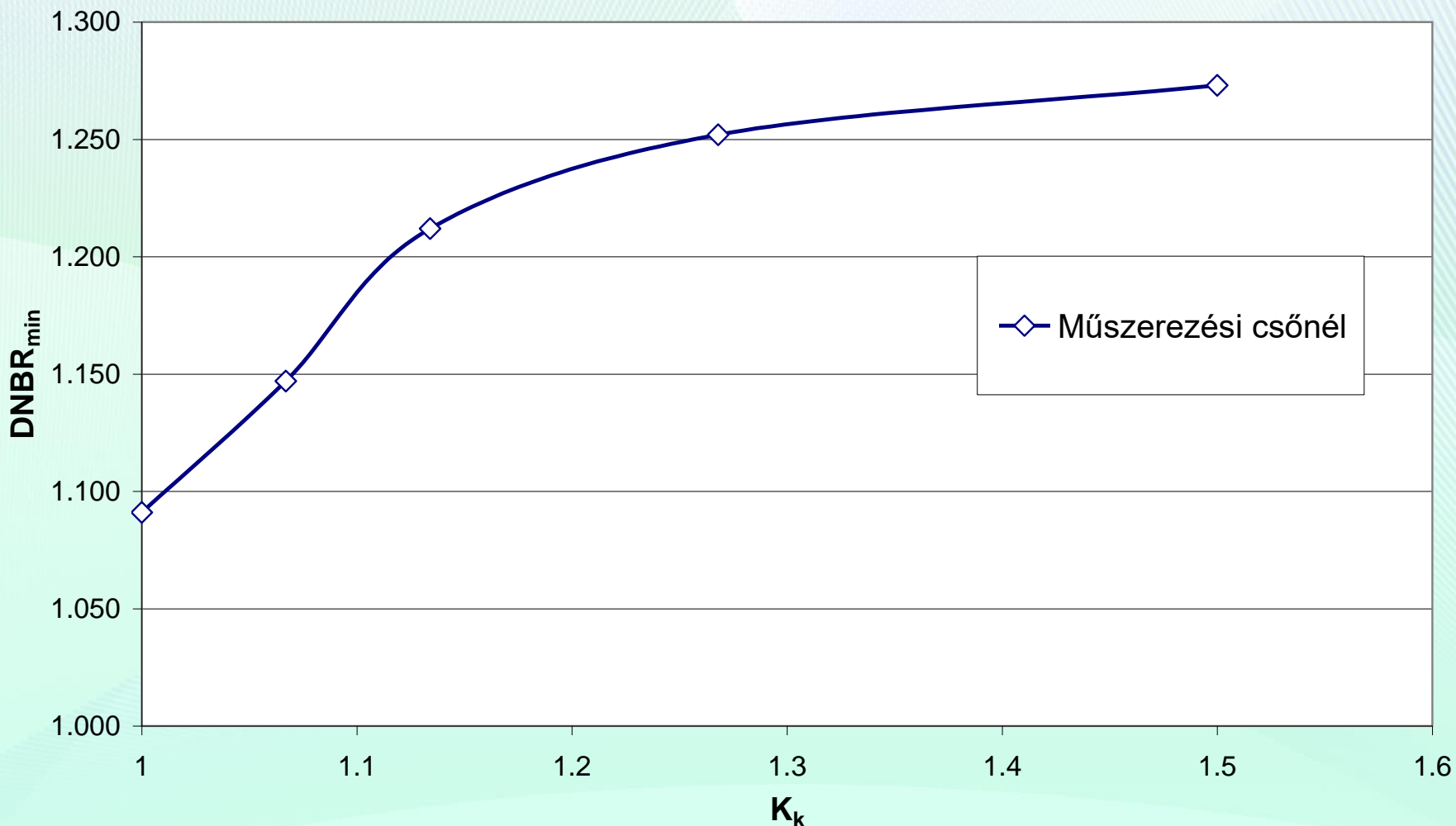
**A kazetta szélén lévő maximum a teljesítmény-eloszlásban, Kk = pálcánkénti teljesítmény-eloszlás**

# A hűtőközeg felmelegedését limitáló normálüzemi keretparaméter meghatározására, folyt.



1.5-szeres teljesítményszorzó („ATWS”), a kezdeti állapotban a pálcatelesítmény szerinti korlátozás

# A hűtőközeg felmelegedését limitáló normálüzemi keretparaméter meghatározására, folyt.



1.2-szeres teljesítményszorzó („Rúdhúzás”), a kezdeti állapotban a pálcatelesítmény szerinti korlátozás



## Konklúziók

- Bemutattuk az új blokkok geometriájára, jellemzőire kifejlesztett új **KIKO3D-COBRA-TRABCO-FRAPTRAN** számítási rendszert, annak céljából, hogy a forrócsatorna és fűtőelemviselkedési számításokat szubcsatorna szinten is el lehessen végezni.
- Konzervatív forrócsatorna metodikát dolgoztunk ki
- A kidolgozott metodikát egy rúdkiöklődéses tranziensen keresztül demonstráltuk és megállapítottuk, hogy a **KIKO3D-COBRA-TRABCO-FRAPTRAN** számítási rendszer alkalmas az új blokkokra vonatkozóan a tekintett gyors tranziensek (pl. rúdkiöklődés) és RIA események forrócsatorna szintű mennyiségeinek konzervatív számítására
- A hűtőközeg felmelegedését limitáló normálüzemi keretparaméter tekintetében - a KARATE-1200 kóddal számolt, többfajta kazettán belüli teljesítményeloszlást felhasználva – részletes COBRA sokcsatorna számítások eredményei alapján azt találtuk, hogy ***a pálcateljesítmény normálüzemi korlátozása megfelelő keretparaméter az üzemzavari elemzésekhez, és ilyenkor a kötegen belüli egyenletes pálcánkénti teljesítmény-eloszlás feltételezése konzervatív eredményhez vezet.***





Köszönöm a figyelmet !



MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
ENERGIATUDOMÁNYI KUTATÓKÖZPONT