

# A hermetikus téri levegőben kialakuló aktivitás koncentrációjának és terjedésének számítása

Szántó Péter<sup>1</sup>, Czifrus Szabolcs<sup>2</sup>, Deme Sándor<sup>1</sup>, Fehér Sándor<sup>2</sup>,  
Pázmándi Tamás<sup>1</sup>, C. Szabó István<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Budapest*

<sup>2</sup>*Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest*

<sup>3</sup>*MVM Paksi Atomerőmű Zrt., Paks*



# Áttekintés

- Bevezetés
- Geometria
- Reakciósebesség
- Forrásaktivitás
- Terjedés a hermetikus térben
- Eredmények
- Összefoglalás

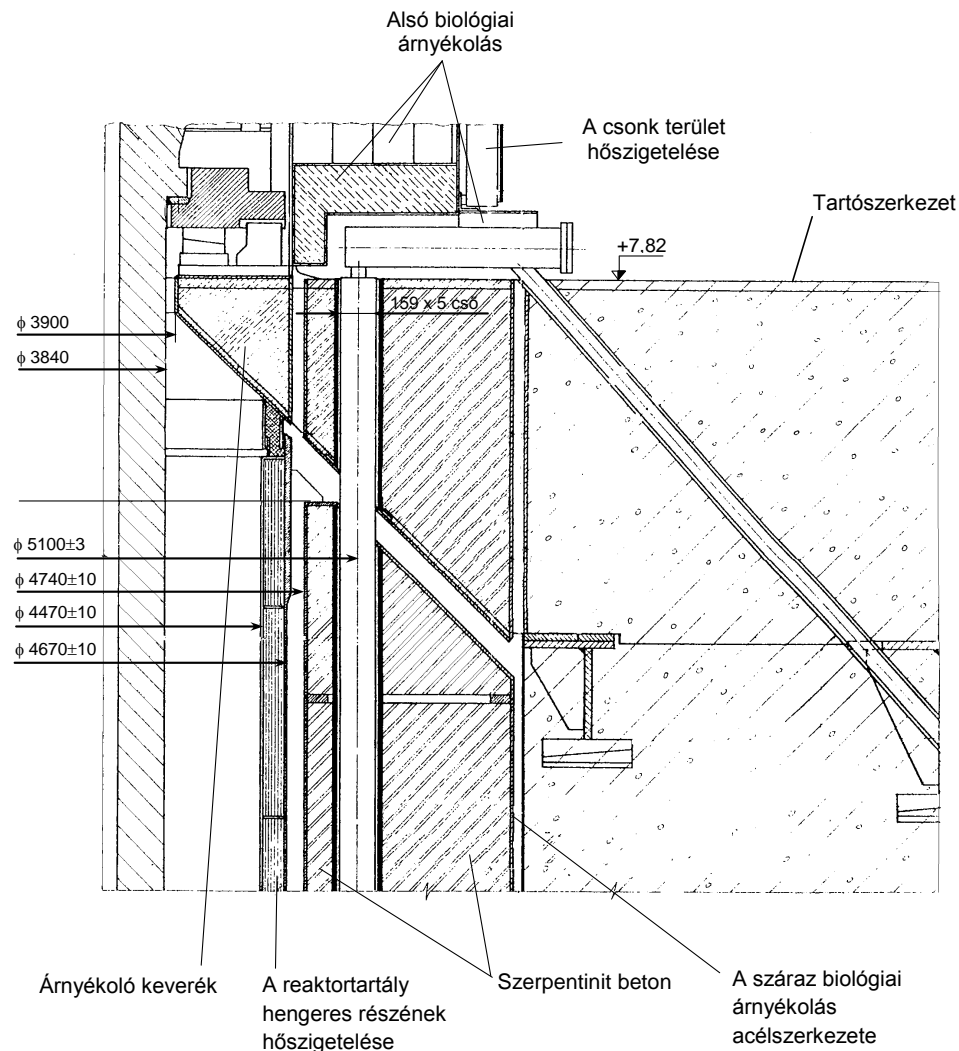


# Bevezetés

- A hermetikus téri levegő felaktiválódása
  - A VBJ nem tárgyalja
  - A hermetikus téri aktivitás kialakulásában szerepet játszik
- Feladat: a hermetikus téri levegőfelaktiválódás becslése
  - A felaktiválódás helyének meghatározása
  - A reakciósebesség becslése (BME NTI)
  - Terjedés a hermetikus térben (MTA EK)

# A levegő felaktiválódásának helye

- A reaktortartály közvetlen környezete
  - Megfelelően nagy fluxus
  - A légterek többé-kevésbé összeköttetésben vannak a hermetikus tér helyiségeivel
  - Négy térrész
    - A reaktortartály hengeres része és annak hőszigetelése közötti térrész
    - A reaktortartály hengeres részének hőszigetelése
    - A reaktortartály hengeres részének hőszigetelése és a szerpentinit beton közötti térrész
    - Az ionizációs kamrák védőcsövei





# A reaktortartály hengeres része és annak hőszigetelése közötti térrész (I. térrész)

- Közelítőleg 30 cm vastag hengergyűrű
- A reaktortartály külső felülete és a reaktortartály hengeres hőszigetelése határolja
  - Nincs szellőztetve
  - Természetes áramlás
  - Tartalma az A201-es helyiségbe tud kiáramlani
- Térfogata 26 m<sup>3</sup>



3-as ékköz, 1-2 hurok között, 2-es hurok felé



# A reaktortartály hengeres részének hőszigetelése (II. térrész)

- Acéllemezek és köztük lévő légrések alkotják
- A légrésekből azok tartalma furatokon keresztül képes távozni a szerpentinit beton (III. térrész) felé
- A légrések térfogata
  - A hőszigetelés térfogatának 76,7%-a levegő
  - Légtérfogat: 6,61 m<sup>3</sup>



# A reaktortartály hengeres részének hőszigetelése és a szerpentinit beton közötti térrész (III. térrész)

- 3,5 cm vastag hengergyűrű
  - Keresztmetszeti felület:  $0,52 \text{ m}^2$
- A TL03 recirkulációs szellőzőrendszer hozamának egy része itt halad keresztül az A201 helyiség felé
  - $\sim 22\,000 \text{ m}^3/\text{h}$
- Áramlási sebesség:  $11,82 \text{ m/s}$ .
- Térfogat:  $3,12 \text{ m}^3$



# Az ionizációs kamrák védőcsövei (IV. térrész)

- A szerpentinit betonban futó 24 db cső
  - 168 mm külső átmérő
  - Bennük futnak az ionizációs kamrák mozgatóját lehetővé tevő belső védőcsövek
  - A 24 cső együttes szabad keresztmetszeti felülete:  $0,19 \text{ m}^2$
- A TL03 recirkulációs szellőzőrendszer hozamának egy része itt halad keresztül az A201 helyiség felé
  - $\sim 13\,000 \text{ m}^3/\text{h}$
- Áramlási sebesség:  $18,57 \text{ m/s}$ .
- Térfogat:  $0,58 \text{ m}^3$



# Figyelembe vett magreakciók

- Sugárvédelmi szempontból jelentős magreakciók
  - $^{16}\text{O}(n,p)^{16}\text{N}$ ,
  - $^{14}\text{N}(n,p)^{14}\text{C}$
  - $^{40}\text{Ar}(n,\gamma)^{41}\text{Ar}$
- A legnagyobb koncentrációban jelen levő  $^{14}\text{N}$ -re és  $^{16}\text{O}$ -ra leginkább jellemző  $(n,\gamma)$  reakciók stabil nuklidokat eredményeznek

A levegő fő összetevői [Pac98]

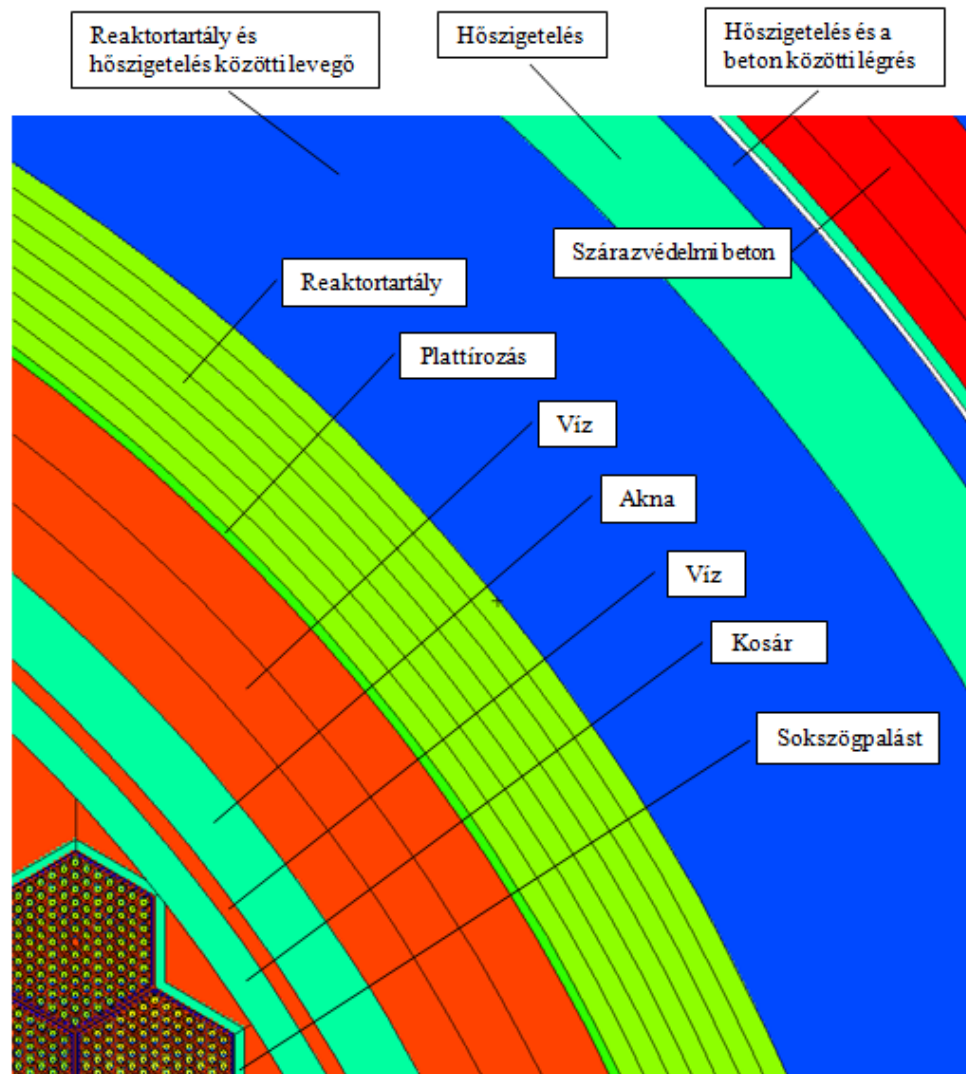
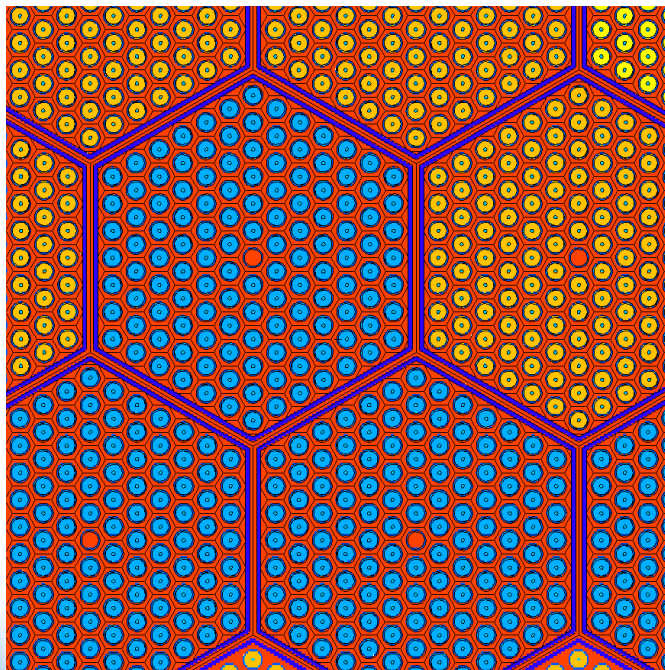
Összetevő	Térfogat %
Nitrogén	78,084
Oxigén	20,946
Argon	0,9340
Szén-dioxid	0,035
Neon	0,001818
Hélium	0,000524
Metán	0,0001745
Kripton	0,000114





# A reakciósebességek meghatározása

A reaktor MCNP modellje kiegészítve a vizsgált légrészekkel (BME)



# Reakciósebességek

Nuklid	Felezési idő	Reakció	Átlagos reakciósebesség a vizsgált térrészre [ $\text{m}^{-3}\text{s}^{-1}$ ]			
			I. térrész	II. térrész	III. térrész	IV. térrész
$^{41}\text{Ar}$	1,83 óra	$^{40}\text{Ar}(n,\gamma)^{41}\text{Ar}$	$1,37 \cdot 10^{08}$	$2,34 \cdot 10^{08}$	$4,08 \cdot 10^{08}$	$1,07 \cdot 10^{09}$
$^{14}\text{C}$	5730 év	$^{14}\text{N}(n,p)^{14}\text{C}$	$8,71 \cdot 10^{10}$	$1,29 \cdot 10^{11}$	$2,07 \cdot 10^{11}$	$5,04 \cdot 10^{11}$
$^{16}\text{N}$	7,13 s	$^{16}\text{O}(n,p)^{16}\text{N}$	$3,20 \cdot 10^{06}$	$2,49 \cdot 10^{06}$	$2,01 \cdot 10^{06}$	$6,40 \cdot 10^{05}$

- I. térrész: A reaktortartály hengeres része és annak hőszigetelése közötti térrész
- II. térrész: A reaktortartály hengeres részének hőszigetelése
- III. térrész: A reaktortartály hengeres részének hőszigetelése és a szerpentinit beton közötti térrész
- IV. térrész: Az ionizációs kamrák védőcsövei

# Forrásaktivitások

$$n_f = r \cdot V_{\text{rés}} \cdot \lambda_n \cdot T_N / T_i$$

Térrész	Hőmérséklet (°C)	Hőmérséklet (K)	Megjegyzés
I.	250	523	A reaktortartály közelítőleg 270 °C-os fala és a hőszigetelés között kialakuló levegőhőmérséklet
II.	150	423	-
III.	80	353	A szerpentinit beton hűtését a TL03 közelítőleg 40 °C-os levegője végzi. A térrészt a másik oldalról a hőszigetelés (II. térrész) határolja
IV.	41	314	A térrészt hűtő TL03 rendszer átlagos léghőmérséklete 41 °C

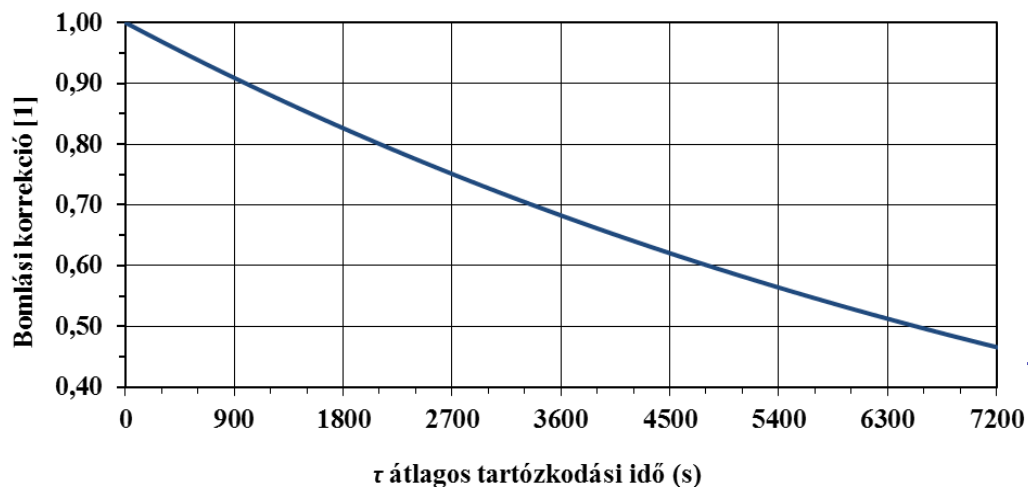


# Tartózkodási idő I.

$$C_D = e^{-\lambda \cdot \tau}$$

- A vizsgált térrészekből a keletkező nuklidok nem azonnal jutnak a hermetikus térbe (A201-es helyiség)
  - Az eltelt idő alatt a radioaktív bomlás miatt csökken az aktivitásuk
- A  $^{16}\text{N}$  7,13 s-os felezési ideje miatt nem jut el a mérőberendezésekig
  - Bár a III. és a IV. térrészből viszonylag hamar kijut a szellőztetésnek köszönhetően
- A  $^{14}\text{C}$  aktivitásának csökkenése 5730 éves felezési ideje miatt a vizsgált térrészekben nem számottevő

# Tartózkodási idő II.



Bomláskorrekció a  $\tau$  átlagos tartózkodási idő függvényében  $^{41}\text{Ar}$  esetében

Térrész	Tartózkodási idő (s)
I.	600
II.	300
III.	0,25
IV.	0,1



# Forrásaktivitások - eredmények

Térrész	Forrásaktivitás [Bq/s]	
	$^{41}\text{Ar}$	$^{14}\text{C}$
I.	$1,85 \cdot 10^5$	4,53
II.	$1,03 \cdot 10^5$	2,11
III.	$1,04 \cdot 10^5$	1,91
IV.	$5,72 \cdot 10^4$	0,97
Összesen	$4,49 \cdot 10^5$	9,52

- A  $^{14}\text{C}$  aktivitása legalább négy nagyságrenddel kisebb, mint az  $^{41}\text{Ar}$ -é
  - Felezési ideje: 5730 év
  - A keletkező  $^{14}\text{C}$  jelentős része kijut a környezetbe



# Terjedés a hermetikus térben

- Két módszerrel vizsgáltuk a keletkező aktivitás terjedését a hermetikus térben
  - Egyszerűsített módszer
  - Kilenc nódusos modell
- Mindkét módszer esetén a NUBIKI (VEIKI) 25 nódusos modelljét vettük alapul [NUBIKI].



# Egyszerűsített módszer

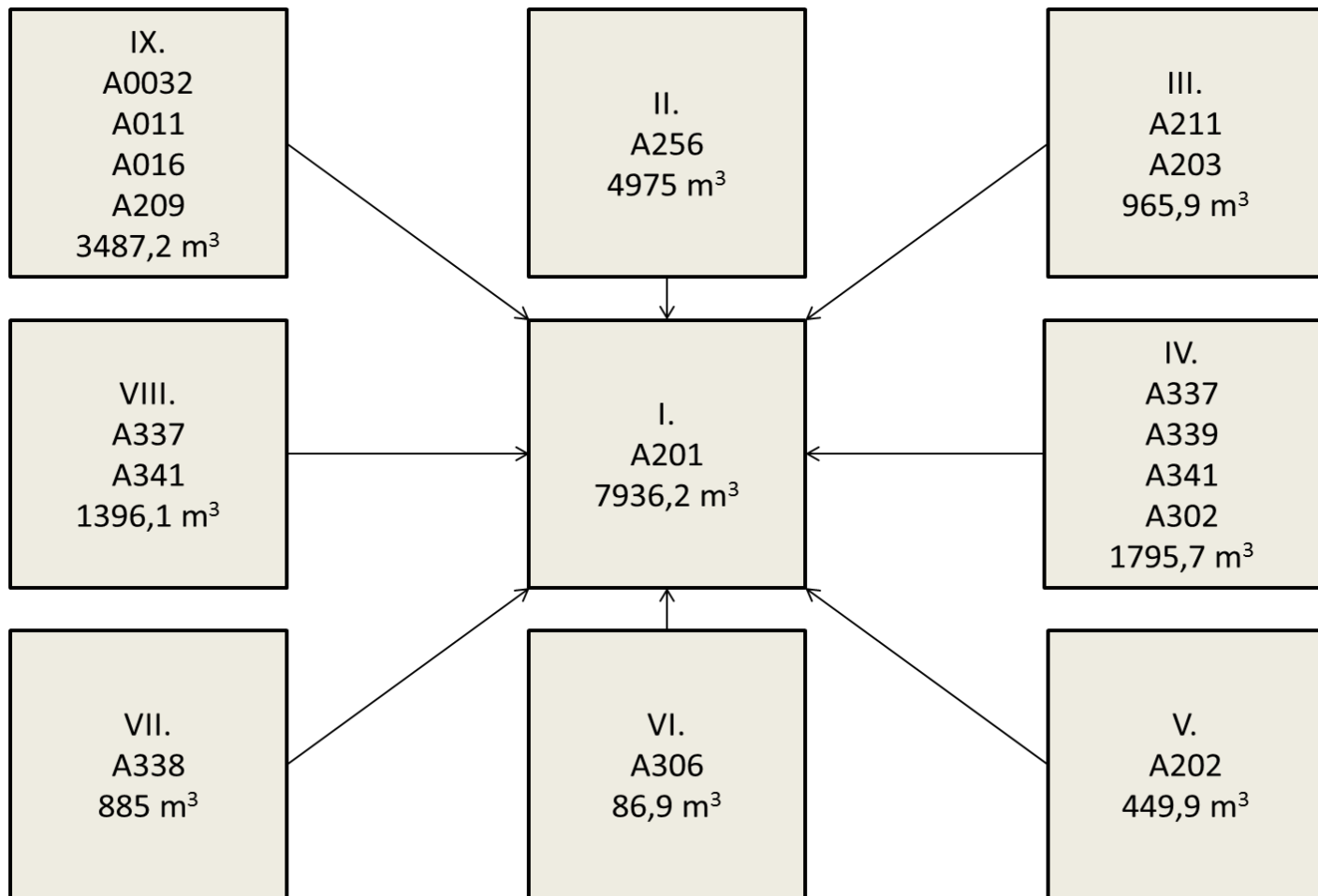
- A hermetikus teret egy légtérnek számítva
  - Azonnali elkeveredést feltételezve
  - Térfogat: 21 978 m<sup>3</sup>
  - Elszívás: TN02-es rendszer, 1250 m<sup>3</sup> /h



# Kilenc nódusos modell

- A nódusokban azonnali elkeveredés
- Az üzemi szívó és recirkulációs szellőztető rendszerek hatása
  - TL01 és TN02
  - Az azonnali elkeveredés feltételezése miatt a TL03 hatását nem vettük figyelembe
- A NUBIKI 25 nódusos modelljének egyszerűsítése
  - A számításokat normálüzemi állapotokra végeztük el, a lokalizációs tornyot nem vettük figyelembe
  - Az A201-es helyiséget egy nódusként vettük figyelembe
  - Kihagytuk a számításból azokat a térrészeket, amelyeket nem szolgál ki egyik figyelembe vett szellőzőrendszer sem

# Kilenc nódusos modell - nodalizáció







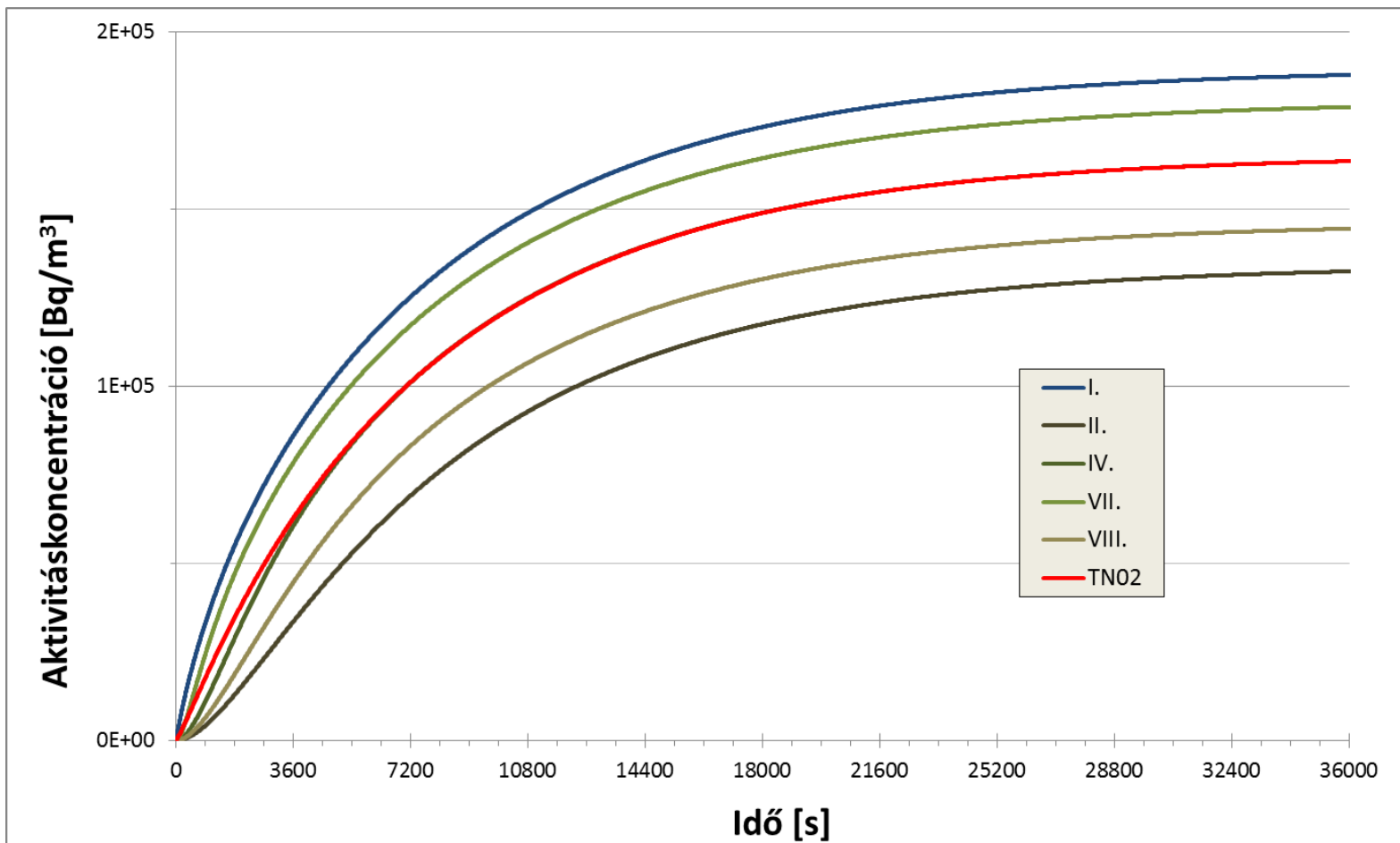
# Kilenc nódusos modell - nodalizáció

Nódus	Térfogat [m <sup>3</sup> ]	TL01 elszívás [m <sup>3</sup> /h]	TL01 befűtés [m <sup>3</sup> /h]	TN02 elszívás [m <sup>3</sup> /h]
I	7936,2	61300	-	350
II	4975		5300	290
III	965,9	-	29000	-
IV	1795,7	-	5900	180
V	449,9	-	1200	-
VI	86,9	-	2300	-
VII	885	-	12400	250
VIII	1396,1	-	2400	180
IX	3487,2	-	2400	-
<b>Összesen:</b>	<b>21978</b>	<b>61300</b>	<b>61300</b>	<b>1250</b>

Forrás: [VBJ12]



# Eredmények, $^{41}\text{Ar}$ – kilenc nódusos modell



# Eredmények, $^{41}\text{Ar}$

Nódus	Térfogat [ $\text{m}^3$ ]	Telítési aktivitáskoncentráció [ $\text{Bq}/\text{m}^3$ ]	TN02 elszívás [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]
I.	7936,2	$1,89 \cdot 10^5$	350
II.	4975	$1,34 \cdot 10^5$	290
III.	965,9	$1,86 \cdot 10^5$	-
IV.	1795,7	$1,65 \cdot 10^5$	180
V.	449,9	$1,66 \cdot 10^5$	-
VI.	86,9	$1,86 \cdot 10^5$	-
VII.	885	$1,80 \cdot 10^5$	250
VIII.	1396,1	$1,46 \cdot 10^5$	180
IX.	3487,2	$1,22 \cdot 10^5$	-
Teljes térfogattal súlyozott átlag	-	$1,60 \cdot 10^5$	-
TN02 elszívással súlyozott átlag	-	$1,65 \cdot 10^5$	-
Egyszerűsített modell	21 978 $\text{m}^3$	$1,68 \cdot 10^5$	



# Összefoglalás

- Megvizsgáltuk a reaktoraknában, közvetlenül a reaktortartály környezetében felaktiválódó levegőnek a hermetikus téri aktivitáskoncentrációra gyakorolt hatását
- MCNP modellel meghatároztuk a nuklidok keletkezésének reakciósebességét
- Meghatároztuk, hogy a vizsgált forrásból mennyi aktivitás jut a hermetikus tér légterébe
- Megbecsültük az aktivitás terjedését az egyes helyiségekben
- Megbecsültük a TN02-es szellőztető rendszerben kialakuló aktivitáskoncentrációt



# Irodalomjegyzék

- [Pac98] Naturally occurring isotope abundances, Commission on Atomic Weights and Isotopic Abundances report for the International Union of Pure and Applied Chemistry; in *Isotopic Compositions of the Elements 1989*, Pure and Applied Chemistry, Vol. 70, p. 217 (1998)
- [NUBIKI] Az átömlő folyosóban elhelyezett légvezeték áramlás-keltette igénybevételének meghatározása; Taubner Róbert; NUBIKI Kft; 212-902-00, 2009
- [VBJ12] Paksi Atomerőmű Végleges Biztonsági Jelentés 2012. verziószám 7.





Köszönöm a figyelmet!



