Μέθοδοι και Εφαρμογές

Πυρηνικής Επιστήμης και Ακτινοφυσικής

Ομάδα
Εφαρμοσμένης Πυρηνικής Επιστήμης και Ακτινοφυσικής

Σκοπός

- Έρευνα και Ανάπτυξη στις εφαρμογές της Πυρηνικής Επιστήμης και Ακτινοφυσικής
- Αξιοποίηση του ερευνητικού αντιδραστήρα

Σύνθεση

Ι.Ε. Σταματελάτος, Α. Σαβίδου, Φ. Τζίκα, Δ. Κοντογεωργάκος,

Θ. Βασιλοπούλου, Γ. Λευκόπουλος

Πεδία Δραστηριότητας

- Ανάπτυξη και εφαρμογή πυρηνικών αναλυτικών τεχνικών
- Προσομοιώσεις πυρηνικών διατάξεων και συστημάτων
- Ακτινοπροστασία και Δοσιμετρία ιοντιζουσών ακτινοβολιών
- Παροπλισμός πυρηνικών εγκαταστάσεων

Πειραματικές διατάξεις

Φασματομετρία-γ

Ενόργανη ανάλυση με νετρονική ενεργοποίηση

Ενόργανη ανάλυση με νετρονική ενεργοποίηση βραχύβιων ισοτόπων ($T_{1/2}$~min)

Ανάλυση με νετρονική ενεργοποίηση δειγμάτων μεγάλου όγκου (θερμική στήλη)

Άμεση-γ ανάλυση με νετρονική ενεργοποίηση με ισοτοπικών πηγών νετρονίων

Υπολογιστικοί Κώδικες

MCNP, PENELOPE,

WIMS-ANL, REBUS-MCNP, SCALE

EASY, NAAPRO

SAND

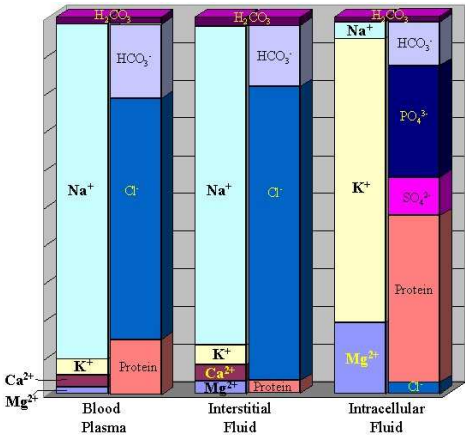
GAMMAVISION, GAMMA-W

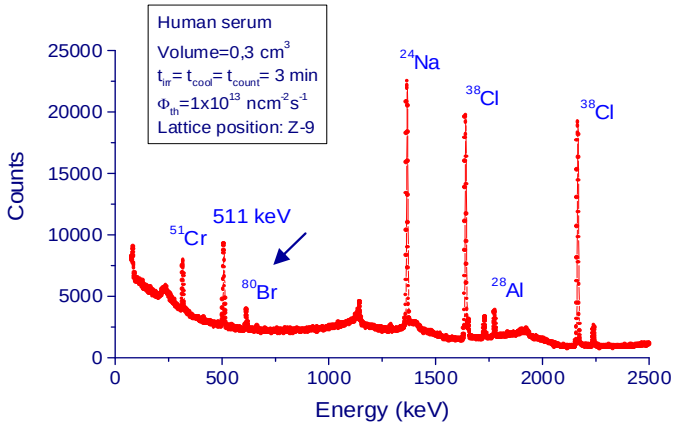
…..

Ενόργανη ανάλυση με νετρονική ενεργοποίηση

Εκτίμηση του εξωκυττάριου χώρου του σώματος παιδιών με εγκαύματα μεγάλης έκτασης

Τεχνική διάλυσης σταθερού βρώμιου στο ορό του αίματος





$^{79}Br(n, \gamma)^{80}Br$

E_γ = 616 keV, $T_{1/2}$ = 17.6 min

Συνεργασία με το Tufts University (Boston, USA)

Ανάλυση με νετρονική ενεργοποίηση μεγάλων δειγμάτων (LSNAA)

- Τα πλεονεκτήματα της ανάλυσης με νετρονική ενεργοποίηση (μη καταστροφική, πολύ-στοιχειακή ανάλυση) συνδυάζονται στην LSNAA με την δυνατότητα ανάλυσης «ολόκληρων» αντικειμένων

- Σε σύγκριση, άλλες καθιερωμένες μη καταστροφικές αναλυτικές τεχνικές (π.χ. XRF) μπορούν να αναλύσουν μόνο τα επιφανειακά στρώματα του δείγματος

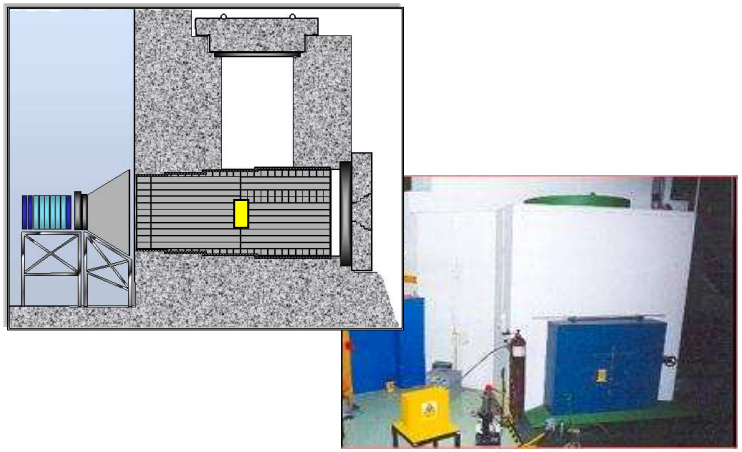
<u>Εφαρμογές</u>:

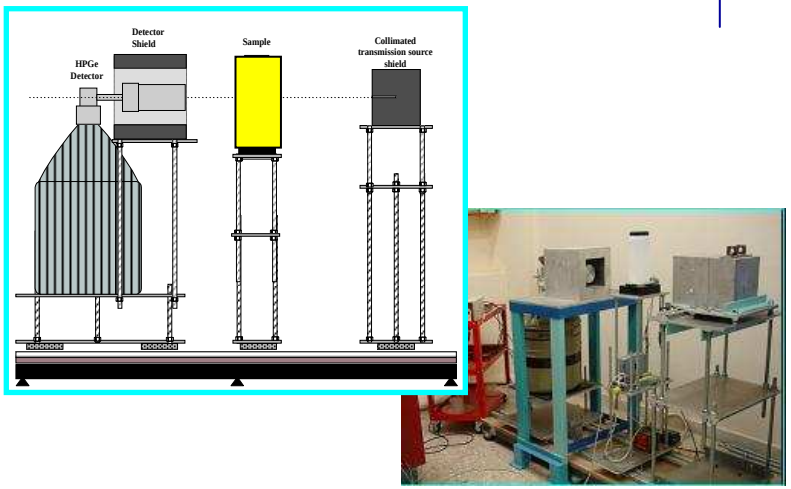
- Ανάλυση «πολυτίμων» αντικειμένων (π.χ. πολιτιστικής κληρονομιάς)

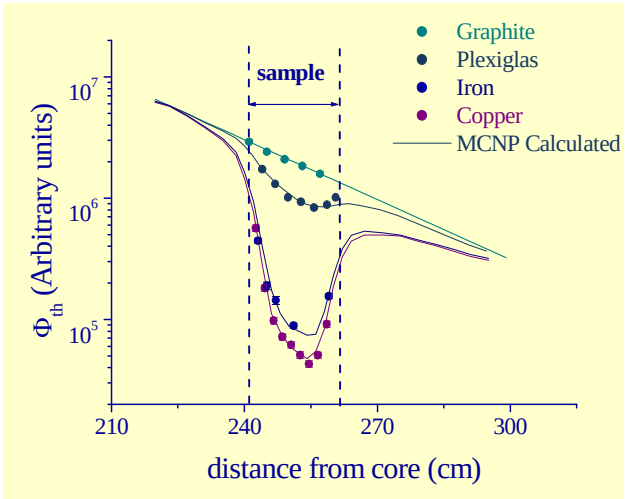
- Ανάλυση ανομοιογενών υλικών (π.χ. ιζήματα)

IAEA-CRP-2009

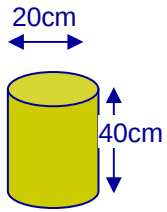
Ανάλυση με νετρονική ενεργοποίηση μεγάλων δειγμάτων

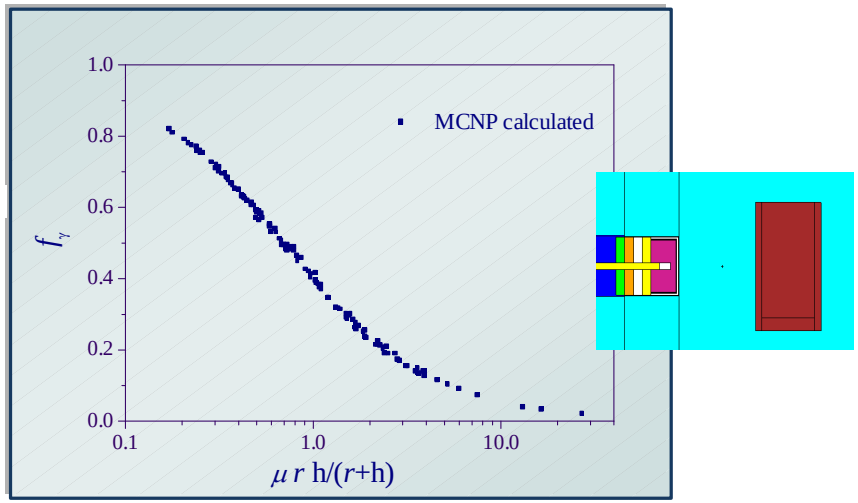






Αυτό-απορρόφηση θερμικών νετρονίων στο δείγμα



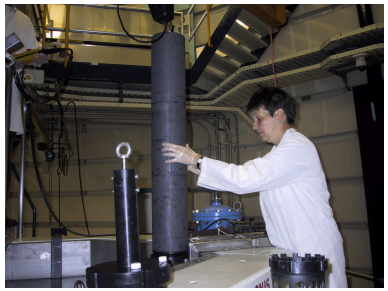


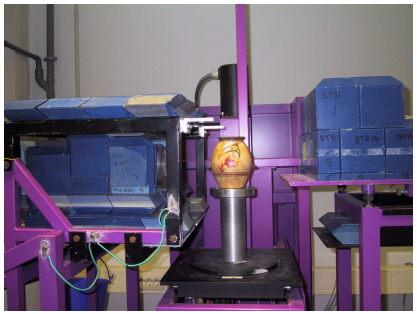
Εκτίμηση της απόδοσης του ανιχνευτή HPGe

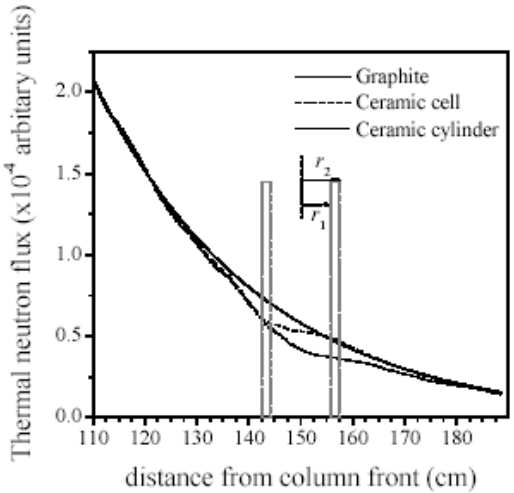
Φ. Τζίκα, 2005

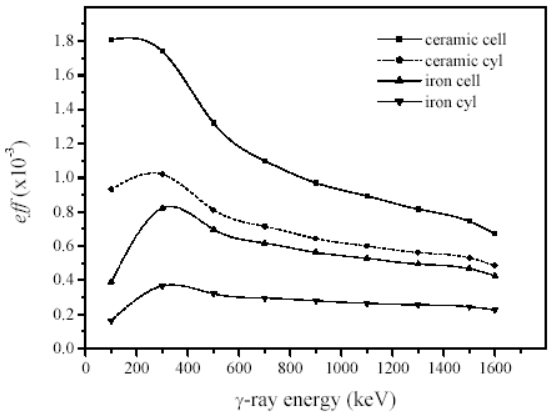
Ανάλυση αντικειμένου

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στο Reactor Institute Delft









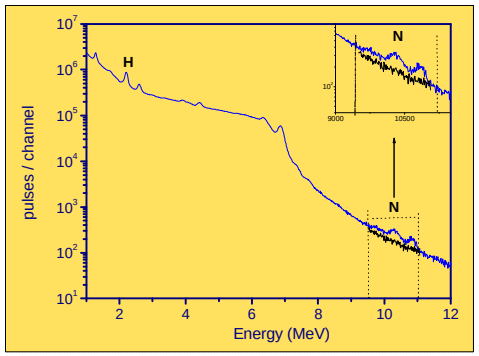
Element	Concentration LSNAA (mg/kg)	Concentration INAA (mg/kg)	Ratio LSNAA/INAA	U-score
As	7,88E+00	8,36E+00	0,94	0,18
Ca	6,41E+04	7,10E+04	0,90	1,08
Ce	4,28E+01	5,28E+01	0,81	2,48
Cr	3,94E+02	4,62E+02	0,85	3,11
Cs	7,39E+00	6,84E+00	1,08	0,61
Eu	1,01E+00	1,14E+00	0,89	0,75
Fe	4,80E+04	5,63E+04	0,85	3,17
La	2,99E+01	2,74E+01	1,09	1,31
Rb	1,74E+02	1,10E+02	1,58	2,32
Sb	7,31E-01	5,34E-01	1,37	1,92
W	1,90E+00	1,76E+00	1,08	0,26
				U>2.57

Πυρηνικές Αναλυτικές Τεχνικές: PG-NAA

Ανάλυση της σύστασης του σώματος μικρών ζώων *in vivo*

Λίπος
Άλατα
Πρωτεΐνη
Νερό

Element	Prompt γ (MeV)
Nitrogen	10.83
Calcium	6.42
Chlorine	6.11
Boron	0.48
Hydrogen	2.22



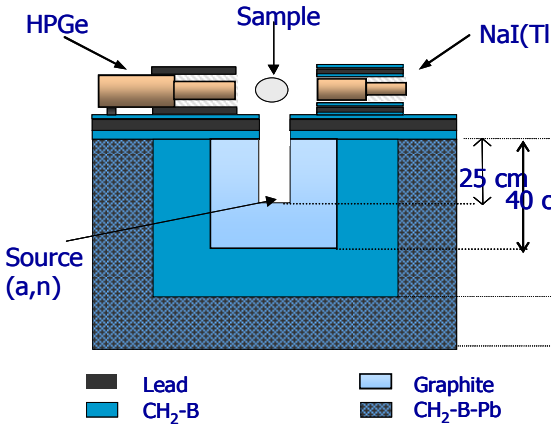


Table 2
Comparison of the nitrogen analysis of the meat samples by PGNAA, combustion and Kjeldahl techniques

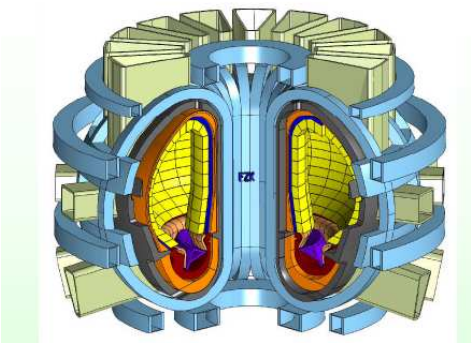
Sample	Nitrogen (% w/w)		
	PGNAA	Combustion	Kjeldalh
Beef rump	3.2 ± 0.2	3.3 ± 0.2	3.3 ± 0.3
Beef brisket	2.9 ± 0.2	2.8 ± 0.2	2.9 ± 0.3
Beef boneless neck	2.8 ± 0.2	2.9 ± 0.2	3.0 ± 0.3
Pork ham	3.0 ± 0.2	3.1 ± 0.2	3.1 ± 0.3

Nucl. Instr. Meth B, 2007

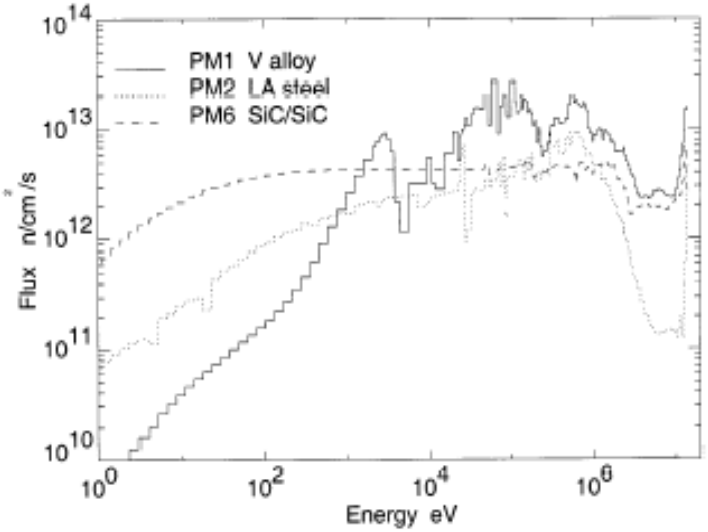
Ραδιολογικός χαρακτηρισμός νέων υλικών

Στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού Προγράμματος Θερμοπυρηνικής Σύντηξης

$$D + T \rightarrow {}^{4}He + n$$

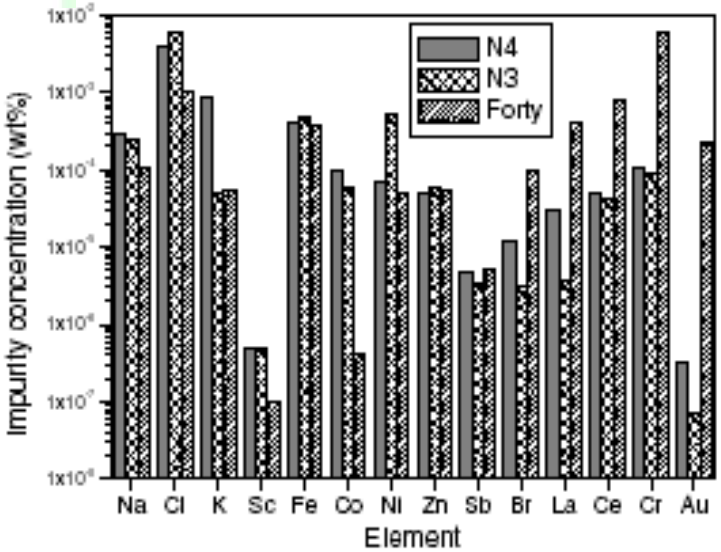


Προσομοίωση MCNP



Ενεργειακό φάσμα νετρονίων στο τοίχωμα (first wall)

Προσδιορισμός με INAA



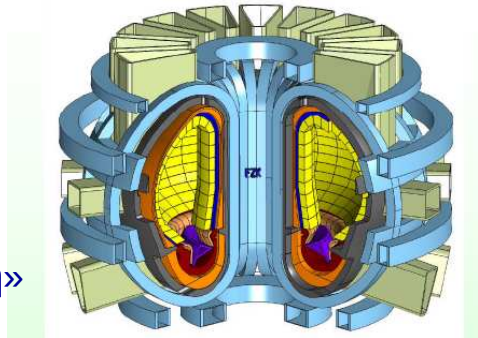
Συγκέντρωση ιχνοστοιχείων στο SiC_f/SiC

Nucl. Instr. Meth B, 2005

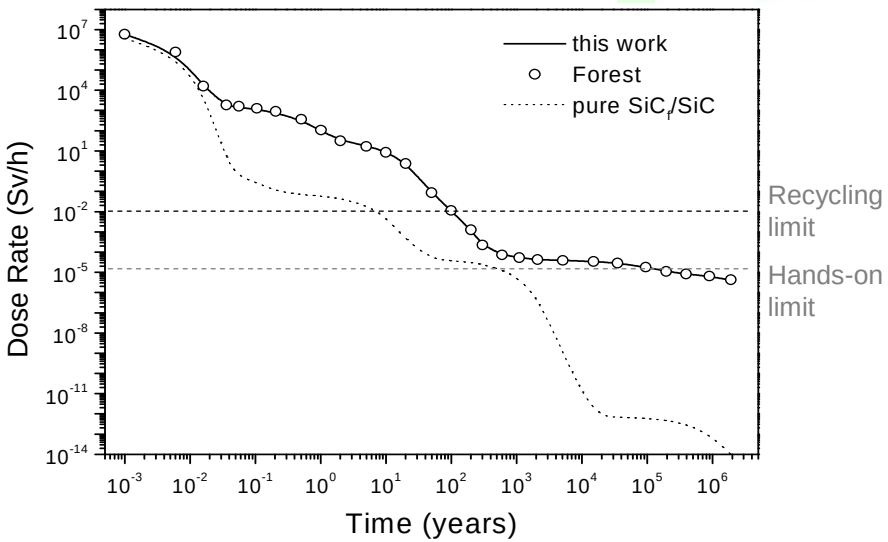
Ραδιολογικός χαρακτηρισμός νέων υλικών

Στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού Προγράμματος Θερμοπυρηνικής Σύντηξης

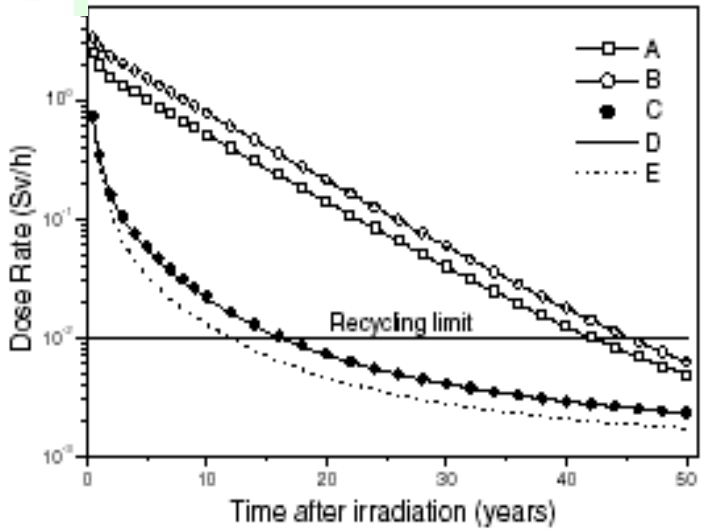
$$D + T \rightarrow {}^{4}He + n$$



Ρυθμός δόσης «σε επαφή»



Βελτιστοποίηση σύστασης



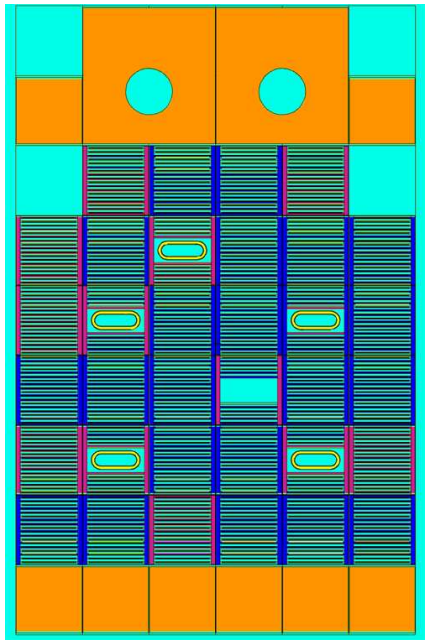
EASY: First wall neutron spectrum,

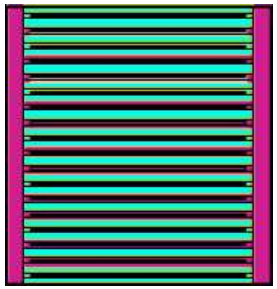
5 y irradiation at 1 MW/m^2 load

Nucl. Instr. Meth B, 2005

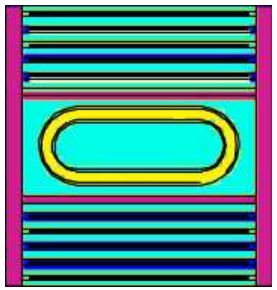
Προσομοίωση του GRR-1 με την τεχνική Monte Carlo

πυρήνας





Στοιχείο καυσίμου

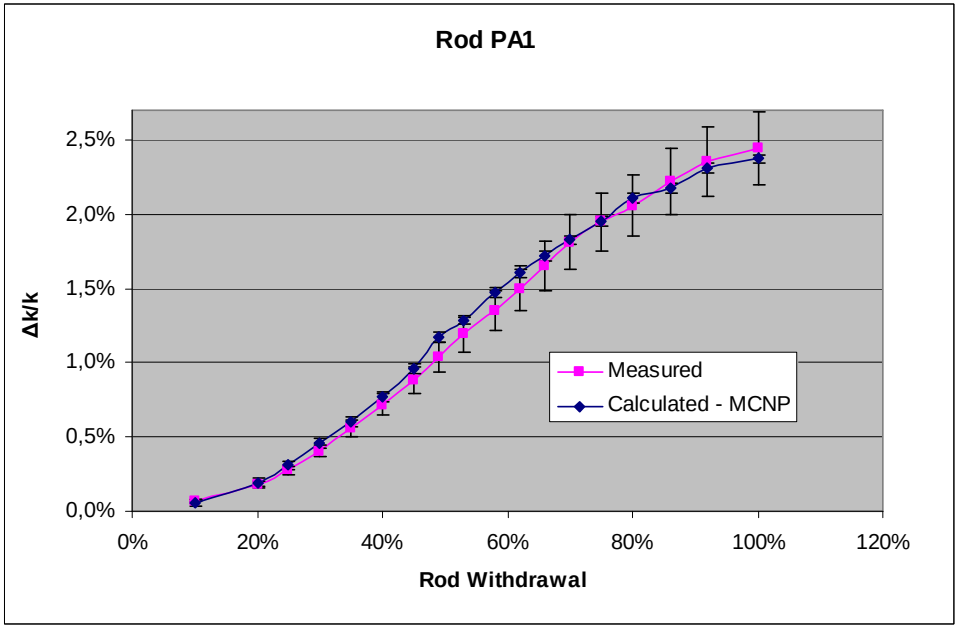


Στοιχείο ελέγχου

- Ακριβής γεωμετρική προσομοίωση των στοιχειών καυσίμου και ράβδων ελέγχου (μεικτή καρδιά HEU/LEU) με τον κώδικα MCNP5
- Υπολογισμός σύστασης έκαστου στοιχείου καυσίμου (core inventory) με τον κώδικα WIMS – ANL
- Αρχικός σκοπός: Χαρακτηρισμός της ροής νετρονίων στις θέσεις ακτινοβόλησης δειγμάτων

Δ. Κοντογεωργάκος, 2009

Αξιολόγηση προσομοίωσης GRR-1



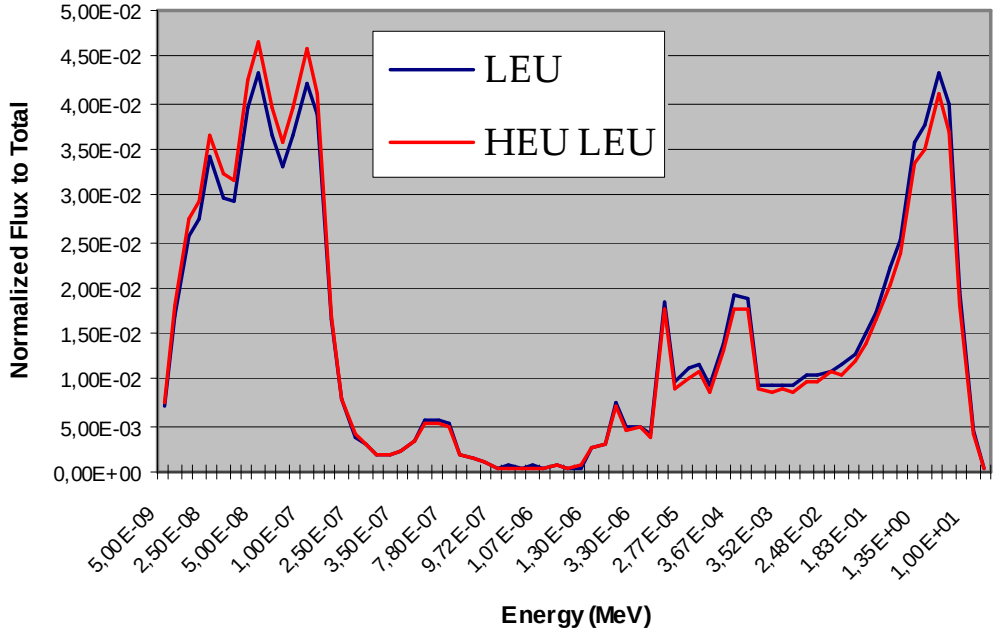
- Πειραματική βαθμονόμηση των ράβδων ελέγχου (period method) από την ομάδα λειτουργίας (2004)
- 66 θέσεις κρισιμότητας
- Προσομοίωση του πειράματος με τον MCNP

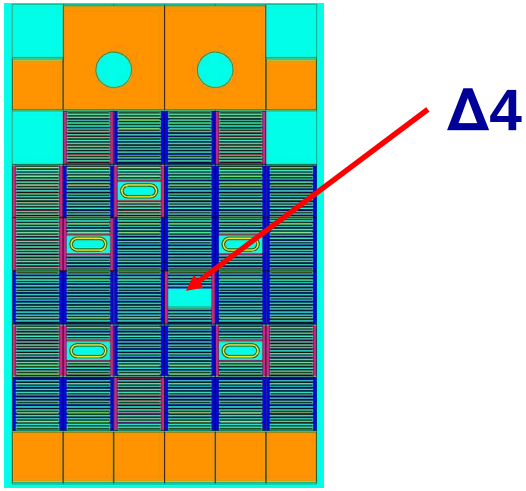
	MCNP	Πείραμα	Διαφορά (%)
k_{eff}	0,9963 ± 0,0016	1	0,37
Αξία ράβδου	2.372 ± 0.032	2.440 ± 0.244	2,8

Δ. Κοντογεωργάκος, 2009

Εφαρμογή του μοντέλου

Εκτίμηση του ενεργειακού φάσματος νετρονίων στην θέση ακτινοβόλησης Δ4





Epithermal / thermal		Fast / thermal	
LEU	*HEU/LEU*	*LEU*	*HEU/LEU*
1.03	0.90	0.37	0.32

Βελτιστοποίηση συνθηκών ακτινοβόλησης:

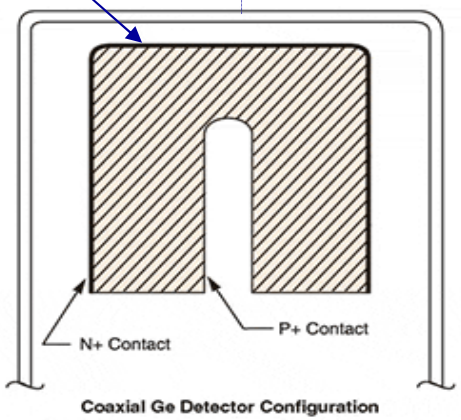
- Παραγωγή ισοτόπων
- Ακτινοβολήσεις υλικών
- NAA
- Νέες πειραματικές διατάξεις

Προσομοίωση ανιχνευτή HPGe: MCNP vs PENELOPE

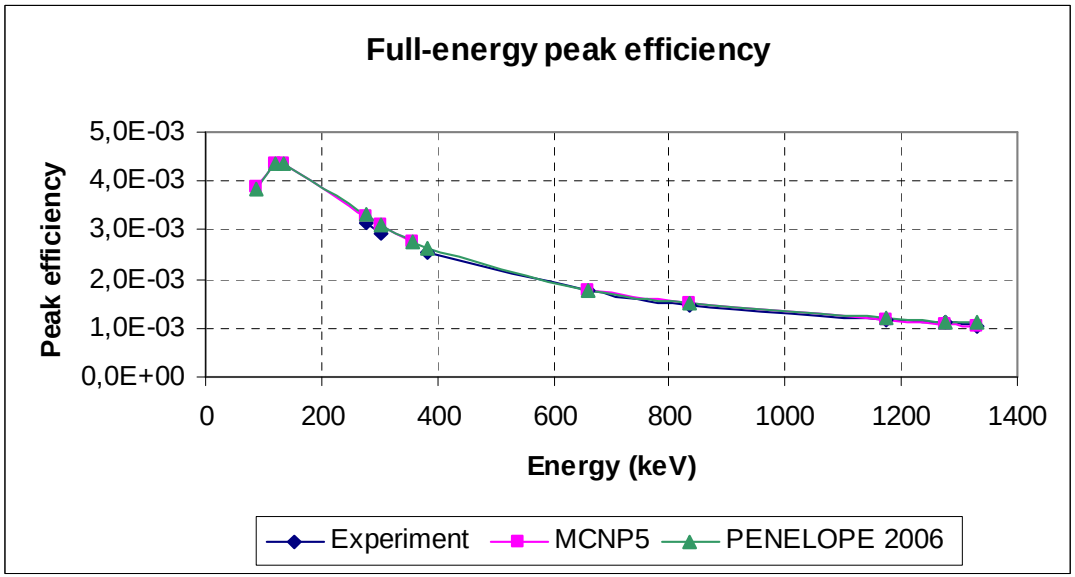
Πηγή

25 cm

Dead-layer



GEM80, SDD=25 cm



Φ. Τζίκα, Δ. Βασιλοπούλου 2009