ΕΕΑΕ
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Διεύθυνση Αδειών και Ελέγχων
Τμήμα Ελέγχου Ραδιενέργειας Περιβάλλοντος
Κ.Ποτηριάδης

Αγία Παρασκευή, 20/2/2004

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ ΔΙΑΣΥΓΚΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΣΥΝΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ ΤΗΣ ΕΕΑΕ

«ΜΕΤΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΡΑΔΙΟΝΟΥΚΛΙΔΙΩΝ ΣΕ ΑΓΝΩΣΤΟ ΔΕΙΓΜΑ ΧΩΜΑΤΟΣ»

ΕΙΣΑΓΩΓΗ:

Η Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ) στα πλαίσια των αρμοδιοτήτων της, οργάνωσε μια άσκηση διασύγκρισης, με θέμα «Μέτρηση φυσικών και τεχνητών ραδιονουκλιδίων σε άγνωστο δείγμα χώματος». Στόχος της άσκησης είναι ο προσδιορισμός και η βελτιστοποίηση της μετρητικής ομοιογένειας των συνεργαζόμενων εργαστηρίων.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ:

Τον Ιούλιο 2003, η ΕΕΑΕ απέστειλε επιστολή προς όλα τα συνεργαζόμενα εργαστήρια στην οποία ανακοίνωσε την πρόθεσή της για την οργάνωση της άσκησης διασύγκρισης. Στην επιστολή απάντησαν θετικά τα εξής 10 εργαστήρια:

- Εργαστήριο Πυρηνικής Φυσικής , Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσ/νίκης
- Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας, Πολυτεχνική Σχολή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσ/νίκης.
- Τομέας Πυρηνικής Τεχνολογίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Ε.Μ.Π.

- Εργαστήριο Ελέγχου Ραδιενέργειας Περιβάλλοντος, ΙΠΤ-Α, ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος
- Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής, Ιατρική Σχολή, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
- Εργαστήριο Πυρηνικής Φυσικής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
- Εργαστήριο Μετρήσεων Ραδιενέργειας, Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας Κρήτης
- Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών
- Εργαστήριο Αναλυτικής και Περιβαλλοντικής Χημείας, Πολυτεχνείο Κρήτης
- Εργαστήριο Πυρηνικής Τεχνολογίας, Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, «Δημοκρίτειο» Πανεπιστήμιο Θράκης

Η ΕΕΑΕ προμηθεύτηκε από τον Διεθνή Οργανισμό Ατομικής Ενέργειας (IAEA) ένα πρότυπο δείγμα χώματος, το οποίο διένημε στις 10/9/2003 στα εργαστήρια, μαζί με τις κατάλληλες οδηγίες. Το δείγμα τίθεται στη διάθεση των εργαστηρίων για να χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια σαν δείγμα αναφοράς.

Για να τηρηθεί η ανωνυμία, σε κάθε εργαστήριο δόθηκε ένας κωδικός αριθμός γνωστός μόνο στο εργαστήριο και την ΕΕΑΕ, ο οποίος χρησιμοποιείται στη συνέχεια στους πίνακες και στα διαγράμματα.

Σύμφωνα με το πιστοποιητικό του IAEA το δείγμα περιείχε τις συγκεντρώσεις ραδιονουκλιδίων που αναφέρονται παρακάτω (ημερομηνία αναφοράς 31/12/1991):

Ραδιονουκλίδιο	**Προτεινόμενη τιμή (Bq/kg)**	**95% διάστημα εμπιστοσύνης (Bq/kg)**
K-40	424	417 - 432
Sr-90	108	101 - 114
Ru-106	56	53 - 58
Sb-125	77	74 - 79
I-129	0.0017	0.0013 - 0.0021
Cs-134	463	454 - 472
Cs-137	5280	5200 - 5360
Ra-226	20	18 - 22
Th-232	20.5	19.2 - 21.9
Th-228	21	17 - 25
U-234	25	17 - 32
U-238	24.4	19.0 - 29.8
Pu-238	0.071	0.056 - 0.085
Pu-239/Pu-240	0.30	0.26 - 0.34
Am-241	0.13	0.11 - 0.15

Με δεδομένο ότι οι μετρήσεις θα πραγματοποιούντο με συστήματα γ-φασματοσκοπικής ανάλυσης, ζητήθηκε ο υπολογισμός της συγκέντρωσης των φυσικών ραδιονουκλιδίων: U-238, Ra-226, Th-232, Th-228, Ra-228, U-235, K-40. Ζητήθηκε επίσης να βρεθεί ποιά από τα ραδιονουκλίδια Mn-54, Co-57, Co-60, Zn-65, Ru-106, Sb-125, I-129, Ba-133, Cs-137, Cs-134 και Am-241 περιέχονται στο δείγμα και να υπολογιστεί η συγκέντρωσή τους.

Από τα 10 εργαστήρια τα οποία συμμετείχαν στην άσκηση, απέστειλαν αποτελέσματα τα 8. Με καταληκτική ημερομηνία 30/10/2003, τα αποτελέσματα παρελήφθησαν από την ΕΕΑΕ στο διάστημα από 14/10/2003 έως 20/1/2004, έτσι όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Κωδικός εργαστηρίου	Χρόνος απόκρισης
1	30.10.03
2	03.11.03
3	14.10.03
4	Δεν δόθηκε απάντηση
5	03.12.03
6	10.11.03
7	25.11.03
8	20.01.04
9	06.11.03
10	Δεν δόθηκε απάντηση

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ:

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ανά ισότοπο στους πίνακες και στα διαγράμματα που ακολουθούν. Οι αβεβαιότητες των μετρήσεων δίνονται σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Στις μετρήσεις καθώς και στις αβεβαιότητές τους κρατήθηκε ο αριθμός των σημαντικών ψηφίων που δόθηκαν από τα εργαστήρια. Το κάθε εργαστήριο μπορεί να εντοπίσει τα αποτελέσματά του βάσει του κωδικού που του έχει δοθεί. Σε κάθε διάγραμμα φαίνεται ενδεικτικά η τιμή αναφοράς και η απόκλιση του ΙΑΕΑ. Τα βέλη υποδεικνύουν ότι οι αντίστοιχες τιμές είναι εκτός διαγράμματος.

Ραδιονουκλίδιο: K-40

Κωδικός Εργαστηρίου	$C_{Analyst}$ (Bq/kg)	$C_{Analyst}/C_{IAEA}$
1	87.3 ± 14.6	0.21
2	501.0 ± 77.6	1.18
3	408 ± 12	0.96
5	424.1 ± 20.6	1.00
6	413.9 ± 33.4	0.98
7	440 ± 80	1.04
8	400 ± 14.8	0.94
9	426 ± 86	1.00

Ραδιονουκλίδιο: U-238

Κωδικός Εργαστηρίου	$C_{Analyst}$ (Bq/kg)	$C_{Analyst}/C_{IAEA}$
1	150.4 ± 24.8	6.16
2		
3	28 ± 10	1.15
5	49.77 ± 20.58	2.04
6	21.2 ± 10.2	0.87
7		
8	28 ± 3.8	1.15
9		

Ραδιονουκλίδιο: Th-228

Κωδικός Εργαστηρίου	$C_{Analyst}$ (Bq/kg))	$C_{Analyst}/C_{IAEA}$
1	41.6 ± 4.8	1.98
2	19.8 ± 3.6	0.94
3	21.4 ± 1.6	1.02
5	19.9 ± 1.44	0.95
6	18.4 ± 1.8	0.88
7	18 ± 10	0.86
8	18.6 ± 0.86	0.89
9		

Ραδιονουκλίδιο: Th-232

Κωδικός Εργαστηρίου	$C_{Analyst}$ (Bq/kg)	$C_{Analyst}/C_{IAEA}$
1	41.6 ± 4.8	2.03
2	20.2 ±	0.99
3		
5	20.41 ± 1.22	1.00
6	18.4 ± 1.8	0.90
7		
8	18.6 ± 0.78	0.91
9	34 ± 6	1.66

Ραδιονουκλίδιο: Ra-226

Κωδικός Εργαστηρίου	$C_{Analyst}$ (Bq/kg)	$C_{Analyst}/C_{IAEA}$
1	364.2 ± 74.4	18.2
2	12.3 ± 4.6	0.62
3	22.4 ± 2.2	1.12
5	19.85 ± 1.34	0.99
6	16.7 ± 2.8	0.84
7	24 ± 12	1.20
8	21.4 ± 0.84	1.07
9		

Ραδιονουκλίδιο: Cs-134

Κωδικός Εργαστηρίου	$C_{Analyst}$ (Bq/kg)	$C_{Analyst}/C_{IAEA}$
1	883 ± 106	1.91
2	285.1 ± 78.2	0.62
3	509 ± 50	1.10
5	469.7 ± 26.8	1.01
6	473.55 ± 32.56	1.02
7	15 ± 6	0.03
8	451 ± 68	0.97
9	424 ± 60	0.92

Ραδιονουκλίδιο: Cs-137

Κωδικός Εργαστηρίου	$C_{Analyst}$ (Bq/kg)	$C_{Analyst}/C_{IAEA}$
1	9520 ± 1524	1.80
2	4822.4 ± 314.2	0.91
3	4853 ± 182	0.92
5	5396 ± 76	1.02
6	4834.28 ± 299.48	0.92
7	4450 ± 460	0.84
8	4858 ± 174	0.92
9	5263 ± 526	1.00

Ραδιονουκλίδιο: Sb-125

Κωδικός Εργαστηρίου	$C_{Analyst}$ (Bq/kg)	$C_{Analyst}/C_{IAEA}$
1		
2		
3		
5		
6	58.6 ± 21.46	0.76
7		
8	92 ± 46	1.2
9		

Εργαστήριο 1:

Ραδιονουκλίδιο	C_{IAEA} (Bq/kg)	$C_{Analyst}$ (Bq/kg)	$C_{Analyst}/C_{IAEA}$
K-40	424	87.3 ± 14.6	0.21
U-238	24.4	150.4 ± 24.8	6.16
Th-228	21	41.6 ± 4.8	1.98
Th-232	20.5	41.6 ± 4.8	2.03
Ra-226	20	364.2 ± 74.4	18.2
Cs-134	463	883 ± 106	1.91
Cs-137	5280	9520 ± 1524	1.80
Sb-125	77		

Εργαστήριο 2:

Ραδιονουκλίδιο	C_{IAEA} (Bq/kg)	$C_{Analyst}$ (Bq/kg)	$C_{Analyst}/C_{IAEA}$
K-40	424	501.0 ± 77.6	1.18
U-238	24.4		
Th-228	21	19.8 ± 3.6	0.94
Th-232	20.5	20.2	0.99
Ra-226	20	12.3 ± 4.6	0.62
Cs-134	463	285.1 ± 78.2	0.62
Cs-137	5280	4822.4 ± 314.2	0.91
Sb-125	77		

Εργαστήριο 3:

Ραδιονουκλίδιο	C_{IAEA} (Bq/kg)	$C_{Analyst}$ (Bq/kg)	$C_{Analyst}/C_{IAEA}$
K-40	424	408 ± 12	0.96
U-238	24.4	28 ± 10	1.15
Th-228	21	21.4 ± 1.6	1.02
Th-232	20.5		
Ra-226	20	22.4 ± 2.2	1.12
Cs-134	463	509 ± 50	1.10
Cs-137	5280	4853 ± 182	0.92
Sb-125	77		

Εργαστήριο 5:

Ραδιονουκλίδιο	C_{IAEA} (Bq/kg)	$C_{Analyst}$ (Bq/kg)	$C_{Analyst}/C_{IAEA}$
K-40	424	424.1 ± 20.6	1.00
U-238	24.4	49.77 ± 20.58	2.04
Th-228	21	19.9 ± 1.44	0.95
Th-232	20.5	20.41 ± 1.22	1.00
Ra-226	20	19.85 ± 1.34	0.99
Cs-134	463	469.7 ± 26.8	1.01
Cs-137	5280	5396 ± 76	1.02
Sb-125	77		

Εργαστήριο 6:

Ραδιονουκλίδιο	C_{IAEA} (Bq/kg)	$C_{Analyst}$ (Bq/kg)	$C_{Analyst}/C_{IAEA}$
K-40	424	413.9 ± 33.4	0.98
U-238	24.4	21.2 ± 10.2	0.87
Th-228	21	18.4 ± 1.8	0.88
Th-232	20.5	18.4 ± 1.8	0.90
Ra-226	20	16.7 ± 2.8	0.84
Cs-134	463	473.55 ± 32.56	1.02
Cs-137	5280	4834.28 ± 299.48	0.92
Sb-125	77	58.6 ± 21.46	0.76

Εργαστήριο 7:

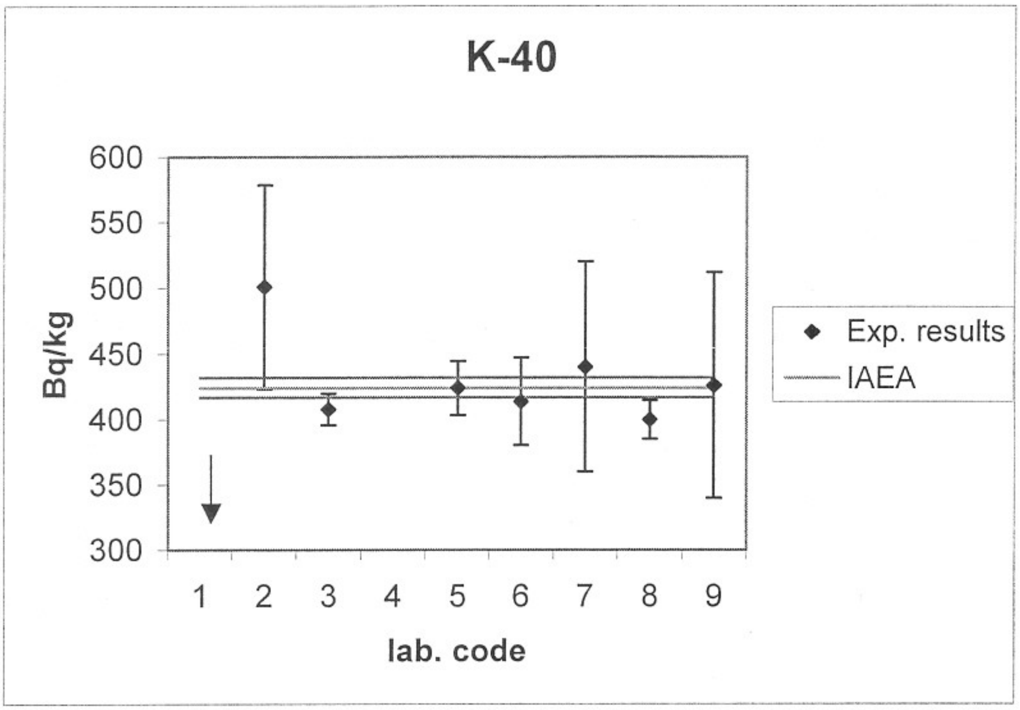
Ραδιονουκλίδιο	C_{IAEA} (Bq/kg)	$C_{Analyst}$ (Bq/kg)	$C_{Analyst}/C_{IAEA}$
K-40	424	440 ± 80	1.04
U-238	24.4		
Th-228	21	18 ± 10	0.86
Th-232	20.5		
Ra-226	20	24 ± 12	1.20
Cs-134	463	15 ± 6	0.03
Cs-137	5280	4450 ± 460	0.84
Sb-125	77		

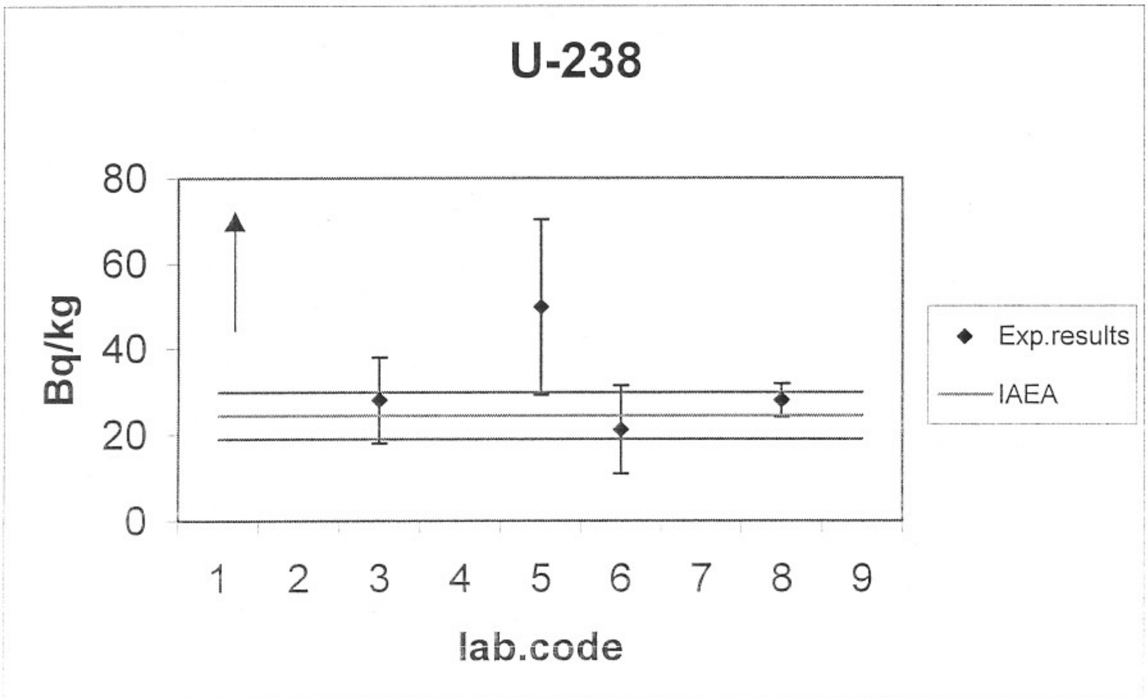
Εργαστήριο 8:

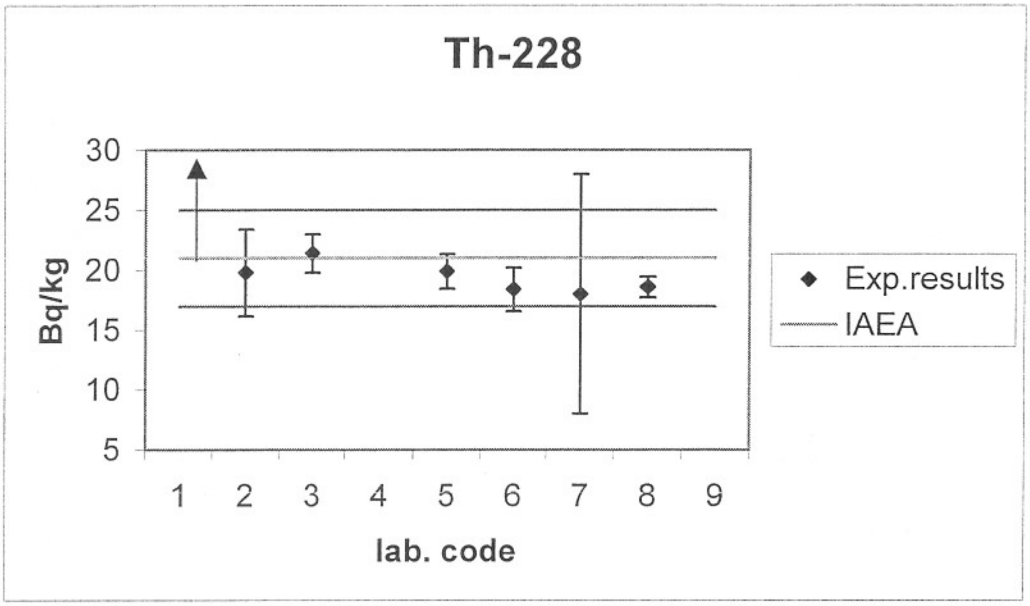
Ραδιονουκλίδιο	C_{IAEA} (Bq/kg)	$C_{Analyst}$ (Bq/kg)	$C_{Analyst}/C_{IAEA}$
K-40	424	400 ± 14.8	0.94
U-238	24.4	28 ± 3.8	1.15
Th-228	21	18.6 ± 0.86	0.89
Th-232	20.5	18.6 ± 0.78	0.91
Ra-226	20	21.4 ± 0.84	1.07
Cs-134	463	451 ± 68	0.97
Cs-137	5280	4858 ± 174	0.92
Sb-125	77	92 ± 46	1.2

Εργαστήριο 9:

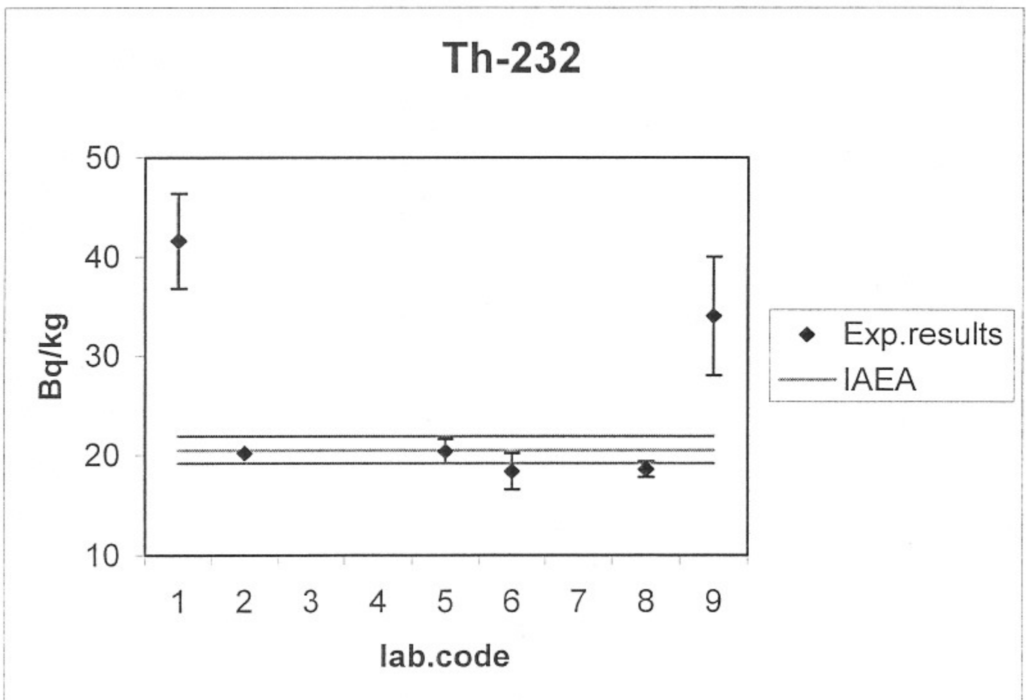
Ραδιονουκλίδιο	C_{IAEA} (Bq/kg)	$C_{Analyst}$ (Bq/kg)	$C_{Analyst}/C_{IAEA}$
K-40	424	426 ± 86	1.00
U-238	24.4		
Th-228	21		
Th-232	20.5	34 ± 6	1.66
Ra-226	20		
Cs-134	463	424 ± 60	0.92
Cs-137	5280	5263 ± 526	1.00
Sb-125	77		


K-40
600
550
500
450
400
350
300
Bq/kg
1 2 3 4 5 6 7 8 9
lab. code
Exp. results
IAEA

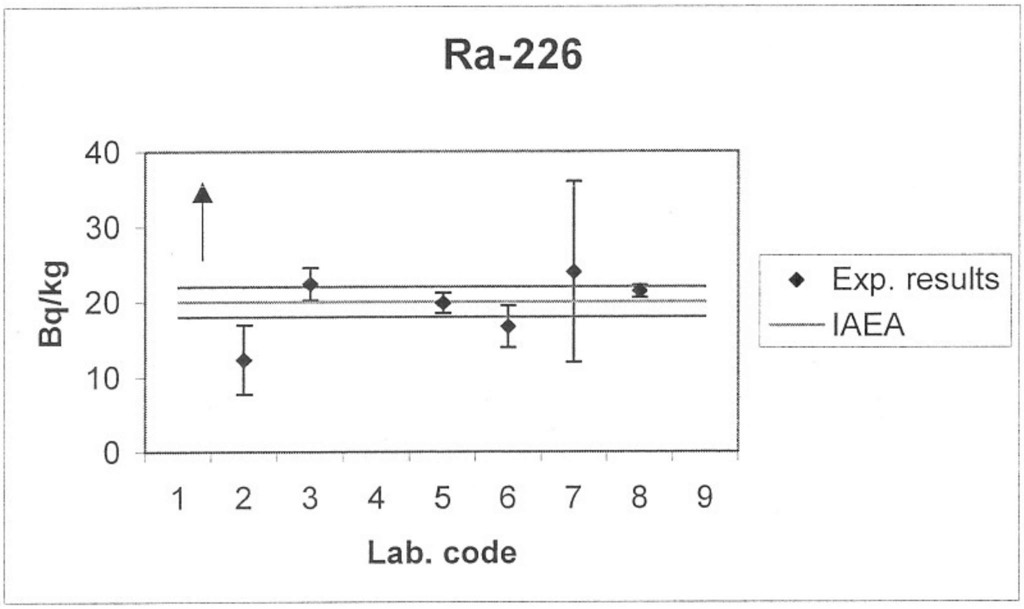

U-238
80
60
40
20
0
Bq/kg
1 2 3 4 5 6 7 8 9
lab.code
Exp.results
IAEA



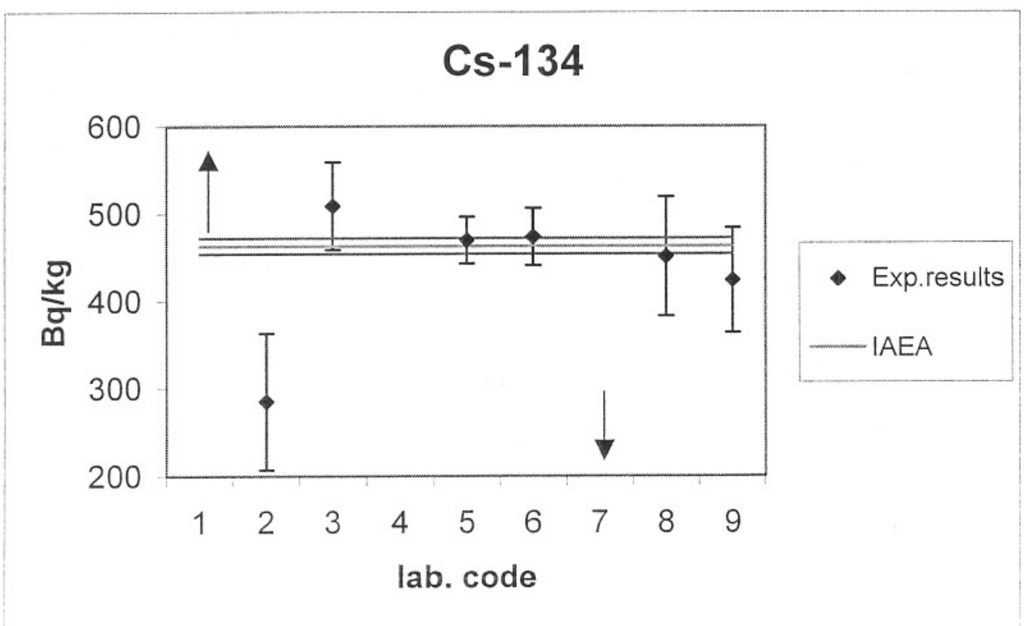
Th-228
30
25
20
15
10
5
Bq/kg
1
2
3
4
5
6
7
8
9
lab. code
Exp.results
IAEA



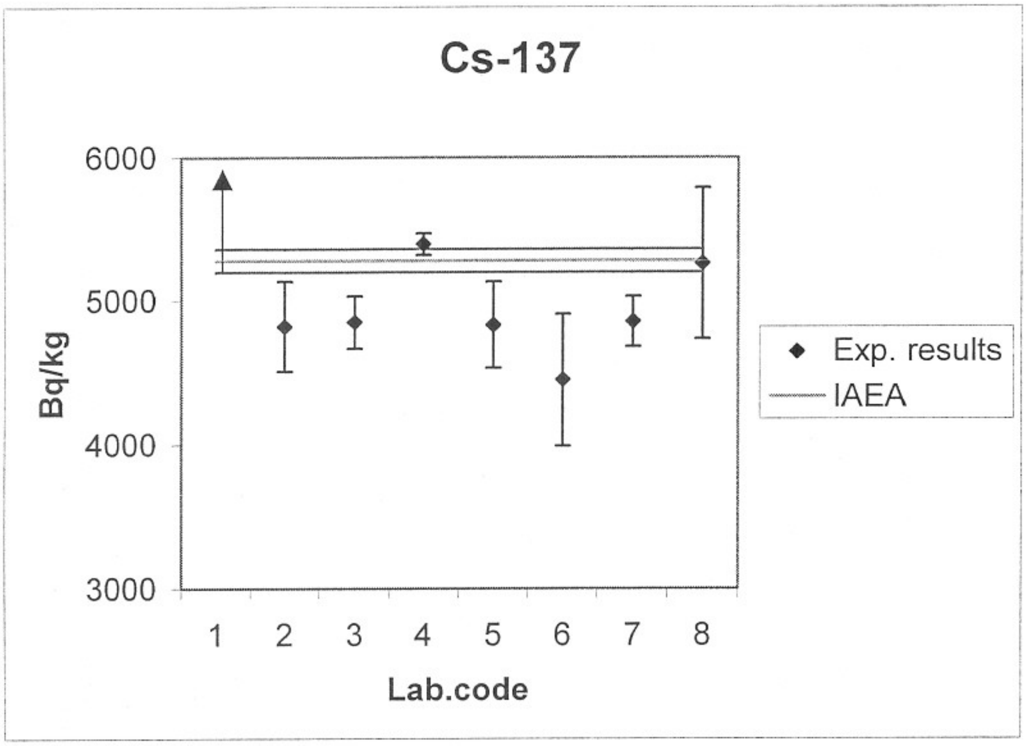
Th-232
50
40
30
20
10
Bq/kg
1
2
3
4
5
6
7
8
9
lab.code
Exp.results
IAEA

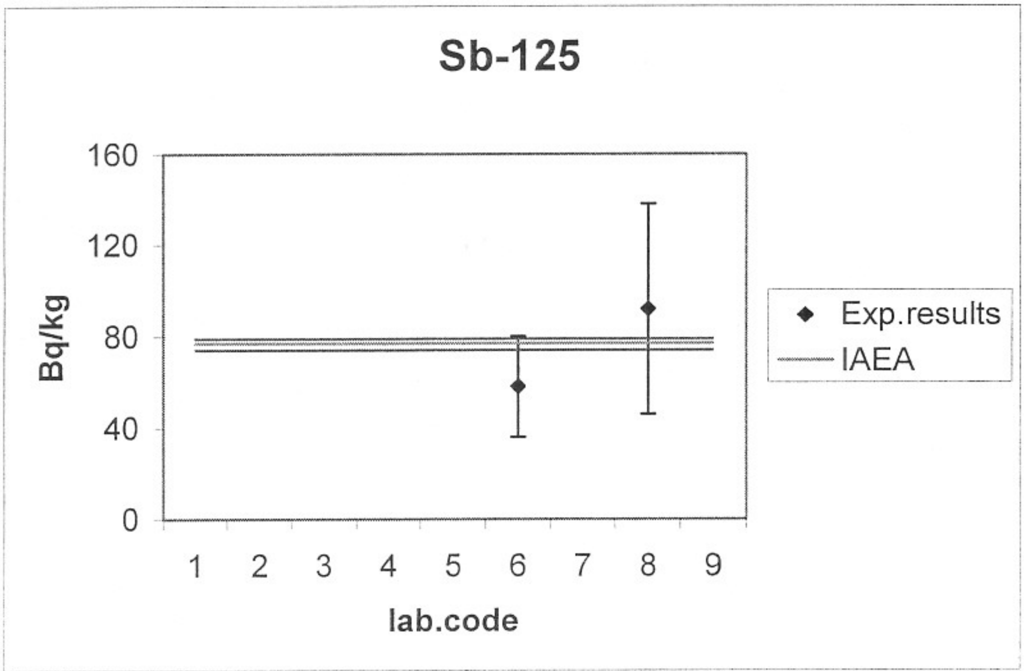


Ra-226
40
30
20
10
0
Bq/kg
1
2
3
4
5
6
7
8
9
Lab. code
Exp. results
IAEA



Cs-134
600
500
400
300
200
Bq/kg
1
2
3
4
5
6
7
8
9
lab. code
Exp.results
IAEA


Cs-137
6000
5000
4000
3000
Bq/kg
1
2
3
4
5
6
7
8
Lab.code
Exp. results
IAEA


Sb-125
160
120
80
40
0
Bq/kg
1
2
3
4
5
6
7
8
9
lab.code
Exp.results
IAEA