



# ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗΣ ΡΑΔΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΙΑΜΑΤΙΚΩΝ ΘΕΡΜΟΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΠΗΓΩΝ

**Δρ ΕΛΕΝΗ ΦΛΩΡΟΥ**

**ΔΙΕΥΘΥΝΤΡΙΑ ΕΡΕΥΝΩΝ**

**<http://www.ipta.demokritos.gr/hflorou>**

**ΕΚΕΦΕ«ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ»**

**ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΠΥΡΗΝΙΚΩΝ & ΡΑΔΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ &  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ & ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**<http://www.ipta.demokritos.gr/erl/erl.html>**

ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΔΗΜΟΣ ΙΚΑΡΙΑΣ: ΙΑΜΑΤΙΚΑ ΝΕΡΑ  
ΚΑΙ ΘΕΡΜΑΛΙΣΜΟΣ 30 Σεπτεμβρίου & 1  
Οκτωβρίου 2016 Άγιος Κήρυκος & Θέρμα  
Ικαρίας



## Φυσική Ραδιενέργεια περιβάλλοντος

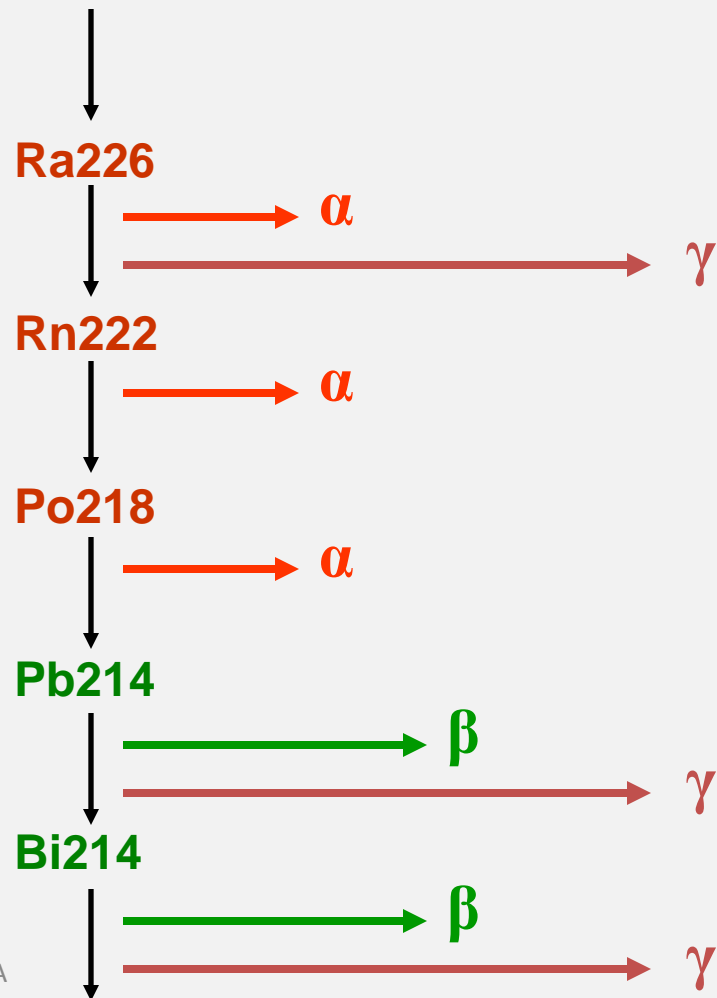
Η παρουσία των **φυσικών ραδιονουκλιδίων** στο περιβάλλον έχει ως αποτέλεσμα την **έκθεση** του πληθυσμού στην **ιοντίζουσα ακτινοβολία**, που μεταφράζεται σε **δόση εξωτερικής έκθεσης άμεσα και εσωτερικής έκθεσης έμμεσα** μέσω των οδών αναπνοής και πέψης. Η εκτίμηση της ραδιολογικής επιβάρυνσης του πληθυσμού, όπως προκύπτει από την έκθεση στην ιοντίζουσα ακτινοβολία των **ραδιονουκλιδίων φυσικής προέλευσης**, είναι ιδιαίτερης σημασίας, δεδομένου ότι τα φυσικά ραδιονουκλίδια έχουν σημαντική συνεισφορά στην **συνολική δόση**, που λαμβάνει ο πληθυσμός από διάφορες πηγές τεχνητής και φυσικής προέλευσης. **Η εκτίμηση των ραδιολογικών επιπτώσεων** στον άνθρωπο και το περιβάλλον, βασίζεται σε μεθόδους και τεχνικές, που εξασφαλίζουν την **βέλτιστη απόδοση της τεχνολογικής έρευνας**, που απαιτείται για την εξυπηρέτηση του επιδιωκόμενου στόχου, με ταυτόχρονη επίτευξη οικονομίας σε χρόνο και κόστος στην εφαρμογή τους.



# Φυσική ραδιενέργεια περιβάλλοντος

## Φυσικά ραδιενεργά στοιχεία

Παράδειγμα από την οικογένεια του U238





## ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΚΤΙΝΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ για τις ποσοτικές εκτιμήσεις

- **Ενεργότης:**  
 $1 \text{ Bq} = 1 \text{ dps}$  (1 διάσπαση/λεπτό)  
 $1 \text{ Ci} = 3.7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$  (ενεργότητα 1 g  $^{226}\text{Ra}$ )
- **Συγκέντρωση ενεργότητας ραδιονουκλιδίου:** Bq ανά μονάδα μέτρησης υλικού  
π.χ.  
Bq kg<sup>-1</sup>, Bq L<sup>-1</sup>, Bq m<sup>-3</sup>, για ραδιενεργό επίπτωση (fallout) Bq m<sup>-2</sup>
- **Δόση (απορροφούμενη):**  
 $1 \text{ rad} = 1 \text{ erg g}^{-1}$   
 $1 \text{ Gray} = 1 \text{ J kg}^{-1}$   
 $1 \text{ Gray} = 100 \text{ rad}$
- **Δόση (ισοδύναμη, ενεργό ισοδύναμο):**  
 $1 \text{ rem} = 1 \text{ rad} \times Q$   
 $1 \text{ Sv (Sievert)} = 100 \text{ rem}$   
  
 $Q = 1$  ακτίνες X, ακτίνες γ και β σωματίδια  
 $Q = 20$  για ταχεία νετρόνια, α σωματίδια, βαριά σωματίδια
- **Εκθεση στην ιοντίζουσα ακτινοβολία:**  $1 \text{ R (Roentgen)} = 2.58 \cdot 10^{-4} \text{ Cb kg}^{-1}$



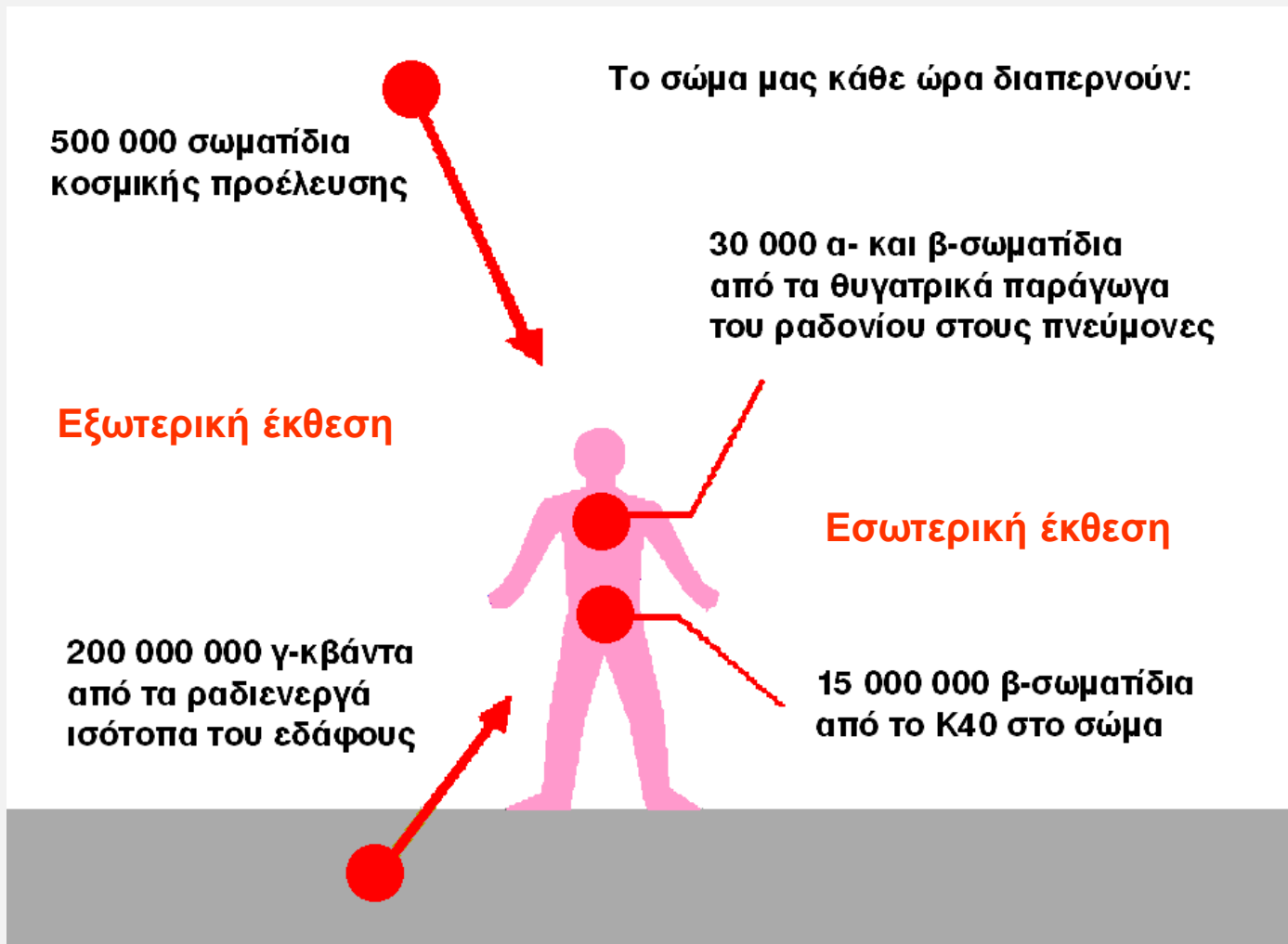
# Σχηματική απεικόνιση της δράσης της ιοντιζουσας ακτινοβολίας





# Φυσική ραδιενέργεια περιβάλλοντος και ραδιενεργός ρύπανση

## Έκθεση στις ιοντίζουσες ακτινοβολίες





# Φυσική ραδιενέργεια περιβάλλοντος και ραδιενεργός ρύπανση

## Μέσες ετήσιες δόσεις από διάφορες οδούς έκθεσης

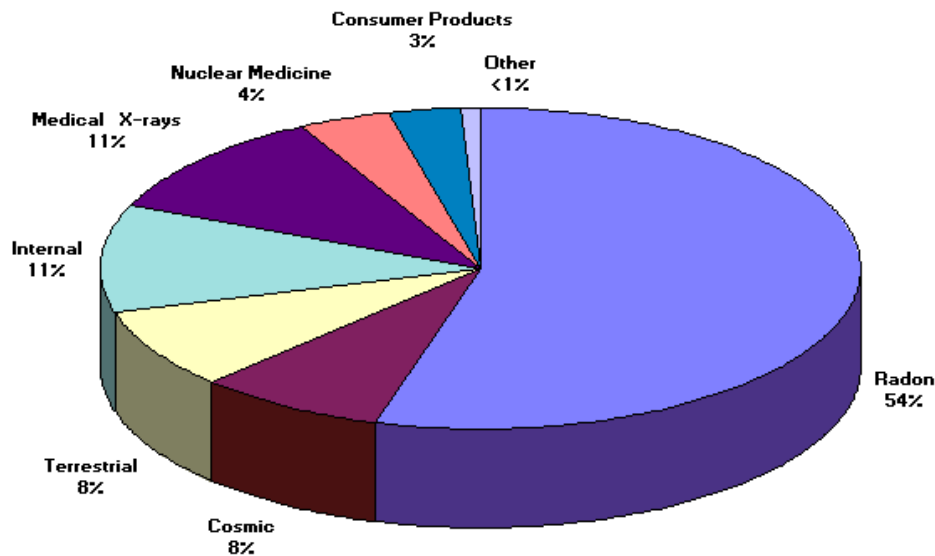
Εκτιμήσεις για τις ΗΠΑ,  $\mu\text{Sv}$

3600 – σύνολο

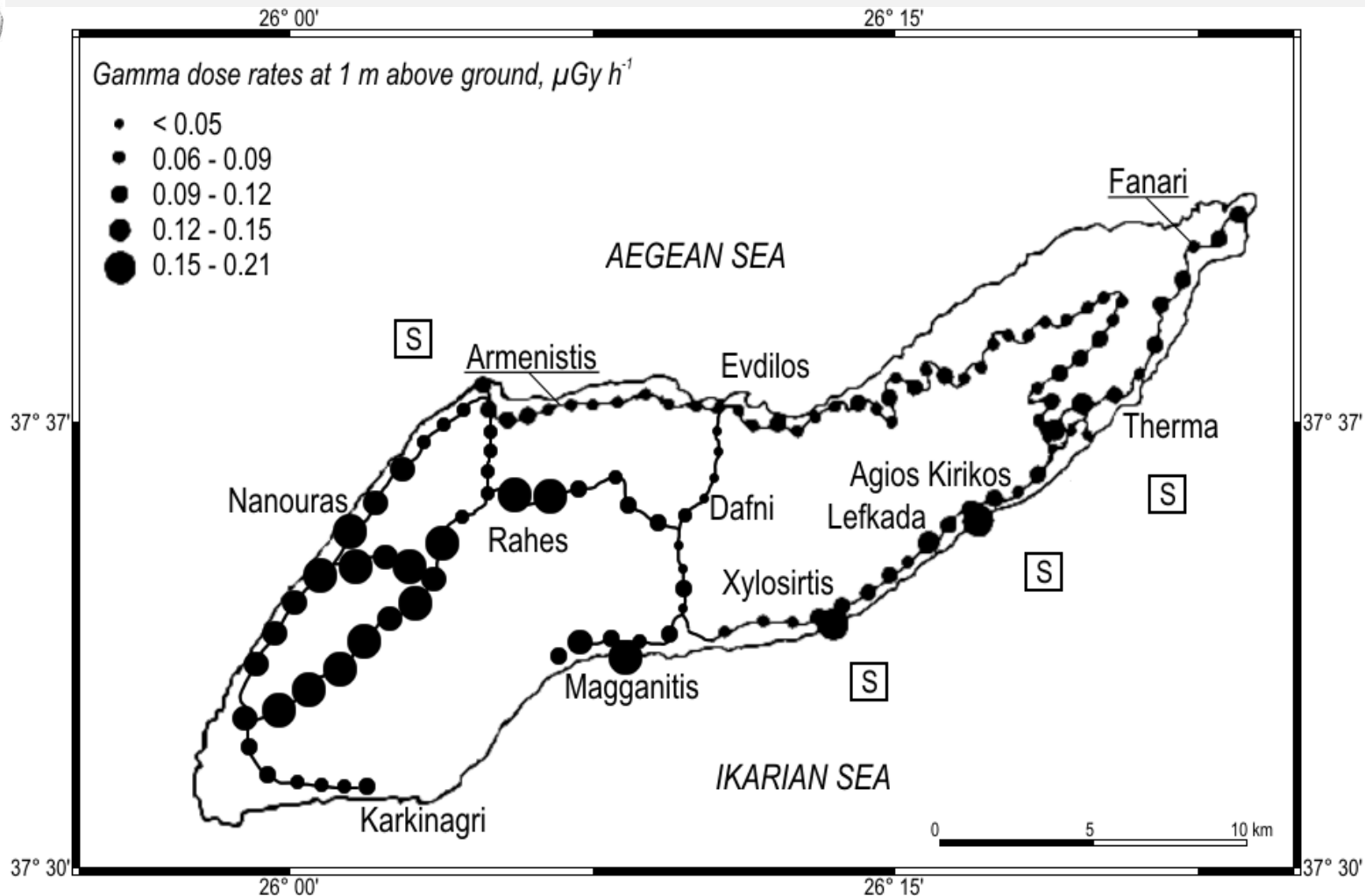
Πηγές:

- 2000 – θυγατρικά ραδονίου
- 390 – ισότοπα στο σώμα
- 280 – ακτινοβολία εδάφους
- 270 – κοσμική ακτινοβολία
- 10 – κοσμογενή ισότοπα
- 600 – τεχνητά ισότοπα  
(κυρίως ιατρικές εφαρμογές)

Sources of Radiation Exposure to the US Population



# Επιτόπιες μετρήσεις γ-ακτινοβολίας στο έδαφος της Ικαρίας ΕΡΠ/ΙΠΡΕΤΕΑ/ΕΚΕΦΕ «ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ»



ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΔΗΜΟΣ ΙΚΑΡΙΑΣ: ΙΑΜΑΤΙΚΑ  
ΝΕΡΑ ΚΑΙ ΘΕΡΜΑΛΙΣΜΟΣ 30 Σεπτεμβρίου  
& 1 Οκτωβρίου 2016 Άγιος Κήρυκος &  
Θέρμα Ικαρίας





## ΡΥΘΜΟΣ ΔΟΣΗΣ $\gamma$ -ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

- **ΙΚΑΡΙΑ – ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ:**  
 **$0.5 \times 10^{-3}$  to  $0.8. \times 10^{-3} \text{ Gy } \gamma^{-1}$**
- **ΙΚΑΡΙΑ – ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕΡΤΗΣΕΩΝ:**  
 **$1.2 \times 10^{-3} \text{ Gy } \gamma^{-1}$**
- **ΙΚΑΡΙΑ – ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΘΕΡ/ΜΕΤ/ΚΩΝ ΠΗΓΩΝ:**  
 **$1.3 \times 10^{-3}$  to  $2.0 \times 10^{-3} \text{ Gy } \gamma^{-1}$**
- **ΕΛΛΑΔΙΚΟΣ ΧΩΡΟΣ– ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ:**  
 **$0.7 \times 10^{-4} \text{ Gy } \gamma^{-1}$**



## ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΡΑΔΙΟΝΟΥΚΛΙΔΙΩΝ ΣΤΑ ΑΒΙΟΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΟΙΚΟΣΥΔΤΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΙΚΑΡΙΑΣ (ΧΩΜΑ, ΟΡΥΚΤΑ, ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ, ΠΗΛΟΣ, ΒΡΑΧΟΙ κ.α.)

- $^{238}\text{U}$  μέχρι **1050** Bq kg<sup>-1</sup>
- $^{226}\text{Ra}$  μέχρι **760** Bq kg<sup>-1</sup>
- $^{228}\text{Ra}$  μέχρι **305** Bq kg<sup>-1</sup>
- $^{228}\text{Th}$  μέχρι **295** Bq kg<sup>-1</sup>
- $^{232}\text{Th}$  μέχρι **300** Bq kg<sup>-1</sup>
- $^{40}\text{K}$  μέχρι **2700** Bq kg<sup>-1</sup>
- **ΣΗΜΕΙΩΣΗ: ΕΥΡΕΙΑ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΙΜΩΝ**

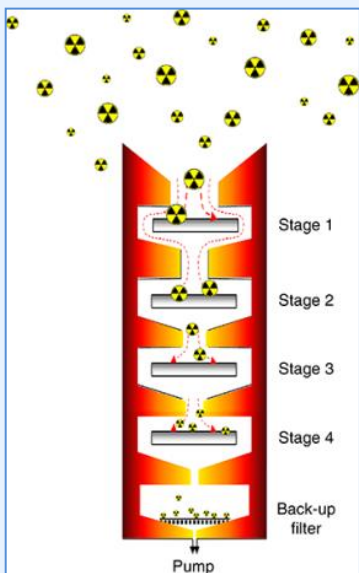


## ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΠΗΓΩΝ

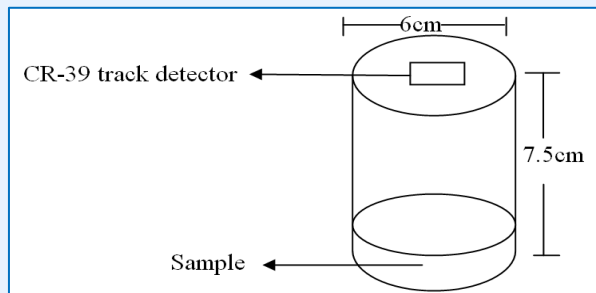
- **Μετρήσεις της φυσικής ραδιενέργειας με γ-φασματομετρία**
- **Υπολογισμός των συγκεντρώσεων ενεργότητας των Rn-222, Ra-226, U-238**
- **Απόφαση του Υπουργείου Τουρισμού της Ελλάδος 2215/B/02-10-2009 για την διαδικασία αναγνώρισης των θερμικών φυσικών πόρων**



## Η μεθοδολογία



## ΡΑΔΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΠΗΓΩΝ ΕΡΠ/ΙΠΡΕΤΕΑ/ΕΚΕΦΕ«Δ»



ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΔΗΜΟΣ ΙΚΑΡΙΑΣ: ΙΑΜΑΤΙΚΑ ΝΕΡΑ  
ΚΑΙ ΘΕΡΜΑΛΙΣΜΟΣ 30 Σεπτεμβρίου & 1  
Οκτωβρίου 2016 Άγιος Κήρυκος & Θέρμα  
Ικαρίας



## **Γιατί απαιτείται έλεγχος των συγκεντρώσεων ενεργότητας των Rn-222, Ra-226, U-238**

### **Rn-222 (T<sub>1/2</sub> = 3.82 d)**

**Ραδιενεργό αέριο (ευγενές) που εκλύεται από τα λιθοσφαιρικά συστατικά και τείνει να συγκεντρώνεται σε κλειστούς χώρους**

**Ραδιολογικά ενέχεται για συσχέτιση συγκεντρώσεων και καρκίνου του λάρυγγα σε κλειστούς χώρους**

**Οι φυσικοί υπόγειοι ταμιευτήρες συχνά περιέχουν ραδόνιο**



## Γιατί απαιτείται έλεγχος των συγκεντρώσεων ενεργότητας των Rn-222, Ra-226, U-238

### Ra-226 ( $T_{1/2} = 1600 \text{ y}$ )

**Βιο-συγκεντρώνεται στα οστά και ενέχεται για κίνδυνο ανάπτυξης λεμφώματος, καρκίνου των οστών, και ασθενειών που σχετίζονται με το αίμα**

### U-238 ( $T_{1/2} = 4.5E9 \text{ y}$ )

**Θεωρείται υψηλής τοξικότητας, που οφείλεται στη συνδυασμένη δράση της χημικής τοξικότητας και της ιοντίζουσας ακτινοβολίας και δύναται αυξήσει τον κίνδυνο καρκινοπάθειας καθώς και βλαβών στο σκυώτι**



## Εκτιμήσεις αποτελεσμάτων ραδιολογικών μετρήσεων μεταλλικών πηγών

- Στο διάστημα 2014 -2016 εξετάσθηκε το 40% των 150 πηγών, που δυνητικά εντάσσονται στην εμπορική δραστηριότητα για ανάπτυξη, στις 11 από τις 13 διοικητικές περιφέρειες της Ελλάδος
- Αυξημένες συγκεντρώσεις Rn-222 και Ra-226 παρατηρούνται στην Ικαρία (Ανατολικό Αιγαίο)
- Αυξημένες συγκεντρώσεις Ra-226 χαρακτηρίζουν τις μεταλλικές πηγές στην Αιδηψό και τα Καμένα Βούρλα
- Οι συγκεντρώσεις ενεργότητας του U-238, με εξαίρεση μία πηγή στην Αττική δεν ξεπέρασαν την τιμή 0.5 Bq/L



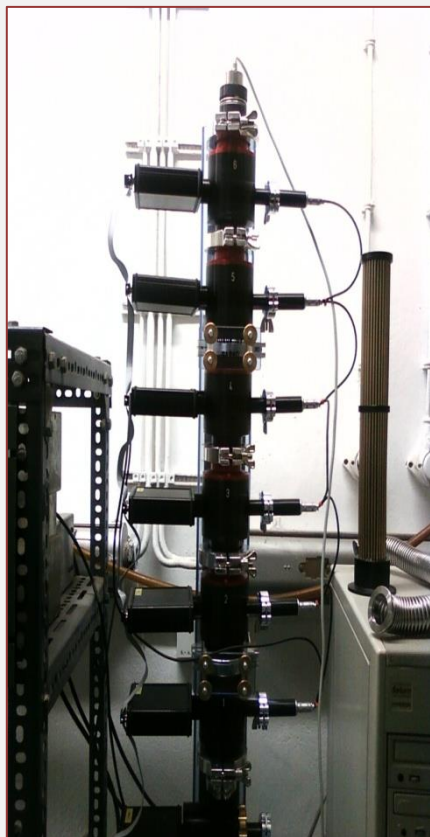
## ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΠΗΓΩΝ ΙΚΑΡΙΑΣ

- **54 μετρήσεις σε 18x3 δείγματα από 8 θερμο-μεταλλικές πηγές 2014 – 2016**
- **30 μετρήσεις σε δείγματα από 10 θερμο-μεταλλικές πηγές, δείγματα γεωτρήσεων και δικτύου ύδρευσης 1994-1996**
- **Μετρήσεις νερού εκτός και εντός υδροθεραπευτηρίου σε 2 πηγές 2014**
- **Μετρήσεις ραδιενέργειας στο περιβάλλον του υδροθεραπευτηρίου σε διάφορες συνθήκες 2014**
- **Μετρήσεις in situ (επιτόπιες) ολικής γ-ακτινοβολίας και γ-φασματομετρίας σε 2 υδροθεραπευτήρια 2014 & 2004**





# ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΠΗΓΩΝ ΙΚΑΡΙΑΣ



**συμπληρωματικές /  
υποστηρικτικές μετρήσεις  
για την ραδιολογική εκτίμηση**

ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΔΗΜΟΣ ΙΚΑΡΙΑΣ: ΙΑΜΑΤΙΚΑ ΝΕΡΑ  
ΚΑΙ ΘΕΡΜΑΛΙΣΜΟΣ 30 Σεπτεμβρίου & 1  
Οκτωβρίου 2016 Άγιος Κήρυκος & Θέρμα  
Ικαρίας



# Ραδιολογικές εκτιμήσεις των θερμομεταλλικών πηγών της Ικαρίας

1. Οι ταυτόχρονες μετρήσεις, που έγιναν στο νερό της πηγής (Απόλλωνας, Σπήλαιο) έδειξαν ότι οι συγκεντρώσεις του Rn-222 μειώνονται περίπου 10 φορές στην διαδρομή από την πηγή στους λουτήρες
2. Οι μετρήσεις που έγιναν από το ΕΡΠ στον αέρα των εσωτερικών εγκαταστάσεων του υδροθεραπευτηρίου «Απόλλωνας», έδειξαν ότι οι συγκεντρώσεις του Rn-222 ευρίσκονται εντός των επιτρεπτών ορίων, που έχουν θεσπισθεί από την ΕΕ για το κοινό και τους εργαζόμενους στους επαγγελματικούς χώρους έκθεσης, αλλά εμπίπτουν στο όριο μέτρων για την μείωση των συγκεντρώσεων

## ΡΑΔΙΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ

***Κανόνες ακτινοπροστασίας ΦΕΚ 216B, 5/3/2001) εναρμονισμένοι με την Οδηγία 96/29/EURATOM 31/5/1996***



# Ραδιολογικές εκτιμήσεις των θερμομεταλλικών πηγών της Ικαρίας

**Συνεπώς συστήνεται:**

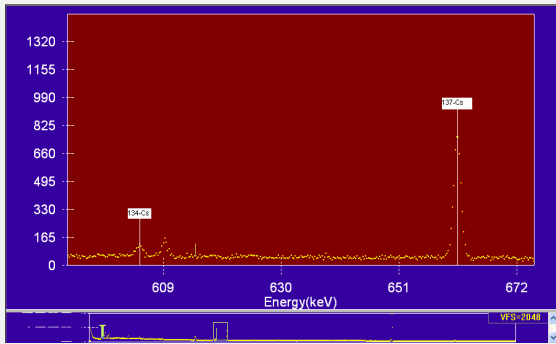
**α) μελέτη υποδομής για την απομάκρυνση του Rn-222 από την πηγή σε υψηλότερα ποσοστά (παρούσες συνθήκες 10%)**

**β) πρόγραμμα ραδιολογικής παρακολούθησης αποτελεσματικό επιστημονικά αλλά και στη βάση κόστους και χρόνου (όπου χρειάζεται)**

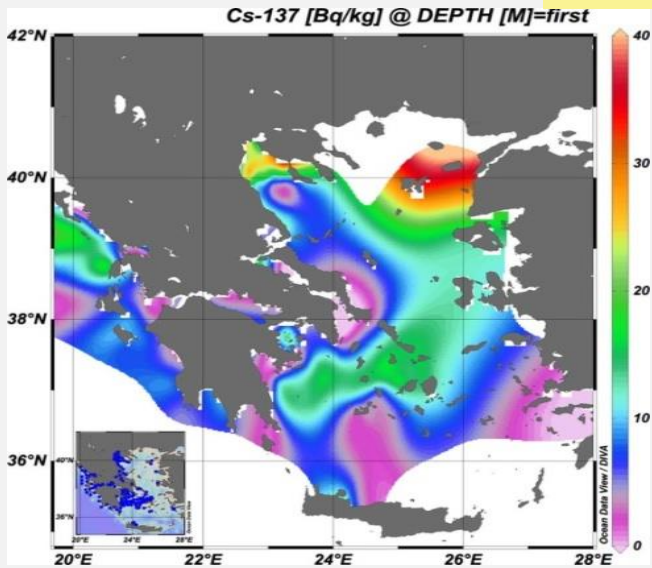


## Παρατηρήσεις της ομιλήτριας

- 1. Στο εξωτερικό υπάρχουν πηγές με συγκεντρώσεις Rn-222 έως και 10 φορές υψηλότερες των αντίστοιχων Ικαρίας, που λειτουργούν και αποδίδουν εμπορικά, έχοντας εντάξει στο πρόγραμμά τους την ραδιολογική επισκόπηση του Rn-222**
- 2. Η Ικαρία ανήκει στις 5 περιοχές του κόσμου, που χαρακτηρίζονται ως "Blue Zones". Ένα πρόγραμμα στοχευμένης έρευνας με βάση και άξονα τον θερμαλισμό βασισμένο σε πράσινες δράσεις σε διάφορους τομείς (π.χ. τουρισμό, βιοτεχνίες τροφίμων και υλικών, φυσικά και παραδοσιακά πάρκα κ.α.) θα μπορούσε να αποτελέσει τον μοχλό για την ολοκληρωμένη ανάπτυξη του Νησιού**



**Ευχαριστώ για την προσοχή σας**



ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΔΗΜΟΣ ΙΚΑΡΙΑΣ: ΙΑΜΑΤΙΚΑ ΝΕΡΑ ΚΑΙ ΘΕΡΜΑΛΙΣΜΟΣ 30 Σεπτεμβρίου & 1 Οκτωβρίου 2016 Άγιος Κήρυκος & Θέρμα Ικαρίας