ΡΑΔΙΟΟΙΚΟΛΟΓΙΑ:

Τα ραδιονουκλίδια ως συστατικό των αβιοτικών στοιχείων και των οργανισμών αλλά και εισβολείς του οικοσυστήματος

ΕΛΕΝΗ ΦΛΩΡΟΥ

Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΗΣ ΡΑΔΙΟΟΙΚΟΛΟΓΙΑΣ

Η ραδιοοικολογία αναπτύχθηκε ως συνεργατική επιστήμη πριν περίπου 50 χρόνια (μετά τον 2ο Παγκόσμιο Πόλεμο). Συνδυάζει βασικές αρχές των επιστημών της Βιολογίας, Οικολογίας, Φυσικής, Χημείας, Μαθηματικών και του εφαρμοσμένου τομέα της Ραδιοπροστασίας σ' ένα γόνιμο υβρίδιο, που συμβαδίζει με τις ερευνητικές καινοτομίες της εποχής και διευρύνει την περιβαλλοντική επιστημονική έρευνα.

Το αντικείμενο της Ραδιοοικολογίας είναι οι αλληλλεπιδράσεις των ραδιενεργών υλικών με την ζώσα ύλη και τα αβιοτικά περιβαλλοντικά στοιχεία, σε σχέση με την διασπορά και κατανομή των ραδιονουκλιδίων στο οικοσύστημα και η εκτίμηση των ραδιολογικών επιπτώσεων στα διάφορα επίπεδα της οικολογικής πυραμίδας.

ΑΡΧΙΚΗ ΒΑΣΗ ΤΟΥ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ

Αρχικά η έρευνα των αλληλεπιδράσεων του περιβάλλοντος με τη ραδιενεργό ύλη αντιμετωπίστηκε επιστημονικά με γνώμονα τη θέση: εάν ο άνθρωπος είναι επαρκώς προστατευμένος από την δράση των ιοντιζουσών ακτινοβολιών, τότε όλα τα έμβια είναι επίσης ικανοποιητικά προστατευμένα. Εντούτοις, αυτή η σύγκριση είναι ιδεατή γιατί στηρίζεται σε δύο βασικές παραδοχές: 1. σε ίσες δόσεις έκθεσης ανθρώπινων και μη φυσικών πληθυσμών και 2. Σε μικρότερη ραδιοευαισθησία του ανθρώπινου σε σχέση με τους μη ανθρώπινους οργανισμούς.

To take into consideration the thesis that if humans are protected against the action of ionizing radiation in the natural environment, so are all living organisms, would imply also equal exposure of humans and biota. However, this idealised comparison is possible only in theory (Radioecology, 2001).

Η ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΡΧΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ ΤΟΥ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ

γιατί

στην πραγματικότητα τα έμβια στο φυσικό περιβάλλον υπόκεινται σε διαφορετικές δόσεις ακτινοβολίας στις περισσότερες περιπτώσεις ραδιολογικών καταστάσεων, που συνδέονται με αυξημένες δόσεις ακτινοβολιών υποβάθρου (πρωταρχικά, σε εκλύσεις από ατυχήματα).

Παράδειγμα: Στα πυρηνικά ατυχήματα στα Νότια Ουράλια (1957) και στο Τσερνόμπιλ (1986), οι δόσεις ακτινοβολίας για τα έμβια στο περιβάλλον ήταν 1.4 – 116 φορές υψηλότερες σε σχέση με τις αντίστοιχες στους ανθρώπινους πληθυσμούς.

και

έμβια με μικρή φυλογενετική συγγένεια με τον άνθρωπο και σημαντικό ρόλο σε ευρείας εξάπλωσης οικοσυστήματα παρουσιάζουν συγκρίσιμη ραδιοευαισθησία με τον άνθρωπο.

Παράδειγμα: Είδη Κωνοφόρων (πολύ μακρυά στην κλίμακα εξέλιξης από τον άνθρωπο) για τα οποία η θανατηφόρα δόση είναι συγκρίσιμη με αυτή του ανθρώπου.

συμπέρασμα

τα μη ανθρώπινα έμβια διαφοροποιούνται από τα έλλογα, υποκείμενα σε σημαντικά υψηλότερες δόσεις ιοντιζουσών ακτινοβολιών.

ΑΥΤΗ Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΟΦΕΙΛΕΤΑΙ:

- στο σημαντικό ρόλο της β-ακτινοβολίας και των επιπτώσεων στα μη ανθρώπινα έμβια
- στην υψηλή χωρητικότητα πολλών οικοσυστημάτων στην κατακράτηση ραδιονουκλιδίων
- στον αργό ρυθμό καθαρισμού αυτών των οικοσυστημάτων
- στην ικανότητα βιο-συσσώρευσης ραδιονουκλιδίων από τους οργανισμούς (παράγοντες βιο-μεγέθυνσης)

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΟΡΙΩΝ ΕΜΒΙΩΝ ΚΑΙ ΕΛΛΟΓΩΝ

Παρέμβαση των ελλόγων στον έλεγχο και την λήψη μέτρων προστασίας στις ιοντίζουσες ακτινοβολίες του περιβάλλοντος

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΡΑΔΙΟΟΙΚΟΛΟΓΙΑΣ

√ Οριζόντια διασπορά και κατακόρυφη κατανομή ραδιονουκλιδίων και βαρέων μετάλλων στο θαλάσσιο περιβάλλον

√ Επιπτώσεις του Chernobyl

√ Οικολογικοί χρόνοι ημιζωής (ecological half lives), χρόνοι μεταφοράς (transit times) και χρόνοι απορρύπανσης ^{137}Cs στο θαλάσσιο περιβάλλον

√ **Βιοδείκτες ραδιολογικής εκτίμησης υδάτινων οικοσυστημάτων**

√ **Συγκριτική εκτίμηση επιπτώσεων σε φυσικούς υδρόβιους πληθυσμούς με κυτταρογενετικά εργαλεία**

√ **NORM, TENORM στο θαλάσσιο οικοσύστημα**

√ **Χρήση των ραδιονουκλιδίων ως ιχνηθετών στην Ωκεανογραφία**

√ Προσομοίωση διασποράς ^{137}Cs στο θαλάσσιο περιβάλλον με μεθόδους πεπερασμένων όγκων με βάση πραγματικές μετρήσεις στο θαλασσινό νερό

√ Δορυφορική καταγραφή των επιπέδων ραδιενεργού ρύπανσης βασισμένη στην άμεση καταγραφή της αλατότητας (SMOS-συσχέτιση αλατότητας και ολοκληρωμένων πραγματικών μετρήσεων ενεργότητας ^{137}Cs)

√ Ο ρόλος των μικρο-μακρο-Μυκήτων στην διασπορά των ραδιονουκλιδίων στο εδαφικό οικοσύστημα

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

√ Ραδιολογικός Έλεγχος περιοχών επισκέψεων πυρηνοκίνητων θαλασσίων οχημάτων

√ Ραδιολογικοί έλεγχοι υδατοκαλλιεργειών Διθύρων Μαλακίων (Μυδοκαλλιέργειες)

√ Εκτίμηση ραδιολογικής ποιότητας περιοχών NORM / TENORM

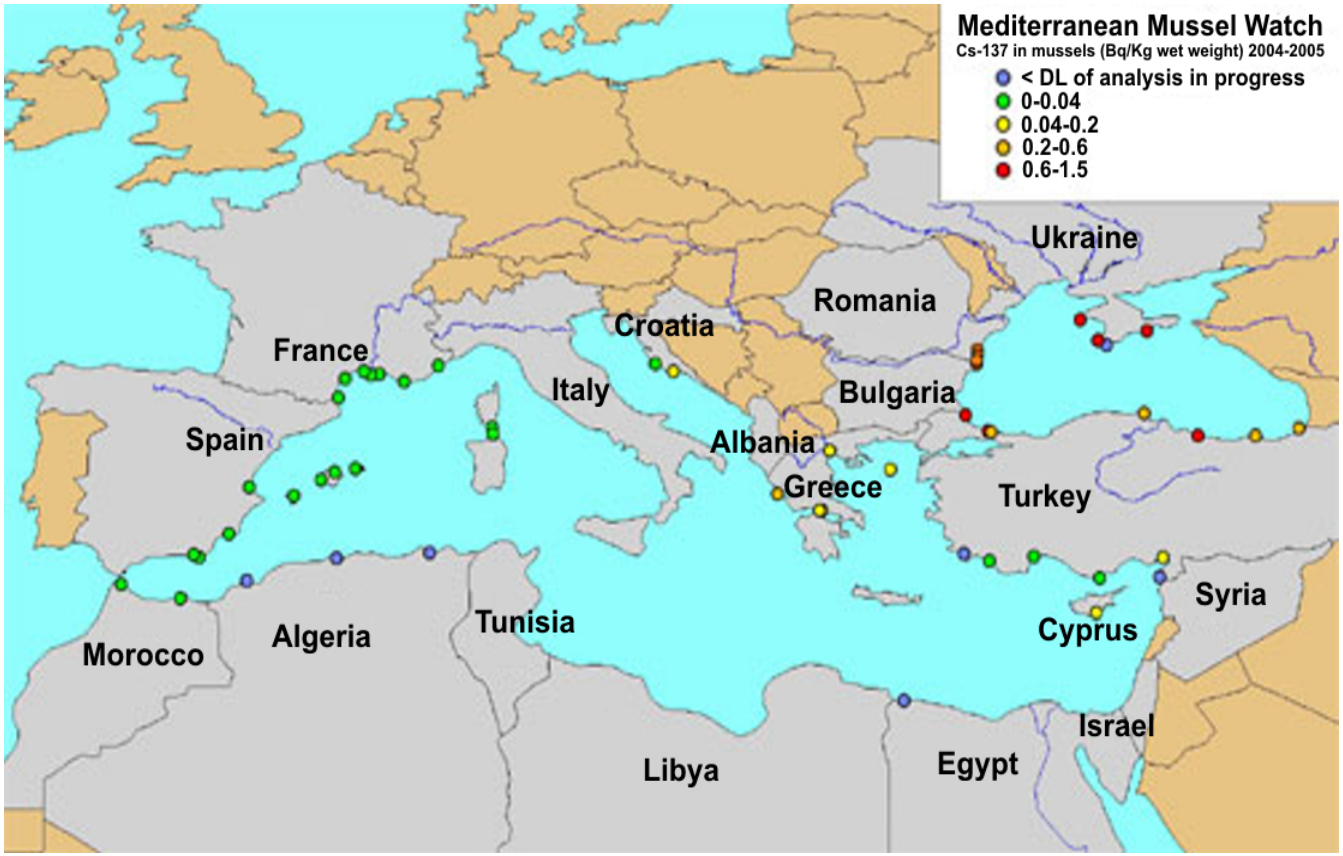
√ Ραδιολογικός έλεγχος υπόγειων νερών

√ Μελέτες κατά περίπτωση (π.χ. ^{238}U, πεδία βολής κλπ)

√ Περιβαλλοντικές μελέτες επιπτώσεων αγροτικών και βιομηχανικών περιοχών (π.χ. Αμβρακικός. Κυπαρίσι, Γεωθερμία Μήλου, ΛΑΡΚΟ, ΠΕΣΙΝΕ, TITAN κα)

√ Πρόγραμμα ελέγχου ραδιενέργειας θαλασσίου περιβάλλοντος (επέκταση του Άρθρου 35 της EURATOM)

ΡΑΔΙΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ ΚΑΙ ΜΑΥΡΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΔΕΙΚΤΩΝ – THE MEDITERRANEAN MUSSEL WATCH/CIESM



ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΩΝ ΚΑΙ ΣΥΜΒΑΤΙΚΩΝ ΡΥΠΑΝΤΩΝ ΣΕ ΦΥΣΙΚΟΥΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥΣ

√ Οι επιπτώσεις των διαφόρων παραγόντων "stress" για τους οργανισμούς μπορούν να ανιχνευθούν σε όλα τα επίπεδα της έμβιας οργάνωσης, που κυμαίνονται από το μοριακό μέχρι και το επίπεδο του οικοσυστήματος.

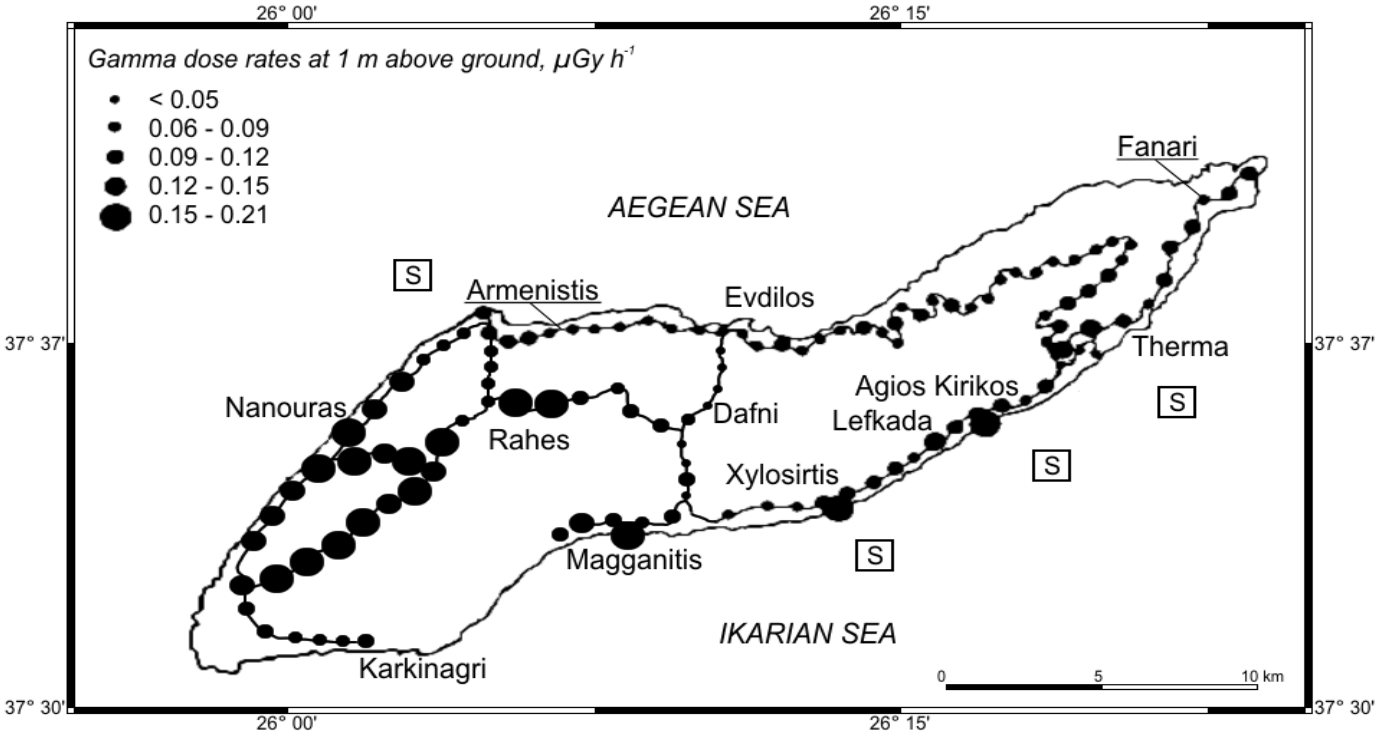
√ Οι κυτταρογενετικές επιπτώσεις των ραδιενεργών και συμβατικών ρυπαντών, όπως καταγράφονται «in situ» σε φυσικούς πληθυσμούς και ο καταμερισμός των βλαβών σε κάθε είδος ρυπαντή, είναι καινοτόμος δραστηριότητα με περιορισμένες ερευνητικές καταγραφές.

√ Ο τελικός «καταλογισμός ευθυνών» αποδίδεται στον ρυπαντή ανάλογα με την στατιστική κατανομή των χρωμοσωμικών αλλοιώσεων, που καταγράφονται στα γενετικά ή/και σωματικά κύτταρα των οργανισμών

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Γενοτοξικές επιπτώσεις σε θαλάσσια ασπόνδυλα εποικίζοντα τις περιοχές των θερμομεταλλικών πηγών της νήσου Ικαρία: Παρατεινόμενη έκθεση σε ιοντίζουσα ακτινοβολία αυξημένου φυσικού υποβάθρου σε μη παρεμβατικά επίπεδαεπίπεδα (Non Intervention Levels)

Η ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΡΥΘΜΟΥ ΔΟΣΗΣ Γ-ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΥΞΗΜΕΝΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΝΗΣΟΣ ΙΚΑΡΙΑ)



DOSE RATES

√ IKARIA - CONTROL AREA:
0.5×10^{-3} to $0.8. \times 10^{-3}$ Gy y^{-1}

√ IKARIA - MEAN VALUE FOR THE TOTAL MEASURED AREA:
1.2×10^{-3} Gy y^{-1}

√ IKARIA - SPRING AREAS:
1.3×10^{-3} to 2.0×10^{-3} Gy y^{-1}

√ GREECE – MEAN VALUE:
0.7×10^{-4} Gy y^{-1}

GYTOGENETIC MEASUREMENTS

Organisms:

1. *Platynereis dumerilii* (Nereidae, Polychaeta, Annelides)
2. *Lycastopsis sp.* (Nereidae, Polychaeta, Annelides),
3. *Fabricia sabella* (Sabellidae, Polychaeta, Annelides),
4. *Melita palmata* (Gammaridae, Amphipoda, Malacostraca)

The collected organisms were fixed in 3:1 mixture of ethyl alcohol and glacial acetic acid and stained with 1% aceto-orcein. Embryo tissues, gonad tissues and whole specimens were squashed in 60% of lactic acid for cytogenetic analysis. Chromosome aberrations were scored at different stages of somatic, embryos and developing germ cells.

FREQUENCIES (% ± SD) OF CHROMOSOME ABERRATIONS IN CELLS OF MARINE ORGANISMS FROM IKARIA ISLAND

Species	Site	No of specimens	No of cells scored	No of cells with aberrations %	Life stage
Platynereis	Lefkada	19	341	4.4 ± 1.2	juveniles
Platynereis	Armenistis	13	220	1.2 ± 0.9	juveniles
Lycastopsis	Therma	16	418	3.3 ± 1.4	juveniles
Melita	Therma	18	952	3.8 ± 0.4	embryos
Melita	Armenistis	15	760	1.5 ± 0.6	embryos
Melita	Fanari	20	961	1.7 ± 0.3	embryos
Fabricia	Therma	14	543	2.2 ± 0.6	germ cells
Fabricia	Fanari	10	349	1.0 ±0.6	germ cells

DISTRIBUTION OF CHROMOSOME ABERRATIONS IN CELLS OF MARINE ORGANISMS FROM LEFKADA AND THERMA (MULTIABERRANT CELLS ARE EXLUDED)

Species Site	No of chromosome aberrations per cell	Observed frequencies	Expected frequencies for Poisson distribution	Expected frequencies for Geometric distribution
Lycastopsis sp. Therma	0 1 2	405 9 1	404.1 10.7 0.14 **X^2 = 0.067**	404.2 10.5 0.27 **X^2 = 0.057**
Platynereis Dumerilii Lefkada	0 1 2	327 10 1	326.2 11.6 0.2 **X^2 = 0.056**	326.5 11.1 0.4 **X^2 = 0.022**

MULTI-ABERRANT CELLS AND PYCNOSIS

2 specimens of *Platynereis dumerilii* from Lefkada had multiaberrant cells:

- cell with 3 single fragments
- cell with 1 single bridge with fragment and 2 single fragments
- cell with 1 bridge with fragment and 3 single bridges

3 specimes of *Lycastopsis sp.* and 1 embryo of *Melita palmata* from Therma had multiaberrant cells:

- cell with 3 single fragments and 1 twin fragment
- cell with 1 single fragment and 2 twin fragments
- cell with 4 single fragments and 1 twin fragments
- cell with 1 single fragments and 2 twin fragments

2 specimens of *Platynereis dumerilii* from Lefkada (from different local sites between each other) were recorded with pycnotic nuclei.

It should be noted that multiaberrant cells and pycnosis were not observed in organisms from the reference sites Armenistis and Fanari.

Η ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΡΑΔΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

ΖΩΝΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ ΒΙΟ-ΟΙΚΟ-ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΚΛΙΜΑΚΑ ΔΟΣΕΩΝ ΕΚΘΕΣΗΣ ΣΕ ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ

ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑ ΡΑΔΔΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ: <0.00001 - 0.00004 Gy y^{-1}

ΦΥΣΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ – ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΗ ΔΙΑΒΙΩΣΗ: 0.00004 – 0.005 Gy y^{-1}

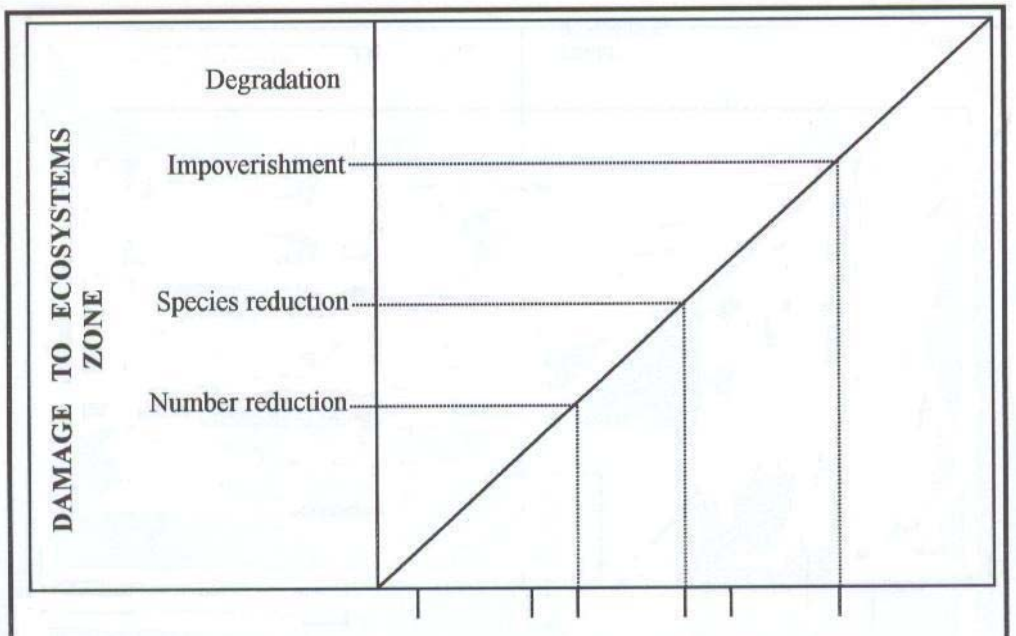
ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΛΥΨΗ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ: 0.005 – 0.05 Gy y^{-1}

ΚΑΛΥΨΗ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ: 0.05 – 4.0 Gy y^{-1}

ΦΑΝΕΡΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΕ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑ: 4.0 – 3000 Gy y^{-1}

Η ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

ΡΑΔΙΟ-ΧΗΜΙΚΟ-ΜΟΝΤΕΛΟ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗΣ ΔΡΑΣΗΣ ΤΟΞΙΚΩΝ ΒΑΣΙΣΜΕΝΗΣ ΣΤΙΣ ΤΕΛΙΚΕΣ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΕ ΥΔΡΟΒΙΟΥΣ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ



Ionising radiation, Gy	10	50	100	500	1000	5000
Ultra-violet, kerg/mm^2				50		100
Acidity (HNO_3+H_2SO_4), pH				4		
Cu^{2+} ($CuSO_4$), μmol/L	10			100		
Gd^{3+} ($GdCl_3$), μmol/L	50	100		300		1000
Ni^{2+} ($NiSO_4$), μmol/L	10			100		1000
Mn^{2+} ($MnCl_2$), μmol/L		100		10000		

ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΟΙΚΟΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑΣ

√ Οργανισμοί – Βιοδείκτες

√ Καταγραφή αριθμού και τύπων χρωμοσωμικών αλλοιώσεων

√ Συχνότητα – Στατιστική

√ Είδος ρυπαντή (ραδιονουκλίδιο)

√ Συγκέντρωση ενεργότητας & βιο-διαθεσιμότητα ρυπαντή – Δόση έκθεσης

√ Χημική τοξικότητα (π.χ. 238U - PNECs predicted no-effect concentrations 5.0 μg L^{-1} in ambient water)

√ Περιβαλλοντικοί παράγοντες «stress»

√ Συνεργητική δράση

Activity concentration of pollutant in abiotic components and/or → external exposure / internal exposure (bioaccumulation) → dose rate →effect on organism at cellular level → radiological quality assessment

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΕΣ TENORM

Γεωργία Τραμπίδου

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΔΟΣΕΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΩΝ ΣΕ ΜΗ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ (NON-HUMAN BIOTA) ΣΕ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΗΣ ΠΟΛΩΝΙΑΣ (ABANDONED SETTLING PONDS IN RONTOK AND BORSOWY)

Ο ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΣΤΟΥΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ ΠΟΥ ΕΚΤΙΘΕΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΤΩΝ ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΡΑΔΙΟΝΟΥΚΛΙΔΙΩΝ ΣΤΙΣ ΜΕΛΕΤΟΥΜΕΝΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΚΤΙΜΗΘΗΚΕ :

-**ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΝΤΑΣ ΤΟΥΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΒΙΟΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΡΑΔΙΟΝΟΥΚΛΙΔΙΩΝ**

-**ΥΠΟΛΟΓΙΖΟΝΤΑΣ ΤΙΣ ΔΟΣΕΙΣ ΣΤΟΥΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ**

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

- Μελέτες πεδίου (γ-ραδιοδιασκόπηση και καταγραφή υποστηρικτικών παραμέτρων οικοσυστήματος).
- Διαδικασίες δειγματοληψίας (Τυχαία και Συστηματική).
- Επεξεργασία των συλλεγμένων δειγμάτων.
- Μετρήσεις – Μέθοδοι και πειραματικές διατάξεις μετρήσεων.
- Ανάπτυξη, επιλογή, προσαρμογή και εφαρμογή μοντέλων και μαθηματικών σχέσεων για την εκτίμηση των παραγόντων μεταφοράς και των δόσεων.
- Εκτίμηση ρυθμού δόσεων και επικινδυνότητας.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

- Υπολογισμός παραγόντων μεταφοράς με εφαρμογή γραμμικής παλινδρόμησης στις συγκεντρώσεις των ραδιονουκλιδίων στα αβιοτικά και βιοτικά στοιχεία του περιβάλλοντος

- Καθορισμός του λόγου του ^{226}Ra και ^{228}Ra στο «κλάσμα του νερού», στο «εύκολα ανταλλάξιμο» κλάσμα, στο « δεσμευμένο στον άνθρακα» κλάσμα και το « δεσμευμένο στο οξείδια Fe και Mn» κλάσμα

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Περιβαλλοντική δοσιμετρία

- Πηγή ραδιονουκλιδίων
- Συγκεντρώσεις στο περιβαλλοντικό μέσο
- Εξωτερικές και εσωτερικές δόσεις
- Συνολική δόση
- Επίδραση στα άτομα-μονάδες
- Επίδραση στον πληθυσμό
- Επίδραση στο φυσικό οικοσύστημα

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Περιβαλλοντική δοσιμετρία

Για τον υπολογισμό των δόσεων δύο προσεγγίσεις έχουν εφαρμοστεί:

- Συντελεστές μετατροπής δόσεων (DCFs) σε προσομοίωση μη ανθρώπινου οργανισμού βασισμένης σε πραγματικές ιδιότητες μιας «κρίσιμης ομάδας» αντιπροσωπευτικής (generic) και ομοιόμορφη κατανομή ραδιονουκλιδίων

- Συντελεστές μετατροπής δόσεων (DCFs) του FASSET, E. C. Report για μη ανθρώπινους οργανισμούς αναφοράς σε Ευρωπαϊκά οικοσυστήματα.

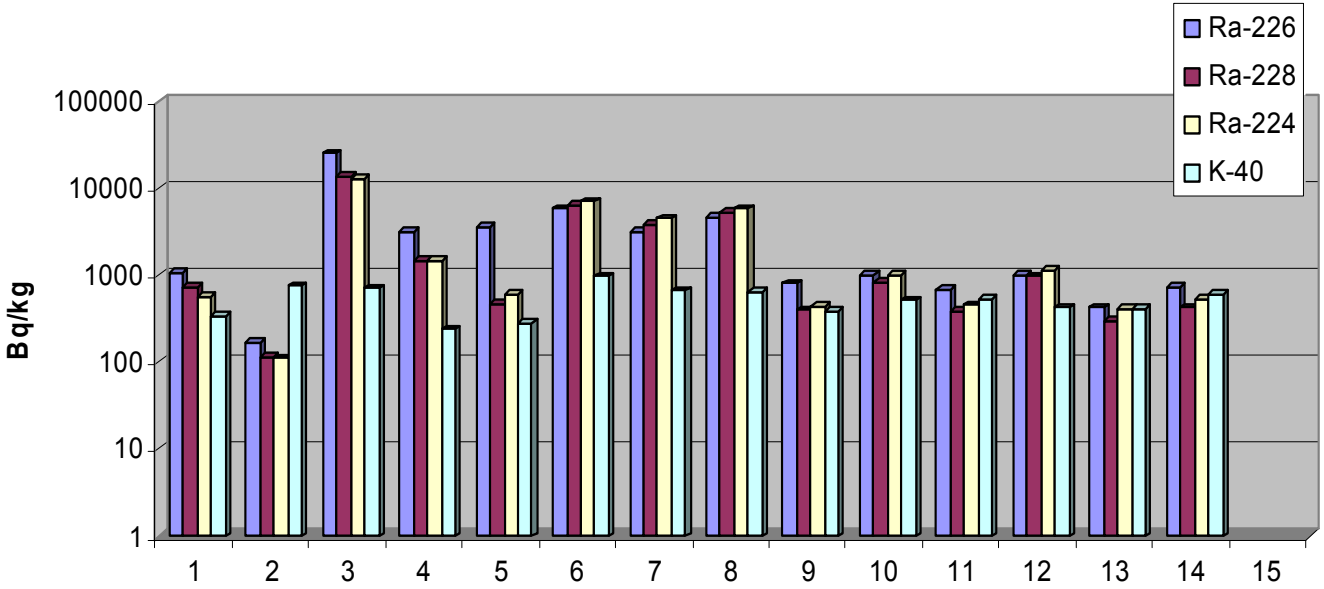


Fig. 8. Concentrations of Radium radioisotopes and K-40 in soil and sediment samples collected from the studied mining settling ponds (Bq/kg)

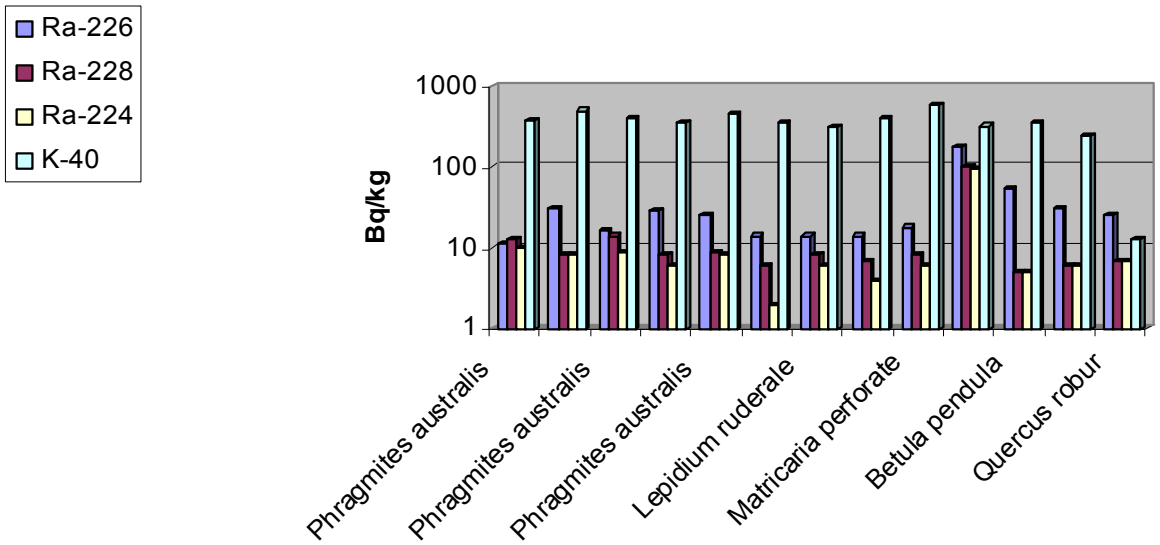


Fig. 9 Concentrations of Radium radioisotopes and K-40 in biota collected from the studied mining settling ponds (Bq/kg wet weight)

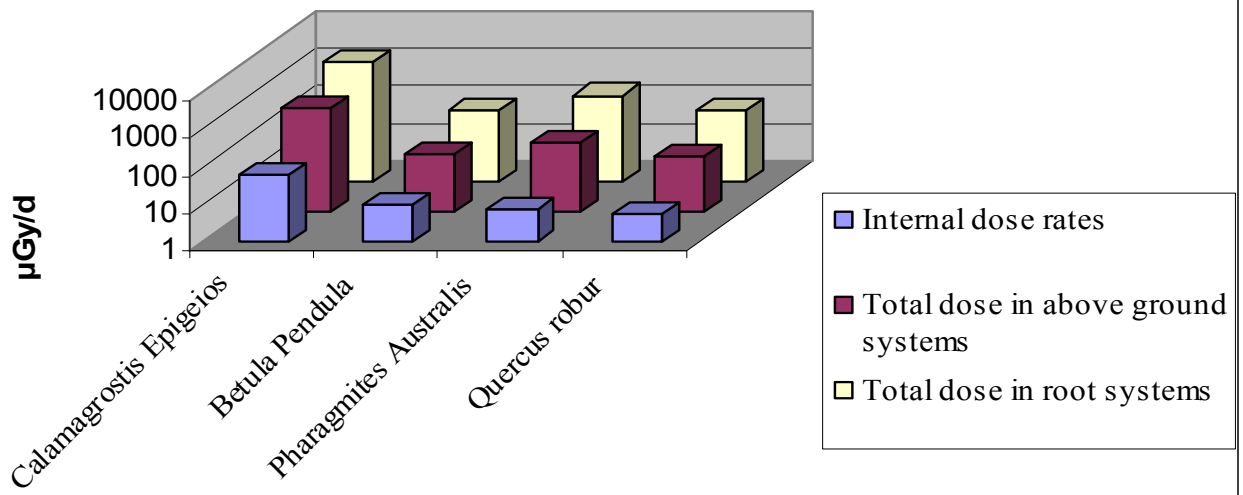


Fig. 11. Internal and total dose rates received by plants collected in Rontok Setling pond (µGy/d)

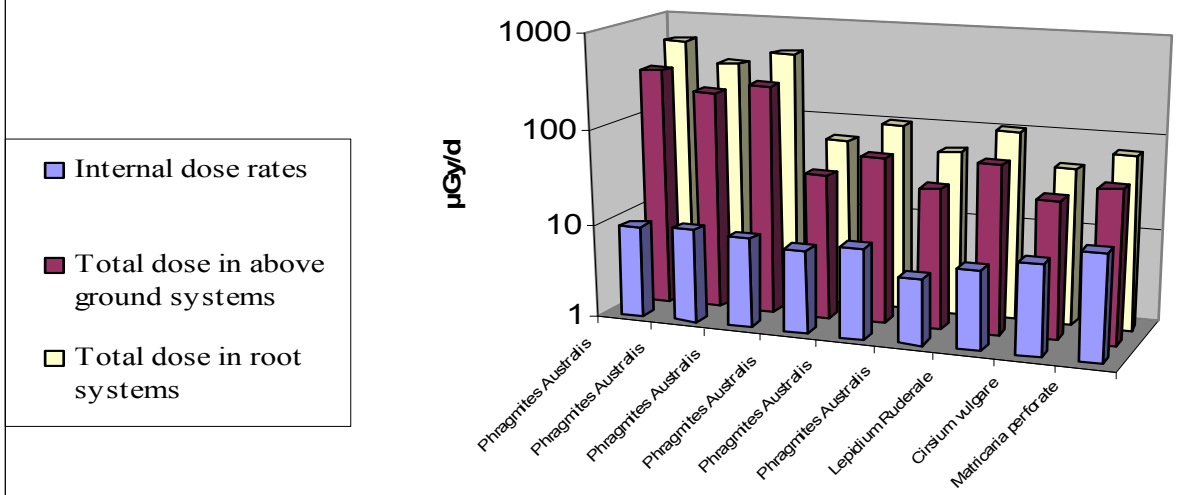


Fig. 10. Internal and total dose rates received by plants collected from Bojszowy settling pond (µGy/d)

	External Dose Rates to Burrowing Animals (μGy d^{-1})
BOJZOWY	37 – 560
RONTOK	75 - 1596

	External gamma dose rates due to soil irradiation (μGy d^{-1})	External dose rates due to immersion to vegetation (μGy d^{-1})
BOJZOWY	20 – 325	1.5 – 4
RONTOK	5 – 535	0.6 - 6

Η ΤΕΛΙΚΗ ΡΑΔΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

- Οι διακυμάνσεις των ρυθμών εξωτερικής και εσωτερικής έκθεσης ήταν πολύ υψηλές, με την εξωτερική έκθεση ως τον κυριότερο παράγοντα ραδιολογικής επιβάρυνσης.

- Οι ρυθμοί δόσης των εκτιθέμενων χερσαίων οργανισμών κυμαίνονταν ανάμεσα στη “φυσιολογικώς καλυμμένη ζώνη” και “οικολογικώς καλυμμένη ζώνη”. Τούτο σημαίνει ότι είναι πιθανόν να ανιχνευθούν μικρές αλλαγές στη λειτουργία, μορφολογία και αύξηση των ασθενειών σε επίπεδο πληθυσμού.

- Οι μέγιστοι ολικοί ρυθμοί δόσεων ανήκουν στα ανώτερα όρια των επιπέδων που αναφέρονται στη βιβλιογραφία για φυσικά ραδιονουκλιδία σε ημι- φυσικά οικοσυστήματα.

ΡΑΔΙΟΝΟΥΚΛΙΔΙΑ ΣΤΗΝ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Νικόλαος Ευαγγελίου

Χημικός, MSc

ΡΑΔΙΟΝΟΥΚΛΙΔΙΑ ΩΣ ΙΧΝΗΘΕΤΕΣ ΣΤΟ ΕΡΠ

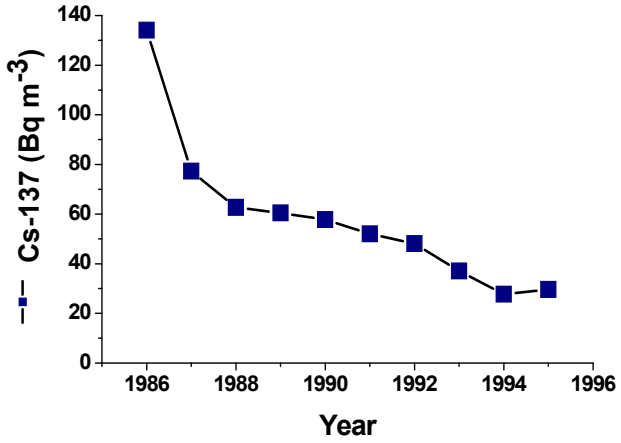
Τεχνητής προέλευσης ραδιονουκλίδια

^{137}Cs, ^{134}Cs, ^{60}Co, ^{90}Sr, ^{241}Am, $^{239+240}$Pu κλπ...

Πηγές ^{137}Cs

- Fallout από τις δοκιμές πυρηνικών όπλων (1945-1960)
- Fallout από το ατύχημα του Chernobyl (1986)
- Διαπεριφερειακές (interregional) εισροές
- Εκροή Μαύρης Θάλασσας

Egorov et al., 1999



Φυσικής προέλευσης ραδιονουκλίδια

^{40}K, ^{87}Rb, ^{3}H, ^{235}U, **^{238}U (^{234}Th)**, ^{14}C, ^{230}Th and ^{231}Pa, ^{210}Po and ^{210}Pb, ^{232}Th and ^{228}Ra, ^{227}Ac κλπ...

Πηγές ^{234}Th

- Συνεχόμενη παραγωγή από τη διάσπαση του ^{238}U
- Ατμοσφαιρική εναπόθεση
- Διάβρωση εδάφους – μεταφορά στις λεκάνες απορροής

Th: Διαλυτό ως $Th(OH)_n^{(4-n)+}$
Μεγάλη τάση να προσροφάται ($t_{½}$ = 24.1 d)

U: Διαλυτό (≤ 0.1 % προσροφημένο, Hodge et al, 1979, $t_{½}$ = 4.47 x 10^9 years)
Υπολογίζεται από την αλατότητα Delandhe et al, 2002 (S‰ 33 – 39)

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

- Μελέτη της οριζόντιας διασποράς ραδιονουκλιδίων σε θαλάσσια περιβάλλοντα (Κορινθιακός Κ. – Πατραϊκός Κ. – Αδριατική – ΒΑ Αιγαίο – Σαρωνικός Κ. – Ελευσίνιος Κ. κα.)

- Μελέτη κατακόρυφων κατανομών (profiles) ^{137}Cs, ^{234}Th σε σχέση με συμβατικούς ρύπους (C, N, μέταλλα κα.) στη σωματιδιακή φάση (κλάσματα μεγέθους 0.6) και στη διαλυτή φάση (κλάσμα μεγέθους < 0.6 μm)

- Στατιστική επεξεργασία με σκοπό την παραμετροποίηση της συσχέτισης των κατανομών των ραδιονουκλιδίων (^{137}Cs και ^{234}Th) και των συμβατικών ρύπων

- Μελέτη της εποχιακής συμπεριφοράς ραδιονουκλιδίων και ρύπων σε σχέση με τους παράγοντες επίδρασης

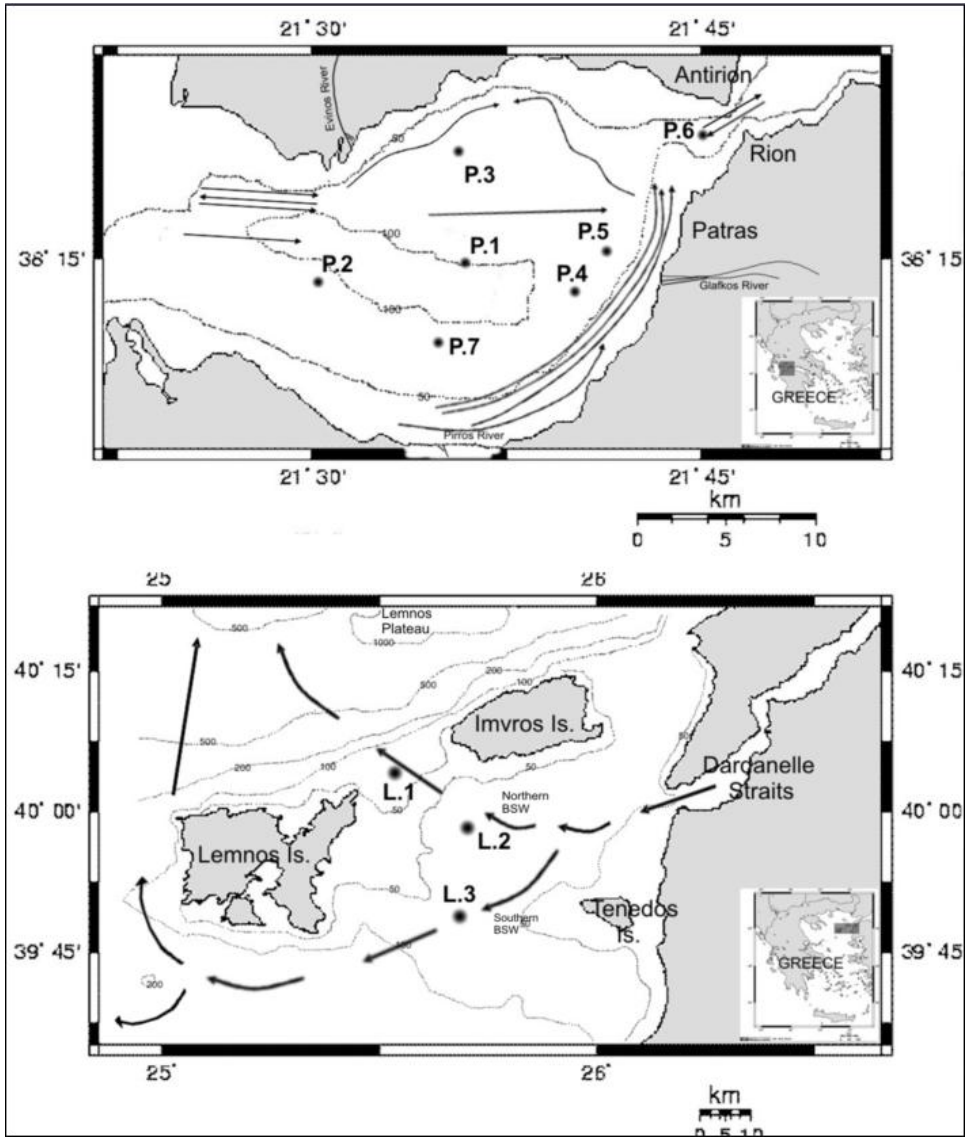
- Σύνδεση των κατακόρυφων κατανομών με τις φυσικοχημικές παραμέτρους (pH, αλατότητα, θερμοκρασία, πυκνότητα, DO) ως προς τα ωκεανογραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης.

- Μελέτη των περιβαλλοντικών πορειών του σωματιδιακού και του διαλυτού κλάσματος ραδιονουκλιδίων και ρύπων στο επιλεγμένο οικοσύστημα (μελέτη προσαρμογής σε υπολογιστικά μοντέλα).

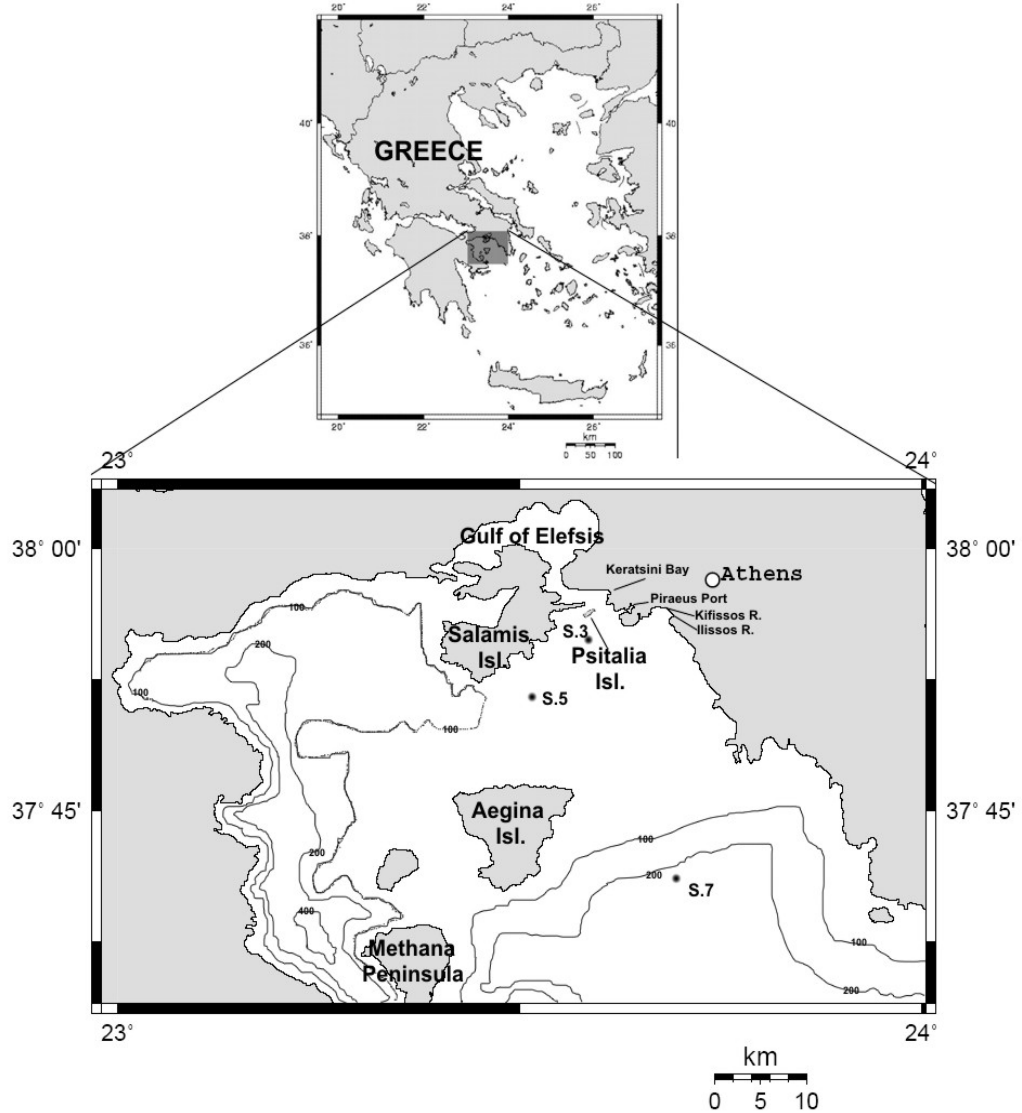
ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Πατραϊκός Κόλπος
Ημι-κλειστή λεκάνη χαμηλών βαθών. Επιδράσεις απο βιομηχανικό, φυσικό και αστικό περιβάλλοντα χώρο.

ΒΑ Αιγαίο Πέλαγος
Ανοικτή θαλάσσια λεκάνη χαμηλών βαθών, χαρακτηριστική διασυνοριακών εισροών.



ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ



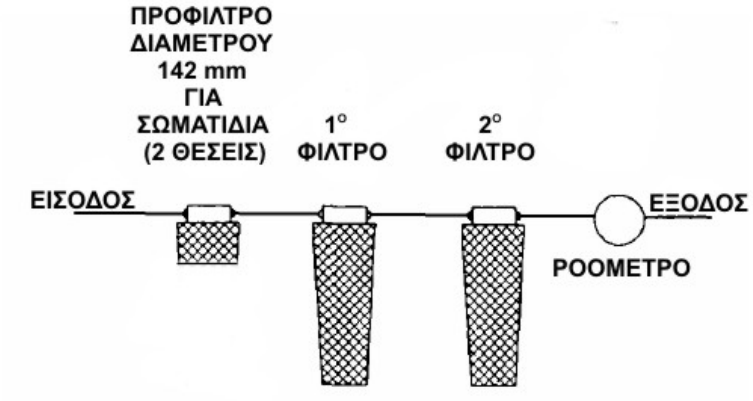
Σαρωνικός Κόλπος – Κόλπος Ελευσίνας
Κλειστή, ολιγοτροφική λεκάνη χαμηλών βαθών
Επιδράσεις από 30 περίπου βιομηχανικές μονάδες, αστικές (Ψυτάλλεια), λιμάνι Πειραιά

ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ – ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ – ΑΝΑΛΥΣΗ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ → ΠΕΔΙΟ → ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

- Προετοιμασία φίλτρων
- Προετοιμασία οργάνου

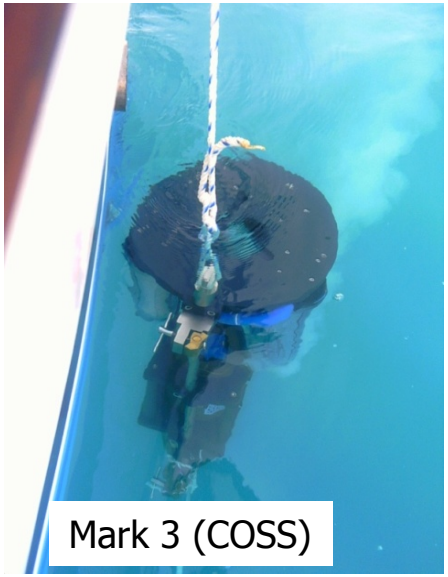
Ανάπτυξη



- Ανάλυση δειγμάτων
- Μετρήσεις γ-φασματομετρίας
- Μετρήσεις DOC - POC
- Συντήρηση δειγματολήπτη

$$A[diss(Th,Cs)] = \frac{A_1}{E} = \frac{A_1}{1 - \frac{A_2}{A_1}}$$

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΕΣ

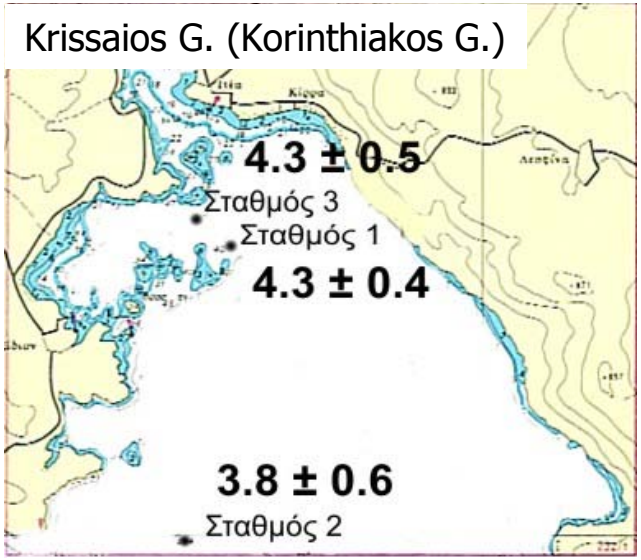


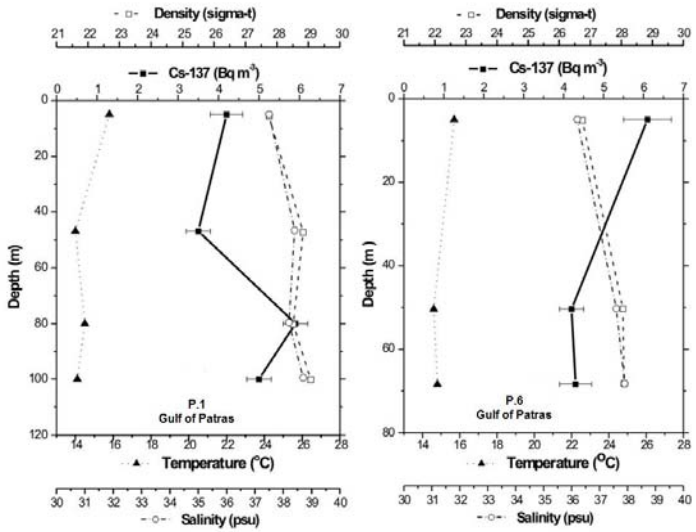
Mark 3 (COSS)

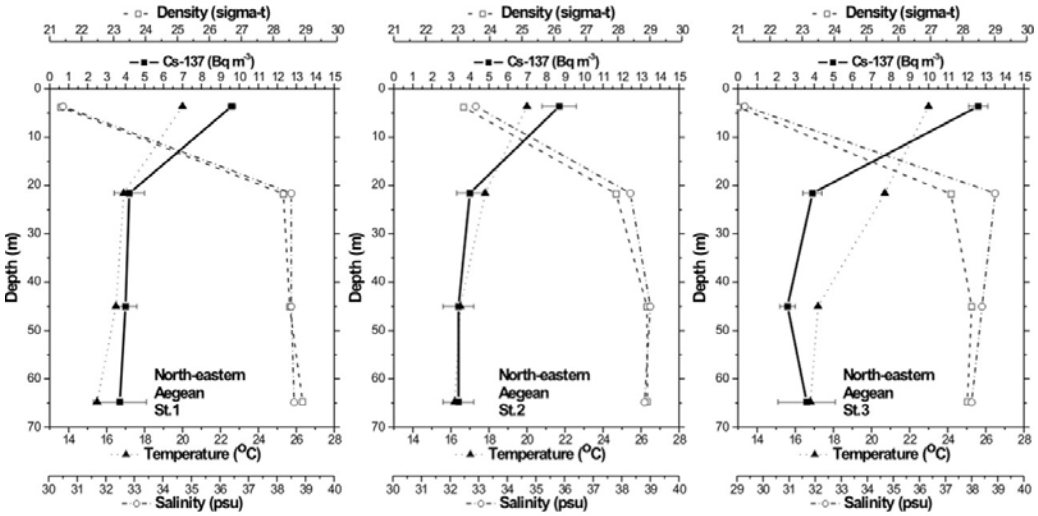
LV-WTS (McLane Labs)

ERL

^{137}Cs ΣΤΗΝ ΥΔΑΤΙΝΗ ΣΤΗΛΗ

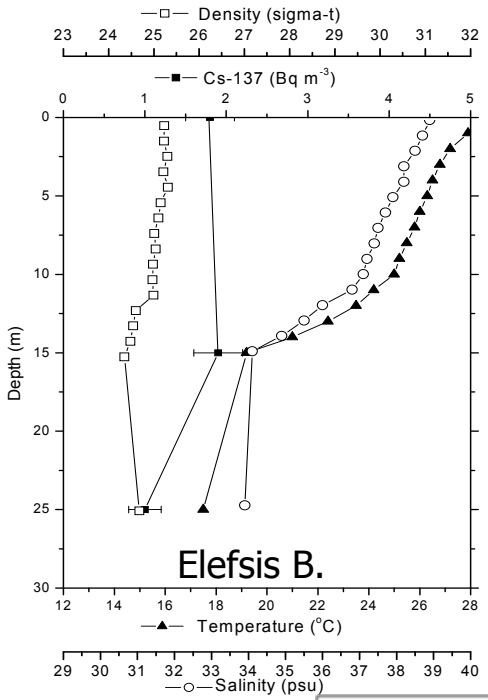


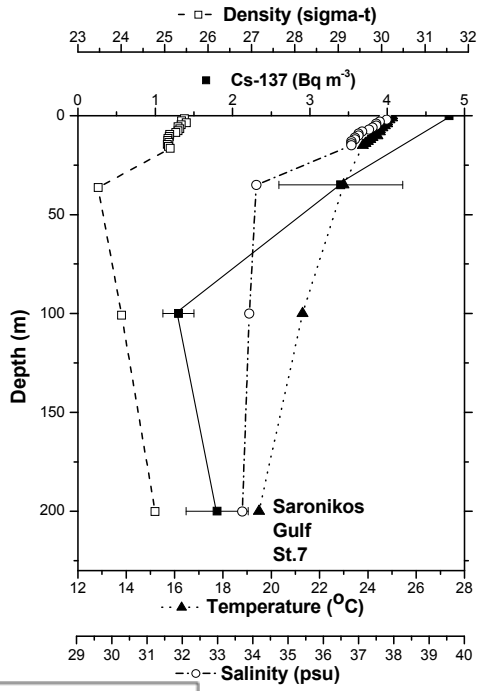


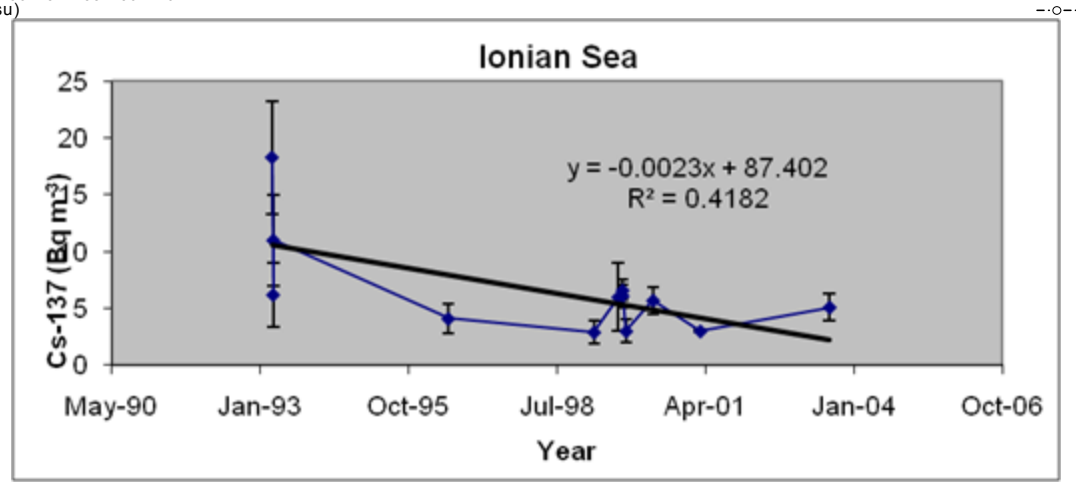


Evangeliou, N., Florou, H., Bokoros, P., Scoullos, M. (2009), Journal of Environmental Radioactivity, accepted.

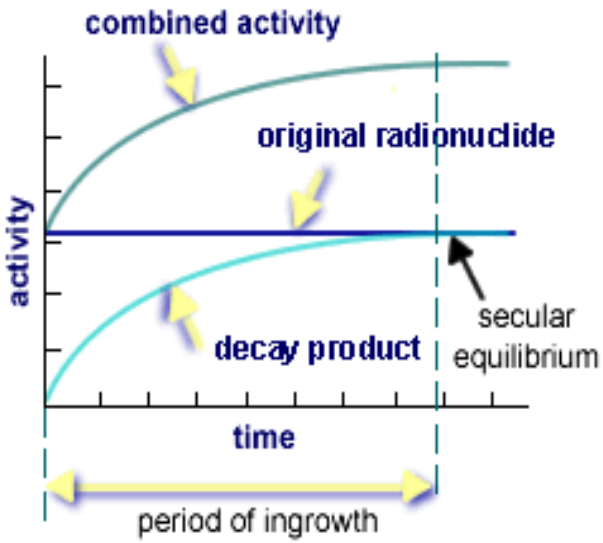
^{137}Cs ΣΤΗΝ ΥΔΑΤΙΝΗ ΣΤΗΛΗ





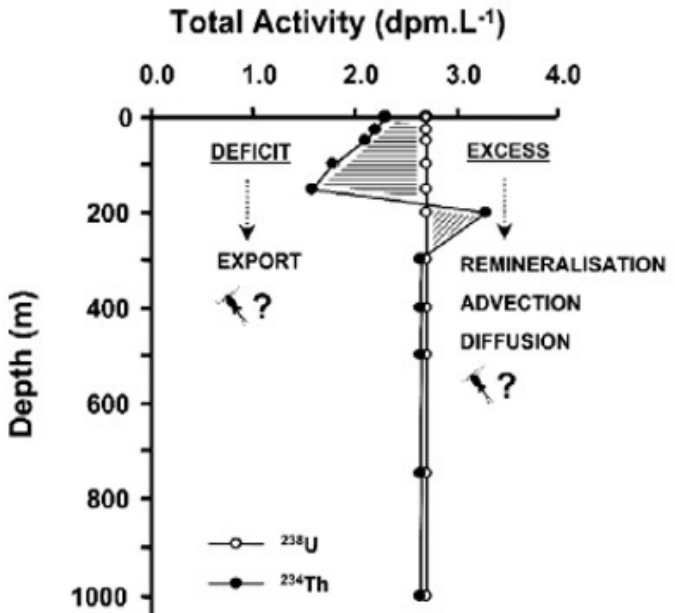


ΧΡΗΣΗ ^{234}Th ΣΤΗΝ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑ



$HL_M >> HL_D$

Αναμενόμενη ισορροπία
$^{234}Th/^{238}U = 1$



Baena *et al.*, 2006

Παρατηρούμενη απόκλιση
$^{234}Th/^{238}U \neq 1$

<u>Παραδοχές:</u>
Σταθερή κατάσταση (dTh/dt = 0) – Αμελητέα διάχυση και μεταφορά – μη αντιστρεπτή προσρόφηση στα σωματίδια

ΤΕΛΙΚΕΣ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ "BOX MODEL"

$$\tau_d = \frac{A_{Th}^d}{(A_U - A_{Th}^d)\lambda_{Th}}$$

Χρόνος παραμονής d-Th (d) πριν προσροφηθεί

$$J_{Th} = \int_{z_1}^{z_2} (A_U \lambda_{Th} - A_{Th}^d \lambda_{Th}) dz$$

Ροή d-Th (Bq m^{-2} d^{-1}) από τη διαλυτή φάση στη σωματιδιακή

$$\tau_p = \frac{A_{Th}^p}{[(A_U - A_{Th}^d) - A_{Th}^p]\lambda_{Th}}$$

Χρόνος παραμονής p-Th (d)

$$P_{Th} = \int_{z_1}^{z_2} (A_U \lambda_{Th} - A_{Th}^t \lambda_{Th}) dz$$

Ροή p-Th (Bq m^{-2} d^{-1})

Μετρώντας POC/PTh στα βυθιζόμενα σωματίδια:

$$P_C = \left(\frac{POC}{PTh}\right) P_{Th}$$

Ροή POC (mM $m^{-1}d^{-1}$)

Μετρώντας PM/PTh στα βυθιζόμενα σωματίδια:

$$P_M = \left(\frac{PM}{PTh}\right) P_{Th}$$

Ροή PM (ppm $m^{-1}d^{-1}$)

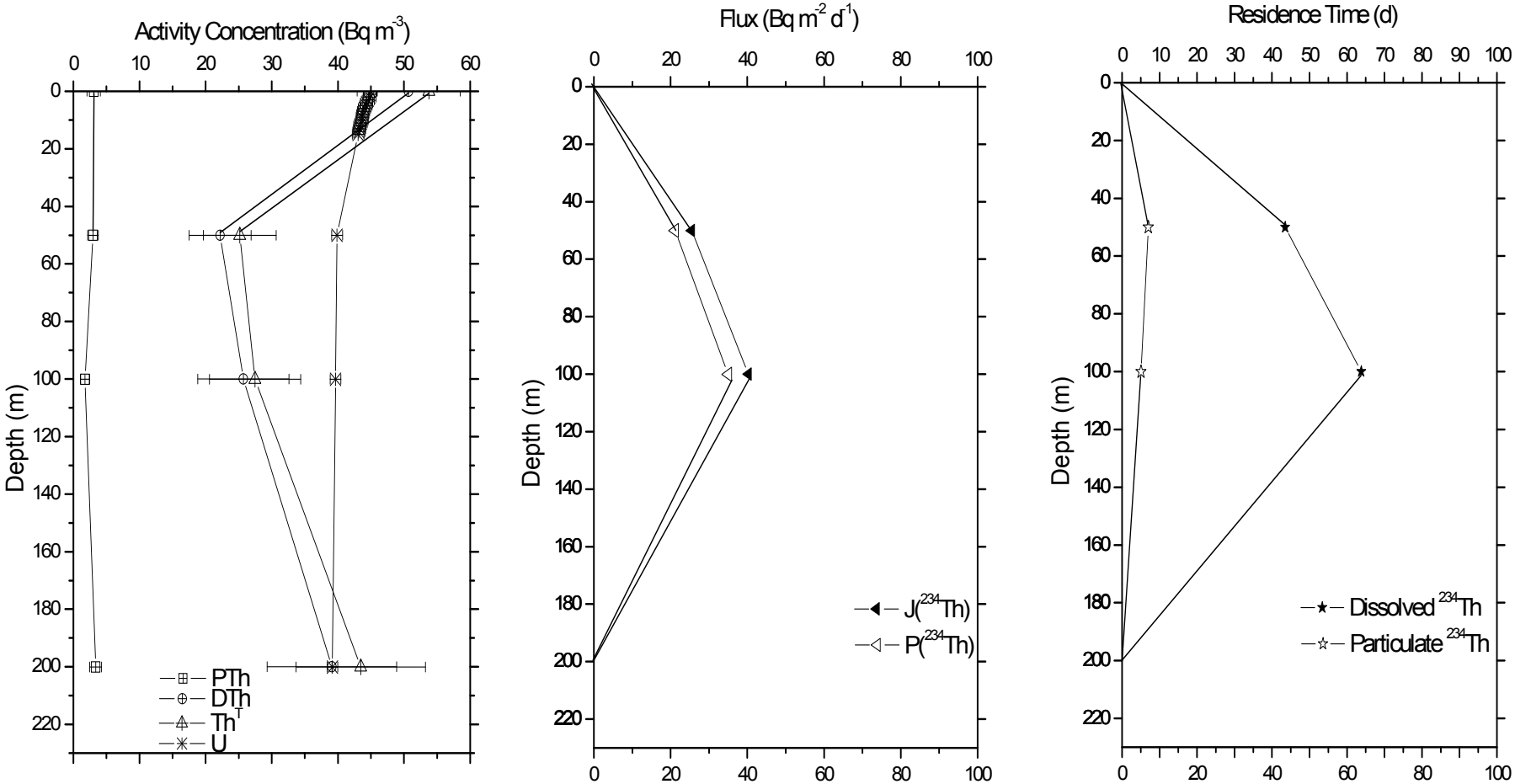
Μετρώντας PPAHs/PTh στα βυθιζόμενα σωματίδια:

$$P_{PAHs} = \left(\frac{PPAHs}{PTh}\right) P_{Th}$$

Ροή PPAHs (pmol $m^{-2}d^{-1}$)

κοκ.....

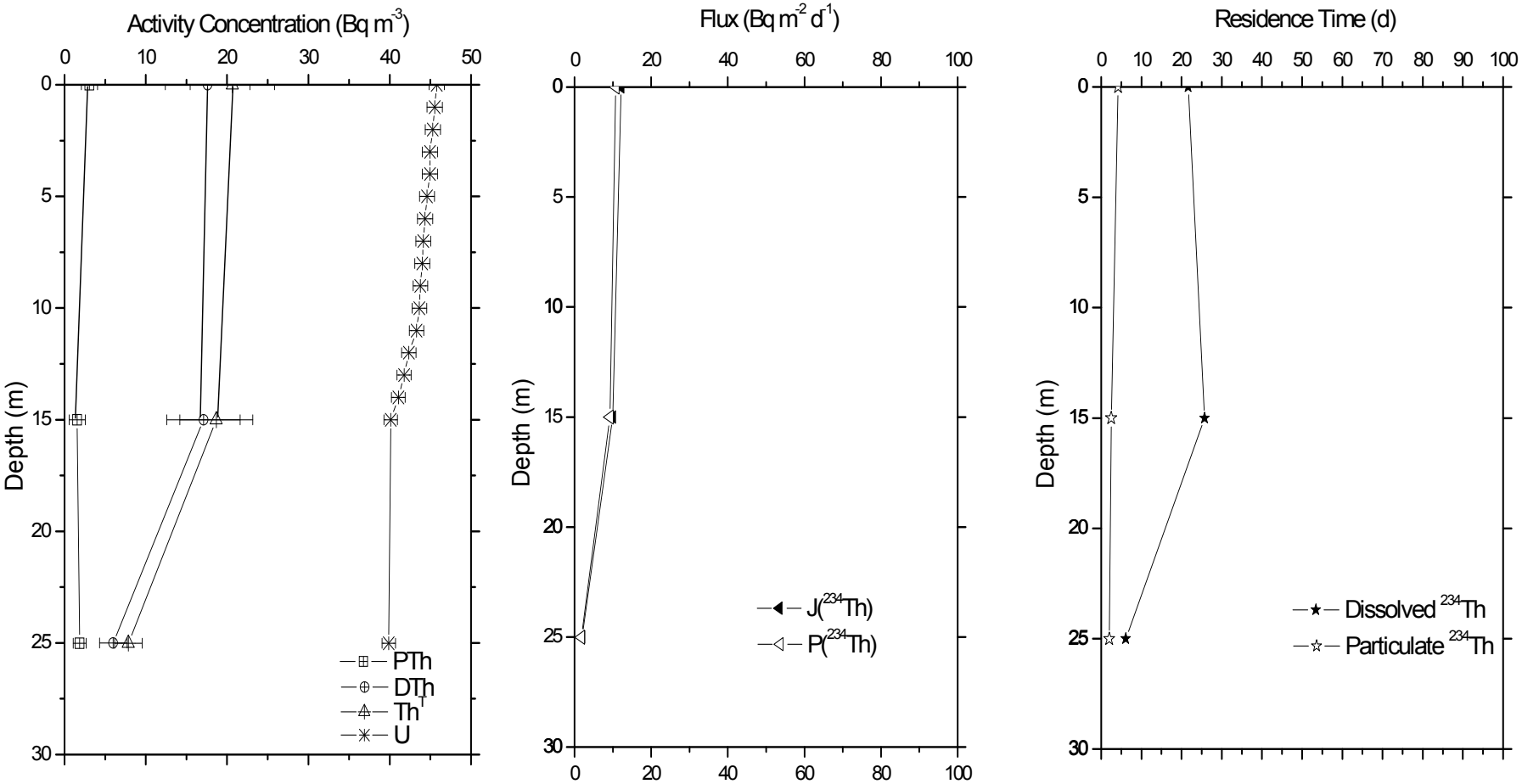
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ^{234}Th ΚΑΙ ^{238}U – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΕΝΕΣ ΡΟΕΣ p-Th ΚΑΙ d-Th – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΕΝΟΙ ΧΡΟΝΟΙ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ ΣΤΗΝ ΥΔΑΤΙΝΗ ΣΤΗΛΗ



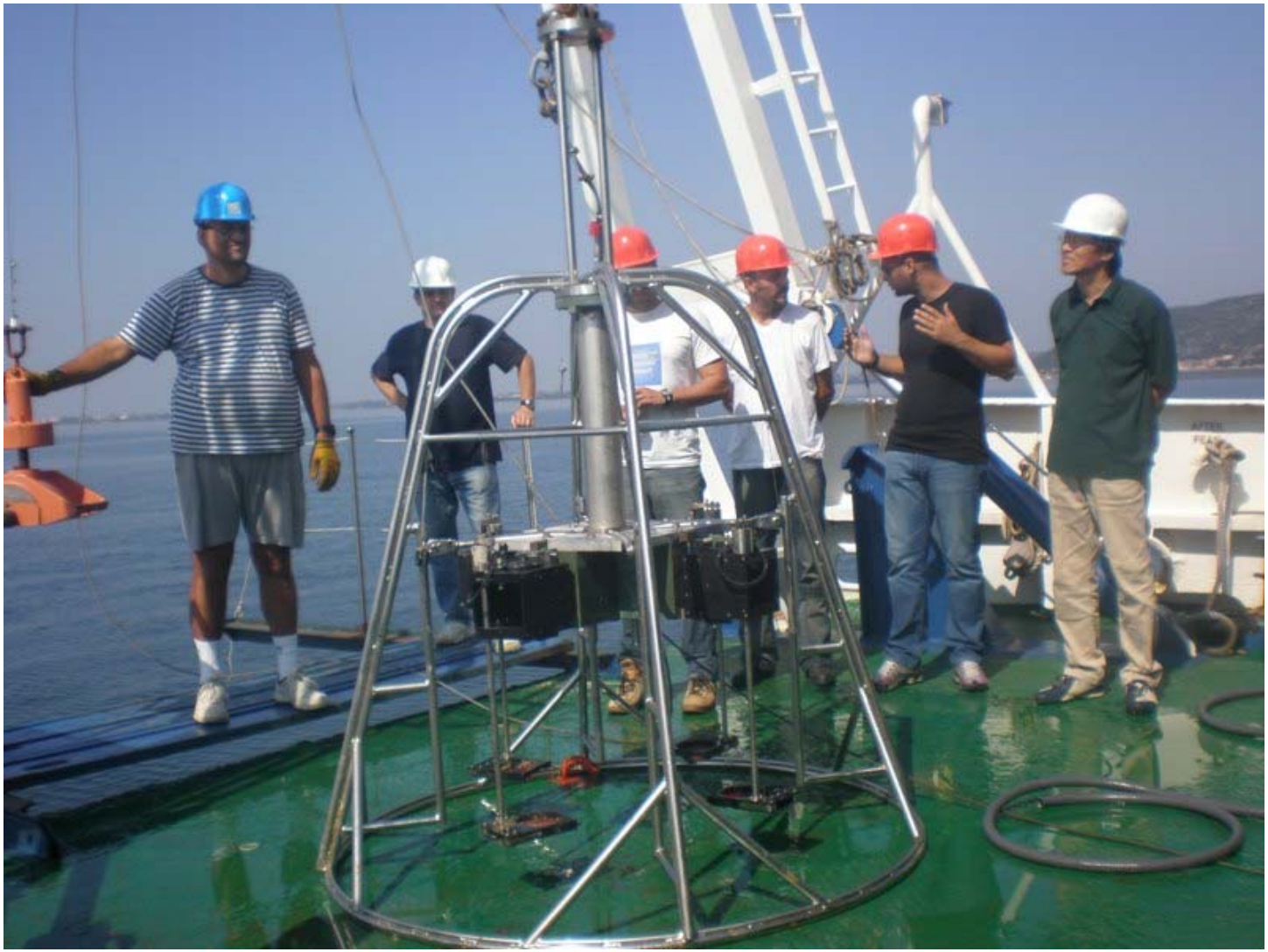
Evangeliou, N., Florou, H., Scoullos, M. (2009), Desalination and Water Treatment, in review.

Saronikos G.

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ ^{234}Th ΚΑΙ ^{238}U – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΕΝΕΣ ΡΟΕΣ p-Th ΚΑΙ d-Th – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΕΝΟΙ ΧΡΟΝΟΙ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ ΣΤΗΝ ΥΔΑΤΙΝΗ ΣΤΗΛΗ



Evangeliou, N., Florou, H., Scoullos, M. (2009), Desalination and Water Treatment, in review.

Elefsis B.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΟΥΜΕ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ…