

## Ραδόνιο

### Τι είναι το ραδόνιο?

Το ραδόνιο αποτελεί φυσική πηγή ακτινοβολίας, το οποίο προέρχεται από τη φυσική διάσπαση του ραδίου που υπάρχει στο έδαφος και στα πετρώματα της γης. Είναι ένα άχρωμο, άοσμο και άγευστο αέριο που ως ιδανικό αέριο είναι χημικά αδρανές.

### Προέλευση του ραδονίου

Το ραδόνιο προέρχεται από τη διάσπαση του ραδίου. Το ράδιο ανήκει στην οικογένεια της ραδιενεργούς σειράς του Ουρανίου 238 (U-238), το οποίο βρίσκεται στο έδαφος και στα πετρώματα της γης, καθώς και στα οικοδομικά υλικά προερχόμενα από αυτά. Το ραδόνιο ως αδρανές αέριο εισέρχεται στον ατμοσφαιρικό αέρα όταν αυτό διαφύγει από το έδαφος και τα οικοδομικά υλικά.



### Πηγές ραδονίου στα κτίρια

Το ραδόνιο που εκλύεται από το έδαφος και τα οικοδομικά υλικά εισέρχεται στο εσωτερικό των κτιρίων μέσω:

- Μικρορωγμών στα τσιμεντένια δάπεδα
- Κενών ή ρωγμών στους τοίχους
- Κενών στα σημεία ένωσης του τοίχου και με το δάπεδο
- Διάκενων στα ξύλινα πατώματα
- Κενών στα σημεία εισόδου σωλήνων ύδρευσης και αποχέτευσης
- Διάκενων στις πόρτες και στα παράθυρα



### **Από τι επηρεάζεται η συγκέντρωση του ραδονίου εντός των κτιρίων?**

Η συγκέντρωση του ραδονίου εντός των κτιρίων επηρεάζεται από πληθώρα παραγόντων οι κύριοι εκ των οποίων είναι:

- Ο ρυθμός εκροής ραδονίου από το έδαφος.
- Το είδος θεμελίωσης της οικοδομής.
- Το ύψος της κατοικίας.
- Η εκροή ραδονίου από τα οικοδομικά υλικά.
- Ο εξαερισμός του σπιτιού.
- Η διαφορά πίεσης στο εσωτερικό του κτιρίου και στο εξωτερικό περιβάλλον.

### **Ποια είναι τα επιτρεπόμενα επίπεδα συγκέντρωσης ραδονίου?**

Η Ευρωπαϊκή Ένωση, λαμβάνοντας υπόψη τις προτάσεις της Διεθνούς Επιτροπής Ακτινοπροστασίας (ICRP), εξέδωσε το 1990 τη Σύσταση "Προστασία του πληθυσμού από την έκθεση στο ραδόνιο μέσα στα κτίρια" (90/143/Euratom). Σύμφωνα με τη Σύσταση τα επίπεδα δράσης για λήψη μέτρων όσον αφορά στη συγκέντρωση ραδονίου στο εσωτερικό αέρα των κατοικιών είναι 400 Bq/m<sup>3</sup> για τις νεόδμητες οικοδομές και 200 Bq/m<sup>3</sup> για τις μελλοντικές κατοικίες.

### **Πως μπορούμε να μετρήσουμε τα επίπεδα ραδονίου σ' ένα κτίριο?**

Η πλειοψηφία των μεθόδων μέτρησης του ραδονίου και των θυγατρικών του βασίζονται στην ανίχνευση α-σωματιδίων που εκπέμπονται από τα ραδιονουκλίδια αυτά κατά τη διάσπασή τους. Οι μέθοδοι μέτρησης διακρίνονται σε ενεργητικές και παθητικές. Ως ενεργητικές χαρακτηρίζονται οι τεχνικές που για την εφαρμογή τους απαιτείται ηλεκτρική ενέργεια και χρήση αντλιών αέρα. Αντίθετα, η εφαρμογή των παθητικών τεχνικών δεν απαιτεί ηλεκτρική ενέργεια από τη στιγμή που θα τοποθετηθεί ο ανιχνευτής στο σημείο μέτρησης. Οι παθητικές τεχνικές είναι συνήθως απλές, με ανταγωνιστικό κόστος και εύκολη χρήση. Είναι κατάλληλες για ερευνητική δουλειά και για μακροχρόνιες μετρήσεις.

Το αποτέλεσμα μιας μέτρησης ραδονίου με παθητικούς ανιχνευτές εκφράζεται σε Bq/m<sup>3</sup> και εκφράζει τη μέση ολοκληρωμένη συγκέντρωση ραδονίου που είναι και η πλέον αντιπροσωπευτική για τον εσωτερικό αέρα της κατοικίας. 1 Bq/m<sup>3</sup> σημαίνει

ότι κατά μέσο όρο σε κάθε κυβικό μέτρο αέρα, συμβαίνει μία διάσπαση ενός ατόμου ραδονίου σε κάθε δευτερόλεπτο.



### Παθητικοί ανιχνευτές

Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως η συγκέντρωση ραδονίου παρουσιάζει διακύμανση κατά τη διάρκεια της ημέρας, τον χειμώνα και το καλοκαίρι λόγω διαφοράς θερμοκρασίας. Συγκεκριμένα, παρατηρούνται υψηλότερες τιμές κατά τη διάρκεια της νύχτας και τον χειμώνα.

### Ποιες είναι οι επιπτώσεις του ραδονίου στην υγεία?

Το ραδόνιο εισέρχεται στον οργανισμό μέσω της αναπνευστικής οδού. Η είσοδος του ραδονίου στον οργανισμό σπάνια συνδέεται με βλάβες στους πνεύμονες λόγω του σχετικά μεγάλου χρόνου ημίσειας ζωής (ο χρόνος που απαιτείται για να μειωθεί η ποσότητα του ραδονίου στο μισό) και των χαρακτηριστικών του ως αδρανές αέριο. Ως εκ του μόνο ένα πολύ μικρό μέρος της ποσότητας του ραδονίου που εισέρχεται στους πνεύμονες προλαβαίνει να διασπαστεί πριν απομακρυνθεί από τον οργανισμό μέσω της εκπνοής.

Ωστόσο, τα τέσσερα θυγατρικά του ραδονίου (Po-218, Pb-214, Bi-214 και Po-214) έχουν συνδεθεί με την αύξηση του κινδύνου για ανάπτυξη καρκίνου του πνεύμονα σε άτομα που εκτίθενται σε αυτά. Επιπρόσθετα, η έκθεση των παιδιών στο ραδόνιο έχει συσχετισθεί με την επίπτωση τη λευχαιμίας στα παιδιά, ενώ ο κίνδυνος για την υγεία κυμαίνεται στο 0.4%. Ο κίνδυνος συσχετίζεται με την χρονική διάρκεια της έκθεσης και με το επίπεδο συγκέντρωσης του ραδονίου στο οποίο εκτίθενται τα άτομα. Η δράση των θυγατρικών οφείλεται στην ικανότητα τους να προσκολλώνται σε αιωρούμενα σωματίδια τα οποία με την εισπνοή εισέρχονται στους πνεύμονες και επικάθονται στο πνευμονικό επιθήλιο. Στη συνέχεια τα θυγατρικά διασπώνται μέσα στους πνεύμονες και εκπέμπουν κυρίως σωματίδια α τα οποία μπορούν να προκαλέσουν βλάβες στις ευαίσθητες κυψελίδες αυξάνοντας την πιθανότητα ανάπτυξης καρκίνου του πνεύμονα.

### Μέτρα προστασίας από το ραδόνιο στον εργασιακό χώρο

Σύμφωνα με τους Ελληνικούς κανονισμούς Ακτινοπροστασίας (ΦΕΚ 216B, 5/3/2001), που είναι εναρμονισμένοι με την Οδηγία 96/29/EURATOM 31/5/1996, τα επίπεδα δράσης για τη συγκέντρωση ραδονίου στους εργασιακούς χώρους είναι τα εξής:

- ✓ Εργασιακοί χώροι στους οποίους η μέση ετήσια συγκέντρωση ραδονίου που αντιστοιχεί σε χρονική διάρκεια εργασίας 2000 ωρών, είναι μικρότερη από  $400 \text{ Bq} / \text{m}^3$  εξαιρούνται από περαιτέρω ελέγχους και μέτρα ακτινοπροστασίας.
- ✓ Σε εργασιακούς χώρους στους οποίους η μέση ετήσια συγκέντρωση ραδονίου που αντιστοιχεί σε χρονική διάρκεια εργασίας 2000 ωρών, είναι μεγαλύτερη από  $400 \text{ Bq} / \text{m}^3$  και μικρότερη από  $1000 \text{ Bq} / \text{m}^3$  συνιστάται η διερεύνηση μείωσης των ανωτέρω συγκεντρώσεων με κατάλληλες τεχνικές. Οι χώροι αυτοί χαρακτηρίζονται ως επιβλεπόμενες περιοχές, ενώ τα λαμβανόμενα μέτρα ακτινοπροστασίας πρέπει να εγκρίνονται από την ΕΕΑΕ.
- ✓ Εργασιακοί χώροι στους οποίους η μέση ετήσια ολοκληρωμένη συγκέντρωση ραδονίου που αντιστοιχεί σε χρονική διάρκεια εργασίας 2000 ωρών, είναι μεγαλύτερη από  $1000 \text{ Bq} / \text{m}^3$  και μικρότερη από  $3000 \text{ Bq} / \text{m}^3$  χαρακτηρίζονται ως ελεγχόμενες περιοχές και οι πρακτικές εγκρίνονται από την ΕΕΑΕ.
- ✓ Η μέση ετήσια συγκέντρωση του ραδονίου σε εργασιακούς χώρους, δεν μπορεί να υπερβαίνει τα  $3000 \text{ Bq} / \text{m}^3$  λαμβανομένων υπόψη των 2000 ωρών διάρκειας εργασίας.

### **Το Ραδόνιο στην Ελλάδα**

Την τελευταία δεκαετία στην Ελλάδα πραγματοποιήθηκε πληθώρα μελετών με σκοπό την εκτίμηση της συγκέντρωσης ραδονίου σε διάφορες γεωγραφικές περιοχές και ανάλογα με την εποχή. Συγκεκριμένα, η συγκέντρωση ραδονίου είναι υψηλότερη τους χειμερινούς μήνες συγκριτικά με τους καλοκαιρινούς μήνες. Συγκεκριμένα, ο Παπαστεφάνου και συν<sup>2</sup>, κατά τη μέτρηση που πραγματοποίησαν στη Θεσσαλονίκη έδειξαν πως η συγκέντρωση του ραδονίου τους χειμερινούς μήνες ήταν  $1.8 \pm 0.78 \text{ Bq m}^{-3}$  και τους καλοκαιρινούς μήνες  $1.6 \pm 0.61 \text{ Bq m}^{-3}$ . Επιπλέον, η συγκέντρωση ραδονίου στην βόρεια Ελλάδα είναι υψηλότερη σε σχέση με τη νότιο Ελλάδα.<sup>3</sup>

Η συγκέντρωση του ραδονίου παρουσιάζει διακύμανση σε περιοχές που υπάρχουν σπήλαια και ιαματικά λουτρά, καθώς το επίπεδο ραδονίου είναι υψηλότερο. Ο Παπαχριστοδούλου και συν. έδειξαν<sup>4</sup> πως στο σπήλαιο του Περάματος στα Γιάννενα η συγκέντρωση του ραδονίου τον χειμώνα είναι  $925 \pm 418 \text{ Bq m}^{-3}$  και τους καλοκαιρινούς μήνες  $1.311 \pm 353 \text{ Bq m}^{-3}$ . Επίσης, οι τουρίστες εκτίθενται σε δόση ακτινοβολίας κάτω από  $5.1 \text{ microSv}$  ανά επίσκεψη, ενώ οι υπάλληλοι στο σπήλαιο εκτίθεται σε δόση  $1.8 \text{ mSv y}^{-1}$ . Αναφορικά με τα ιαματικά λουτρά, στην Αιδηψό έχει βρεθεί πως η συγκέντρωση του ραδονίου κυμαίνεται από 45 έως  $110 \text{ mWLM}$  ( $1 \text{ WLM} = 12.97 \text{ Jsm}^{-3}$ ), ενώ η έκθεση για τους εργαζόμενους κυμαίνεται από 34 έως  $100 \text{ mWLM}$ .<sup>5</sup>

Ένας επιπρόσθετος παράγοντας που επηρεάζει τη συγκέντρωση του ραδονίου είναι ο τύπος της κατοικίας πχ μονοκατοικία, πολυκατοικία και τον όροφο διαμονής. Συγκεκριμένα, το επίπεδο ραδονίου είναι υψηλότερο στις μονοκατοικίες και στους πρώτους ορόφους των πολυκατοικιών. Επιπρόσθετα, το επίπεδο ραδονίου είναι χαμηλότερο στους πρώτους ορόφους των πολυκατοικιών όταν το κτίριο διαθέτει υπόγειο.<sup>6</sup>

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι περιοχές με τις υψηλότερες συγκεντρώσεις ραδονίου στην Ελλάδα.

Οι περιοχές με τη μεγαλύτερη συσώρευση ραδονίου στην Ελλάδα (σε bequerel ανά κυβικό μέτρο)		
Χωριό	Νομός	Συσώρευση ραδονίου σε Bq/m <sup>3</sup>
Νεραίδα	Θεσπρωτίας	511 Bq/m <sup>3</sup>
Μελιβοία	Ξάνθης	460 Bq/m <sup>3</sup>
Κέντρο Πόλης	Καβάλας	350 Bq/m <sup>3</sup>
Σέλερο	Ξάνθης	320 Bq/m <sup>3</sup>
Πρασινάδα	Δράμας	280 Bq/m <sup>3</sup>
Μύκονος	Κυκλάδων	280 Bq/m <sup>3</sup>
Δεσκάτη	Γρεβενών	279 Bq/m <sup>3</sup>
Πεντάλοφο	Κοζάνης	258 Bq/m <sup>3</sup>
Νικίσιανη	Καβάλας	237 Bq/m <sup>3</sup>
Κέντρο Πόλης	Θεσσαλονίκης	220 Bq/m <sup>3</sup>
Δοξάτο	Δράμας	211 Bq/m <sup>3</sup>
Γενισέα	Ξάνθη	200 Bq/m <sup>3</sup>

\*Τσίπρας Κ.Σ. Το Ραδόνιο [internet]. [cited 2010 Apr 14]. Available from: <http://www.tsipiras.gr/radonio.htm><sup>7</sup>

#### Βιβλιογραφία

1. Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας. Ραδόνιο [Εγχειρίδιο]. Αθήνα: Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας; 2005
2. Papastefanou C, Stoulos S, Manolopoulou M, Ioannidou A, Charalambous S. Indoor radon concentrations in Greek apartment dwellings. Health Phys. 1994 Mar;66(3):270-3
3. Geranios A, Kakoulidou M, Mavroidi Ph, Fischer S, Burian I, Holecek J. Preliminary radon survey in Greece. Radiation Protection Dosimetry. 1999;81(4):305-309
4. Papachristodoulou CA, Ioannides KG, Stamoulis KC, Patiris DL, Pavlides SB. Radon activity levels and effective doses in the Perama Cave, Greece. Health Phys. 2004 Jun;86(6):619-24
5. Geranios A, Nikolopoulos D, Louitzi A, Karatzi A. Multiple radon survey in spa of Loutra Edipsou (Greece). Radiation Protection Dosimetry. 2004;112(2):251-8
6. Papaefthymiou H, Mavroudis A, Kritidis P. Indoor radon levels and influencing factors in houses of Patras, Greece. J Environ radioact. 2003;66(3):247-60