



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Προτεινόμενος τίτλος Διδακτορικής Διατριβής και γλώσσα εκπόνησης:

Γλώσσα: Αγγλικά

Biocompatible innovative technologies to reduce adverse health effects due to radon and particulate matter indoors

Βιοσυμβατές καινοτόμες τεχνολογίες για τη μείωση των δυσμενών επιπτώσεων στην υγεία λόγω του ραδονίου και των αιεριοποιημένων του βε. περιβαλλοντικών χυμρών.

Τεκμηριωμένη επιστημονική πρόταση και προσχέδιο Διδακτορικής Διατριβής

(Προσθέστε σελίδες ανάλογα με τις ανάγκες της πρότασης ή επισυνάψτε αυτόνομο κείμενο).

Επισυνάψτε αυτόνομο κείμενο

Βιοσυμβατές καινοτόμες τεχνολογίες για τη μείωση των δυσμενών επιπτώσεων στην υγεία λόγω του ραδονίου και των θυγατρικών του σε εσωτερικούς χώρους.

Ερευνητική Πρόταση Διδακτορικής Διατριβής Μπάρτη Ευάγγελου

Θεματική Περιοχή/Περιοχές, Λέξεις-Κλειδιά.

Περιβαλλοντική Υγεία, Εργασιακή Υγεία και Ασφάλεια, Ποιότητα Εσωτερικού Αέρα, Αιωρούμενα Σωματίδια, Αερολύματα, Καρκινογόνοι Παράγοντες, Ραδόνιο και θυγατρικά, Απολύμανση, Μοντελοποίηση

Συνοπτική περιγραφή του θέματος.

Το αέριο ραδόνιο και τα θυγατρικά του είναι σημαντικοί μη ανθρωπογενείς καρκινογόνοι επιμολυντές σε εσωτερικούς χώρους (κτίρια, ορυχεία, σπηλιές κ.λπ.). Η κύρια προσέγγιση για την απολύμανση των εσωτερικών περιβαλλόντων από το ραδόνιο είναι ο εξαερισμός. Προσπάθειες έρευνας και ανάπτυξης βρίσκονται σε εξέλιξη για την εφεύρεση νέων μεθόδων, ενδεχομένως τη χρήση νέων υλικών και την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών είτε για να εμποδίσουν το ραδόνιο να εισέλθει σε εσωτερικούς χώρους είτε για την απομάκρυνσή του με αποτελεσματικό τρόπο. Στόχος της παρούσας ερευνητικής εργασίας είναι η διερεύνηση της αλληλεπίδρασης του ραδονίου και των θυγατρικών του με διάφορα υλικά, κυρίως σωματίδια και άλλες αιωρούμενες ουσίες (π.χ. αερολύματα) που περιέχονται στον αέρα εσωτερικών χώρων. Η έρευνα θα επικεντρωθεί σε βιοσυμβατά υλικά με χημικές συνθέσεις που φαίνονται πιο πρόσφορες για την απορρόφηση ή τη δέσμευση αυτών των επιμολυντών. Επιπρόσθετα θα αναλύσει τα μοντέλα που περιγράφουν αυτές τις αλληλεπιδράσεις. Παράγωγο αυτής της ερευνητικής εργασίας θα είναι προτάσεις νέων μεθόδων για να μετριαστεί (μέσω απομάκρυνσης ή μόνωσης) το ραδόνιο και τα θυγατρικά του σε κλειστούς χώρους, με τη χρήση αυτών των υλικών.

Συνεισφορά και πρωτοτυπία της προτεινόμενης διατριβής.

Η καρκινογόνος απειλή που θέτει το ραδόνιο και τα θυγατρικά του (που είναι ο κύριος λόγος για τον ιονισμό του ατμοσφαιρικού αέρα σε οικιακά περιβάλλοντα [1]) αντιμετωπίζεται συχνά με τη μείωση της συγκέντρωσής του σε εσωτερικούς χώρους μέσω κατάλληλου τεχνητού εξαερισμού [2] [3] [4]. Τέτοιες μέθοδοι είναι σχετικά εύκολες και σε μεγάλο βαθμό αποτελεσματικές, αλλά δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε όλες τις περιπτώσεις (π.χ. σε μέρη όπου η θερμοκρασία δεν πρέπει να πέφτει από την εισαγωγή φρέσκου αέρα ή ο μαζικός εξαερισμός δεν είναι επιθυμητός ή πρακτικά εφικτός). Άλλες προσπάθειες βρίσκονται σε εξέλιξη για να μονωθούν τα εσωτερικά περιβάλλοντα από το ραδόνιο και τα θυγατρικά του ή να αναπτυχθούν υλικά και τεχνικές [5] [6][7] που τα απορροφούν ή τα δεσμεύουν. Μελετώντας τη σχετική βιβλιογραφία διαφαίνεται η τάση να εφευρεθούν νέες μέθοδοι για τον μετριασμό του ραδονίου και των θυγατρικών του με πιο «σιωπηλό» και ευέλικτο τρόπο. [8]

Η προτεινόμενη ερευνητική εργασία θα επικεντρωθεί στη διερεύνηση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ ραδονίου (και των θυγατρικών του) και υλικών που σχετίζονται με υψηλά ποσοστά απορρόφησης ραδονίου. Ιδιαίτερη προσοχή θα δοθεί

στην αιωρούμενη ύλη (σωματίδια και αερολύματα) υδατικής και λιπαρής σύνθεσης, καθώς η διαλυτότητα του ραδονίου είναι σημαντική σε τέτοιους διαλύτες [5] [9] [10] [11].

Το ραδόνιο και τα θυγατρικά του δεσμεύονται ή απορροφώνται σε υψηλό βαθμό από τέτοια υλικά, καθιστώντας τα κατάλληλα για καινοτόμες τεχνολογίες μετριάσμου, φίλτρα ραδονίου ή μονωτές. Οι τεχνολογίες αυτές θα πρέπει να είναι εύκολες στην εγκατάσταση και το χειρισμό, φορητές, ρυθμιζόμενες σε μεγάλο βαθμό και, φυσικά, ασφαλείς για χρήση σε κατοικίες και χώρους εργασίας. Η ανάπτυξη ενός μοντέλου, ή η εφαρμογή υφιστάμενων μοντέλων, για την πρόβλεψη της απορρόφησης του ραδονίου και των θυγατρικών από τέτοια υλικά θα είναι μια χρήσιμη καινοτομία στην κατεύθυνση της επιστήμης και της τεχνολογίας μετριάσμου του ραδονίου.

Αξίζει να σημειωθεί ότι τέτοια υλικά (π.χ. ομίχλη λαδιού) βρίσκονται σε εσωτερικά οικιακά περιβάλλοντα (όπως κουζίνες) και χώρους εργασίας (όπως μηχανουργεία, βιομηχανίες μετάλλου, ιατρικά εργαστήρια, νοσοκομειακές τεχνικές υπηρεσίες). Υπάρχουν ανοικτά ερωτήματα σχετικά με το ρόλο των αλληλεπιδράσεων του ραδονίου και των θυγατρικών του με τέτοια αιωρούμενα υλικά σε σχέση με την έναρξη του καρκίνου του πνεύμονα [12] [13]. Η παρούσα ερευνητική εργασία ενδέχεται να οδηγήσει σε χρήσιμα συμπεράσματα για το μετριάσμο του ραδονίου σε εσωτερικούς χώρους, πιθανόν και με αξιοποίηση των ουσιών αυτών που ήδη βρίσκονται εκεί, δίπλα στα άλλα υλικά και μεθόδους που θα μελετήσουμε.

Βασικός σκοπός, στόχοι και ερευνητικές υποθέσεις της διδακτορικής διατριβής.

Στόχος αυτής της έρευνας είναι να δημιουργηθεί ένα στέρεο θεωρητικό υπόβαθρο για την εύρεση εναλλακτικών, ασφαλών, πρακτικών και ευέλικτων τρόπων για τον μετριάσμο του ραδονίου και των θυγατρικών του σε εσωτερικούς χώρους. Η επιθυμητή προοπτική μετά την ολοκλήρωση αυτού του ερευνητικού έργου είναι η επέκταση της έρευνας σε άλλους επιμολυντές εισπνεόμενου αέρα σε εσωτερικούς χώρους [14] στο μέλλον, π.χ. ως μέρος της συμβολής του ΠαΔΑ στον Οδικό Χάρτη για τα Καρκινογόνα [13] [15], ή ως μέρος ενός μελλοντικού ερευνητικού προγράμματος για την ποιότητα του εσωτερικού αέρα, ή των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην ανθρώπινη ευεξία και εργασία (πιθανόν υπό την αιγίδα του προγράμματος «Horizon 2020»).

Οι ειδικοί στόχοι αυτής της έρευνας είναι οι εξής:

1. Ανασκόπηση των συγχρόνων μεθόδων μετριάσμου του ραδονίου και των απογόνων και των ευρέως γνωστών μοντέλων αλληλεπίδρασης εσωτερικού αέρα – ραδονίου.
2. Ανασκόπηση εναλλακτικών, βιοσυμβατών υλικών και χημικών συνθέσεων που αναμένεται να δεσμεύουν ή να απορροφούν το ραδόνιο και τα θυγατρικά του σε σημαντικό βαθμό.
3. Παραγωγή νέου μοντέλου ή εξέλιξη ή χρήση κατάλληλων υφιστάμενων μοντέλων, για την πρόβλεψη της απορρόφησης ραδονίου και θυγατρικών από τέτοια υλικά.
4. Η δημιουργία δεσμών μεταξύ της έρευνας και ευρύτερων ακαδημαϊκών ή κοινοτικών προγραμμάτων για τη μείωση των δυσμενών επιπτώσεων του ραδονίου και άλλων καρκινογόνων ουσιών στην υγεία. Επίσης, θα ήταν επιθυμητή η σύνδεση με μεγαλύτερα μοντέλα ποιότητας του αέρα, υγείας και

ασφάλειας, ή ακόμη και τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην ανθρώπινη άνεση και εργασία.

Οι θεμελιώδεις επιστημονικές παραδοχές που πρέπει να διερευνηθούν είναι οι ακόλουθες:

1. Η διαλυτότητα του ραδονίου είναι υψηλή σε διάφορες βιοσυμβατές ουσίες [5], ιδιαίτερα σε λιπαρές ουσίες και παρόμοιους οργανικούς διαλύτες [9] [16].
2. Τα σωματίδια και τα αερολύματα (ομίχλη) λιπαρής (ελαιώδους) σύνθεσης μπορούν, ως εκ τούτου, να απορροφούν ή να δεσμεύουν το ραδόνιο και τα θυγατρικά του με σημαντικούς ρυθμούς. Αυτό μπορεί επίσης να ισχύει στην περίπτωση υλικών που δεν βρίσκονται σε εναιώρημα (π.χ. αφρώδη υλικά, μεγάλες στερεές ή υγρές επιφάνειες, νήματα κ.λπ.) [4]
3. Οι ουσίες αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απομάκρυνση του ραδονίου και των θυγατρικών από τα εσωτερικά περιβάλλοντα, κατά τρόπο συμπληρωματικό ή εναλλακτικό έναντι του εξαερισμού, ή για την απομόνωση αυτών των περιβαλλόντων από την πρόσληψη αυτών των επιμολυντών.
4. Οι σύγχρονες προκλήσεις (όπως η παγκόσμια κλιματική αλλαγή) ή άλλα τοπικά φαινόμενα μπορεί να έχουν αντίκτυπο στην αποτελεσματικότητα των μεθόδων μετριασμού του ραδονίου και των θυγατρικών, επηρεάζοντας τη σύνθεση του ατμοσφαιρικού αέρα και άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες (θερμοκρασία, υγρασία) των εσωτερικών περιβαλλόντων. [17] [18] [19] [20]

Μεθοδολογία Έρευνας.

Η έρευνα θα βασιστεί στο ακόλουθο σχήμα:

- Ανασκόπηση των συνήθων εσωτερικών ουσιών και των αλληλεπιδράσεών τους με το ραδόνιο και τα θυγατρικά του.
- Ανασκόπηση και μοντελοποίηση των σχετικών αλληλεπιδράσεων καινοτόμων υλικών.
- Επικύρωση των μοντέλων μέσω υφιστάμενων μετρήσεων ή εργαλείων ή με τη λήψη δικών μας μετρήσεων ή την ανάπτυξη/απόκτηση ιδίων εργαλείων ή/και σταθμών μέτρησης.

Η μεθοδολογία της έρευνας είναι ως εξής:

1. Ανασκόπηση των σύγχρονων μεθόδων και των σχετικών τάσεων στο μετριασμό του ραδονίου και των θυγατρικών του.
2. Ανασκόπηση των τρεχόντων θεωρητικών και εμπειρικών μοντέλων για τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ του ραδονίου (και των θυγατρικών) και άλλων κοινών υλικών και αιωρούμενης ύλης που βρίσκεται σε εσωτερικούς χώρους.
3. Ανασκόπηση των βιοσυμβατών υλικών που παρουσιάζουν υψηλή διαλυτότητα ραδονίου ή υψηλή απορρόφηση/δέσμευση.
4. Χρησιμοποιήστε τα υπάρχοντα μοντέλα ραδονίου συν την αλληλεπίδραση των απογόνων με τέτοια υλικά ή αναπτύξτε νέα μοντέλα, για να προβλέψετε τους ρυθμούς απορρόφησης/δέσμευσης των απογόνων ραδονίου σε τέτοια υλικά. Οι προβλέψεις θα μπορούσαν να παραμετροποιηθούν από μια σειρά περιβαλλοντικών τιμών (ενδεικτικά: θερμοκρασία, υγρασία κ.λπ.) προσεκτικά επιλεγμένες για να αντιπροσωπεύουν συνήθεις περιπτώσεις [21] [22] χρήσης εσωτερικών χώρων, καθώς και αναμενόμενες διακυμάνσεις λόγω τοπικών φαινομένων (π.χ. αιθαλομίχλης) ή παγκόσμιων (π.χ. κλιματικής αλλαγής). [23]

5. Σύγκριση των προβλέψεων με τα υπάρχοντα σύνολα δεδομένων συμβατών μετρήσεων που υπάρχουν στη βιβλιογραφία ή με τις δικές μας μετρήσεις ή ισοδύναμα σύνολα δεδομένων από προσομοιωμένα ή πραγματικά εσωτερικά περιβάλλοντα.
6. Δημιουργία δεσμών αυτής της έρευνας με ακαδημαϊκά και κοινοτικά προγράμματα για τον μετριασμό των καρκινογόνων, τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα και την ανθρώπινη υγεία, την ασφάλεια και την άνεση.

Ενδεικτική βιβλιογραφία

- [1] G. Axelsson, E. Andersson and L. Barregard, "Lung cancer risk from radon exposure in dwellings in Sweden: how many cases can be prevented if radon levels are lowered?," *Cancer Causes & Control*, vol. 26, no. 4, pp. 541-547, 2015.
- [2] L. Yuan, S. Geng, J. Mao and Q. Wang, "Investigating the mitigation effects of radon progeny by composite radon removal device," *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, vol. 319, no. 1, pp. 205-211, 2019.
- [3] T. V. Rasmussen, "Novel Radon Sub-Slab Suctioning System," *The Open Construction and Building Technology Journal*, vol. 7, no. 1, pp. 13-19, 2013.
- [4] A. Cavallo, K. Gadsby and T. Reddy, "Natural-basement ventilation as a radon-mitigation technique. Final report Jun 89-Feb 91," 1992. [Online]. Available: <https://osti.gov/scitech/biblio/5268229>. [Accessed 4 11 2021].
- [5] B. K. W. U. Jaeun Kang, "Efficient radon removal using fluorine-functionalized natural zeolite," *Journal of Environmental Radioactivity*, vol. 233, 07 2021.
- [6] M. Fuente, D. Rábago, J. Goggins, I. Fuente, C. Sainz and M. Foley, "Radon mitigation by soil depressurisation case study: Radon concentration and pressure field extension monitoring in a pilot house in Spain," *Science of The Total Environment*, vol. 695, p. 133746, 2019.
- [7] M. . Jiránek και J. . Hůlka, «Applicability of various insulating materials for radon barriers,» *Science of The Total Environment*, τόμ. 272, αρ. 1, pp. 79-84, 2001.
- [8] B. McCarron, X. Meng and S. Colclough, "A pilot study of radon levels in certified passive house buildings," *Building Services Engineering Research and Technology*, vol. 40, no. 3, pp. 296-304, 2019.
- [9] N. Karunakara and D. Al-Azmi, "A study on radon absorption efficiencies of edible oils produced in India.," *Health Physics*, vol. 98, no. 4, pp. 621-627, 2010.
- [10] M. Wojcik, "Measurement of radon diffusion and solubility constants in membranes," *Nuclear Instruments & Methods in Physics Research Section B-beam Interactions With Materials and Atoms*, vol. 61, no. 1, pp. 8-11, 1991.
- [11] D. Al-Azmi, B. Snopek, A. Sayed and T. Domanski, "A simple bubbling system for measuring radon (^{222}Rn) gas concentrations in water samples based on the high

solubility of radon in olive oil.," *Journal of Environmental Radioactivity*, vol. 71, no. 2, pp. 175-186, 2004.

- [12] P. Gustavsson, R. Jakobsson, F. Nyberg, G. Pershagen, L. Jarup and P. Schéele, "Occupational exposure and lung cancer risk: a population-based case-referent study in Sweden.," *American Journal of Epidemiology*, vol. 152, no. 1, pp. 32-40, 2000.
- [13] L. Hermans, "1647b The european roadmap on carcinogens: let's get smart about carcinogens at work," *Occupational and Environmental Medicine*, vol. 75, 2018.
- [14] C. D. M. E. M Döhla, "Future challenges in hospital hygiene and public health due to air-associated health hazards," *European Journal of Public Health, Volume 31, Issue Supplement_3*, p. ckab165.106, 20 10 2021.
- [15] G. Johanson and H. Tinnerberg, "Binding occupational exposure limits for carcinogens in the EU – good or bad?," *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, vol. 45, no. 3, pp. 213-214, 2019.
- [16] J. C. H. Miles, C. B. Howarth and N. Hunter, "Corrigendum: Seasonal variation of radon concentrations in UK homes," *Journal of Radiological Protection*, vol. 34, no. 2, pp. 493-493, 2014.
- [17] B. L. Cohen, "Variation of radon levels in U.S. homes correlated with house characteristics, location, and socioeconomic factors.," *Health Physics*, vol. 60, no. 5, pp. 631-642, 1991.
- [18] J. C. H. Miles, C. B. Howarth and N. Hunter, "Seasonal variation of radon concentrations in UK homes," *Journal of Radiological Protection*, vol. 32, no. 3, pp. 275-287, 2012.
- [19] L. Vaillant and C. Bataille, "Management of radon: a review of ICRP recommendations," *Journal of Radiological Protection*, vol. 32, no. 3, 2012.
- [20] M. Faheem, N. Mati and Matiullah, "Seasonal variation in indoor radon concentrations in dwellings in six districts of the Punjab province, Pakistan," *Journal of Radiological Protection*, vol. 27, no. 4, pp. 493-500, 2007.
- [21] A. D. M. M. F. R. G. C. G. D. Mauro Mazzotta, "222Radon carcinogenesis: Risk estimation in different working environments," *Journal of Radiation and Cancer Research*, 21 10 2021.
- [22] B. Machaj and P. Urbański, "Influence of aerosol concentration and multivariate processing on the indication of radon progeny concentration in air," vol. 49, pp. 123-129, 2004.
- [23] G. Prasad, T. Ishikawa, M. Hosoda, A. Sorimachi, S. K. Sahoo, N. Kávási, S. Tokonami, M. Sugino and S. Uchida, "Seasonal and diurnal variations of radon/thoron exhalation rate in Kanto-loam area in Japan," *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, vol. 292, no. 3, pp. 1385-1390, 2012.