

10ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικών Επιστημών στην Υγεία:
Καινοτομίες και Προοπτικές
22-23 Σεπτεμβρίου 2023

Auto Shielding Calculation in Diagnostic X-Ray Rooms

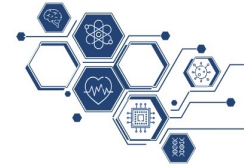
Σταύρος Σαββάκης¹, Γεώργιος Παναγιωτάκης¹

¹Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής, Τμήμα Ιατρικής, Πανεπιστήμιο Πατρών

Διοργανωτές



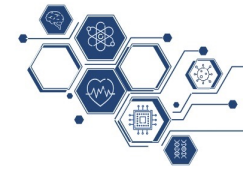
1. Εισαγωγή-Σκοπός



1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικών Επιστημών στην Υγεία:
Καινοτομίες και Προοπτικές
22-23 Σεπτεμβρίου 2023

- Λόγω των επιπτώσεων της ιοντίζουσας ακτινοβολίας καταδεικνύεται η ανάγκη ύπαρξης συστήματος ακτινοπροστασίας που να επιτρέπει τις ευεργετικές χρήσεις της ακτινοβολίας, διασφαλίζοντας ταυτόχρονα την ελαχιστοποίηση των επιβλαβών επιπτώσεων της.
- Για να περιοριστεί η έκθεση της ιοντίζουσας ακτινοβολίας στο προσωπικό του νοσοκομείου και στο ευρύ κοινό θα πρέπει κάθε δωμάτιο που γίνεται χρήση λυχνιών ακτίνων Χ να θωρακιστεί με τα καταλληλά υλικά (πχ. μόλυβδο).
- Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η δημιουργία ενός λογισμικού το οποίο υπολογίζει την θωράκιση στα δωμάτια που διαθέτουν λυχνίες ακτίνων Χ.
- Έχοντας γίνει παρόμοιες προσπάθειες στο παρελθόν, το συγκεκριμένο λογισμικό θα πρέπει να είναι προσαρμοσμένο στις σύγχρονες κατευθυντήριες οδηγίες. Δίνοντας έμφαση στο να είναι φιλικό προς τον χρήστη.

2. Μέθοδοι και Υλικά



1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικών Επιστημών στην Υγεία:
Καινοτομίες και Προοπτικές
22-23 Σεπτεμβρίου 2023

Για την λειτουργία του λογισμικού χρησιμοποιήθηκε το NCRP report 147 ως μέθοδος για την επεξεργασία των δεδομένων και τον υπολογισμό της απαραίτητης θωράκισης. Ενδεικτικά χρησιμοποιήθηκε εξίσωση του transmission B:

$$B = \left[\left(1 + \frac{\beta}{\alpha} \right) e^{\alpha\gamma x} - \frac{\beta}{\alpha} \right]^{-\frac{1}{\gamma}}$$

Όπου μπορεί να μετατραπεί για τον υπολογισμό του πάχους του υλικού θωράκισης x (mm) ως:

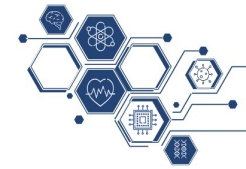
$$x = \frac{1}{\alpha\gamma} \ln \left(\frac{B^{-\gamma} + \frac{\beta}{\alpha}}{1 + \frac{\beta}{\alpha}} \right)$$

όπου α , β , γ είναι fitting παράμετροι.

Ο κώδικας του προγράμματος γράφτηκε με την γλώσσα προγραμματισμού Python, ειδικότερα:

- Για το GUI χρησιμοποιήθηκε το “Tkinter” toolkit
- και για την ανάλυση δεδομένων η βιβλιοθήκη “pandas”.

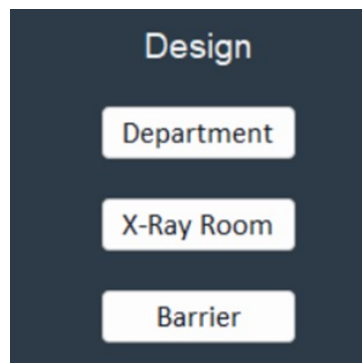
3. Αποτελέσματα



1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικών Επιστημών στην Υγεία:
Καινοτομίες και Προοπτικές
22-23 Σεπτεμβρίου 2023

- Με την έναρξη του προγράμματος ο χρήστης έχει την επιλογή να υπολογίσει μόνο μια ξεχωριστή θωράκιση για έναν τοίχο, για ένα ολόκληρο δωμάτιο ή ένα ολόκληρο τμήμα.

- Στην περίπτωση που επιλέξει να θωρακίσει ένα ολόκληρο τμήμα, πρέπει να ορίσει πόσα δωμάτια έχει να θωρακίσει. Στην συνέχεια πρέπει να επιλέξει αν θωρακίζει το ίδιο το δωμάτιο που κάνει χρήση ακτίνων X ή ένα άλλο δωμάτιο από την πηγή ακτινοβολήσης.

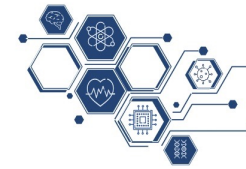


Εικόνα 1: Το UI στην έναρξη του προγράμματος

Department			
Rooms of Department			
Number of Rooms:	3	Export to Excel	
Room Description 1:	Laboratories	From X-Ray room	Design
Room Description 2:		X-Ray room	Design
Room Description 3:		From X-Ray room	Design
		Shield room	Design

Εικόνα 2: Σχεδιασμός ολόκληρου τμήματος, υπολογίζοντας σε κάθε δωμάτιο την απαραίτητη θωράκιση

3. Αποτελέσματα



Ο χρήστης πρέπει να περάσει όλα τα απαραίτητα δεδομένα, όπως:

- το “workload” (W) σε $\text{mA}\cdot\text{min}\cdot\text{week}^{-1}$
- το “unshielded air kerma” σε $\text{mGy}\cdot\text{patient}^{-1}$
- την απόσταση (d) της πηγής τοίχου με την σε m
- για πια υλικά θέλει να υπολογίσει το πάχος σε mm (μόλυβδο, σκυρόδεμα, γυψοσανίδα, χάλυβα, γυαλί, ξύλο)
- το “occupancy factor” (T) της περιοχής που θωρακίζεται
- και τον στόχο kerma που οριστεί της περιοχής σε $\text{mGy}\cdot\text{week}^{-1}$

Department Chest room

Number of Barriers 7

Workload

Select X-Ray room or give tube kVp

Select X-Ray Room Give kVp

Chest Room

Write total Workload (mA min/week):

or the number of patients per week:

Combine Barriers as one

Floor Ceiling Door Barrier 1 Barrier 2 Barrier 3 Barrier 4

Select Barrier Type

Primary Barrier Secondary Barrier

Leakage radiation Side-Scatter

Forward/ Backscatter Unshielded air kerma

K_s (mGy/patient):

Distance from the Source (m):

Select Materials:

#1: Lead #2: Wood

Shielding Area

Write occupancy factor (T):

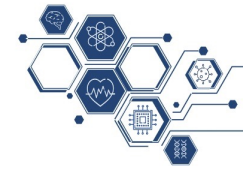
or select Location [suggested NCRP 147]

Design Kerma Goal (mGy/week):

Calculate

Εικόνα 3: Η εμφάνιση ενός δωματίου που κάνει χρήση ακτίνων X. Ο χρήστης πρέπει να θωρακίσει το δάπεδο, το ταβάνι, την πόρτα και όλους του τοίχους.

3. Αποτελέσματα



1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικών Επιστημών στην Υγεία:
Καινοτομίες και Προοπτικές
22-23 Σεπτεμβρίου 2023

**Παράδειγμα
από το NCRP
report 147
“5.2 Dedicated
Chest Unit”**

Για το “Primary

barrier”:

Απόσταση

d = 3 m

Use factor

U = 1

“Preshielding”

= 0,85mm

Για το

“Secondary

barrier”:

Απόσταση

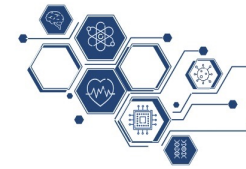
d = 2,1 m

“Leakage plus

side- Scatter”

Εικόνα 4: Λειτουργία του προγράμματος στο παράδειγμα “5.2 Dedicated Chest Unit” του NCRP report 147.

3. Αποτελέσματα



1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικών Επιστημών στην Υγεία:
Καινοτομίες και Προοπτικές
22-23 Σεπτεμβρίου 2023

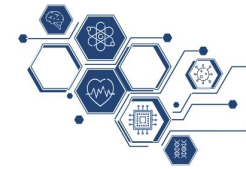
Από το report υπολογίζεται **1,4 mm** μόλυβδου για το “Primary Barrier”, ενώ το πρόγραμμα εμφανίζει **1,31 mm** μόλυβδου, η διαφορά οφείλεται στο ότι τα αποτελέσματα στην θωράκιση πάντα στρογγυλοποιούνται προς τα πάνω. Στο “Secondary barrier” από το report και το πρόγραμμα τα αποτελέσματα είναι ίδια **0,42 mm** μόλυβδου.

Πίνακας 1: Σύγκριση αποτελεσμάτων στο ίδιο παράδειγμα “5.2 Dedicated Chest Unit” με το πρόγραμμα “RadShield v1.2” για όλα τα υλικά θωράκισης.

Πάχος σε mm	Shielding of X-ray Rooms		RadShield v1.2		Ποσοστιαία διαφορά	
	Ερώτηση 1	Ερώτηση 2	Ερώτηση 1	Ερώτηση 2	Ερώτηση 1	Ερώτηση 2
Μόλυβδο	2,16	0,42	2,15	0,41	0,23%	2,38%
Σκυρόδεμα	153,10	33,94	152,79	33,79	0,20%	0,43%
Γυψοσανίδα	481,92	103,65	481,04	102,73	0,18%	0,89%
Χάλυβα	19,16	3,34	19,12	3,28	0,23%	1,80%
Γυαλί	167,79	38,12	167,50	37,90	0,18%	0,56%
Ξύλο	1099,13	328,31	1097,52	308,43	0,15%	6,06%

Στην συγκεκριμένη περίπτωση η σύγκριση στην πρώτη ερώτηση έγινε χωρίς το “Preshielding”. Όπως παρατηρείται οι αποκλίσεις είναι πολύ μικρές και $\leq 5\%$, πέρα από το ξύλο λόγω της ιδιαιτερότητας του υλικού. Οι διαφορές στα αποτελέσματα μπορεί να οφείλονται στην διαφορετική προσέγγιση του υπολογισμού της θωράκισης.

4. Συμπεράσματα



1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικών Επιστημών στην Υγεία:
Καινοτομίες και Προοπτικές
22-23 Σεπτεμβρίου 2023

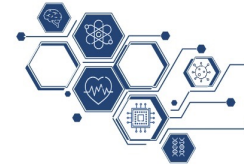
Το πρόγραμμα προορίζεται να βοηθήσει φυσικούς ιατρικής στο σχεδιασμό και τη θωράκιση των διαγνωστικών εγκαταστάσεων και μπορεί επίσης να αξιοποιηθεί για την εκπαίδευση μεταπτυχιακών φοιτητών στην ακτινοπροστασία.

- Για τα περισσότερα υπαρκτά σενάρια σχεδιασμού θωράκισης το πρόγραμμα λειτουργεί ικανοποιητικά και δίνει μια πλήρη αναφορά του απαραίτητου πάχους κάθε υλικού που επιλέγεται. Επίσης, ο χρήστης έχει την δυνατότητα να έχει τα αποτελέσματα και σε μορφή excel.
- Δίνει μια πλήρη αναφορά ενός ολόκληρου τμήματος και ο χρήστης μπορεί να θωρακίσει τα δωμάτια από διαφορετικές πηγές του ίδιου τμήματος.

Περιορισμοί και μελλοντική εργασία:

- Το λογισμικό δεν είναι κατάλληλο για δωμάτια υπολογιστικής τομογραφίας.
- Έχει περιορισμούς σε πολυπλοκότερα σενάρια θωράκισης.
- Στο μέλλον μπορούν να προστεθούν επεκτάσεις του προγράμματος που να περιέχουν τον σχεδιασμό δωματίων υπολογιστικής τομογραφίας αλλά και των εξειδικευμένων περιπτώσεων θωράκισης.

5. Βιβλιογραφία



1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικών Επιστημών στην Υγεία:
Καινοτομίες και Προοπτικές
22-23 Σεπτεμβρίου 2023

- National Council on Radiation Protection and Measurements, "Structural shielding design for medical X-ray imaging facilities", (NCRP report, no. 147). Bethesda, MD: National Council on Radiation Protection and Measurement, 2004, p. 194.
- "Radiation Shielding for Diagnostic Radiology, 2nd Edition". The British Institute of Radiology, 2012, p. 148. <https://doi.org/10.1259/book.9780905749747>.
- M. Petrantonaki, C. Kappas, E. P. Efstathopoulos, Y. Theodorakos, and G. Panayiotakis, "Calculating shielding requirements in diagnostic X-ray departments," The British Institute of Radiology, vol. 72, no. 854, pp. 179-85, Feb 1999, doi: 10.1259/bjr.72.854.10365070.
- D. R. Dance, S. Christofides, A. D. A. Maidment, I. D. McLean, and K. H. Ng, "Diagnostic radiology physics: a handbook for teachers and students." Vienna: International Atomic Energy Agency, 2014, p. 710.
- M. C. DeLorenzo, D. H. Wu, K. Yang, and I. B. Rutel, "RadShield: semiautomated shielding design using a floor plan driven graphical user interface," *Journal of Applied Clinical Medical Physics*, vol. 17, no. 5, pp. 509-522, Sep 08 2016, doi: 10.1120/jacmp.v17i5.6287.
- The pandas development team "pandas-dev/pandas: Pandas." Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3509134>