

**ΜΕΛΕΤΗ ΑΚΤΙΝΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ  
ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΑΚΟΥ ΧΩΡΟΥ**

**ΑΚΤΙΝΟΛΟΓΙΚΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ  
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ Χ-3**

**ΓΕΙΝΚΟΥ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟΥ ΠΕΙΡΑΙΑ**

(Αφεντούλη & Ζαννή 1, 18536)

Συντάχθηκε από τον Ακτινοφυσικό:

Κωνσταντίνος Κατσαρός

Πειραιάς, Ιούλιος 2019

**ΑΝΑΦΟΡΕΣ – ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ:**  
NCRP report No 147 (2004)  
Εγκύκλιος της ΕΕΑΕ 2006  
Κανονισμός Ακτινοπροστασίας (ΦΕΚ.194/2018)

## 1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ & ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

### 1.1. Σκοπός της μελέτης

Η παρούσα μελέτη αφορά αποκλειστικά στις κατασκευαστικές μετατροπές που θα πραγματοποιηθούν στον -1 επίπεδο (όροφο) του κεντρικού κτιρίου του νοσοκομείου, σε χώρο που υπάρχουν τώρα οι υπέρηχοι του ακτινολογικού τμήματος. Ο χώρος αυτός θα θωρακιστεί με μόλυβδο (Pb) ώστε να εγκατασταθεί στον χώρο αυτόν ο αγγειογράφος Axiom Artis Zee Floor της εταιρείας Siemens. Επισυνάπτονται κατόψεις με την ισχύουσα και την νέα διαμόρφωση του χώρου

### 1.2. Περιγραφή θαλάμου στον υπό διαμόρφωση χώρο

Ο χώρος του εργαστηρίου βρίσκεται στο υπόγειο (-1 όροφος) του κεντρικού κτιρίου του νοσοκομείου. Ο χώρος χωρίζεται σε δύο (2) μικρότερους θαλάμους από τους οποίους ο αριστερός θάλαμος (αν βρισκόμαστε στον διάδρομο και κοιτάμε προς τον διαμορφούμενο χώρο) συνορεύει με γραφεία διαγνώσεων των ιατρών (στα αριστερά), ενώ ο δεξιός θάλαμος συνορεύει από τα δεξιά με ακτινολογικό θάλαμο που λειτουργεί ακτινογραφική λυχνία (θάλαμος E). Και οι δύο (2) θάλαμοι συνορεύουν από την μία πλευρά με εξωτερικό ακάλυπτο χώρο (προσανατολισμός προς τον νότο-θάλασσα), ενώ από την άλλη τους πλευρά συνορεύουν με διάδρομο. Οι διαστάσεις των χώρων είναι:

ΧΩΡΟΙ	ΕΜΒΑΔΟΝ (m <sup>2</sup> )	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟΤΗΤΑ
Αριστερός Θάλαμος	≈27.057	Ικανοποιητική
Δεξιός Θάλαμος	≈21.272	Ικανοποιητική

Ο φωτισμός και ο εξαερισμός των θαλάμων έχει την δυνατότητα να είναι τεχνητός και φυσικός.

Οι αλλαγές στο θάλαμο που θα εγκατασταθεί ο αγγειογράφος αφορούν στα ακόλουθα:

- Θωράκιση τοίχου που συνορεύει με τα γραφεία των ιατρών (T1)
- Θωράκιση τοίχου που συνορεύει με τον δεξιό θάλαμο (T2)
- Θωράκιση τοίχου που συνορεύει με τον ακάλυπτο εξωτερικό χώρο (T3)
- Θωράκιση τοίχου που συνορεύει με τον διάδρομο (T4)
- Θωράκιση πόρτας που συνορεύει με το γραφείο των ιατρών (Θ1)
- Θωράκιση πόρτας που συνορεύει με τον διάδρομο (Θ2)
- Θωράκιση πόρτας που συνορεύει με τον προθάλαμο (Θ3)

## 2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΘΩΡΑΚΙΣΕΩΝ

Οι υπολογισμοί των θωρακίσεων, η διαρρύθμιση του χώρου και ο εξοπλισμός του και ο εξοπλισμός του εργαστηρίου στοχεύει στην διατήρηση των δόσεων των επαγγελματικά ασχολούμενων με την ακτινοβολία, των ασθενών και του πληθυσμού σε όσον το δυνατόν χαμηλότερα επίπεδα. Όλοι οι υπολογισμοί και οι παραδοχές γίνονται σύμφωνα με το NCRP report No 147 (2004) και τον ισχύοντα κανονισμό ακτινοπροστασίας ΦΕΚ 194Α (2018)

### 2.1. Γενικοί έλεγχοι

Οι θωρακίσεις γενικά τοποθετούνται για ακτινοπροστασία από την πρωτογενή ακτινοβολία καθώς και από την δευτερογενή ακτινοβολία, η οποία περιλαμβάνει την σκεδαζόμενη ακτινοβολία κυρίως από το σώμα του ασθενούς και την ακτινοβολία διαρροής από το κέλυφος της λυχνίας.

*Στην παρούσα μελέτη, σύμφωνα με την διάταξη, επειδή ο επίπεδος ενισχυτής εικόνας του αγγειογράφου (flat panel detector) δεν επιτρέπει την πρωτογενή ακτινοβολία να πέσει απευθείας σε τοίχο, οι υπό κατασκευή επιφάνειες δέχονται μόνο δευτερογενή ακτινοβολία (διαρρέουσα και σκεδαζόμενη), , οπότε και ο υπολογισμός των θωρακίσεων θα γίνει λαμβάνοντάς υπόψη μόνο αυτήν. Στον υπολογισμό των θωρακίσεων λαμβάνονται επίσης υπόψη οι εξής παράγοντες:*

#### 2.1.1. Όρια δόσης

Τα όρια της ενεργούς και της ισοδύναμης δόσης ανά έτος για τους επαγγελματικά εκτιθέμενους και για το γενικό πληθυσμό παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 1.

Πίνακας 1: Όρια δόσεων

	ΕΠΑΓΓ. ΕΚΤΙΘΕΜΕΝΟΙ	ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ
Ολόσωμη ενεργός δόση	20 mSv	1 mSv
Μεμονωμένα όργανα, άκρα	500 mSv	50 mSv
Δέρμα	500 mSv/cm <sup>2</sup>	50 mSv/cm <sup>2</sup>
Φακοί οφθαλμών	20 mSv	15 mSv

#### 2.1.2. Μέγιστος επιτρεπόμενος ρυθμός έκθεσης P στον χώρο που θα προστατευτεί

Οι περιοχές εντός ενός εργαστηρίου ιοντιζουσών ακτινοβολιών κατατάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

**Ελεγχόμενες περιοχές:** Περιοχές στις οποίες ενδέχεται να γίνει υπέρβαση των 6 mSv/έτος.

**Επιβλεπόμενες περιοχές:** Είναι οι περιοχές στις οποίες ενδέχεται να γίνει υπέρβαση του 1 mSv/έτος και οι οποίες δεν κατατάσσονται στις ελεγχόμενες περιοχές.

**Κοινές περιοχές:** Είναι οι περιοχές στις οποίες η ετήσια δόση είναι μικρότερη από 1 mSv/έτος.

Στη παρούσα μελέτη όλοι οι χώροι γύρω από τον θάλαμο του αγγειογράφου λαμβάνονται ως κοινές περιοχές (δόση <1 mSv/έτος ή 0,02 mSv/εβδομάδα) για λόγους αυξημένης προστασίας.

Λαμβάνοντας υπόψη και τα περιοριστικά Επίπεδα Δόσεων (ΠΕΔ) ο μέγιστος επιτρεπόμενη δόση για τις κοινές περιοχές θα θεωρηθεί ίση με 0,01 mGy/εβδομάδα.

### 2.1.3. Φόρτος Εργασίας (WORKLOAD) W

Εκφράζει το βαθμό χρήσης μιας πηγής ακτίνων-X και μετράται σε mA·min/εβδομάδα.

### 2.1.4. Παράγοντας Κατάληψης T

Ο παράγοντας κατάληψης του χώρου που πρέπει να προστατευτεί, εκφράζει τον βαθμό κατάληψης του κάθε χώρου από το προσωπικό και τον πληθυσμό γενικότερα. Οι τιμές του παράγοντα κατάληψης Tα είναι οι ακόλουθες:

**T=1 :** Πλήρης κατάληψη του χώρου με συνεχή παρουσία ατόμων (χειριστήρια, γραφεία, αίθουσες αναμονής).

**T=1/4 :** Μερική κατάληψη χώρου με περιοδική παρουσία ατόμων (διάδρομοι, μικρές αποθήκες, θάλαμοι ασθενών, ανελκυστήρες με οδηγό, χώροι στάθμευσης αυτοκινήτων).

**T=1/16 :** Περιορισμένη κατάληψη με περιορισμένη παρουσία ατόμων (κλιμακοστάσια, ανελκυστήρες χωρίς οδηγό, πεζοδρόμια, δρόμοι).

Στην παρούσα μελέτη ο παράγοντας κατάληψης στους χώρους γύρω από τον θάλαμο του αγγειογράφου θα ληφθεί T=1, με το σκεπτικό της ενδεχόμενης μελλοντικής αλλαγής χρήσης σε οποιοδήποτε από τους χώρους που συνορεύουν με τον θάλαμο του αγγειογράφου.

## 2.2 Χρησιμοποιούμενοι τύποι για τον υπολογισμό των θωρακίσεων

### 2.2.1 Σκεδαζόμενη ακτινοβολία

Ο αριθμός των ασθενών που θα εξυπηρετούνται από τον αγγειογράφο θεωρούμε ότι προσεγγιστικά θα είναι 30 ασθενείς τη εβδομάδα.

Ο συντελεστής διέλευσης της δευτερογενούς ακτινοβολίας  $B_{sec}(x)$ , που μειώνει το Air-Kerma της δευτερογενούς ακτινοβολίας (που είναι το άθροισμα σκεδαζόμενης και διαρροής) δίνεται από τον τύπο

$$B_{sec(x)} = \frac{K_{sec(x)}}{K_{sec(0)}}$$

$$\dot{}$$

$$B_{sec(x_{barrier})} = \left(\frac{P}{T}\right) \frac{d_{SEC}^2}{K_{SEC}^1 \cdot N}$$

όπου  $K_{sec(0)} = (K_{sec}^1 \cdot N) / (d_{sec}^2)$ ,

είναι το Air Kerma της δευτερογενούς ακτινοβολίας χωρίς την παρεμβολή φραγμού στην πορεία της ακτινοβολίας και

$$K_{sec(x)} = (P/T),$$

είναι το Air Kerma πίσω από έναν φραγμό ακτινοπροστασίας πάχους x.

Επίσης στους παραπάνω τύπους θα λαμβάνεται ως  $d_{sec}$  η απόσταση του σημείου θωράκισης από το σημείο της παραγωγής της δευτερογενούς ακτινοβολίας (που θα θεωρείται συνήθως ο ασθενής), εκτός αν οι αποστάσεις λυχνίας και Flat Panel Detector ως προς το σημείο που θα θωρακιστεί είναι διαφορετικές, οπότε θα λαμβάνουμε ως  $d_{sec}$  την κοντινότερη απόσταση εκ των  $d_L$  = απόσταση λυχνίας (σημείο παραγωγής ακτινοβολίας διαρροής) και  $d_{scat}$  = απόσταση από το σημείο σκέδασης (σημείο παραγωγή σκεδαζόμενης ακτινοβολίας).

## 2.3 Υπολογισμός θωρακίσεων

### 2.3.1 Τοίχος T<sub>1</sub> (συνορεύει με το γραφείο διαγνώσεων των ιατρών)

Για τον υπολογισμό της απαιτούμενης θωράκισης λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα:

$$P = 0.01 \text{ mSv/εβδομάδα}$$

$$T = 1$$

$$N = 30 \text{ ασθενείς/εβδομάδα}$$

$$K_{sec}^1 = 9.5 \cdot 10^{-1} \text{ (χρησιμοποιήθηκε από τον πίνακα 4.7, σελ. 46, NCRP147)}$$

$d_{sec} = 1.6 \text{ m}$  (θεωρώντας τον βραχίονα του αγγειογράφου σε γωνία 90° ως προς το επίπεδο δάπεδο-κρεβάτι-ταβάνι την εξεταστική τράπεζα, καθώς και ότι η ελάχιστη απόσταση ενός ανθρώπου από τον τοίχο που θα θωρακιστεί είναι 0,3m).

Ο απαιτούμενος συντελεστής διέλευσης της δευτερογενούς ακτινοβολίας  $B_{sec(x)}$  ορίζεται ως εξής:

$$B_{sec(x)} = \frac{K_{sec(x)}}{K_{sec(0)}}$$

όπου

$$K_{sec(0)} = \frac{9,5 \cdot \frac{10^{-1} \text{ mGy}}{\text{ασθενΨ}} \times 30 \frac{\text{ασθενεΩς}}{\text{εβδομΦδα}}}{(1.6 \text{ m})^2} \approx \frac{11,13 \text{ mGy}}{\text{εβδομΦδα}}$$

και  $K_{sec(x)} = (P/T) = 0.01 \text{ mGy/εβδομάδα}$ . Συνεπώς

$$B_{sec}(x_{barrier}) = \frac{0,01 \frac{mGy}{εβδομΦδα}}{\frac{11,13mGy}{εβδομΦδα}} \approx 9 \cdot 10^{-4}$$

Με βάση την παραπάνω τιμή και χρησιμοποιώντας το διάγραμμα από την εικόνα 1 του παραρτήματος προκύπτει ότι το πάχος του μολύβδου που πρέπει να τοποθετηθεί είναι 1,2mm μολύβδου (Pb)

### 2.3.2 Τοίχος T<sub>2</sub> (συνορεύει με το χειριστήριο και τον προθάλαμο)

Για τον υπολογισμό της απαιτούμενης θωράκισης λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα:

P = 0.01 mSv/εβδομάδα (λαμβάνω αυξημένη προστασία για το προσωπικό)

T = 1

N = 30 ασθενείς/εβδομάδα

K<sup>1</sup><sub>sec</sub> = 9.5·10<sup>-1</sup> (χρησιμοποιήθηκε από τον πίνακα 4.7, σελ. 46, NCRP147)

d<sub>sec</sub> = 1.6 m (θεωρώντας τον βραχίονα του αγγειογράφου σε γωνία 90° ως προς το επίπεδο δάπεδο-κρεβάτι-ταβάνι την εξεταστική τράπεζα, καθώς και ότι η ελάχιστη απόσταση ενός ανθρώπου από τον τοίχο που θα θωρακιστεί είναι 0,3m).

Ο απαιτούμενος συντελεστής διέλευσης της δευτερογενούς ακτινοβολίας B<sub>sec</sub>(x) ορίζεται ως εξής:

$$B_{sec}(x) = \frac{K_{sec}(x)}{K_{sec}(0)}$$

όπου

$$K_{sec}(0) = \frac{9,5 \cdot \frac{10^{-1}mGy}{ασθενΨ} \times 30 \frac{ασθενεΩς}{εβδομΦδα}}{(1.6m)^2} \approx \frac{11,13mGy}{εβδομΦδα}$$

και K<sub>sec</sub>(x)=(P/T) = 0.01mSv/εβδομάδα. Συνεπώς

$$B_{sec}(x_{barrier}) = \frac{0,01 \frac{mGy}{εβδομΦδα}}{\frac{11,13mGy}{εβδομΦδα}} \approx 9 \cdot 10^{-4}$$

Με βάση την παραπάνω τιμή και χρησιμοποιώντας το διάγραμμα από την εικόνα 1 του παραρτήματος προκύπτει ότι το πάχος του μολύβδου που πρέπει να τοποθετηθεί είναι 1,2mm μολύβδου (Pb)

### 2.3.3 Θύρα (Θ<sub>1</sub>) που συνορεύει με το γραφείο διαγνώσεων των ιατρών

Για τον υπολογισμό της θωράκισης της θύρας (Θ<sub>1</sub>) θα ισχύσει η ίδια απαιτούμενη θωράκιση με τον τοίχο T<sub>1</sub>, άρα θα χρειαστεί να επενδυθεί με 1,2mm μολύβδου (Pb).

**Υποσημείωση:** Κατά την διάρκεια της μελέτης δεν είχε αποφασιστεί αν θα υπάρχει η πόρτα αυτή ή θα αντικατασταθεί από τοίχο, οποίος θα έχει τις ίδιες κατασκευαστικές και ακτινοπροστατευτικές ιδιότητες με τον τοίχο T<sub>1</sub>.

### 2.3.4 Θύρα (Θ<sub>3</sub>) που συνορεύει με τον προθάλαμο

Για τον υπολογισμό της θωράκισης της θύρας (Θ<sub>3</sub>) θα ισχύσει η ίδια απαιτούμενη θωράκιση με τον τοίχο T<sub>2</sub>, άρα θα χρειαστεί να επενδυθεί με 1,2mm μολύβδου (Pb)

### 2.3.5 Τοίχος T<sub>3</sub> (συνορεύει με το διάδρομο του ακτινολογικού εργαστηρίου)

Για τον υπολογισμό της απαιτούμενης θωράκισης λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα:

$$P = 0.01 \text{ mSv/εβδομάδα}$$

$$T = 1$$

$$N = 30 \text{ ασθενείς/εβδομάδα}$$

d<sub>sec</sub> = 3,41 m (θεωρώντας τον βραχίονα του αγγειογράφου σε 90° ως προς την εξεταστική τράπεζα και ότι η ελάχιστη απόσταση ενός ανθρώπου από τον τοίχο που θα θωρακιστεί είναι 0,3m).

$$K_{sec}^1 = 9.5 \cdot 10^{-1} \text{ (χρησιμοποιήθηκε από τον πίνακα 4.7, σελ. 46, NCRP147)}$$

Ο απαιτούμενος συντελεστής διέλευσης της δευτερογενούς ακτινοβολίας B<sub>sec</sub>(x) ορίζεται ως εξής:

$$B_{sec(x)} = \frac{K_{sec(x)}}{K_{sec(0)}}$$

όπου

$$K_{sec(0)} = \frac{9,5 \cdot \frac{10^{-1} \text{ mGy}}{\text{ασθενΨ}} \times 30 \frac{\text{ασθενεΩς}}{\text{εβδομΦδα}}}{(3,41 \text{ m})^2} \approx \frac{2,45 \text{ mGy}}{\text{εβδομΦδα}}$$

και K<sub>sec</sub>(x)=(P/T) = 0.01mSv/εβδομάδα. Συνεπώς

$$B_{sec(x_{barrier})} = \frac{0,01 \frac{\text{mGy}}{\text{εβδομΦδα}}}{\frac{2,45 \text{ mGy}}{\text{εβδομΦδα}}} = 4 \cdot 10^{-3}$$

Με βάση την παραπάνω τιμή και χρησιμοποιώντας το διάγραμμα από την εικόνα 1 του παραρτήματος προκύπτει ότι το πάχος του μολύβδου που πρέπει να τοποθετηθεί είναι 0,80 mm μολύβδου (Pb)

### 2.3.6 Θύρα (Θ<sub>2</sub>) που συνορεύει με τον διάδρομο του ακτινολογικού εργαστηρίου

Για τον υπολογισμό της θωράκισης της θύρας ( $\Theta_2$ ) θα ισχύσει η ίδια απαιτούμενη θωράκιση με τον τοίχο  $T_3$ , άρα θα χρειαστεί να επενδυθεί με 0,8mm μολύβδου (Pb)

### 2.3.7 Τοίχος $T_4$ (συνορεύει με ακάλυπτο χώρο)

Για τον υπολογισμό της απαιτούμενης θωράκισης λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα:

$$P = 0.01 \text{ mSv/εβδομάδα}$$

$$T = 1$$

$$N = 30 \text{ ασθενείς/εβδομάδα}$$

$d_{\text{sec}} = 3,41\text{m}$  (θεωρώντας ότι η ελάχιστη απόσταση ενός ανθρώπου από τον τοίχο που θα θωρακιστεί είναι 0,3m).

$$K_{\text{sec}}^1 = 9.5 \cdot 10^{-1} \text{ (χρησιμοποιήθηκε από τον πίνακα 4.7, σελ. 46, NCRP147)}$$

Ο απαιτούμενος συντελεστής διέλευσης της δευτερογενούς ακτινοβολίας  $B_{\text{sec}}(x)$  ορίζεται ως εξής:

$$B_{\text{sec}}(x) = \frac{K_{\text{sec}}(x)}{K_{\text{sec}}(0)}$$

όπου

$$K_{\text{sec}}(0) = \frac{9,5 \cdot \frac{10^{-1} \text{mGy}}{\text{ασθενΨ}} \times 30 \frac{\text{ασθενεΩς}}{\text{εβδομΦδα}}}{(3,41\text{m})^2} \approx \frac{2,45\text{mGy}}{\text{εβδομΦδα}}$$

και  $K_{\text{sec}}(x) = (P/T) = 0.01 \text{mSv/εβδομάδα}$ . Συνεπώς

$$B_{\text{sec}}(x_{\text{barrier}}) = \frac{0,01 \frac{\text{mGy}}{\text{εβδομΦδα}}}{\frac{2,45\text{mGy}}{\text{εβδομΦδα}}} = 4 \cdot 10^{-3}$$

Με βάση την παραπάνω τιμή και χρησιμοποιώντας το διάγραμμα από την εικόνα 1 του παραρτήματος προκύπτει ότι το πάχος του μολύβδου που πρέπει να τοποθετηθεί είναι 0,80 mm μολύβδου (Pb).

**Επίσης θα πρέπει να επισημανθεί ότι στον τοίχο  $T_4$  υπάρχουν 2 παράθυρα τα οποία θα διατηρηθούν, και συνεπώς θα πρέπει να θωρακιστούν έτσι ώστε να προσφέρουν ακτινοπροστασία με ισοδύναμο πάχος μολύβδου (Pb) 0,80mm, όση δηλαδή και η ακτινοπροστατευτική θωράκιση του τοίχου  $T_4$ .**

### 2.3.8 Δάπεδο (συνορεύει από κάτω με χώρο εργασίας του ηλεκτρολογικού συνεργείου του νοσοκομείου)

Για τον υπολογισμό της απαιτούμενης θωράκισης λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα:

$$P = 0.01 \text{ mSv/εβδομάδα}$$

$$T = 1$$

$$N = 30 \text{ ασθενείς/εβδομάδα}$$

$$K_{\text{sec}}^1 = 9.5 \cdot 10^{-1} \text{ (χρησιμοποιήθηκε από τον πίνακα 4.7, σελ. 46, NCRP147)}$$

$d_{\text{sec}} = 1,80\text{m}$  (θεωρώντας ότι η απόσταση ενός ευαίσθητου ανθρώπινου οργάνου από το δάπεδο του δωματίου που βρίσκεται κάτω από το πάτωμα του αγγειογράφου είναι  $<1,7\text{m}$ , και το ύψος του χώρου του συνεργείου είναι  $3,09\text{m}$ ).

Ο απαιτούμενος συντελεστής διέλευσης της δευτερογενούς ακτινοβολίας  $B_{\text{sec}}(x)$  ορίζεται ως εξής:

$$B_{\text{sec}}(x) = \frac{K_{\text{sec}}(x)}{K_{\text{sec}}(0)}$$

όπου

$$K_{\text{sec}}(0) = \frac{9,5 \cdot \frac{10^{-1} \text{mGy}}{\text{ασθεν}\Psi} \times 30 \frac{\text{ασθεν}\Omega\zeta}{\text{εβδομ}\Phi\delta\alpha}}{(1,80\text{m})^2} \approx \frac{8,80\text{mGy}}{\text{εβδομ}\Phi\delta\alpha}$$

και  $K_{\text{sec}}(x) = (P/T) = 0.01\text{mSv/εβδομάδα}$ . Συνεπώς

$$B_{\text{sec}}(x_{\text{barrier}}) = \frac{0,01 \frac{\text{mGy}}{\text{εβδομ}\Phi\delta\alpha}}{\frac{8,80\text{mGy}}{\text{εβδομ}\Phi\delta\alpha}} \approx 1,1 \cdot 10^{-3}$$

Με βάση την παραπάνω τιμή και χρησιμοποιώντας το διάγραμμα από την εικόνα 2 του παραρτήματος προκύπτει ότι το πάχος του μπετόν που πρέπει να τοποθετηθεί είναι  $88 \text{ mm}$  ( $=8,8\text{cm}$ ) σκυρόδεμα (concrete), το οποίο καλύπτεται από την υπάρχουσα κατασκευή του δαπέδου (σύμφωνα με τον κατασκευαστή του αρχιτεκτονικού σχεδίου το πάχος του σκυροδέματος είναι  $20\text{cm}$ ).

### 2.3.9 Ταβάνι (συνορεύει από πάνω με τον ακτινολογικό θάλαμο των ΤΕΠ)

Για τον υπολογισμό της απαιτούμενης θωράκισης λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα:

$$P = 0.01 \text{ mSv/εβδομάδα}$$

$$T = 1$$

$$N = 30 \text{ ασθενείς/εβδομάδα}$$

$d_{\text{sec}} = 1,90\text{m}$  (θεωρώντας ότι η απόσταση ενός ευαίσθητου ανθρώπινου οργάνου από το δάπεδο του δωματίου που βρίσκεται πάνω από το ταβάνι του αγγειογράφου είναι  $>0,5\text{m}$  και η απόσταση από το ταβάνι της αγγειογραφικής λυχνίας -στην περίπτωση που η λυχνία βρίσκεται πάνω από την εξεταστική τράπεζα- είναι  $1,30\text{m}$ ).

$$K_{\text{sec}}^1 = 9.5 \cdot 10^{-1} \text{ (χρησιμοποιήθηκε από τον πίνακα 4.7, σελ. 46, NCRP147)}$$

Ο απαιτούμενος συντελεστής διέλευσης της δευτερογενούς ακτινοβολίας  $B_{\text{sec}}(x)$  ορίζεται ως εξής:

$$B_{sec(x)} = \frac{K_{sec(x)}}{K_{sec(0)}}$$

Όπου

$$K_{sec(0)} = \frac{9,5 \cdot \frac{10^{-1} mGy}{ασθενΨ} \times 30 \frac{ασθενεΩς}{εβδομΦδα}}{(1,90m)^2} \approx \frac{7,89 mGy}{εβδομΦδα}$$

και  $K_{sec(x)} = (P/T) = 0.01 mSv/εβδομάδα$ . Συνεπώς

$$B_{sec(x_{barrier})} = \frac{0,01 \frac{mGy}{εβδομΦδα}}{\frac{7,89 mGy}{εβδομΦδα}} = 1,3 \cdot 10^{-3}$$

Με βάση την παραπάνω τιμή και χρησιμοποιώντας το διάγραμμα από την εικόνα 2 του παραρτήματος προκύπτει ότι το πάχος του μπετόν που πρέπει να τοποθετηθεί είναι 85 mm (=8,5cm) σκυρόδεμα (concrete), το οποίο καλύπτεται από την υπάρχουσα κατασκευή του δαπέδου (σύμφωνα με τον κατασκευαστή του αρχιτεκτονικού σχεδίου το πάχος του σκυροδέματος είναι 20cm).

## 2.4 Αποτελέσματα

Οι συνθήκες υπολογισμού και τα αποτελέσματα των επικείμενων θωρακίσεων όπως προέκυψαν από τις προηγούμενες παραγράφους, συγκεντρώνονται στον παρακάτω πίνακα 2:

Πίνακας 2: Απαιτούμενα πάχη θωρακίσεων

ΘΑΛΑΜΟΣ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΘΩΡΑΚΙΣΗ (mm Pb)
ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΘΑΛΑΜΟΣ ΠΡΩΗΝ ΥΠΕΡΗΧΩΝ	T <sub>1</sub>	1,2
	T <sub>2</sub>	1,2
	T <sub>3</sub>	0,8
	T <sub>4</sub>	0,8
	Θ <sub>3</sub>	1,2
	Θ <sub>2</sub>	0,8
	Θ <sub>1</sub>	1,2
	Δάπεδο	Δεν απαιτείται
	Ταβάνι	Δεν απαιτείται

### 3. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ

Κατά την κατασκευή του χώρου θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα εξής:

- 1) Αν δεν είναι δυνατή η εξεύρεση του ακριβούς πάχους μολύβδου (Pb) στην αγορά, τότε θα πρέπει να επιλεγεί το αμέσως μεγαλύτερο εμπορικό πάχος από αυτό που προτείνεται στην μελέτη ακτινοπροστασίας.
- 2) Το ύψος των θωρακίσεων θα φθάνει ως τα 2,5m από το δάπεδο.
- 3) Τα φύλλα μολύβδου (Pb) θα στερεωθούν ανάμεσα σε τοιχία από γυψοσανίδα με ειδική ισχυρή κόλλα και θα καρφώνονται ανά ένα (1) μέτρο.
- 4) Η στήριξη των φύλλων (sandwiches) στους τοίχους θα πρέπει να γίνεται, αν πρόκειται για στερέωση σε γυψοσανίδες, με «ξυλόβιδες» ανά 20 cm, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος να «κυλήσει» το μολυβδόφυλλο.
- 5) Όπου χρησιμοποιηθούν καρφιά, θα πρέπει να επικαλύπτεται η κεφαλή τους με μολύβδο ισοδύναμου πάχους με την θωράκιση, ώστε να μην υπάρχουν ασυνέχειες στη θωράκιση.
- 6) Η επικάλυψη των μολυβδόφυλλων θα γίνεται τουλάχιστον για 3 cm, ώστε να μην δημιουργούνται κενά στην θωράκιση.
- 7) Στα σημεία όπου διακόπτεται η θωράκιση, πχ. σε κουφώματα κλπ., πρέπει να εξασφαλίζεται ότι υπάρχει η κατάλληλη αλληλοεπικάλυψη με τη θωράκιση του τοίχου.
- 8) Σε περίπτωση που σε θωρακισμένο τοίχο υπάρχει κολώνα, η θωράκιση συνεχίζεται για 10cm επί της κολώνας.
- 9) Η οπίσθια επιφάνεια των διακοπών, που βρίσκονται σε θωρακισμένο τοίχο, θα πρέπει να θωρακισθεί με πάχος μολύβδου ίσο με το προβλεπόμενο πάχος για τον τοίχο αυτό.
- 10) Η θωράκιση των κουφωμάτων θα γίνεται με πυρήνα μολύβδου (Pb) και επικάλυψη λαμαρίνας.
- 11) Στις θύρες που θωρακίζονται, η θωράκιση θα πρέπει να φθάνει μέχρι τα όρια της θύρας προς όλες τις κατευθύνσεις, ώστε να εξασφαλίζεται επικάλυψη με την θωράκιση του κουφώματος. Συνεπώς πρέπει όταν μία θύρα κλείνει, να επικαλύπτεται η θωράκιση του τοίχου, με αυτή της θύρας, μέσω θωρακισμένης προεξοχής της κάσας, μήκους τουλάχιστον 3 cm.
- 12) Το παράθυρο παρατήρησης θα είναι κατασκευασμένο από μολυβδύαλο και με ισοδύναμο πάχος τουλάχιστον ίσο με την απαιτούμενη θωράκιση του τοίχου πάνω στον οποίο είναι αναρτώμενο.
- 13) Η μολυβδύαλος θα πρέπει να έχει περιμετρικά θωρακισμένο «περιθώριο» (επικάλυψη τουλάχιστον 1 cm), ώστε να εξασφαλίζεται η συνέχεια της θωράκισης μολυβδόφυλλου - μολυβδύαλου.

- 14) Τα τεμάχια μολυβδύαλου ή ισοδύναμου πάχους κρυστάλλου, θα πρέπει να είναι μονοκόμματα.
- 15) Στις νέες πόρτες εισόδου θα αναρτηθούν πινακίδες με το σήμα της ακτινοβολίας και την ένδειξη «Ελεγχόμενη Περιοχή - Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες» και «Απαγορεύεται η Είσοδος».
- 16) Στην είσοδο του θαλάμου θα είναι τοποθετημένη κόκκινη προειδοποιητική λάμπα που θα ανάβει κατά την διάρκεια παραγωγής των ακτίνων-X.
- 17) Μια μόνιμη πλακέτα θα πρέπει να τοποθετηθεί στο δωμάτιο από τον εργολάβο της θωράκισης, αναφέροντας την ποσότητα και τον τύπο της θωράκισης σε κάθε τοίχο.

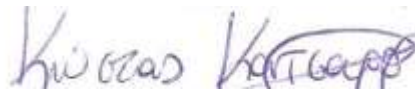
Η παρούσα μελέτη έγινε με την υπάρχουσα διάταξη του χώρου και του μηχανήματος (αγγειογράφου Axiom Artis Zee Floor). Συνεπώς οποιαδήποτε επέμβαση και τροποποίηση στον εξοπλισμό και στον χώρο που χρησιμοποιείται το μηχάνημα (αγγειογράφος Axiom Artis Zee Floor), καθώς και αύξηση του αριθμού των εξετάσεων, δεν θα καλύπτεται από την παρούσα μελέτη.

#### 4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι απαιτούμενες θωρακίσεις για τις επιφάνειες που θα διαμορφωθούν στον θάλαμο όπου θα εγκατασταθεί ο αγγειογράφος (της εταιρείας SIEMENS με την ονομασία AXIOM ARTIS ZEE FLOOR) αναγράφονται συγκεντρωτικά στον πίνακα 2 της παρούσας μελέτης. Σημειώνεται ότι οι θωρακίσεις αυτές, σύμφωνα με τις παραδοχές που έγιναν (πχ. αυξημένος αριθμός ασθενών, όλοι οι χώροι χαρακτηρισμένοι ως περιοχές κοινού) είναι υπερεκτιμημένες για λόγους αυξημένης ακτινοπροστασία του προσωπικού και του κοινού.

Η παρούσα μελέτη έγινε με την υπάρχουσα διάταξη του χώρου και του μηχανήματος. Συνεπώς οποιαδήποτε επέμβαση και τροποποίηση στον εξοπλισμό και στον χώρο που χρησιμοποιείται το μηχάνημα, καθώς και αύξηση του αριθμού των εξετάσεων, δεν θα καλύπτεται από την παρούσα μελέτη και θα πρέπει να υποβληθούν νέες μελέτες που θα καλύπτουν τις μεταβολές που θα προκύψουν.

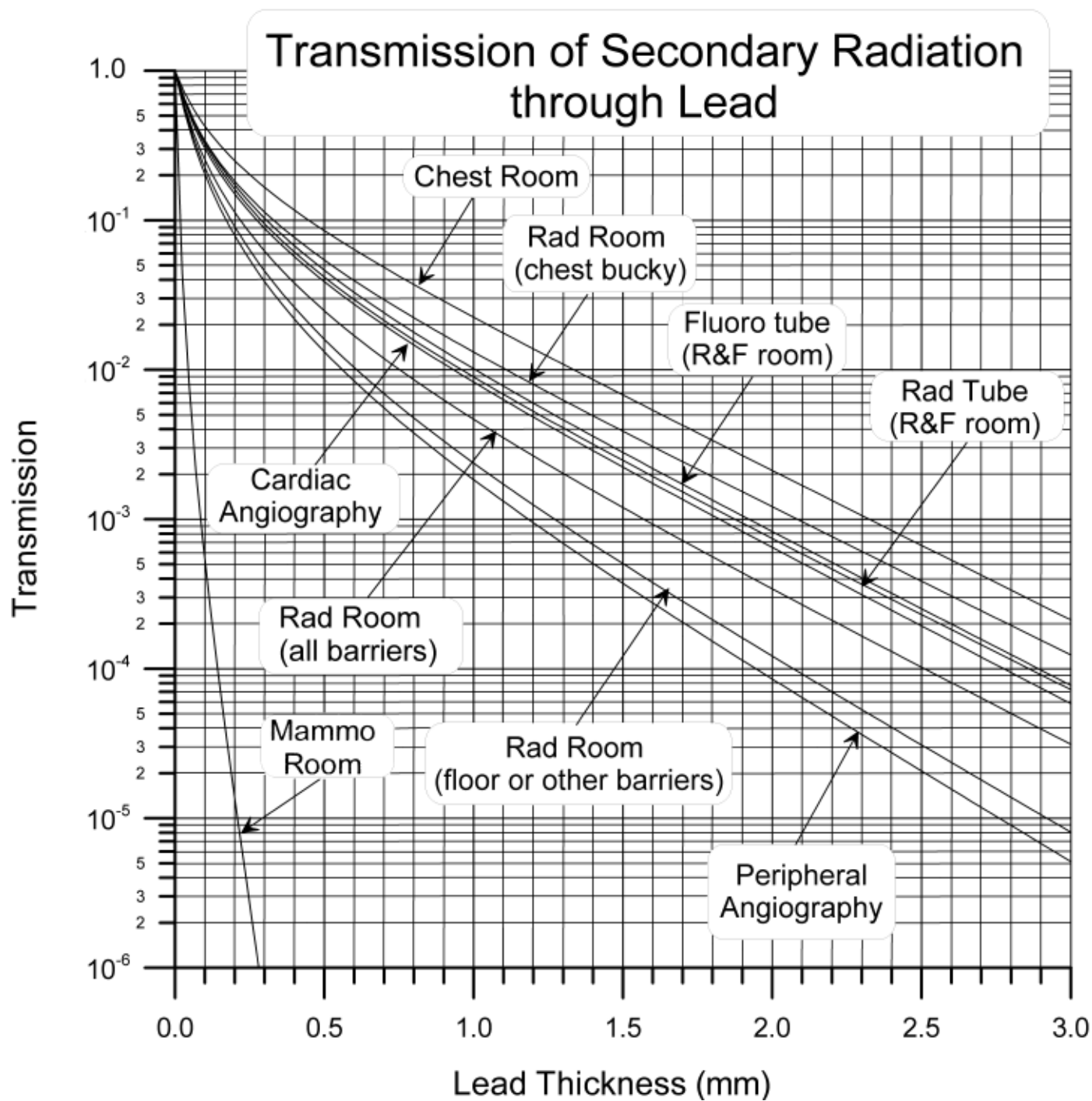
Ο Συντάξας Ακτινοφυσικός



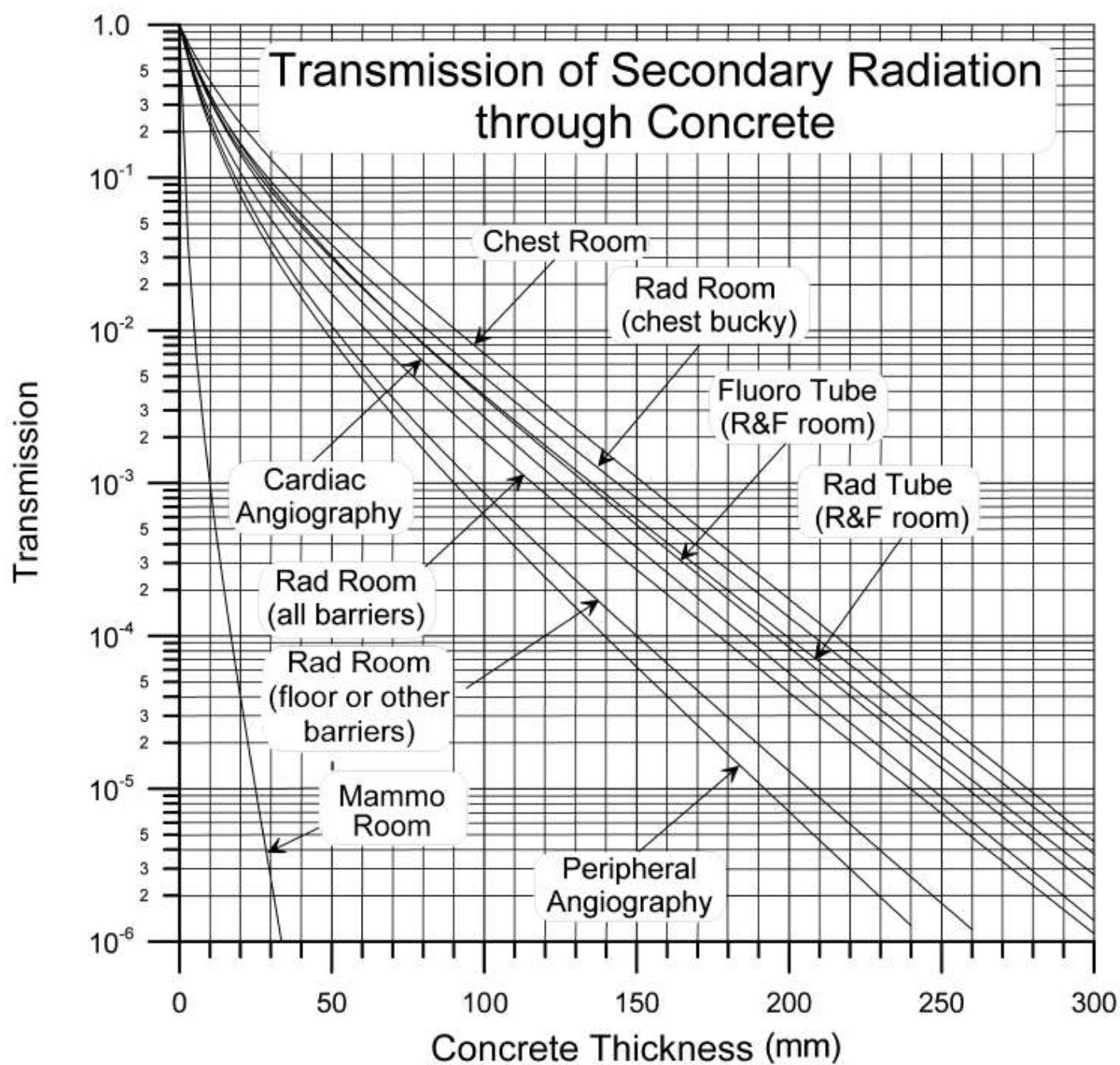
Κωνσταντίνος Κατσαρός

Ημερομηνία: 25/07/2019

# **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**



Εικόνα 1: Διάγραμμα διέλευσης της δευτερογενούς ακτινοβολίας μέσω του μολύβδου (Pb)



Εικόνα 2: Διάγραμμα διέλευσης δευτερογενούς ακτινοβολίας μέσω του σκυροδέματος (concrete)

TABLE 4.3—Estimated total workloads in various medical x-ray imaging installations in clinics and hospitals. The total workload values are for general guidance and are to be used only if the actual workloads are not available.

Room Type	Total Workload per Patient <sup>a</sup> ( $W_{\text{norm}}$ ) (mA min patient <sup>-1</sup> )	Typical Number of Patients ( $N$ ) (per 40 h week)		Total Workload per Week ( $W_{\text{tot}}$ ) (mA min week <sup>-1</sup> )	
		Average	Busy	Average	Busy
<i>Rad Room (chest bucky)</i>	0.6	120	160	75	100
<i>Rad Room (floor or other barriers)</i>	1.9	120	160	240	320
<i>Chest Room</i>	0.22	200	400	50	100
<i>Fluoroscopy Tube (R&amp;F room)</i>	13	20	30	260	400
<i>Rad Tube (R&amp;F room)</i>	1.5	25	40	40	60
<i>Mammography Room</i>	6.7	80	160	550	1,075
<i>Cardiac Angiography</i>	160	20	30	3,200	4,800
<i>Peripheral Angiography<sup>b</sup></i>	64	20	30	1,300	2,000

<sup>a</sup>As discussed in Section 4.1.4, values of  $W_{\text{norm}}$  given in this table can be modified by use of a multiplier term  $W_{\text{site}}/W_{\text{norm}}$  if necessary to account for different workloads per patient at a particular site.

<sup>b</sup>The data in this Table for *Peripheral Angiography* also apply to *Neuroangiography*.

TABLE 4.7—Unshielded leakage, scattered and total secondary air kermas (in mGy patient<sup>-1</sup>) for the indicated workload distributions at  $d_S = d_L = 1$  m. The workload distributions and total workloads per patient ( $W_{\text{norm}}$ ) for the indicated clinical sites are the average per patient surveyed by AAPM TG9 (Simpkin, 1996a), listed in Table 4.2. The primary field size  $F$  (in cm<sup>2</sup>) is known at primary distance  $d_F$ . Side-scattered radiation is calculated for 90 degree scatter. Forward- and backscattered radiations are calculated for 135 degree scatter.<sup>a</sup> Leakage radiation technique factors are 150 kVp at 3.3 mA to achieve 0.876 mGy h<sup>-1</sup> (100 mR h<sup>-1</sup>) for all tubes except mammography, which assumes leakage radiation technique factors of 50 kVp at 5 mA.

Workload Distribution	$W_{\text{norm}}$ (mA min patient <sup>-1</sup> )	$F$ (cm <sup>2</sup> ) at $d_F$ (m)	Unshielded Air Kerma (mGy patient <sup>-1</sup> ) at 1 m					
			Leakage	Side-Scatter	Leakage and Side-Scatter ( $K_{\text{sec}}^1$ ) <sup>b</sup>	Forward/Backscatter	Leakage and Forward/Backscatter ( $K_{\text{sec}}^1$ ) <sup>c</sup>	
<i>Rad Room (all barriers)</i>	2.5	1,000	1.00	$5.3 \times 10^{-4}$	$3.4 \times 10^{-2}$	$3.4 \times 10^{-2}$	$4.8 \times 10^{-2}$	$4.9 \times 10^{-2}$
<i>Rad Room (chest bucky)</i>	0.60	1,535 <sup>d</sup>	1.83	$3.9 \times 10^{-4}$	$4.9 \times 10^{-3}$	$5.3 \times 10^{-3}$	$6.9 \times 10^{-3}$	$7.3 \times 10^{-3}$
<i>Rad Room (floor or other barriers)</i>	1.9	1,000	1.00	$1.4 \times 10^{-4}$	$2.3 \times 10^{-2}$	$2.3 \times 10^{-2}$	$3.3 \times 10^{-2}$	$3.3 \times 10^{-2}$
<i>Fluoroscopy Tube (R&amp;F room)</i>	13	730 <sup>e</sup>	0.80	$1.2 \times 10^{-2}$	$3.1 \times 10^{-1}$	$3.2 \times 10^{-1}$	$4.4 \times 10^{-1}$	$4.6 \times 10^{-1}$
<i>Rad Tube (R&amp;F room)</i>	1.5	1,000	1.00	$9.4 \times 10^{-4}$	$2.8 \times 10^{-2}$	$2.9 \times 10^{-2}$	$3.9 \times 10^{-2}$	$4.0 \times 10^{-2}$
<i>Chest Room</i>	0.22	1,535 <sup>d</sup>	2.00	$3.8 \times 10^{-4}$	$2.3 \times 10^{-3}$	$2.7 \times 10^{-3}$	$3.2 \times 10^{-3}$	$3.6 \times 10^{-3}$
<i>Mammography Room<sup>f</sup></i>	6.7	720 <sup>g</sup>	0.58	$1.1 \times 10^{-5}$	$1.1 \times 10^{-2}$	$1.1 \times 10^{-2}$	$4.9 \times 10^{-2}$	$4.9 \times 10^{-2}$
<i>Cardiac Angiography</i>	160	730 <sup>e</sup>	0.90	$8.8 \times 10^{-2}$	2.6	2.7	3.7	3.8
<i>Peripheral Angiography<sup>h</sup></i>	64	730 <sup>e</sup>	0.90	$3.4 \times 10^{-3}$	$6.6 \times 10^{-1}$	$6.6 \times 10^{-1}$	$9.5 \times 10^{-1}$	$9.5 \times 10^{-1}$

<sup>a</sup>To be conservatively safe, the somewhat higher values for backscattered radiation (135 degrees) are used for both backscattered and forward-scattered (30 degrees) radiations (see Figure C.1).

<sup>b</sup>The total secondary air kerma from both leakage and side-scattered radiations.

<sup>c</sup>The total secondary air kerma from both leakage and forward/backscattered radiations.

<sup>d</sup>The area of a 36 × 43 cm (14 × 17 inches) field.

<sup>e</sup>The area of a 30.5 cm (12 inches) diameter image intensifier.

<sup>f</sup>Calculations have shown that  $3.6 \times 10^{-2}$  mGy patient<sup>-1</sup> is a conservatively safe maximum value for  $K_{\text{sec}}^1$  for all barriers for a standard four-view mammographic examination, when evaluated at 1 m from the isocenter of the mammography unit (Simpkin, 1995) (Section 5.5). The entries in Table 4.7 were evaluated 1 m from the x-ray tube and patient.

<sup>g</sup>The area of a 24 × 30 cm cassette.

<sup>h</sup>The data in this Table for *Peripheral Angiography* also apply to *Neuroangiography*.