

an belyano  
shin myem - prozhenko

Pro P. defun  
va zapiski  
201638

## ΚΑΙ ΘΩΡΑΚΙΣΕΩΝ

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ Α-3**

## ΘΑΛΑΜΟΙ ΘΕΡΑΠΕΙΑΣ I-131

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟΥ ΓΕΝΙΚΟΥ ΝΟΣΟΚΟΜΕΙΟΥ

ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ

Ιούλιος 2012

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα μελέτη ακτινοπροστασίας και θωρακίσεων αφορά στην διαμόρφωση δύο επιπλέον θαλάμων θεραπείας  $I^{131}$  στη μονάδα Ιωδιοθεραπείας του Εργ. Πυρηνικής Ιατρικής του Περιφερειακού Πανεπιστημιακού Νοσοκομείου Ηρακλείου κατηγορίας Α-3, καθώς και την μελέτη επάρκειας των" υπαρχόντων δεξαμενών συλλογής ραδιενεργών λυμάτων.

Στο ισόγειο του νοσοκομείου υπάρχουν δύο θάλαμοι θεραπείας ασθενών με ραδιενεργό ιώδιο  $I-131$  δυναμικότητας μιας κλίνης έκαστος. Σε άμεσα γειτονικό χώρο, πρόκειται να διαμορφωθούν δυο νέοι χώροι για θεραπεία με  $I-131$  σύμφωνα με το συνημμένο σχέδιο (βλ. ΚΑΤΟΨΗ). Η Μονάδα Ιωδιοθεραπείας του ΠΑΓΝΗ θα αποτελείται πλέον από τους εξής χώρους :

**Α. Δύο υπάρχοντες και λειτουργούντες θωρακισμένοι θάλαμοι** χωρητικότητας μίας κλίνης για την νοσηλεία ασθενών που χρήζουν απομόνωσης μετά από χορήγηση θεραπευτικής δόσης  $I-131$ , κατασκευασμένοι με κατάλληλες προδιαγραφές όπως αυτές περιγράφονται στους Κανονισμούς Ακτινοπροστασίας (βλ. 'Κάτοψη' χώροι ΙΑ-Ι3-Ι1-ΙΓ και ΙΓ-ΙΕ-Θ1-Ι1).

**Β. Δύο προς διαμόρφωση θωρακισμένοι θάλαμοι** χωρητικότητας μίας κλίνης για την νοσηλεία ασθενών που χρήζουν απομόνωσης μετά από χορήγηση θεραπευτικής δόσης  $I-131$ , που θα κατασκευαστούν σύμφωνα με τις προδιαγραφές που περιγράφονται στους Κανονισμούς Ακτινοπροστασίας (βλ. 'Κάτοψη' χώροι ΙΗ-Κ-Δ-Ζ και Κ-Α-Β-Δ).

### **Γ. Δωμάτιο ακαθάρτων**

Στο χώρο αυτό θα φυλάσσονται τα στερεά κατάλοιπα που προκύπτουν από τη νοσηλεία ασθενών, τα οποία και θα τοποθετούνται σε ειδικά χάρτινα κιβώτια με την ένδειξη 'Επικίνδυνα Ιατρικά Απόβλητα'(βλ. 'Κάτοψη' χώρος ΙΓ-ΙΕ-Θ1-Ι1).

### **Γ. Χώρος μέτρησης ραδιενεργών απορριμμάτων**

Ο χώρος μέτρησης ραδιενεργών απορριμμάτων γειτνιάζει με το δωμάτιο ακαθάρτων και περιλαμβάνει και έναν υπόστεγο χώρο από την εξωτερική πλευρά του κτιρίου. Στο χώρο αυτό θα πραγματοποιείται μέτρηση από ακτινοφυσικό (1 φορά το μήνα) και όσα χάρτινα κιβώτια περιέχοντα στερεά ραδιενεργά κατάλοιπα βρεθούν να είναι κάτω από το όριο αποδέσμευσης ( $0.15 \mu\text{Sv/h}$ ), θα αποδεσμεύονται και θα διακινούνται μέσω του συστήματος αποκομιδής επικίνδυνων νοσοκομειακών απορριμμάτων ενώ τα υπόλοιπα θα επιστρέφουν στο χώρο φύλαξης για περαιτέρω απόσβεση (βλ. 'Κάτοψη' χώρος Α-Α1-Β1-Β).



## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΘΩΡΑΚΙΣΕΩΝ ΘΑΛΑΜΩΝ ΘΕΡΑΠΕΙΑΣ I-131

### 1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ - ΟΡΙΑ ΔΟΣΕΩΝ

Η γενικότερη διαρρύθμιση των χώρων των θαλάμων θεραπείας και ο υπολογισμός των θωρακίσεων, βασίστηκε στους Κανονισμούς Ακτινοπροστασίας, που αποσκοπούν στη διατήρηση των δόσεων για τους επαγγελματικά ασχολούμενους στο εργαστήριο και το ευρύ κοινό, σε όσο το δυνατόν χαμηλότερα επίπεδα.

Οι υπολογισμοί των θωρακίσεων πραγματοποιήθηκαν με βάση το σκεπτικό της Μέγιστης Επιτρεπόμενης Δόσης, ΜΕΔ (Maximum Permissible Dose ) στη διάρκεια ενός έτους, όπως ορίζεται στο ICRP 60, (1991), σύμφωνα με το οποίο καθορίζονται όρια για τη μέγιστη ισοδύναμη δόση που επιτρέπεται να λάβει κάθε μία από τις κατηγορίες:

- επαγγελματικά ασχολούμενοι με ακτινοβολία
- γενικός πληθυσμός

Σύμφωνα με το ICRP 60, (1991), τα όρια δόσεων έχουν καθορισθεί ως εξής:

ΕΝΕΡΓΟΣ ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΟΣΗ (mSv/yr)

	ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΑ ΕΚΤΙΘΕΜΕΝΟΙ	ΓΕΝΙΚΟΣ ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ
Ολόσωμη δόση	20 mSv/yr	<1 mSv/yr
Μεμονωμένα όργανα, άκρα	500 mSv/yr	
Δέρμα	500 mSv/yr σε 1cm <sup>2</sup>	50 mSv/yr σε 1cm <sup>2</sup>
Φακοί οφθαλμών	150 mSv/yr	15 mSv/yr

### 2. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΠΕΡΙΟΧΩΝ

Σε όλες τις περιοχές εργασίας μέσα στο εργαστήριο, πρέπει να λαμβάνονται μέτρα ακτινοπροστασίας.

Οι περιοχές εργασίας όπου οι δόσεις ενδέχεται να υπερβούν το 1 mSv ανά έτος κατατάσσονται σε:

- Ελεγχόμενες περιοχές  
(περιοχές όπου ενδέχεται να γίνει υπέρβαση των 6 mSv ετησίως).
- Επιβλεπόμενες περιοχές  
(περιοχές όπου ενδέχεται να γίνει υπέρβαση του 1 mSv ετησίως αλλά όχι των 6 mSv).

Κατά των υπολογισμό των θωρακίσεων ελήφθη υπ' όψιν και η χρήση των περιοριστικών επιπέδων δόσεων που εξασφαλίζει την τήρηση των ορίων δόσεων.

Η εφαρμογή των περιοριστικών επιπέδων δόσεων :

- Καθορίζεται στη φάση σχεδιασμού της ακτινοπροστασίας μιας πρακτικής.
- Η συστηματική υπέρβαση των Π.Ε.Δ. αποτελεί αιτία έρευνας η οποία ενδεχομένως να οδηγήσει στην αναθεώρηση των μέτρων βελτιστοποίησης της ακτινοπροστασίας.
- Τα Π.Ε.Δ. δεν είναι όρια δόσεων η υπέρβαση των οποίων απαγορεύεται, αλλά αντίθετα με αυτά, η υπέρβαση τους επιτρέπεται.
- Αφορούν βελτιστοποίηση των πρακτικών όπου οι πηγές είναι ελεγχόμενες. Δεν αφορούν σε παρεμβάσεις και σε καταστάσεις όπως πχ. εκθέσεις μετά από ατύχημα.

### 3. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ (USE FACTOR) U:

Εκφράζει το κλάσμα του χρόνου λειτουργίας κατά το οποίο η ακτινοβολία κατευθύνεται προς την συγκεκριμένη θωράκιση.

Για τη χρήση ανοιχτών πηγών  $U=1$ .

### 4. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΑΛΗΨΗΣ ΧΩΡΟΥ (OCCUPANCY FACTOR) T:

Εκφράζει το βαθμό κατάληψης του χώρου προς θωράκιση από το προσωπικό και τον πληθυσμό. Τυπικές τιμές που λαμβάνει ο συντελεστής αυτός, φαίνονται στην συνέχεια.

- Πλήρης κατάληψη ( $T=1$ ):

Πλήρης κατάληψη θεωρείται σε χειριστήρια, σκοτεινούς θαλάμους, αίθουσες αναμονής ασθενών, διαδρόμους με συχνή παρουσία προσωπικού, γραφεία καθώς και κατοικήσιμους γειτνιάζοντες χώρους.

- Μερική κατάληψη ( $T=1/4$ ):

Μερική κατάληψη θεωρείται σε διαδρόμους, χώρους ανάπαυσης του προσωπικού, αποδυτήρια ασθενών, ανελκυστήρες με συνοδό κλπ.



- Περιστασιακή κατάληψη ( $T=1/16$ ):

Περιστασιακή κατάληψη θεωρείται σε κλιμακοστάσια, WC, ανελκυστήρες χωρίς συνοδό, γειτνιάζοντα πεζοδρόμια κλπ.

Οι απαιτούμενες θωρακίσεις του εργαστηρίου υπολογίστηκαν έτσι ώστε να ικανοποιούνται τα όρια δόσεων σε όλες τις γύρω από το χώρο του εργαστηρίου περιοχές σύμφωνα με τους Κανονισμούς Ακτινοπροστασίας.

## 5. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΠΑΡΧΟΝΤΩΝ ΘΑΛΑΜΩΝ ΘΕΡΑΠΕΙΑΣ $I^{131}$ –ΔΩΜΑΤΙΟ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΑΤΑΛΟΙΠΩΝ

### A. ΘΑΛΑΜΟΙ ΘΕΡΑΠΕΙΑΣ $I^{131}$

Στο ισόγειο του νοσοκομείου υπάρχουν δύο θάλαμοι θεραπείας ασθενών με ραδιενεργό ιώδιο  $I-131$  δυναμικότητας μιας κλίνης έκαστος. Οι θάλαμοι είναι φωτεινοί και από την πλευρά του ακάλυπτου χώρου δεν υπάρχει πρόσβαση. Στην απέναντι πλευρά του διαδρόμου υπάρχει χώρος παρακολούθησης των ασθενών κατά την διάρκεια της νοσηλείας τους σε 24ωρη βάση από κατάλληλα εκπαιδευμένο νοσηλευτικό προσωπικό μέσω κλειστού κυκλώματος τηλεόρασης. Ο ασθενής πριν τη χορήγηση του ραδιοφαρμάκου λαμβάνει κατάλληλες οδηγίες από τον αρμόδιο ακτινοφυσικό, καθώς και γραπτές οδηγίες ακτινοπροστασίας που θα πρέπει να ακολουθεί για διάστημα δύο εβδομάδων μετά την έξοδό του από το δωμάτιο θεραπείας.

Χορηγήσεις θεραπευτικών δόσεων  $I-131$  που χρήζουν νοσηλείας σε θάλαμο απομόνωσης πραγματοποιούνται δύο φορές την εβδομάδα.

Επομένως, ο αριθμός των νοσηλευόμενων ασθενών εβδομαδιαίως στη μονάδα ιαδιοθεραπείας είναι τέσσερις με χορηγούμενες θεραπευτικές δόσεις 50-200 mCi. Η συνηθέστερα χορηγούμενη δόση είναι 100 mCi. Η αποδέσμευση ασθενών μετά από χορήγηση θεραπευτικής δόσης  $I-131$  γίνεται κατόπιν μέτρησης από τον εφημερεύοντα ακτινοφυσικό του ρυθμού δόσης σε απόσταση ενός μέτρου από τον ασθενή. Ο ασθενής αποδεσμεύεται μόνο εάν ο ρυθμός αυτός είναι μικρότερος των 40  $\mu\text{Sv/h}$ .

### B. ΔΩΜΑΤΙΟ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΑΤΑΛΟΙΠΩΝ $I^{131}$

Ως στερεά κατάλοιπα θεωρούνται όλα τα αντικείμενα που έρχονται σε επαφή με τον ασθενή κατά τη διάρκεια της παραμονής του στον θάλαμο θεραπείας. Τα στερεά αυτά

κατάλοιπα τοποθετούνται σε ειδικά χάρτινα κιβώτια με την ένδειξη 'Επικίνδυνα Ιατρικά Απόβλητα' και αποθηκεύονται σε ειδικά θωρακισμένο χώρο φύλαξης ακαθάρτων που βρίσκεται ακριβώς δίπλα στους θαλάμους θεραπείας με I-131. Μία φορά το μήνα πραγματοποιείται μέτρηση από ακτινοφυσικό και όσα κιβώτια βρεθούν να είναι κάτω από το όριο των 0.15  $\mu\text{Sv/h}$ , αποδεσμεύονται και διακινούνται μέσω του συστήματος αποκομιδής επικίνδυνων νοσοκομειακών απορριμμάτων, ενώ τα υπόλοιπα επιστρέφουν στο χώρο φύλαξης για περαιτέρω φύλαξη/απόσβεση.

Ο ραδιομολυσμένος ιματισμός του νοσοκομείου (μαξιλαροθήκες, σεντόνια, κουβέρτες) τοποθετείται σε ειδικούς πλαστικούς σάκους και φυλάσσεται επίσης στον ειδικά θωρακισμένο χώρο φύλαξης ακαθάρτων. Κατά τη μηνιαία μέτρηση των καταλοίπων από ακτινοφυσικό, μετράται το επίπεδο ραδιομόλυνσης και των σάκων ιματισμού. Ο Νοσοκομειακός ιματισμός που μετράται σε επίπεδο υποβάθρου αποδεσμεύεται και αποστέλλεται στα πλυντήρια προς πλύση.

## 6. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΩΡΑΚΙΣΕΩΝ ΝΕΩΝ ΘΑΛΑΜΩΝ ΘΕΡΑΠΕΙΑΣ I<sup>131</sup>- ΔΩΜΑΤΙΟΥ ΣΤΕΡΕΩΝ ΚΑΤΑΛΟΙΠΩΝ

Στους διπλανούς χώρους των υφιστάμενων θαλάμων, πρόκειται να διαμορφωθούν δυο νέοι χώροι νοσηλείας εφαρμογής θεραπείας με I-131 και ενός νέου δωματίου στερεών καταλοίπων. Στην παρούσα μελέτη ακτινοπροστασίας σε ότι αφορά τις θωρακίσεις των θαλάμων, ελήφθη περιοριστικό επίπεδο δόσης 0.5 των ορίων δόσεων και συνεισφορά πέρα της μιας πηγής ακτινοβολίας στον υπολογισμό της συνολικής έκθεσης. Αποτέλεσμα των προαναφερθέντων παραδοχών είναι και ο υπολογισμός επιπρόσθετων θωρακίσεων σε κάποιες από τις επιφάνειες των υφιστάμενων θαλάμων θεραπείας.

### **6.1. Υπολογισμός έκθεσης**

**Για τον υπολογισμό της έκθεσης σε απόσταση  $r$  από ασθενή, από την στιγμή  $t=0$  που έγινε η χορήγηση του ραδιοφαρμάκου έως τον χρόνο  $t$  μετά την χορήγηση, χρησιμοποιήθηκε η σχέση:**

$$D(t) = 34.6 \Gamma Q_0 T_P (1 - e^{-0.693t/T_P}) / r^2 \quad (1)$$

όπου:



$D(t)$  : αθροιστική έκθεση για το χρονικό διάστημα  $t$  σε roentgens

34.6: συντελεστής μετατροπής (24ωρες/ημέρα  $\times$  συνολικό χρόνο ολοκλήρωσης)

$\Gamma$  : σταθερά έκθεσης για σημειακή πηγή(R/mCi-hr στο 1 cmγια το I-131 )

$Q_0$  : αρχική ενεργότητα πηγής σε mCi

$T_p$  : φυσικός χρόνος ημιζωής σε ημέρες

$r$  : απόσταση πηγής από σημείο ενδιαφέροντος σε cm

$t$  : χρόνος έκθεσης σε ημέρες

Ειδικότερα στην περίπτωση χορήγησης κάψουλας ιωδίου, η παραπάνω εξίσωση διαφοροποιείται εξαιτίας:

- του χρόνου που χρειάζεται το ραδιοφάρμακο να απορροφηθεί από το στομάχι και το αίμα.
- της παρακράτησης του ραδιοφαρμάκου στην ουροδόχο κύστη.
- της διαφορετικής πρόσληψης-διαφορετικού χρόνου ημιζωής του ραδιοφαρμάκου στον θυροειδή και στο υπόλοιπο σωμα.

(NRC-Regulatory Guide 8.39)

Uptake Fractions and Effective Half-Lives for Iodine-131 Treatments				
Medical Condition	Extrathyroidal Component		Thyroidal Component	
	Uptake Fraction $F_1$	Effective Half life $T_{1eff}(\text{day})$	Uptake Fraction $F_2$	Effective Half life $T_{2eff}(\text{day})$
Hyperthyroidism	0.20	0.32	0.80	5.2
Postthyroidectomy for Thyroid Cancer	0.95	0.32	0.05	7.3

Συμπερασματικά η συνολική έκθεση σε απόσταση 1m από τον ασθενή δίνεται από τη σχέση:

$$D(t) = [34.6 \Gamma Q_0 / 100 \text{ cm}^2] \times [T_p 0.8(1 - e^{-0.693(0.33)/T_p}) + 0.95 0.32 (e^{-0.693(0.33)/T_p} - e^{-0.693(0.33) (\text{days})/T_p}) + 0.05 7.3 (e^{-0.693(0.33)/T_p} - e^{-0.693(0.33) (\text{days})/T_p})] \quad (2)$$

## 6.2. Υπολογισμοί

Για τον υπολογισμό των θωρακίσεων σε κάθε επιφάνεια των θαλάμων χρησιμοποιήθηκαν οι προαναφερθείσες σχέσεις (1) και (2).

Η συνολική δόση στο 1m από τον ασθενή υπολογίστηκε σε 3.2 mSv για 2 ημέρες παραμονής στο θάλαμο νοσηλείας.

Συνεπώς η δόση στο 1m (λαμβάνοντας υπ' όψιν και τη δόση από 2mCi I-131 της τουαλέτας) ισούται με 7mSv/week. Με την τιμή αυτή υπολογίστηκαν οι θωρακίσεις στις επιφάνειες των θαλάμων θεραπείας I-131.

Ο αριθμός των HVL προκύπτει από τη σχέση:

$$N = \frac{\ln(D / D_{\max})}{\ln 2},$$

όπου

- D η έκθεση για το χρονικό διάστημα t και αντίστοιχο συντελεστή κατάληψης T,
- Dmax είναι ο μέγιστος ρυθμός έκθεσης για τον θωρακιζόμενο χώρο, όπως αυτό καθορίζεται από τα ισχύοντα όρια.

Το τελικό πάχος της θωράκισης είναι  $S = N \cdot \text{HVL}$ .

ΠΑΧΟΣ ΥΠΟΔΙΠΛΑΣΙΑΣΜΟΥ HVL

ΜΠΕΤΟΝ ( $\rho = 2,2 \text{ tn/m}^3$ ) (cm)	ΤΟΥΒΛΟ (cm)	ΜΟΛΥΒΔΟΣ (mm)
4.4	25	3

NCRP no 58, NCRP no 124



### 6.3. Παραδοχές μελέτης ακτινοπροστασίας

- Ο φόρτος εργασίας θα είναι 8 ασθενείς την εβδομάδα και κάθε ασθενής θα παραμείνει για 2 ημέρες στο θάλαμο θεραπείας
- Η μέση χορηγούμενη ενεργότητα θα είναι 150 mCi/ασθενή
- Στην τουαλέτα θεωρήθηκε ότι θα υπάρχουν συνεχώς 2mCi ραδιοφαρμάκου I-131.
- Για τους χώρους απαγορευμένης πρόσβασης λαμβάνουμε συντελεστή κατάληψης  $T=1/32$ , για δε τους χώρους μερικής κατάληψης (διάδρομο νοσοκομείου) λαμβάνουμε  $T=1/4$ .
- Ως όρια δόσεων ελήφθησαν, λαμβάνοντας υπ' όψιν και την εφαρμογή των περιοριστικών επιπέδων δόσεων, για το δωμάτιο καταλοίπων τα 5μSv/h και για τις υπόλοιπες κοινές περιοχές τα 0.25μSv/h.

## ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΓΡΩΝ ΚΑΤΑΛΟΙΠΩΝ I-131

### 1.ΓΕΝΙΚΑ

Κάθε θάλαμος απομόνωσης για ασθενείς που υπόκεινται σε θεραπεία με I-131 έχει αποκλειστική τουαλέτα, νιπτήρα και ντουζιέρα για την εξυπηρέτηση του ασθενούς.

Τα λύματα από την τουαλέτα, το νιπτήρα και τη ντουζιέρα των δύο θαλάμων θεραπείας συνδέονται με το δίκτυο δεξαμενών φύλαξης ραδιενεργών λυμάτων. Οι δεξαμενές είναι εγκατεστημένες σε υπόγειο χώρο που βρίσκεται ολόκληρος κάτω από το έδαφος και έξω από το κτίριο του Νοσοκομείου. Η δυνατότητα πρόσβασης επιτρέπεται μόνο στο κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό. Υπάρχουν 3 μεγάλες δεξαμενές χωρητικότητας  $7 \text{ m}^3$  έκαστη και μία μικρότερη χωρητικότητας  $1 \text{ m}^3$ .

Τα λύματα από τους θαλάμους θεραπείας συγκεντρώνονται στην μικρή δεξαμενή και μόλις αυτή πληρωθεί αυτομάτως οδηγούνται στη δεξαμενή που έχουμε προκαθορίσει.

Οι δεξαμενές πληρώνονται διαδοχικά και όταν πληρωθεί μια δεξαμενή τα λύματα της δεξαμενής που είχε πληρωθεί παλαιότερα οδηγούνται στο κεντρικό φρεάτιο του νοσοκομείου όπου καταλήγουν όλα τα λύματα του νοσοκομείου. Η διακίνηση των ραδιενεργών λυμάτων από τους θαλάμους θεραπείας προς τις δεξαμενές ελέγχεται από χειροκίνητο ηλεκτρονικό πίνακα που καθορίζει τη δεξαμενή υποδοχής μέσω ειδικού συστήματος ελέγχου της λειτουργίας μηχανικών υδραντλιών. Όταν μια δεξαμενή πληρωθεί δίνει σήμα (alert) σε σύστημα παρακολούθησης που είναι εγκατεστημένο στο in vivo Εργαστήριο. Στη συνέχεια ο υπεύθυνος Ακτινοφυσικός για το Εργαστήριο Πυρηνικής Ιατρικής μεταβαίνει στο χώρο των δεξαμενών συνοδευόμενος ενίοτε από ηλεκτρολόγο-μηχανικό ή υδραυλικό της Τεχνικής Υπηρεσίας του Νοσοκομείου και προβαίνει στην αποχέτευση, ανάδευση ή μετάγγιση λυμάτων από δεξαμενή σε δεξαμενή καθορίζοντας και τη δεξαμενή που θα δέχεται λύματα εφεξής.



## 2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΟΡΡΙΠΤΟΜΕΝΗΣ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Η δημιουργία των δυο νέων χώρων νοσηλείας εφαρμογής θεραπείας με I-131 απαιτεί και τη μελέτη επάρκειας ακτινοπροστασίας των υπαρχόντων δεξαμενών συλλογής ραδιενεργών λυμάτων.

### **2.1. Παραδοχές μελέτης ακτινοπροστασίας**

- Φόρτος θαλάμου θεραπείας: 8 ασθενείς την εβδομάδα
- Μέσος χρόνος παραμονής/ασθενή: 1.25 ημέρες
- Μέση αποβληθείσα ενεργότητα ανά ασθενή: 80 mCi
- Μέσος όγκος νερού ανά ημέρα νοσηλείας: 80 lt
- Μέσος όγκος νερού ανά νοσηλεία: 100 lt
- Μέσος όγκος λυμάτων ανά εβδομάδα: 800 lt
- Χωρητικότητα δεξαμενής: 7000 lt
- Χρόνος πλήρωσης δεξαμενής:  $7000/800=8.75$  w
- Όριο για ελεγχόμενη απόρριψη στο δημόσιο  
αποχετευτικό σύστημα μέσω δεξαμενών  
συλλογής εκκρινμάτων ασθενών  $1\text{MBq}=0.027\text{ mCi}$  (για I-131)

### **2.2. Υπολογισμοί**

#### *2.2.1. Ο μέσος όγκος του νερού που θα καταναλώνεται ανά νοσηλεία*

Ο ασθενής θα τραβήξει κατά μέσο όρο 8 φορές το καζανάκι χωρητικότητας 5lt ( $5 \times 8=40$  lt), θα χρησιμοποιήσει το νιπτήρα 8 φορές καταναλώνοντας κάθε φορά 1,25 lt ( $8 \times 1,25=10$  lt) και θα καταναλώσει 30 lt για το μπάνιο.

### 2.2.2. Ραδιενέργεια δεξαμενής κατά την πλήρωση της

Η ενεργότητα στη δεξαμενή κατά την πλήρωση της περιγράφεται από τη σχέση:

$$Q = \frac{Q_d}{\lambda} (1 - e^{-\lambda t})$$

Όπου

t: χρόνος πλήρωσης δεξαμενής = 61 d

$Q_d$ : μέση ημερήσια απορριπτόμενη ποσότητα στην δεξαμενή

$$(360 \text{ ασθενείς/έτος} \times 80 \text{ mCi/ασθενή/365 ημερ/έτος}) = 78.9 \text{ mCi/ημέρα}$$

Συνεπώς η ραδιενέργεια της δεξαμενής κατά την πλήρωση της θα είναι  $Q = 906 \text{ mCi}$ .

### 2.2.3. Χρόνος παραμονής για απόσβεση της ραδιενέργειας της πρώτης δεξαμενής

Ο χρόνος απόσβεσης της ραδιενέργειας της γεμάτης δεξαμενής είναι ίσος με το χρόνο πλήρωσης της επί  $(v-1)$  όπου  $v$  ο αριθμός των δεξαμενών.

$$t_{\text{αποσβ.}} = 122 \text{ ημέρες.}$$

Η ενεργότητα των λυμάτων προς αποδέσμευση θα είναι λοιπόν κατά την ημέρα

$$\text{αποδέσμευσης: } Q_t = Q \cdot e^{-0.086 \cdot 122} = 0,02 \text{ mCi} = 0.8 \text{ MBq}$$

Τα λύματα της δεξαμενής οδηγούνται στο κεντρικό φρεάτιο του νοσοκομείου, οπότε στην πραγματικότητα η αραίωση που υφίστανται είναι πολύ μεγάλη με αποτέλεσμα η ραδιενεργός συγκέντρωση των λυμάτων που εγκαταλείπουν το κεντρικό φρεάτιο τη μέρα αποδέσμευσης να είναι αμελητέα.

Συμπερασματικά δεν προβλέπεται υπέρβαση κάποιου ορίου ως προς την απόρριψη υγρών ραδιενεργών καταλοίπων I-131, με τη χρήση των υπάρχοντων δεξαμενών φύλαξης ραδιενεργών λυμάτων.



## ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ

- Οι θωρακίσεις από μολύβι των επιφανειών θα πρέπει να είναι συνεχείς. Στις ενώσεις τα μολυβδόφυλλα θα πρέπει να επικάλυπτονται κατά 2-3cm.
- Οι θωρακίσεις στις πόρτες θα πρέπει να είναι μέχρι τις άκρες του κινητού φύλλου, ώστε να μην υπάρχουν ασυνέχειες και διαρροή ακτινοβολίας. Οι κάσες θα πρέπει να έχουν και αυτές θωράκιση ίση με τις αντίστοιχες πόρτες.
- Το ύψος κάθε θωράκισης θα πρέπει να φτάνει τουλάχιστον τα 2.5m από το δάπεδο.
- Τα έπιπλα των θαλάμων θα πρέπει να είναι από μη απορροφητικό υλικό .
- Όλες οι επιφάνειες των θαλάμων και των χώρων υγιεινής θα είναι λείες, μη απορροφητικές και χωρίς ασυνέχειες. Όπου υπάρχουν ενώσεις αυτές θα είναι λείες και μη απορροφητικές ώστε να εξασφαλίζεται η συνέχεια, η στεγανότητα και το εύκολο πλύσιμο και καθαρίσμα (ραδιενεργός απορρύπανση).
- Η διαδρομή του δικτύου αποχέτευσης από τα σημεία απόρριψης ως το χώρο συλλογής δεξαμενών θα πρέπει να είναι γνωστή και προσπελάσιμη.
- Για την παρακολούθηση των ασθενών να υπάρχει σύστημα ενδοσυνεννόησης και κλειστό κύκλωμα τηλεόρασης.
- Οι θάλαμοι πρέπει να έχουν κατάλληλο κλιματισμό.
- Ο θάλαμος θεραπείας πρέπει να διαθέτει αποκλειστική τουαλέτα με δυνατότητα συνεχούς ροής νερού, ντουζιέρα και νιπτήρα από ανοξείδωτο χάλυβα.

## ΠΙΝΑΚΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΘΩΡΑΚΙΣΕΩΝ

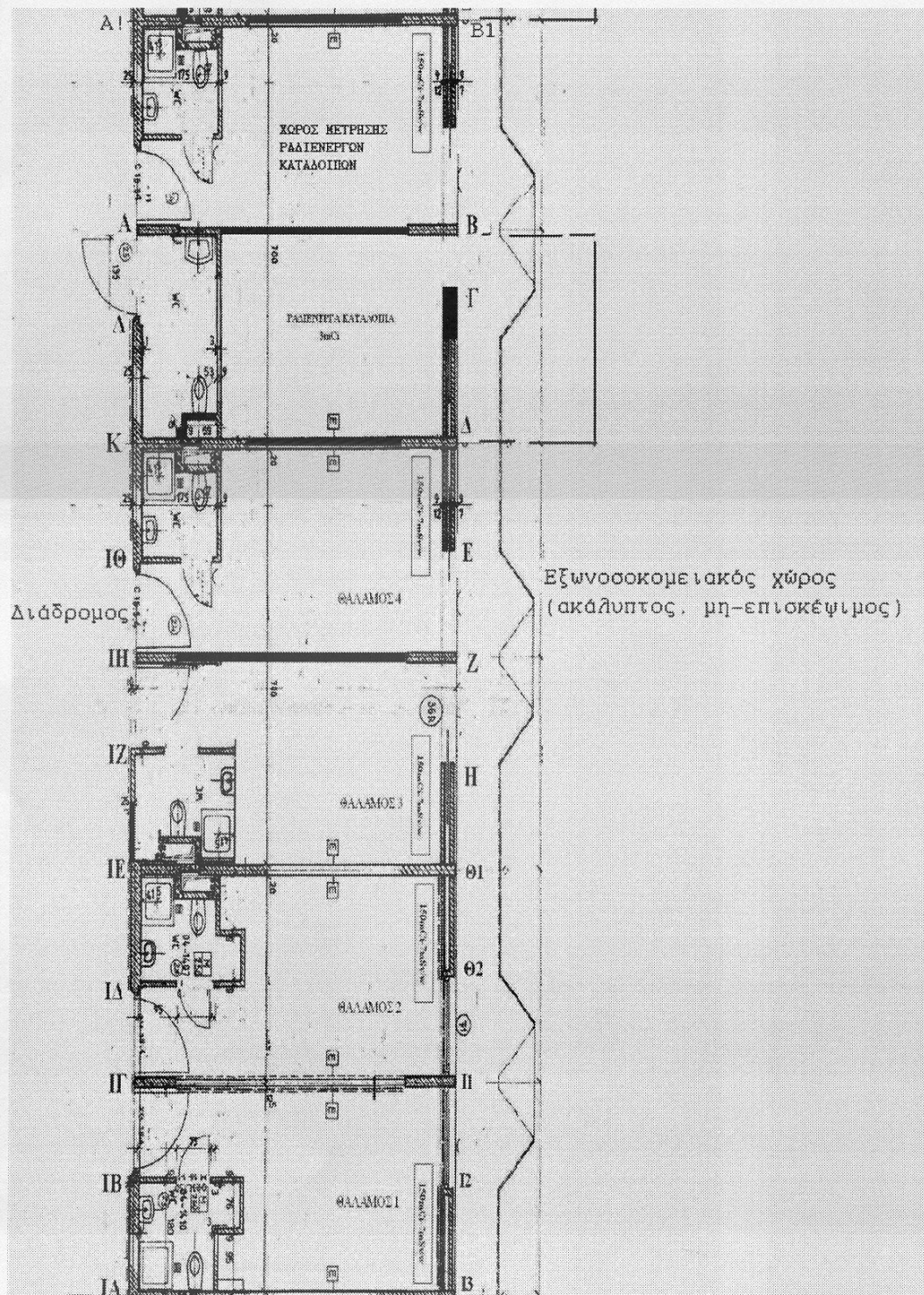
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΕΝΕΡΓΟΤΗΤΑ (mCi)	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΚΑΤΑΛΗΨΗΣ	ΑΠΟΣΤΑΣ H (m)	ΟΡΙΟ ΔΟΣΗΣ (μSv/h)	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΘΩΡΑΚΙΣΗ (mm Pb)	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΘΩΡΑΚΙΣΗ (cm beton)	ΥΠΑΡΧΟΥΣΑ ΘΩΡΑΚΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΕΠΙΠΡΟΣΘΕΤΗ ΘΩΡΑΚΙΣΗ
ΑΒ	4	1	2	0,25		25	0	25cm beton
ΒΓ	4	0,03125	2	0,25	2		0	2mmPb
ΓΔ	4	0,03125	2	0,25	2		18 cm brick	
ΔΚ	150	0,03125	5	5		0	20 cm beton	
Κ-Α	4	1/4	6	0,25		1.5 mm Pb	25 cm beton	
Α-Α(ΠΟΡΤΑ)	4	1/4	6	0,25		1.5 mm Pb	9 cm brick	0,5 mm Pb
ΔΕ	150	0,03125	8	0,25	4		18 cm brick	
ΕΖ	150	0,03125	8	0,25	4			
Ζ-ΙΗ	150	1/4	6	0,25	5	7	0	7 cm beton
ΙΗ-ΙΘ	150	1/4	9	0,25	4,5		0	4,5 mm Pb
ΙΘ-Κ	150	1/4	8	0,25		8	25 cm beton	
Ζ-Η	150	0,03125	8	0,25				
Η-Θ1	150	0,03125	8	0,25			18 cm brick	
Θ1-ΙΕ	150	1/4	4	0,25		14	20 cm beton	
ΙΕ-ΙΖ	150	1/4	8	0,25		8	25 cm beton	
ΙΖ-ΙΗ	150	1/4	9	0,25	4,5		2 mmPb	2,5 mm Pb
Θ1-Θ2	150	0,03125	8	0,25			18 cm brick	
Θ2-Ι1	150	0,03125	8	0,25				
Ι1-Ι2	150	0,03125	8	0,25				
Ι2-Ι3	150	0,03125	8	0,25			18 cm brick	
Ι1-ΙΓ	150	1/4	6	0,25	5	7	2 mmPb	3mmPb
ΙΑ-ΙΒ	150	1/4	8	0,25		8	25cm beton	
ΙΒ-ΙΓ	150	1/4	9	0,25	4,5		2	2,5mmPb
ΙΓ-ΙΔ	150	1/4	9	0,25	4,5		2	2,5mmPb
ΙΔ-ΙΕ	150	1/4	8	0,25		8	25 cm beton	



## ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΘΩΡΑΚΙΣΕΩΝ

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΕΠΙΠΡΟΣΘΕΤΗ ΘΩΡΑΚΙΣΗ
<i>ΑΒ</i>	<i>25cm beton</i>
<i>ΒΓ(ΠΟΡΤΑ)</i>	<i>2mmPb</i>
<i>ΓΔ</i>	
<i>ΔΚ</i>	
<i>Κ-Α</i>	
<i>Α-Α(ΠΟΡΤΑ)</i>	<i>0,5 mm Pb</i>
<i>ΔΕ</i>	
<i>ΕΖ</i>	
<i>Ζ-ΙΗ</i>	<i>7cm beton</i>
<i>ΙΗ-ΙΘ(ΠΟΡΤΑ)</i>	<i>4,5 mm Pb</i>
<i>ΙΘ-Κ</i>	
<i>Ζ-Η</i>	
<i>Η-Θ1</i>	
<i>Θ1-ΙΕ</i>	
<i>ΙΕ-ΙΖ</i>	
<i>ΙΖ-ΙΗ(ΠΟΡΤΑ)</i>	<i>2,5 mm Pb</i>
<i>Θ1-Θ2</i>	
<i>Θ2-Ι1</i>	
<i>Ι1-Ι2</i>	
<i>Ι2-Ι3</i>	
<i>Ι1-ΙΓ</i>	<i>3mmPb</i>
<i>ΙΑ-ΙΒ</i>	
<i>ΙΒ-ΙΓ(ΠΟΡΤΑ)</i>	<i>2,5mmPb</i>
<i>ΙΓ-ΙΔ(ΠΟΡΤΑ)</i>	<i>2,5mmPb</i>
<i>ΙΔ-ΙΕ</i>	

# ΚΑΤΟΨΗ ΧΩΡΟΥ





## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Έγκριση Κανονισμών Ακτινοπροστασίας, “Υπουργική Απόφαση Αριθ.1014(ΦΟΡ) 94, 6-3-2001, ΦΕΚ 216”
2. Εγκύκλιος Ε.Ε.Α.Ε “Αποδέσμευση των εκκριμάτων ασθενών που έχουν υποβληθεί σε θεραπευτικές εφαρμογές Πυρηνικής Ιατρικής”, 30-11-2006
3. *Structural shielding design and evaluation for medical use of x-rays and gamma rays of energies up to 10 MeV*, NCRP report No.49, 1976
4. U.S. Nuclear Regulatory Commission(NRC)-Regulatory Guide 8.39 “Release of patients Administered Radioactive Materials”
5. *Radiation Protection 97*, European Commission 1998
6. “Clearance of materials resulting from the use of radionuclides in medicine, industry and research”. IAEA TEC-DOC-1000, IAEA, 1998
7. Driver I, Packer S. “Radioiodine waste discharge quantities for patients undergoing radioactive iodine therapy for thyroid carcinoma”, *Nucl Med. Commun* (2001)
8. Barrington S.F, Kettle A.G “Radiation dose rates from patients receiving iodine-131 therapy for carcinoma of the thyroid”, *Eur J Nucl Med* (1996)

Οι συντάκτες της μελέτης,

Κωνσταντίνος Περισυνάκης,

Ακτινοφυσικός

Επικ. Καθηγητής Πανεπιστημίου Κρήτης

Κοκοβές Λεωνίδας

Ακτινοφυσικός ΠαΓΝΗ

Μηεμφυετο πλ: 2564