



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ &

ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Τομέας Βιομηχανικών διατάξεων και συστημάτων
αποφάσεων

ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΑΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΑΠΟ ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟ



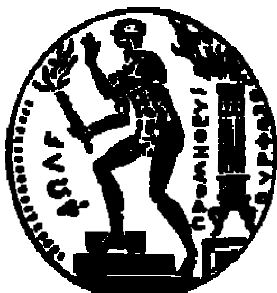
ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΙΧΑΗΛ ΚΟΠΕΛΟΣ

Επιβλέπων : ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα 2009



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ &
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
Τομέας Βιομηχανικών διατάξεων και συστημάτων
αποφάσεων

**ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΑΣ
ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΑΠΟ ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μιχαήλ Ι. Κόπελος

Επιβλέπων: Κωνσταντίνος Καραγιαννόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την Ιουνίου 2009.
Αθήνα, Ιούλιος 2008

.....
Κ.Καραγιαννόπουλος
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Π. Μπούρκας
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Ι. Θεοδώρου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Μιχαήλ Ι. Κόπελος

Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Μιχαήλ Ι. Κόπελος 2009.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζουμε το ενδεχόμενο εκπομπής ιοντίζουσας ακτινοβολίας από ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό. Καθώς καθημερινά πλήθος κόσμου, εργαζόμενοι και πολίτες, έρχεται σε επαφή με ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό, υπάρχει έντονος προβληματισμός για την πιθανότητα εκπομπής ιοντίζουσας ακτινοβολίας από αυτόν. Η ανησυχία επιτείνεται από το γεγονός ότι η βιβλιογραφία για αυτό το φαινόμενο είναι πολύ περιορισμένη.

Η μέτρηση της ιοντίζουσας ακτινοβολίας πραγματοποιείται με έναν μετρητή εξελιγμένο μετρητή geiger-muller, το gamma scout, το οποίο ανιχνεύει α, β και γ ακτινοβολία. Ο ηλεκτρομηχανολογικός εξοπλισμός που εξετάζουμε διακρίνεται σε ωμικές επαφές, τις οποίες δοκιμάζουμε σε πλήρες φορτίο λειτουργίας καθώς και μονωτήρες σε οριακές συνθήκες λειτουργίας.

Τα θέματα τα οποία εξετάζονται σε αυτή τη διπλωματική ποικίλουν από την έννοια, τη δομή, τα μεγέθη, τις μονάδες, τις πηγές, τις βιολογικές επιδράσεις και τις επιπτώσεις στους εργαζομένους της ιοντίζουσας ακτινοβολίας μέχρι την παρουσίαση των σωλήνων geiger muller, του gamma scout και την μέτρηση εκπομπής ιοντίζουσας από ηλεκτρολογικό εξοπλισμό καθώς και την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Σκοπός της εξεταζόμενης διπλωματικής εργασίας είναι η ανίχνευση της εκπεμπόμενης ιοντίζουσας ακτινοβολίας από ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό σε εργαστηριακό περιβάλλον και η ανάδειξη των πιθανών κινδύνων που διατρέχουν οι άνθρωποι από την έκθεση τους σε αυτή.

Λέξεις Κλειδιά

Ιοντίζουσα ακτινοβολία, ιονίζουσα ακτινοβολία, ακτίνες γ, ισοδύναμη δόση ακτινοβολίας, απορροφημένη δόση ακτινοβολίας, βιολογικές επιδράσεις ιοντίζουσας ακτινοβολίας, ακτινοπροστασία, μετρητές Geiger Muller, gamma scout, εκπομπή ακτινοβολίας.

ABSTRACT

This diploma thesis investigates the possibility of emission of ionizing radiation from electromechanical equipment. While daily both workers and citizens come in contact with electromechanical equipment, there has been noticed growing concern on the probability of emission of ionizing radiation from this equipment. Concern is intensified by the fact that the bibliography for this phenomenon is very limited.

For the measurement of ionizing radiation we use an evolved Geiger Muller counter, the gamma scout, that detects alpha radiation, beta radiation and gamma radiation. The electromechanical equipment that we examine range from electrical fuses to electrical insulators.

The issues which are examined in this dissertation vary from the significance, the structure, the units, the sources and the biological effects of ionizing radiation up to the presentation of Geiger Muller tubes, the presentation of gamma scout and the measurement of the emission of ionizing radiation from electrical equipment as well as the export of conclusions.

Finally the scope of this dissertation is to determine whether the electromechanical equipment emits ionizing radiation and if the detected radiation could cause serious damage to the human beings that work or live close to this equipment.

Key Words

Ionizing radiation, gamma radiation, equivalent dose of ionizing radiation, absorbed dose of ionizing radiation, biological effects of ionizing radiation, Geiger Muller counters, gamma scout, ionizing radiation emission

Περιεχόμενα

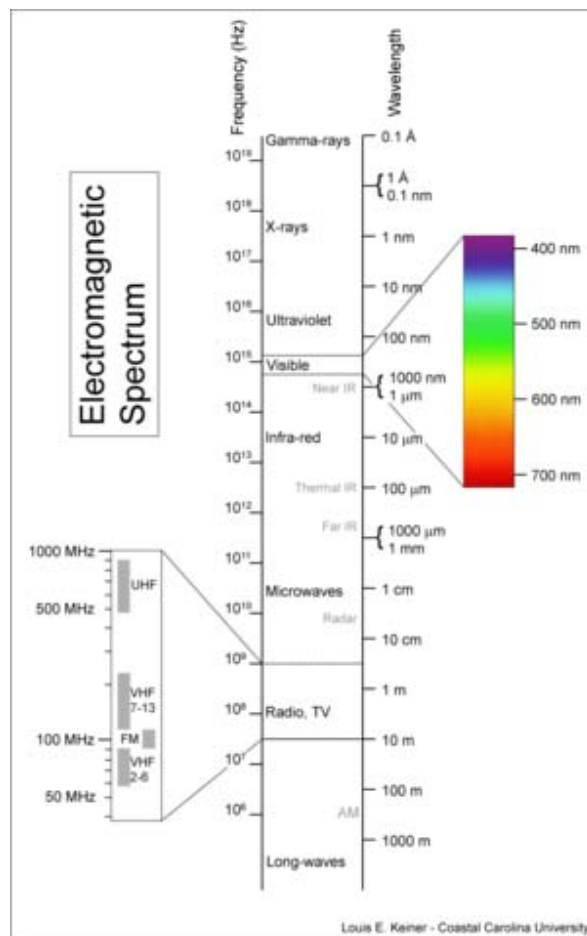
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	10
<u>ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ – ΜΗ ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΕΣ</u>	<u>10</u>
1.1 Βασικές έννοιες	11
1.2 Ιοντιζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία	12
1.2.1 Σωματίδια Α	13
1.2.2 Σωματίδια Β	13
1.2.3 Ακτίνες γ	14
1.2.4 Ακτίνες χ	15
1.3 Μη ιοντιζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	17
<u>ΒΑΣΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΚΑΙ ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΑΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ</u>	<u>17</u>
2.1 Δόση ακτινοβολίας	18
2.2 Ενέργεια	18
2.3 Έκθεση	Error! Bookmark not defined.
2.4 Απορροφημένη δόση	19
2.5 Γραμμική Ενέργειακή Μεταφορά (LET).....	20
2.6 Ισοδύναμη δόση	21
2.7 Χρόνος Ημιζωής.....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	25
<u>ΠΗΓΕΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΑΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ</u>	<u>25</u>
3.1 Γενικά για τις πηγές ιονίζουσας ακτινοβολίας	26
3.2 Φυσικές πηγες ακτινοβολίας	27
3.2.1 Ραδόνιο.....	27
3.2.2 Κοσμική Ακτινοβολία	28
3.2.3 Εσωτερική ακτινοβολία.....	29
3.3 Πηγες απο ιατρικά και καταναλωτικά προϊόντα.....	30
3.3.1 Ιατρικές πηγές	30
3.3.2 Καταναλωτικά προϊόντα	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	32
<u>ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΑΠΟ ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ. Error! Bookmark not defined.</u>	<u>32</u>
4.1 Κίνδυνος από την έκθεση σε ιονίζουσα ακτινοβολία	33
4.2 Γενικές επιπτώσεις από την έκθεση σε ιοντιζουσα ακτινοβολία	33
4.3 Γενετικά και ενδομήτρια συμπτώματα	Error! Bookmark not defined.
4.4 Βιολογικές επιδράσεις από μικρές δόσεις ακτινοβολίας	35
4.5 Πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου από μικρές δόσεις ιοντιζουσας ακτινοβολίας	36
4.6 Συμεράσματα για τις βιολογικές επιδράσεις μικρών δόσεων ιοντιζουσας ακτινοβολίας.....	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	38
<u>ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΓΙΑ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΥΣ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΜΕ ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ</u>	<u>38</u>

5.1	Σύστημα ραδιολογικής προστασίας.....	39
5.1.1	Διεθνή βασικά πρότυπα προστασίας.....	39
5.1.2	Ελληνική επιτροπή ατομικής ενέργειας	Error! Bookmark not defined.
5.1.3	Νομοθεσία για την προστασία των εργαζομένων από την ιοντίζουσα ακτινοβολία	Error! Bookmark not defined.
5.1.4	Όρια ασφαλείας.....	Error! Bookmark not defined.
5.2	Κανονισμοί προστασίας για εργαζομένους σε περιβάλλοντα με ιοντίζουσα ακτινοβολία.....	41
5.2.1	Εισαγωγή.....	41
5.2.2	Αρμόδια Αρχή.....	42
5.3	Όρια δόσεων επαγγελματικά εκτιθέμενων	42
5.3.1	Ολόσωμη έκθεση	42
5.3.2	Έκθεση οφθαλμών	43
5.3.3	Εκθέσεις με ειδική εγκριση.....	43
5.4	Εκθέσεις Εργαζομένων Οφειλόμενες σε Ατύχημα και Εκθέσεις που προκύπτουν από έκτακτη ανάγκη.....	45
5.5	Εκθέσεις σε εργασιακούς χώρους με σημαντική αύξηση λόγω παρουσίας πηγών φυσικής ακτινοβολία.....	Error! Bookmark not defined.
5.6	Υποχρεώσεις.....	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.....		Error! Bookmark not defined.
<u>ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΑΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ.....</u>		Error! Bookmark not defined.
6.1	Μετρητής Geiger-Muller.....	Error! Bookmark not defined.
6.2	Σωλήνας Geiger-Muller.....	50
6.3	Απόσβεση.....	52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.....		Error! Bookmark not defined.
<u>ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΤΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗΣ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (GAMMA-SCOUT).....</u>		Error! Bookmark not defined.
7.1	Επεξήγηση Βασικών Λειτουργιών Gamma Scout.....	Error! Bookmark not defined.
7.2	Διακόπτης Επιλογής Ακτίνων	Error! Bookmark not defined.
7.3	Μετρηση Ακτινοβολίας.....	Error! Bookmark not defined.
7.4	Πότε και πώς χρησιμοποιείται το gamma-scout.....	Error! Bookmark not defined.
7.5	Μέτρηση ρυθμού παλμών	60
7.6	Ορισμός ημερομηνίας και ώρας	61
7.7	Μπαταρία και παροχή ρεύματος.....	62
7.8	Όρια συναγερμού	63
7.9	Καταγραφή δεδομένων.....	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8.....		67
<u>ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ.....</u>		67
8.1	Εισαγωγή στις εργαστηριακές μετρήσεις	68
8.2	Ωμικές επαφές - Μέτρηση ασφάλειας 250Σ.....	69
8.2.1	Πειραματική διάταξη	69
8.2.2	Μετρήσεις	71
8.2.3	Παρατηρήσεις	74
8.3	Μέτρηση εκπομπής ακτινοβολίας από μονωτικά κατά την τροφοδοσία τους με μέση τάση	75

8.3.1	Πειραματική διάταξη	75
8.3.2	Μετρήσεις	76
8.3.3	Παρατηρήσεις	78
8.4	Μέτρηση εκπομπής ιοντίζουσας ακτινοβολίας από μονωτικό χαρτί κατά την τροφοδοσία του με μέση τάση	79
8.4.1	Πειραματική διάταξη	79
8.4.2	Μετρήσεις	80
8.4.3	Παρατηρήσεις	84
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9	.....	85
<u>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</u>	.....	<u>85</u>
9.1	Σχολιασμός των μετρήσεων	86
9.2	Συμπεράσματα	87
<u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1</u>	.....	<u>88</u>
ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ	.....	88
Κοινοτική Νομοθεσία	89	
Ελληνική Νομοθεσία	92	
Κανονισμός Ακτινοπροστασίας	94	
<u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u>	.....	<u>97</u>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες – Μη Ιοντίζουσες ακτινοβολίες



1.1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Στη φυσική, ως ακτινοβολία περιγράφεται οποιαδήποτε διαδικασία από την οποία η ενέργεια που εκλύεται από κάποιο σώμα μεταδίδεται διαμέσου της ύλης ή του κενού διαστήματος μέχρι να απορροφηθεί από κάποιο άλλο σώμα. Συχνά η έννοια της ακτινοβολίας συγχέεται είτε με την έννοια της ιονιζουσας ακτινοβολίας (π.χ. όπως σε όρους που έχουν σχέση με τα πυρηνικά όπλα τους ραδιενεργούς αντιδραστήρες και τα ραδιενεργά κατάλοιπα), είτε με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα εκτείνεται σε ένα μεγάλο

εύρος συχνοτήτων που κυμαίνεται από την περιοχή των ακουστικών συχνοτήτων, μέχρι την περιοχή των ακτίνων γ (σχ.1).

Σχήμα 1.1

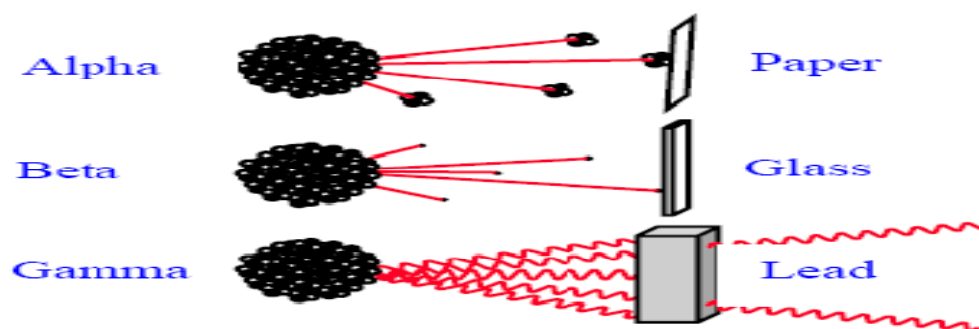
Τα κυριότερα χαρακτηριστικά που σχετίζονται με τη διαφοροποίηση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι:

1. Το μήκος κύματος/συχνότητα
2. Τα φυσικά της χαρακτηριστικά
3. Τις επιπτώσεις που προκαλεί στα μέσα διάδοσης/αποδέκτες

Στην παρούσα εργασία θα μας απασχολήσει η κατηγοριοποίηση της ακτινοβολίας με βάση τις επιπτώσεις στο περιβάλλον ή στα μέσα διάδοσης σε ιοντίζουσα και σε μη-ιοντίζουσα. Πολλές φορές στη βιβλιογραφία αναφέρεται ο όρος ιοντίζουσα ακτινοβολία ως μεταγραφή του αγγλικού όρου *ionizing*, ο οποίος με τη σειρά του προέρχεται από μεταγραφή στην αγγλική του ελληνικού όρου (ιόν/ιόντος). Για αυτό το λόγο εκτιμούμε ο όρος ιοντίζουσα ακτινοβολία είναι δοκιμότερος και αυτόν θα χρησιμοποιούμε στο εξής.

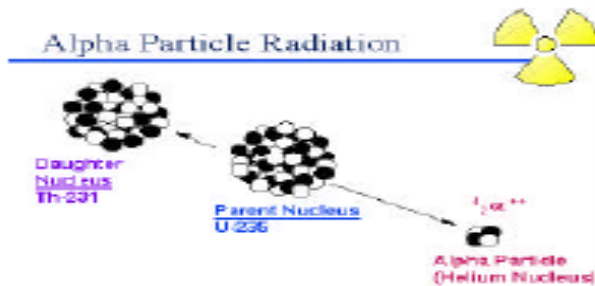
1.2 ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΑ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Ιοντίζουσα ονομάζεται η ακτινοβολία κατά την οποία η ενέργεια που εκπέμπεται προέρχεται από ραδιενεργά υλικά, μηχανήματα ακτίνων-X ή από πυρηνικές αντιδράσεις, μεταφέρεται μέσω σωματιδίων ή κυμάτων και επιπλέον έχει συχνότητα υψηλότερη από το ορατό φως. Στην περίπτωση της Ιοντίζουσας ακτινοβολίας η ακτινοβολούμενη ενέργεια προκαλεί βίαια απόσπαση ηλεκτρονίων από τα μόρια τα οποία αντιδρώντας μεταξύ τους δημιουργούν ιόντα. Οι τρεις κυριότερες μορφές ιοντίζουσας ακτινοβολίας είναι τα σωματίδια άλφα(α), τα σωματίδια βήτα(β) και η ακτινοβολία γ .



Σχήμα 1.2

1.2.1 Σωματίδια Α

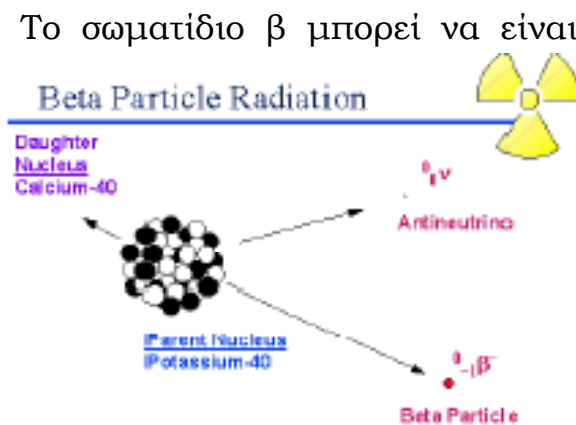


Το σωματίδιο α αποτελείται από δύο πρωτόνια και δύο νετρόνια και η δομή του είναι παρόμοια με αυτήν ενός πυρήνα ατόμου ηλίου. Εξαιτίας της σχετικά μεγάλης μάζας και του μεγάλου φορτίου, το σωματίδιο α παράγει ένα ιόν σε μία

πολύ εντοπισμένη περιοχή. Το σωματίδιο α κάνει μέρος της ενέργειάς του κάθε φορά που παράγει ένα ιόν (η θετική του φόρτιση έλκει τα ηλεκτρόνια μακριά από τα άτομα που βρίσκονται στην πορεία του), αποκτώντας εν τέλει δύο ηλεκτρόνια και μετατρέπόμενο σε ένα κανονικό άτομο ηλίου. Ένα σωματίδιο α έχει μικρή ακτίνα δράσης (μερικά εκατοστά) στον αέρα και δεν μπορεί να διαπεράσει το εξωτερικό στρώμα του δέρματος.

Σχήμα 1.2

1.2.2 Σωματίδια Β

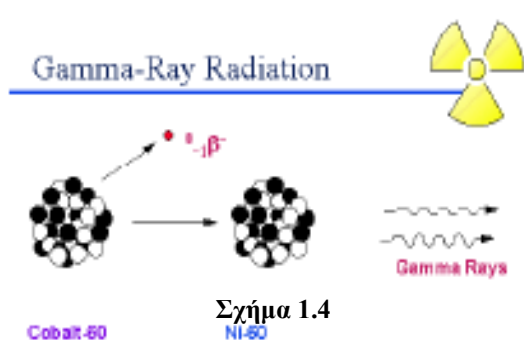


Το σωματίδιο β μπορεί να είναι είτε αρνητικά (negatron) είτε θετικά (ποζιτρόνιο) φορτισμένο. Τα αρνητικά φορτισμένα σωματίδια είναι παρόμοια με τα ηλεκτρόνια και εκπέμπονται από τον πυρήνα ενός ατόμου κατά τη διάρκεια μιας ραδιενεργής διάσπασης και της μετατροπής ενός νετρονίου σε πρωτόνιο. Η μοναδική διαφορά ενός αρνητικά φορτισμένα σωματίδια και ενός ηλεκτρονίου είναι η προέλευσή τους, τα σωματίδια β προέρχονται από τον πυρήνα ενώ τα ηλεκτρόνια είναι εξωτερικά του πυρήνα. Εάν δεν ορίζεται διαφορετικά τα σωματίδια β αναφέρονται σε αρνητικά φορτισμένα σωματίδια και όχι σε

Σχήμα 1.3

ποζιτρόνια. Το ποζιτρόνιο εκπέμπεται από ένα άτομο κατά τη διάρκεια μιας ραδιενεργής διάσπασης και της μετατροπής ενός πρωτονίου σε νετρόνιο. Τα σωματίδια β είναι μικρότερα και κατά συνέπεια πιο διεισδυτικά από τα σωματίδια αλλά η επίδρασή τους στον ανθρώπινο ιστό είναι και πάλι περιορισμένη. Όταν εξαντληθεί η ενέργειά του το αρνητικά φορτισμένο σωματίδιο προσκολλάται σε κάποιο άτομο και γίνεται συνηθισμένο ηλεκτρόνιο, ενώ το ποζιτρόνιο αντιδρά με κάποιο ελεύθερο ηλεκτρόνιο και τα δύο σωματίδια αλληλοεξουδετερώνονται εκπέμποντας παράλληλα δύο ακτίνες γάμμα. Όταν ένα αρνητικά φορτισμένο σωματίδιο πλησιάσει τον πυρήνα ενός ατόμου, η ισχυρή ελκτική δύναμη Coulomb αναγκάζει το σωματίδιο β να αποκλίνει από την πορεία του και να χάνει την ενέργειά του με ρυθμό ανάλογο του τετραγώνου της επιτάχυνσής του. Αυτή η ενέργεια εκπέμπεται από το σωματίδιο β με τη μορφή ενός φωτονίου που ονομάζεται φωτόνιο Bremsstrahlung. Το ποσό της ενέργειας που μετατρέπεται σε φωτόνια είναι ευθέως ανάλογο της ενέργειας του μορίου β. Το παραπάνω φαινόμενο παρατηρείται κυρίως σε σωματίδια υψηλής ενέργειας τα οποία διέρχονται από υλικά με πυκνή δομή, όπως ο μόλυβδος για παράδειγμα, δηλαδή υλικών με υψηλότερους ατομικούς αριθμούς και συνεπώς με περισσότερα πρωτόνια στον πυρήνα.

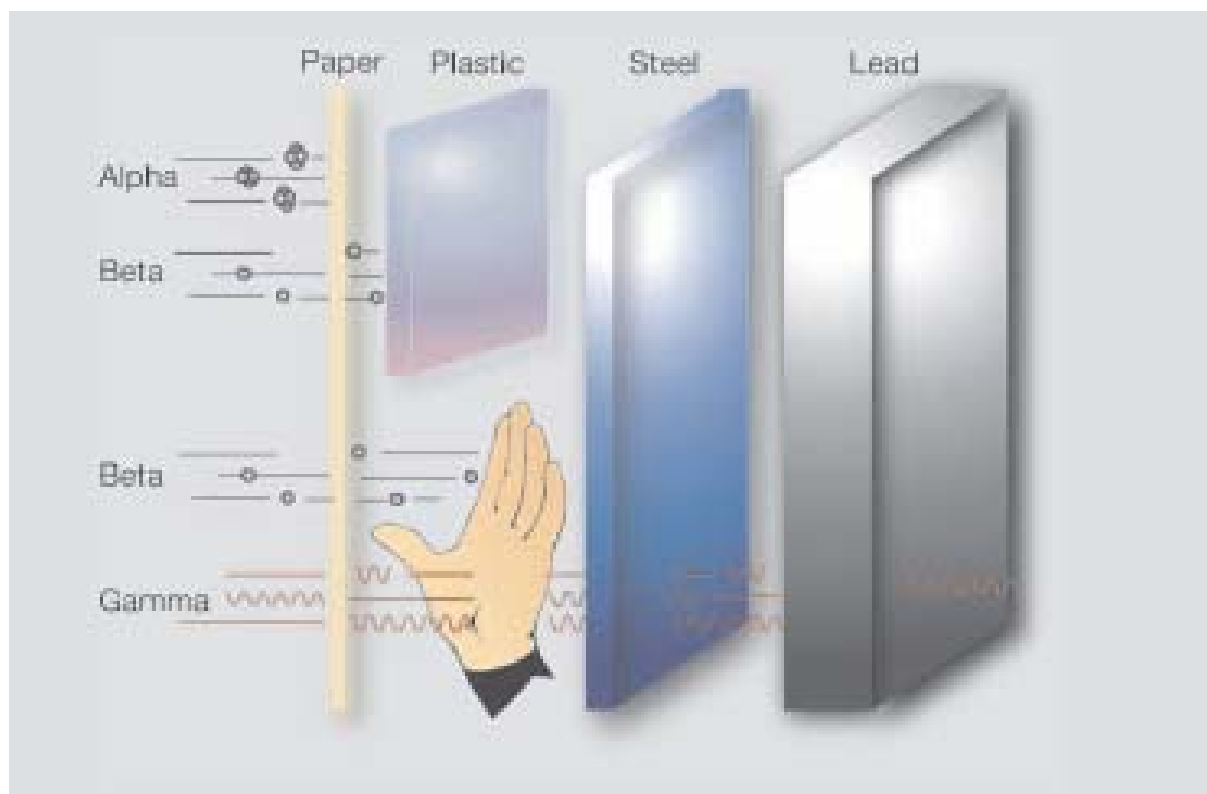
1.2.3 Ακτίνες γ



Οι ακτίνες γάμμα είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που εκπέμπεται από ένα άτομο ως μέσο απελευθέρωσης της υπερβολικής ενέργειας, για την ακρίβεια είναι δέσμες (κβάντα) ενέργειας που δεν είναι φορτισμένες δεν έχουν μάζα και μπορεί να διατρέξει

μεγάλες αποστάσεις στον αέρα (μερικές εκατοντάδες μέτρα), στον ανθρώπινο ιστό και σε άλλα υλικά. Οι ακτίνες γάμμα μπορούν να περάσουν μέσα από το ανθρώπινο σώμα χωρίς να έρθουν σε επαφή με κανένα άτομο, ή μπορεί να έρθουν σε επαφή και να αλληλεπιδράσουν με κάποιο άτομο αποδίδοντάς του το σύνολο ή μέρος της ενέργειάς τους. Αυτό συνήθως προκαλεί τον ιονισμό

κάποιου ηλεκτρονίου. Αυτό το ηλεκτρόνιο χρησιμοποιεί την ενέργεια που προσέλαβε από τις ακτίνες γ για να δημιουργήσει νέα ιόντα προσκρούοντας σε ηλεκτρόνια που βρίσκονται σε άλλα άτομα. Επειδή μια ακτίνα γάμμα είναι καθαρή ενέργεια παύει να υπάρχει μόλις χάσει όλη την ενέργειά της.



Σχήμα 1.5

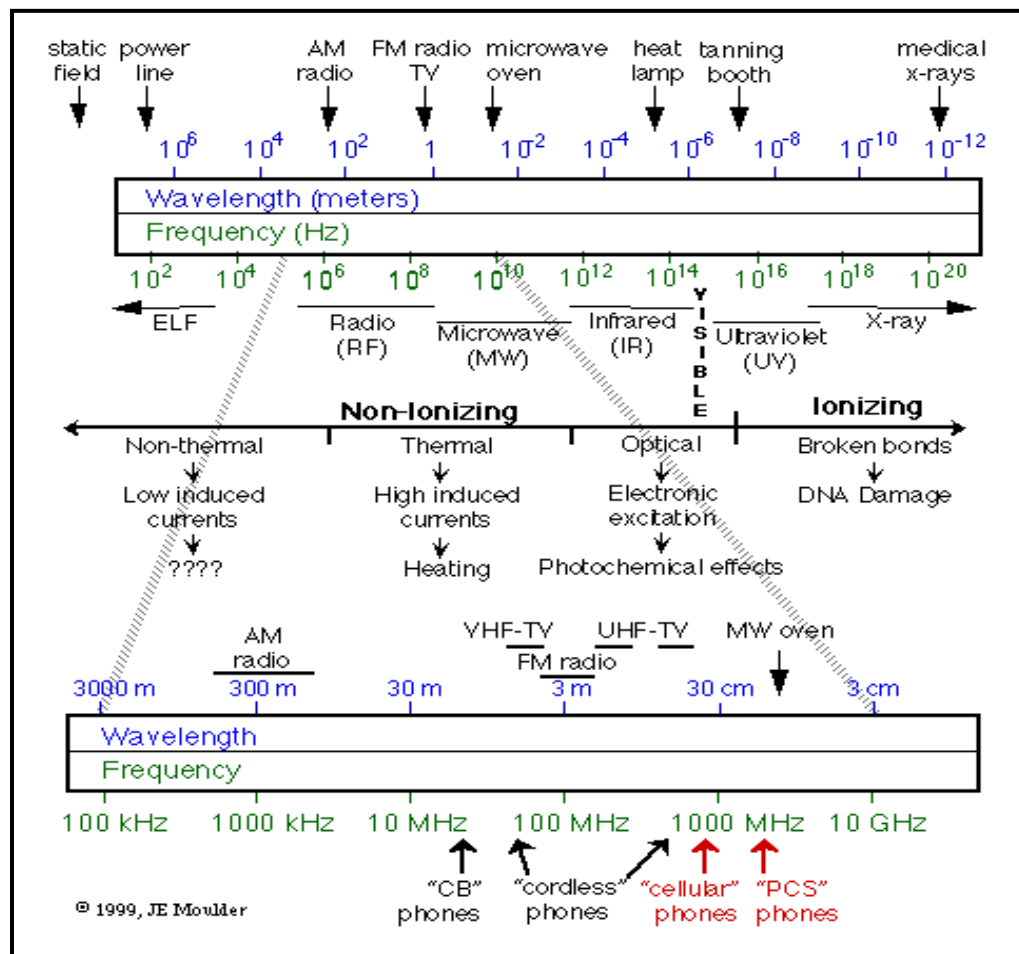
1.2.4 Ακτίνες x

Οι ακτίνες X, όπως και οι ακτίνες γ , είναι μία δέσμη (ή φωτόνια) ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με τη διαφορά ότι δεν εκπέμπονται από τον πυρήνα. Οι ακτίνες X παράγονται σαν αποτέλεσμα της αλλαγής θέσης των ηλεκτρονίων που περιστρέφονται γύρω από τον πυρήνα, καθώς αυτά αλλάζουν ενεργειακές στάθμες. Ακτίνες X εκπέμπονται από τα ραδιοϊσότοπα ιώδιο-125 και ιώδιο-131.

Οι ακτίνες X μπορεί να παραχθούν κατά τη διάρκεια ραδιενεργής διάσπασης ή σαν ακτινοβολία Bremsstrahlung, η διαδικασία εκπομπής της οποίας έχει περιγραφεί παραπάνω. Τα μηχανήματα ακτίνων X, εκπέμπουν ακτινοβολία Bremsstrahlung.

1.3 ΜΗ ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΑ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Ως μη ιονίζουσα ακτινοβολία ορίζεται κάθε είδος ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας η οποία δε φέρει την απαιτούμενη ενέργεια ανά σωματίδιο(φωτόνιο, κβάντο) ώστε να ιοντίσει τα άτομα η τα μόρια με τα οποία έρχεται σε επαφή. Η ενέργεια που φέρουν μπορεί να μην είναι ικανή να προκαλέσει πλήρη ιοντισμό των ατόμων, αλλά προκαλεί διέγερση των ηλεκτρονίων σε υψηλότερη ενεργειακή κατάσταση.



Σχήμα 1.6

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Μεγέθη και μονάδες μέτρησης ιοντίζουσας ακτινοβολίας

2.1 ΔΟΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Ως δόση ακτινοβολίας ορίζεται το μέγεθος που μετρά την ποσότητα της ενέργειας της ιοντίζουσας ακτινοβολίας που αποθηκεύεται στη μάζα ενός υλικού. Ο τύπος της ακτινοβολίας, η ποσότητα της ακτινοβολίας, και οι φυσικές ιδιότητες του υλικού επηρεάζουν τη δόση. Συγκεκριμένα μπορούμε να για απορροφημένη δόση σε έναν ιστό ή σε ένα υλικό όπως το πυρίτιο. Άλλες συχνά χρησιμοποιούμενες δόσεις είναι η αποτελεσματική δόση και η ισοδύναμη δόση, οι οποίες ρυθμίζονται για να επιτρέψουν τη σύγκριση διαφορετικών ιστών ή τύπων ακτινοβολίας.

2.2 ΕΝΕΡΓΕΙΑ

- Curie(Ci)

Το Curie είναι μια μονάδα μέτρησης της ραδιενέργειας. Ένα Curie αντιστοιχεί στην ποσότητα της ραδιενέργειας που βρίσκεται σε ένα γραμμάριο ραδίου. Είναι επίσης η ποσότητα ενός ραδιενεργού υλικού που θα έχει 3.7×10^{10} μετασχηματισμούς σε ένα δευτερόλεπτο. Συχνά η ραδιενέργεια μετράται σε υποδιαιρέσεις του Curie όπως mCi, uCi, nCi. Η σχέση που συνδέει το Becquerel με το Curie είναι: 3.7×10^{10} Bq αντιστοιχούν σε ένα Ci.

- Becquerel(Bq)

Το Becquerel είναι η νέα μονάδα μέτρησης του SI για τη μέτρηση ραδιενέργειας. Ένα Becquerel είναι η ποσότητα ενός ραδιενεργού υλικού που θα έχει ένα μετασχηματισμό σε ένα δευτερόλεπτο. Συχνά η ραδιενέργεια μετράται με μεγαλύτερες μονάδες όπως τα kBq, MBq, GBq.

2.3 ΈΚΘΕΣΗ

Το Roentgen(R) είναι η μονάδα μέτρησης ενός μεγέθους που ονομάζεται έκθεση. Αυτό το μέγεθος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει την ποσότητα των ακτίνων γ και των ακτίνων X, που βρίσκονται στον αέρα. Ένα Roentgen αποθηκεύει ενέργεια ίση με 2.58×10^{-4} coulombs ανά κιλο ξηρού αέρα. Είναι ένα μέτρο του ιοντισμού των μορίων σε μία μάζα αέρα. Το βασικό πλεονέκτημα αυτής της μονάδας είναι ότι μετριέται άμεσα, αλλά η χρήση της

είναι περιορισμένη καθώς αναφέρεται μόνο σε αποθήκευση στον αέρα και σε ακτίνες γ και ακτίνες X.

$$1 R = 2.58 \times 10^{-4} C/kg$$

2.4 ΑΠΟΡΡΟΦΗΜΕΝΗ ΔΟΣΗ

- RAD(Απορροφημένη δόση ραδιενέργειας)

Η μονάδα που χρησιμοποιούταν μέχρι πρόσφατα (και είναι ακόμα η ευρύτερα διαδεδομένη) για την μέτρηση της ποσότητας που ονομάζεται απορροφημένη δόση είναι το rad. Η απορροφημένη δόση σχετίζεται με την ενέργεια που απορροφάται από κάποια υλικά και χρησιμοποιείται για κάθε είδους ακτινοβολία και υλικό. Ένα rad ορίζεται ως η απορρόφηση ενέργειας 100ergs ($1 \text{ erg} = 10^{-7} \text{ joule}$) ανά γραμμάριο σε ένα υλικό. Το rad μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κάθε είδους ακτινοβολία αλλά δεν περιγράφει τις βιολογικές επιδράσεις των διαφορετικών ακτινοβολιών

$$\text{rad} = 100 \text{ ergs/g}$$

- Gray(Gy)

Η νέα μονάδα του SI για τη μέτρηση της απορροφημένης δόσης ακτινοβολίας είναι το gray(Gy). Το gray αναφέρεται στο ποσό της ενέργειας που πραγματικά απορροφάται από κάποιο υλικό και χρησιμοποιείται για κάθε ακτινοβολία και για κάθε υλικό. Ένα Gray ισούται με ένα joule ενέργειας αποθηκευμένο σε ένα κιλό ενός υλικού. Όπως και το rad, έτσι και το gray δεν περιγράφει τις βιολογικές επιπτώσεις των διαφορετικών ακτινοβολιών.

$$1 \text{ Gy} = \frac{1 \text{ J}}{\text{kg}} = \frac{10^7 \text{ erg}}{10^3 \text{ g}} = 10^4 \frac{\text{erg}}{\text{g}} = 100 \text{ rad}$$

Μπορούμε να υπολογίσουμε την απορροφημένη δόση στον αέρα, με την παρακάτω σχέση που συνδέει τα Roentgen με τα Gray:
Η έκθεση σε 1R δίνει σε μία δόση αέρα $8.8 \cdot 10^{-3} \text{ Gy}$

2.5 ΓΡΑΜΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑ (LET)

Η γραμμική ενεργειακή μεταφορά είναι η ενέργεια που μεταφέρεται στο μέσο, ανά μονάδα μήκους της διαδρομής ιονισμού. Η LET μετριέται σε μονάδες keV/μm. Ο ορισμός που δόθηκε το 1962 για την LET είναι ο παρακάτω "Γραμμική ενεργειακή μεταφορά (Λ) των φορτισμένων μορίων σε ένα μέσο είναι το πηλίκιο dE/dl , όπου το dE είναι η μέση ενέργεια που μεταδίδεται τοπικά στο μέσο από ένα φορτισμένο μόριο της συγκεκριμένης ενέργειας που διαβαίνει μια απόσταση dl ."

$$L=dE/dl$$

Οι περιπλοκές προκύπτουν όταν η έκθεση σε ακτινοβολία περιλαμβάνει μόρια με ένα ευρύ φάσμα των ενεργειών. Κατά συνέπεια LET προκύπτει σαν η μέση τιμή των ενεργειών της κάθε ακτινοβολίας. Στο μικροσκοπικό επίπεδο, η ενέργεια που αποθηκεύεται ανά μονάδα μήκους της διαδρομής ποικίλλει πάρα πολύ. Η LET μπορεί να υπολογιστεί με αρκετούς τρόπους, οι σημαντικότεροι από τους οποίους παρατίθενται παρακάτω:

- LET -Μέσος όρος διαδρομής: υπολογίζεται με τη διαίρεση της διαδρομής σε ίσα μήκη, τον υπολογισμό της ενέργειας που αποθηκεύεται σε κάθε μήκος της διαδρομής, και την εύρεση του μέσου όρου.
- LET -Μέσος όρος ενέργειας: υπολογίζεται με τη διαίρεση της διαδρομής σε ίσα ενεργειακά κομμάτια, τον υπολογισμό της διαδρομής που αντιστοιχεί σε κάθε ενεργειακό κομμάτι, και την εύρεση του μέσου όρου.

Derived quantity	SI derived unit			
	Special name	Special symbol	Expression in terms of other SI units	Expression in terms of SI base units
activity (of a radionuclide)	becquerel	Bq		s ⁻¹
absorbed dose specific energy (imparted), kerma, cema	gray	Gy	J/kg	m ² ·s ⁻²
dose equivalent, ambient dose equivalent, directional dose equivalent, personal dose equivalent	sievert	Sv	J/kg	m ² ·s ⁻²

Πίνακας 2.1

2.6 ΙΣΟΔΥΝΑΜΗ ΔΟΣΗ

REM (Roentgen Equivalent Man)

Η μονάδα που χρησιμοποιούνταν παλαιότερα για την έκφραση της ισοδύναμης δόσης ακτινοβολίας είναι το rem . Αυτή η μονάδα συσχετίζει την απορροφημένη δόση σε έναν ανθρώπινο ιστό με τη βιολογική επίδραση της ακτινοβολίας. Η ιοντιζουσα ακτινοβολία δεν έχει πότε τις ίδιες βιολογικές επιδράσεις, ακόμα και για την ίδια δόση ιοντιζουσας ακτινοβολίας. Η ισοδύναμη δόση μετράται συνηθέστερα σε υποδιαίρέσεις του rem, τα mrem. Για να προσδιορίσουμε την ισοδύναμη δόση, η απορροφημένη δόση πολλαπλασιάζεται με έναν συντελεστή ποιότητας Q που είναι μοναδικός για το κάθε συμβάν.

$$H=Q \cdot D$$

H: Ισοδύναμη δόση

Q: Αδιάστατος συντελεστής ποιότητας, που εξαρτάται από την LET
Sievert (Sv)

Η καινούρια μονάδα του SI για την ισοδύναμη δόση είναι το Sievert (Sv). Αυτή η μονάδα συσχετίζει την απορροφημένη δόση σε έναν ανθρώπινο ιστό με τη βιολογική επίδραση της ακτινοβολίας. Η ισοδύναμη δόση μετράται συνηθέστερα σε υποδιαίρέσεις του

Sievert , τα mSv και τα μ Sv. Για να προσδιορίσουμε την ισοδύναμη δόση (Sv), η απορροφημένη δόση (Gy) πολλαπλασιάζεται με έναν συντελεστή ποιότητας Q που είναι μοναδικός για το κάθε συμβάν. Το ένα Sievert ισοδυναμεί με 100 rem. Οι διεθνείς επιτροπές έχουν προτείνει διάφορες τιμές για τον συντελεστή ποιότητας αν και αρκετές φορές οι τιμές αυτές δεν συμπίπτουν μεταξύ τους. Υπάρχουν τύποι υπολογισμού του συντελεστή ποιότητας Q που το συσχετίζουν με το LET. (για μικρές τιμές του LET Q=1, για θερμικά νετρόνια Q=5, για υψηλές τιμές του LET Q=20)

Αποτελεσματική ισοδύναμη δόση

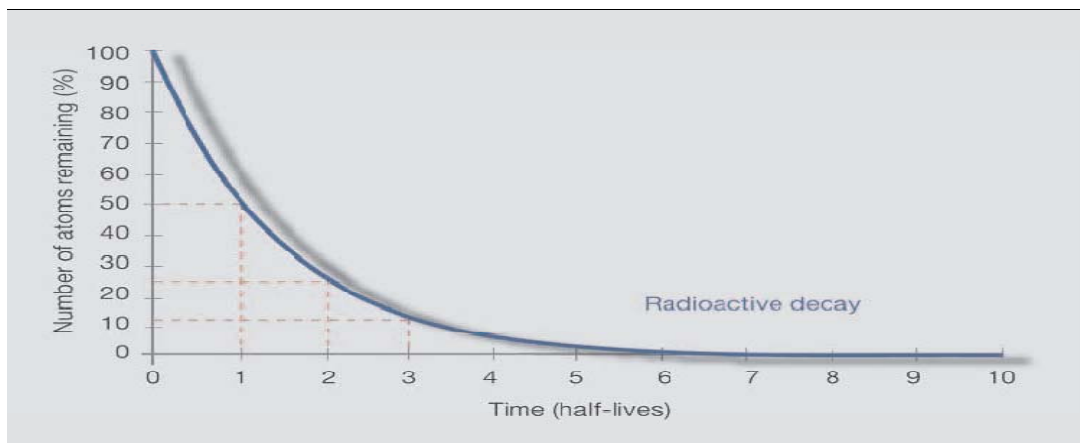
Όταν το σώμα επιβαρύνεται ομοιόμορφα με ακτινοβολία, η πιθανότητα να εμφανιστεί καρκίνος ή γενετική ανωμαλία θεωρείται ότι είναι ανάλογος με την ισοδύναμη δόση και ότι ο κίνδυνος μπορεί να αναπαρασταθεί με μία τιμή. Στην πραγματικότητα, οι ομοιόμορφες εκθέσεις του ανθρώπινου σώματος σε ακτινοβολία είναι πολύ σπάνιες, ιδιαίτερα εάν η ακτινοβολία προέρχεται από κάποιο ραδιονουκλεόνιο αποθηκευμένο στο σώμα μας. Για να αντιμετωπιστεί αυτή η ανομοιομορφία η ICRP(International Committee on Radiation Protection) εισήγαγε την έννοια της αποτελεσματικής ισοδύναμης δόσης.

Η αποτελεσματική ισοδύναμη δόση προκύπτει από τον άθροισμα των ζυγισμένων ισοδύναμων δόσεων όλων των ιστών που εκτέθηκαν σε ισοδύναμη ακτινοβολία, όπου το βάρος κάθε δόσης αντιστοιχεί στη διαφορετική πιθανότητα εμφάνισης θανάσιμης μορφής καρκίνου και κληρονομικών επιδράσεων στις επόμενες δύο γενιές που έχει ο κάθε ιστός.

2.7 ΧΡΟΝΟΣ ΗΜΙΖΩΗΣ

Ο χρόνος που χρειάζεται η ενέργεια ενός ραδιενεργού στοιχείου για να πέσει στο μισό της αρχικής της τιμής ονομάζεται ημιζωή και συμβολίζεται $t_{1/2}$. Εναλλακτικά, ως ημιζωή ορίζεται ο χρόνος που χρειάζεται ο πυρήνας ενός δείγματος για να αποσυντεθεί. Κάθε ραδιενεργό στοιχείο έχει μοναδικό χρόνο ημιζωής, ο οποίος μπορεί να ποικίλει από μερικά δευτερόλεπτα μέχρι δισεκατομμύρια χρόνια. Παραδείγματος χάριν για το ιώδιο-131 είναι 8 ημέρες, για το καίσιο-137 είναι 30 χρόνια, για τον άνθρακα-14 είναι 5730

χρόνια, για το πλουτόνιο-239 είναι 24000 χρόνια και για το ουράνιο-238 είναι 4470 εκατομμύρια χρόνια.



Γράφημα 2.2

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Πηγές εκπομπής ιοντίζουσας ακτινοβολίας

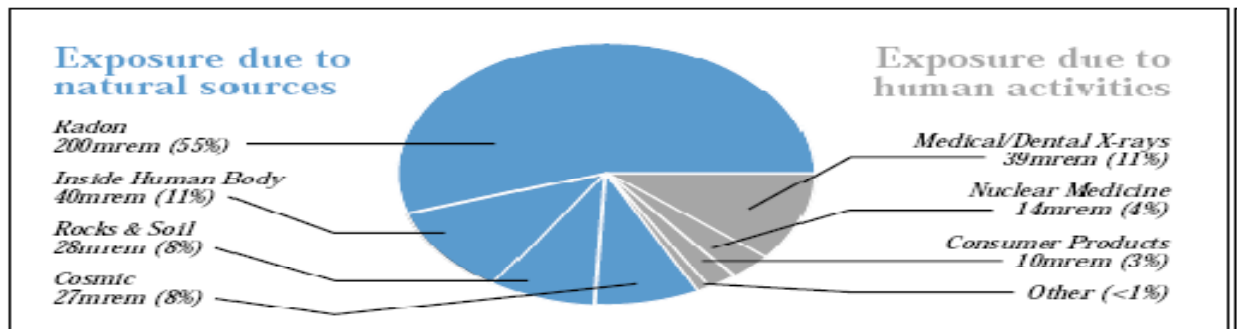
3.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΠΗΓΕΣ ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΑΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Τα φυσικά ραδιενεργά υλικά συναντώνται συχνά στο περιβάλλον και στο ανθρώπινο σώμα. Αυτά τα υλικά εκπέμπουν συνεχώς ιοντίζουσα ακτινοβολία. Επίσης η γη βομβαρδίζεται συνεχώς από κοσμική ακτινοβολία. Η ιοντίζουσα ακτινοβολία από τις προαναφερθείσες αλλά και από παρόμοιες πηγές ονομάζεται ακτινοβολία υποβάθρου(background radiation). Οι δραστηριότητες του ανθρώπου όπως η παραγωγή ακτίνων X για ιατρικούς λόγους, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από πυρηνικούς αντιδραστήρες,

η δοκιμή και η χρήση πυρηνικών όπλων καθώς και η παραγωγή συνηθισμένων προϊόντων όπως είναι οι ανιχνευτές καπνού οι οποίοι περιέχουν ραδιενεργά υλικά επιτείνουν την έκθεση του ανθρώπου στις Ιοντίζουσες ακτινοβολίες.

Source	Dose (mSv)
Natural	
Cosmic	0.4
Gamma rays	0.5
Internal	0.3
Radon	1.2
Artificial	
Medical	0.4
Atmospheric nuclear testing	0.005
Chernobyl	0.002
Nuclear Power	0.0002
Total (rounded) mSv	2.8

Το ποσοστό συνεισφοράς κάθε κύριας πηγής ιοντίζουσας ακτινοβολίας, στη μέση ετήσια έκθεση σε ιοντίζουσα ακτινοβολία φαίνεται στο σχήμα 3. Το 82% προέρχεται από φυσικές πηγές, ενώ το υπόλοιπο 18% προέρχεται από τη βιομηχανία, την ιατρική και γενικά από ανθρώπινη δραστηριότητα. Η συνολική ακτινοβολία που δέχεται ετησίως ο άνθρωπος υπολογίζεται περί τα 280 mRem, δηλαδή 2,8 mSv.



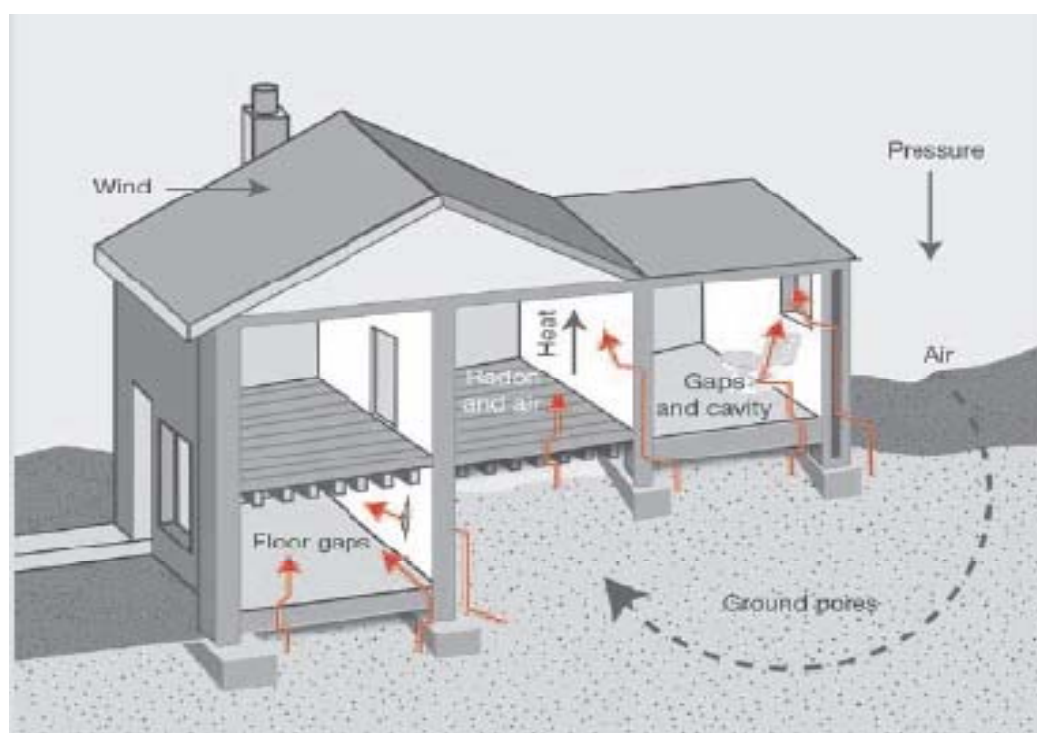
Σχήμα 3.1

3.2 ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

3.2.1 Ραδόνιο

Η κυριότερη φυσική πηγή έκθεσης σε ακτινοβολία για τον άνθρωπο είναι το αέριο ραδόνιο. Αν και το αέριο ραδόνιο υπήρχε ανέκαθεν στο περιβάλλον, η συνειδητοποίηση της συμβολής του στην έκθεση του ανθρώπου στην ακτινοβολία έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια. Η αρχική δίοδος του ραδονίου είναι μέσω του διάκενου χώματος και πέτρας. Η διαφορά της πίεσης μεταξύ του χώματος και του εσωτερικού των σπιτιών, μπορεί να μεταφέρει το αέριο ραδόνιο μέσα στο σπίτι. Ανάλογα με την ένταση της πηγής και άλλες μεταβλητές, μπορεί να συγκεντρωθούν μη αποδεκτές τιμές ραδόνιο μέσα στο σπίτι, όπου οι ένοικοι θα εκτίθενται σε ιοντίζουσα ακτινοβολία που θα προέρχεται από το ραδόνιο αλλά και από τα προϊόντα που προέρχονται από τη διάσπασή του. Η μέση ποσότητα ακτινοβολίας που δέχεται ετησίως ο άνθρωπος από το ραδόνιο υπολογίζεται στα 200mrem το χρόνο.

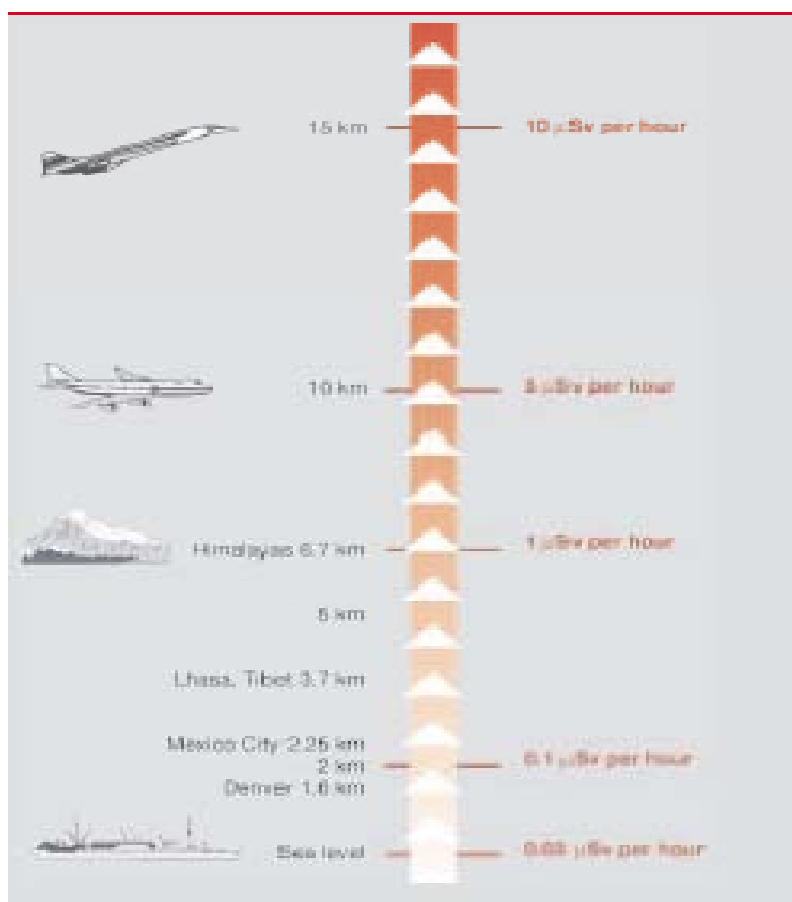
Η συγκέντρωση του ραδονίου μπορεί να ποικίλει ανάλογα με τη σύσταση του εδάφους κάτω από κάθε κτίριο. Χαρακτηριστικά όταν το υπέδαφος είναι πλούσιο σε γρανίτη η συγκέντρωση του ραδονίου αυξάνει, καθώς ο γρανίτης περιέχει ουράνιο που διασπάται σε αέριο ραδόνιο.



Σχήμα 3.2

3.2.2 Κοσμική ακτινοβολία

Οι κοσμικές ακτίνες αποτελούνται κατά κύριο λόγο από πρωτόνια που προέρχονται από το διάστημα, πολύ υψηλών ενεργειών που φτάνουν στην ατμόσφαιρα με σταθερό ρυθμό. Είναι επίσης γνωστό ότι κάποια πρωτόνια με χαμηλότερες ενέργειες προέρχονται από τον ήλιο και εκπέμπονται κατά τη διάρκεια των ηλιακών καταιγίδων. Τα πρωτόνια είναι φορτισμένα σωματίδια, έτσι ο αριθμός των πρωτονίων που εισέρχονται επηρεάζεται από το μαγνητικό πεδίο της γης - τα περισσότερα εισέρχονται κοντά στους πόλους παρά στον ισημερινό - άρα η κοσμική ακτινοβολία αυξάνεται με την αύξηση του γεωγραφικού πλάτους. Καθώς εισέρχονται στην ατμόσφαιρα, οι κοσμική ακτινοβολία πυροδοτούν σύμπλωκες αντιδράσεις και σταδιακά απορροφούνται - κατά συνέπεια η κοσμική ακτινοβολία αυξάνεται καθώς αυξάνεται το ύψος. Η κοσμική ακτινοβολία είναι ένα μίγμα πολλών διαφορετικών ειδών ακτινοβολίας που περιλαμβάνει πρωτόνιο, σωματίδια άλφα, ηλεκτρόνια και διάφορα άλλα υψηλής ενέργειας σωματίδια. Στο επίπεδο της θάλασσας η κοσμική ακτινοβολία αποτελείται κατά κύριο λόγο από μυώνια και ηλεκτρόνια. Η UNSCEAR έχει υπολογίσει ότι η ετήσια αποτελεσματική δόση από κοσμικές ακτίνες ανέρχεται στα 0,4 mSv ετησίως, με αποκλίσεις λόγω ύψους και γεωγραφικού πλάτους.



Σχήμα 3.3

3.2.3 Εσωτερική ακτινοβολία

Η εσωτερική ακτινοβολία προέρχεται από ραδιενεργά υλικά που βρίσκονται στο ανθρώπινο σώμα. Ισότοπα του καλίου και του άνθρακα είναι οι σημαντικότερες πηγές εκπομπής εσωτερικής ακτινοβολίας.

Το κάλιο είναι ένα στοιχείο του οποίου η πρόσληψη είναι απαραίτητη για την ομαλή λειτουργία. Κάλιο-40 (0,01 τοις εκατό του καλίου) είναι φυσικά ραδιενεργό. Επίσης το ανθρώπινο σώμα αποτελείται κατά 23 τοις εκατό, κατά βάρος, από άνθρακα. Η κοσμική ακτινοβολία δημιουργεί τον ραδιενεργό Άνθρακα-14, ο οποίος είναι μία πολύ μικρή ποσότητα του συνολικού άνθρακα. Το κάλιο και ο άνθρακας εισέρχονται στο ανθρώπινο σώμα από την τροφή και η μέση ετήσια ακτινοβολία που δέχεται ο άνθρωπος από εσωτερική ακτινοβολία υπολογίζεται σε 40mrem.

3.3 ΠΗΓΕΣ ΑΠΟ ΙΑΤΡΙΚΑ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ

3.3.1 Ιατρικές Πηγές

Η κυριότερη πηγή εκπομπής ακτινοβολίας στην ιατρική είναι οι διαγνωστικές ακτίνες-Χ (στήθους, άνω και κάτω άκρων, στοματικές). Άλλες πηγές συγκεντρώνονται στην κατηγορία των πυρηνικών φαρμάκων. Σε αυτά περιλαμβάνονται διαγνωστικές διαδικασίες που χρησιμοποιούν ραδιενεργούς ανιχνευτές. (Πολύ μικρή ποσότητα ραδιενεργών υλικών ,που ονομάζονται ανιχνευτές εισέρχονται στο αίμα και η διαδρομή τους στο σώμα παρατηρείται με έναν ανιχνευτή ακτινοβολίας. Τα κύτταρα από τα οποία δεν μπορούν να περάσουν οι ανιχνευτές είναι πιθανό να είναι καρκινικοί όγκοι). Ραδιενεργά φάρμακα χρησιμοποιούνται και για την αντιμετώπιση ασθενειών. Μερικά παραδείγματα είναι ακτινοβολία κοβαλτίου για τη θεραπεία του καρκίνου, ή η έγχυση του ραδιενεργού ιωδίου που συγκεντρώνεται στο θυρεοειδή για τη θεραπεία της ασθένειας του Grave. Η ετήσια δόση για το μέσο άνθρωπο είναι περίπου 53 mrem από ιατρικές πηγές.

3.3.2 Καταναλωτικά προϊόντα

Η ακτινοβολία χρησιμοποιείται για την κατασκευή πολλών βιομηχανικών προϊόντων. Χρησιμοποιείται για να αποστειρώνει προϊόντα όπως καλλυντικά και ιατρικές προμήθειες. Επίσης, χρησιμοποιείται για να καθορίσει το πάχος των υλικών, πόσο γεμάτα είναι τα δοχεία πριν αυτά σφραγιστούν καθώς και την ποιότητα των συγκολλήσεων σε κατασκευές όπως στις γέφυρες και μεταλλικά κτίρια. Αυτή η χρήση της ακτινοβολίας μπορεί να έχει επίπτωση στους εργαζόμενους στη βιομηχανία αλλά δεν καθιστά το καταναλωτικό προϊόν ραδιενεργό.

Ραδιενεργά υλικά χρησιμοποιούνται επίσης σε πολλά καταναλωτικά προϊόντα. Το πιο συνηθισμένο ραδιενεργό καταναλωτικό προϊόν είναι οι ανιχνευτές καπνού, στους οποίους χρησιμοποιείται το ραδιενεργό Αμερίκιο-241 για την ανίχνευση καπνού στον αέρα.

Ορισμένα καταναλωτικά προϊόντα περιέχουν από τη φύση τους ραδιενεργά υλικά, τα κυριότερα από τα οποία είναι: προϊόντα καπνού, φυσικό αέριο, λιπάσματα φωσφορικού άλατος, μερικά δομικά υλικά τούβλου ή πετρών, μανδύες αερίου, μερικά φωτεινά σημάδια, και ορισμένη κεραμική.

Η ετήσια δόση ακτινοβολίας από καταναλωτικά προϊόντα ποικίλει από άτομο σε άτομο ανάλογα με το χώρο εργασίας, με τη συνήθεια

του καπνίσματος, και τον τρόπο ζωής του κάθε ανθρώπου. Η ετήσια δόση για το μέσο άνθρωπο ανέρχεται σε 10 mgem το χρόνο για καταναλωτικά προϊόντα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Βιολογικές επιδράσεις από ιοντίζουσα ακτινοβολία

4.1 ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΚΘΕΣΗ ΣΕ ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Η μεγαλύτερη ανησυχία για την ιοντίζουσα ακτινοβολία πηγάζει από την πιθανότητα να προκαλεί κακοήθεις ασθένειες στους ανθρώπους που εκτίθενται σε αυτή, καθώς και την κληρονόμησή τους στους απογόνους τους. Η πιθανότητα εμφάνισης τέτοιων ασθενειών εξαρτάται από το ποσό της ακτινοβολίας που δέχεται ο κάθε άνθρωπος καθώς και από την πηγή της ακτινοβολίας (φυσική ή τεχνητή). Καθώς οι επιδράσεις της ιοντίζουσας ακτινοβολίας έχουν ερευνηθεί ενδελεχώς τις τελευταίες δεκαετίες, έχουν αναπτυχθεί συστήματα για την προστασία των ανθρώπων από την έκθεσή τους σε ιοντίζουσα ακτινοβολία.

Η ιοντίζουσα ακτινοβολία, εκτός των άλλων, ευθύνεται και για την εμφάνιση κάποιων μορφών καρκίνου. Οι αισθήσεις μας δεν μπορούν να ανιχνεύσουν την ακτινοβολία, κάνοντας αυτόν τον αόρατο κίνδυνο ακόμα πιο τρομακτικό. Η συσσωρευμένη αυτή ανησυχία εντείνεται ακόμα περισσότερο από τις αναμνήσεις των πυρηνικών ατυχημάτων (ιδιαίτερα του Chernobyl και με την τάση να συγχέουμε την ιοντίζουσα ακτινοβολία με τα πυρηνικά και συγκεκριμένα με τις πυρηνικές βόμβες.

4.2 ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΚΘΕΣΗ ΣΕ ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

Οι δόσεις ακτινοβολίας διαφορετικού μεγέθους, που προσλαμβάνονται με διαφορετικό ρυθμό από διαφορετικά μέρη του ανθρώπινου σώματος, έχουν ποικίλες επιδράσεις στην υγεία του ανθρώπου.

Μια πολύ υψηλή δόση σε όλο το σώμα μπορεί να προκαλέσει θάνατο μέσα σε μερικές εβδομάδες. Για παράδειγμα, μία απορροφημένη δόση της τάξεως των 5 gray ή περισσότερων που λαμβάνεται στιγμιαία μπορεί να αποδειχθεί θανατηφόρα εάν δεν υπάρξει άμεση ιατρική φροντίδα, λόγω της βλάβης που προκαλεί στα κόκαλα και στον οισοφάγο. Για δόσεις σε όλο το σώμα που ξεπερνάνε τα 50 gray ο θάνατος είναι ακαριαίος. Μία πολύ υψηλή δόση ακτινοβολίας, που περιορίζεται σε μία συγκεκριμένη περιοχή του σώματος μπορεί να μην αποδειχθεί θανατηφόρα, σίγουρα όμως

θα εμφανιστούν άλλα συμπτώματα. Για παράδειγμα μία άμεση δόση 5 gray στον ιστό του δέρματος προκαλεί ερύθημα - επίπονο κοκκίνισμα του δέρματος – σε περίπου μία εβδομάδα, όταν παρόμοια έκθεση στα γενετικά όργανα προκαλεί στειρώση. Αυτοί οι τύποι των επιδράσεων ονομάζονται ντετερμινιστικές επιδράσεις: εμφανίζονται μόνο εάν η δόση ή ο ρυθμός δόσης ακτινοβολίας είναι μεγαλύτερη από μία τιμή κατωφλίου και το φαινόμενο εντείνεται όσο αυξάνεται η δόση ή ο ρυθμός δόσης και είναι εύκολο να εντοπιστεί ότι οφείλονται στην ιοντίζουσα ακτινοβολία.

Ένας τύπος ντετερμινιστικής επίδρασης εμφανίζεται σε μεγάλο χρονικό διάστημα μετά την έκθεση σε ακτινοβολία. Τέτοιες επιδράσεις δεν είναι συνήθως θανατηφόρες, αλλά μπορεί να επηρεάσει τη λειτουργία κάποιων ζωτικών οργάνων ή να προκαλέσει άλλες μη θανάσιμες βλάβες. Τα ποιά γνωστά παραδείγματα είναι ο καταρράκτης και η δερματική βλάβη. Υψηλές απορροφημένες δόσεις αρκετών gray χρειάζονται συνήθως για να προκαλέσουν τέτοιες επιπτώσεις.

Εάν η δόση είναι μικρότερη ή απορροφάται σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα τα σωματικά κύτταρα να επιδιορθωθούν και να μην παρατηρηθούν πρώιμα σημάδια τραυμάτων. Ακόμα και έτσι, υπάρχει αρκετά μεγάλη πιθανότητα τα κύτταρα να έχουν υποστεί μη ανιχνεύσιμη βλάβη και οι συνέπειες αυτές να γίνουν ορατές είτε στη συνέχεια της ζωής των ίδιων των ατόμων, είτε στους απογόνους τους. Αυτού του τύπου οι επιδράσεις καλούνται στοχαστικές επιδράσεις: δεν είναι δεδομένο ότι θα συμβούν, αλλά η πιθανότητα να συμβούν αυξάνεται όσο αυξάνεται η ένταση της δόσης, ενώ ο χρόνος και η σοβαρότητα με την οποία εμφανίζονται δεν εξαρτάται από τη δόση. Επειδή η ιοντίζουσα ακτινοβολία δεν είναι η μόνη γνωστή αιτία εμφάνισης αυτών των επιδράσεων, είναι κατά συνέπεια απίθανο να μπορέσουμε να τις συσχετίσουμε με την ιοντίζουσα ακτινοβολία.

4.3 ΓΕΝΕΤΙΚΑ ΚΑΙ ΕΝΔΟΜΗΤΡΙΑ ΣΥΜΠΤΩΜΑΤΑ

Τα γενετικά αποτελέσματα αναφέρονται στη βιολογική επίδραση της ακτινοβολίας σε έναν απόγονο ως αποτέλεσμα της τροποποίησης του γενετικού υλικού σε έναν γονέα. Οι γενετικές αλλαγές έχουν παρατηρηθεί σε φυτά και σε ζώα μετά από τις πολύ υψηλές δόσεις. Οι ακόλουθες μελέτες του πληθυσμού των επιζώντων ατομικών βομβών της Χιροσίμα και του Ναγκαασάκι δεν έχουν δει τα σημαντικά στατιστικά αποτελέσματα, όπως οι θνησιγένειες, οι δυσμορφίες, το βάρος γέννησης, η θνησιμότητα νηπίων, η λευχαιμία, τα ποσοστά μεταλλαγής, ή οι κυτταρογενετικές αναλύσεις.

4.4 ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΑΠΟ ΜΙΚΡΕΣ ΔΟΣΕΙΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Η ιοντίζουσα ακτινοβολία έχει επαρκή ενέργεια για να ιοντίσει τα γειτονικά άτομα. Η διαδικασία του ιοντισμού μπορεί να οδηγήσει σε βιολογικό κίνδυνο όταν το DNA επηρεάζεται. Όταν κάποιο κομμάτι του DNA καταστραφεί είτε επισκευάζεται μόνο του, είτε καταστρέφεται όλο το κύτταρο, είτε οδηγούμαστε σε μετάλλαξη του κυττάρου. Για χαμηλές δόσεις ακτινοβολίας το σύνηθες αποτέλεσμα είναι η επισκευή του κυττάρου. Οι μεταλλάξεις είναι πιθανόν να οδηγήσουν στην εμφάνιση καρκίνου. Ο καρκίνος που προκαλείται από την ιοντίζουσα ακτινοβολία δε διαφέρει σε τίποτα από τις άλλες αιτίες καρκινογένεσης. Μία παράμετρος της καταστροφής του DNA είναι το σπάσιμο των μονών δεσμών του μορίου του DNA. Σε κάθε κύτταρο κάθε μέρα σπάνε περίπου 150000 δεσμοί από χημικές και φυσικές διεργασίες, που σχετίζονται κυρίως με το οξυγόνο και με θερμικά φαινόμενα. Ένα rem ακτινοβολίας θα προκαλούσε 20 σπασίματα δεσμών – ένα ασήμαντο ποσό.

Η ακτινοβολία σε υψηλές δόσεις είναι γνωστό ότι αυξάνει την πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου. Σε μικρές δόσεις ακτινοβολίας υπάρχουν αντικρουόμενες απόψεις για την πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου. Η διαμάχη εντοπίζεται στο γεγονός ότι η εμφάνιση καρκίνου σε πληθυσμό που δεν εκτίθεται σε ακτινοβολία είναι συντριπτικά μεγαλύτερη σε σχέση με τη πιθανή συμβολή της ιοντίζουσας ακτινοβολίας στην εμφάνιση καρκίνου. Για παράδειγμα σε έναν πληθυσμό 10000 ανθρώπων, περίπου το 20%, δηλαδή 2000 θα πεθάνουν από καρκίνο. Εάν αυτός ο πληθυσμός είχε εκτεθεί σε ακτινοβολία 1rem, από 4 έως 8 θάνατοι από καρκίνο θα οφείλονταν στην ιοντίζουσα ακτινοβολία. Η απόκλιση είναι τόσο μεγάλη που μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι η ιοντίζουσα ακτινοβολία σε μικρές δόσεις δεν επηρεάζει σημαντικά την πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου.

Οι οργανισμοί που ρυθμίζουν την ιοντίζουσα ακτινοβολία υποθέτουν ότι οι μεγάλες δόσεις ακτινοβολίας μπορούν να προκαλέσουν αναλογικά μεγαλύτερη βλάβη σε σχέση με τις μικρές δόσεις. Αυτό το μοντέλο ονομάζεται γραμμικό, χωρίς κατώτατο όριο (LNT –linear non-threshold) γιατί υποθέτει ότι ο κίνδυνος εμφάνισης καρκίνου είναι ευθέως ανάλογος με το μέγεθος της δόσης της ακτινοβολίας και το σημείο που παύει να υπάρχει

βιολογικός κίνδυνος είναι τα 0 rem. Το μοντέλο LNT εφαρμόζει μια συντηρητική προσέγγιση στην πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου από έκθεση σε ακτινοβολία και απλοποιεί τους υπολογισμούς για τον υπολογισμό του κινδύνου αυτού.

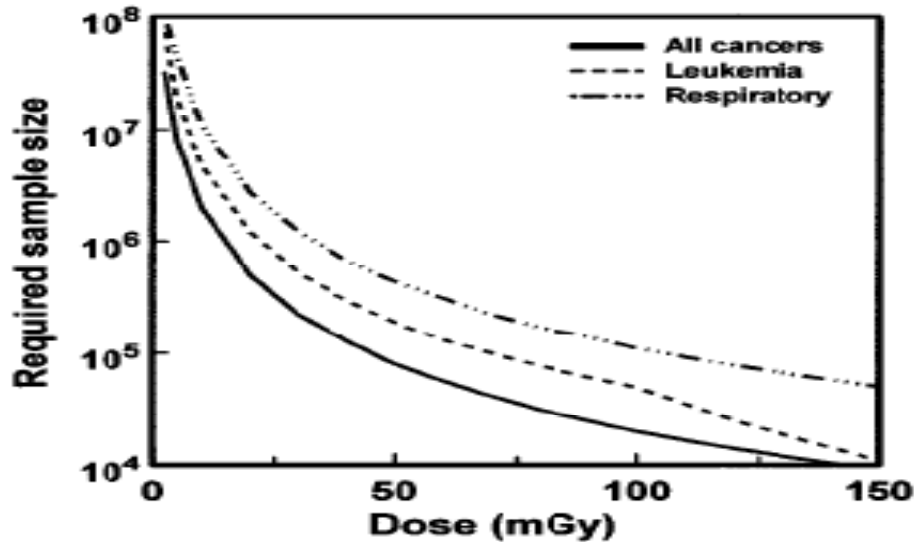
4.5 ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΚΑΡΚΙΝΟΥ ΑΠΟ ΜΙΚΡΕΣ ΔΟΣΕΙΣ ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΑΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Οι μεγάλες δόσεις ιοντίζουσας ακτινοβολίας έχουν επιβλαβείς επιπτώσεις στους ανθρώπους συμπεριλαμβανομένου και του καρκίνου. Στις μικρές δόσεις ακτινοβολίας η κατάσταση δεν είναι τόσο ξεκάθαρη, αν και οι κίνδυνοι που προκύπτουν από αυτές είναι πολύ σημαντικές για την κοινωνία καθώς αφορούν σε μεγάλο αριθμό ανθρώπων. Η ερώτηση που γεννιέται από τη μελέτη των μικρών δόσεων ακτινοβολίας είναι η παρακάτω: ποια είναι η μικρότερη δόση ακτινοβολίας για την οποία υπάρχουν αποδείξεις ότι αυξάνει την πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου στους ανθρώπους. Από τα επιδημιολογικά δεδομένα προκύπτει ότι τα όρια αυτά κυμαίνονται στα 10-50mSv για οξείες δόσεις και στα 50-100mSv για παρατεταμένες δόσεις. Με βάση τις περισσότερες επιστημονικές μελέτες η πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου σε μικρές και μεσαίες δόσεις ερμηνεύεται καλύτερα με βάση το μοντέλο της γραμμικής απεικόνισης.

4.6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΜΙΚΡΩΝ ΔΟΣΕΩΝ ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΑΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

Οι βιολογικές επιδράσεις των μικρών δόσεων ακτινοβολίας ερευνούνται τα τελευταία εκατό χρόνια. Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι για μεγάλες δόσεις ιοντίζουσας ακτινοβολίας, από 100mSv, είτε αφορούν σε οξεία έκθεση είτε σε παρατεταμένη έκθεση, υπάρχει σημαντική πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου. Για τις μικρότερες δόσεις όμως, καθώς οι κίνδυνοι από την έκθεση σε αυτές είναι μικρότεροι, πρέπει να γίνουν μεγάλες επιδημιολογικές μελέτες για να αποδώσουμε ποσοτικά την πιθανότητα εμφάνισης κάποιου συμπτώματος. Για παράδειγμα αν θεωρήσουμε ότι η πιθανότητα εμφάνισης κινδύνου είναι ανάλογη της δόσης ακτινοβολίας, και αν ένα δείγμα 500 ανθρώπων χρειάζεται για την ποσοτικοποίηση των κινδύνων από δόσεις της τάξης των 1000mSv, τότε 50000 θα χρειάζονται για δόσεις της τάξης των 100mSv και 5 εκατομμύρια για δόσεις της τάξης των 10mSv. Παρατηρούμε ότι για να

διατηρήσουμε την ακρίβεια στα συμπεράσματά μας για τις μικρότερες δόσεις της ακτινοβολίας, θα πρέπει να έχουμε διαθέσιμο ένα πολύ μεγάλο δείγμα ανθρώπων, γεγονός που πρακτικά είναι αδύνατο.



Γράφημα 4.1

Ένα πιο συγκεκριμένο παράδειγμα εμφανίζεται στο σχήμα **X**. Σε αυτό παρουσιάζονται με βάση τις πιο πρόσφατες εκτιμήσεις για τους κινδύνους από τις μικρές δόσεις ακτινοβολίας, το μέγεθος του εκτιθέμενου πληθυσμού που θα πρέπει να παρακολουθείται σε όλη του τη ζωή για να εκτιμηθεί η πιθανότητα αύξησης της θνησιμότητας από καρκίνο. Όπως παρατηρούμε για μικρές δόσεις ακτινοβολίας το δείγμα των ανθρώπων που θα πρέπει να παρακολουθείται για να έχουμε ακριβή αποτελέσματα είναι εξαιρετικά μεγάλο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

**Κανονισμοί προστασίας για εργαζόμενους σε περιβάλλοντα με
ιοντίζουσα ακτινοβολία**

5.1 ΣΥΣΤΗΜΑ ΡΑΔΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Οι προσεγγίσεις για την προστασία από την ιοντίζουσα ακτινοβολία είναι αξιοσημείωτα συνεπείς σε όλο τον κόσμο. Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο σε ένα καλά καθορισμένο και διεθνώς αναγνωρισμένο πλαίσιο λειτουργίας.

Η Επιτροπή των Ηνωμένων Εθνών για τις Επιπτώσεις της Ατομικής Ακτινοβολίας (UNSCEAR) σε τακτά χρονικά διαστήματα ανανεώνει τις τεχνητές και τις φυσικές πηγές ακτινοβολίας στις οποίες εκτίθενται οι άνθρωποι και τους κινδύνους που προκύπτουν από την έκθεση σε αυτές της πηγές. Οι εκθέσεις αυτές κατατίθενται στο σύνοδο των Ηνωμένων Εθνών.

Η Διεθνής Επιτροπή Ραδιολογικής Προστασίας (ICRP) είναι μία μη κυβερνητική επιστημονική οργάνωση που ιδρύθηκε το 1928, η οποία συχνά εκδίδει προτάσεις για την προστασία από την ιοντίζουσα ακτινοβολία. Η εγκυρότητα του πηγάζει από το επιστημονικό κύρος των μελών του και από την αξία των συστάσεών τους.

Η Διεθνής Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΙΑΕΑ) έχει τη νομική υπόσταση για να θέτει πρότυπα ασφαλείας, όπου αυτά χρειάζονται σε συνεργασία με σχετικούς διεθνείς οργανισμούς. Για να είναι αποδοτικό το έργο της επιτροπής, υπάρχει στενή συνεργασία με την UNSCEAR και την ICRP. Έχει επίσης την αρμοδιότητα να παρέχει τα πρότυπα αυτά κατά απαίτηση των κρατών και να εφοδιάζει τα κράτη αυτά με την κατάλληλη τεχνογνωσία.

5.1.1 Διεθνή Βασικά Πρότυπα Προστασίας

Τα Διεθνή Βασικά Πρότυπα Προστασίας (BSS), που εκδόθηκαν το 1996, βασίζονται κατά κύριο λόγο στο σύστημα προστασίας από την ιοντίζουσα ακτινοβολία του ICRP. Αυτά τα πρότυπα περιλαμβάνουν λεπτομερείς απαιτήσεις για εργασιακές και ιατρικές εκθέσεις και καθορίζουν τα όρια των δόσεων και τις εξαιρέσεις. Επίσης καθορίζει τις απαιτήσεις για τη διασφάλιση της

ασφάλειας των ραδιενεργών πηγών και την αντιμετώπιση πυρηνικών κινδύνων. Οι οδηγοί ασφάλειας της ΙΑΕΑ δίνουν πιο λεπτομερή καθοδήγηση για το πώς πρέπει να εφαρμόζονται οι απαιτήσεις των BSS σε συγκεκριμένες περιπτώσεις. Οι περισσότερες χώρες εφαρμόζουν τα δικά τους πρότυπα και έχουν τη δική τους νομοθεσία και νομικά πλαίσια.

5.1.2 Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας

Η Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ) είναι ο αρμόδιος εθνικός φορέας για θέματα ακτινοπροστασίας και πυρηνικής ασφάλειας στη χώρα. Κύριο μέλημά της είναι η προστασία του πληθυσμού, των εργαζομένων και του περιβάλλοντος από τις ιοντίζουσες και τις τεχνητά παραγόμενες μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες. Η ΕΕΑΕ ιδρύθηκε το 1954 και με νομοθετική ρύθμιση ανασυστάθηκε το 1987, ως αποκεντρωμένη Δημόσια Υπηρεσία, εποπτευόμενη από τη Γενική Γραμματεία Έρευνας & Τεχνολογίας και υπαγόμενη στο Υπουργείο Ανάπτυξης.

5.1.3 Νομοθεσία για την προστασία των εργαζομένων από ιοντίζουσα ακτινοβολία

Η νομοθεσία για την προστασία του ανθρώπου από την ιοντίζουσα ακτινοβολία είναι αρκετά εκτενής τόσο σε κοινοτικό όσο και σε εθνικό επίπεδο. Η ελληνική νομοθεσία συνοψίζεται στους κανονισμούς ακτινοπροστασίας κυριότερος σκοπός των οποίων είναι η προστασία των ανθρώπων, των αγαθών και του περιβάλλοντος από τις επιβλαβείς επιδράσεις ιονίζουσών ακτινοβολιών που προέρχονται από τις ειρηνικές χρήσεις τους. Στο παρών κεφάλαιο παρουσιάζονται συνοπτικά τα κυριότερα σημεία των κανονισμών ακτινοπροστασίας.

5.1.4 Όρια ασφαλείας

Καθώς είμαστε μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, έχουμε υιοθετήσει τα όρια ασφαλείας που έχουν προταθεί από την Euroatom και στην ελληνική νομοθεσίας. Αρχικά θεσπίζονται δύο κατηγορίες εργαζομένων, η Κατηγορία Β για εργαζόμενους μέχρι 2000 ώρες έκθεσης το χρόνο και η κατηγορία Α για εργαζόμενους μέχρι 3600

ώρες έκθεσης το χρόνο. Τα όρια έκθεσης για την κάθε κατηγορία συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα :

ΟΡΙΑ ΔΟΣΗΣ ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΑΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΕΕ/ΕΛΛΑΔΑΣ		
	Κατηγορία Α	Κατηγορία Β
p.a.	20 mSv	6 mSv
p.h.	10 μ Sv	3 μ Sv

5.2 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΓΙΑ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΥΣ ΣΕ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΜΕ ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

5.2.1 Εισαγωγή

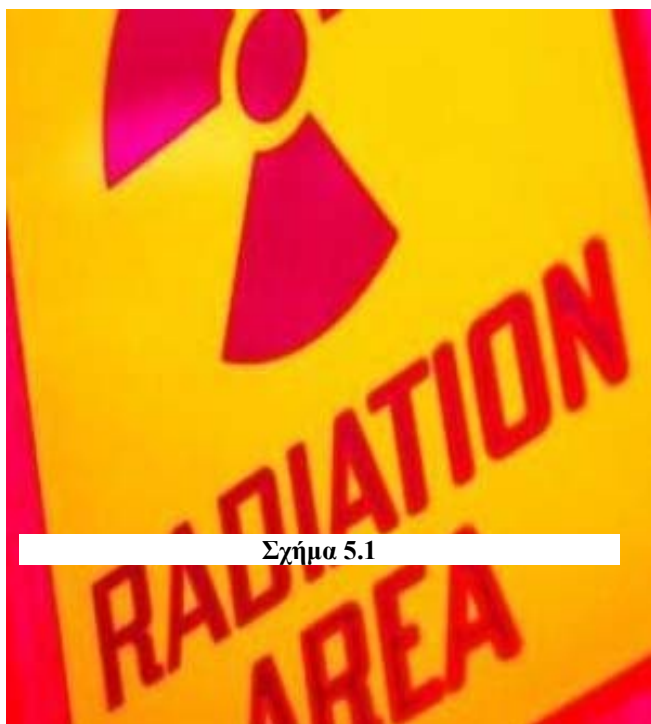
Οι κανονισμοί για την ιοντίζουσα ακτινοβολία έχουν εφαρμογή σε ένα ευρύ εργασιακό πεδίο που σχετίζεται με τεχνητές ραδιενεργές πηγές και ηλεκτρολογικό εξοπλισμό που εκπέμπει ιοντίζουσα ακτινοβολία. Επίσης βρίσκουν εφαρμογή σε εργασιακά περιβάλλοντα με φυσική εκπομπή ακτινοβολίας, όπως εργασία σε χώρους με υψηλές συγκεντρώσεις αερίου ραδόνιου. Κάθε εργοδότης που προσφέρει εργασία στην οποία οι εργαζόμενοι εκτίθενται σε Ιοντίζουσες ακτινοβολίες, πρέπει να διασφαλίσει ότι τα καθορισμένα όρια δόσης δεν υπερβαίνονται καθώς και ότι οι εργαζόμενοι εκτίθενται στη λιγότερη δυνατή ακτινοβολία στα πλαίσια της ομαλής λειτουργίας της επιχείρησης.

Το σύστημα ελέγχου που θεσπίζεται από τους παραπάνω κανονισμούς απαιτεί από τους εργοδότες να υποδεικνύουν τους εργαζομένους σαν "Καταχωρημένα Άτομα" εάν η έκθεσή τους είναι πιθανόν να ξεπεράσει τα τρία δέκατα (3/10) οποιοδήποτε ορίου έκθεσης ακτινοβολίας. Κάθε σημαντική δόση ακτινοβολίας που λαμβάνουν αυτά τα άτομα θα πρέπει να εντοπίζεται και να μετράται από πιστοποιημένους οργανισμούς μέτρησης.

5.2.2 Αρμόδια Αρχή

Η Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ) είναι η αρμόδια αρχή για θέματα ακτινοπροστασίας από τους κινδύνους που προκύπτουν από τις Ιοντίζουσες και μη-Ιοντίζουσες ακτινοβολίες. Στο πλαίσιο των αρμοδιοτήτων της μεριμνά για την εφαρμογή των παρόντων Κανονισμών και εισηγείται πρόσθετα

μέτρα, οποτεδήποτε κρίνει σκόπιμο, προκειμένου να υλοποιείται ο αντικειμενικός σκοπός των Κανονισμών και να εξασφαλίζεται ο περιορισμός των ατομικών και συλλογικών δόσεων, που προκύπτουν ή μπορεί να προκύψουν από εκθέσεις που είναι δυνατόν να ελεγχθούν.



Σχήμα 5.1

5.3 ΟΡΙΑ ΔΟΣΕΩΝ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΑ ΕΚΤΙΘΕΜΕΝΩΝ

(α) Εργαζόμενοι κάτω των 18 ετών δεν πρέπει να απασχολούνται σε θέση εργασίας στην οποία θα καθίστανται επαγγελματικά εκτιθέμενοι σε ακτινοβολίες.

(β) Μητέρες που γαλουχούν δεν πρέπει να απασχολούνται σε εργασίες που συνεπάγονται σημαντικό κίνδυνο ραδιενεργού ρύπανσης.

5.3.1 Ολόσωμη έκθεση

Το όριο της ενεργού δόσεως των επαγγελματικά εκτιθεμένων είναι 20 mSv κατά τη διάρκεια ενός έτους και 100 mSv κατά την περίοδο πέντε συνεχόμενων ετών.

Είναι δυνατόν σε εξαιρετικές περιπτώσεις η ενεργός δόση κατά τη διάρκεια ενός μεμονωμένου έτους να φθάσει τα 50 mSv, με την προϋπόθεση ότι τα πέντε προηγούμενα συνεχόμενα έτη, συμπεριλαμβανομένου και του τρέχοντος, η ενεργός δόση δεν έχει

υπερβεί τα 100 mSv. Η περίοδος των 5 συνεχόμενων ετών αρχίζει να προσμετράται από το έτος 2000.

Μόλις δηλώνεται εγκυμοσύνη από την εργαζόμενη έγκυο γυναίκα, πρέπει να λαμβάνονται μέτρα ώστε η έκθεση της γυναίκας στο επαγγελματικό περιβάλλον να είναι τόση ώστε η προς το έμβρυο ισοδύναμη δόση που αθροίζεται κατά το χρονικό διάστημα μεταξύ της δήλωσης της εγκυμοσύνης και του τοκετού να είναι τόσο χαμηλή όσο είναι λογικά εφικτό και να μην υπερβαίνει σε οποιαδήποτε περίπτωση το 1mSv.

5.3.2 Έκθεση οφθαλμών

Χωρίς να παραβιάζεται το όριο που καθορίζεται στην παράγραφο 1.2.1 το όριο της ισοδύναμης δόσης για το φακό των οφθαλμών καθορίζεται σε 150 mSv ανά έτος. Το όριο της ισοδύναμης δόσης για το δέρμα καθορίζεται σε 500 mSv κατά τη διάρκεια ενός έτους. Το όριο αυτό ισχύει για την κατά μέσο όρο δόση στην επιφάνεια 1cm² του δέρματος, ανεξαρτήτως της έκτασης της επιφάνειας του δέρματος που εκτίθεται. Το όριο ισοδύναμης δόσης για τις άκρες χείρες, τα αντιβράχια, το κάτω μέρος της κνήμης και τους άκρους πόδες, καθορίζεται σε 500 mSv κατά τη διάρκεια του έτους.

5.3.3 Εκθέσεις με Ειδική Έγκριση

Μόνο εθελοντές εργαζόμενοι της κατηγορίας Α, επιτρέπεται να υποβληθούν σε εκθέσεις με ειδική έγκριση. Κάθε έκθεση με ειδική έγκριση πρέπει να αποτελεί αντικείμενο ειδικής έγκρισης, που χορηγείται από τον υπεύθυνο του εργαστηρίου ή ιδρύματος ή επιχείρησης, μετά σύμφωνη γνώμη του Υπεύθυνου Ακτινοπροστασίας και του εξουσιοδοτημένου ιατρού. Η Δ/ση του ιδρύματος, η επιχείρηση ή ο υπεύθυνος του εργαστηρίου θα πρέπει να δικαιολογήσει λεπτομερώς εκ των προτέρων κάθε έκθεση με ειδική έγκριση. Τέτοιου είδους εγκρίσεις θα πρέπει να δίνονται μόνο σε εξαιρετικές περιπτώσεις, για περιορισμένο χρονικό διάστημα, κατά την κανονική λειτουργία, σε μία ορισμένη περιοχή, όταν εναλλακτικές τεχνικές που δεν περικλείουν τέτοια έκθεση δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ηλικία και η υγεία των εν λόγω εργαζομένων.

Τα περιοριστικά επίπεδα δόσεων ή δεσμευμένων δόσεων κατά τη διάρκεια εκθέσεων με ειδική έγκριση καθορίζονται από την ΕΕΑΕ (Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας) και δεν πρέπει κατά τη διάρκεια κάθε έτους να υπερβαίνουν το διπλάσιο των ετησίων ορίων

δόσεων και το πενταπλάσιο των ετήσιων ορίων δόσεων κατά τη διάρκεια της ζωής.

Οι εκθέσεις με ειδική έγκριση δεν επιτρέπονται:

- i. Σε εργαζόμενους που έχουν εκτεθεί κατά τους 12 προηγούμενους μήνες σε δόσεις που υπερβαίνουν τα ετήσια όρια δόσης
- ii. Σε εργαζόμενους που έχουν εκτεθεί προηγουμένως σε δόσεις οφειλόμενες σε ατύχημα ή σε έκτακτη ανάγκη, που τα άθροισμά τους υπερβαίνει το πενταπλάσιο των ετησίων ορίων δόσεων,
- iii. Σε γυναίκες έγκυες καθώς και γαλουχούσες για τις οποίες υπάρχει πιθανότητα να υποστούν ραδιορύπανση στο σώμα τους.
- iv. Σε εκπαιδευόμενους και σπουδαστές.

Η υπέρβαση των ορίων δόσεων που λόγω μιας έκθεσης με ειδική έγκριση δεν αποτελεί αυτή καθαυτή λόγο αποκλεισμού του εργαζομένου από τις συνηθισμένες ενασχολήσεις του ή λόγο για μετακίνησή του σε άλλη θέση εργασίας χωρίς της συναίνεσή του.

Για τις μεταγενέστερες συνθήκες έκθεσης πρέπει να αποφαινεται ο εξουσιοδοτημένος ιατρός και ο υπεύθυνος ακτινοπροστασίας.

Κάθε έκθεση με ειδική έγκριση πρέπει να καταχωρείται στον ιατρικό φάκελο του ασθενούς, όπου θα αναφέρεται επίσης η εκτιμώμενη δόση και η προσληφθείσα από τον οργανισμό ραδιενέργεια. Επίσης ενημερώνεται και η ΕΕΑΕ όπως προβλέπεται στην παράγραφο 1.6.4.1.β η οποία καταχωρεί τη δόση στο αρχείο δοσιμετρίας.

Ο εργαζόμενος, πριν υποβληθεί σε μία έκθεση με ειδική έγκριση, πρέπει να ενημερώνεται εκ των προτέρων, καταλλήλως και επαρκώς για τους κινδύνους και τις προφυλάξεις που πρέπει να λαμβάνει κατά τη διάρκεια αυτών των εργασιών. Η ενημέρωση γίνεται από τον Υπεύθυνο Ακτινοπροστασίας και τον εξουσιοδοτημένο ιατρό.

5.4 ΕΚΘΕΣΕΙΣ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ ΟΦΕΙΛΟΜΕΝΕΣ ΣΕ ΑΤΥΧΗΜΑ ΚΑΙ ΕΚΘΕΣΕΙΣ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ ΑΠΟ ΕΚΤΑΚΤΗ ΑΝΑΓΚΗ.

Όλες οι εκθέσεις που οφείλονται σε ατύχημα ή προκύπτουν από έκτακτη ανάγκη, πρέπει να καταχωρούνται στον ιατρικό φάκελο του εργαζομένου. Οι δόσεις και οι δεσμευμένες δόσεις που λαμβάνονται από εκθέσεις που οφείλονται σε ατύχημα ή προκύπτουν από έκτακτη ανάγκη εκτιμώνται κατά το μέτρο του δυνατού και καταχωρούνται χωριστά στο δελτίο έκθεσης. Σε εκθέσεις που προκύπτουν από έκτακτη ανάγκη υποβάλλονται μόνο εθελοντές, οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα να ανακαλούν την προσφορά τους. Οι εθελοντές ενημερώνονται προηγουμένως για τους κινδύνους που συνεπάγεται η επέμβασή τους. Η ενημέρωση αυτή παρέχεται από τον υπεύθυνο ακτινοπροστασίας και τον εξουσιοδοτημένο ιατρό. Η αποδοχή των εθελοντών γίνεται από τη διοίκηση του ιδρύματος ή Εργαστηρίου, μετά σύμφωνο γνώμη του εξουσιοδοτημένου ιατρού και του Υπεύθυνου Ακτινοπροστασίας.

Η ΕΕΑΕ δύναται να απαιτήσει από την διοίκηση των εργαστηρίων ακτινοβολιών, εφόσον το κρίνει αιτιολογημένα απαραίτητο, τη δημιουργία ομάδας επέμβασης για την αντιμετώπιση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης κατά τις οποίες οι δόσεις υπερβαίνουν τα όρια για τους επαγγελματικά εκτιθέμενους. Μετά από εθελοντική έκθεση, που αυτή αποδεδειγμένα υπερβαίνει τα όρια του παρόντος κανονισμού, ο εργαζόμενος υπόκειται σε ιατρική παρακολούθηση και προσφέρει προσωρινά ή μόνιμα, τις συνηθισμένες ανάλογα με την ειδικότητά του υπηρεσίες, χωρίς να εκτίθεται σε ακτινοβολία. Τα περιοριστικά επίπεδα δόσεων ή δεσμευμένων δόσεων κατά τις εκθέσεις για τους εθελοντές που μετέχουν στην αντιμετώπιση έκτακτης ανάγκης, καθορίζονται κατά περίπτωση από την ΕΕΑΕ και δύναται να υπερβαίνουν το διπλάσιο των ετησίων ορίων δόσεων. Δεν μπορούν να υπερβαίνουν το πενταπλάσιο των ετησίων ορίων δόσεων κατά τη διάρκεια της ζωής του εργαζομένου.

5.5 ΕΚΘΕΣΕΙΣ ΣΕ ΕΡΓΑΣΙΑΚΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ ΜΕ ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ ΑΥΞΗΣΗ ΛΟΓΩ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣ ΠΗΓΩΝ ΦΥΣΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ..

Όλο το επιστημονικό, τεχνικό και βοηθητικό προσωπικό που συμμετέχει στην άσκηση μιας οποιασδήποτε πρακτικής η οποία εγκυμονεί κίνδυνο από ιοντίζουσες ακτινοβολίες πρέπει να είναι κατάλληλα εκπαιδευμένο και να συμβάλει στην εφαρμογή των παρόντων Κανονισμών.

Για την ασφαλή από άποψη ακτινοπροστασίας, άσκηση οποιασδήποτε πρακτικής ή τη λειτουργία των εργαστηρίων ιοντιζουσών ακτινοβολιών, απαιτείται ειδικευμένο και κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό, του οποίου τόσο η επαγγελματική απασχόληση στο εργαστήριο κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του, όσο και η γενικότερη φροντίδα, επίβλεψη και υπευθυνότητα να εξασφαλίζουν την προστασία των ατόμων και του περιβάλλοντος από τις ιοντιζουσες ακτινοβολίες με την τήρηση των κανόνων ακτινοπροστασίας. Για ιατρικά εργαστήρια ιοντιζουσών ακτινοβολιών ισχύουν οι διατάξεις του Ν. 181/74 (άρθρο 4).)

Κατά την έκδοση ή ανανέωση αδειών λειτουργίας εργαστηρίων ιοντιζουσών ακτινοβολιών και για τη διασφάλιση της αποτελεσματικής άσκησης ακτινοπροστασίας, η ΕΕΑΕ εγκρίνει κατά περίπτωση, την υπευθυνότητα, την κατάλληλη εκπαίδευση και την ύπαρξη των απαραίτητων επαγγελματικών ή πανεπιστημιακών τίτλων και το σύνολο των απασχολήσεων του υπεύθυνου ακτινοπροστασίας, ώστε να διασφαλίζεται η δυνατότητά του να ανταποκρίνεται στα καθήκοντά του.



Σχήμα 5.2

5.6 ΥΠΟΧΡΕΩΣΕΙΣ

Οι κανονισμοί καθορίζουν τα όρια έκθεσης στην ιοντίζουσα ακτινοβολία. Για ενήλικους εργαζόμενους η οριακή δόση ακτινοβολίας για όλο το σώμα είναι στα 50mSv ανά έτος. Η ελέγχουσα υπηρεσία θα πρέπει να ειδοποιείται εάν υπάρχει η υποψία ότι η έκθεση του εργαζόμενου σε ακτινοβολία έχει υπερβεί τα όρια και ταυτόχρονα ο εργοδότης πρέπει να διεξάγει ενδεδειγμένη έρευνα. Στην πραγματικότητα σπανίζει η πιθανότητα να εκτεθούν οι εργαζόμενοι σε δόση που υπερβαίνει τα όρια.

Επίσης ο εργοδότης έχει την υποχρέωση να μειώσει την έκθεση των εργαζομένων σε ακτινοβολία στο μικρότερο δυνατό βαθμό, χωρίς να επιβαρύνεται η λειτουργία της επιχείρησης. Ο εργοδότης υποχρεούται να μειώσει την έκθεση του εργαζόμενου σε ακτινοβολία ελέγχοντας και εκσυγχρονίζοντας το μηχανολογικό του εξοπλισμό όπως (shielding, physical separation ,containment ventilation) και συσκευές προειδοποίησης όπου αυτά είναι εφαρμόσιμα. Στις περισσότερες περιπτώσεις χρειάζεται η δημιουργία θέσης συμβούλου σε θέματα προστασίας από την ακτινοβολία, για να προσφέρει τις γνώσεις του σε θέματα που σχετίζονται με τη μέτρηση και τον περιορισμό στην έκθεση ακτινοβολίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Συσκευές μέτρησης ιοντίζουσας ακτινοβολίας

6.1 ΜΕΤΡΗΤΗΣ GEIGER-MULLER

Οι μετρητές Geiger Muller είναι συσκευές που μετρούν την ιοντίζουσα ακτινοβολία (κυρίως ακτινοβολία α και ακτινοβολία β, αν και αρκετά μοντέλα πλέον εντοπίζουν και ακτίνες γ). Ο αισθητήρας είναι μία σωλήνα Geiger Muller, που περιέχει κάποιο αδρανές αέριο (συνήθως ήλιο, νέο ή αργό με προσθήκη αλογόνου) το οποίο άγει ηλεκτρισμό όταν ένα μόριο ή ένα φωτόνιο ακτινοβολίας κάνει το αέριο αγώγιμο. Η σωλήνα ενισχύει την αγωγιμότητα καθώς συμβάλλει στην εμφάνιση του φαινομένου της χιονοστιβάδας και παράγει έναν παλμό ρεύματος η ένταση του οποίου καθορίζει και την ένταση της ακτινοβολίας. Παλιότερα η ένδειξη για τον εντοπισμό της ακτινοβολίας ήταν αναλογική (με βελόνα και μία λάμπα της οποίας η ένταση είχε εξάρτηση με την ένταση του παλμού ή με ηχητικά σήματα των οποίων ο ρυθμός και η ένταση ήταν ανάλογη με την ένταση της ακτινοβολίας), ενώ πλέον οι ενδείξεις είναι ψηφιακές και αποτυπώνονται στην οθόνη της συσκευής.



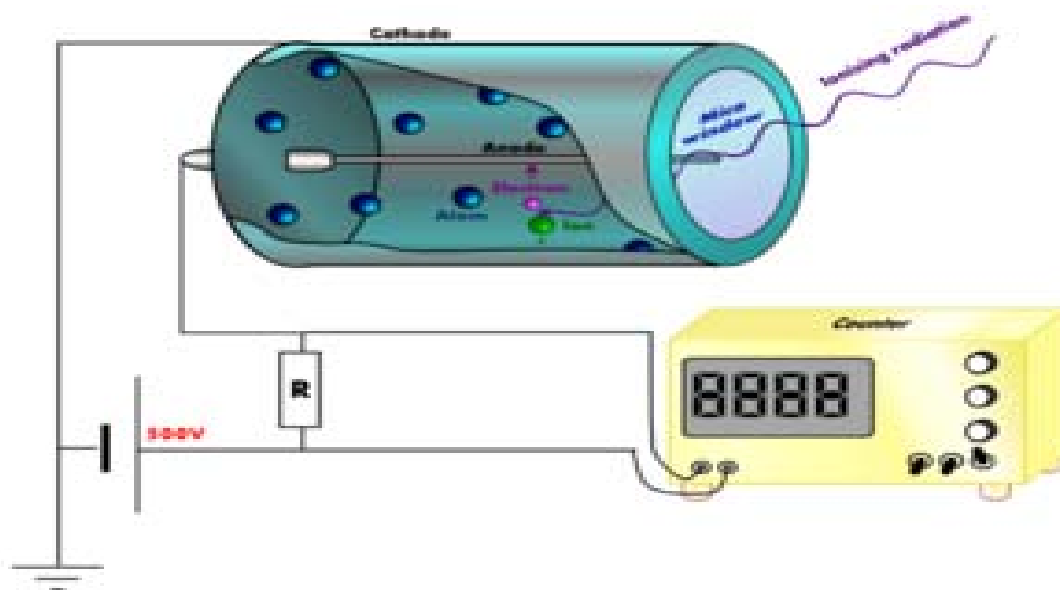
Σχήμα 6.1

Ορισμένοι μετρητές Geiger Muller χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό ακτίνων γ, αν και ευαισθησία τους μπορεί να είναι μπορεί να μην είναι πολύ καλή για υψηλής ενέργειας ακτίνες γ σε σχέση με άλλες συσκευές μέτρησης, γιατί η αντιδραστικότητα του αερίου είναι συνήθως μικρή και επιτρέπει στο μεγαλύτερο μέρος των ακτίνων γ με υψηλή ενέργεια να περνάει χωρίς να μπορεί να εντοπιστεί. Αν και υπάρχουν και μετρητές μεγαλύτερης ακρίβειας από τους Geiger Muller, αυτοί εξακολουθούν να είναι οι πιο

διαδεδομένοι και οι περισσότερο χρησιμοποιούμενοι γενικής χρήσης μετρητές α, β και γ ακτινοβολίας λόγω του μικρού τους κόστους και της μεγάλης αξιοπιστίας τους.

Ο Hans Geiger παρουσίασε μια συσκευή το 1908 (που αργότερα θα ονομάζοταν προς τιμήν του μετρητής Geiger Muller) σε συνεργασία με τον Eernst Rutherford. Αυτός ο μετρητής μπορούσε να ανιχνεύσει μόνο ακτίνες α. Το 1928 ο Geiger σε συνεργασία με έναν μαθητή του, τον Walter Muller) βελτίωσαν το μετρητή έτσι ώστε να μπορεί να εντοπίζει όλα τα είδη της ακτινοβολίας. Η σημερινή εκδοχή του μετρητή στην πραγματικότητα είναι ένας μετρητής αλογόνου που ανακαλύφθηκε το 1947 από τον Sidbey Liebson και ο λόγος που επικράτησε της παλαιάς μορφής του μετρητή είναι η μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του.

6.2 ΣΩΛΗΝΑΣ GEIGER-MULLER



Σχήμα 6.2

Ο σωλήνας Geiger Muller (στη συνέχεια θα αναφέρεται σαν σωλήνας GM) είναι ο αισθητήρας που διαθέτει ο μετρητής GM. Ο σωλήνας GM είναι γεμάτος με ένα χαμηλής πίεσεως (~0,1 atm) αδρανές αέριο (συνήθως ήλιο, νέο ή αργό), σε κάποιες περιπτώσεις σε ένα απομονωμένο μείγμα, και περιέχει αέριο αλόγону και ηλεκτροδία, μεταξύ των οποίων υπάρχει τάση εκατοντάδων Volt χωρίς όμως να παρατηρείται ροή ρεύματος. Τα τοιχώματα του σωλήνα είναι είτε μεταλλικά, είτε επενδεδυμένα με μέταλλο ή

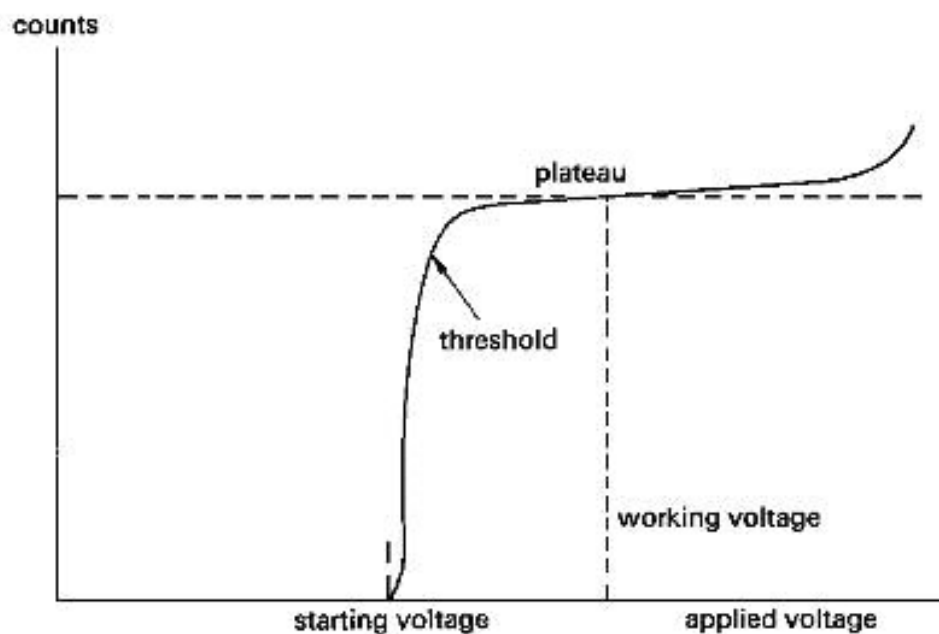
γραφίτη έτσι ώστε να διαμορφώνουν την κάθοδο , ενώ η άνοδος είναι ένα καλώδιο που περνάει από το κέντρο του σωλήνα.

Όταν διέρχεται από το σωλήνα ιοντίζουσα ακτινοβολία, κάποια μόρια του αερίου ιονίζονται, δημιουργώντας θετικά φορτισμένα ιόντα και ελεύθερα ηλεκτρόνια. Το ισχυρό ηλεκτρικό πεδίο που έχει δημιουργηθεί από τα ηλεκτρόδια του σωλήνα επιταχύνει τα ιόντα προς την κάθοδο και τα ανιόντα προς την άνοδο. Τα ζεύγη ιόντων ηλεκτρονίων αποκτούν αρκετή ενέργεια έτσι ώστε να ιονίσουν και άλλα άτομα αερίου κατά τη μετακίνησή τους, δημιουργώντας έτσι το φαινόμενο της χιονοστιβάδας

Αυτό οδηγεί σε ένα μικρό, έντονο παλμό ρεύματος ο οποίος διέρχεται από τα ηλεκτρόδια και παράγει ρεύμα το οποίο και μετράται.

Η συνηθισμένη μορφή του σωλήνα είναι ένας *end-window* σωλήνας. Αυτός ο τύπος ονομάζεται έτσι καθώς ο σωλήνας έχει ένα παράθυρο στο ένα άκρο του έχει ένα παράθυρο από το οποίο η ιοντίζουσα ακτινοβολία μπορεί εύκολα να περάσει. Στο άλλο άκρο του υπάρχουν συνήθως οι ηλεκτρικές επαφές του. Υπάρχουν δύο είδη σωλήνων *end-window* : αυτοί που στο παράθυρο έχουν γυαλί και αυτοί που στο παράθυρο έχουν μίκα. Οι σωλήνες που έχουν γυαλί στο παράθυρο δεν μπορούν να εντοπίσουν τις ακτίνες α καθώς αυτές δεν μπορούν να διαπεράσουν το γυαλί, αλλά είναι σαφώς φθηνότεροι και χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό ακτίνων β και ακτίνων X. Οι σωλήνες με παράθυρο από μίκα μπορούν να εντοπίσουν ακτινοβολία α αλλά είναι πολύ εύθραυστοι. Οι περισσότεροι GM μετρητές εντοπίζουν ακτίνες γ και ακτίνες β με ενέργεια μεγαλύτερη των 2,5 MeV.

Η τυπική καμπύλη μέτρησης ενός σωλήνα GM παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα. Το κατώτατο όριο (*threshold*) δείχνει την ελάχιστη τάση (ελάχιστο ύψος παλμού) που μπορεί να μετρήσει ο σωλήνας. Η μικρή θετική κλίση του οριζοντίου τμήματος της καμπύλης οφείλεται στο ότι κατά την αύξηση της εφαρμοζόμενης τάσης, η ευαισθησία του μετρητή αυξάνεται ελαφρώς. Η τάση λειτουργίας του μετρητή επιλέγεται σαν τη μέση τιμή του οριζοντίου τμήματος της καμπύλης έτσι ώστε ο ρυθμός μέτρησης να παραμένει περίπου σταθερός ακόμα και αν η τιμή της τάσης ποικίλει ελαφρώς.



Γράφημα 6.3

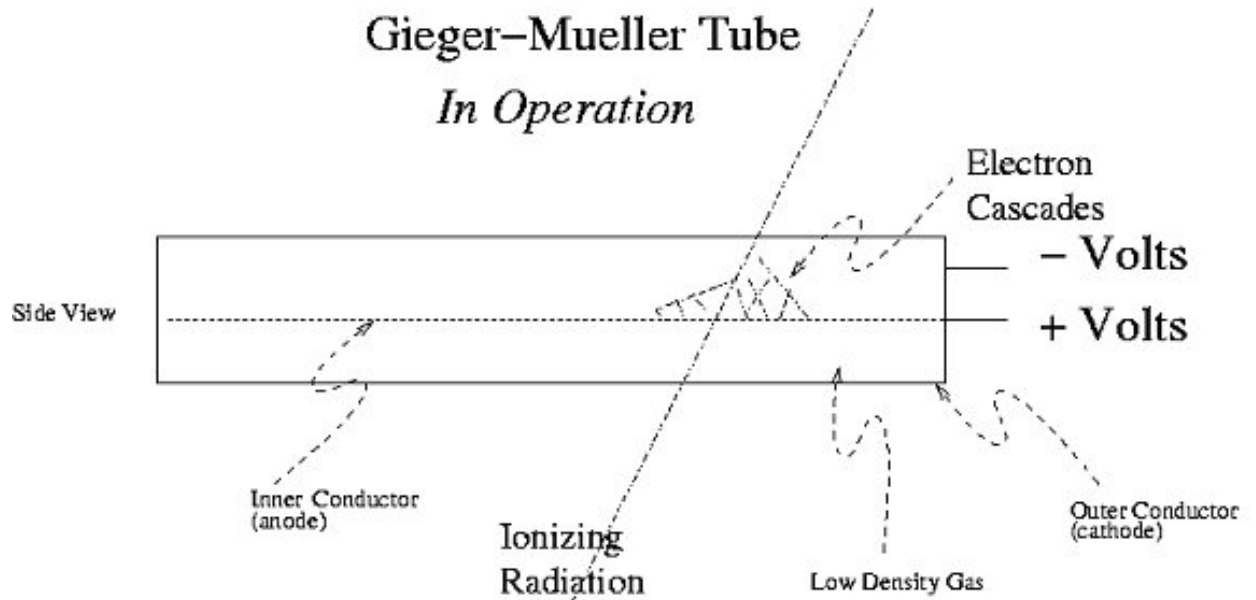
6.3 ΑΠΟΣΒΕΣΗ

Ο σωλήνας GM πρέπει να παράγει έναν παλμό για κάθε σωματίδιο που εισέρχεται στον σωλήνα. Δεν πρέπει να παράγει πλαστούς παλμούς και πρέπει να επανέρχεται γρήγορα στην αρχική του κατάσταση. Δυστυχώς όμως τα θετικά φορτισμένα ιόντα του αργού τα οποία τελικώς χτυπάνε την κάθοδο και επανέρχονται στην αρχική τους κατάσταση παίρνουν τα ηλεκτρόνια που τους λείπουν από τη κάθοδο. Τα διεγερμένα άτομα επιστρέφουν στην αρχική τους κατάσταση εκπέμποντας φωτόνια και αυτά τα φωτόνια προκαλούν χιονοστιβάδες και κατά συνέπεια πλαστές φορτίσεις.

Η απόσβεση είναι σημαντική γιατί για κάθε ένα άτομο που εισέρχεται στο σωλήνα μετράται από μία εκφόρτιση και κατά συνέπεια δε θα είναι δυνατός ο εντοπισμός κάποιου άλλου φορτισμένου ατόμου μέχρι το πέρας της τρέχουσας εκφόρτισης και κατά συνέπεια η αξιοπιστία του σωλήνα μειώνεται από παρατεταμένες εκφορτίσεις.

Η σωλήνες GM με εξωτερική απόσβεση εκτονώνουν την τάση μεταξύ των ηλεκτροδίων με τη χρήση εξωτερικών ηλεκτρονικών συσκευών. Αντίθετα οι σωλήνες με αυτοαπόσβεση ή εσωτερική

απόσβεση δε χρησιμοποιούν εξωτερική βοήθεια , αλλά περιέχουν μία μικρή ποσότητα ενός πολυατομικού οργανικού αερίου όπως βουτάνιο ή αιθανόλη , ή εναλλακτικά ένα αλογόνο όπως το βρώμιο ή το χλώριο.

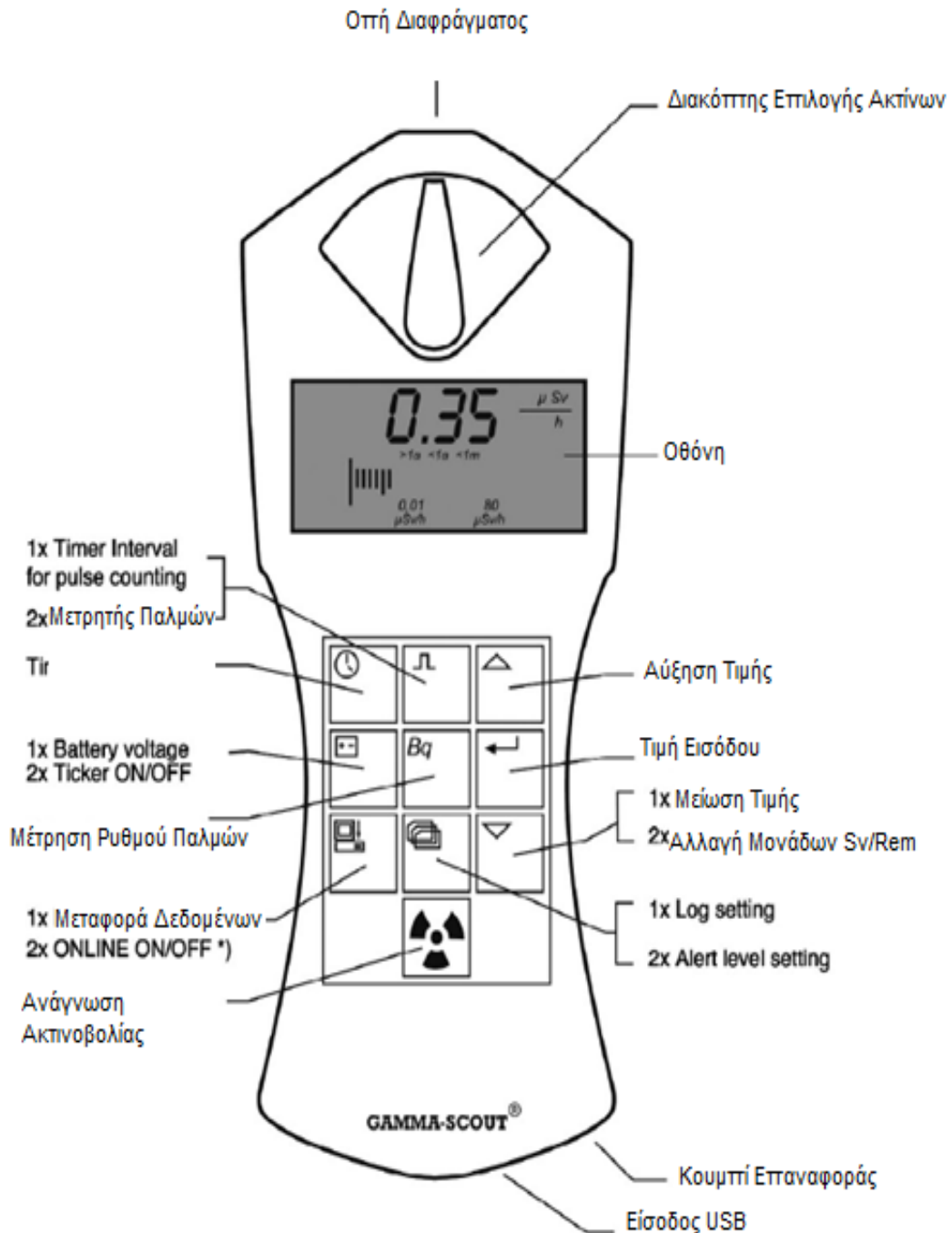


Σχήμα 6.4

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Επεξήγηση των λειτουργιών του οργάνου διεξαγωγής των μετρήσεων (Gamma-Scout)

7.1 ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΒΑΣΙΚΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΩΝ GAMMA-SCOUT®

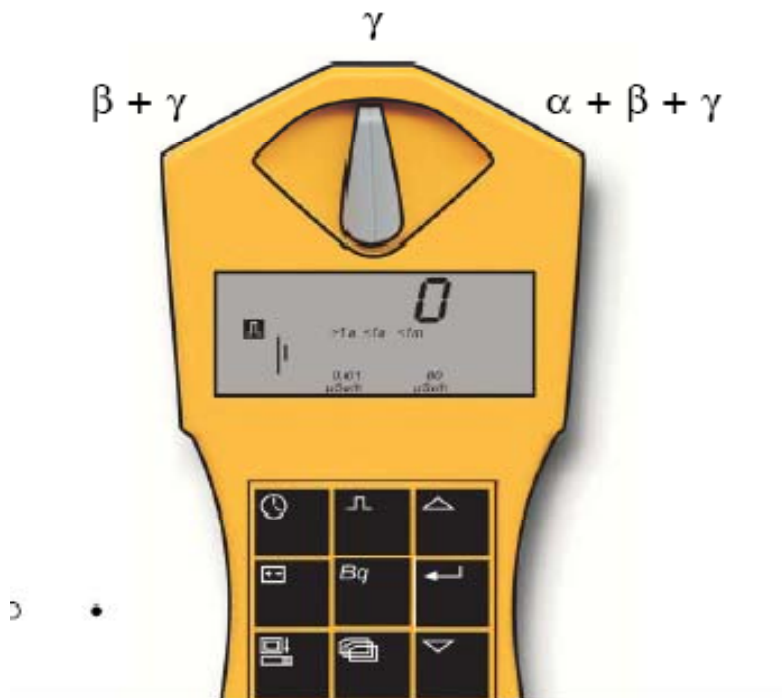


7.2 ΜΕΤΑΓΩΓΙΚΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΑΚΤΙΝΩΝ

Το Gamma-Scout® είναι ένας μετρητής Geiger-Müller, ο οποίος επιτρέπει την ανίχνευση ακτίνων τύπου α, β και γ. Με τον Διακόπτη Επιλογής Ακτίνων επιλέγουμε τον τύπο της ακτίνας που θέλουμε να μετρήσουμε.

- Θέτοντας τον διακόπτη στην κεντρική θέση μπορούμε να μετρήσουμε αποκλειστικά ακτίνες γ
- Θέτοντας τον διακόπτη στην αριστερή θέση (β+γ) μπορούμε να μετρήσουμε ακτίνες β και γ
- Θέτοντας τον διακόπτη στην δεξιά θέση (α+β+γ) μπορούμε να μετρήσουμε ακτίνες α,β και γ.


Για μη εξειδικευμένες μετρήσεις επιλέγουμε να έχουμε τον διακόπτη στην κεντρική θέση έτσι ώστε να μετράει μόνο ακτίνες γ, καθώς οι ακτίνες α και β αποσβένονται σε μεγάλο βαθμό σε απόσταση μερικών εκατοστών ή μέτρων το πολύ και έτσι είναι ανιχνεύσιμες μόνο εάν βρισκόμαστε κοντά στην πηγή της ακτινοβολίας.



7.3 ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ



Η μετατροπή των παλμών ανά λεπτό σε ρυθμο δόσης ακτινοβολίας εξαρτάται από το επίπεδο των παλμών εισόδου. Το Gamma-Scout®[®] χρησιμοποιεί τέσσερις διαφορετικούς τελεστες μετατροπής για να προσεγγίσει τη μη γραμμική σχέση μεταξύ παλμών και δόσης. Με είσοδο από το περιβάλλον (περίπου 0.2 $\mu\text{Sv/h}$) η προκύπτουσα αναλογία είναι : 142 παλμοί/λεπτό=1.0 $\mu\text{Sv/h}$


Ένδειξη τρέχουσας ακτινοβολίας

Πιέζοντας το πλήκτρο  θέτουμε το Gamma-Scout®[®] σε κανονική λειτουργία και στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη της παρούσας ακτινοβολίας σε $\mu\text{Sv/h}$ αλλά και με τη μορφή ιστογράμματος.



Προκειμένου να απεικονιστεί ποσότητα της ανιχνευομένης ακτινοβολίας, υπάρχει ένα διάγραμμα στο κάτω μέρος της οθόνης που χρησιμοποιεί σύμβολα όπως:

- >1a εάν χρειάζεται έκθεση μεγαλύτερη του 1 χρόνου μέχρι την απορρόφηση της μέγιστης επιτρεπτής τιμής των 20 mSv p.a
- <1m εάν η έκθεση της ακτινοβολίας υπερβαινει την επιτρεπτή ετήσια τιμή μέσα σε ένα μήνα

Για την αλλαγή της ένδειξης από μSv σε mRem ξεκινάμε από τη λειτουργία 'μέτρηση ακτινοβολίας', πιέζουμε το πλήκτρο  και επιβεβαιώνουμε την επιλογή των μονάδων με το πλήκτρο . Όλα τα δεδομένα μετατρέπονται αυτόματα στη μονάδα που επιλέξαμε. Ένδειξη μέσης ακτινοβολίας την προηγούμενη μέρα από 00.00 έως 24.00

Πιέζοντας το πλήκτρο  για δεύτερη φορά προβάλεται στην οθόνη η μέση ακτινοβολία του προηγούμενου εικοσιτετραώρου από 00.00 έως 24.00, σε microsievert ανά ώρα. Στην οθόνη θα αναβοσβήνει η ένδειξη **H**. Η προαναφερθείσα λειτουργία δεν είναι διαθέσιμη τις πρώτες 48 ώρες από την πρώτη ενεργοποίηση συσκευής.

Αυτόματη ειδοποίηση συναγερμού (μόνο στον τύπο w/ALERT)

Μόλις ξεπεραστεί το όριο συναγερμού, που έχει τεθεί από το χρήστη, το Gamma-Scout®[®] εκπέμπει μία ηχητική ειδοποίηση (beep ανά 2 δευτερόλεπτα) και στην οθόνη του αναβοσβήνει η ένδειξη . Η ένδειξη αυτή συνεχίζει να εμφανίζεται στην οθόνη έστω και εάν το επίπεδο της ακτινοβολίας επανέλθει σε επιτρεπτά όρια μέχρι ο χρήστης να πιέσει το πλήκτρο .

Στη φυσική, τρεις τύποι ιονίζουσα ακτινοβολίας είναι γνωστοί, οι ακτίνες άλφα, βήτα και γάμμα. Οι τύποι αυτοί διαφέρουν όχι μόνο στα φυσικά χαρακτηριστικά τους αλλά και στην επίδρασή τους στους ανθρώπους. Για να καταστήσει αυτούς τους τρεις τύπους ακτίνων συγκρίσιμους στην επίδρασή τους στους ανθρώπους, μια

μονάδα έχει δημιουργηθεί που καθορίζει τα βιολογικά αποτελέσματα των ακτίνων: αναφέρεται ως ισοδύναμο δόσεων η του οποίου μονάδα είναι το sievert (αποκαλούμενο ισοδύναμη δόση). **1 REM = 0,01 Sievert (Sv)**

Με βάση τους μετρημένους παλμούς ακτινοβολίας, τα διαφορετικά συστατικά ενός μίγματος ακτινοβολίας μετατρέπονται σε ένα μέτρο για τη βιολογική επίδραση. Για να απεικονιστεί αυτό χρησιμοποιείται το Καισίο 137. Η μετατροπή στο ισοδύναμο δόσεων αναφέρεται στο κβάντο γάμμα του ραδιονουκλεϊδίου Καισίου 137 με κβαντική ενέργεια 662 keV.

Για τα άτομα που εκτίθενται στις ραδιενεργές πηγές εξ' επαγγέλματος, υπάρχουν δύο ανώτερα όρια. Σε περίπτωση έκθεσης των ατόμων σε τιμές που πλησιάζουν αυτά τα όρια, τα άτομα θα πρέπει να αποφεύγουν για ικανό χρονικό διάστημα την έκθεση σε ακτινοβολία.

Κατηγορία Β

- Όριο συνολικής δόσης 6mSv κατ' έτος (υποθέτοντας 2000 ώρες εργασίας το χρόνο) που αντιστοιχεί σε 3μSv/h



Κατηγορία Α

- Όριο δόσης 20mSv p.a=10 μSv/h

Σε συνθήκες περιβάλλοντος παρατηρούνται επίπεδα ακτινοβολίας 0.1-0.2 μSv/h.

Κάτω από την ένδειξη της μετρούμενης ακτινοβολίας στην οθόνη, ένα ιστόγραμμα απεικονίζει πόσο καιρό ο χρήστης μπορεί να μείνει σε αυτό το περιβάλλον, έως ότου να συσσωρευτεί το φορτίο των 20mSv κατ' έτος που είναι το μέγιστο επιτρεπτό σύμφωνα με τα όρια της Ε.Ε.








Εύρος λειτουργίας του Gamma-Scout®

Το Gamma-Scout® χρησιμοποιείται για να μετρά την επίδραση των ακτίνων X μέχρι 1000 μSv/h. Εάν ξεπεράσει η τιμή αυτή το Gamma-Scout® δεν μπορεί να μετρήσει και εμφανίζει στην οθόνη την ένδειξη (N.N.N.N.) παράλληλα με το εικονίδιο . Η παραπάνω ένδειξη σβήνει από την οθόνη πιέζοντας το πλήκτρο . Δεδομένα που αφορούν σε καταστάσεις υπερέκθεσης επισημαίνονται με (*) στον πίνακα μεταφοράς δεδομένων.

7.4 ΠΟΤΕ ΚΑΙ ΠΩΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ ΤΟ GAMMA-SCOUT®

Το Gamma-Scout® μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν απλός μετρητής Geiger-Müller και σε αυτή την περίπτωση μετράει το αριθμό των παλμών που λαμβάνει χωρίς να τις μετατρέπει σε μονάδες Sievert (Sv).



- Πιέζοντας το πλήκτρο  μετατρέπουμε το Gamma-Scout® σε μετρητή παλμών και η οθόνη εμφανίζει το σύμβολο των παλμών. Για να αρχίσει η μέτρηση παλμών θα πρέπει να ξαναπιέσουμε το πλήκτρο .
- Πιέζουμε το πλήκτρο  για να θέσουμε τη μονάδα μέτρησης του χρόνου. Με ένα πάτημα μετράει ο χρόνος εμφανίζεται σε δευτερόλεπτα, με δύο πατήματα ο χρόνος εμφανίζεται σε λεπτά και με τρία πατήματα σε ώρες.
- Για να θέσουμε την επιθυμητή τιμή του χρόνου μέτρησης (π.χ. 5 min) χρησιμοποιούμε τα πλήκτρα  και .
- Για να ξεκινήσει η μέτρηση πιέζουμε το πλήκτρο  για ένα δευτερόλεπτο. Κατά τη διάρκεια της μέτρησης η ένδειξη του παλμού αναβοσβήνει στην οθόνη.
- Εάν έχουμε θέσει συγκεκριμένο χρόνο μέτρησης η ένδειξη του παλμού αναβοσβήνει στην οθόνη μέχρι να ολοκληρωθεί η μέτρηση και εν συνεχεία ανάβει σταθερά. Η οθόνη πλέον δείχνει τον αριθμό των παλμών στο προγραμματισμένο διάστημα.
- Η μέτρηση μπορεί να σταματήσει με δύο τρόπους: είτε πιέζοντας το πλήκτρο  για μία ακόμη φορά με το αποτέλεσμα της μέτρησης να εμφανίζεται στην οθόνη, είτε αλλάζοντας λειτουργία με το αποτέλεσμα της μέτρησης να χάνεται.

7.5 ΜΕΤΡΗΣΗ ΡΥΘΜΟΥ ΠΑΛΜΩΝ

Στη λειτουργία μέτρησης του ρυθμού των παλμών, οι παλμοί που καταμετρώνται από τον σωλήνα μετατρέπονται συνεχώς σε ρυθμό παλμών. Η μονάδα μέτρησης του ρυθμού των παλμών είναι το cps (παλμοί ανά λεπτό). (Στο Gamma-Scout® το πλήκτρο Bq δε μετατρέπει σε Becquerel αλλά σε cps)



- Για να θέσουμε το Gamma-Scout® σε λειτουργία μέτρησης του ρυθμού των παλμών πιέζουμε το κουμπί **Bq**. Η ένδειξη **#** θα αναβοσβήνει κατά τη διάρκεια της μέτρησης ενώ μετά το πέρας της η ένδειξη θα σταθεροποιηθεί.
- Η μέτρηση του ρυθμού των παλμών μας δίνει το μέσο αριθμό των παλμών ανά δευτερόλεπτο. Καθώς η ένταση της ακτινοβολίας μεταβάλλεται έντονα σε σύντομο χρονικό διάστημα, αυτή η ένδειξη θα είναι όλο και πιο ακριβής όσο μεγαλώνει το διάστημα της μέτρησης.
- Το Gamma-Scout® δίνει μια αρχική ένδειξη μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα και εν συνεχεία επεκτείνει το χρόνο μέτρησης μέχρι τα 4096 δευτερόλεπτα έτσι ώστε να έχουμε όσο το δυνατόν ακριβέστερο αποτέλεσμα.

7.6 ΟΡΙΣΜΟΣ ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑΣ ΚΑΙ ΩΡΑΣ





Το Gamma-Scout® έχει ενσωματωμένο ένα ρολόι τεχνολογίας quartz το οποίο εμφανίζεται στην οθόνη με το πάτημα ενός κουμπιού. Η ημερομηνία και η ώρα χρησιμοποιούνται για την καταχώρηση της μετρούμενης ακτινοβολίας. Το ρολόι του Gamma-Scout® συγχρονίζεται αυτόματα με το ρολόι του υπολογιστή αμέσως μόλις συνδεθεί με αυτόν.










Αλλάζοντας την ώρα μέσω του PC.

- Επιλέγοντας το μενού “Set any time” στο λογισμικό που συνοδεύει το προϊόν αλλάζουμε την ώρα και την ημερομηνία ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες.


Προβάλλοντας την ώρα και την ημερομηνία

- Πιέζοντας το πλήκτρο  εμφανίζεται η ώρα στην οθόνη και η ανάλογη ένδειξη .
- Πιέζοντας το πλήκτρο  για δεύτερη φορά εμφανίζεται στην οθόνη η ημερομηνία μαζί με την ένδειξη .

Ορίζοντας την ώρα

- Αρχικά πατάμε το πλήκτρο  για να εμφανιστεί η ώρα. Στη συνέχεια πιέζουμε το πλήκτρο  για να ορίσουμε τις ώρες. Τα ψηφία της ώρας αναβοσβήνουν στην οθόνη. Με τα πλήκτρα  και  αλλάζουμε τις ώρες κατά το δοκούν και επιβεβαιώνουμε την ρύθμιση με το .
- Πιέζουμε το πλήκτρο  για δεύτερη φορά για να θέσουμε τα λεπτά. Τα ψηφία των λεπτών αναβοσβήνουν στην οθόνη και τα ρυθμίζουμε όπως και τις ώρες.
- Εάν επιθυμούμε να ρυθμίσουμε και τα δευτερόλεπτα πιέζουμε το πλήκτρο  για την Τρίτη φορά και ακολουθούμε την ίδια διαδικασία.


Ορίζοντας την Ημερομηνία

- Πιέζουμε το πλήκτρο δύο φορές για να εμφανιστεί η ημερομηνία και εν συνεχεία πιέζουμε το πλήκτρο  για τέταρτη φορά και τη ρυθμίζουμε όπως την ώρα.

7.7 ΜΠΑΤΑΡΙΑ ΚΑΙ ΠΑΡΟΧΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Το Gamma-Scout® τροφοδοτείται από μία μπαταρία λιθίου / Θειονιλοχλωριδίου με τάση εξόδου 2.7-3.7 V. Η συσκευή εξακολουθεί να λειτουργεί μέχρι η τάση της μπαταρίας να πέσει κάτω από τα 2.7V. Μόλις η τάση περάσει αυτό το κατώφλι θα εμφανιστεί η ένδειξη της μπαταρίας στην οθόνη. Τα αποθηκευμένα δεδομένα θα μπορούν να διαβαστούν από την εσωτερική μνήμη της συσκευής. Πάντως τα δεδομένα δε χάνονται ακόμη και μετά από πλήρη κατάρρευση της τάσης.

Εμφάνιση της φόρτισης της μπαταρίας

Πιέζοντας το πλήκτρο  μας δείχνει το επίπεδο φόρτισης της μπαταρίας, θεωρώντας ότι το ηλεκτρονικό σύστημα θα λειτουργεί υπό μέγιστο φορτίο.




Αλλαγή μπαταρίας

Η μπαταρία είναι συγκολλημένη στον πίνακα κυκλωμάτων για να αποτρέψει οποιαδήποτε απώλεια στοιχείων. Σε περίπτωση που ο χρήστης θέλει να ενσωματώσει μια μπαταρία μόνος του, οι βασικές παράμετροι μπορούν να αποκατασταθούν πιέζοντας το πλήκτρο Reset μετά από την αλλαγή της μπαταρίας.

Το πλήκτρο Reset

Σε περίπτωση κενής οθόνης (παραδείγματος χάριν λόγω μιας έκθεσης σε ισχυρό πεδίο υψηλής συχνότητας) ο χρήστης μπορεί να ξαναξεκινήσει τη συσκευή πιέζοντας το πλήκτρο reset. Το reset βρίσκεται στο χαμηλότερο σημείο του οργάνου δίπλα από την επαφή USB. Για να αποτραπεί οποιαδήποτε απώλεια δεδομένων το πλήκτρο μπορεί μόνο να πατηθεί από την άνω πλευρά του πίνακα. Οποιοδήποτε reset θα θέσει το ρολόι στις εργοστασιακές ρυθμίσεις.



Βομβητής(ticker)

Πιέζοντας δύο φορές το πλήκτρο  στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη On και βομβητής μπορεί να ενεργοποιηθεί. Πιέζοντας το πλήκτρο  θέτουμε σε λειτουργία τον βομβητή και η ένδειξη “speaker” εμφανίζεται στην οθόνη. Στην περίπτωση που ο βομβητής είναι ήδη ανοικτός, πιέζοντας δύο φορές το πλήκτρο  ο βομβητής θα κλείσει και θα εμφανιστεί στην οθόνη η λέξη Off ενώ η ένδειξη “speaker” θα εξαφανιστεί από την οθόνη.





Με το βομβητή ανοικτό το Gamma-Scout® θα εκπέμπει έναν ήχο(beep) για κάθε παλμό που θα ανιχνεύει. Αύξηση της ακτινβολίας θα οδηγήσει συνεπώς σε αύξηση του ρυθμού των εκπεμπόμενων ήχων. Οι εκπεμπόμενοι ήχοι απορροφούν χίλιες φορές περισσότερη ισχύ από την αντίστοιχη κανονική λειτουργία. Για αυτό το λόγο ο βομβητής απενεργοποιείται αυτόματα μετά από 10 λεπτά συνεχούς χρήσης. Εάν ο βομβητής χρησιμοποιείται

(λελογισμένα) μία φορά την ημέρα δε θα επηρεαστεί η διάρκεια ζωής της μπαταρίας.

7.8 ΌΡΙΑ ΣΥΝΑΓΕΡΜΟΥ

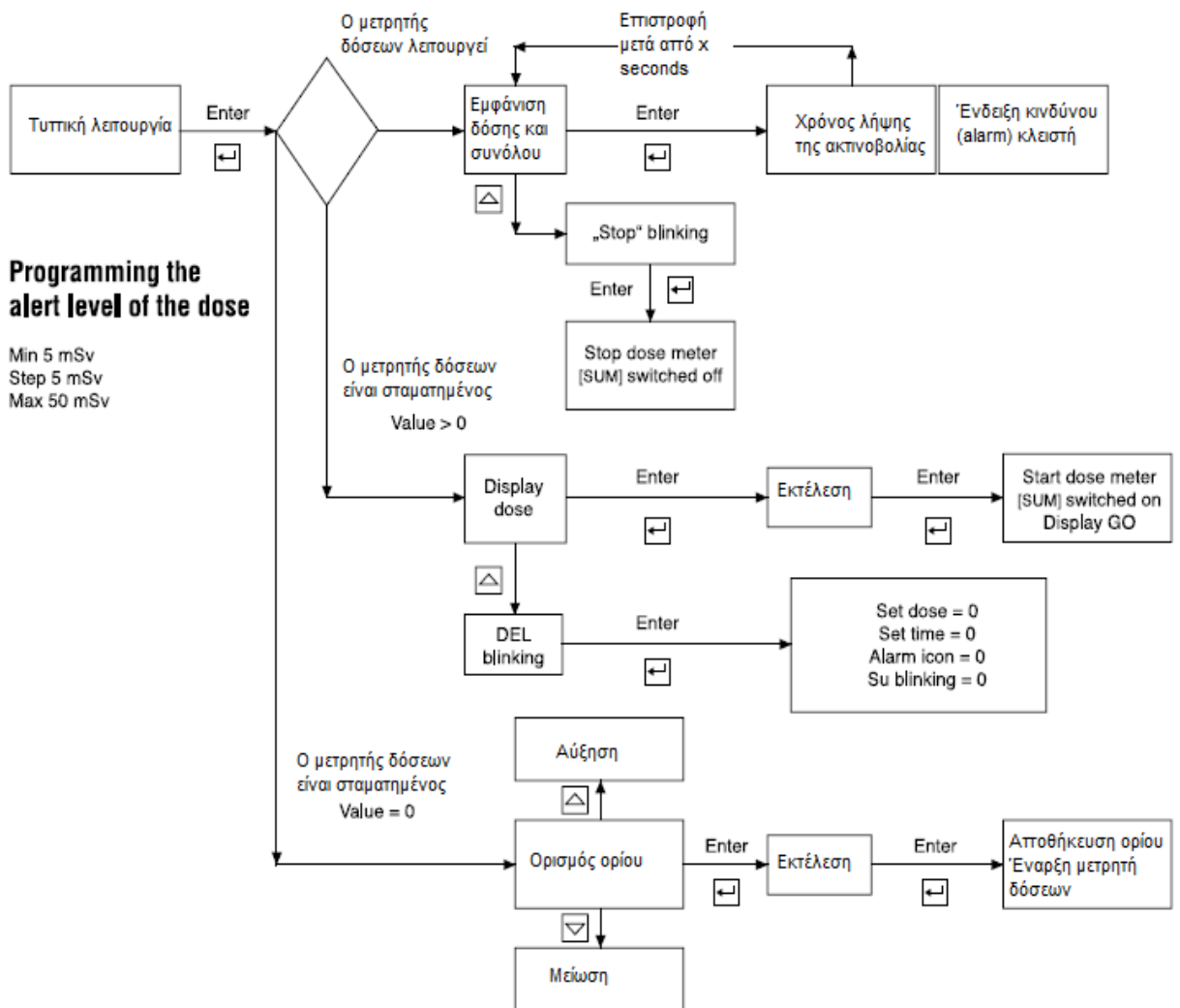
Το Gamma-Scout® εκπέμπει ένα ηχητικό σήμα μόλις το επίπεδο της ακτινοβολίας που προσλαμβάνει υπερβεί ένα συγκεκριμένο όριο το οποίο προγραμματίζεται από το χρήστη. Το προκαθορισμένο επίπεδο ασφαλείας ορίζεται στα 5μSv/h. Μαζί με το ηχητικό σήμα, στην οθόνη εμφανίζεται και η ένδειξη . Για τη διαγραφή της παραπάνω ένδειξης από την οθόνη πιέζουμε δύο φορές το πλήκτρο .

Προγραμματισμός ορίου ασφαλείας του ρυθμού λήψης ακτινοβολίας (dose rate)

Πιέζοντας δύο φορές το πλήκτρο  μας δίνεται η δυνατότητα να προγραμματίσουμε το όριο ασφαλείας του Gamma-Scout®. Στην οθόνη εμφανίζεται το υπάρχον όριο ασφαλείας. Με τα κουμπιά  και  αυξάνουμε και μειώνουμε το όριο ασφαλείας. Η νέα τιμή του ορίου ασφαλείας εμφανίζεται στην οθόνη και αναβοσβήνει. Η μικρότερη δυνατή τιμή του ορίου ασφαλείας είναι το 1.0μSv/h ενώ η μέγιστη δυνατή είναι τα 80 μSv/h. Για να σώσουμε τη νέα τιμή του ορίου πιέζουμε το πλήκτρο .

Μέτρηση και μηδενισμός της συνολικής λήψης ακτινοβολίας

Όταν ο μετρητής συνολικής λήψης ακτινοβολίας είναι ενεργοποιημένος στην οθόνη εμφανίζεται το σύμβολο Σ , ενώ η ένδειξη στην οθόνη είναι της μορφής X.XX mSv. Για τιμές μικρότερες του 0.01 mSv η ένδειξη της οθόνης παραμένει 0.00. Η ενάρξη, η παύση, η επανεκκίνηση και η διαγραφή της συνολικής ληφθείσας ακτινοβολίας περιγράφεται αναλυτικά στο παρακάτω διάγραμμα.








7.9 ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Ρυθμίσεις καταγραφής

Το Gamma-Scout® καταγράφει αυτόματα τον αριθμό των παλμών που μετρά και αποθηκεύει αυτά τα δεδομένα στην εσωτερική του μνήμη, η οποία είναι προσπελάσιμη από υπολογιστή. Η διαδικασία καταγραφής είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε το Gamma-Scout® να αθροίζει τους εβδομαδιαίους παλμούς και να τους αποθηκεύει σαν εβδομαδιαίες τιμές. Ακολουθώντας την εβδομαδιαία αποθήκευση η χωρητικότητα της μνήμης είναι ικανή να καταγράψει τις τιμές για διάρκεια περίπου δέκα χρόνων.

Διάστημα Καταγραφής	Ένδειξη Οθόνης	Χωρ. Μνήμης	Μνήμη
1 Εβδομάδα	1w	>10 χρόνια	893 καταχωρήσεις
1 ημέρα	1d	οχεδόν 2 χρόνια	768 καταχωρήσεις
1 ώρα	1h	4 εβδομάδες	768 καταχωρήσεις
10 λεπτά	10 min	οχεδόν 5 ημέρες	768 καταχωρήσεις
1 λεπτό	1 min	12 ώρες	768 καταχωρήσεις

Ρυθμίσεις καταγραφής δεδομένων

- Πιέζουμε το πλήκτρο  για να αλλάξουμε το διάστημα καταγραφής. Στην οθόνη εμφανίζεται το σύμβολο  καθώς και ένα ιστόγραμμα που δείχνει πόση μνήμη είναι ακόμα διαθέσιμη. Κάθε μπάρα του ιστογράμματος αντιστοιχεί σε 4% της μνήμης
- Πιέζοντας το πλήκτρο  μειώνουμε τη συχνότητα καταγραφής, ενώ πιέζοντας το πλήκτρο  αυξάνουμε το διάστημα καταγραφής. Τέλος πιέζοντας το πλήκτρο  επιβεβαιώνουμε την επιθυμητή συχνότητα καταγραφής δεδομένων.
- Μπορούμε να μεταφέρουμε τα αποθηκευμένα δεδομένα σε έναν υπολογιστή οποιαδήποτε στιγμή και εν συνεχεία να σβήσουμε τη μνήμη του Gamma-Scout® και να το επαναχρησιμοποιήσουμε. Μόλις η μνήμη ξεπεράσει τα ¾ της

χωρητικότητας της, το Gamma-Scout® ρυθμίζει αυτόματα τη συχνότητα σε μία καταγραφή την εβδομάδα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

Διεξαγωγή μετρήσεων και εργαστηριακές διατάξεις

8.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Η καθημερινή επαφή με κάθε είδους ηλεκτρολογικό εξοπλισμό των απλών πολιτών αλλά και των εργαζομένων στις επιχειρήσεις σε συνδυασμό με τις υπόνοιες που υπάρχουν για εκπομπή ιοντίζουσας ακτινοβολίας από ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό, με την αβεβαιότητα που υπάρχει για τις επιπτώσεις ακόμα και μικρών δόσεων της ιοντίζουσας ακτινοβολίας και με την ελλιπή έρευνα και βιβλιογραφία στον τομέα αυτό μας ώθησαν στο να εξετάσουμε πειραματικά την πιθανότητα εκπομπής ιοντίζουσας ακτινοβολίας από ηλεκτρολογικό εξοπλισμό.

Οι μετρήσεις του εξοπλισμού διεξήχθησαν στα εργαστήρια των μετρήσεων της σχολής Η.Μ.Μ.Υ., Ε.Μ.Π υπό την επίβλεψη των καθηγητών Κωνσταντίνου Καραγιαννόπουλου και Παναγιώτη Τσαραμπάρη. Το όργανο που χρησιμοποιήσαμε στις μετρήσεις είναι ένας εξελιγμένος μετρητής geiger muller, το gamma scout, του οποίου οι λειτουργίες εξηγούνται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 7. Ο εξοπλισμός που ελέγχθηκε για εκπομπή ιοντίζουσας ακτινοβολίας είναι ο ακόλουθος :

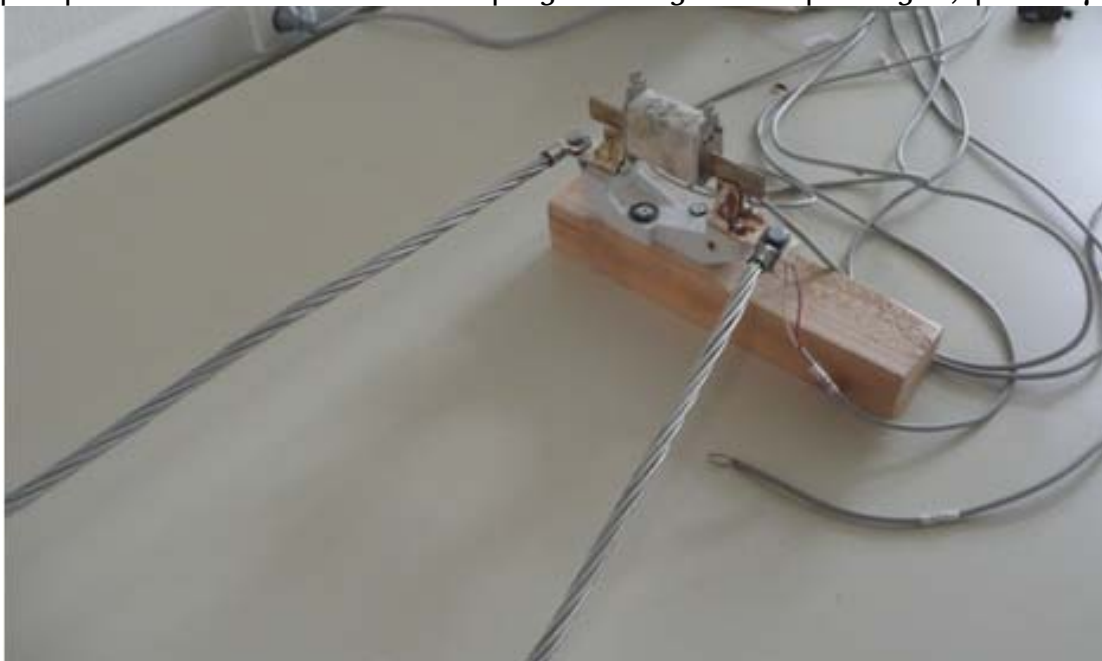
- Ωμικές Επαφές - Ασφάλεια 250Α
- Μονωτήρες υπό κρουστική τάση
- Μονωτήρες υπό εναλλασσόμενη τάση

Σκοπός των εργαστηριακών αυτών μετρήσεων είναι αρχικά η διερεύνηση εκπομπής ιοντίζουσας ακτινοβολίας από ηλεκτρολογικό εξοπλισμό, ο έλεγχος του κατά πόσον η ακτινοβολία αυτή ξεπερνά τα θεσπισμένα όρια από τους κανονισμούς λειτουργίας που αναλύθηκαν στο Κεφάλαιο 5 και τέλος η εξαγωγή κάποιου συμπεράσματος για την ύπαρξη συσχέτισης της εκπνεμπόμενης ακτινοβολίας με την ένταση και την τάση του ρεύματος καθώς και με το χρόνο λειτουργίας του εξοπλισμού.

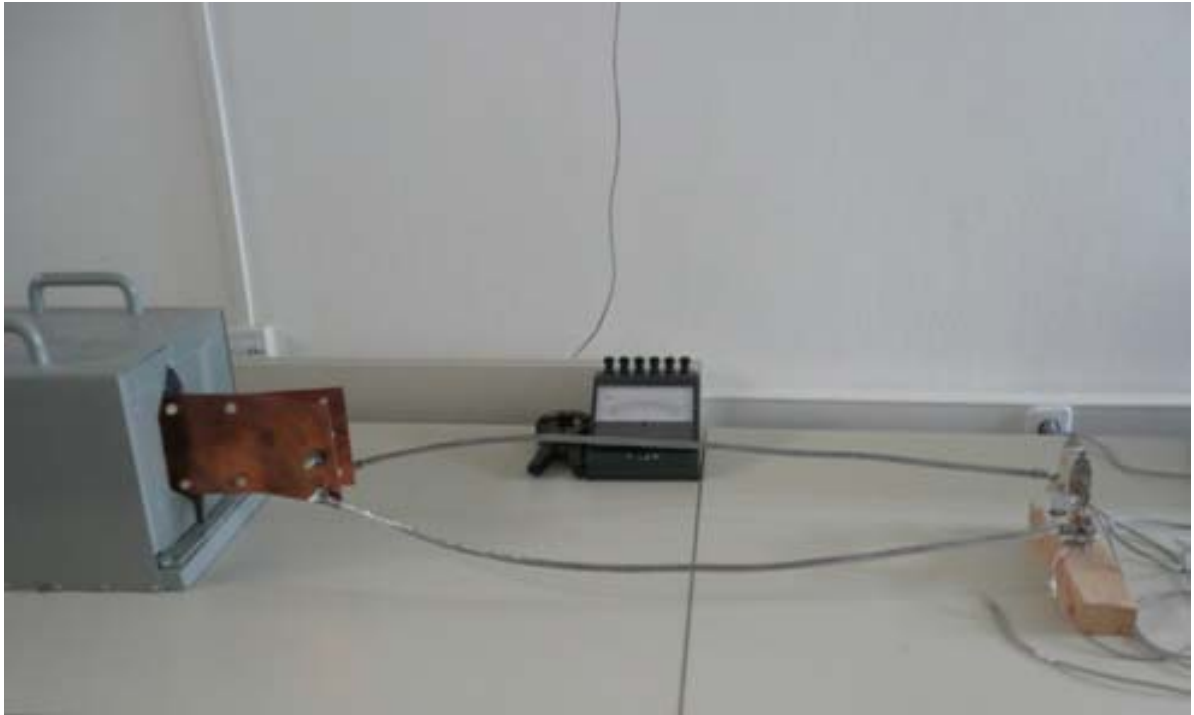
8.2 ΩΜΙΚΕΣ ΕΠΑΦΗΣ - ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΕ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ 250Α

8.2.1 Πειραματική Διάταξη

Η πειραματική διάταξη που εξετάζουμε αποτελείται από μία γεννήτρια, ένα ροοστάτη και δύο αγωγούς που συνδέουν την ασφάλεια των 250Α με τη γεννήτρια. Τοποθετούμε το gamma scout σε απόσταση μερικών εκατοστών από την ασφάλεια έτσι ώστε να μπορεί να εντοπίσει και του τρεις τύπους ακτινοβολίας α, β και γ.



Η μέτρηση διαρκεί 45 λεπτά και λαμβάνουμε τις μετρήσεις κάθε 1 (ένα) λεπτό. Τα μετρούμενα μεγέθη είναι η ισοδύναμη δόση ιονίζουσας ακτινοβολίας σε $\mu\text{Sv/h}$, η ένταση του ρεύματος σε Ampere και ο χρόνος λειτουργίας της διάταξης σε λεπτά (min). Σκοπός της πειραματικής αυτής διάταξης είναι ο εντοπισμός ιονίζουσα ακτινοβολίας από ωμικές επαφές, ειδικά όταν αυτές λειτουργούν υπό δυσμενείς συνθήκες δηλαδή υπό ονομαστικό φορτίο για μεγάλη χρονική διάρκεια



8.2.2 Μετρήσεις

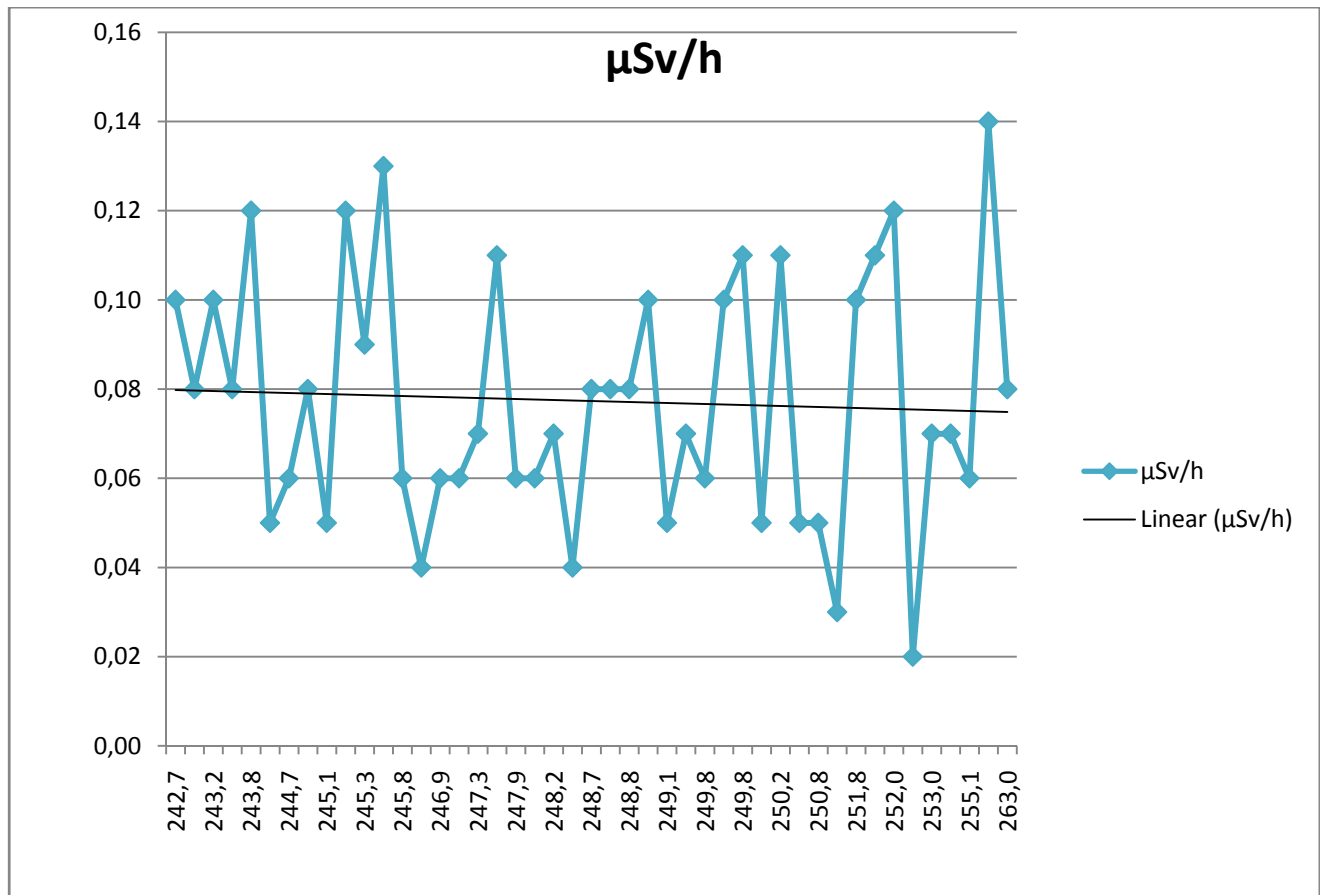
Κατά τη διεξαγωγή των μετρήσεων όπως είναι αναμενόμενο η ένταση του ρεύματος δεν είναι σταθερή αλλά μειώνεται συνεχώς λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας της διάταξης που σαν αποτέλεσμα έχει την αύξηση της αντίστασης της διάταξης, λόγω της γνωστής σχέσης που συνδέει την αντίσταση με τη θερμοκρασία. Για τον παραπάνω λόγο ρυθμίζουμε συνεχώς την ένταση του ρεύματος έτσι ώστε να είναι κοντά στην τιμή των 250A και προσέχουμε να μην ξεπερνά την τιμή των 260A και να μην πέφτει κάτω από τα 240A. Η ακτινοβολία υποβάθρου πριν τη διεξαγωγή του πειράματος μετρήθηκε 0,04 $\mu\text{Sv/h}$.

Στον Πίνακα 8.1 παρουσιάζουμε τη μετρούμενη ακτινοβολία σε $\mu\text{Sv/h}$, την ένταση του ρεύματος της διάταξης τη στιγμή της λήψης της μέτρησης της ακτινοβολίας, καθώς και τη μετρούμενη ακτινοβολία σε REM, που προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της μετρούμενης τιμής σε $\mu\text{Sv/h}$ με το 100. Στο γράφημα 8.2 συσχετίζουμε την μετρούμενη ακτινοβολία με την ένταση του ρεύματος της διάταξης ενώ στο γράφημα 8.3 συσχετίζουμε την μετρούμενη ακτινοβολία με το χρόνο λειτουργίας της διάταξης.

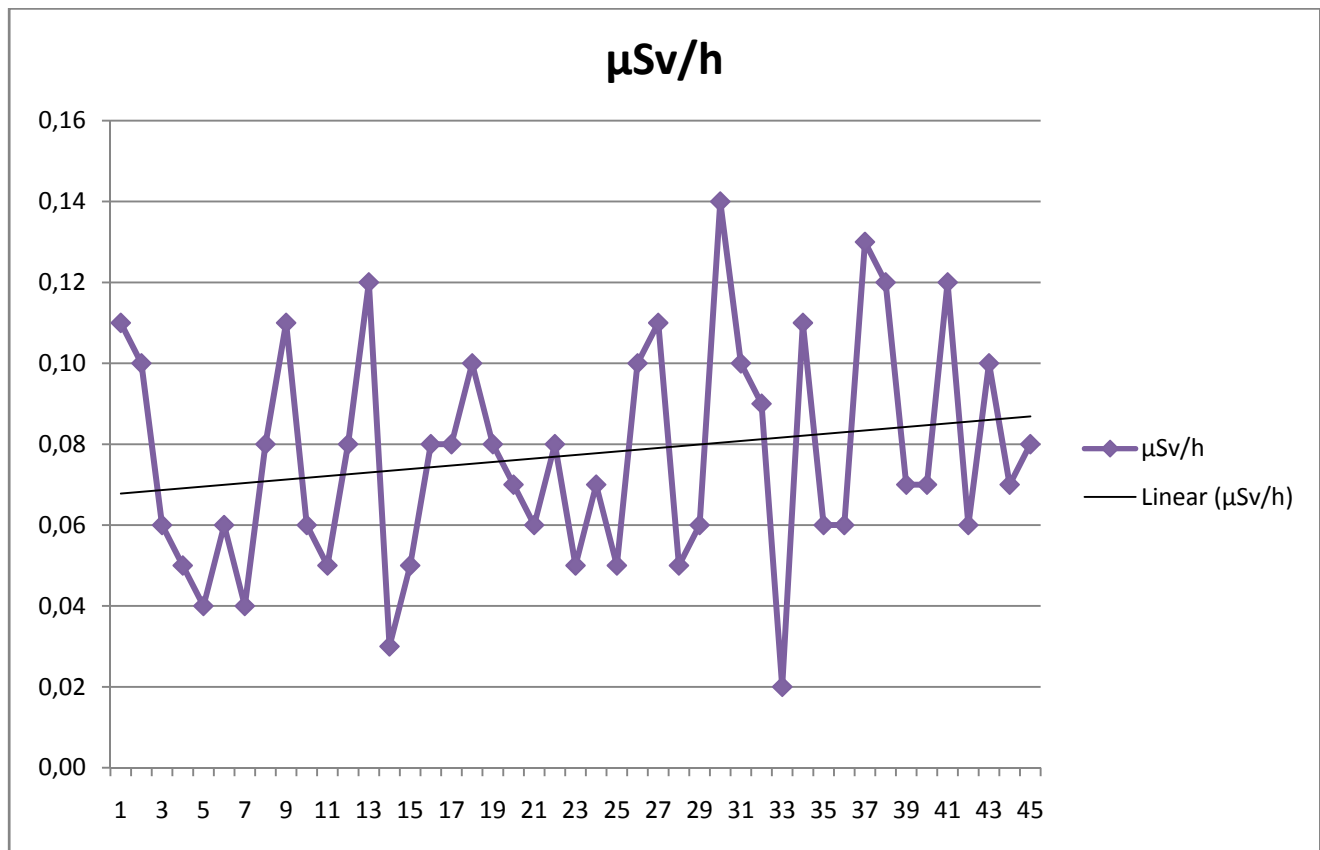
	Ισοδύναμη Δόση ($\mu\text{Sv/h}$)	I(A)	Ισοδύναμη Δόση (mRem/h)
1	0,11	249,8	11
2	0,10	248,8	10
3	0,06	248,2	6
4	0,05	249,9	5
5	0,04	248,4	4
6	0,06	247,9	6
7	0,04	246,0	4
8	0,08	243,6	8
9	0,11	250,2	11
10	0,06	249,8	6
11	0,05	249,1	5
12	0,08	244,8	8
13	0,12	252,0	12
14	0,03	251,2	3
15	0,05	250,8	5
16	0,08	248,8	8
17	0,08	248,8	8

18	0,10	249,8	10
19	0,08	248,7	8
20	0,07	247,3	7
21	0,06	246,9	6
22	0,08	243,1	8
23	0,05	250,5	5
24	0,07	248,2	7
25	0,05	245,1	5
26	0,10	243,2	10
27	0,11	247,7	11
28	0,05	244,4	5
29	0,06	244,7	6
30	0,14	260,0	14
31	0,10	242,7	10
32	0,09	245,3	9
33	0,02	253,0	2
34	0,11	252,0	11
35	0,06	246,9	6
36	0,06	245,8	6
37	0,13	245,5	13
38	0,12	243,8	12
39	0,07	253,5	7
40	0,07	253,0	7
41	0,12	245,2	12
42	0,06	255,1	6
43	0,10	251,8	10
44	0,07	249,4	7
45	0,08	263,0	8

Πίνακας 8.1



Γράφημα 8.2



Γράφημα 8.3

8.2.3 Παρατηρήσεις

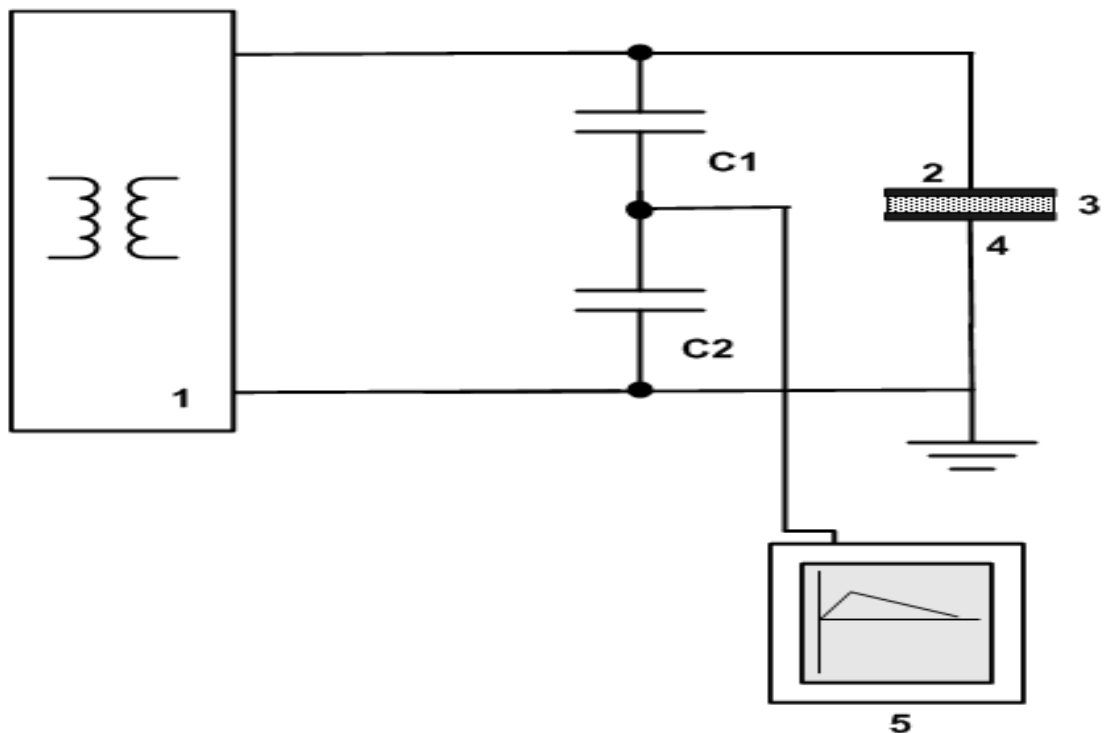
Παρατηρώντας την καμπύλη στο γράφημα 8.2 , όπου μετράται η ισοδύναμη δόση ιοντίζουσας ακτινοβολίας σε σχέση με την ένταση του ρεύματος , παρατηρείται τυχαιότητα στις τιμές της ιοντίζουσας ακτινοβολίας που δεν σχετίζεται με την ένταση του ρεύματος, ενώ παρατηρούμε ότι σε γενικές γραμμές η ένταση ακτινοβολίας παραμένει σταθερή ανεξάρτητα από την ένταση του ρεύματος. Άρα δεν υπάρχει συσχέτιση της έντασης της ιοντίζουσας ακτινοβολίας με την ένταση του ρεύματος κατά τη λειτουργία μίας ασφάλειας 250Α. Πριν και μετά τη μέτρηση η ανιχνευόμενη ιοντίζουσα ακτινοβολία από το gamma scout ήταν 0,04 $\mu\text{Sv/h}$.

Εξετάζοντας την καμπύλη στο γράφημα 8.3, όπου συσχετίζεται η ένταση της ιοντίζουσας ακτινοβολίας με το χρόνο λειτουργίας της ασφάλειας, παρατηρούμε ότι υπάρχει μία τάση αύξησης της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας ανάλογη με το χρόνο λειτουργίας της ασφάλειας. Όσο αυξάνεται ο χρόνος λειτουργίας της διάταξης τόσο αυξάνεται και η ένταση της ακτινοβολίας. Συγκεκριμένα η μέση ακτινοβολία αυξάνεται από τα 0,065 $\mu\text{Sv/h}$ σε 0,083 $\mu\text{Sv/h}$. Συγκρίνοντας όμως τα μετρούμενα μεγέθη με τα όρια ασφαλείας για πολίτες αλλά και για εργαζόμενους, παρατηρούμε ότι η εκπομπή ιοντίζουσας ακτινοβολίας από την ασφάλεια είναι σαφώς κατώτερη των θεσπισμένων ορίων ασφαλείας. Πάντως δεν μπορούμε να εξάγουμε ασφαλή συμπεράσματα για την εκπομπή ιοντίζουσας λειτουργίας όσον αφορά σε μακροχρόνια λειτουργία της διάταξης, καθώς η συμπεριφορά ενδέχεται να διαφοροποιείται. Η μακροχρόνια μελέτη της διάταξης ξεφεύγει από τους σκοπούς της παρούσας εργασίας και δεν εξετάζεται.

8.3 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΑΠΟ ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΤΟΥΣ ΜΕ ΜΕΣΗ ΤΑΣΗ

8.3.1 Πειραματική Διάταξη

Η πειραματική διάταξη που εξετάζουμε αποτελείται από μία γεννήτρια εναλλασσόμενης τάσης και έναν μονωτικό τοποθετούμε εν σειρά με δύο πυκνωτές με οποίου τη συμπεριφορά θέλουμε να εξετάσουμε κατά την τροφοδότησή του με κρουστική τάση. Τοποθετούμε το gamma scout σε απόσταση μερικών εκατοστών από το μετρούμενο μονωτικό, εντός του προστατευτικού κλωβού ασφαλείας έτσι ώστε να μπορεί να ανιχνεύσει και τα 3 είδη ακτινοβολίας. Η μέτρηση ξεκινάει από τα 10KV και καταλήγει στην τάση υπερπήδησης του μονωτικού τα 25KV. Σκοπός της πειραματικής αυτής διάταξης είναι ο εντοπισμός εκπομπής ιοντίζουσας ακτινοβολίας από το μονωτικό, ειδικά όταν αυτό λειτουργεί υπό δυσμενείς συνθήκες δηλαδή κοντά στην τάση διάσπασής του.



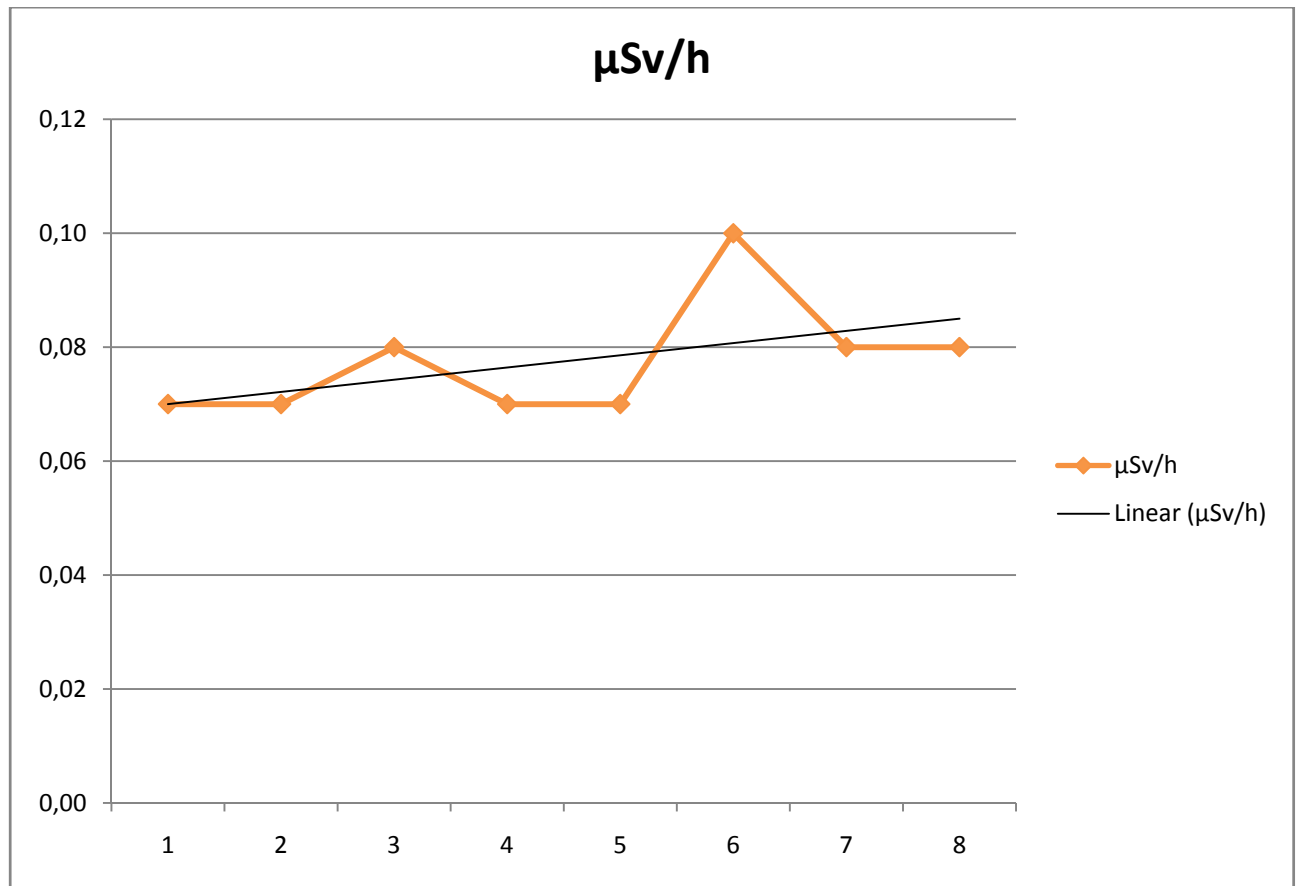
Σχήμα 8.4

8.3.2 Μετρήσεις

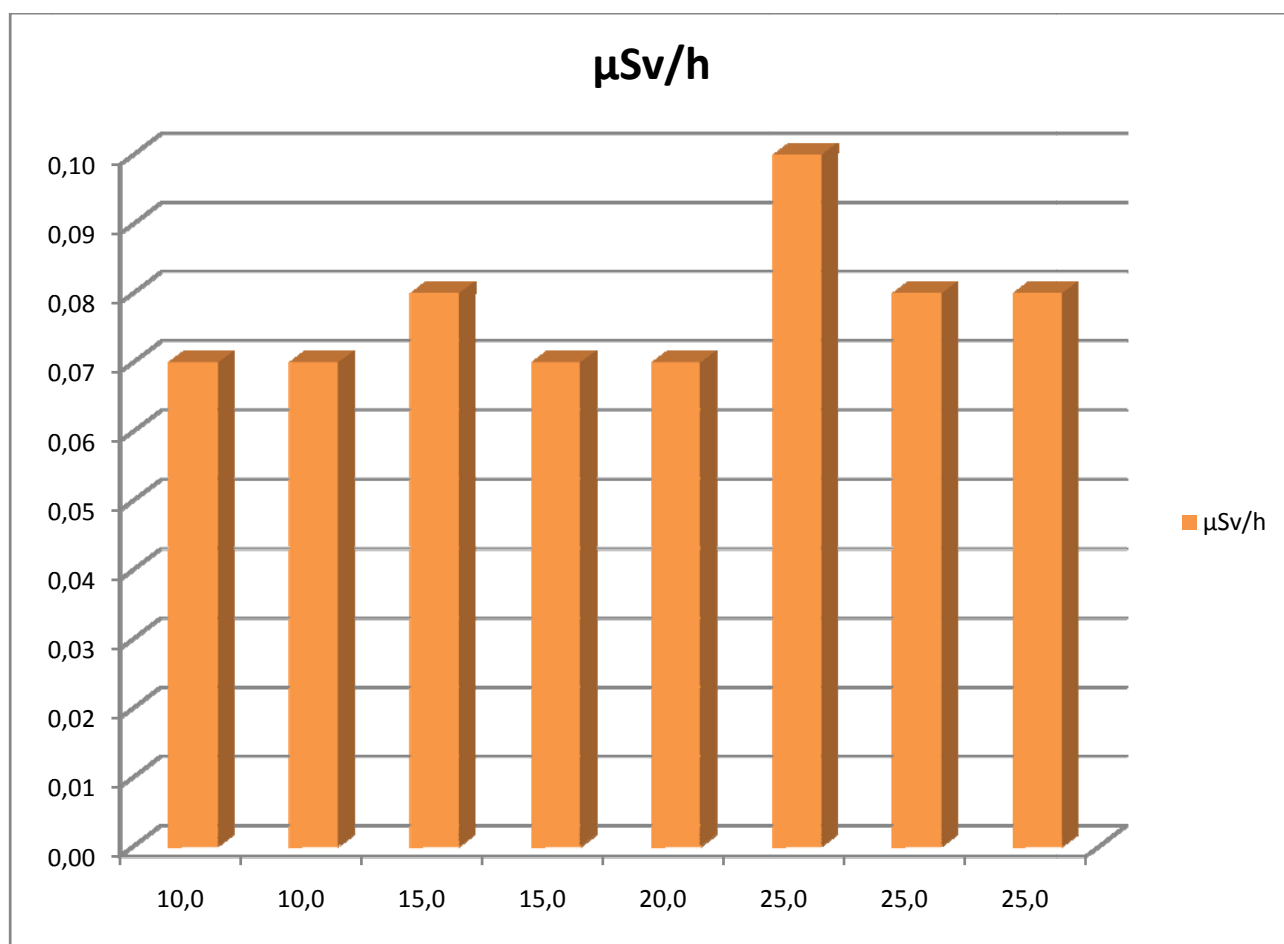
Κατά τη διεξαγωγή των μετρήσεων τροφοδοτούμε σταδιακά τη διάταξη με εναλλασσόμενο ρεύμα και αυξάνουμε τη τιμή της τάση μέχρι να αρχίσει η υπερπήδηση του μονωτικού. Τροφοδοτούμε αρχικά τη διάταξη με 10KV και αυξάνουμε σταδιακά την τάση μέχρι τα 25KV όπου παρατηρούνται σπινθηρισμοί στο μονωτικό. Το gamma scout είναι τοποθετημένο σε απόσταση ενός μέτρου από τη διάταξη. Κατά συνέπεια εντοπίζει β και γ ακτινοβολία, αλλά όχι α, καθώς τα σωματίδια α έχουν ακτίνα μερικών εκατοστών. Πριν και μετά τη μέτρηση η ανιχνευόμενη ιοντίζουσα ακτινοβολία από το gamma scout ήταν 0,04 $\mu\text{Sv/h}$.

	Ισοδύναμη Δόση ($\mu\text{Sv/h}$)	V(KV)	Ισοδύναμη Δόση (mRem)
1	0,07	10,0	7
2	0,07	10,0	7
3	0,08	15,0	8
4	0,07	15,0	7
5	0,07	20	7
6	0,10	25,0	10
7	0,08	25,0	8
8	0,08	25,0	8

Πίνακας 8.5



Γράφημα 8.6



Γράφημα 8.7

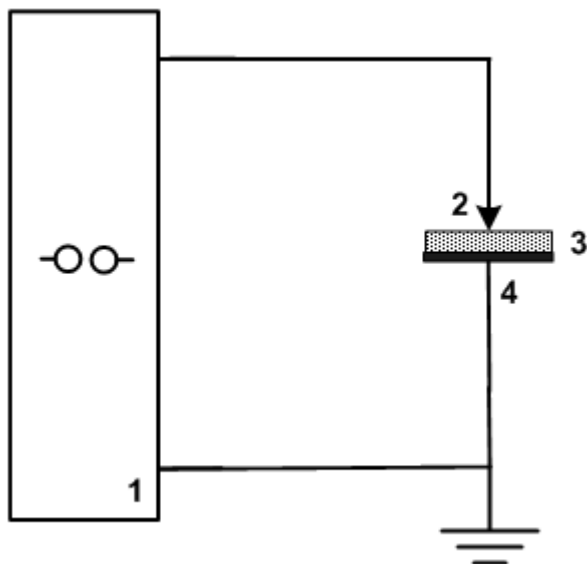
8.3.3 Παρατηρήσεις

Παρατηρώντας το γράφημα 2 θα μπορούσαμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι η αύξηση της εφαρμοζόμενης τάσης στο ελαστικό έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της εκπεμπόμενης ιοντίζουσας ακτινοβολίας. Συνδυάζοντας τις παρατηρήσεις του γραφήματος 2 με το γράφημα 1 παρατηρούμαι ότι η αύξηση της εφαρμοζόμενης τάσης συμπίπτει με την αύξηση της ώρας χρήσης του εξοπλισμού. Άρα το ασφαλέστερο συμπέρασμα που μπορούμε να καταλήξουμε είναι ότι η ιοντίζουσα ακτινοβολία εξαρτάται και από την εφαρμοζόμενη τάση αλλά και από τον χρόνο λειτουργίας της διάταξης. Επίσης συγκρίνοντας τις τιμές της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας με την ακτινοβολία υποβάθρου και με τις προηγούμενες μας μετρήσεις μπορούμε να αποκλείσουμε το ενδεχόμενο εκπομπής ιοντίζουσας ακτινοβολίας από το μονωτικό. Τέλος οφείλουμε και πάλι να παρατηρήσουμε ότι η εκπεμπόμενη ιοντίζουσα ακτινοβολία και από αυτή την πειραματική διάταξη κυμαινόταν μεταξύ 0,06 και 0,10 μSv/h τιμές που απέχουν πολύ από τα θεσπισμένα όρια ασφαλείας.

8.4 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΑΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΑΠΟ ΜΟΝΩΤΙΚΟ ΧΑΡΤΙ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ ΤΟΥ ΜΕ ΚΡΟΥΣΤΙΚΗ ΤΑΣΗ

8.4.1 Πειραματική Διάταξη

Η πειραματική διάταξη που εξετάζουμε αποτελείται από μία γεννήτρια κρουστικών τάσεων, που παράγει κρουστική τάση μέχρι 35KV και έναν μονωτικό χαρτί το οποίο τοποθετούμε σε μία διάταξη ηλεκτροδίων ακίδας πλάκας, του οποίου τη συμπεριφορά θέλουμε να εξετάσουμε κατά την τροφοδότησή του με κρουστική τάση. Τοποθετούμε το gamma scout σε απόσταση μερικών εκατοστών από το μετρούμενο μονωτικό, εντός του προστατευτικού κλωβού ασφαλείας έτσι ώστε να μπορεί να ανιχνεύσει και τα 3 είδη ακτινοβολίας. Η μέτρηση ξεκινάει από τα 5KV και καταλήγει στην τάση διάσπασης του μονωτικού. Εν προκειμένω χρησιμοποιήσαμε 2 μονωτικά χαρτιά, ένα μεγαλύτερου πάχους στην πρώτη μέτρηση και ένα μικρότερου πάχους στη δεύτερη. Η τάση διάσπασης του πρώτου μονωτικού είναι τα 30KV, ενώ η τάση διάσπασης του δεύτερου μονωτικού είναι τα 25KV. Σκοπός της πειραματικής αυτής διάταξης είναι ο εντοπισμός εκπομπής ιονίζουσα



Σχήμα 7.8

ακτινοβολίας από μονωτικό χαρτί, ειδικά όταν αυτό λειτουργεί υπό δυσμενείς συνθήκες δηλαδή κοντά στην τάση διάσπασής του.

Η πειραματική διάταξη που παρουσιάζεται στο σχήμα 8.7 αποτελείται από τα παρακάτω στοιχεία, τα οποία συνδέονται με τον τρόπο που αναφέρεται στη συνέχεια.

Στο δίκτυο 230V/50Hz συνδέεται ρυθμιζόμενος αυτομετασχηματιστής (ο οποίος όμως δε φαίνεται στο απλοποιημένο σχηματικό διάγραμμα). Σκοπός ύπαρξης του αυτομετασχηματιστή είναι μόνο λόγοι προστασίας, αφού δε μεταβάλλει καθόλου την τάση.

Ο αυτομετασχηματιστής αυτός τροφοδοτεί την γεννήτρια 1. Η γεννήτρια έχει δύο επιλογές ως προς την πολικότητα, μπορούμε να επιλέξουμε να εφαρμόσουμε θετική ή αρνητική πολικότητα. Ακόμα η μέγιστη τάση την οποία μπορεί να δώσει είναι 35KV. Στη συνέχεια περνάμε στο πεδίο δοκιμών , όπου βρίσκεται και η γεννητρία που μόλις αναφέραμε. Εκεί τροφοδοτεί έναν χωρητικό καταμεριστή τάσης, ο οποίος αποτελείται από δύο πυκνωτές με στόχο να μειωθεί το πλάτος της εφαρμοζόμενης τάσης και να είναι δυνατό να μετρηθεί αυτή ακίνδυνα. Στη σχήμα 8,7 όπως και στο εργαστήριο οι δύο αυτοί πυκνωτές δεν είναι οπτικά εμφανείς γιατί είναι ενσωματωμένοι στο εσωτερικό της γεννήτριας, οπότε και φαίνεται να είναι απευθείας συνδεδεμένη στη διάταξη «ακίδα – πλάκα»(2-4). Τα ηλεκτρόδια εφαρμογής της τάσης στο δοκίμιο έχουν τα εξής χαρακτηριστικά .

Η ακίδα έχει ακτίνα καμπυλότητας 0,9mm και η πλάκα δισκοειδής διαμέτρου 150mm. Το υλικό κατασκευής τους ήταν ο ορείχαλκος. Όσο μικρότερη είναι η ακτίνα καμπυλότητας της ακίδας , τόσο αυξάνει η τιμή του πεδίου. Ανάμεσά τους βρίσκεται το υπό εξέταση δοκίμιο (3). Το δοκίμιο είναι συνδεδεμένο σε σειρά με τον πυκνωτή μέτρησης , με τον ίδιο πυκνωτή είναι συνδεδεμένο και το άλλο άκρο της γεννήτριας. Στα άκρα του πυκνωτή γίνεται η μέτρηση της κυματομορφής του δοκιμίου. Ο πυκνωτής μέτρησης έχει τιμή 60 nF και καταλήγει στη γείωση. Ολόκληρο το πεδίο δοκιμών είναι συνδεδεμένο με αγωγό γείωσης , ο οποίος το συνδέει με το τρίγωνο γείωσης , που έχει ειδικά κατασκευαστεί και βρίσκεται στο αίθριο του κτιρίου.

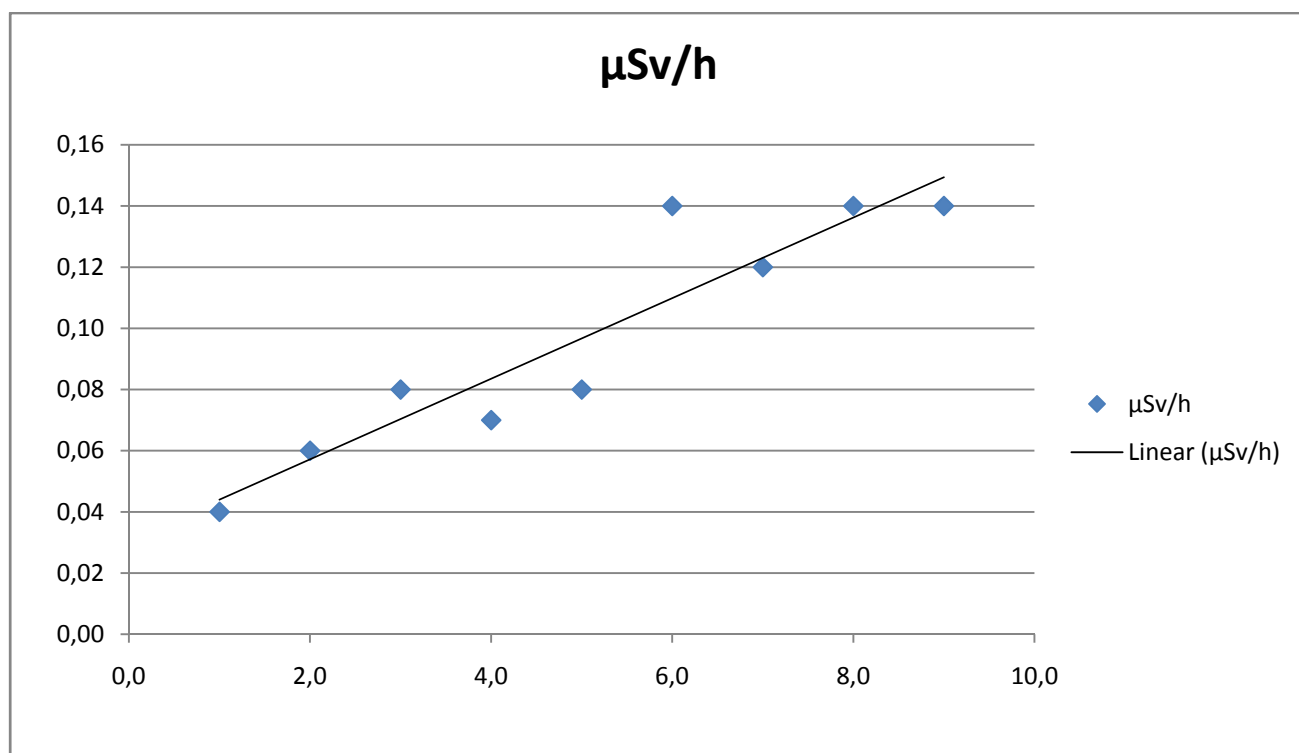
8.4.2 Μετρήσεις

Κατά τη διεξαγωγή των μετρήσεων με το πρώτο μονωτικό χαρτί παράγουμε κρουστικές τάσεις από 5 έως 30 KV, με βήμα 5KV, με σκοπό να μετρήσουμε την εκπεμπόμενη ιοντίζουσα ακτινοβολία από το μονωτικό κατά την καταπόνησή του με κρουστικές τάσεις. Στα 30KV παρατηρείται διάσπαση του δοκιμίου και επαναλαμβάνουμε τη μέτρηση έτσι ώστε να καταλήξουμε σε ασφαλή συμπεράσματα για τη συμπεριφορά του μονωτικού . Εν συνέχεια αλλάζουμε το μονωτικό χαρτί και το αντικαθιστούμε με ένα λεπτότερο και επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία που προαναφέρθηκε. Επειδή το εξεταζόμενο χαρτί είναι λεπτότερο από το προηγούμενο, η τάση διάσπασής του είναι μικρότερη από την προηγούμενη, όπως αναμενόταν, και έχει την τιμή των 25KV. Πριν και μετά τη μέτρηση η ανιχνευόμενη ιοντίζουσα ακτινοβολία από το gamma scout ήταν 0,04 $\mu\text{Sv/h}$.

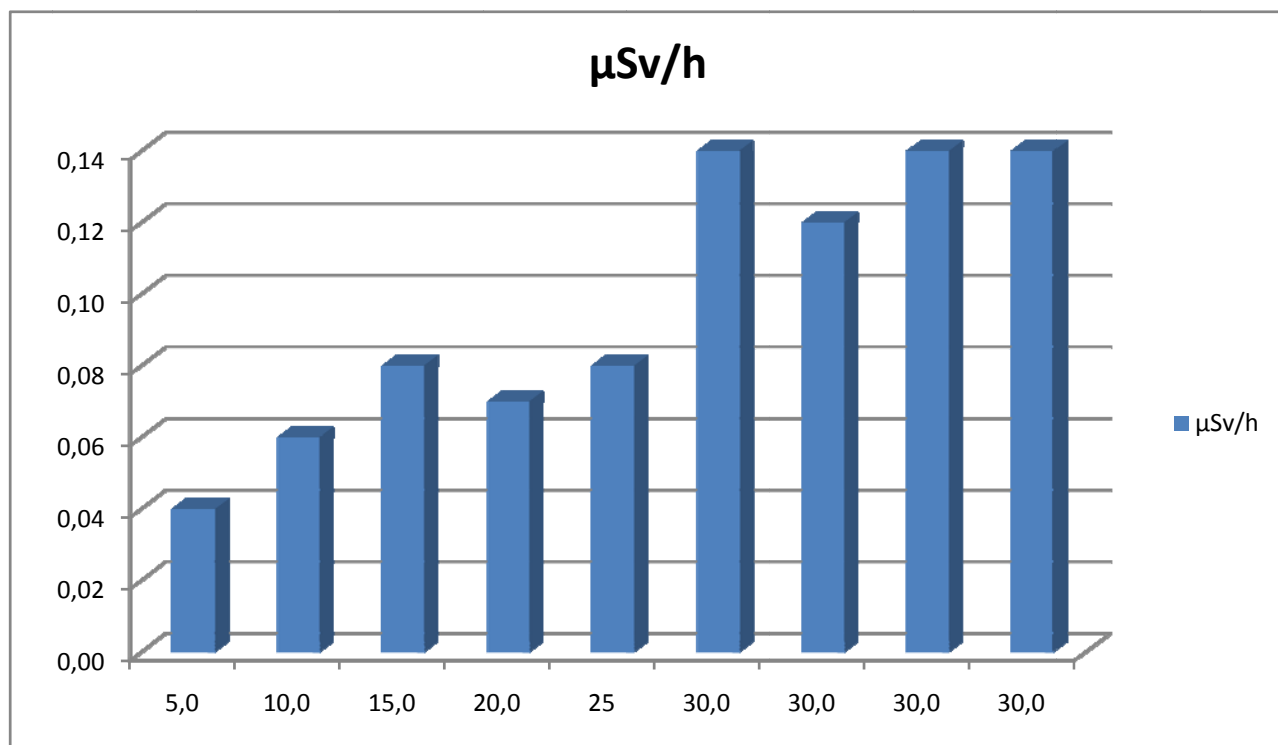
Στον πίνακα 8.9 παρουσιάζεται η μετρούμενη τάση σε KV και η μετρούμενη ιοντίζουσα ακτινοβολία σε $\mu\text{Sv/h}$ και σε mRem/h για το πρώτο μονωτικό. Στα γραφήματα 8.10 και 8.11 παρουσιάζεται η μετρούμενη ακτινοβολία σε σχέση με τον αριθμό της μέτρησης και με την εφαρμοζόμενη τάση αντίστοιχα, για το πρώτο μονωτικό.

	Ισοδύναμη Δόση ($\mu\text{Sv/h}$)	V(KV)	Ισοδύναμη Δόση (mRem)
1	0,04	5,0	4
2	0,06	10,0	6
3	0,08	15,0	8
4	0,07	20,0	7
5	0,08	25	8
6	0,14	30,0	14
7	0,12	30,0	12
8	0,14	30,0	14
9	0,14	30,0	14

Πίνακας 8.9



Γράφημα 8.10



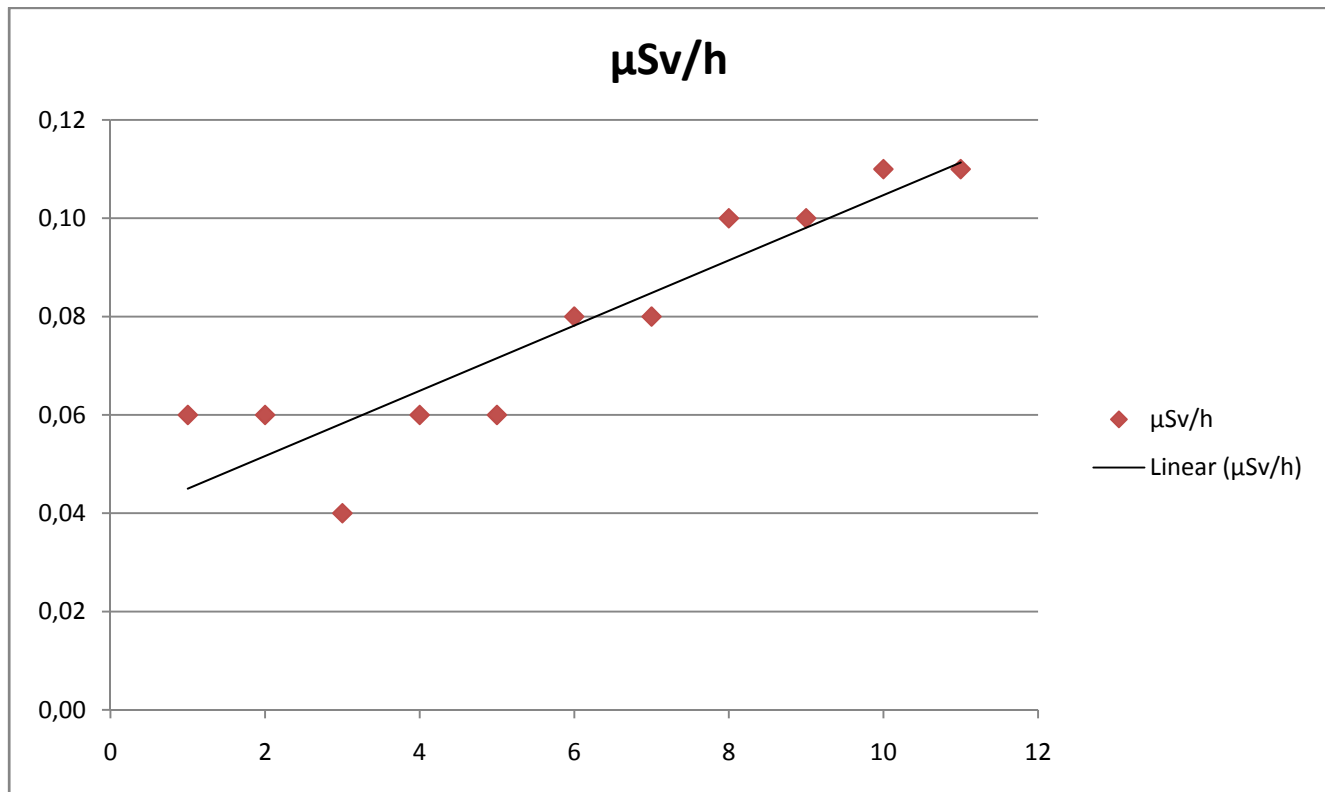
Γράφημα 8.11

Στον πίνακα 8.12 παρουσιάζεται η μετρούμενη τάση σε KV και η μετρούμενη ιοντίζουσα ακτινοβολία σε $\mu\text{Sv/h}$ και σε mRem/h για το δεύτερο μονωτικό. Στα γραφήματα 8.13 και 8.14 παρουσιάζεται η μετρούμενη ακτινοβολία σε σχέση με τον αριθμό της μέτρησης και με την εφαρμοζόμενη τάση αντίστοιχα, για το πρώτο μονωτικό.

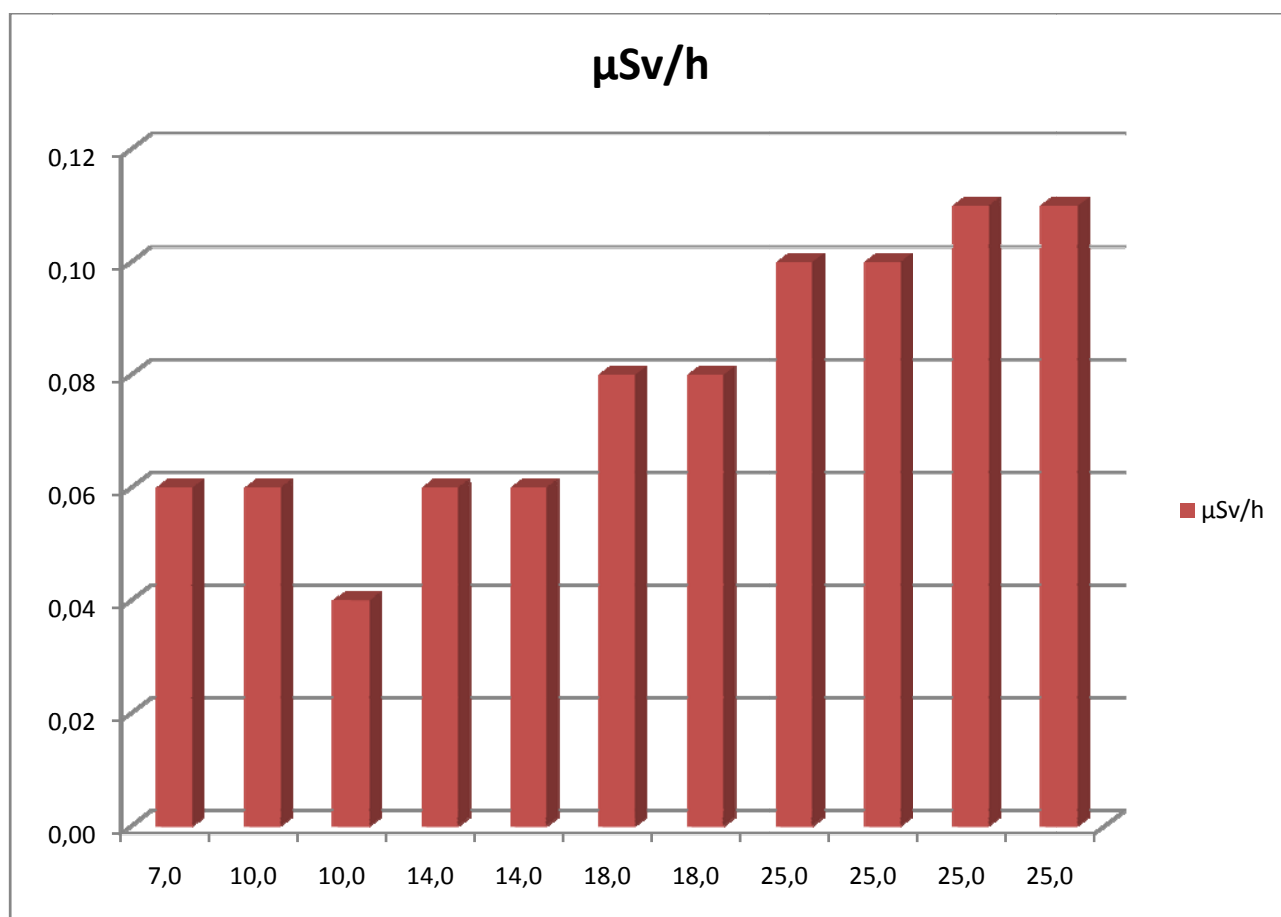
	Ισοδύναμη Δόση ($\mu\text{Sv/h}$)	V(KV)	Ισοδύναμη Δόση (mRem)
1	0,06	7,0	6
2	0,06	10,0	6
3	0,04	10,0	4
4	0,06	14,0	6
5	0,06	14	6
6	0,08	18,0	8
7	0,08	18,0	8
8	0,10	25,0	10
9	0,10	25,0	10
10	0,11	25,0	11

11	0,11	25,0	11
----	------	------	----

Πίνακας 8.12



Γράφημα 8.13



Γράφημα 8.14

8.4.3 Παρατηρήσεις

Παρατηρώντας τα γραφήματα 8.12 και 8.14 όπου παρουσιάζουμε την ιοντίζουσα ακτινοβολία σε συνάρτηση με την παραγόμενη κρουστική τάση, μπορούμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι η αύξηση της τιμής της παραγόμενης κρουστικής τάσης προκαλεί αύξηση της εκπεμπόμενης ιοντίζουσας ακτινοβολίας. Μία άλλη ερμηνεία που θα μπορούσε να δοθεί για τις συγκριτικά υψηλές τιμές που παρατηρούνται κατά τη διάρρηξη του διακένου, στα 30 και στα 25 KV στο πρώτο και στο δεύτερο πείραμα αντίστοιχα, είναι ότι οφείλονται στον ιονισμό των μορίων του αέρα λόγω της διάρρηξης του διακένου. Από τα γραφήματα 8.11 και 8.13 δεν μπορούμε να καταλήξουμε σε κάποιο ασφαλές συμπέρασμα καθώς η παραγωγή κρουστικών τάσεων δεν καταπονεί το κύκλωμα συνεχώς αλλά στιγμιαία. Τέλος οφείλουμε και πάλι να παρατηρήσουμε ότι η εκπεμπόμενη ιοντίζουσα ακτινοβολία και από αυτή την πειραματική διάταξη κυμαινόταν μεταξύ 0,06 και 0,14 $\mu\text{Sv/h}$ τιμές που απέχουν πολύ από τα θεσπισμένα όρια ασφαλείας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

Συμπεράσματα

9.1 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Συνοψίζοντας τις παραπάνω μετρήσεις μπορούμε να καταλήξουμε στους παρακάτω πίνακες όπου παρουσιάζουμε συνοπτικά τη μέση τιμή καθώς και τη μέγιστη τιμή σε $\mu\text{Sv/h}$. Όπως γνωρίζουμε οι εργαζόμενοι που εκτίθενται σε ιοντίζουσα ακτινοβολία μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες τους εργαζόμενους κατηγορίας A (Από 2000h-3600h εργασίας) και τους εργαζόμενους κατηγορίας B (<2000h εργασίας). Για αυτές τις δύο κατηγορίες εργαζομένων και σε συνδυασμό με τα δεδομένα των μετρήσεων που διεξήχθησαν προκύπτουν οι παρακάτω πίνακες που μας δείχνουν σε τι ποσοστό των ορίων ασφαλείας αντιστοιχούν οι μέγιστες και οι μέσες τιμές που μετρήσαμε.

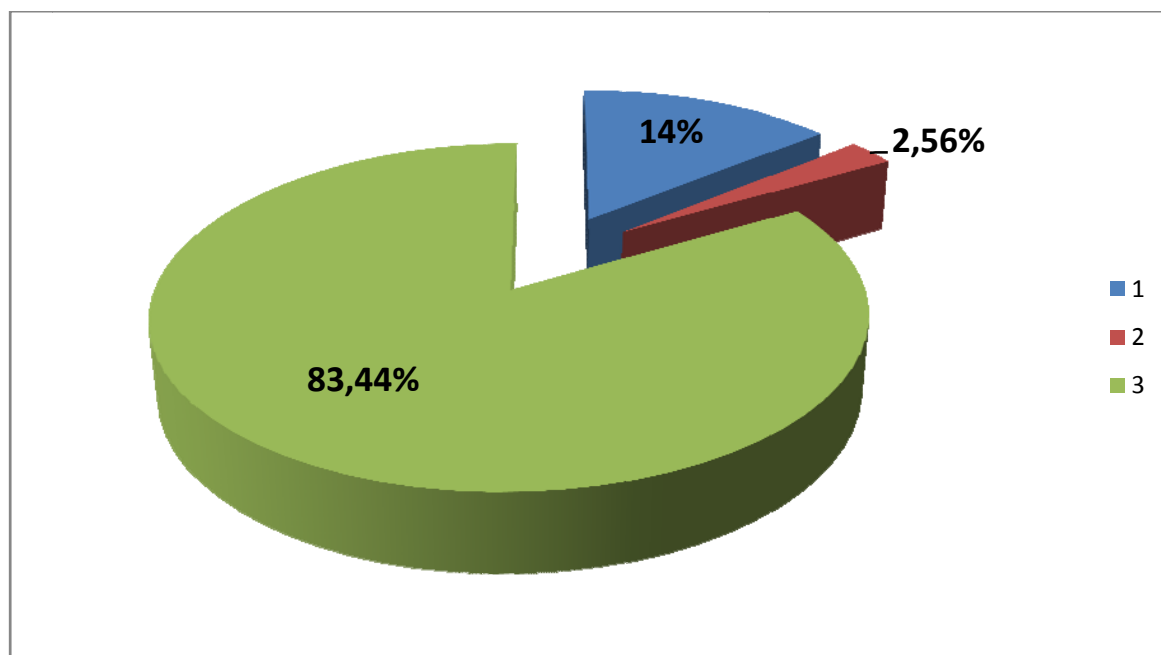
MAX	A(%)	B(%)
0,14	2,3333	4,6667
0,14	2,3333	4,6667
0,11	1,8333	3,6667
0,1	1,6667	3,3333

AVE	A(%)	B(%)
0,08	1,3333	2,6667
0,1	1,6667	3,3333
0,08	1,3333	2,6667
0,08	1,3333	2,6667

ΟΡΙΑ ΔΟΣΗΣ ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΑΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΕΕ/ΕΛΛΑΔΑΣ		
	Κατηγορία A	Κατηγορία B
p.a.	20 mSv	6 mSv
p.h.	10 μSv	3 μSv

Όπως παρατηρούμε πρόκειται για πολύ μικρά ποσοστά των επικίνδυνων δόσεων ακτινοβολίας.

Εν συνεχεία λαμβάνοντας ως δεδομένο ότι η μέση ετήσια δόση που δέχεται ένας άνθρωπος ανέρχεται σε $2,8\text{mSv/y}$ υπολογίζουμε την πρόσθετη δόση ακτινοβολίας που δέχεται ένας εργαζόμενος Κατηγορίας A στην χειρότερη των μετρηθέντων περιπτώσεων, δηλαδή εάν δέχεται $0,14\mu\text{Sv/h}$. Υποθέτοντας ότι εργάζεται τις μέγιστες επιτρεπόμενες ώρες το χρόνο (3600h) υπολογίζουμε την ετήσια δόση που οφείλεται σε Η/Μ εξοπλισμό σε $0,511\text{mSv/y}$. Παρατηρούμε ότι η συνολική δόση αυξάνεται πλέον στα $3,311\text{mSv/y}$ δηλαδή η δόση από Η/Μ εξοπλισμό αντιστοιχεί στο 15,43 % της ετήσιας δόσης ακτινοβολίας που δέχεται ο άνθρωπος. Καθώς η επικίνδυνη δόση για έναν εργαζόμενο κατηγορίας A ανέρχεται σε 20mSv/y καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η νέα ετήσια δόση ακτινοβολίας είναι το 16,56% του ορίου επικινδυνότητας και ότι η συνεισφορά της δόσης από Η/Μ εξοπλισμό ανέρχεται σε 2,56% του ορίου ασφαλείας, όπως εμφανίζεται και στο γράφημα.



8.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κατά τη λειτουργία του ηλεκτρομηχανολογικού εξοπλισμού διαπιστώσαμε ότι υπάρχει όντως εκπομπή ιοντίζουσας ακτινοβολίας. Επίσης διαπιστώσαμε αύξηση της εκπεμπόμενης ιοντίζουσας ακτινοβολίας με την καταπόνηση του Η/Μ εξοπλισμού είτε λόγω της συνεχόμενης του λειτουργίας, είτε λόγω της λειτουργίας του σε ακραίες συνθήκες. Παρ' όλα αυτά η μέγιστη ακτινοβολία που ανιχνεύσαμε ανερχόταν στα 0,14 μ Sv/h τιμή που απέχει πολύ από τα θεσπισμένα όρια ασφαλείας. Επίσης σύμφωνα με τα συγκριτικά διαγράμματα που παρουσιάσαμε παρατηρούμε ότι η ετήσια δόση από Η/Μ για την χειρότερη περίπτωση που καταγράψαμε είναι μόλις το 2,56% του ορίου επικινδυνότητας.

Άρα μπορούμε να καταλήξουμε με ασφάλεια στο συμπέρασμα ότι από τον ηλεκτρομηχανολογικό εξοπλισμό εκπέμπεται ιοντίζουσα ακτινοβολία σε πολύ μικρές δόσεις, που δεν μπορούν να προκαλέσουν βλάβες στους ανθρώπους

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1
ΕΛΛΗΝΙΚΗ – ΚΟΙΝΩΤΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ
ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΑΚΤΙΝΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Κοινοτική Νομοθεσία

European Radiation Protection Legislation

Radiation protection provisions of the Euratom Treaty

1. 91/444/EURATOM: Commission Recommendation of 26 July 1991 on the application of the third and fourth paragraphs of Article 33 of the Euratom Treaty.
2. 99/829/EURATOM: Commission Recommendation of 6 December 1999 on the application of Article 37 of the Euratom Treaty.
3. 2000/473/EURATOM: Commission Recommendation of 8 June 2000 on the application of Article 36 of the Euratom Treaty concerning the monitoring of the levels of radioactivity in the environment for the purpose of assessing the exposure of the population as a whole.
4. 2004/2/EURATOM: Commission Recommendation of 18 December 2003 on standardised information on radioactive airborne and liquid discharges into the environment from nuclear power reactors and reprocessing plants in normal operation.

Basic Safety Standards

1. 80/836/EURATOM: (repealed with effect from 13 May 2000 and replaced by Council Directive 96/29/Euratom) Council Directive of 15 July 1980 amending the Directives laying down the basic safety standards for the health protection of the general public and workers against the dangers of ionizing radiation.
2. 84/467/EURATOM: (repealed with effect from 13 May 2000 and replaced by Council Directive 96/29/Euratom) Council Directive of 3 September 1984 amending Directive 80/836/EURATOM as regards the basic safety standards for the health protection of the general public and workers against the dangers of ionizing radiation.
3. 85/C347/03: Communication from the Commission concerning the implementation of Council Directives 80/836/EURATOM and 84/467/EURATOM of 3 September 1984 amending Directive 80/836/EURATOM.
4. 96/29/EURATOM: Council Directive of 13 May 1996 laying down basic safety standards for the health protection of the general public and workers against the dangers of ionizing radiation.
5. 98/C133/03: Communication from the Commission concerning the implementation of Council Directive 96/29/EURATOM.
6. 2003/122/EURATOM: Council Directive of 22 December 2003 on the control of high-activity sealed radioactive sources and orphan sources.

Radiation Protection in the medical field

1. 84/466/EURATOM: (repealed with effect from 13 May 2000 and replaced by Council Directive 97/43/Euratom). Council Directive of 3 September 1984 laying down basic measures for the radiation protection of persons undergoing medical examination or treatment.
2. 97/43/EURATOM: Council Directive of 30 June 1997 on health protection of individuals against the dangers of ionizing radiation in relation to medical exposure, and repealing Directive 84/466/EURATOM.

Radon

1. 90/143/EURATOM: Commission Recommendation of 21 February 1990 on the protection of the public against indoor exposure to radon.
2. 2001/928/EURATOM: Commission Recommendation of 20 December 2001 on the protection of the public against exposure to radon in drinking water supplies.

Information

1. 87/600/EURATOM: Council Decision of 14 December 1987 on Community arrangements for the early exchange of information in the event of a radiological emergency. (OJ L-371 of 30/12/87 page 76).
2. 89/618/EURATOM: Council Directive of 27 November 1989 on informing the general public about health protection measures to be applied and steps to be taken in the event of a radiological emergency.
3. 91/C103/03: Commission Communication on the implementation of Council Directive 89/618/EURATOM.

Contamination of foodstuffs and feedingstuffs

Post-Chernobyl

1. 737/90/EEC: Council Regulation No 737/90 of 22 March 1990 on the conditions governing imports of agricultural products originating in third countries following the accident at the Chernobyl nuclear power-station.
2. 616/2000/EC: Council Regulation No 616/2000 of 20 March 2000 amending Regulation (EEC) No 737/90 on the conditions governing imports of agricultural products originating in third countries following the accident at the Chernobyl nuclear power station.
3. 1609/2000/EC: Commission Regulation No 1609/2000 of 24 July 2000 establishing a list of products excluded from the application of Council Regulation (EEC) No 737/90 on the conditions governing imports of agricultural products originating in third countries following the accident at the Chernobyl nuclear power station.
4. 1661/99/EC: Commission Regulation No 1661/99 of 27 July 1999 laying down detailed rules for the application of Council Regulation (EEC) No 737/90 on the conditions governing imports of agricultural products originating in third countries following the accident at the Chernobyl nuclear power-station.
5. 1621/2001/EC: Commission Regulation No 1621/2001 of 8 August 2001 amending Regulation (EC) No 1661/1999 as regards the export certificate required for agricultural products and the list of customs offices permitting the declaration of products for free circulation in the Community.
6. 1608/2002/EC: Commission Regulation (EC) No 1608/2002 of 10 September 2002 amending Regulation (EC) No 1661/1999 as regards the list of customs offices permitting the declaration of products for free circulation in the Community.
7. 274/2003/EURATOM: Commission Recommendation of 14 April 2003 on the protection and information of the public with regard to exposure resulting from the continued radioactive caesium contamination of certain wild food products as a consequence of the accident at the Chernobyl nuclear power station.

Future accidents

1. 3954/87/EURATOM: Council Regulation No 3954/87 of 22 December 1987 laying down maximum permitted levels of radioactive contamination of foodstuffs and of feedingstuffs following a nuclear accident or any other case of radiological emergency.
2. 2218/89/EURATOM: Council Regulation No 2218/89 of 18 July 1989 amending Regulation 87/3954/EURATOM laying down maximum permitted levels of radioactive contamination of foodstuffs and of feedingstuffs following a nuclear accident or any other case of radiological emergency.

3. 770/90/EURATOM: Commission Regulation No 770/90 of 29 March 1990 laying down maximum permitted levels of radioactive contamination of feeding stuffs following a nuclear accident or any other case of radiological emergency.
4. 944/89/EURATOM: Commission Regulation No 944/89 of 12 April 1989 laying down maximum permitted levels of radioactive contamination in minor foodstuffs and of feedingstuffs following a nuclear accident or any other case of radiological emergency.
5. 2219/89/EEC: Council Regulation No 2219/89 of 18 July 1989 on the special conditions for exporting foodstuffs and feedingstuffs following a nuclear accident or any other case of radiological emergency.

Outside workers

1. 90/641/EURATOM: Council Directive of 4 December 1990 on the operational protection of outside workers exposed to the risk of ionizing radiation during their activities in controlled areas.

Shipments of radioactive waste and substances

1. 92/3/EURATOM: Council Directive of 3 February 1992 on the supervision and control of shipments of radioactive waste between Member States and into and out of the Community.
2. 94/C224/02: Communication concerning Council Directive 92/3/EURATOM.
3. 93/552/EURATOM: Commission Decision of 1 October 1993 establishing the standard document for the supervision and control of shipments of radioactive waste referred to in council Directive 92/3/EURATOM.
4. 93/1493/EURATOM: Council Regulation of 8 June 1993 on shipments of radioactive substances between Member States.
5. 93/C335/02: Communication concerning Council Regulation (Euratom) No 1493/93.

International Conventions

1. 1999/819/EURATOM: Commission Decision of 16 November 1999 concerning the accession to the 1994 Convention on Nuclear Safety by the European Atomic Energy Community (EURATOM).
2. REPORT On the implementation of the obligations of the Convention on Nuclear Safety COM (2001)568.

Main Radiation Protection Publications

- Document 140: "Cosmic radiation exposure of aircraft crew"
- Document 139: "A review of consumer products containing radioactive substances in the European Union"
- Document 136: "European Guidelines on Radiation Protection in Dental Radiology"
- Document 135: "Effluent and dose control from European Union NORM industries: Assessment of current situation and proposal for a harmonised Community approach"
- Document 134: "Evaluation of the application, of the concepts of exemption and clearance for practices according to title III of Council Directive 96/29/Euratom of 13 May 1996 in EU Member States"
- Document 133: "The status of the radiation protection expert in the EU Member States and applicant countries"
- Document 132: "MARINA II - Update of the MARINA Project on the radiological exposure of the European Community from radioactivity in North European marine waters"
- Document 131: "Effects of in utero exposure to ionising radiation during the early phases of pregnancy"
- Document 129: "Guidance on the realistic assessment of radiation doses to members of the public due to the operation of nuclear installations under normal conditions"
- Document 125: "Low Dose Ionizing Radiation and Cancer Risk"

- Document 124: "Radiological considerations with regard to the remediation of areas affected by lasting radiation exposure as a result of a past or old practice or work activity"
- Document 122: "Practical Use of the Concepts of Clearance and Exemption Part I: Guidance on General Clearance Levels for Practices Part II: Application of the Concepts of Exemption and Clearance to Natural Radiation Sources"
- Document 121: "Thyroid diseases and exposure to ionising radiation: Lessons learned following the Chernobyl accident"
- Document 118: "Referral guidelines for imaging"
- Document 117: "Methodology and models used to calculate individual and collective doses from the recycling of metals from the dismantling of nuclear installations"
- Document 116: "Guidelines on education and training in radiation protection for medical exposures"
- Document 114: "Definition of Clearance Levels for the Release of Radioactively Contaminated Buildings and Building Rubble"
- Document 113: "Recommended radiological protection criteria for the clearance of buildings and building rubble from the dismantling of nuclear installations"
- Document 112: "Radiological Protection Principles concerning the Natural Radioactivity of Building Materials"
- Document 109: "Guidance on diagnostic reference levels (DRLs) for medical exposures"
- Document 100: "Guidance for protection of unborn children and infants irradiated due to parental medical exposures"
- Document 99: "Guidance on medical exposures in medical and biomedical research"
- Document 97: "Radiation Protection following Iodine-131 therapy (exposures due to out-patients or discharged in-patients)"
- Document 91: "Criteria for acceptability of radiological (including radiotherapy) and nuclear medicine installations"

Non Ionizing Radiation

1999/519/EC: Council Recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz).

Ελληνική Νομοθεσία

"Περί κυρώσεως της υπογραφείσης την 1ην Ιουλίου 1968 Συνθήκης περί μη διαδόσεως των πυρηνικών όπλων", Νομοθετικό Διάταγμα υπ' αριθ. 437, ΦΕΚ 49/Α/26-02-1970.

"Περί των όρων ιδρύσεως και λειτουργίας πυρηνικών εγκαταστάσεων", Νομοθετικό διάταγμα υπ' αριθ. 854, ΦΕΚ 54/Α/18-03-1971.

Συμφωνία μεταξύ της Ελλάδας και του Διεθνούς Οργανισμού Ατομικής Ενέργειας για SAFEGUARDS (ΔΟΑΕ), 17-11-1972.

"Περί προστασίας εξ ιοντιζουσών ακτινοβολιών", Νομοθετικό διάταγμα υπ' αριθ. 181, ΦΕΚ 347/Α/20-11-1974.

"Περί καθορισμού προϋποθέσεων, διαδικασίας κλπ. δια την παροχή προς τη ΔΕΗ αδείας ιδρύσεως πυρηνικής εγκαταστάσεως επί σκοπώ παραγωγής ηλεκτρικής

ενέργειας εις συγκεκριμένον τόπον ή αλλαγής του τόπου αυτού", Προεδρικό Διάταγμα υπ' αριθ. 610, ΦΕΚ 130/A/23-08-1978.

Κύρωση Σύμβασης για τη φυσική προστασία του πυρηνικού υλικού, Νόμος υπ' αριθ. 1636, ΦΕΚ 106 /A/18-07-1986.

"Σύσταση της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας", Νόμος υπ' αριθ. 1733 (άρθρο 28), ΦΕΚ 171/A/22-09-1987.

"Κύρωση του Πρωτοκόλλου που τροποποιεί τη σύμβαση για την αστική ευθύνη στον τομέα πυρηνικής ενέργειας της 29ης Ιουλίου 1960, τροποποιήθηκε από το πρόσθετο Πρωτόκολλο της 28 ης Ιανουαρίου 1964", Νόμος υπ' αριθ. 1758, ΦΕΚ 44/A/10-03-1988.

Κύρωση Σύμβασης για αρωγή σε περίπτωση πυρηνικού ατυχήματος ή κατάσταση έκτακτης ραδιολογικής ανάγκης", Νόμος υπ' αριθ. 1937, ΦΕΚ Νο 35/A/11/13-03-1991.

Κύρωση Σύμβασης για την έγκαιρη γνωστοποίηση σε περίπτωση πυρηνικού ατυχήματος", Νόμος υπ' αριθ. 1938, ΦΕΚ 36/A/11/13-03-1991.

"Έλεγχος Διακίνησης Πυρηνικών Υλικών, εξοπλισμών και τεχνολογίας που επηρεάζουν την εθνική άμυνα και ασφάλεια", Υπουργική Απόφαση υπ' αριθ. 5408/E3/2362/Φ. NSG, ΦΕΚ 730/B/21-09-1993.

"Οργανισμός της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας", Π.Δ. Νο 404, ΦΕΚ 173, 5/10/93

"Κανονισμός ενημέρωσης του πληθυσμού για τα εφαρμοστέα μέτρα της υγείας και την ακολουθητέα συμπεριφορά σε περίπτωση εκτάκτου κινδύνου από ακτινοβολίες", Υπουργική Απόφαση υπ' αριθ. 2739, ΦΕΚ 165 /B/ 15-03-1994.

Οργάνωση Πολιτικής Προστασίας και άλλες διατάξεις, Υπουργική απόφαση υπ' αριθ. 2344, ΦΕΚ 212/A/11-10-1995.

"Προστασία στην πράξη των εξωτερικών εργαζομένων που εκτίθενται σε κίνδυνο από ιοντίζουσες ακτινοβολίες κατά την διάρκεια των δραστηριοτήτων τους σε ελεγχόμενη περιοχή." Υπ.Απ. 9087(ΦΟΡ)1004, ΦΕΚ 849B, 13/9/96.

"Επιτήρηση και έλεγχος των αποστολών ραδιενεργών αποβλήτων μεταξύ της Ελλάδας και των λοιπών κρατών-μελών της κοινότητας καθώς και προς και από την κοινότητα", Προεδρικό διάταγμα υπ' αριθ. 22, ΦΕΚ 20/A/26-02-1997.

"Κύρωση Σύμβασης για την Πυρηνική Ασφάλεια", Νόμος υπ' αριθ. 2480, ΦΕΚ Νο70/A/14-05-1997.

Κύρωση του Πρόσθετου Πρωτοκόλλου κατ' εφαρμογή του άρθρου ΙΙΙ, παράγραφοι (1) και (4), της Συνθήκης για τη μη εξάπλωση των πυρηνικών όπλων", Νόμος υπ' αριθ. 2805, ΦΕΚ Νο50/A/3-3-2000.

"Μέτρα προφύλαξης του κοινού από την λειτουργία κεραιών εγκατεστημένων στην ξηρά", Κοινή Υπουργική Απόφαση υπ' αριθ. 53571/3839, ΦΕΚ, Αρ. 1105, Τεύχος Δεύτερο, 6/9/2000.

"Κανονισμός Ακτινοπροστασίας" Υπ.Απ. 1014(ΦΟΡ)94, ΦΕΚ 216B 6/3/2001.

"Έγκριση Κανονισμών Ακτινοπροστασίας", Κοινή Υπουργική Απόφαση υπ' αριθ. 1014(ΦΟΡ) 94, ΦΕΚ 216/B/6-3-2001.

"Μέτρα προφύλαξης του κοινού από την λειτουργία διατάξεων εκπομπής ηλεκτρομαγνητικών πεδίων χαμηλών συχνοτήτων", Κοινή Υπουργική Απόφαση υπ' αριθ. 3060(ΦΟΡ)238, ΦΕΚ, Αρ. 512, Τεύχος Δεύτερο, 25/4/2002.

"Περί ηλεκτρονικών επικοινωνιών και άλλες διατάξεις", Νόμος υπ' αριθ. 3431, ΦΕΚ 13/A/3-2-2006.

"Έλεγχος των κλειστών πηγών υψηλής ραδιενέργειας και των έκθετων πηγών", Κοινή Υπουργική Απόφαση υπ'αριθ. 10828/ΕΦΑ (1897), ΦΕΚ 859/10-7-2006.

"Κανονισμός απόδοσης στην Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας Ετήσιου Τέλους Εγκατάστασης και Λειτουργίας Κατασκευών Κεραιών ", Κοινή Υπουργική Απόφαση υπ' αριθ. 417/1, ΦΕΚ 183/14-2-2007.

"Προσδιορισμός ύψους του παραβόλου το οποίο καταβάλλεται στην Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (Ε.Ε.Α.Ε.) για τον έλεγχο τήρησης των ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ", Κοινή Υπουργική Απόφαση υπ' αριθ. 8701/118, ΦΕΚ 302/7-3-2007.

"Καθορισμός Διαγνωστικών Επιπέδων Αναφοράς (ΔΕΑ) για την ακτινολογική εξέταση της μαστογραφίας και Καθοδηγητικών Επιπέδων Δόσεων (ΚΕΔ) για τις διαγνωστικές εξετάσεις πυρηνικής ιατρικής", ΦΕΚ 2345, Τεύχος Δεύτερο, 11-12-2007.

"Τρόπος διενέργειας των μετρήσεων για την τήρηση των ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία από κάθε κεραία", Κοινή Υπουργική Απόφαση υπ' αριθ. 2300 ΕΦΑ (493), ΦΕΚ 346/B/3-3-2008.

Κανονισμός Ακτινοπροστασίας

ΥΠΟΥΡΓΙΚΕΣ ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ & ΕΓΚΡΙΣΕΙΣ ΟΙ ΥΠΟΥΡΓΟΙ ΕΘΝΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ, ΕΡΓΑΣΙΑΣ, ΥΓΕΙΑΣ, ΠΡΟΝΟΙΑΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Έχοντας υπόψη:

1. Τις διατάξεις του άρθρου 1 παρ. 1, 2, 3 και 4 του Ν. 1338/1983 «Εφαρμογή του Κοινοτικού Δικαίου», όπως τροποποιήθηκε με το άρθρο 6 του Ν. 1440/1984 «Συμμετοχή της Ελλάδος στο κεφάλαιο, στα αποθεματικά και στις προβλέψεις της Ευρωπαϊκής Τράπεζας Επενδύσεων, στο κεφάλαιο της Ευρωπαϊκής Κοινότητας Άνθρακος και Χάλυβος και του Οργανισμού Εφοδιασμού ΕΥΡΑΤΟΜ» (Α 70), και με το άρθρο 65 του Ν. 1892/1990 (Α 101).
2. Τις διατάξεις του άρθρου 5 παρ. 3 του Ν.Δ. 181/1974 (ΦΕΚ Α 347).
3. Τις διατάξεις του άρθρου 2 του Ν. 854/1971 (ΦΕΚ Α 54).
4. Τις διατάξεις του Ν. 1514/1985 «Ανάπτυξη της επιστημονικής και τεχνολογικής έρευνας» (ΦΕΚ Α 13).
5. Τις διατάξεις του άρθρου 28 παρ. 2 εδ. (γ) του Ν. 1733/87 (ΦΕΚ Α 171) «Μεταφορά τεχνολογίας, εφευρέσεις, τεχνολογική καινοτομία και σύσταση Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας».
6. Τις διατάξεις του Ν. 1558/1985 «Κυβέρνηση και Κυβερνητικά Όργανα» (ΦΕΚ Α137).
7. Την υπ' αριθ. Υ 1250/15.1.1991 απόφαση Πρωθυπουργού «Συμπλήρωση της Υ 1201/5.10.1990 απόφασης του Πρωθυπουργού» (ΦΕΚ Β 10).
8. Την αρ. Υ 1059/90 απόφαση του Πρωθυπουργού, αποφασίζουμε:

Εγκρίνουμε τους εξής κανονισμούς ακτινοπροστασίας:
ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΑΚΤΙΝΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ
ΣΚΟΠΟΣ

Οι παρόντες Κανονισμοί αποσκοπούν στην προστασία ανθρώπων, αγαθών και περιβάλλοντος από τις επιβλαβείς επιδράσεις των ιοντιζουσών ακτινοβολιών που προέρχονται από τις ειρηνικές χρήσεις τους. Έχουν συνταχθεί βάσει της ισχύουσας νομοθεσίας, Ν.Δ.854/71, Ν.Δ.181/1974, Ν.1181/1981, Ν.1568/1985, Ν.1733/1987, Ν.Δ. 211/47, Ν.Δ. 1287/49, Ν.1146/81, Ν.3482/86, Ν.1741/88, και της εναρμόνισης της Ελληνικής νομοθεσίας με την Οδηγία 96/29 Ευρατόμ του Συμβουλίου της 31 Μαΐου 1996 για τον καθορισμό των βασικών κανόνων ασφαλείας για την προστασία της υγείας των εργαζομένων και του πληθυσμού από τους κινδύνους που προκύπτουν από ιοντιζουσες ακτινοβολίες και με την Οδηγία 97/43 Ευρατόμ του Συμβουλίου της 30 Ιουνίου 1997 για την προστασία των ατόμων από τους κινδύνους που προκύπτουν από ιοντιζουσες ακτινοβολίες σε σχέση με την ιατρική έκθεση.

Στο πρώτο μέρος των Κανονισμών περιλαμβάνονται οι βασικές προϋποθέσεις και απαιτήσεις ακτινοπροστασίας για την άσκηση δραστηριοτήτων που εγκυμονούν κινδύνους από ιοντιζουσες ακτινοβολίες. Στο δεύτερο μέρος αναγράφονται οι προϋποθέσεις χορηγήσεως άδειών για την άσκηση δραστηριοτήτων με ιοντιζουσες ακτινοβολίες. Στα επόμενα μέρη (3-11) περιγράφονται αναλυτικά οι ειδικές προϋποθέσεις και απαιτήσεις ακτινοπροστασίας σχετικά με τις συγκεκριμένες δραστηριότητες στις οποίες αναφέρονται. Στο Μέρος 12 αναφέρονται τα Παραρτήματα με τους σχετικούς Πίνακες.

Η λέξη «πρέπει» χρησιμοποιείται στους παρόντες Κανονισμούς για να υποδείξει υποχρεωτικές απαιτήσεις, η δε λέξη «συνιστάται» προκειμένου να γίνουν σκόπιμες, αλλά όχι υποχρεωτικά ακολουθητέες συστάσεις.

- ΜΕΡΟΣ 1: ΑΡΧΕΣ ΑΚΤΙΝΟΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ
- ΜΕΡΟΣ 2: ΑΔΕΙΕΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΩΝ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΩΝ
- ΜΕΡΟΣ 3: ΑΚΤΙΝΟΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ
- ΜΕΡΟΣ 4: ΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΘΕΡΑΠΕΥΤΙΚΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΙΑΤΡΙΚΗΣ
- ΜΕΡΟΣ 5: ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΑΚΤΙΝΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ
- ΜΕΡΟΣ 6: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΗ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΩΝ ΚΑΤΑΛΟΙΠΩΝ
- ΜΕΡΟΣ 7: ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΩΝ ΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑ, ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ
- ΜΕΡΟΣ 8: ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΡΑΔΙΟΓΡΑΦΗΣΕΩΝ
- ΜΕΡΟΣ 9: ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΗΤΩΝ ΚΛΕΙΣΤΩΝ ΠΗΓΩΝ
- ΜΕΡΟΣ 10: ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΙΤΑΧΥΝΤΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ
- ΜΕΡΟΣ 11: ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΩΝ ΥΛΙΚΩΝ
- ΜΕΡΟΣ 12: ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. <http://www.gammascout.com/index.html>
2. <http://www.cirms.org/>
3. http://www.bipm.org/en/si/history-si/radioactivity/radium_standards.html
4. <http://www.eeae.gr/>
5. <http://www.iaea.org/>
6. http://ec.europa.eu/energy/index_en.html
7. <http://www.wikipedia.com/>
8. <http://www.cen.eu/cenorm/sectors/sectors/iss/activity/ebif.asp>
9. <http://www.arpansa.gov.au/radiationprotection/basics/index.cfm>
10. <http://www.npl.co.uk/server.php?show=nav.316>
11. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/phs149.html>
12. <http://www.hse.gov.uk/radiation/ionising/publications.html>
13. http://www.irs.inms.nrc.ca/papers/irs_www/irs_www.html
14. <http://www.umich.edu/%7Eradinfo/>

<http://www.epa.gov/radiation/docs/402-f-06-061.pdf>
16. <http://www.epa.gov/radiation/students/types.html>
17. http://www.irs.inms.nrc.ca/inms/irs/papers/irs_www/irs_www.html ,Published in *Physics in Canada*, Vol 51(#4) 1995, 178 – 181, July 12, 1995
18. **RADIATION AND RADIOLOGICAL PROTECTION**,
JOHN M. WEST, B.S., M.S., Vice President, General Nuclear Engineering Corporation, formerly Associate Director, Reactor Engineering Division, Argonne National Laboratory.
19. **FACT SHEET ON BIOLOGICAL EFFECTS OF RADIATION, USNRC**
20. **SURFACE CHARGING AND X-RAY EMISSION FROM INSULATOR SURFACES INDUCED BY COLLISIONS WITH HIGHLY CHARGED IONS: RELEVANCE TO COMETARY AND PLANETARY SPECTROSCOPY**
N. Djuric, J. A. Lozano, S. J. Smith, and A. Chutjian
Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, CA 91109
21. **CANCER RISKS ATTRIBUTABLE TO LOW DOSES OF IONIZING RADIATION: ASSESSING WHAT WE REALLY KNOW**

David J. Brenner^{a,b}, Richard Dolc, Dudley T. Goodhead, Eric J. Halla, Charles E. Lande, John B. Littlef, Jay H. Lubing, Dale L. Preston^h, R. Julian Prestonⁱ, Jerome S. Puskinj, Elaine Rone, Rainer K. Sachsk, Jonathan M. Samet^l, Richard B. Setlowm, and Marco Zaidern
12. Pierce, D. A. & Preston, D. L. (2000) *Radiat. Res.* **154**, 178–186.
Cardis, E., Gilbert, E. S., Carpenter, L., Howe, G., Kato, I., Armstrong, B. K., Beral, V., Cowper, G., Douglas, A., Fix, J., *et al.* (1995) *Radiat. Res.* **142**, 117–132.

22. RADIATION RISK IN PERSPECTIVE

POSITION STATEMENT OF THE HEALTH PHYSICS SOCIETY*, Adopted: January 1996, Reaffirmed: March 2001, Revised: August 2004, Richard J. Burk, Jr.

23. Radiation Safety Manual

Central Michigan University, 2009 Edition

24. RADIATION UNITS AND THE MEASUREMENT OF IONIZING RADIATION

F W Spiers

Department of Medical Physics
University of Leeds

25. ΟΔΗΓΙΑ 2003/122/ΕΚ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ

της 22ας Δεκεμβρίου 2003

για τον έλεγχο των κλειστών πηγών ραδιενέργειας και των ένθετων πηγών

26. BIOLOGICAL EFFECTS OF IONIZING RADIATION

*Rutgers University, Department of Environmental Sciences by Alan Appleby, Ph.D.,
Martin Costello, M.S. and Steven Rose,*

27. INES Manual

28. **CRYOGENIC RADIATION effects on ELECTRIC INSULATORS"** R. II. KKKNOHAN, C. J. LONG, AND R. R. COLTMAN, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, Tennessee 37830, USA

29. **FOURTH REPORT ON NEEDS IN IONIZING RADIATION MEASUREMENTS AND STANDARDS** Prepared by the CIRMS Science and Technology Committee

30. **BEIR VII: HEALTH RISKS FROM EXPOSURE TO LOW LEVELS OF IONIZING RADIATION**

31. **ITER AND FUSION REACTOR ASPECTS, RADIATION PROBLEMS FOR INSULATORS IN ITER AND BEYOND**

E.R. Hodgson

Euratom / CIEMAT Fusion Association, 28040 Madrid, Spain

32. **RADIATION SOURCES IN THE EU BY VITTORIO CIANI, A REVIEW OF STEPS IN THE EUROPEAN UNION**

33. **THE BASICS OF IONIZING RADIATION**

Canadian Nuclear Safety Commission

34. **I.A. Σταθόπουλος, "Υψηλές Τάσεις I"**, Εκδόσεις Συμμεών, Αθήνα.

35. **Δέρβος Κ.Θ., "Μονωτικά υλικά υψηλών τάσεων"**, εκδόσεις Ε.Μ.Π. 1997

36. **Μπούρκας Π.Δ., "Εφαρμογές κτιριακών – βιομηχανικών μελετών και εγκαταστάσεων"**, εκδόσεις Συμμεών 1992

37. **Σταθόπουλος Ι.Α., Μπούρκας Π.Δ., Τοπαλής Φ.Β., “Μετρήσεις και δοκιμές υψηλών τάσεων”**, εκδόσεις Ε.Μ.Π. 1991
38. **Δέρβος Κ.Θ., Μπούρκας Π.Δ., “Εισαγωγή στα ηλεκτρομονωτικά υλικά”**, εκδόσεις Ε.Μ.Π. 1991