

Η ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΤΗ ΖΩΗ ΜΑΣ



Η ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΣΤΗ ΖΩΗ ΜΑΣ

ΛΕΥΚΩΣΙΑ 2016
Αναθεωρημένη έκδοση 2020

Σημείωση: Η εικόνα του εξωφύλλου είναι η πρώτη ακτινογραφία, η οποία λήφθηκε στις 23.01.1896 από τον Γερμανό Φυσικό Wilhelm Röntgen στο χέρι της συζύγου του. Ο Wilhelm Röntgen ανακάλυψε τις ακτίνες-X το 1895.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....	5
2. Άτομο και ακτινοβολία.....	6
3. Τύποι ακτινοβολίας.....	9
4. Τεχνητές πηγές ακτινοβολιών και η χρήση τους για ειρηνικούς σκοπούς.....	12
5. Δόση ακτινοβολίας.....	14
6. Προστασία από τη ραδιενέργεια.....	16
7. Βιολογικές επιδράσεις.....	20
8. Ακτινοβολία και ιατρικές εφαρμογές.....	21
9. Ακτινοβολία και εγκυμοσύνη.....	22
10. Εξωτερικές και εσωτερικές πηγές ακτινοβόλησης.....	23
11. Πηγές εξωτερικής ακτινοβόλησης.....	24
11.1. Ακτινοβολία του εδάφους.....	24
11.2. Κοσμική ακτινοβολία.....	24
12. Πηγές εσωτερικής ακτινοβόλησης.....	27
12.1. Ραδιοϊσότοπα από την τροφική αλυσίδα.....	27
12.2. Ραδιοϊσότοπα από την εισπνοή.....	28
13. Οι κίνδυνοι και τα οφέλη από τη χρήση ιονίζουσας ακτινοβολίας.....	30
14. Πληροφόρηση για θέματα ιονίζουσας ακτινοβολίας.....	31

Εικόνα 1:	Ιονισμός του ατόμου.....	6
Εικόνα 2:	Καμπύλη χρόνου ημιζωής.....	7
Εικόνα 3:	Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα - Ιονίζουσα και μη ιονίζουσα ακτινοβολία.....	9
Εικόνα 4:	Διεισδυτικότητα των διαφόρων τύπων ακτινοβολίας.....	11
Εικόνα 5:	Το συμπληρωματικό σήμα για τη σήμανση ραδιενεργών πηγών.....	12
Εικόνα 6:	Εφαρμογές της ιονίζουσας ακτινοβολίας.....	13
Εικόνα 7:	Προειδοποιητικό σήμα σε χώρους όπου χρησιμοποιείται ιονίζουσα ακτινοβολία.....	16
Εικόνα 8:	Ατομικά δοσίμετρα.....	17
Εικόνα 9:	Αποτελέσματα υπερβολικής έκθεσης σε ιονίζουσα ακτινοβολία.....	20
Εικόνα 10:	Συνεισφορά διαφόρων πηγών ακτινοβόλησης στην ενεργό δόση.....	23
Εικόνα 11:	Κοσμική ακτινοβολία και υψόμετρο.....	26
Εικόνα 12:	Μεταφορά ραδιοϊσοτόπων από το έδαφος στον άνθρωπο.....	27
Εικόνα 13:	Συσσώρευση ραδονίου σε κλειστούς χώρους.....	29

I. Εισαγωγή

Οι ακτινοβολίες και η ραδιενέργεια είναι έννοιες γνωστές σε όλους αφού αποτελούν πλέον μέρος της καθημερινής μας ζωής. Ο άνθρωπος ήταν πάντοτε εκτεθειμένος σε φυσικές πηγές ακτινοβολίας που προέρχονται τόσο από τη γη όσο και από το διάστημα (φυσική ακτινοβολία). Η ακτινοβολία που δεχόμαστε από το απώτερο διάστημα αποκαλείται κοσμική ακτινοβολία.

Φυσική ακτινοβολία σε χαμηλά επίπεδα εκπέμπεται από ραδιενεργά στοιχεία που υπάρχουν στον στερεό φλοιό της γης, στα υλικά κατασκευής των σπιτιών μας, στα τρόφιμα που τρώμε, στο νερό που πίνουμε και στον αέρα που αναπνέουμε. Οι μύες, τα οστά, και οι ιστοί του ανθρώπινου σώματος περιέχουν επίσης ραδιενεργά στοιχεία, όπως για παράδειγμα Κάλιο-40 (K-40).

Ο άνθρωπος εκτίθεται, επίσης, σε τεχνητές ακτινοβολίες, όπως είναι οι ακτινοβολίες που χρησιμοποιούνται για διαγνωστικές εξετάσεις και για τη θεραπεία του καρκίνου, τα ραδιοϊσότοπα από τις δοκιμές πυρηνικών όπλων και τα ραδιοϊσότοπα που ελευθερώνονται στο περιβάλλον από την καύση ορυκτών καυσίμων ή από τους πυρηνικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας.



Η ακτινοβολία είναι ενέργεια σε μορφή κυμάτων ή κινούμενων υποατομικών σωματιδίων και διακρίνεται σε δυο μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με την ενέργεια και την επίδραση της στην ύλη, την ιονίζουσα και τη μη ιονίζουσα. Η έκδοση αυτή αναφέρεται στην ιονίζουσα ακτινοβολία.

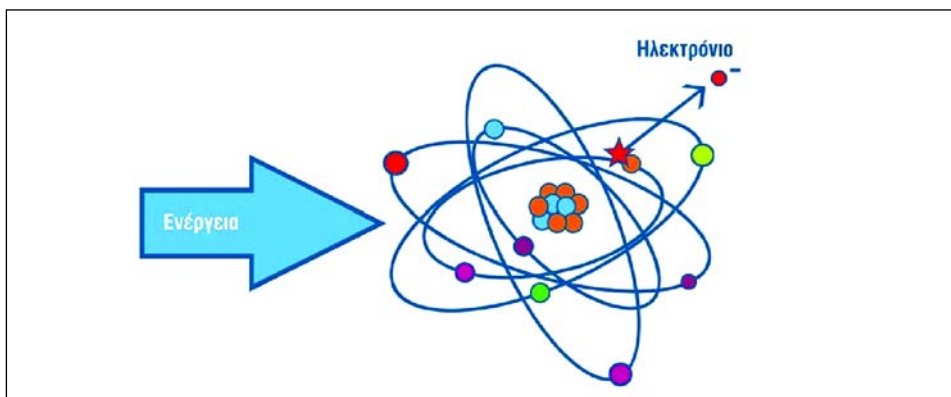
Ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται την ύπαρξη μόνο μιας πολύ μικρής περιοχής του φάσματος των ακτινοβολιών και αυτό είναι το ορατό φως, μέσω της όρασης, και οι υπέρυθρες ακτινοβολίες, μέσω της θερμότητας. Οι υπόλοιπες ακτινοβολίες ήταν μέχρι πρόσφατα άγνωστες για τον άνθρωπο. Άρχισαν να γίνονται αντιληπτές τον περασμένο αιώνα, λόγω της ανάπτυξης τεχνητών μέσων ανίχνευσής τους.

Η ιονίζουσα ακτινοβολία επιδρά στον οργανισμό μας κατά τρόπο πολύπλοκο, άλλοτε ευεργετικά και άλλοτε βλαπτικά, ανάλογα με το είδος, την ένταση και την ενέργεια που μεταφέρει.

2. Άτομο και ιονίζουσες ακτινοβολίες

Ιονίζουσα ακτινοβολία είναι ο όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει την εκπομπή ενέργειας που προκύπτει ως αποτέλεσμα της διάσπασης του πυρήνα του ατόμου ενός στοιχείου ή της απώλειας ενέργειας από την επιβράδυνση ηλεκτρονίων. Η ιονίζουσα ακτινοβολία μεταφέρει ενέργεια ικανή να εισχωρήσει στην ύλη, να προκαλέσει ιονισμό των ατόμων της, να διασπάσει βίαια χημικούς δεσμούς και να προκαλέσει βιολογικές επιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό.

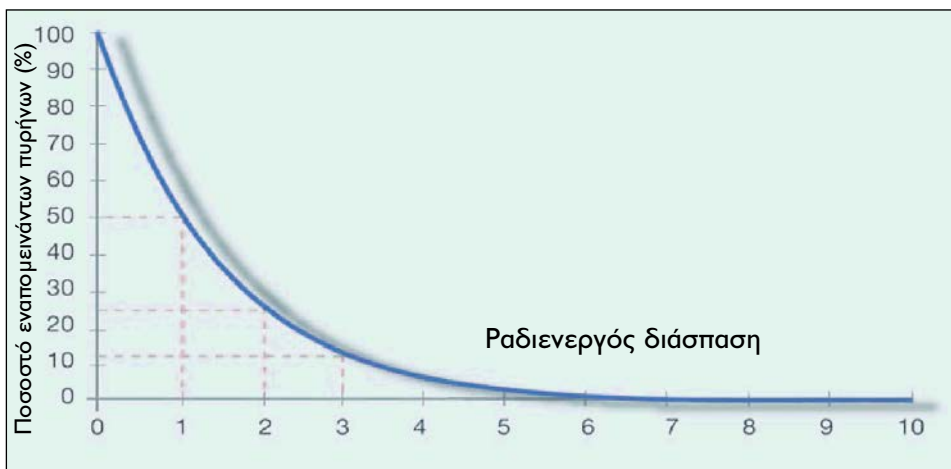
Ο ιονισμός ενός ουδέτερου ατόμου είναι η βίαιη απομάκρυνση ενός ηλεκτρονίου από τις στοιβάδες του, λόγω εξωτερικού αιτίου, με αποτέλεσμα την παραγωγή δύο αντίθετα φορτισμένων σωματιδίων, του θετικά φορτισμένου ιόντος του ατόμου και του αρνητικά φορτισμένου ηλεκτρονίου (Εικόνα 1).



Εικόνα 1: Ιονισμός του ατόμου

Ορισμένα φυσικά υλικά είναι ασταθή και οι πυρήνες τους μπορούν να διασπαστούν, με αποτέλεσμα την αποδέσμευση της ενέργειας που περικλείουν υπό τη μορφή ακτινοβολίας και την παραγωγή ιόντων. Αυτή η ακτινοβολία ονομάζεται φυσική ραδιενέργεια και τα υλικά που εκπέμπουν ραδιενέργεια ονομάζονται ραδιενεργά υλικά. Συχνά, ο όρος ραδιενέργεια χρησιμοποιείται για να δηλώσει την ακτινοβολία που προέρχεται από τους ραδιενεργούς πυρήνες, υποκαθιστώντας τη λέξη ακτινοβολία. Η ραδιενεργός διάσπαση εκφράζεται σε μονάδες Μπεκερέλ (Becquerel) και συμβολίζεται ως Bq. Ένα Becquerel ισούται με μια διάσπαση ανά δευτερόλεπτο.

Τα ραδιοϊσότοπα διασπώνται με ρυθμό που δεν επηρεάζεται από εξωτερικούς παράγοντες, όπως είναι η θερμοκρασία και η πίεση. Ο χρόνος που απαιτείται για τη διάσπαση του μισού αριθμού πυρήνων ενός ραδιενεργού υλικού λέγεται χρόνος ημιζωής (Εικόνα 2). Αυτός ο χρόνος διαφέρει για κάθε ραδιενεργό στοιχείο και κυμαίνεται από κλάσματα του δευτερολέπτου έως δισεκατομμύρια χρόνια. Για παράδειγμα, ο χρόνος ημιζωής για το Ιώδιο-131 είναι οκτώ ημέρες, ενώ για το Ουράνιο-238, το οποίο βρίσκεται σε μικρές ποσότητες στο φλοιό της γης, είναι 4,5 δισεκατομμύρια χρόνια. Το Κάλιο-40, η κύρια πηγή ραδιενέργειας στο σώμα μας που εισέρχεται μέσω της τροφικής αλυσίδας, έχει χρόνο ημιζωής 1,42 δισεκατομμύρια χρόνια.



Εικόνα 2: Καμπύλη χρόνου ημιζωής

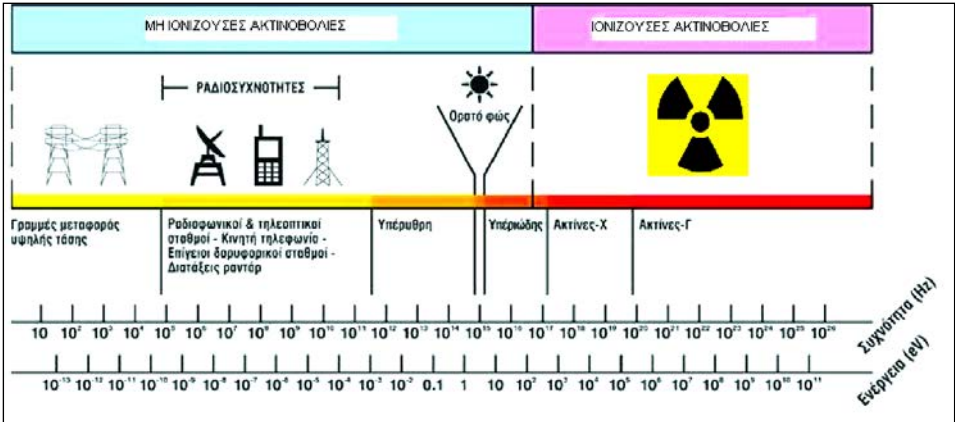
Η ραδιενέργεια ανακαλύφθηκε τυχαία το 1896 από τον Γάλλο χημικό Μπεκερέλ, που παρατήρησε ότι τα ορυκτά του ουρανίου, χωρίς καμιά εξωτερική επίδραση, εκπέμπουν ακτινοβολία. Η φύση και τα αποτελέσματα της ακτινοβολίας αυτής ήταν άγνωστα στους επιστήμονες της εποχής. Μετά από μακροχρόνιες έρευνες, που βασίστηκαν κυρίως στις εργασίες του ζεύγους Πιέρ και Μαρί Κιουρί που ανακάλυψε το ραδιενεργό ράδιο, το φαινόμενο της ραδιενέργειας ερμηνεύτηκε πλήρως.

Η ιονίζουσα ακτινοβολία χρησιμοποιείται σήμερα στην ιατρική για διαγνωστικούς και θεραπευτικούς σκοπούς, στη βιομηχανία, κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των πυρηνικών αντιδραστήρων, στην παλαιοντολογία και την αρχαιολογία για τον προσδιορισμό της ηλικίας ευρημάτων, ορυκτών και πετρωμάτων μέσω της ραδιοχρονολόγησης. Χρησιμοποιείται, επίσης, σε περιβαλλοντικές μελέτες, όπου μέσω των λεγόμενων ραδιοϊσοτοπικών δεικτών εξετάζεται η ρύπανση του νερού των ποταμών και των λιμνών, καθώς και η ρύπανση της ατμόσφαιρας από τις βιομηχανικές εκπομπές στην ατμόσφαιρα. Τέλος, η ακτινοβολία χρησιμοποιείται για την τεχνητή μετάλλαξη στα φυτά με σκοπό την ανάπτυξη ανθεκτικότερων ειδών, καθώς και για την αποστείρωση ή συντήρηση ιατρικών προϊόντων, τροφίμων κ.λπ.

3. Τύποι ακτινοβολίας

Ο όρος ακτινοβολία είναι πολύ ευρύς και περιλαμβάνει μεταξύ άλλων την ιονίζουσα (ακτινοβολία α, β, γ, Χ, νετρόνια), και τη μη ιονίζουσα ακτινοβολία (ορατό φως, μικροκύματα, ραδιοκύματα, υπεριώδης, υπέρυθρη) - (Εικόνα 3).

Όταν η ακτινοβολία προκαλεί ιονισμό σε ένα βιολογικό υλικό, μπορεί να συμβεί ρήξη χημικών δεσμών, δηλαδή καταστροφή του μορίου με επακόλουθο την παραγωγή δραστικών χημικών ριζών. Η ρήξη του μοριακού δεσμού προκαλεί βιολογική βλάβη διότι καταστρέφει απαραίτητα για τη ζωή ή για τον πολλαπλασιασμό του κυττάρου μόρια. Οι δραστικές χημικές ρίζες που παράγονται από τη διάσπαση των μορίων, με τη σειρά τους προκαλούν πρόσθετη έμμεση βλάβη, διότι επιδρούν σε άλλα μόρια, τα καταστρέφουν και δημιουργούν άχρηστες ή βλαβερές, για το κύτταρο, χημικές ενώσεις. Ιδιαίτερη σημασία για τη ζωή και την αναπαραγωγή του κυττάρου έχουν οι βλάβες εκείνες που προκαλούνται στο γενετικό του υλικό, διότι αυτές συνδέονται τόσο με τη μεταβίβαση κληρονομικών ανωμαλιών στους απογόνους όσο και με τη διαδικασία της καρκινογένεσης.



Εικόνα 3: Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα - Ιονίζουσα και μη ιονίζουσα ακτινοβολία

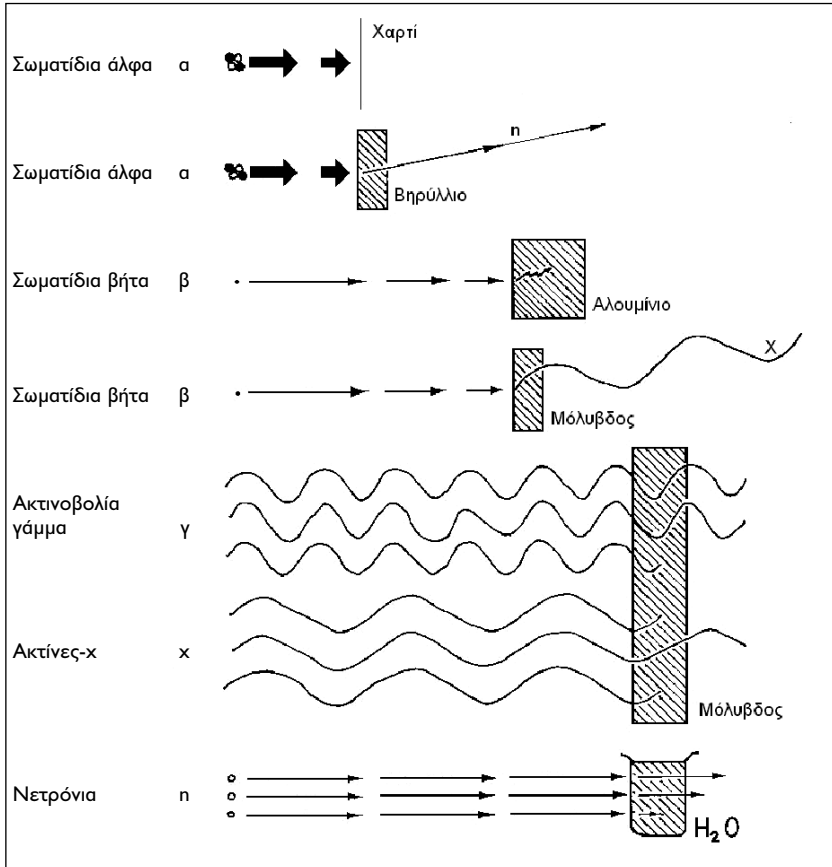
Υπάρχουν διάφοροι τύποι ιονίζουσας ακτινοβολίας. Τα γνωστότερα είδη ιονίζουσας ακτινοβολίας είναι οι ακτίνες Χ που παράγονται στις λυχνίες των ακτινολογικών μηχανημάτων και χρησιμοποιούνται ευρέως στην ιατρική, καθώς

3. Τύποι ακτινοβολίας

και οι ακτινοβολίες α, β, γ και τα νετρόνια που εκπέμπονται από τους ασταθείς πυρήνες ατόμων ραδιενεργών υλικών.

- Η ακτινοβολία άλφα (ακτινοβολία-α) είναι σωματιδιακή ακτινοβολία που αποτελείται από θετικά φορτισμένα σωματίδια (πυρήνες ηλίου με δύο πρωτόνια και δύο νετρόνια) τα οποία εκπέμπονται από τα άτομα βαρέων στοιχείων, όπως το ουράνιο και το ράδιο. Η ακτινοβολία-α έχει μικρή διεισδυτικότητα και μπορεί να ανακοπεί εντελώς από ένα φύλλο χαρτιού ή από την επιφάνεια του δέρματος (επιδερμίδα). Ωστόσο, εάν η ακτινοβολία-α που εκπέμπουν τα υλικά ληφθεί εσωτερικά με την αναπνοή, την τροφή ή την κατάποση, το δέρμα ή τους οφθαλμούς, ακτινοβολούνται άμεσα οι εσωτερικοί ιστοί και ως εκ τούτου προκαλούνται βιολογικές βλάβες.
- Η ακτινοβολία βήτα (ακτινοβολία-β) αποτελείται από αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια. Είναι πιο διεισδυτική από την ακτινοβολία άλφα και μπορεί να περάσει μέσα από πάχος 1-2 cm νερού. Σε γενικές γραμμές, ένα φύλλο από αλουμίνιο πάχους μερικών χιλιοστών ανακόπτει την ακτινοβολία-β.
- Η ακτινοβολία γάμμα (ακτινοβολία-γ) και οι ακτίνες-Χ είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία μεγάλης συχνότητας παρόμοια με το φως και τα ραδιοκύματα. Η ακτινοβολία αυτή, ανάλογα με την ενέργειά της, μπορεί να διαπεράσει το ανθρώπινο σώμα, αλλά μπορεί να ανακοπεί από τοίχους κατάλληλου πάχους από σκυρόδεμα ή μόλυβδο.
- Η ακτινοβολία νετρονίων είναι σωματίδια νετρονίων τα οποία δεν παράγουν άμεσα ιονισμό στην ύλη. Η αλληλεπίδρασή τους με τα άτομα διαφόρων υλικών μπορεί να οδηγήσει στην εκπομπή ακτινοβολιών άλφα, βήτα, γάμμα ή Χ, που μπορούν να προκαλέσουν δευτερογενώς ιονισμό. Τα νετρόνια είναι πολύ διεισδυτικά και μπορούν να ανακοπούν μόνο από παχιές πυκνές μάζες από σκυρόδεμα, νερό ή παραφίνη (Εικόνα 4).

Αν και δεν μπορούμε να δούμε ή να αισθανθούμε την παρουσία της ακτινοβολίας, η ακτινοβολία μπορεί να ανιχνευθεί και να μετρηθεί ακόμη και σε πολύ χαμηλά επίπεδα με ειδικά όργανα μέτρησης ακτινοβολίας.



Εικόνα 4: Διεσδυτικότητα των διαφόρων τύπων ακτινοβολίας

4. Τεχνητές πηγές ακτινοβολιών και η χρήση τους για ειρηνικούς σκοπούς

Ο άνθρωπος ανακάλυψε και χρησιμοποίησε τις τεχνητές πηγές παραγωγής ακτινοβολιών περί τα τέλη του 19ου αιώνα. Το 1895 και ενώ ο Wilhelm Roentgen πειραματιζόταν με τους καθοδικούς σωλήνες κενού κατάφερε για πρώτη φορά χρησιμοποιώντας ακτίνες X να φωτογραφίσει το χέρι της συζύγου του. Η ανακάλυψη αυτή ήταν επαναστατική για τον τομέα της ιατρικής, εφόσον ήταν πλέον δυνατόν να δούμε μέσα στο ανθρώπινο σώμα χωρίς χειρουργική επέμβαση. Από τότε, η συστηματική έρευνα οδήγησε τόσο στην εκτεταμένη χρήση τους, όσο και στη λήψη μέτρων για την προστασία από τις ενδεχόμενες βλαβερές επιπτώσεις τους. Στην Εικόνα 5 φαίνεται το συμπληρωματικό σήμα για την σήμανση ραδιενεργών πηγών.



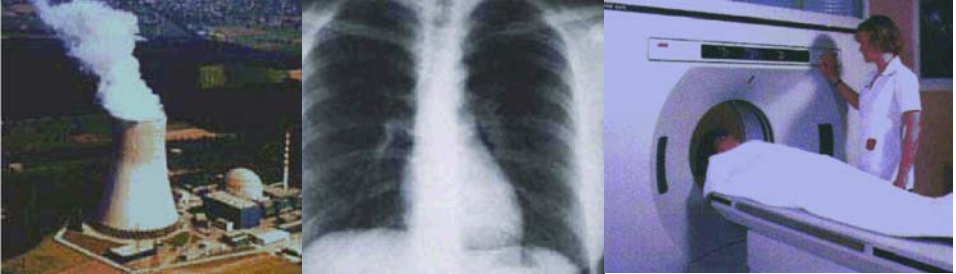
Εικόνα 5:

Συμπληρωματικό σήμα για τη σήμανση ραδιενεργών πηγών

Οι ιονίζουσες ακτινοβολίες χρησιμοποιούνται σήμερα:

- Στην ιατρική (διάγνωση και θεραπεία),
- στη βιομηχανία (ραδιογραφίες, ακτινοβολητές για αποστείρωση υλικών, συσκευές για έλεγχο διεργασιών και ποιοτικό έλεγχο κ.λπ.),
- στην παραγωγή ενέργειας (πυρηνικοί σταθμοί παραγωγής ηλεκτρισμού),
- στην έρευνα, και
- στην εκπαίδευση. (Εικόνα 6)

4. Τεχνητές πηγές ακτινοβολιών και η χρήση τους για ειρηνικούς σκοπούς



Εικόνα 6: Εφαρμογές της ιονίζουσας ακτινοβολίας

Στις τεχνητές πηγές ακτινοβολήσης του ανθρώπου θα πρέπει να προστεθεί και η ρύπανση του περιβάλλοντος με ραδιοϊσότοπα που οφείλεται σε πυρηνικές δοκιμές στην ατμόσφαιρα, το έδαφος και τη θάλασσα, σε πυρηνικά ατυχήματα, όπως αυτό στους αντιδραστήρες του Τσερνόμπιλ και της Φουκουσίμα, καθώς και στη λειτουργία διαφόρων πυρηνικών εγκαταστάσεων.

5. Δόση ακτινοβολίας

Αισθανόμαστε την υπέρυθη ακτινοβολία του ήλιου επειδή θερμαίνει το σώμα μας. Οι υπέρυθρες και υπεριώδεις ακτίνες δεν προκαλούν ιονισμό στα άτομα/μόρια των ιστών στον οργανισμό μας. Αντίθετα, η ιονίζουσα ακτινοβολία μπορεί να επηρεάσει την κανονική λειτουργία των κυττάρων ή ακόμη και να τα καταστρέψει. Το επίπεδο ενέργειας που είναι ικανό να προκαλέσει σημαντικές βιολογικές επιδράσεις, μέσω του ιονισμού, είναι τόσο μικρό που ο ανθρώπινος οργανισμός δεν μπορεί να αισθανθεί αυτήν την ενέργεια, όπως στην περίπτωση της υπέρυθρης ακτινοβολίας η οποία προκαλεί θέρμανση (άνοδο της θερμοκρασίας).

Τα βιολογικά αποτελέσματα από την έκθεση σε ιονίζουσα ακτινοβολία ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο και την ενέργεια που μεταφέρει. Ένα μέτρο του κινδύνου βιολογικής βλάβης είναι η δόση της ακτινοβολίας που απορροφούν οι ιστοί. Η μονάδα της απορροφούμενης δόσης είναι το Γκρέι (Gray, Gy). Δεδομένου ότι ένα Gy είναι μια μεγάλη ποσότητα, οι δόσεις ακτινοβολίας εκφράζονται σε χιλιοστά του Γκρέι (mGy) ή εκατομμυριοστά του Γκρέι (BGy). Για παράδειγμα, μια ακτινογραφία θώρακα έχει ως αποτέλεσμα έκθεση σε περίπου 0,2 mGy δόσης ακτινοβολίας. Για την έκθεση ανθρώπων σε ακτινοβολία χρησιμοποιείται η μονάδα Σίβερτ (Sievert Sv), στον υπολογισμό της οποίας λαμβάνονται υπόψη οι πιθανές επιδράσεις της ακτινοβολίας στον άνθρωπο.

Κατά μέσον όρο, η μέση παγκόσμια έκθεση του ανθρώπου σε ακτινοβολία από όλες τις φυσικές πηγές ανέρχεται σε περίπου 2,4 mSv ετησίως και ποικίλλει, ανάλογα με τη γεωγραφική θέση και τις δραστηριότητες σε κάθε χώρα. Στον αέρα, μέσα στις κατοικίες, στα σπήλαια και σε άλλους υπόγειους χώρους υπάρχουν ραδιενεργά στοιχεία όπως είναι το ραδόνιο (Ραδόνιο-222), το θορόνιο (Ραδόνιο-220) και από τα προϊόντα που σχηματίζονται από τη διάσπαση του ουρανίου (π.χ. Ράδιο-226) και του θορίου, που βρίσκονται σε πολλά είδη βράχων, σε οικοδομικά υλικά και στο έδαφος. Η μεγαλύτερη πηγή έκθεσης σε φυσική ακτινοβολία είναι τα διάφορα ορυκτά ουρανίου και θορίου

στον φλοιό της γης. Η έκθεση σε κοσμική ακτινοβολία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το ύψος, και σε λιγότερο βαθμό από το γεωγραφικό πλάτος. Οι άνθρωποι που ταξιδεύουν συχνά με το αεροπλάνο αυξάνουν την έκθεσή τους σε κοσμική ακτινοβολία.

Η έκθεση του ανθρώπου σε ιονίζουσα ακτινοβολία από φυσικές πηγές συμβαίνει με δύο τρόπους:

- (α) Έκθεση από τα φυσικά ραδιενεργά στοιχεία στο έδαφος και την κοσμική ακτινοβολία που εισέρχεται στη γήινη ατμόσφαιρα από το απώτερο διάστημα, και
- (β) Εσωτερική έκθεση από τα ραδιενεργά στοιχεία που εισέρχονται στον οργανισμό του ανθρώπου μέσω της πεπτικής οδού και της αναπνοής. Τα ραδιενεργά στοιχεία Κάλιο-40, Άνθρακας-14 και Ράδιο-226 υπάρχουν στο αίμα και τα οστά του ανθρώπου.

Ο άνθρωπος, εκτίθεται επίσης σε ακτινοβολίες από τεχνητές πηγές σε διάφορες δραστηριότητες όπως οι ακτινοδιαγνωστικές και ακτινοθεραπευτικές ιατρικές διαδικασίες, οι βιομηχανικές ραδιογραφίες, η χρήση διαφόρων καταναλωτικών προϊόντων, τα κατασκευαστικά υλικά κ.λπ.

Ο άνθρωπος δέχεται επίσης, δόσεις ακτινοβολίας από ραδιενεργά στοιχεία που έχουν απελευθερωθεί στο περιβάλλον λόγω των πυρηνικών δοκιμών ή ατυχημάτων στο παρελθόν, και των απορρίψεων από πυρηνικούς και θερμοηλεκτρικούς σταθμούς ή πυρηνικές εγκαταστάσεις.

6. Προστασία από τη ραδιενέργεια

Από τα πρώτα χρόνια ανακάλυψης και χρήσης της ιονίζουσας ακτινοβολίας διαπιστώθηκε ότι μεγάλες δόσεις ακτινοβολίας μπορεί να βλάψουν τους ανθρώπινους ιστούς. Με το πέρασμα του χρόνου, οι επιστήμονες άρχισαν να ανησυχούν ολοένα και περισσότερο για τις επιβλαβείς επιπτώσεις της έκθεσης σε ιονίζουσες ακτινοβολίες.

Η ανάγκη για προστασία από τους κινδύνους έκθεσης σε ακτινοβολία ώθησε στη δημιουργία της μη κυβερνητικής Διεθνούς Επιτροπής Προστασίας από το Ράδιο το 1928. Αργότερα η Επιτροπή αυτή μετονομάστηκε σε Διεθνή Επιτροπή για Ακτινοπροστασία (International Commission on Radiological Protection, ICRP). Ο σκοπός της είναι η ετοιμασία κανόνων, προτύπων και συστάσεων για προστασία από τις ιονίζουσες ακτινοβολίες.

Αυτοί οι κανόνες, πρότυπα και συστάσεις αποτελούν τη βάση για την ετοιμασία νομοθεσίας και τον έλεγχο των κινδύνων από τη χρήση ιονίζουσας ακτινοβολίας σε εθνικό επίπεδο παγκόσμια. Επίσης, έχουν ενσωματωθεί από τον Διεθνή Οργανισμό Ατομικής Ενέργειας (ΔΟΑΕ) στα βασικά πρότυπα ακτινοπροστασίας (Basic Safety Standards, BSS), τα οποία χρησιμοποιούνται παγκόσμια για να διασφαλίσουν την ακτινοπροστασία των εργαζομένων, του γενικού πληθυσμού και του περιβάλλοντος. Στην Εικόνα 7 φαίνεται στο προειδοποιητικό σήμα για τους κινδύνους ιονίζουσας ακτινοβολίας σε χώρους εργασίας.



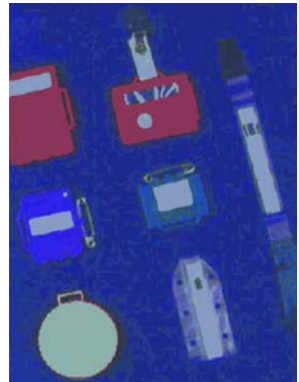
Εικόνα 7: Προειδοποιητικό σήμα σε χώρους όπου χρησιμοποιείται ιονίζουσα ακτινοβολία

Το 1955 συστάθηκε από τη Γενική Συνέλευση του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (ΟΗΕ), η Επιστημονική Επιτροπή για τις Επιπτώσεις της Ατομικής Ακτινοβολίας (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR). Η επιτροπή UNSCEAR, σε παγκόσμιο επίπεδο συγκεντρώνει, αξιολογεί και δημοσιεύει εκθέσεις αναφορικά με την ιονίζουσα

ακτινοβολία και τη ραδιενέργεια (φυσική και ανθρωπογενή) στο περιβάλλον, καθώς και για τις επιπτώσεις της ακτινοβολίας στον άνθρωπο και το περιβάλλον.

Η Επιτροπή ICRP συστήνει να λαμβάνονται όλα τα κατάλληλα μέτρα ώστε οποιαδήποτε έκθεση πάνω από τα επίπεδα φυσικού υποβάθρου να διατηρείται όσο το δυνατό χαμηλότερη, κάτω από καθορισμένα όρια δόσεων. Το καθορισμένο όριο ατομικής δόσης ακτινοβολίας (μέση εξωτερική ενεργός δόση) για τους εργαζομένους είναι 100 mSv για 5 συνεχή έτη (20 mSv κατά μέσο όρο ανά έτος) και για τα μέλη του γενικού πληθυσμού είναι 1 mSv ανά έτος (Πίνακας-1). Αυτά τα όρια δόσεων έχουν καθοριστεί με βάση συντηρητική προσέγγιση και με την παραδοχή ότι δεν υπάρχει όριο δόσης κάτω από το οποίο δεν αναμένεται καμία επίπτωση. Αυτό σημαίνει πρακτικά ότι, οποιαδήποτε επιπρόσθετη δόση πάνω από τα φυσικά επίπεδα θα προκαλέσει ανάλογη αύξηση στην πιθανότητα βλαβερών επιπτώσεων στην υγεία του ανθρώπου. Τα όρια δόσεων που ισχύουν στη Κύπρο φαίνονται στον Πίνακα-1, ενώ στην Εικόνα 8 φαίνονται διάφοροι τύποι ατομικών δοσιμέτρων. Τα πιο πάνω όρια δόσης είναι εναρμονισμένα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2013/59/Ευρατόμ του Συμβουλίου για τον καθορισμό βασικών προτύπων ασφάλειας για την προστασία από τους κινδύνους που προκύπτουν από ιονίζουσες ακτινοβολίες (Οδηγία BSS).

Υπάρχουν πολλές περιοχές στον κόσμο όπου τα φυσικά επίπεδα ακτινοβολίας του περιβάλλοντος είναι σχετικά υψηλά και η ετήσια δόση ακτινοβολίας που δέχεται το κοινό είναι πολλές φορές υψηλότερη από το όριο που προτείνει η Επιτροπή ICRP για τους εργαζομένους με ακτινοβολίες. Ο αριθμός των ατόμων που εκτίθενται σε τέτοια υψηλά φυσικά επίπεδα ακτινοβολίας είναι πάρα πολύ μικρός για να γίνουν οποιοσδήποτε επιδημιολογικές μελέτες και να παρατηρηθούν πάνω σε συστηματική βάση τυχόν επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων. Όμως, το γεγονός ότι δεν υπάρχουν ενδείξεις μέχρι στιγμής για οποιαδήποτε επίπτωση δεν σημαίνει ότι ο κίνδυνος μπορεί να αγνοηθεί παντελώς.



Εικόνα 8:
Ατομικά δοσίμετρα

ΠΙΝΑΚΑΣ-1: Όρια δόσεων με βάση την ισχύουσα νομοθεσία

Εργαζόμενοι

Ενεργός δόση: 20 mSv/yr ως μέση τιμή για 5 συνεχόμενα χρόνια

Μέγιστο 50 mSv σε οποιοδήποτε έτος

Φακοί οφθαλμών: Ισοδύναμη δόση 20 mSv/yr

Δέρμα: Ισοδύναμη δόση 500 mSv/yr για 1 cm² οποιασδήποτε επιφάνειας

Χέρια, βραχίονες, πόδια, αστράγαλοι: Ισοδύναμη δόση 500 mSv/yr

Μαθητευόμενοι-Σπουδαστές ≥ 18 ετών

Όπως για εργαζομένους

Μαθητευόμενοι-Σπουδαστές 16-18 ετών

Ενεργός δόση: 6 mSv/yr

Φακοί οφθαλμών: Ισοδύναμη δόση 15 mSv/yr

Δέρμα: Ισοδύναμη δόση 150 mSv/yr για 1 cm² οποιασδήποτε επιφάνειας

Χέρια, βραχίονες, πόδια, αστράγαλοι: Ισοδύναμη δόση 150 mSv/yr

Υπόλοιποι μαθητευόμενοι

Όπως για το κοινό

Κοινό

Ενεργός δόση: 1 mSv/yr

Σε ειδικές περιπτώσεις >1 mSv/yr και μέση τιμή 1 mSv/yr για 5 συνεχόμενα έτη

Φακοί οφθαλμών: Ισοδύναμη δόση 15 mSv/yr

Δέρμα: Ισοδύναμη δόση 50 mSv/yr για 1 cm² οποιασδήποτε επιφάνειας

Έγκυες και Γαλουχούσες (Κυοφορούμενο παιδί)

Προστασία ισοδύναμη με εκείνη του κοινού: Ισοδύναμη δόση 1 mSv στη διάρκεια της εγκυμοσύνης

Επισκέπτες και εθελοντές βοηθοί σε ιατρικές εκθέσεις

Ενεργός δόση: 5 mSv στη διάρκεια της ιατρικής διαδικασίας

Τα προγράμματα ακτινοπροστασίας που εφαρμόζονται διεθνώς βασίζονται στις ακόλουθες τρεις βασικές αρχές:

- (α) **Αρχή της αιτιολόγησης:** κάθε δραστηριότητα που συνεπάγεται έκθεση ανθρώπων σε ιονίζουσα ακτινοβολία πρέπει να αιτιολογείται ως προς το αναμενόμενο όφελος και την αναγκαιότητά της, με κριτήριο το όφελος που θα προκύπτει για τα εκτιθέμενα πρόσωπα ή το κοινωνικό σύνολο, και πρέπει να αντισταθμίζει την πιθανή βλάβη που μπορεί να προκαλέσει.
- (β) **Αρχή της βελτιστοποίησης:** οι δόσεις και οι κίνδυνοι από την ακτινοβολία πρέπει να παραμένουν τόσο χαμηλές όσο είναι λογικά εφικτό (ALARA, As Low As Reasonably Achievable), με βάση κατάλληλα επιλεγμένα επίπεδα περιορισμού των δόσεων (dose constraints), λαμβάνοντας υπόψη οικονομικούς και κοινωνικούς παράγοντες. Τα επίπεδα περιορισμού των δόσεων επιλέγονται έτσι, ώστε να είναι πολύ χαμηλότερα από τα όρια δόσεων.
- (γ) **Αρχή του περιορισμού των ορίων δόσεων:** Οι ατομικές δόσεις έκθεσης σε ακτινοβολία, που είναι το άθροισμα όλων των δόσεων έκθεσης ενός ατόμου από διάφορες πηγές, σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα αποδεκτά όρια δόσεων.

Τα μέτρα προστασίας από τις ιονίζουσες ακτινοβολίες συνοψίζονται σε τρεις βασικούς κανόνες:

- **Απόσταση:** η απόσταση ενός ατόμου από την πηγή ιονίζουσας ακτινοβολίας πρέπει να διατηρείται όσο γίνεται μεγαλύτερη, γιατί η ένταση της ακτινοβολίας είναι αντιστρόφως ανάλογη με το τετράγωνο της απόστασης από την πηγή.
- **Θωράκιση:** με την τοποθέτηση της κατάλληλης θωράκισης, ανάλογα με το είδος της ακτινοβολίας (π.χ. για ακτινοβολία γ ή X κατάλληλο πάχος μπετόν ή/και μολύβδου) η ένταση της ακτινοβολίας μειώνεται ανάλογα.
- **Χρόνος:** η παραμονή σε χώρους με ακτινοβολία πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερης διάρκειας.

7. Βιολογικές επιδράσεις

Η έκθεση σε ιονίζουσα ακτινοβολία μπορεί να έχει άμεσες ή μακροπρόθεσμες επιβλαβείς επιπτώσεις στην υγεία (Εικόνα 9).



Εικόνα 9: Αποτελέσματα υπερβολικής έκθεσης σε ιονίζουσα ακτινοβολία

Η έκθεση σε πολύ μεγάλες δόσεις ακτινοβολίας έχει ως αποτέλεσμα την καταστροφή των κυττάρων, των οργάνων και των συστημάτων του ανθρώπινου οργανισμού και είναι πιθανόν να οδηγήσει στον θάνατο. Δόσεις ακτινοβολίας που είχαν άμεσα αποτελέσματα σε ανθρώπους παρατηρήθηκαν μόνο σε μεγάλα ραδιολογικά ή πυρηνικά ατυχήματα και στην Ιαπωνία μετά τον βομβαρδισμό με ατομικές βόμβες.

Για σχετικά χαμηλές δόσεις, υπάρχει πιθανότητα να εμφανιστεί μακροπρόθεσμα καρκίνος, και η πιθανότητα αυτή είναι ανάλογη της δόσης. Ιδιαίτερη σημασία έχουν οι βλάβες εκείνες που προκαλούνται στο γενετικό υλικό του κυττάρου, διότι αυτές συνδέονται τόσο με τη μεταβίβαση κληρονομικών ανωμαλιών στους απογόνους όσο και με τη διαδικασία της καρκινογένεσης.

8. Ακτινοβολία και ιατρικές εφαρμογές

Οι ιονίζουσες ακτινοβολίες χρησιμοποιούνται στην ιατρική για διαγνωστικούς ή θεραπευτικούς σκοπούς, όπως οι ακτίνες-Χ στην ακτινοδιαγνωστική, η ακτινοβολία από τους επιταχυντές και τα ραδιοφάρμακα για τη θεραπεία ή τον εντοπισμό των καρκινικών όγκων. Μεγαλύτερες δόσεις δέχονται οι ασθενείς κατά τη θεραπεία του καρκίνου, αν και η ραδιενεργός ακτινοβολία κατευθύνεται επιλεκτικά προς το καρκίνωμα, ώστε να ελαχιστοποιηθεί η επίδρασή της στους γύρω ιστούς. Στις διαδικασίες αυτές οι ιατροί, οι νοσοκόμοι, το προσωπικό που ασχολείται με τον καθαρισμό και την απομάκρυνση των απορριμμάτων (για θεραπείες με ραδιοφάρμακα), καθώς και οι χειριστές/τεχνικοί που χειρίζονται τα μηχανήματα, εκτίθενται σε ιονίζουσες ακτινοβολίες. Οι δόσεις ακτινοβολίας που καταγράφονται για τους πιο πάνω εκτιθέμενους εργαζόμενους ποικίλλουν ανάλογα με τη δραστηριότητα, τον τύπο και την κατάσταση του εξοπλισμού, τον βαθμό συμμόρφωσης με τη νομοθεσία, την κουλτούρα ασφάλειας του προσωπικού κ.λπ. Οι δόσεις που δέχονται οι ασθενείς ανά εξέταση για διαγνωστικούς ή θεραπευτικούς σκοπούς είναι πολύ μεγαλύτερες από τις δόσεις επαγγελματικής έκθεσης του προσωπικού.

9. Ακτινοβολία και εγκυμοσύνη

Ένας μεγάλος αριθμός εγκύων και εργαζόμενων γυναικών εκτίθεται κάθε έτος σε ιονίζουσα ακτινοβολία. Η έλλειψη γνώσης είναι η αιτία για τη μεγάλη ανησυχία των εγκύων για την έκθεσή τους σε ιονίζουσα ακτινοβολία και τον πιθανό πρόωρο τερματισμό της εγκυμοσύνης. Σε ορισμένες περιπτώσεις η έκθεση σε ιονίζουσες ακτινοβολίες των εγκύων και γαλουχουσών γυναικών μπορεί να δημιουργεί κινδύνους για το έμβρυο και το νεογνό.

Γενικά, οι δόσεις στις εγκύους από τις απλές διαγνωστικές διαδικασίες δεν αυξάνουν τον κίνδυνο για θάνατο του εμβρύου, δυσμορφία, ή διανοητική καθυστέρηση. Οι υψηλότερες δόσεις όμως στην κοιλιακή περιοχή, όπως χορηγούνται στις θεραπευτικές διαδικασίες, μπορούν να οδηγήσουν σε σοβαρή εμβρυϊκή βλάβη. Η έγκυος ασθενής ή εργαζόμενη έχει το δικαίωμα να γνωρίζει το μέγεθος και το είδος των πιθανών επιδράσεων που μπορεί να προκύψουν από την έκθεση σε ιονίζουσα ακτινοβολία. Όταν η εξέταση με ακτινοβολίες είναι αναγκαία, πρέπει να εξετάζεται κατά πόσον ο κίνδυνος για τη μητέρα και το έμβρυο από το να μην προβεί στην εξέταση με ακτινοβολία είναι μεγαλύτερος από τον κίνδυνο πιθανής ζημιάς για το έμβρυο και την έγκυο από την ακτινοβόληση.

Η προστασία των εργαζομένων γυναικών οι οποίες δεν είναι έγκυες είναι η ίδια με την προστασία των εργαζομένων ανδρών. Όμως, όταν μια γυναίκα είναι, ή υποψιάζεται ότι είναι έγκυος και πληροφορήσει γραπτώς τον εργοδότη της γι' αυτό, πρέπει να διενεργούνται πρόσθετοι έλεγχοι και να επιλέγεται τέτοια διαδικασία ώστε να προστατεύεται αποτελεσματικά το έμβρυο.

Η δόση στο έμβρυο δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1 mSv κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης. Η επιπλέον επιβάρυνση στον χώρο εργασίας της μητέρας δεν θα πρέπει να ξεπερνά αυτή την τιμή. Η πιθανότητα εμφάνισης παιδικού καρκίνου από δόση ακτινοβολίας 1 mSv είναι πολύ μικρότερη από αυτή που οφείλεται σε άλλες αιτίες. Η διακοπή της κύησης εξετάζεται μόνο όταν η δόση στο έμβρυο υπερβαίνει τα 100 mGy. Τέτοιες δόσεις είναι πιθανό να δεχθεί το έμβρυο π.χ. μετά από ακτινοθεραπεία ή πολλαπλές ακτινογραφίες υπολογιστικής τομογραφίας στην κοιλιακή χώρα.

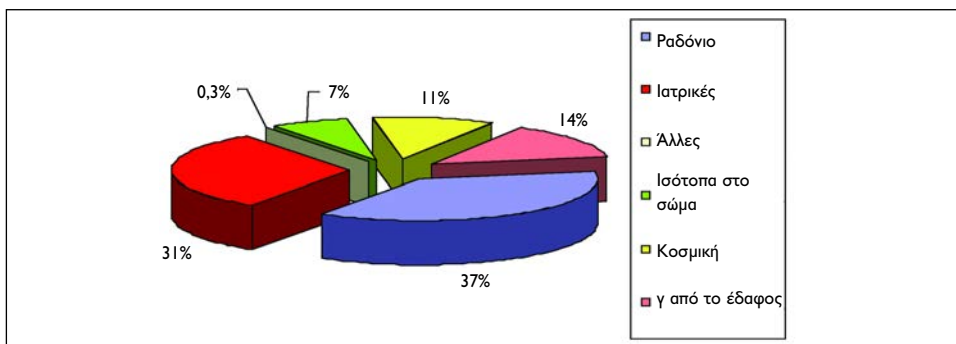
10. Εξωτερικές και εσωτερικές πηγές ακτινοβόλησης

Όπως αναφέρθηκε ήδη πιο πάνω, οι διάφορες πηγές που μας περιβάλλουν και στις οποίες οφείλεται η έκθεση του ανθρώπου σε ιονίζουσες ακτινοβολίες μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες, στις φυσικές πηγές και στις τεχνητές ή ανθρωπογενείς πηγές. Οι πηγές αυτές μπορούν επίσης να ταξινομηθούν περαιτέρω ως εξωτερικές και εσωτερικές πηγές ακτινοβόλησης του ανθρώπου.

Εξωτερικές πηγές ακτινοβόλησης, είναι οι πηγές που εκπέμπουν ακτινοβολία από το εξωτερικό περιβάλλον προς τον άνθρωπο (έδαφος και νερό, ατμοσφαιρικός αέρας, διάστημα, οικοδομικά υλικά, μηχανήματα παραγωγής ακτινοβολιών, τεχνητά ραδιοϊσότοπα σε διάφορες χρήσεις κ.λπ.).

Εσωτερικές πηγές ακτινοβόλησης, είναι τα ραδιενεργά στοιχεία, φυσικά ή τεχνητά, που εισέρχονται από το περιβάλλον στο ανθρώπινο σώμα μέσω της τροφικής αλυσίδας, του δέρματος, του αμφιβληστροειδούς των ματιών ή της αναπνοής και αποθηκεύονται ή κυκλοφορούν προτού αποβληθούν από το σώμα στα οστά, στους ιστούς στο αίμα κ.λπ. και από την εκάστοτε θέση τους ακτινοβολούν τα κύτταρα του σώματος.

Η σχετική συνεισφορά των πηγών αυτών στη μέση ετήσια δόση του πληθυσμού σε έναν τόπο, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως γεωγραφικούς, κοινωνικούς και οικονομικούς. (Εικόνα 10).



Εικόνα 10: Συνεισφορά διαφόρων πηγών ακτινοβόλησης στην ενεργό δόση του ευρωπαϊκού πληθυσμού (UNSCEAR 1993)

11. Πηγές εξωτερικής ακτινοβόλησης

11.1. Ακτινοβολία του εδάφους

Από τις κύριες φυσικές πηγές εξωτερικής ακτινοβόλησης του ανθρώπου, είναι τα μακρόβια (μεγάλοι χρόνοι ημιζωής) φυσικά ραδιενεργά στοιχεία του ραδίου, του ουρανίου, του θορίου, του καλίου κ.ά, που είναι συστατικά του φλοιού της γης από την πρώτη στιγμή της δημιουργίας της. Συναντώνται παντού, στο έδαφος, στο νερό, στον αέρα, στους ζωντανούς οργανισμούς, στις τροφές και στα οικοδομικά υλικά.

Η ακτινοβολία του εδάφους σε ένα σημείο εξαρτάται άμεσα από τη γεωλογική σύσταση των πετρωμάτων της περιοχής. Από τα πλέον ραδιενεργά πετρώματα είναι τα γρανιτικά λόγω της αυξημένης περιεκτικότητας σε ουράνιο και ράδιο. Έτσι, για παράδειγμα, λόγω της ιδιαίτερης γεωλογικής σύστασης, η μέση ετήσια δόση που δέχεται από τη γήινη ακτινοβολία ο πληθυσμός στις Σκανδιναβικές χώρες είναι υπερδιπλάσια αυτής στη Μεγάλη Βρετανία και στην Ολλανδία. Στην Κύπρο, λόγω των πετρωμάτων της, η ακτινοβολία του εδάφους βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα.

Είναι προφανές ότι, σε υπόγειους χώρους όπως είναι τα σπήλαια, οι στοές των ορυχείων, τα υπόγεια των κτηρίων κ.λπ., η εξωτερική ακτινοβόληση του ανθρώπου από φυσικά ραδιενεργά στοιχεία είναι αυξημένη σε σχέση με την αντίστοιχη ακτινοβόληση σε υπέργειους χώρους. Με βάση τους κανονισμούς ακτινοπροστασίας, οι υπόγειοι χώροι πρέπει να ελέγχονται ως προς τα επίπεδα της ακτινοβολίας και σε περίπτωση υπέρβασης των ορίων δόσεων που έχουν θεσπιστεί για τους εργαζομένους ή το κοινό, πρέπει να λαμβάνονται κατάλληλα προστατευτικά μέτρα. Βέβαια, στους υπόγειους χώρους η κατά μέσο όρο σημαντικότερη συνιστώσα ακτινοβόλησης του ανθρώπου είναι η παρουσία του ραδιενεργού αερίου ραδονίου, που με την εισπνοή του αυξάνει σημαντικά την εσωτερική έκθεση των πνευμόνων σε ιονίζουσα ακτινοβολία. Σε τέτοιους χώρους είναι απαραίτητο να υπάρχει κατάλληλος εξαερισμός.

11.2. Κοσμική ακτινοβολία

Η υψηλής ενέργειας ακτινοβολία που έρχεται από το διάστημα ονομάζεται

κοσμική. Έχει προέλευση τον ήλιο καθώς και άλλες αστρικές πηγές. Αύξηση της κοσμικής ακτινοβολίας έχουμε κατά τις εξάρσεις της ηλιακής δραστηριότητας.

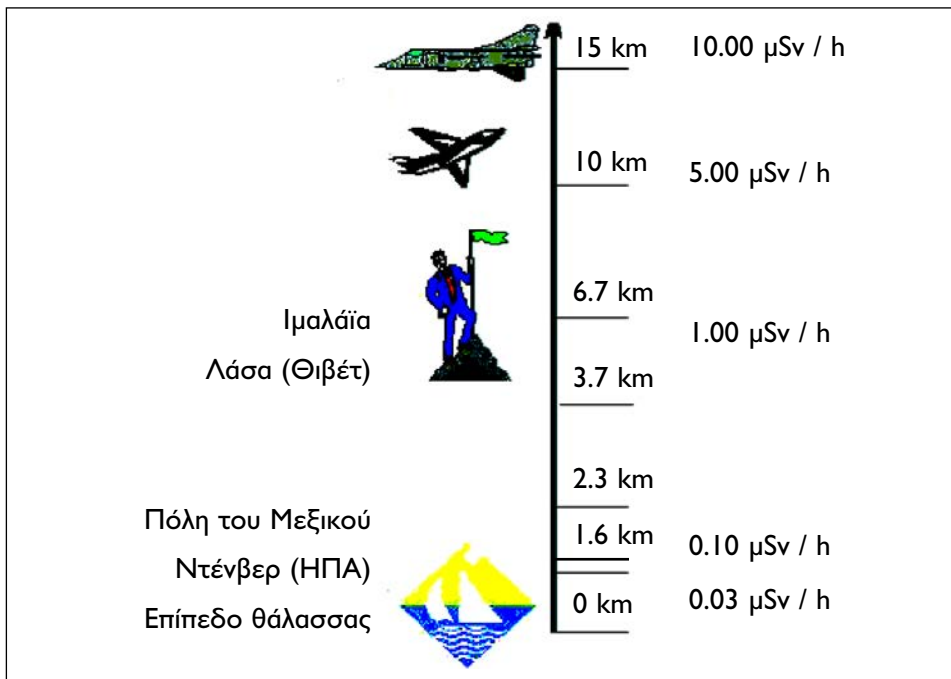
Η κοσμική ακτινοβολία συνίσταται από υψηλής ενέργειας ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, καθώς και από υποατομικά σωματίδια που μεταφέρουν μεγάλα ποσά ενέργειας. Κατά την είσοδό της στην ατμόσφαιρα, η κοσμική ακτινοβολία αλληλεπιδρά με πυρήνες ατόμων που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα και προκύπτουν δευτερογενή ταχέως κινούμενα υποατομικά σωματίδια (ηλεκτρόνια, πρωτόνια, νετρόνια, μεσόνια, μιονία, πόνια, κ.λπ.), τα οποία μαζί με την υψηλής ενέργειας ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, βομβαρδίζουν την επιφάνεια της γης. Πέρα από τις αλληλεπιδράσεις αυτές, προκαλούνται στην ατμόσφαιρα και πυρηνικές αντιδράσεις που οδηγούν στην παραγωγή ελαφρών ραδιενεργών πυρήνων όπως Ηλίου-3, Βηρυλίου-7, Άνθρακα-14, Νατρίου-22 κ.λπ. Η κοσμική ακτινοβολία κατά τη διέλευσή της μέσα από τα στρώματα της γήινης ατμόσφαιρας απορροφάται μερικώς και η έντασή της μειώνεται σταδιακά με αποτέλεσμα να φτάνει στο επίπεδο της επιφάνειας της θάλασσας σχετικά εξασθενημένη.

Ο μέσος ρυθμός δόσης από την κοσμική ακτινοβολία στην επιφάνεια της θάλασσας είναι περίπου 0,03 $\mu\text{Sv/h}$ και αυξάνει με το υψόμετρο, διπλασιαζόμενος περίπου για κάθε 1.500 μέτρα ύψος στην κατώτερη ατμόσφαιρα. Οι κάτοικοι των πόλεων οι οποίες είναι κτισμένες σε μεγάλο υψόμετρο, όπως το Ντένβερ στο Κολοράντο (1,6 km), η Πόλη του Μεξικού (2,25 km) και η Λάσα στο Θιβέτ (3,7 km) δέχονται πολλαπλάσια κοσμική ακτινοβολία από αυτήν που δέχονται οι κάτοικοι περιοχών στο επίπεδο της θάλασσας.

Στην Εικόνα 11 φαίνεται η μεταβολή του ρυθμού δόσης της ακτινοβολίας που οφείλεται στην κοσμική ακτινοβολία με το υψόμετρο.

Το ιπτάμενο προσωπικό των αεροπορικών εταιρειών, ιδιαίτερα αυτό που ταξιδεύει σε υπερατλαντικές πτήσεις (μεγάλο ύψος) δέχεται σχετικά μεγαλύτερες ετήσιες δόσεις κοσμικής ακτινοβολίας και οι δόσεις αυτές πρέπει

να παρακολουθούνται, να καταγράφονται και να ελέγχονται. Η κοσμική ακτινοβολία αποτελεί έναν σοβαρό περιοριστικό παράγοντα για τη μακρόχρονη παραμονή των αστροναυτών στο διάστημα.



Εικόνα 11: Κοσμική ακτινοβολία και υψόμετρο

12. Πηγές εσωτερικής ακτινοβόλησης

12.1. Ραδιοϊσότοπα από την τροφική αλυσίδα

Μέσα από τις οδούς της τροφικής αλυσίδας (Εικόνα 12) ή την αναπνοή, τα φυσικά ραδιενεργά στοιχεία εισχωρούν στον οργανισμό, μεταβολίζονται, ορισμένα από αυτά αποθηκεύονται στους ιστούς και μετατρέπονται σε εσωτερικές πηγές ακτινοβόλησης, ενώ τα υπόλοιπα αποβάλλονται, μετά από κάποιο χρόνο, από τον οργανισμό του ανθρώπου με τα ούρα, τα κόπρανα ή την εκπνοή.



Εικόνα 12: Μεταφορά ραδιοϊσοτόπων από το έδαφος στον άνθρωπο μέσα από την τροφική αλυσίδα

Από τα στοιχεία αυτά, σημαντικό ρόλο στην εσωτερική ακτινοβόληση του σώματος παίζει το ραδιενεργό κάλιο, στοιχείο που απαντάται στα πετρώματα του εδάφους. Το στοιχείο κάλιο είναι ένα από τα μέταλλα που είναι απαραίτητα για τη ζωή, η έλλειψη ή η περίσσεια του οποίου στον οργανισμό οδηγεί σε παθολογικές καταστάσεις. Στη φύση, το σταθερό κάλιο, βρίσκεται σε ισορροπία με το φυσικό ραδιενεργό του ισότοπο Κάλιο-40, και συνυπάρχει με

αυτό σε σταθερή αναλογία στον ανθρώπινο οργανισμό, όπου η στάθμη του στους ιστούς ρυθμίζεται από ομοιοστατικούς μηχανισμούς. Στο σώμα ενός φυσιολογικού ανθρώπου διασπώνται περίπου 5.000 πυρήνες Καλίου-40 κάθε δευτερόλεπτο. Το Κάλιο-40 υπάρχει σε όλες σχεδόν τις τροφές και τα ποτά και τα άτομά του εισέρχονται στον οργανισμό μας μέσω της τροφικής αλυσίδας. Το ίδιο συμβαίνει βέβαια και με όλα τα στοιχεία μέλη των ραδιενεργών οικογενειών που είναι φυσικά συστατικά του εδάφους. Για παράδειγμα φυσικό ουράνιο συνυπάρχει στο μεταλλικό νερό, το κρασί, τον καφέ, το κρέας κ.λπ. Πλούσια σε ουράνιο είναι τα οστρακοειδή θαλασσινά, ιδιαίτερα τα στρείδια και οι αχιβάδες λόγω του τρόπου διατροφής τους. Ως εκ τούτου, οι συστηματικοί καταναλωτές οστρακοειδών δέχονται σημαντικά μεγαλύτερες δόσεις από το αντίστοιχο μέσο άτομο του πληθυσμού. Στην εσωτερική ακτινοβόληση του ανθρώπου συμβάλλουν και τα ραδιοϊσότοπα που παράγονται στην ατμόσφαιρα από την κοσμική ακτινοβολία και που με διάφορους τρόπους εισέρχονται στην τροφική αλυσίδα όπως ο Άνθρακας-14 που μεταβολίζεται από τα φυτά.

12.2. Ραδιοϊσότοπα και εισπνοή

Τα φυσικά ραδιοϊσότοπα που εισπνέονται από τον άνθρωπο είναι το ραδόνιο (αέριο που εκλύεται από τα γήινα πετρώματα) και τα θυγατρικά του στοιχεία, καθώς και οι ραδιενεργοί πυρήνες που προέρχονται από την αλληλεπίδραση της κοσμικής ακτινοβολίας με άτομα στοιχείων της ατμόσφαιρας. Η σοβαρότερη φυσική πηγή εσωτερικής ακτινοβόλησης του ανθρώπου είναι τα θυγατρικά ραδιοϊσότοπα του ραδονίου, στα οποία οφείλεται το μεγαλύτερο ποσοστό της ετήσιας δόσης ιονίζουσας ακτινοβολίας στην οποία εκτίθεται ο παγκόσμιος πληθυσμός.

Το ραδόνιο απαντάται ως αέριο συστατικό στο έδαφος, στο νερό και κατ'επέκταση στα οικοδομικά υλικά. Το ραδόνιο διαφεύγει μέσα από τις ρωγμές του εδάφους, και εκλύεται στην ατμόσφαιρα ή διαλύεται στα υπόγεια, επιφανειακά και θαλάσσια νερά. Η ποσότητα του εκλυόμενου ραδονίου διαφέρει σημαντικά από τόπο σε τόπο και εξαρτάται από το είδος των πετρωμάτων του εδάφους και την περιεκτικότητά τους σε ουράνιο. Στην

ατμόσφαιρα της υπαίθρου και σε ανοιχτούς χώρους η συγκέντρωση του ραδονίου είναι χαμηλή λόγω της μεγάλης αραίωσής του στο περιβάλλον. Αντίθετα, στην περίπτωση κλειστών χώρων, το ραδόνιο εγκλωβίζεται στον εσωτερικό αέρα. Υψηλές συγκεντρώσεις ραδονίου απαντούν στον αέρα των σπηλαίων, των υπόγειων στοών των ορυχείων, των ιαματικών λουτρών, των υπογείων των κατοικιών, και αλλού όπου ο εξαερισμός είναι μειωμένος. Στην Κύπρο τα επίπεδα ραδονίου στο έδαφος και τα νερά είναι μηδαμινό. Στην Εικόνα 13 φαίνονται οι τρόποι συσσώρευσης ραδονίου σε κλειστούς χώρους.



Εικόνα 13: Συσσώρευση ραδονίου σε κλειστούς χώρους

13. Οι κίνδυνοι και τα οφέλη από τη χρήση ιονίζουσας ακτινοβολίας

Ο άνθρωπος αντιμετωπίζει πολλούς κινδύνους στην καθημερινή του ζωή. Είναι αδύνατον να αποφευχθούν όλοι, αλλά είναι δυνατόν να μειωθούν. Η χρήση άνθρακα, πετρελαίου και πυρηνικής ενέργειας για την παραγωγή ηλεκτρισμού, για παράδειγμα, έχει ως αποτέλεσμα κάποιο κίνδυνο για την υγεία μας, έστω και μικρό. Σε γενικές γραμμές, η κοινωνία αποδέχεται ένα επίπεδο σχετικού κινδύνου, προκειμένου να αντλήσει τα σχετικά οφέλη. Κάθε άτομο που εκτίθεται σε καρκινογόνους ρύπους εκτίθεται σε κάποιο κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου. Διεθνώς γίνονται επίπονες προσπάθειες για τη μείωση των κινδύνων στην πυρηνική βιομηχανία σε χαμηλότερα επίπεδα.

Η προσπάθεια για προστασία από τη ραδιενέργεια βασίζεται, μεταξύ άλλων, στην παραδοχή ότι τυχόν αύξηση του επιπέδου της ακτινοβολίας πάνω από το φυσικό υπόβαθρο θα έχει ως αποτέλεσμα κάποιον κίνδυνο πρόκλησης βλαβών στην υγεία του ανθρώπου και αποσκοπεί στο να προστατεύσει τις μελλοντικές γενιές από τις δραστηριότητες που διεξάγονται σήμερα.

Η χρήση της ιονίζουσας ακτινοβολίας και των πυρηνικών τεχνικών στην ιατρική, τη βιομηχανία, τη γεωργία, την ενέργεια και άλλους επιστημονικούς και τεχνολογικούς τομείς, έχει επιφέρει τεράστια οφέλη για την κοινωνία. Τα οφέλη στην ιατρική για διάγνωση και θεραπεία είναι τεράστια. Η ιονίζουσα ακτινοβολία είναι ένα βασικό εργαλείο για τη θεραπεία ορισμένων μορφών καρκίνου. Τρεις στους τέσσερις ασθενείς που νοσηλεύονται στις βιομηχανικές χώρες ωφελούνται από κάποια μορφή ιατρικής διαδικασίας με χρήση ιονίζουσας ακτινοβολίας. Οι ευεργετικές επιπτώσεις σε άλλους τομείς είναι ανάλογες.

14. Πληροφόρηση για θέματα Ιονίζουσας Ακτινοβολίας

Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με Ιονίζουσες Ακτινοβολίες και την ισχύουσα σχετική νομοθεσία για Ακτινοπροστασία και Πυρηνική Ασφάλεια στην Κύπρο, μπορείτε να απευθύνεστε στην Υπηρεσία Ελέγχου και Επιθεώρησης για Ακτινοβολίες του Τμήματος Επιθεώρησης Εργασίας, στα Κεντρικά Γραφεία του Τμήματος Επιθεώρησης Εργασίας, τηλέφωνο 22405623, τηλεμοιότυπο 22662785 και ηλεκτρονικό ταχυδρομείο info@dli.mlsi.gov.cy. Μπορείτε επίσης να επισκέπτεσθε την ιστοσελίδα του Τμήματος Επιθεώρησης Εργασίας www.mlsi.gov.cy/dli (Τομέας Πολιτικής: Ακτινοπροστασία).

Σημείωση: Μερικές από τις εικόνες έχουν ληφθεί από εκδόσεις της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας και του Διεθνούς Οργανισμού Ατομικής Ενέργειας



Γ.Τ.Π. 244/2016 – 1.000 ISBN 978-9963-50-403-9
Αναθεωρημένη έκδοση: 2020
Εκδόθηκε από το Γραφείο Τύπου και Πληροφοριών
Εκτύπωση: Τυπογραφείο Κώνος Λτδ



Τυπώθηκε σε ανακυκλωμένο χαρτί