















-  Αρχική
 -  Γυμνάσιο
 -  Αξιοθέατα
 -  Νέο Σούλι
 -  Κάμερες
 -  Καιρός
 -  Κοσμογραφία
 -  Συζητήσεις
 -  Αναφορές
 -  Αναζήτηση
 -  Επικοινωνία
- 

ΕΠΙΛΟΓΕΣ - ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ



- A. Ιστορική αναδρομή**
- B. Φυσικές και τεχνητές πηγές Ραδιενέργειας**
- Γ. Τα αρνητικά αποτελέσματα της Ραδιενέργειας**
- Δ. Μέτρα αντιμετώπισης της Ραδιενεργού Ρύπανσης**
- Ε. Η Ραδιενέργεια στη Βόρεια Ελλάδα**
- ΣΤ. Τσερνομπίλ**

ΕΙΣΑΓΩΓΗ



Το φως του ήλιου που φτάνει στη γη μετά από ταξίδι 150 εκατομμυρίων χιλιομέτρων, προέρχεται από πυρηνικές αντιδράσεις. Το θαύμα της ζωής σχετίζεται μ' αυτές. Ο ήλιος εκτός από το φως, εκπέμπει και ακτινοβολίες: την υπέρυθη ακτινοβολία (θερμότητα) και την υπεριώδη ακτινοβολία (υπεύθυνη για το μαύρισμα του δέρματος).

Η κοσμική ακτινοβολία που έρχεται από το διάστημα είναι υψηλής ενέργειας. Το ποσοστό που φτάνει στην επιφάνεια της γης είναι μικρό και ακίνδυνο, σχεδόν. Υπάρχουν και πηγές ακτινοβολίας πάνω στη γη, που είναι υπολείμματα της αρχικής σύνθεσης της γήινης ύλης ή παράγωγα των υπολειμμάτων αυτών. Όλοι οι οργανισμοί που έζησαν στη γη προσαρμόστηκαν σ' αυτές τις ακτινοβολίες. Από τη στιγμή όμως που ο άνθρωπος άρχισε να επεμβαίνει στις φυσικές διεργασίες του πλανήτη μας δημιουργώντας τεχνητές πηγές που εκπέμπουν ακτινοβολίες υψηλής ενέργειας, άρχισαν να κλονίζονται κάποιες ισορροπίες και κανόνες στη φύση.

A. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

^
αρχή

Η ραδιενέργεια ανακαλύφθηκε τυχαία το 1896 από το Γάλλο Μπεκερέλ, που παρατήρησε ότι τα ορυκτά του ουρανίου, χωρίς καμιά εξωτερική επίδραση εκπέμπουν ακτινοβολία. Η φύση της ακτινοβολίας αυτής ήταν άγνωστη στους επιστήμονες της εποχής. Οι πρώτες ανακοινώσεις του Μπεκερέλ, διέγειραν το ενδιαφέρον ενός νεαρού ζεύγους φυσικών, του Πέτρου και της Μαρίας Κιουρί. Στις 18 Ιουλίου 1898 οι Κιουρί αναγγέλλουν στην Ακαδημία των Επιστημών την ανακάλυψη ενός στοιχείου, του Πολωνίου, που ονομάστηκε έτσι προς τιμήν της πατρίδας της Μαρίας. Στις 25 Δεκεμβρίου του 1898 αναγγέλλουν την ανακάλυψη του Ραδίου. Η Μαρία πρότεινε να ονομάσουν «ραδιενέργεια» την ιδιότητα εκπομπής ακτινοβολιών και «ραδιενεργά» τα σώματα που την έχουν. Το Ράδιο παρουσιάζει ισχυρότερες ιδιότητες από το Ουράνιο. Η σπουδαιότερη είναι ότι εκπέμπονται ακτίνες α, β, γ. Η ακτινοβολία α είναι ακτινοβολία πολύ μικρού μήκους κύματος.

Οι Κιουρί μοιράστηκαν με τον Μπεκερέλ το βραβείο Νόμπελ της Φυσικής το 1903. Η Μαρία Κιουρί πήρε ξανά το βραβείο Νόμπελ της Χημείας το 1911, η μόνη που τιμήθηκε δυο φορές με τη διάκριση αυτή στον επιστημονικό κόσμο.

Η πυρηνική ενέργεια κάνει το ξεκίνημά της με την ανακάλυψη του φαινομένου της σχάσης του πυρήνα του ατόμου, της θερμοπυρηνικής σχάσης, από τους Χαν και Στράσμαν το 1939. Τρία χρόνια αργότερα, στις 2 Δεκεμβρίου 1942, ο μεγάλος πυρηνικός φυσικός Ενρίκο Φέρμι, (βραβείο Νόμπελ Φυσικής 1938) με την ερευνητική ομάδα του στο Πανεπιστήμιο του Σικάγο (Η.Π.Α.) πέτυχε την πρώτη ελεγχόμενη αλυσιδωτή πυρηνική αντίδραση. Την επόμενη χρονιά, το 1943, κατασκευάστηκε ο πρώτος πυρηνικός αντιδραστήρας στον

κόσμο, ο αντιδραστήρας γραφίτη στην πολιτεία Τενεσσό (Η.Π.Α.) Ο αντιδραστήρας αυτός σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε σε χρόνια ρεκόρ, σε 11 μήνες, γιατί ο πρόεδρος των Η.Π.Α. Τρούμαν πίεζε, ώστε να παράγει ο σταθμός το ένα γραμμάριο πλουτωνίου που χρειαζόταν για την πρώτη ατομική βόμβα, το νέο υπερόπλο.

Έτσι το πρώτο πυρηνικό όπλο είναι γεγονός χάρη στη συμβολή του Ρόμπερτ Οππενχάϊμπερ, διευθυντή του Εθνικού Εργαστηρίου των Η.Π.Α. στο Λος Άλαμος.

Στις 6 Αυγούστου 1945 το νέο «παιχνίδι» του ανθρώπου σκορπίζει το θάνατο στη Χιροσίμα. Με την έκρηξη αφανίζονται 70.000 άνθρωποι, που γίνονται 140.000 ως το τέλος του 1945 και 200.000 μέχρι σήμερα. Το πείραμα επαναλαμβάνεται στις 9 Αυγούστου 1945 στο Ναγκαασάκι. Το αποτέλεσμα είναι άλλοι 70.000 νεκροί και μέχρι σήμερα 100.000. Ο συνολικός αριθμός των θυμάτων των δύο ατομικών βομβών είναι 300.000.

Στις 23 Σεπτεμβρίου 1949 ο πρόεδρος Χ. Τρούμαν ανακοινώνει ότι οι Σοβιετικοί έκαναν την πρώτη τους δοκιμή ατομικής βόμβας. Στις 1 Νοεμβρίου 1952 οι Αμερικανοί δοκιμάζουν τη βόμβα υδρογόνου (H-bomb) ή πυρηνική βόμβα ή βόμβα νετρονίου ή αλλιώς η βρώμικη βόμβα που μόνο σκοπό έχει τον αφανισμό ανθρώπων σε ποσοστό 95%. Η ατομική βόμβα σκοπό είχε τις επίγειες καταστροφές σε ποσοστό 85% και τον θάνατο σε ποσοστό 15%. Εννέα μήνες αργότερα οι Σοβιετικοί κάνουν κι αυτοί την πρώτη θερμοπυρηνική δοκιμή τους.

Κι ενώ συμβαίνουν όλ' αυτά κατασκευάζονται συνεχώς νέοι πυρηνικοί αντιδραστήρες στη Μ. Βρετανία, στη Σιβηρία, στη Γαλλία, στη Δ. Γερμανία.

Σήμερα λειτουργούν 434 πυρηνικοί αντιδραστήρες σε ολόκληρο τον κόσμο και κατασκευάζονται άλλοι 36. Παράγουν συνολική ηλεκτρική ισχύ 350 γιγαβάτ περίπου. Μερικοί απ' αυτούς παράγουν Πλουτώνιο για πυρηνικά όπλα και βόμβες. Λέγεται ότι ο πρώτος αντιδραστήρας στο Ακιουγιού (στη μερσίνα) της Τουρκίας θα κάνει το ίδιο, όταν θα είναι έτοιμος να λειτουργήσει.

Στο μισό αιώνα λειτουργίας των πυρηνικών αντιδραστήρων έχουν συμβεί και πυρηνικά ατυχήματα. Πάνω από 30 χαρακτηρίστηκαν ως ατυχήματα βαθμού 4 ή μεγαλύτερα στην 7βάθμια κλίμακα των πυρηνικών ατυχημάτων, με αποκορύφωμα το Τσερνομπίλ, βαθμού 7!

Οι διάφορες χώρες δεν ικανοποιούνται με τα πυρηνικά εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Μπαίνουν και στο παιχνίδι των πυρηνικών όπλων. Η Μ. Βρετανία στη δεκαετία του '50. Από το 1960 η Γαλλία και από το 1964 η Κίνα. Οι Γάλλοι δοκιμάζουν πολλές φορές τα πυρηνικά στις ατόλες Μουρουρόα και Φραγκαταούφα, στο Ν. Ειρηνικό, ενώ οι κάτοικοι της ΒΑ Αυστραλίας και Νέας Ζηλανδίας διαμαρτύρονται ότι οι ακτίνες τους μολύνονται διαρκώς με ραδιενέργεια. Το Μάιο του 1995 αποφασίζονται οκτώ (8) πυρηνικές δοκιμές από το Ζακ Σιράκ. Μετά από γενική κατακραυγή οι Γάλλοι αρκούνται στις έξι (6) δοκιμές μέχρι την 27 Ιανουαρίου 1996. Η τελευταία ήταν ισχύος 120 χιλιοτόνων, υποθαλάσσια στη Φραγκαταούφα. Η ατομική βόμβα της Χιροσίμα ήταν 14 χιλιοτόνων μόνο!

Χώρες μικρές σε έκταση ή φτωχές εκπονούν πυρηνικά προγράμματα, όπως το Ισραήλ, η Ινδία, η Ν. Αφρική, το Πακιστάν, η Νότια Κορέα και η Ταϊβάν. Το Μάιο του 1998, η Ινδία και το Πακιστάν κάνουν από πέντε (5) πυρηνικές δοκιμές στην έρημο του Ρατζαστάν, κοντά στα σύνορά τους για αλληλοεπίδειξη ισχύος.

Παρά τις συνθήκες SALT 1 (1972) και 2 (1979) για τον περιορισμό (limitation) των πυρηνικών όπλων και τις συνθήκες START 1 (1991) και START 2 (1992) για τις μειώσεις τους (reduction) δεν φαίνεται να έγινε κάτι το θεαματικό. Οι παραπάνω συνθήκες έχουν τις υπογραφές Αμερικανών και Ρώσων. Οι άλλες χώρες κάνουν πυρηνικές δοκιμές οπότε θέλουν ανεξέλεγκτα. Έτσι, οι πυρηνικές δοκιμές ξεπέρασαν τις 2.058 ως τώρα. Είμαστε μόλις στις αρχές του 21ου αιώνα. Ποιο θα είναι το μέλλον της ανθρωπότητας και του πλανήτη;

B. ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΗΤΕΣ ΠΗΓΕΣ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

^
αρχή

1. Η φυσική ραδιενέργεια

Ο άνθρωπος δέχεται φυσική ραδιενέργεια:

- α) Από τον ουρανό (κοσμική ακτινοβολία)
- β) Από τη Γη (ραδιενεργά κοιτάσματα)
- γ) Από τον ίδιο του το σώμα (εσωτερική ραδιενέργεια).

1.1 Κοσμική ακτινοβολία

Κοσμική ακτινοβολία είναι η μυστηριώδης ακτινοβολία που μας έρχεται από το αχανές διάστημα. Είναι προϊόν των συνεχών μεταβολών που συμβαίνουν στον αστρικό χώρο. Από το διάστημα φτάνει στη Γη ακτινοβολία, πυρηνικά σωματίδια – βλήματα αλλά δεν φτάνουν ραδιενεργοί πυρήνες. Αυτοί προέρχονται από τη σύγκρουση της κοσμικής ακτινοβολίας με στοιχεία που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα. Η κοσμική ακτινοβολία είναι ελάχιστα αισθητή στην επιφάνεια της Γης, γιατί η γήινη ατμόσφαιρα την εξασθενεί και συγκρατεί το μεγαλύτερο μέρος της. Φτάνει από παντού. Κανείς δεν μπορεί να ξεφύγει από την «αστρική βροχή». Όσο πιο ψηλά βρισκόμαστε στην ατμόσφαιρα τόσο δεχόμαστε περισσότερη κοσμική ακτινοβολία. Αυτό έχει ως συνέπεια οι επιβάτες και τα πληρώματα των αεροπορικών πτήσεων να επιβαρύνονται με μια πρόσθετη δόση. Τα μέρη που είναι πιο κοντά στους πόλους δέχονται 4 φορές περισσότερη ακτινοβολία από τα μέρη που είναι πιο κοντά στον Ισημερινό. Η διαφορά αυτή οφείλεται στο μαγνητικό πεδίο της γης.

1.2 Ακτινοβολία από τη γη

Στο υπέδαφος έχουν βρεθεί περισσότερα από 40 ραδιενεργά ισότοπα. Τα πιο πολλά προέρχονται από διαδοχικές διασπάσεις άλλων ραδιενεργών ισωτόπων και κατατάσσονται σε τρεις σειρές με επικεφαλής κάθε σειράς το αρχικό ισότοπο από το οποίο προέρχονται. Τα πρώτα (πατρικά) ισότοπα που δίνουν και το όνομά τους στις αντίστοιχες σειρές είναι το Ουράνιο –238 (σειρά ουρανίου), το Θόριο – 232 (σειρά θορίου) και το Ουράνιο –235 (για ιστορικούς λόγους ονομάζεται σειρά ακτινίου). Τα τρία αυτά ισότοπα έχουν αντίστοιχα χρόνους υποδιπλασιασμού (χρόνος που απαιτείται για να χάσουν τη μισή από την αρχική τους μάζα) 4,5, 14 και 0,7 δισεκατομμύρια χρόνια. Οι χρόνοι αυτοί πλησιάζουν την ηλικία της Γης. Πιθανόν αυτά τα ισότοπα να προέρχονται από άλλα των οποίων ο χρόνος υποδιπλασιασμού ήταν μικρότερος και δεν υπάρχουν σήμερα.

Η εκπεμπόμενη ακτινοβολία μεταβάλλεται από τόπο σε τόπο, ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε φυσικά ραδιενεργά κοιτάσματα.

1.3 Το πρόβλημα του Ραδονίου

Σχετικά πρόσφατα οι επιστήμονες ανακάλυψαν ότι η σπουδαιότερη πηγή ραδιενέργειας που φτάνει στον άνθρωπο είναι το αέριο Ραδόνιο. Παράγεται κατά τη ραδιενεργό διάσπαση του ραδίου, που είναι συστατικό της γης σε πολύ μικρή αναλογία (ιχνοστοιχείο). Το ραδόνιο και τα θυγατρικά του ραδιοϊσότοπα συνεισφέρουν περίπου κατά 50% στη συνολική δόση από φυσικές πηγές που δέχεται ο άνθρωπος. Όταν εισπνέεται σε μεγάλες ποσότητες μπορεί να προκαλέσει καρκίνο του πνεύμονα. Το περιέχουν τα οικοδομικά υλικά στους πόρους τους και τελικά ελκύεται από την επιφάνεια στον ελεύθερο αέρα. Στους κλειστούς χώρους (κατοικίες, γραφεία, σχολεία κ.ά.) συσσωρεύεται από τους τοίχους, την οροφή και το δάπεδο κυρίως (ιδιαίτερα, όταν αυτό έρχεται σε άμεση επαφή με τη Γη ή είναι από μπετόν αρκετά πορώδες). Ο ατμοσφαιρικός αέρας περιέχει ραδόνιο που εκλύεται από το έδαφος, όμως σε πολύ μικρή συγκέντρωση. Έτσι το άνοιγμα των παραθύρων (εξαερισμός) ελάχιστα επιβαρύνει σε ραδόνιο τον αέρα των εσωτερικών χώρων. Το ραδόνιο επίσης εισβάλλει στις κατοικίες με το νερό της βρύσης, με τους αγωγούς φυσικού αερίου (γκάζι), τους αρμούς και τις ρωγμές από σεισμούς ή άλλες αιτίες, τις αποχετεύσεις και τις χαλαρές συνδέσεις των σωληνώσεων.

Η συσσώρευση του ραδονίου γίνεται ακόμα μεγαλύτερη όταν οι κατοικίες έχουν υψηλού βαθμού μόνωση, για λόγους εξοικονόμησης ενέργειας τη χειμερινή περίοδο ή air-conditioning κατά τη θερινή περίοδο. Έτσι δεν γίνεται ο απαιτούμενος εξαερισμός των κατοικιών που θα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της συγκέντρωσης του ραδονίου.

Σήμερα το ραδόνιο θεωρείται ο κυριότερος ρυπαντής του αέρα εσωτερικών χώρων. Έχουν γίνει πάρα πολλές μελέτες στις κατοικίες για τις επιπτώσεις του στην υγεία του ανθρώπου σε διάφορες χώρες (ιδιαίτερα στις ΗΠΑ, στη Σουηδία, στη Νορβηγία, στη Μ. Βρετανία και στην Ινδία). Το Εργαστήριο Πυρηνικής Φυσικής του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης κάνει συστηματικές μετρήσεις του ραδονίου στις κατοικίες από το 1983. Παράλληλα έγινε μελέτη του ραδονίου και σε άλλους κλειστούς χώρους, όπως τα σπήλαια (Πετραλώνων Χαλκιδικής) ή διάφορα κτίσματα από γρανιτικούς λίθους που περιείχαν ουράνιο ή ράδιο σε υψηλότερες συγκεντρώσεις από τις κανονικές. Οι μετρήσεις αυτές έδειξαν πως η συγκέντρωση του ραδονίου στους κλειστούς χώρους στη Θεσσαλονίκη είναι σχετικά χαμηλή (από 0,4 ως 6,7 πικοκυρί ανά λίτρο αέρα). Στις ΗΠΑ κυμαίνεται από 0,36 ως 4.354,47 πικοκυρί ανά λίτρο αέρα. Στη Σουηδία από

10,8 έως 54 πικοκιουρί ανά λίτρο αέρα.

Τι σχέση έχει το ραδόνιο με την υγεία; Εκείνο που έχει περισσότερη σημασία για την υγεία μας και αφορά ειδικότερα τους πνεύμονες και όλο το αναπνευστικό σύστημα, δεν είναι το ίδιο το ραδόνιο αλλά τα θυγατρικά του ισότοπα: Πολώνιο -218 και 214, Μόλυβδος -214 και Βισμούθιο -214. Έτσι με κάποιους τύπους οι επιστήμονες μπορούν να υπολογίσουν περίπου τον αναμενόμενο αριθμό περιπτώσεων καρκίνου του πνεύμονα ανά έτος. Για την Ελλάδα κυμαίνεται από 160 έως 6.200 περιπτώσεις το χρόνο. Οι ειδικοί (επιδημιολόγοι) επιμένουν βέβαια πως το μεγαλύτερο ίσως ποσοστό, οφείλεται στο κάπνισμα κι όχι στο ραδόνιο.

Η μείωση του ραδονίου στις κατοικίες και ο περιορισμός των συνεπειών του αντιμετωπίζεται ως εξής:

1. Να γίνεται καλός εξαερισμός των κατοικιών, που σημαίνει πολλές αλλαγές αέρα την ημέρα.
2. Κατάλληλος συνδυασμός της θερμομόνωσης και του κλιματισμού των κατοικιών με τον επαρκή εξαερισμό.
3. Επιλογή των οικοδομικών υλικών ύστερα από εξέταση της ραδιενέργειάς τους. Έχει ήδη γίνει επιστημονική ανακοίνωση σε διεθνή περιοδικά και συνέδρια από επιστήμονες του Εργαστηρίου Πυρηνικής Φυσικής του Παν/μίου Θεσ/νίκης και από άλλους επιστήμονες για τη ραδιενέργεια των οικοδομικών υλικών στην Ελλάδα. πρέπει να γίνεται συνεχώς έλεγχος των οικοδομικών υλικών παλαιότερης και νεότερης τεχνολογίας, ώστε να είναι σύμφωνα με τις διεθνείς προδιαγραφές όπως αυτές καθορίζονται την Διεθνή Επιτροπή Ραδιοπροστασίας (ICRP). Στις ΗΠΑ οι αγοραστές κατοικιών ζητούν να προμηθευτούν πιστοποιητικό ελέγχου του ραδονίου πριν από την υπογραφή του συμβολαίου για αγορά κατοικίας.

Στην Ελλάδα δεν υπάρχει πρόβλημα ραδονίου όσο σε άλλες χώρες. Για πολλούς μήνες έχουμε παράθυρα και πόρτες ανοιχτές και είναι ελάχιστες οι περιπτώσεις υψηλού βαθμού θερμομόνωσης ή air conditioning. Έτσι με την ισχύουσα θεωρία περί καρκίνου μειώνεται ο αριθμός των περιπτώσεων, όμως δεν μηδενίζεται.

1.4 Άλλες φυσικές πηγές ραδιενέργειας

Υπάρχουν στη Γη κι άλλες πηγές ραδιενέργειας μικρότερης σημασίας. Η πιο σημαντική προέρχεται από το κάρβουνο, το οποίο όταν καίγεται ελευθερώνει τα ραδιενεργά ισότοπα που περικλείει. Αυτά είτε φεύγουν με τον καπνό, είτε παραμένουν στη στάχτη.

Επίσης τα φωσφωρικά ορυκτά, που χρησιμοποιούνται για λιπάσματα, περιέχουν σε πολύ μικρές ποσότητες ραδιενεργά ισότοπα και φτάνουν στον άνθρωπο με την τροφή.

Η γεωθερμική ενέργεια, που ελευθερώνεται με τη μορφή ατμού ή ζεστού νερού, είναι ένα μέσο με το οποίο φτάνει η ραδιενέργεια από το εσωτερικό της γης στην επιφάνεια της. Η χρήση της για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας προξενεί τριπλάσια ραδιενεργό ρύπανση ανά μονάδα παραγωγής έναντι της αντίστοιχης ρύπανσης από ηλεκτρικά εργοστάσια κάρβουνου. Η διάδοση της γεωθερμικής ενέργειας είναι περιορισμένη (0,1% της παγκόσμιας παραγωγής ενέργειας και η συμμετοχή της στη φυσική ραδιενέργεια είναι μικρή).

Άλλο μέσο είναι οι πηγές των μεταλλικών μερών, που περιέχουν σε διάλυση απορροές ραδιενεργών στοιχείων και πολύ σπάνια ελάχιστα ποσά των ίδιων ραδιενεργών στοιχείων ή των αλάτων τους. Οι ραδιενεργές πηγές έχουν θεραπευτική επίδραση σε πολλές παθήσεις όπως τα αρθρικά, οι χρόνιοι ρευματισμοί, η πνευμονική φυματίωση κ.ά. Στην Ελλάδα οι ισχυρότερες ραδιενεργές πηγές είναι αυτές που βρίσκονται στα Καμένα Βούρλα.

1.5 Εσωτερική ραδιενέργεια

Ραδιενεργά ισότοπα εισέρχονται στον ανθρώπινο σώμα με την εισπνοή και τις τροφές. Ανάλογα με το είδος τους κατακρατούνται από ορισμένα μέρη (όργανα) του σώματος για κάποιο διάστημα. Από τη θέση αυτή ακτινοβολούν τη γύρω περιοχή. Αν το περιβάλλον δεν έχει ρυπανθεί με τεχνητά ραδιενεργά ισότοπα, τα κυριότερα ραδιενεργά ισότοπα που εισέρχονται κι έχουν ανιχνευθεί στο σώμα είναι: ο άνθρακας -14, το ραδόνιο -222 και 220 και το Κάλιο -40. Τα ισότοπα αυτά έχουν ένα σταθερό ρυθμό εισόδου και εξόδου στο σώμα, λόγω του βιολογικού κύκλου, με αποτέλεσμα να βρίσκονται σε κατάσταση ισορροπίας. Ένα καινούργιο ισότοπο που εντοπίστηκε στο ανθρώπινο σώμα μετά το ατύχημα του Τσερνομπίλ είναι το Καίσιο -137. Η τιμή ισορροπίας του που μετρείται στο σώμα

μας φτάνει τις μερικές χιλιάδες Βq.

Μέχρι σήμερα δεν έχει ανακοινωθεί κάποια ασθένεια που να αποδόθηκε σε φυσική ραδιενέργεια ακόμη και σε περιοχές που μετρήθηκαν 20 και 30 φορές μεγαλύτερες από 10 μέσο όρο. Είναι πιθανό οι μικρές δόσεις από φυσική ραδιενέργεια να προκαλούν γενετικές βλάβες σε πολύ μικρά ποσοστά σε σχέση με άλλες εξωγενείς αιτίες. Επίσης τα υψηλά επίπεδα ραδονίου σε σπίτια είναι ένας κίνδυνος και πρέπει οι έρευνες σ' αυτή την κατεύθυνση να συνεχιστούν.

2. Πηγές τεχνητής ραδιενέργειας

Το άτομο είναι το μικρότερο σωματίδιο ενός στοιχείου, το οποίο έχει όλες τις χημικές ιδιότητές τους. Το κάθε άτομο αποτελείται από μικρότερα σωματίδια που λέγονται πρωτόνια, νετρόνια και ηλεκτρόνια. Τα πρωτόνια είναι θετικά φορτισμένα, τα νετρόνια δεν έχουν καθόλου φορτίο και τα ηλεκτρόνια είναι αρνητικά φορτισμένα. Τα πρωτόνια και τα νετρόνια βρίσκονται στο κέντρο του ατόμου και αποτελούν τον πυρήνα του. Τα ηλεκτρόνια κινούνται γύρω από τον πυρήνα. Το κάθε άτομο ενός στοιχείου έχει τον ίδιο αριθμό πρωτονίων στον πυρήνα του. Μπορεί όμως ο αριθμός νετρονίων στα διάφορα άτομα του ίδιου στοιχείου να ποικίλλει. Αυτές οι διαφορετικές μορφές του ίδιου στοιχείου λέγονται ισότοπα. Για να αναγνωρίζονται έχουν διαφορετικούς αριθμούς.

Η συνεχής προσπάθεια του ανθρώπου για την κατανόηση της φύσης και των νόμων της τον οδήγησε στη μελέτη της δομής του πυρήνα και των δυνάμεων που συγκρατούν τα συστατικά του (πρωτόνια και νετρόνια). Αντιλήφθηκε την τεράστια ενέργεια που περικλείεται στον πυρήνα και επινόησε τεχνητούς τρόπους απελευθέρωσης της με τη βοήθεια των μηχανισμών της πυρηνικής σχάσης και σύντηξης.

2.1 Σχάση με τη βοήθεια νετρονίου

Η σχάση, δηλαδή η διάσπαση ορισμένων πυρήνων, διευκολύνεται κατά πολύ αν τους χτυπήσει ένα νετρόνιο, ακόμη και πολύ χαμηλής ενέργειας (γύρω στα 0,025 ηλεκτρονιοβόλτ). Αυτό το χαμηλής ενέργειας νετρόνιο ενσωματώνεται στον πυρήνα και τον «ταρακουνάει», πράγμα που οδηγεί στην άμεση σχάση του σε χρόνο που είναι κλάσμα δισεκατομμυριοστού του δευτερολέπτου. Έτσι ο απαιτούμενος για τη σχάση χρόνος μειώνεται από εκατομμύρια χρόνια σε κλάσμα δισεκατομμυριοστού του δευτερολέπτου. Η κάθε σχάση ελευθερώνει 200 εκατομμύρια ηλεκτρονιοβόλτ.

2.2 Αλυσιδωτή αντίδραση

Αν κατά τη σχάση εκπέμπονται 2-3 απομονωμένα νετρόνια μπορούν να προκαλέσουν δυο νέες σχάσεις από τις οποίες θα προκύψουν 8 νετρόνια. Έτσι προκύπτει μια αλυσιδωτή αντίδραση που σε κάθε νέο βήμα της διασπώνται διπλάσιοι πυρήνες απ' ότι στο προηγούμενο. Αν συνεχιστεί ανεξέλεγκτα η αλυσιδωτή αντίδραση έχουμε την τρομακτική ισχύος πυρηνική έκρηξη. Αν αντί για πυρηνική έκρηξη χρησιμοποιήσουμε την ενέργεια που εκλύεται κατά την πυρηνική σχάση για ειρηνικούς σκοπούς πρέπει να εξασφαλίσουμε έναν σταθερό αριθμό σχάσεων. Για να γίνει κάτι τέτοιο πρέπει σε κάθε βήμα να σπάνε τόσο πυρήνες όσοι και στο προηγούμενο βήμα. Αυτό προϋποθέτει ότι μόνο ένα από τα νετρόνια που προκύπτουν από κάθε σχάση θα προκαλεί νέα σχάση. Τα υπόλοιπα θα πρέπει να απομακρύνονται από το σχάσιμο υλικό. Στους πυρηνικούς αντιδραστήρες γίνεται ο έλεγχος του ρυθμού των αντιδράσεων κάθε χρονική στιγμή. Τα εξερχόμενα νετρόνια μπορεί να ελεγχθούν με επιβραδυντή και με ράβδους ελέγχου. Ο επιβραδυντής μπορεί να είναι από οποιοδήποτε υλικό που μπορεί να επιβραδύνει τα νετρόνια και επομένως να αυξήσει την πιθανότητα σύγκρουσης των νετρονίων με άλλους πυρήνες. Ως επιβραδυντής χρησιμοποιείται συνήθως νερό ή γραφίτης. Οι ράβδοι ελέγχου περιέχουν χημικά στοιχεία, όπως το βόριο και το κάδμιο, που απορροφούν νετρόνια. Οι ράβδοι είναι κινητές, ώστε να μπορούν να εισαχθούν στην καρδιά του καυσίμου, όταν ο αριθμός των αντιδράσεων που συμβαίνουν κάθε στιγμή χρειάζεται να μειωθεί, εξάγονται για να αυξηθεί ο ρυθμός πυρηνικών αντιδράσεων.

2.3 Πυρηνικός αντιδραστήρας

Όλες οι πυρηνικές αντιδράσεις συμβαίνουν στο δοχείο πίεσεως, που βρίσκεται μέσα σε άλλο ισχυρό κλειστό δοχείο περιορισμού, το οποίο λέγεται πυρηνικός αντιδραστήρας. Πολύ μικρή ποσότητα καυσίμου ουρανίου παράγει

τεράστια ποσότητα ενέργειας. Η ενέργεια παράγεται από την αλυσιδωτή αντίδραση και μεταφέρεται από την καρδιά του αντιδραστήρα προς τα έξω υπό μορφή θερμότητας. Στην Ελλάδα λειτουργεί από το 1962 ο αντιδραστήρας του «Δημόκριτου». Η κύρια χρήση του σήμερα είναι η παραγωγή ραδιοϊσοτόπων για τις ανάγκες των νοσοκομείων.

Οι πυρηνικοί αντιδραστήρες είναι για το πυρηνικό εργοστάσιο ηλεκτρικής ισχύος, ότι είναι ο καυστήρας στα σπίτια μας. Η καρδιά του αντιδραστήρα αποτελείται από ένα ατσάλινο δοχείο πίεσεως που έχει μέσα του χιλιάδες ράβδους καυσίμου. Γύρω από το δοχείο υπάρχει μια άλλη ατσάλινη στεγανή κατασκευή που λέγεται «ατσάλινο προστατευτικό περίβλημα». Γύρω από το δοχείο και το ατσάλινο προστατευτικό περίβλημα υπάρχει το κτήριο θωρακίσεως. Το κτήριο αυτό έχει τοιχώματα από ενισχυμένο σκυρόδεμα, πάχους ενός μέτρου και πάνω.

2.4 Επεξεργασία ουρανίου και κατασκευή του καυσίμου

Το ουράνιο 235 είναι μόνο το 0,7% του φυσικού ουρανίου. Το άλλο 99,3% είναι U-238. Επομένως το ορυκτό ουράνιο πρέπει να εμπλουτιστεί με κατάλληλη επεξεργασία.

Πριν πραγματοποιηθεί η επεξεργασία, το ορυκτό πρέπει να τριφτεί και να μετατραπεί σε κόκκους μεγέθους ψιλής άμμου. Στη συνέχεια γίνεται διήθηση με μίγμα νερού και χημικών ουσιών που διαχωρίζει το ουράνιο από άλλα υλικά του ορυκτού (πετρώματος). Αυτή η χημική επεξεργασία οδηγεί σε ένα μίγμα που λέγεται «κίτρινο κέικ». Έχει τη μορφή ενός γυαλιστερού κίτρινου παχύρρευστου μίγματος ή τη μορφή σκόνης. Πριν χρησιμοποιηθεί ως πυρηνικό καύσιμο, το κίτρινο κέικ μετατρέπεται σε κρυστάλλους εξαφθοριούχου ουρανίου.

Αυτοί οι κρύσταλλοι παίρνουν τη μορφή μικρών ράβδων ή σφαιριδίων. Αυτό γίνεται με άλεσμα, συμπίεση και πυράκτωση σε φούρνο, όπως στη αγγειοπλαστική. Το κάθε σφαιρίδιο έχει μέγεθος νυχιού. Τα σφαιρίδια συσκευάζονται σε ειδικούς μεταλλικούς σωλήνες (στοιχεία καυσίμου). Οι γεμάτοι σωλήνες κλείνονται ερμητικά και τοποθετούνται κατά δέσμες σε μεταλλικά πλαίσια. Τα πλαίσια διατηρούν ακριβείς αποστάσεις μεταξύ των ράβδων. Η δέσμη των ράβδων λέγεται πακέτο καυσίμου και θα αποτελέσει την καρδιά κάποιου πυρηνικού αντιδραστήρα.

Άλλα μέρη της καρδιάς είναι ο επιβραδυντής και οι ράβδοι ελέγχου.

2.5 Τύποι αντιδραστήρων

Χρησιμοποιούνται ή έχουν μελετηθεί οι εξής τύποι αντιδραστήρων:

1. Αντιδραστήρες ελαφρού νερού (light water reactors, LWR). Εβδομήντα πέντε τοις εκατό (75%) των χρησιμοποιούμενων σήμερα αντιδραστήρων είναι αυτού του τύπου. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν δυο υποκατηγορίες:
 - a. Αντιδραστήρες βράζοντας νερού (Boiling – Water Reactors, BWR).
 - β. Αντιδραστήρες πεπιεσμένου νερού (Pressurized – Water Reactors, PWR).
2. Αντιδραστήρες βαρέως νερού (CANDU συντομογραφία του «Canadian Deuterium»).
3. Αντιδραστήρες υψηλής θερμοκρασίας με ψυκτικό αέριο (High – Temperature Gas Reactors, HTGR).
4. Γρήγοροι αντιδραστήρες αναπαραγωγής (Fast Breeder Reactors, FBR). Χωρίζονται σε δυο υποκατηγορίες:
 - a. Γρήγοροι αντιδραστήρες αναπαραγωγής με υγρό μέταλλο (Liquid Metal Fast Breeder Reactors, LMFBR).
 - β. Ψυχωμένοι με αέριο γρήγοροι αντιδραστήρες αναπαραγωγής (Gas – Cooled Fast Breeder Reactors, GCFBR).
5. Ολοκληρωμένος γρήγορος αντιδραστήρας (integral Fast Reactors, IFR). Είναι νέα επινόηση που δοκιμάζεται σε μία πειραματική κατασκευή κοντά στο Idaho Falls, στην πολιτεία Idaho των ΗΠΑ

2.6 Βασικές αρχές ασφαλείας

Στους πυρηνικούς αντιδραστήρες είναι αδύνατο να συμβεί πυρηνική έκρηξη γιατί το ίδιο το καύσιμο πρέπει να είναι σε στερεά μορφή και σε ορισμένη θερμοκρασία για να συμβεί αλυσιδωτή αντίδραση.

Αν το καύσιμο λιώσει ή εξαερωθεί σταματά κάθε διαδικασία. Το πρόβλημα με τους πυρηνικούς αντιδραστήρες ισχύος βρίσκεται στα μεγάλα ποσά ραδιενεργών υλικών που δημιουργούνται ως αποτέλεσμα των σχάσεων του πυρηνικού καυσίμου. Τα ραδιενεργά αυτά υλικά πρέπει να διαφυλαχθούν και να αποτραπεί με κάθε μέσο η έκλυσή του στο περιβάλλον. Το έργο αυτό προσπαθεί να εκπληρώσει ο σχεδιασμός ασφαλείας των Π.Α.Ι. Οι περισσότεροι είναι σχεδιασμένοι σύμφωνα με την αρχή ασφαλείας των τεσσάρων φραγμάτων. Η ραδιενέργεια κατά τη λειτουργία του αντιδραστήρα πρέπει να διασπάσει τέσσερα φράγματα για να διαφύγει στο περιβάλλον:

α. Πυρηνικό καύσιμο. Το πρώτο φράγμα είναι το ίδιο το πυρηνικό καύσιμο. Τα ραδιενεργά προϊόντα της σχάσης παράγονται μέσα στο κρυσταλλικό πλέγμα του πυρηνικού καυσίμου. Όταν το καύσιμο παραμένει στην αλυσιδωτή του μορφή, μόνο ένα μέρος των αερίων και των πτητικών προϊόντων της σχάσης διαφεύγουν από το πλέγμα, εκτός αν αυτό λιώσει ή εξαερωθεί από υπερβολική θερμοκρασία.

β. Ράβδοι καυσίμου. Το πυρηνικό καύσιμο βρίσκεται με τη μορφή μικρών κυλίνδρων κλεισμένο σε σωλήνες ζirkονιούχου χάλυβα. Οι σωλήνες, μαζί με το καύσιμο που περιέχουν, ονομάζονται ράβδοι καυσίμου και συγκρατούν με το περίβλημά τους τα προϊόντα της σχάσης που διαφεύγουν από το κρυσταλλικό πλέγμα του καυσίμου, εκτός αν το περίβλημα λιώσει από υψηλή θερμοκρασία.

γ. Περίβλημα του πρωτεύοντος συστήματος ψύξης. Το κύριο μέρος του περιβλήματος αυτού είναι το δοχείο πίεσης. Είναι ένα χαλύβδινο δοχείο πάχους 20-25 εκατοστών και περικλείει την καρδιά του αντιδραστήρα και έχει σκοπό να συγκρατήσει τα ραδιενεργά στοιχεία στην περίπτωση που θα διασπαστούν τα δυο πρώτα φράγματα. Κίνδυνοι είναι η υψηλή θερμοκρασία, η υπερβολική υψηλή πίεση του νερού μέσα στο πρωτεύον κύκλωμα ή η μηχανική βλάβη κάποιου εξαρτήματος (κυρίως μια ανοιχτή βαλβίδα).

δ. Περίβλημα. Είναι μια κατασκευή από ένα σφαιρικό ή κυλινδρικό χαλύβδινο κέλυφος που περιβάλλεται με αντίστοιχο κέλυφος από σκυρόδεμα.

Αν υπερθερμανθεί το καύσιμο από αυξημένο ρυθμό σχάσεων ή από ελάττωση της ψυκτικής ικανότητας του ψυκτικού μέσου διακόπεται η λειτουργία του αντιδραστήρα, όπως είπαμε πριν. Δυστυχώς όμως δεν σταματά έτσι η παραγωγή θερμότητας, γιατί οι ραδιενεργοί πυρήνες μεταπίπτουν σε ένα ή περισσότερα στάδια σε άλλους, μέχρι να καταλήξουν σε κάποια σταθερή μορφή. Έτσι εξακολουθεί να παράγεται θερμότητα για μεγάλο χρονικό διάστημα μετά τη διακοπή λειτουργίας. Φυσικά αυτή η θερμότητα πρέπει να μεταφερθεί με διάφορα ψυκτικά μέσα στο περιβάλλον, γιατί θα υπερθερμανθεί το καύσιμο και θα απειληθούν τα φράγματα μεταξύ ραδιενέργειας και περιβάλλοντος. Η ύπαρξη της θερμότητας ραδιενεργού μετάπτωσης αποτελεί και το σημαντικότερο μειονέκτημα των πυρηνικών αντιδραστήρων.

2.7 Ανανέωση στοιχείων

Μετά από ένα χρονικό διάστημα λειτουργίας του αντιδραστήρα ένα ποσοστό του σχάσιμου υλικού έχει διασπαστεί και απαιτείται η ανανέωσή του, γιατί το σχάσιμο υλικό δεν επαρκεί. Η διαδικασία αυτή γίνεται μια φορά το χρόνο. Σε ορισμένους αντιδραστήρες συνεχώς και σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας.

2.8 Εργοστάσια Επανεπεξεργασίας

Σκοπός τους είναι η επανάκτηση του Ουρανίου -235 και του Πλουτωνίου -239 που βρίσκονται στα σχάσιμα στοιχεία που δεν ανταποκρίνονται πια στις αλυσιδωτές αντιδράσεις και έχουν απομακρυνθεί από τον αντιδραστήρα. Αυτά τα στοιχεία αρχικά αποθηκεύονται για έξι μήνες και μεταφέρονται με θωρακισμένα δοχεία στα εργοστάσια. Είναι επικίνδυνη αυτή η διαδικασία. Στη συνέχεια εκφορτώνονται σε δεξαμενές νερού, μετά κόβονται οι ράβδοι με ειδικά ψαλίδια σε κομμάτια και τοποθετούνται σε δοχεία που περιέχουν ισχυρά οξέα, όπου και διαλύονται. Το ραδιενεργό υγρό που προκύπτει μεταφέρεται και διαχωρίζεται στα τελικά προϊόντα Ουρανίου, Πλουτωνίου και προϊόντα σχάσης. Μετά απ' αυτή τη διαδικασία όμως συγκεντρώνονται ραδιενεργές πτητικές ουσίες που αποθηκεύονται δύσκολα.

2.9 Αποθήκευση ραδιενεργών αποβλήτων

Το μεγάλο πρόβλημα των ραδιενεργών αποβλήτων είναι η συνεχώς

αυξανόμενη παραγωγή τους και η παρουσία τους για εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια.

Οι μέθοδοι αποθήκευσης που έχουν προταθεί είναι:

- α. Αποθήκευση σε τρύπες που θα ανοιχτούν στον πυθμένα των ωκεανών.
- β. Αποστολή στο διάστημα με πυραύλους.
- γ. Αποθήκευση σε κοιλώματα αλατωρυχείων ή άλλων ανθεκτικών γεωλογικών σχηματισμών.

Από τις τρεις μεθόδους αυτή που κερδίζει συνεχώς έδαφος είναι η τρίτη. Σουηδικές εταιρείες προτείνουν την αποθήκευση των αποβλήτων για 40 χρόνια σε υπόγειες δεξαμενές νερού. Μετά ακολουθεί συμπύκνωση σε χάλκινα δοχεία και τοποθέτηση σε κοιλότητες βράχων 500 μέτρα κάτω από το έδαφος. Άλλες λύσεις αποβλέπουν στη συμπύκνωση των αποβλήτων, στη σύντηξη με γυαλί και στην αποθήκευσή τους σε αλατωρυχεία.

Όλες οι λύσεις που έχουν προταθεί έχουν επικριθεί από οικολόγους και ειδικούς επιστήμονες όσον αφορά τις δυνατότητες διαρροής.

Οι διάφορες φάσεις που συνδέονται με τη λειτουργία ενός πυρηνικού εργοστασίου αποτελούν το «κύκλο του πυρηνικού καυσίμου».

2.10 Κύκλος του πυρηνικού καυσίμου

1. Εξόρυξη ουρανιούχου κοιτάσματος
2. Εμπλουτισμός σε Ουράνιο -235
3. Κατασκευή σχάσιμων στοιχείων
4. Λειτουργία αντιδραστήρα
5. Ανανέωση στοιχείων
6. Επανεπεξεργασία
7. Αποθήκευση ραδιενεργών καταλοίπων

3. Συστήματα Πυρηνοκινήσεων

Πυρηνοκίνηση είναι η χρήση πυρηνικού αντιδραστήρα, για να κινηθούν μεταφορικά οχήματα. Χρειάζονται πολύ μικρές ποσότητες πυρηνικού καυσίμου και δεν απαιτείται η αντικατάστασή του συχνά. Ένας μικρός πυρηνικός αντιδραστήρας έχει μερικά πλεονεκτήματα για τη μεταφορά ανθρώπων και υλικών.

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πλοία, αεροπλάνα και πυραύλους, όταν το κόστος δεν είναι τόσο σημαντικό, όσο η ανάγκη να διανυθούν μεγάλες αποστάσεις και για μεγάλες χρονικές περιόδους χωρίς τροφοδοσία σε καύσιμα. Η πυρηνική ενέργεια δεν είναι πρακτική για μικρά οχήματα εδάφους, λόγω της απαιτούμενης προστατευτική θωράκισης, που είναι ογκώδης.

Το ναυτικό των ΗΠΑ έχει πολλά πλοία που είναι πυρηνοκίνητα. Η πυρηνοκίνηση χρησιμοποιήθηκε πρώτα σε υποβρύχια. Έχουν κατασκευαστεί δοκιμαστικά πρότυπα δυο πυρηνικών κινητήρων αεροπλάνων. Στη δεκαετία του '60 οι ΗΠΑ ανέπτυξαν έναν πυρηνικό αντιδραστήρα κατάλληλο για προώθηση πυραύλων. Στη δεκαετία του '90 γίνονταν συζητήσεις μεταξύ επιστημόνων και περιβαλλοντολόγων για το αν θα έπρεπε να επιτρέπονται πυρηνοκίνητα διαστημικά οχήματα.

4. Εφαρμογές της τεχνητής ραδιενέργειας στην Ιατρική

Οι θετικές εφαρμογές της ραδιενέργειας σε τομείς της επιστήμης και τεχνολογίας είναι σημαντικές. Χρησιμοποιείται στην ιατρική για ραδιοθεραπεία καρκινοπαθών, στη βιομηχανία (όπως περιγράψαμε πριν για ηλεκτροπαραγωγή), στη φαρμακευτική για την αποστείρωση τροφίμων και αντιβιοτικών και στην επιστημονική έρευνα για τη ραδιοχρονολόγηση ιστορικών και γεωπολιτικών γεγονότων.

Ενώ στη φύση υπάρχουν μερικές δεκάδες ασταθή ισότοπα (ραδιοϊσότοπα), ο άνθρωπος μετά την ανακάλυψη και τη μελέτη της δομής του πυρήνα, κατόρθωσε να κατασκευάσει μηχανές για την «κατά παραγγελία» παραγωγή ραδιοϊσοτόπων, ώστε σήμερα να υπάρχουν πάνω από 2000 τεχνητά ραδιοϊσότοπα που μπορούν να παραχθούν με κατάλληλο βομβαρδισμό των 100 στοιχείων της φύσης. Ο βομβαρδισμός γίνεται με νετρόνια μέσα στους ατομικούς αντιδραστήρες.

Αρχικά χρησιμοποιήθηκαν ακτίνες Χ υψηλής ενέργειας για θεραπευτικούς σκοπούς. Σταδιακά αντικαταστάθηκαν από ακτινοβολίες ραδιοϊσοτόπων. Έτσι αναπτύχθηκε ένας νέος κλάδος της ιατρικής, η πυρηνική Ιατρική.

Οι ακτίνες Χ είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία υψηλής ενέργειας. Η παραγωγή τους δεν έχει σχέση με την τεχνητή ραδιενέργεια. Η δόση

ραδιενέργειας που παίρνουμε όμως από μια ακτινογραφία θώρακος είναι κατά μέσο όρο 0,2 mSv. Η τιμή αυτή αυξάνει σημαντικά για ακτινογραφίες άλλων τμημάτων του σώματος. Η διαγνωστική με ακτίνες X έχει κάνει σημαντικές προόδους με την τεχνική της αξονικής τομογραφίας. Η δόση ακτινοβολίας που παίρνει ο ασθενής μ' αυτή είναι σημαντικά υψηλότερη από μια απλή ακτινογραφία θώρακος. Υπάρχει και η τεχνική της αξονικής τομογραφίας με τη μέθοδο του πυρηνικού μαγνητικού συντονισμού. Το βασικό πλεονέκτημά της είναι η απουσία ραδιενεργού ακτινοβολίας. Ακτινοβολίες ακτίνων X χρησιμοποιήθηκαν για διαγνωστικούς (ακτινοβολία συγχρότρου) και θεραπευτικούς σκοπούς (καρκίνου). Για τη δεύτερη περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν μηχανές παραγωγής ακτίνων X, που σήμερα έχουν αντικατασταθεί από το Βήτατρο, μια επιταχυντική μηχανή ηλεκτρονίων.

Η διαγνωστική έκανε μεγάλη πρόοδο με τη χρήση των ραδιοϊσοτόπων. Εισάγονται τα κατάλληλα ραδιοϊσότοπα στο πάσχον μέρος του ασθενούς και γίνεται ο έλεγχος μέσω της ακτινοβολίας που εκπέμπουν. Πάνω από 20 ραδιοϊσότοπα χρησιμοποιούνται σήμερα για διαγνωστικούς σκοπούς στην Πυρηνική Ιατρική. Χρησιμοποιούνται κυρίως εκείνα που εκπέμπουν ακτίνες γ. Επειδή οι ακτίνες αυτές είναι πολύ διαπεραστικές, το ραδιοϊσότοπο που εκπέμπει ακτίνες γ, όταν είναι μέσα στο σώμα, μπορεί ν' ανιχνευθεί και έξω απ' αυτό με κατάλληλο ανιχνευτή της ακτινοβολίας. Αυτές οι μέθοδοι όμως 'έχουν οδηγήσει σε αύξηση της δόσης που παίρνει ο ασθενής. Οι δόσεις κυμαίνονται από 10-100 mSv.

Οι πυρηνικές ακτινοβολίες έχουν βρει εφαρμογές και στην θεραπευτική. Η πιο γνωστή είναι η ακτινοθεραπεία όγκων με ακτινοβολία γ από Κοβάλτιο -60 (βόμβα κοβαλτίου). Αυτή είναι η συνέχεια της ανάπτυξης της ακτινοθεραπείας μετά τις ακτίνες X και το Βήτατρο. Η ακτινοβολία του Κοβαλτίου -60 είναι πολύ πιο διεισδυτική από αυτήν των ακτίνων X.

Γ. ΤΑ ΑΡΝΗΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

^
αρχή

Δεν μπορεί να οριστεί κατώτερη οριακή δόση ακτινοβολίας. Έτσι σε κάποια άτομα οι αρνητικές επιπτώσεις της ραδιενέργειας θα εκδηλωθούν ίσως μετά από δεκαετίες, ενώ σε άλλα όχι. Οι συνέπειες της κακής χρήσης της ραδιενέργειας είναι τραγικές όταν αυτή χρησιμοποιείται ως πολεμικό όπλο. Αυτό έγινε στο Β' Παγκόσμιο Πόλεμο (βλ. ιστορική αναδρομή), στις πυρηνικές δοκιμές σε στεριά, αέρα και θάλασσα, στον πόλεμο του Κόλπου 1989 και στο Κοσσυφοπέδιο πρόσφατα. Μεγάλη μόλυνση στο περιβάλλον προκαλείται από ατυχήματα ή διαρροές σε πυρηνικούς αντιδραστήρες (Τσερνομπίλ Ε.Σ.Σ.Δ., Απρίλιος 1986). Επίσης τα πυρηνικά απόβλητα είναι ένας μεγάλο πρόβλημα που δεν έχει βρει τη λύση του. Όλα τα παραπάνω δημιουργούν ραδιενεργό ρύπανση του χερσαίου οικοσυστήματος και ασθένειες στον άνθρωπο.

Ραδιενεργός ρύπανση του ατμοσφαιρικού αέρα

Ο ατμοσφαιρικός αέρας είναι το πρώτο συστατικό του οικοσυστήματος που μολύνεται μετά από πυρηνική έκρηξη ή ατύχημα πυρηνικής εγκατάστασης, που έχει σαν αποτέλεσμα τη διαρροή ραδιενεργού υλικού στην ατμόσφαιρα. Η έκταση της μόλυνσης εξαρτάται από την πηγή που την προκάλεσε. Ο ατμοσφαιρικός αέρας είναι ο δρόμος με τον οποίο μεταφέρονται τα ραδιενεργά άτομα σε περιοχές μακριά από την πυρηνική έκρηξη ή ατύχημα. Περισσότερο επικίνδυνη από τη μολυσμένη με ραδιενέργεια τροφή ή νερό είναι η εισπνοή μολυσμένου αέρα. Γιατί ενώ ο άνθρωπος πίνει δυο λίτρα νερό και ένα λίτρο τροφή το 24ωρο εισπνέει 10-20 χιλιάδες λίτρα αέρα. Έτσι συσσωρεύονται στο σώμα του ανθρώπου πολύ μεγάλες ποσότητες ραδιενεργών ατόμων. Η μόλυνση του αέρα δεν διαρκεί πολύ γιατί τα ραδιενεργά υλικά λόγω της βαρύτητας καταλήγουν σύντομα στο έδαφος και σε ότι βρίσκεται πάνω σ' αυτό.

Ραδιενεργό ρύπανση του εδάφους

Το μεγαλύτερο μέρος των ραδιενεργών υλικών καταλήγει στο έδαφος. Από εκεί τα ραδιενεργά άτομα επηρεάζουν τα φυτά, τα ζώα και τον άνθρωπο. Η παραμονή των υλικών εκεί εξαρτάται από το χρόνο υποδιπλασιασμού τους (μέχρι και χιλιάδες χρόνια) και από το πόσο απορροφώνται από το έδαφος.

Ραδιενεργός ρύπανση του νερού

Τα νερά σε ανοιχτούς χώρους μπορούν να μολυνθούν μετά από βροχόπτωση ή χιονόπτωση. Τα υπόγεια νερά «φιλτράρονται» όταν περνούν από ένα μεγάλο στρώμα εδάφους. Γι' αυτό το πηγαδίσιο νερό μετά από πυρηνική έκρηξη είναι ασφαλέστερο από το επιφανειακό. Όταν τα μολυσμένα νερά χρησιμοποιούνται για πόσιμα σε μεγάλο ποσοστό εισέρχονται στα φυτά. Στη συνέχεια τα ζώα ή ο άνθρωπος μολύνονται όταν καταναλώνουν αυτά τα φυτά. Επίσης το άφθονο νερό που χρησιμοποιούν τα πυρηνικά εργοστάσια μολύνει το περιβάλλον, όταν βγαίνει από αυτά.

Ραδιενεργός ρύπανση των φυτών

Τα ραδιενεργά υλικά πριν φτάσουν στο έδαφος μπορεί να συγκρατηθούν από τα φύλλα και τους καρπούς των φυτών (άμεση ρύπανση). Όταν προσλαμβάνονται από τις ρίζες των φυτών η ρύπανση είναι έμμεση. Η ένταση και η διάρκεια μιας βροχόπτωσης μειώνει τη μόλυνση στα φυτά.

Συνέπειες στα ζώα

Τα ζώα είναι εκτεθειμένα στην εξωτερική ακτινοβολία και με τη βοσκή φορτώνουν το σώμα τους με ραδιενεργά άτομα. Από το σώμα τους ένα μέρος ακτινοβολεί γύρω τους και ένα άλλο μέρος αποβάλλεται (γάλα, ούρα, κλπ.). Η μόλυνση μεταδίδεται σε σαρκοφάγα ζώα και στον άνθρωπο που θα χρησιμοποιήσουν ως τροφή το κρέας, το γάλα κ.ά. αυτών των φυτοφάγων ζώων. Η ακτινοβόληση μπορεί να είναι θανατηφόρος ή να προκαλέσει αρρώστιες ή στειρώση. Η ανθεκτικότητα των ζώων στις ακτινοβολίες είναι διαφορετική και μπορεί αν δημιουργηθούν διαταραχές στην οικολογική ισορροπία. Τα έντομα π.χ. είναι πιο ανθεκτικά από τα πτηνά.

Συνέπειες στον άνθρωπο

Χωρίζονται σε δυο κατηγορίες:

α) Οι στοχαστικές (ή πιθανολογικές) είναι εκείνες που η εκδήλωσή τους έχει το χαρακτήρα του τυχαίου. Η πιθανότητα εκδήλωσής τους έχει το χαρακτήρα του τυχαίου. Η πιθανότητα εκδήλωσής τους συνδέεται με τη δόση της ακτινοβολίας που απορροφάται από τον οργανισμό. Δεν υπάρχει βέβαια κατώτερη δόση ακτινοβολίας. Η εκδήλωσή τους μπορεί αν γίνει μετά από δεκαετίες. Οι στοχαστικές συνέπειες προκαλούνται από πολύ χαμηλές δόσεις ακτινοβολίας και αφορούν τη ζωή χιλιάδων ατόμων. Οι στοχαστικές επιπτώσεις είναι:

- Η εμφάνιση καρκίνου (λευχαιμίες, όγκοι μαστού, καρκίνος μυελού των οστών, πνεύμονα, οστών, θυρεοειδούς, ήπατος, λεπτού εντέρου και δέρματος).

- Οι κληρονομικές ανωμαλίες. Οι ακτινοβολίες προκαλούν μεταλλάξεις από τοπικές βλάβες στο DNA που δεν είναι ορατές στο μικροσκόπιο και χρωματοσωμιακές ανωμαλίες που δεν επιδιορθώνονται και είναι ορατές στο μικροσκόπιο (π.χ. σύνδρομο DOWN). Όσο μικρή κι αν είναι η ποσότητα ακτινοβολίας που απορροφά ένα κύτταρο, πάντοτε δημιουργείται αυξημένη πιθανότητα μεταλλάξεων. Μια μετάλλαξη του γενετικού υλικού για να εκδηλωθεί σ' ένα άτομο, πρέπει το άτομο αυτό να έχει προέλθει από ένα σπερματοζωάριο κι ένα ωάριο που έχουν ακριβώς την ίδια μετάλλαξη. Σε αντίθετη περίπτωση δεν εκδηλώνεται η μετάλλαξη στον απόγονο. Η κληρονομικές ανωμαλίες είναι δυσμενείς για τον άνθρωπο π.χ. η μεσογειακή αναιμία.

β) Μη στοχαστικές συνέπειες. Αυτές παρατηρούνται σε σχετικά υψηλές δόσεις ακτινοβολίας και η πιθανότητα και ο βαθμός εκδήλωσής τους εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η ηλικία, το βάρος, η γενική κατάσταση του ατόμου αλλά και η περίθαλψη που θα έχει τις πρώτες ώρες ή μέρες. Οι μη στοχαστικές συνέπειες είναι:

- Το γαστρεντερικό σύνδρομο (καταστροφή των κυττάρων που καλύπτουν το γαστρεντερικό σύστημα).

- Η καταστροφή του μυελού των οστών. Η μόνη θεραπεία είναι η μεταμόσχευση του μυελού των οστών. Συνήθως όμως απορρίπτονται τα ξένα κύτταρα.

Εμφανίζεται 2-3 μέρες μετά την έκθεση στην ακτινοβολία.

Η ακτινική πνευμονίτις. Εμφανίζεται με αναπνευστικά προβλήματα και πυρετό 5-6 εβδομάδες μετά και εκτεταμένη καταστροφή των κυττάρων του πνεύμονα. Οι άνθρωποι συνήθως πεθαίνουν από καταστροφή του μυελού των οστών.

Τα όργανα και οι ιστοί έχουν διαφορετική ευαισθησία στην ακτινοβολία. Ακτινοευαίσθητα είναι τα γεννητικά όργανα, ο μυελός των οστών, το επιθήλιο του εντέρου, το δέρμα και ο φακός του ματιού. Ακτινοάντοχα θεωρούνται το σκώτι, τα νεφρά, ο εγκέφαλος, τα οστά και οι συνδετικοί ιστοί.

Δ. ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΗΣ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΟΥ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

^
αρχή

Τα μέτρα που παίρνονται διακρίνονται σε άμεσα (πρέπει να ληφθούν αμέσως μετά το ατύχημα), βραχυπρόθεσμα (για τις καλλιέργειες που ήδη υπάρχουν) και μακροπρόθεσμα (τι πρέπει να γίνει για τις καλλιέργειες που θα ακολουθήσουν).

Άμεσα μέτρα

Μετά από έκρηξη ή ατύχημα πυρηνικό οι άνθρωποι και τα ζώα τους πρέπει να μεταφερθούν σε προστατευμένους χώρους. Το νερό που θα χρησιμοποιούν να προέρχεται από προστατευμένο δίκτυο ή γεώτρηση. Η διατροφή τους πρέπει να βασίζεται σε κονσερβοποιημένες τροφές. Τα αποθηκευμένα τρόφιμα συνήθως δεν παρουσιάζουν πρόβλημα. Για τα ζώα πρέπει να χρησιμοποιηθούν αποθηκευμένες τροφές (σανά, καρποί) για ένα τρίμηνο. Αν τα ζώα κατά τη διάρκεια της ρύπανσης ήταν σε ακάλυπτο χώρο θα πρέπει να μπου στο στάβλο και να πλυθούν προσεκτικά με καθαρό νερό.

Βραχυπρόθεσμα μέτρα

Συγκομίζονται καλλιέργειες που μπορούν να απορρυπανθούν και να φτάσουν ακίνδυνες στην κατανάλωση. Για την απορρύπανση γίνεται προσεκτικό πλύσιμο των μερών των φυτών που έχουν εκτεθεί και μετά προσεκτικά ξεφλούδισμα. Όσο πλησιάζουμε στο χώρο της έκρηξης τόσο περισσότερες καλλιέργειες συγκομίζονται.

Μακροπρόθεσμα μέτρα

Αφορούν καλλιέργειες που θα ακολουθήσουν τα επόμενα χρόνια. Όταν η ρύπανση των εδαφών είναι μεγάλη τα φυτά που θα αναπτυχθούν σ' αυτά θα περιέχουν μεγάλες ποσότητες ραδιενεργών ατόμων και θα είναι ακατάλληλα για τροφή. Γι' αυτό πρέπει να ληφθούν μέτρα για την απορρύπανση του εδάφους. Τα κυριότερα είναι:

- Απομάκρυνση του φυτικού καλύμματος του εδάφους (των φυτών). Όταν τα φυτά είναι πυκνά η ρύπανση του εδάφους είναι χαμηλή. Η απομάκρυνση των φυτών σημαίνει απομάκρυνση της ραδιενεργούς ρύπανσης κατά 90%. Όταν τα φυτά είναι αραιά και όρθια η απομάκρυνσή τους δεν έχει πρακτική αξία. Τα φυτά που συγκεντρώνονται αποθηκεύονται ή καίγονται με κατάλληλο τρόπο.

- Απομάκρυνση επιφανειακού εδάφους. Η απόξεση των επιφανειακών πέντε εκατοστών του εδάφους με τη χρησιμοποίηση grader απομακρύνει τη ρύπανση κατά 60-90%. Έχει αποτέλεσμα όταν η επιφάνεια του εδάφους λεία. Τα ρυπασμένα χώματα ρίχνονται σε τάφρους, θάβονται και δεν χρησιμοποιούνται για γεωργική παραγωγή.

- Βαθιά άροση. Μ' αυτό τον τρόπο γίνεται παράχωμα των ραδιενεργών ατόμων σε βάθος που δεν φτάνουν οι ρίζες των περισσότερων φυτών από τις ετήσιες καλλιέργειες.

Τροφές που προστατεύουν από τη ραδιενέργεια

Υπάρχουν πρόσφατα στοιχεία που δείχνουν ότι οι ακόλουθες ουσίες βοηθούν τον οργανισμό να αντιμετωπίζει την τοξικότητα της ραδιενέργειας:

- Μεγάλες δόσεις βιταμίνης E

- Μεγάλες δόσεις βιταμίνης C (Ασκορβικό οξύ)
- Αρκετά μεγάλες δόσεις ασβεστίου
- Οι βιταμίνες του συμπλέγματος B
- Μαγνήσιο
- Φυσικό ιώδιο
- Μυελός των οστών (μπορεί αν συνδυαστεί με οστεάλευρο σε ταμπλέτες)
- Ταμπλέτες φυκιών (kelp) ή άλλες πηγές όλων των μεταλλικών αλάτων
- Λεκιθίνη
- Πηκτίνη (φρούτα, ηλιόσποροι κλπ.)

Επίσης οι ακόλουθες τροφές:

- Φυλλώδη πράσινα λαχανικά
- Φρούτα και λαχανικά με λεία φλούδα (πρέπει να καθαρίζονται όσα έχουν παχιά φλούδα)
- Πρωτεΐνη για να ενισχυθεί η αντίσταση και η ενέργεια του σώματος
- Σπόροι και βλασάρια (ιδίως οι ηλιόσποροι)
- Συκώτι ή ταμπλέτες αποξηραμένου συκωτιού ή συκώτι σε σκόνη
- Ελαιόλαδο, μωρουνέλαιο, φυσικέλαιο
- Μαγιά μπίρας (στα καταστήματα υγιεινών τροφών σε μορφή σκόνης ή νιφάδων)
- Τροφές με φυσικό κόκκινο χρώμα (παντζάρια, μούρα, σταφύλια)

Συνταγή για τονωτικό χυμό παντζαριών

450 gr ωμά παντζάρια, κομμένα σε κομμάτια με τη φλούδα

Προσθέστε: 100 γρ. στραγγισμένο φυσικό μέλι

110 γρ. καστανή ζάχαρη

Σκεπάστε τα παντζάρια με μέλι και ζάχαρη, σκεπάστε το πιάτο και αφήστε τα έτσι για δυο ολόκληρες μέρες.

Στραγγίστε μέσα στο σουρωτήρι. Προσθέστε γύρω στο 1/30 του λίτρου μαύρη μπίρα. Γκίνες. Βάλτε στο ψυγείο.

Παίρνετε μια κουταλιά της σούπας καθημερινά, ή για πιο δυναμωτική δόση τρεις φορές την μέρα.

Υπάρχει και ο χυμός παντζαριών που έχει υποστεί ζύμωση κι έχει ωραία γεύση.

Προστασία από φώτα φθορισμού

Πολλά άτομα που δουλεύουν όλη τη μέρα κάτω από φώτα φθορισμού υποφέρουν από πόνους στα πόδια. Ένας ερευνητής έχει παρατηρήσει ότι οι πόνοι αυτοί υποχωρούν σε δυο ή τρεις μέρες αν το άτομο κάνει ένα μπάνιο στο οποίο έχει προσθέσει μια χούφτα γνήσιο, πλήρες θαλασσινό αλάτι (που περιέχει όλα τα μεταλλικά άλατα και υπάρχει στα καταστήματα υγιεινών τροφών).

Αν οι Άγγλοι ερευνητές έχουν δίκιο και η βιταμίνη Α βοηθάει στα προβλήματα που δημιουργούν αυτά τα φώτα. Μια άλλη λύση είναι να τα αντικαταστήσουν με φώτα φθορισμού πλήρους φάσματος (Vita – Lite).

E. ΜΕΤΡΗΣΗ ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Ο ρυθμός διάσπασης σ' έναν αριθμό ραδιενεργών πυρήνων (δηλαδή πόσοι ραδιενεργοί πυρήνες διασπώνται μέσα σ' ένα δευτερόλεπτο), μετριέται σε Μπεκερέλ (Bq). Δηλαδή 1 Bq σημαίνει μια διάσπαση το δευτερόλεπτο.

Μια άλλη μονάδα που χρησιμοποιείται για το ίδιο μέγεθος είναι το Κιουρί (Curie).

$$1 \text{ Curie} = 1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

Μια συνηθισμένη μονάδα μέτρησης της ακτινοβολίας στον άνθρωπο ονομάζεται ρεμ (Rem). Αντιπροσωπεύει τη δόση απορροφηθείσας ραδιενέργειας. Το ρεμ συχνά μετριέται ως मिलिरेम. Υπάρχουν ακόμη οι μονάδες Roentgen, Rea, Rad.

Στην καθημερινή μας ζωή βομβαρδιζόμαστε από ραδιενέργεια διαφόρων δόσεων (μιλιρέμ). Το 30% περίπου όλης της ραδιενέργειας που δεχόμαστε προέρχεται από τον τομέα της ιατρικής τεχνολογίας. Η ακτινοβολία του περιβάλλοντος ευθύνεται για το 68% όλης της ραδιενέργειας σ' έναν άνθρωπο. Διαρροές, περιστασιακή έκθεση και διάφορες άλλες πηγές ευθύνονται για το 2% όλης της έκθεσης σε ραδιενέργεια.

Η ραδιενέργεια μπορεί να ανιχνευθεί με αρκετά όργανα, που ελέγχουν τη ραδιενέργεια, αλλά και ανακαλύπτουν ραδιενεργά μεταλλεύματα. Το φωτογραφικό φιλμ επηρεάζεται από την ακτινοβολία και τα σωματίδια και μετατρέπεται σε σκοτεινό, όπως όταν εκτίθεται στο φως. Ένας μετρητής Γκάιγκερ μπορεί και μετρά τα σωματίδια, ενώ στους θαλάμους φυσαλίδων και στους θαλάμους νεφώσεως εμφανίζονται και οι τροχιές των σωματιδίων.

Ως περιβαλλοντική ομάδα του Γυμνασίου Νέου Σουλίου δανειστήκαμε έναν ρωσικό μετρητή ραδιενέργειας εξωτερικής ακτινοβολίας (δοσίμετρο) σε μετατρέψιμες μονάδες Rem, οι οποίες χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της ακτινοβολίας στον άνθρωπο.

Τεχνικά χαρακτηριστικά οργάνου

Ένδειξη μονάδων: Ψηφιακή (με οθόνη υγρών κρυστάλλων).

Είδος μετρούμενων μονάδων: $\mu\text{Sv/h}$ ή $\mu\text{R/h}$ (μικροRem/ανά ώρα).

Μέγιστη ένδειξη μονάδων: $9.999 \mu\text{R/h}$ ή $9,9\mu\text{R/h}$.

Απαιτούμενος χρόνος μέτρησης: 40 sec (δευτερόλεπτα)

Τροφοδοσία: 9 volt μπαταρία

Αξιοποίηση οργάνου. (Υπολογισμός ακτινοβολίας)

1. Έστω ότι το όργανο μετά 40 sec μας δείχνει την ένδειξη: 00.15 δηλαδή $0,15 \mu\text{Sv/h}$. Μετά ακολουθούμε τις εξής διαδικασίες: Την τιμή αυτή την πολλαπλασιάζουμε επί 100, για να τη μετατρέψουμε σε $\mu\text{R/h}$, που είναι διεθνής μονάδα μέτρησης ακτινοβολίας που απορροφά το ανθρώπινο σώμα $0,15 \times 100 = 15 \mu\text{R/h}$
2. Την προηγούμενη τιμή την πολλαπλασιάζουμε επί 24 ώρες, για να βρούμε την ακτινοβολία μιας ημέρας:
 $15 \times 24 = 360 \mu\text{R/day}$
3. Την ανωτέρω τιμή την πολλαπλασιάζουμε επί 365, για να βρούμε την ακτινοβολία ενός έτους:
 $360 \times 365 = 131.400 \mu\text{R/year}$
4. Διαιρούμε την ανωτέρω τιμή με τα $1000\mu\text{R}$, για να τη μετατρέψουμε σε mR' ($1 \text{ μίλι Rem} = 1 \text{ mR} = 1000 \mu\text{R}$)
 $131.400:1000 = 131,1 \text{ mR/year}$

Βέβαια η τιμή της ακτινοβολίας (εξωτερικής) μεταβάλλεται συνεχώς γι' αυτό οι τιμές που λαμβάνουμε με το όργανο είναι ενδεικτικές. Για μεγαλύτερη προσέγγιση πρέπει να κάνουμε πολλές μετρήσεις και να εξάγουμε τον μέσο όρο των τιμών. Οι μετρήσεις που κάναμε έδειξαν φυσιολογικές δόσεις ακτινοβολίας από $113,88 \text{ mR/year}$ μέχρι $130,2 \text{ mR/year}$.

E. Η ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗ ΒΟΡΕΙΑ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΣΕΡΡΩΝ

^
αρχή

Κοιτάσματα Ουρανίου

Επειδή η Ελλάδα είναι σεισμογενής χώρα, δεν είναι δυνατή η εγκαθίδρυση και χρησιμοποίηση πυρηνικών εργοστασίων και πυρηνικών αντιδραστήρων, γιατί το παραμικρό ατύχημα θα σταθεί μοιραίο για τους κατοίκους των γύρω περιοχών. Μια χώρα όμως πρέπει να γνωρίζει το δυναμικό της σε ουράνιο για λόγους περιβαλλοντικούς και για λόγους προστασίας των κατοίκων που κατοικούν σε περιοχές όπου υπάρχουν μεγάλες ποσότητες ουρανίου.

Στις Σέρρες έχουν βρεθεί δείγματα ουρανίου βόρεια του χωριού Μελενεγκίτσι καθώς και στο Παρανέσι της Δράμας. Γενικά στην Ελλάδα υπάρχουν μικρά αποθέματα ουρανίου.

Δεν έχουν γίνει έρευνες για πλουτώνιο, αλλά πρόκειται να γίνουν έρευνες για θόριο, ένα άλλο ραδιενεργό στοιχείο το οποίο εκπέμπει ραδιενέργεια γ.Εκμεταλλεύσιμο ουράνιο σε μια περιοχή έχουμε όταν σε 1t πετρώματος πάρουμε 1 Kgr ουρανίου.

Με 1 Kgr ουρανίου μπορούμε να ηλεκτροφωτίσουμε ολόκληρη την Ελλάδα για 24 ώρες, για τι η ενέργεια που παράγεται από τη διάσπαση του ουρανίου είναι πολύ μεγάλη.

Ο πυρηνικός σταθμός του Κοζλοντούι

Η μονάδα του Κοζλοντούι βρίσκεται στις όχθες του Δούναβη, στα βόρεια σύνορα της Βουλγαρίας με τη Ρουμανία. Παράγει περίπου το 40% της ενέργειας της γειτονικής χώρας και άρχισε να λειτουργεί το 1974 με έναν αντιδραστήρα πεπαισμένου ύδατος ισχύος 440 MW. Το 1975, το 1980 και το 1982 τέθηκαν σε λειτουργία άλλοι τρεις αντιδραστήρες του ίδιου τύπου, ενώ μέχρι το 1990 λειτουργούσαν και άλλοι δύο πιο σύγχρονοι, ισχύος 1000 MW. Από αυτούς, οι τέσσερις πρώτοι είναι που γεννούν φόβους για το τι μπορεί να συμβεί σε περίπτωση πυρηνικού ατυχήματος. Η χώρα μας έχει κάθε λόγο ν' ανησυχεί ιδιαίτερα, μια και η απόσταση που μας χωρίζει από το πυρηνικό εργοστάσιο είναι σχετικά μικρή, μόνο 225 χιλιόμετρα και γίνεται ακόμα μικρότερη αν υπολογίσει κανείς ότι οι άνεμοι στην Ελλάδα είναι κυρίως βόρειοι.

Ένα ραδιενεργό νέφος θα σκέπαζε πολύ γρήγορα και τον ελληνικό ουρανό. Οι εκτιμήσεις του ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος», κρούουν τον κώδωνα του κινδύνου για τη χώρα μας: μια σοβαρή διαρροή από τους βουλγαρικούς αντιδραστήρες θα έχει αντίκτυπο σε μας είκοσι με εξήντα φορές πιο σοβαρό από εκείνον του Τσερνομπίλ, ιδιαίτερα στη βόρεια Ελλάδα.

Οι αντιδραστήρες του Κοζλοντούι θεωρούνται απαρχαιωμένοι. Τα ατυχήματα που έχουν σημειωθεί μέχρι τώρα είναι πάμπολλα. Μερικές φορές είναι πάνω από 50 σε μια χρονιά (!!!). «Πρόσφατα» συνέβη ατύχημα που συνοδεύτηκε από έκλυση ραδιενέργειας 70 με 80 φορές πάνω από τα φυσιολογικά επίπεδα. Η ραδιενέργεια «ταξίδεψε» αρκετά μέτρα μακριά από τον αντιδραστήρα και έφτασε στα κτήρια της διοίκησης. Ένα ή δυο μέλη του συνεργείου που εργαζόνταν εκεί προσβλήθηκαν από ραδιενέργεια. Και μέσα στη Βουλγαρία πολλοί είναι αυτοί που αμφισβητούν την ασφάλεια των αντιδραστήρων, ακόμη και μετά τις επεμβάσεις που πραγματοποιούν οι δυτικές εταιρείες για να βελτιώσουν τα επίπεδα ασφαλείας τους. Ο εκσυγχρονισμός τους επιχειρείται με χρηματοδότηση της ΕΟΚ και με τη βοήθεια της γαλλικής και της γερμανικής πυρηνικής βιομηχανίας, που ψάχνουν για αγορές στις οποίες θα μπορέσουν να διαθέσουν την τεχνολογία τους, αφού ο τομέας αυτός, από το ατύχημα του Τσερνομπίλ και μετά, φαίνεται να περνά κάποια κρίση.

Πέρα από την πιθανότητα να συμβεί κάποιο ατύχημα και μόνο η υπόθεση των πυρηνικών αποβλήτων της μονάδας είναι προβληματική. Καθώς δεν έχει βρεθεί ως σήμερα ασφαλής λύση για την αποθήκευση των αποβλήτων (οι σοβιετικοί έπαψαν από το 1987 να τα δέχονται στο έδαφός τους), αυτά συσσωρεύονται δίπλα στο χώρο του εργοστασίου με τέτοιο τρόπο, ώστε κάτω από ορισμένες συνθήκες θα μπορούσε να προκληθεί ακόμη και έκρηξη. Η βουλγάρικη κυβέρνηση αρνείται πεισματικός να διακόψει τη λειτουργία του επικίνδυνου σταθμού, ο οποίος συμμετέχει σε μεγάλο ποσοστό στο ελλειμματικό ενεργειακό ισοζύγιο της γειτονικής χώρας. Σύμφωνα με τη συμφωνία του 1993 που είχαν υπογράψει η Ευρωπαϊκή Επιτροπή και η Σόφια, θα έπρεπε οι δυο περισσότερο πεπαιδωμένοι αντιδραστήρες του Κοζλοντούι να είχαν διακόψει τη λειτουργία τους πριν από το τέλος του 1997, ενώ συνολικά το συγκρότημα θα έπρεπε να σταματήσει τη λειτουργία του το 2002. Οι Βούλγαροι σήμερα, μετά τις επισκευαστικές παρεμβάσεις, ισχυρίζονται ότι οι δυο παλαιότεροι αντιδραστήρες θα λειτουργούν με ασφάλεια ως το 2002, ενώ οι νεότεροι, προγραμματίζονται να λειτουργήσουν τουλάχιστον ως το 2010. Αυτός είναι ακριβώς ο χρόνος λήξεως της λειτουργίας των αντιδραστήρων, που είχαν προβλεφτεί από τους Σοβιετικούς κατασκευαστές τους, με την προϋπόθεση ότι δεν θα παρουσίαζαν κανένα πρόβλημα.

Το Κοζλοντούι είναι ένα πρόβλημα και η ανάληψη πρωτοβουλιών σε κοινωνικό, εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο κρίνεται υψηλής ζωτικής προτεραιότητας, αφού αποκαλύφθηκαν αυξημένα ραδιενεργά στοιχεία σε περιοχές που γειτνιάζουν με τη βουλγάρικη μεθόριο και κυρίως στους ποταμούς Στρυμόνα και Νέστο. Οι Αρχές της Βουλγαρίας είχαν ενημερώσει τις αντίστοιχες ελληνικές για αυξημένα ραδιενεργά στοιχεία στον αέρα και στα ύδατα των δυο περιοχών, οι οποίες βρίσκονται πολύ κοντά στο Κοζλοντούι. Βέβαια η ρύπανση των δυο ποταμών δεν οφείλεται στον πυρηνικό σταθμό, αλλά σε απόβλητα των βουλγαρικών μεταλλείων ουρανίου, τα οποία, σύμφωνα με δηλώσεις Βουλγάρων αρμοδίων, έχουν πάψει να λειτουργούν τα τελευταία χρόνια.



Μετρητικοί σταθμοί και μετρήσεις

Στην Ελλάδα υπάρχουν περισσότεροι από 50 μετρητικοί σταθμοί για το νερό, οι περισσότεροι από τους οποίους είναι on line και σημαίνουν συναγερμό σε ενδεχόμενη ανίχνευση ραδιενέργειας. Οι σταθμοί αυτοί βρίσκονται στους ποταμούς Άρδα, Νέστο, Στρυμόνα και Αξιό.

Σταθμοί μέτρησης ρύπων και ραδιενέργειας στον αέρα (κυρίως εξαιτίας των φόβων από το Κοζλοντούι) λειτουργούν σε Θεσσαλονίκη, Αλεξανδρούπολη, Κομοτηνή, Σέρρες, Πτολεμαίδα, Καβάλα και άλλες περιοχές της Βόρειας Ελλάδας.

Αυτοί είναι on line, αλλά υπάρχουν και σταθμοί δειγμάτων αέρος, τα στοιχεία των οποίων αναλύονται σποραδικά.

Υπάρχουν μετρητικοί σταθμοί για το έδαφος σε όλους τους νομούς της Μακεδονίας και της Θράκης. Μετρήσεις γίνονται συνεχώς στο πόσιμο νερό (δείγματα εμφιαλωμένων) από τα ράφια των σούπερ μαρκετ, στο γάλα και στο καλάθι της νοικοκυράς κάθε μήνα (μετρήσεις μικτής διατροφής).

Το μεταπολεμικό όνειρο της απεριόριστης φθηνής, οικολογικά συμφέρουσας και ακίνδυνης πυρηνικής ενέργειας χάθηκε σαν όνειρο. Στο Κοζλοντούι της Βουλγαρίας, που θα μπορούσε να θεωρηθεί «παιδί του Τσερνομπίλ» κατά τον πυρηνικό Γιοβανόφσκι, γίνονται και σήμερα ακόμη «έργα βιτρίνας». Η Βουλγαρία δημιουργεί ένα αβέβαιο μέλλον για την ίδια και για μας τους Έλληνες. Τρομερά πυρηνικά ατυχήματα συμβαίνουν σε χώρες με άρτιο έμπυχο και άψυχο υλικό και επιπλέον αραιοκατοικημένες όπως η Αμερική και η Ρωσία. Φανταστείτε ποιες θα είναι οι συνέπειες ενός πυρηνικού ατυχήματος σήμερα στο Κοζλοντούι ή στην Τουρκία μελλοντικά. Θα είναι τραγικές γιατί και πιο πυκνοκατοικημένες είναι οι γύρω περιοχές και η Μεσόγειος είναι μια ημίκλειστη θαλάσσια λεκάνη με αργό ρυθμό ανανέωσης υδάτων και θαλάσσιας αλιεύσιμης ζωής. Η πιθανότητα ενός ατυχήματος στα Βαλκάνια είναι αυξημένη λόγω της σεισμογένειας της περιοχής και του υποβαθμισμένου έμπυχου και άψυχου υλικού. Ευτυχώς ένας σεισμός το 1997 ματαίωσε την κατασκευή πυρηνικού εργοστασίου στην Κάρπαθο.

ΣΤ. ΤΣΕΡΝΟΜΠΙΛ

^
αρχή

Μαρτυρίες κατοίκων της περιοχής του Τσερνομπίλ

Την 26η Απριλίου 1986, στις 1:23:58, μία σειρά εκρήξεων κατέστρεψε τον αντιδραστήρα του τέταρτου ενεργειακού μπλοκ στον πυρηνικό σταθμό του Τσερνομπίλ. Το ατύχημα αυτό χαρακτηρίστηκε ως η μεγαλύτερη τεχνολογική καταστροφή του εικοστού αιώνα.

Για την μικρή Λευκορωσία των δέκα εκατομμυρίων κατοίκων, αποτέλεσε μια εθνική καταστροφή. Κατά τη διάρκεια του δεύτερου παγκοσμίου πολέμου, οι Ναζί αφάνισαν 619 χωριά μαζί με τους κατοίκους τους. Μετά το ατύχημα του Τσερνομπίλ, η χώρα έχασε 485 χωριά. Εβδομήντα από αυτά θάφτηκαν για πάντα κάτω από τη γη. Στον πόλεμο σκοτώθηκε ένας στους τέσσερις Λευκορώσους. Σήμερα, ένας στους πέντε ζει σε μολυσμένη περιοχή. Αυτό μεταφράζεται σε 2.100.000 ανθρώπους, εκ των οποίων οι 700.000 είναι παιδιά. η ραδιενέργεια κατέχει την πρώτη θέση ανάμεσα στα αίτια θνησιμότητας. Στις επαρχίες του Γκόμιελ και του Μόγκιλεφ (οι οποίες δέχτηκαν τη μεγαλύτερη ραδιενέργεια), το ποσοστό θνησιμότητας υπερβαίνει το ποσοστό γεννητικότητας κατά 20%.

Τη στιγμή της καταστροφής απελευθερώθηκαν 50.000.000 ραδιονουκλίδια στην ατμόσφαιρα, εκ των οποίων το 70% κατακάθισε στη Λευκορωσία. Ως προς το κέσιο 137, το 23% της χώρας έχει μολυνθεί από μια ποσότητα ραδιενεργών νουκλιδίων που ξεπερνά τα 37.000.000.000 μπεκερέλ ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο. Στην Ουκρανία έχει μολυνθεί το 4,8% της χώρας, ενώ στη Ρωσία, μόλις το 0,5%. Η καλλιεργήσιμη γη όπου η μόλυνση είναι ίση ή ξεπερνά τα 37109 μπεκερέλ ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο, ξεπερνά τα 1.800.000 εκτάρια. Όσο για τη γη που έχει μολυνθεί με μια ποσότητα στροντίου 90 που είναι ίση ή ξεπερνά τα 11109 μπεκερέλ ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο, καλύπτει 500.000 εκτάρια. Η συνολική έκταση που έχει τεθεί οριστικά εκτός καλλιέργειας είναι 264.000 εκτάρια. Η Λευκορωσία είναι μια χώρα με πολλά δάση, αλλά το 26% των δασικών εκτάσεων και πάνω από το 50% των εκτάσεων στις λεκάνες υπερχειλίσης των ποταμών Πριπιάτ, Δνείπερου και Σοζ, βρίσκονται στην περιοχή της ραδιενεργού μόλυνσης.

Ως αποτέλεσμα της συνεχούς επίδρασης χαμηλών δόσεων ραδιενέργειας, ο αριθμός των περιπτώσεων καρκίνου, διανοητικής καθυστέρησης, νευρικών και ψυχικών ασθενειών, καθώς και το ποσοστό των γενετικών μεταλλάξεων, αυξάνονται κάθε χρόνο...

Τσερνομπίλ, Μινσκ,
Εγκυκλοπαίδεια της Λευκορωσίας, 1996,
Σελ. 7, 24, 49, 101, 149.

Σύμφωνα με παρατηρήσεις, την 29η Απριλίου 1986 καταγράφηκε υψηλό ποσοστό ραδιενέργειας πάνω στην Πολωνία, τη Γερμανία, την Αυστρία, τη Ρουμανία. Την 30η Απριλίου στην Ελβετία και τη Βόρεια Ιταλία. Την 1η και 2η Μαΐου στη Γαλλία, το Βέλγιο, την Ολλανδία, τη Μεγάλη Βρετανία και στη Βόρεια Ελλάδα. Την 3η Μαΐου στο Ισραήλ, στο Κουβέιτ, στην Τουρκία.

Τα ραδιενεργά στοιχεία που απελευθερώθηκαν στα υψηλά στρώματα της ατμόσφαιρας διαχύθηκαν σε όλον τον πλανήτη. Έτσι, καταγράφηκαν στις 2 Μαΐου στην Ιαπωνία, στις 4 στην Κίνα, στις % στην Ινδία, στις 5 και στις 6 στις ΗΠΑ και στον Καναδά.

Σε λιγότερο από μια εβδομάδα το Τσερνομπίλ είχε αναδεχθεί σ' ένα παγκόσμιο πρόβλημα...

Διεθνές ίδρυμα Ζαχάροφ για την Ραδιο-οικολογία

Μινσκ, 1992, σ. 82.

Ο τέταρτος αντιδραστήρας, ο επονομαζόμενος «Ουκρίτιε» («καταφύγιο») έχει καλυφθεί με μια τσιμεντένια και μολύβδινη σαρκοφάγο. Διατηρεί όμως μέσα του πάνω από είκοσι τόνους πυρηνικών καυσίμων. Κανείς δε γνωρίζει τι συμβαίνει στο εσωτερικό του σήμερα.

Η σαρκοφάγος κατασκευάστηκε σε ταχύτατο χρονικό διάστημα και πρόκειται για μια μοναδική στον κόσμο κατασκευή, για την οποία οι μηχανικοί από την Αγία Πετρούπολη της Ρωσίας που τη σχεδίασαν, μπορούν να νιώθουν περήφανοι. Επειδή όμως η συναρμολόγησή της έγινε «από απόσταση» και οι κολώνες της ανυψώθηκαν με τη βοήθεια ρομπότ και ελικοπτέρων, πιθανώς να δημιουργήθηκαν προβλήματα στην κατασκευή, τα οποία είχαν ως συνέπεια να υποστεί ρήγματα τη στιγμή της έκρηξης. Σήμερα, σύμφωνα με τις πηγές, η συνολική έκταση των ρηγμάτων υπερβαίνει τα 200 τετραγωνικά μέτρα, απ' όπου εξακολουθούν να διαφεύγουν ραδιενεργά στοιχεία.

Υπάρχει περίπτωση να καταρρεύσει η σαρκοφάγος; Κανείς δεν μπορεί ν' απαντήσει σ' αυτή την ερώτηση γιατί, μέχρι σήμερα, είναι αδύνατο στον οποιονδήποτε να πλησιάσει τους συνδέσμους και ορισμένες κατασκευές, ώστε να εξετάσει τα όρια της αντοχής τους, Ο καθένας όμως καταλαβαίνει πως μία ενδεχόμενη καταστροφή του «Ουκρίτιε», θα έχει πολύ πιο τρομακτικές συνέπειες από αυτές της καταστροφής του 1986...

Ογκόνιοκ. Νο. 17, Απρίλιος 1996.

ΕΠΙΜΥΘΙΟ

«Ταξιδιωτικό γραφείο του Κιέβου
οργανώνει εκδρομές στο Τσερνομπίλ.
Περιλαμβάνεται ο γύρος των εγκαταλειμμένων
πόλεων...

Τιμές εξαιρετικά συμφέρουσες...

Visit the nuclear Mecca...»

Εφημερίδα Ναμπάτ, Φεβρουάριος 1996

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- * Εμείς και η ραδιενέργεια. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης.
- * ΤΣΕΡΝΟΜΠΙΛ – ΕΝΑ ΧΡΟΝΙΚΟ ΤΟΥ ΜΕΛΛΟΝΤΟΣ Σβετλάνα Αλεξίεβιτς. Εκδόσεις «Περίπλους»
- * Τεχνολογία μεταφορών ενέργειας και ισχύος, Anthon E. Schwalleer.
- * Ενέργεια (Πηγές – Εφαρμογές – Εναλλακτικές λύσεις). Ίδρυμα Ευγενίδου.
- * Πώς να προστατευθείτε από την ραδιενέργεια – Linda Clark.
- * Πηγές ενέργειας στο μέλλον – Robin Kerrod. Εκδόσεις Ρίζος.
- * Άρθρα του Κ. Παπαστεφάνου, καθηγητή Πυρηνικής Φυσικής στο πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης στο περιοδικό «ΓΙΑΤΙ».

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

ΚΑΛΑΘΑ ANNA (Φιλόλογος)

ΑΒΡΑΜΠΑΚΗΣ ΣΤΕΡΓΙΟΣ

ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΟΥ ΘΑΛΕΙΑ

ΛΙΟΥΣΑ ΣΤΕΛΛΑ

ΑΓΟΡΑΚΗ ΜΑΡΘΑ

ΓΚΟΓΚΑ ΜΑΡΘΑ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ ΓΙΩΡΓΟΣ

ΠΑΡΖΙΑΛΗ ΤΑΣΟΥΛΑ

ΜΑΓΚΑΝΑΡΗΣ ΑΚΗΣ

Προσαρμογή εργασίας:
Αθανασιάδης Αθανάσιος
athanasiadi@sch.gr

