



ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΙΑΤΡΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

4-6 ΟΚΤΩΒΡΙΟΥ 2024 | ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Φορητή φασματοσκοπία φθορισμού ακτίνων - Χ: μια μέθοδος βιομηχανικής ραδιογραφίας «τσέπης»

Χατζηδημητρίου Γ.¹, Κουρής Π.¹, Πανάγου Ε.², Ζαρκετάν Δ.¹, Ηλιοπούλου Μ.¹

¹401 Γενικό Στρατιωτικό Νοσοκομείο Αθηνών, Αθήνα, Ελλάδα

²303 Προκεχωρημένο Εργοστάσιο Βάσης, Λάρισα, Ελλάδα



1. Υπόβαθρο - Σκοπός

Σε πολλές εφαρμογές, κυρίως βιομηχανικές, είναι κρίσιμη η γνώση της ακριβούς χημικής σύστασης των υλικών, ιδιαίτερα διαφόρων κραμάτων ή υλικών συγκεκριμένων προσμίξεων, προκειμένου κατά τον έλεγχο ποιότητας να απορρίπτονται τα προϊόντα που δεν πληρούν συγκεκριμένα κριτήρια χημικής σύστασης.

Η μέθοδος Φασματοσκοπίας Φθορισμού Ακτίνων-Χ (X-Ray Fluorescence - XRF) αποτελεί μια μη καταστρεπτική και αρκετά αξιόπιστη μέθοδο προσδιορισμού σύστασης υλικών, που βασίζεται στην αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας Χ με τα άτομά τους.

Συγκεκριμένα, όταν ένα δείγμα υλικού βομβαρδίζεται με ακτίνες Χ, τα ηλεκτρόνια των ατόμων που βρίσκονται στις εσωτερικές στοιβάδες απορροφούν ενέργεια και διεγείρονται σε υψηλότερες ενεργειακές καταστάσεις. Κατά την επαναφορά του ατόμου σε μια σταθερή κατάσταση, τα ηλεκτρόνια μεταβαίνουν σε χαμηλότερες ενεργειακά στοιβάδες με αποτέλεσμα την εκπομπή χαρακτηριστικής ακτινοβολίας Χ. Η ενέργεια αυτής της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας είναι μοναδική για κάθε στοιχείο και μπορεί να οδηγήσει στην ταυτοποίησή του.

1. Υπόβαθρο - Σκοπός

Εκτός από επιτραπέζιες διατάξεις η τεχνολογία XRF είναι διαθέσιμη σε φορητές συσκευές που προσφέρουν ευελιξία και ευκολία στη λήψη μετρήσεων. Τέτοια συσκευή έχει εγκατασταθεί και λειτουργεί στο 303 Προκεχωρημένο Εργοστάσιο Βάσης (303 ΠΕΒ) στη Λάρισα, το οποίο κατασκευάζει μπαταρίες οχημάτων για τον Ελληνικό Στρατό, με σκοπό την ποσοστιαία (% κατά βάρος) ανάλυση των χημικών στοιχείων στο κράμα μολύβδου που χρησιμοποιείται στα κρίσιμα εξαρτήματα των μπαταριών.



Κλιμάκιο του Τμήματος Ιατρικής Φυσικής του 401 Γενικού Στρατιωτικού Νοσοκομείου Αθηνών ανέλαβε την επιθεώρηση των εγκαταστάσεων και του οργάνου με σκοπό:

- να διερευνηθούν οι συνθήκες εργασίας, ώστε
- να προσδιοριστεί τυχόν ακτινική επιβάρυνση του προσωπικού και
- να συνταχθεί έκθεση ακτινοπροστασίας και ασφάλειας προκειμένου να αποκτηθεί από τον οργανισμό αποδεικτικό καταχώρισης για την πρακτική βάση των ισχυόντων κανονισμών ακτινοπροστασίας.

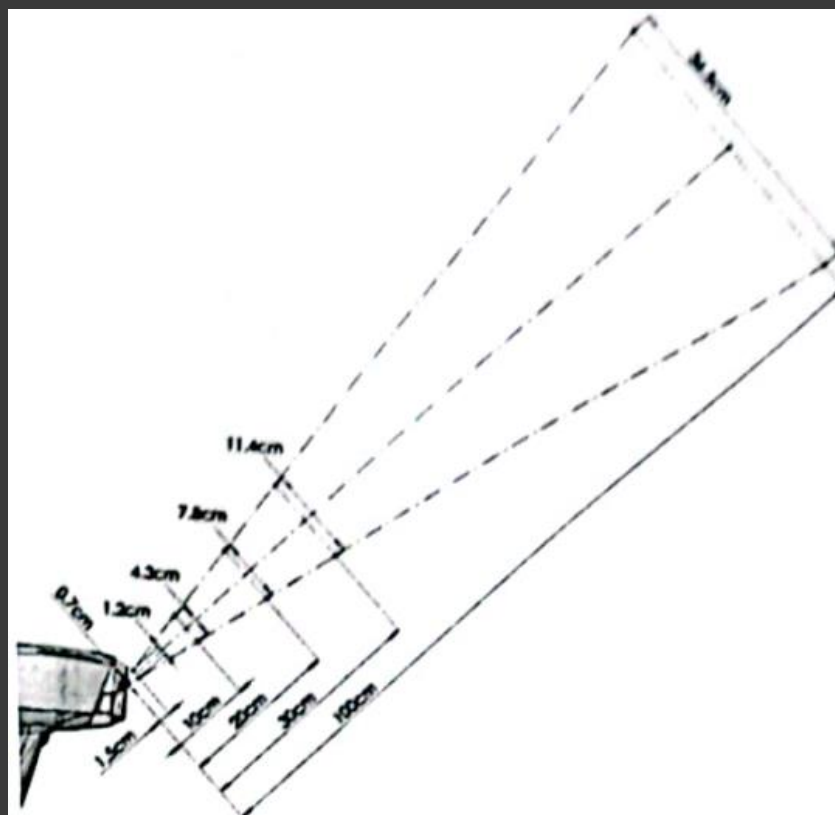


2. Υλικά & Μέθοδοι

Η εγκατεστημένη φορητή συσκευή XRF (BRUKER, S1 TITAN Model 800), φέρει λυχνία ισχύος 4 W, λειτουργεί με μέγιστα στοιχεία 50 kV, 200 μ A και ανιχνεύει άτομα από το Mg έως το U.

Η πρωτογενής κωνική δέσμη φωτονίων εκπέμπεται υπό γωνία με μέγιστη διάμετρο 36,5 cm σε απόσταση 100 cm. Τιμές της διαμέτρου σε διάφορες αποστάσεις, όπως τις δίνει ο κατασκευαστής, φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

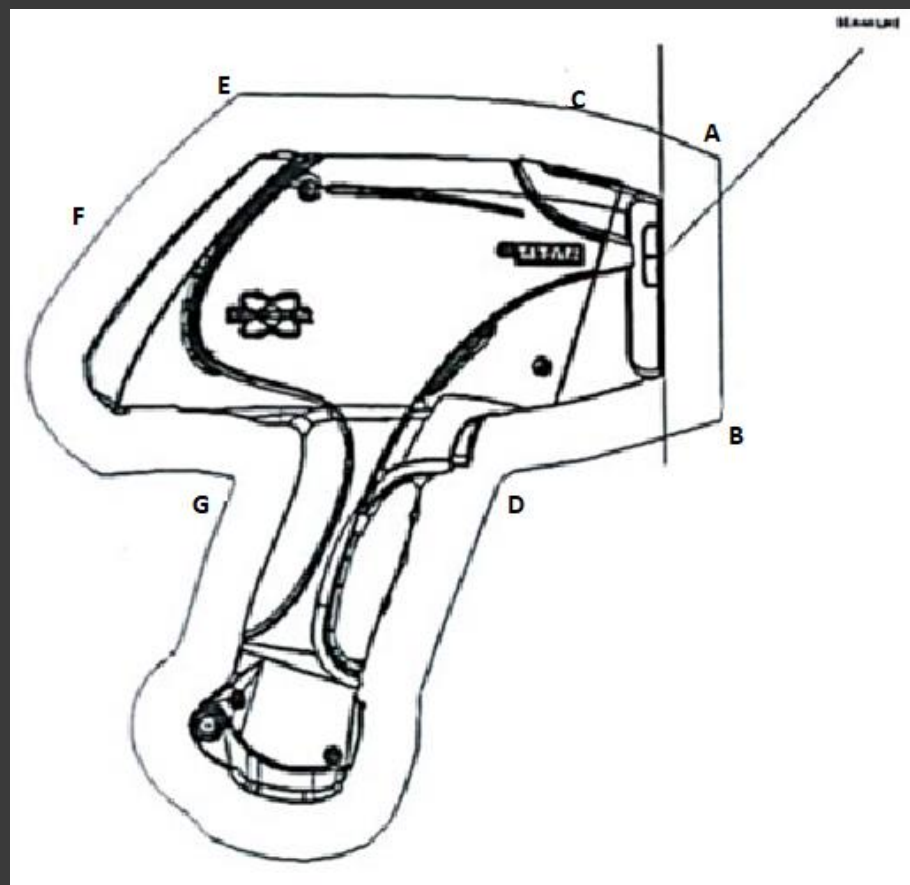
Απόσταση (cm)	Διάμετρος δέσμης (cm)
1,5	1,2
5	2,5
10	4,23
30	11,34
100	36,5



2. Υλικά & Μέθοδοι

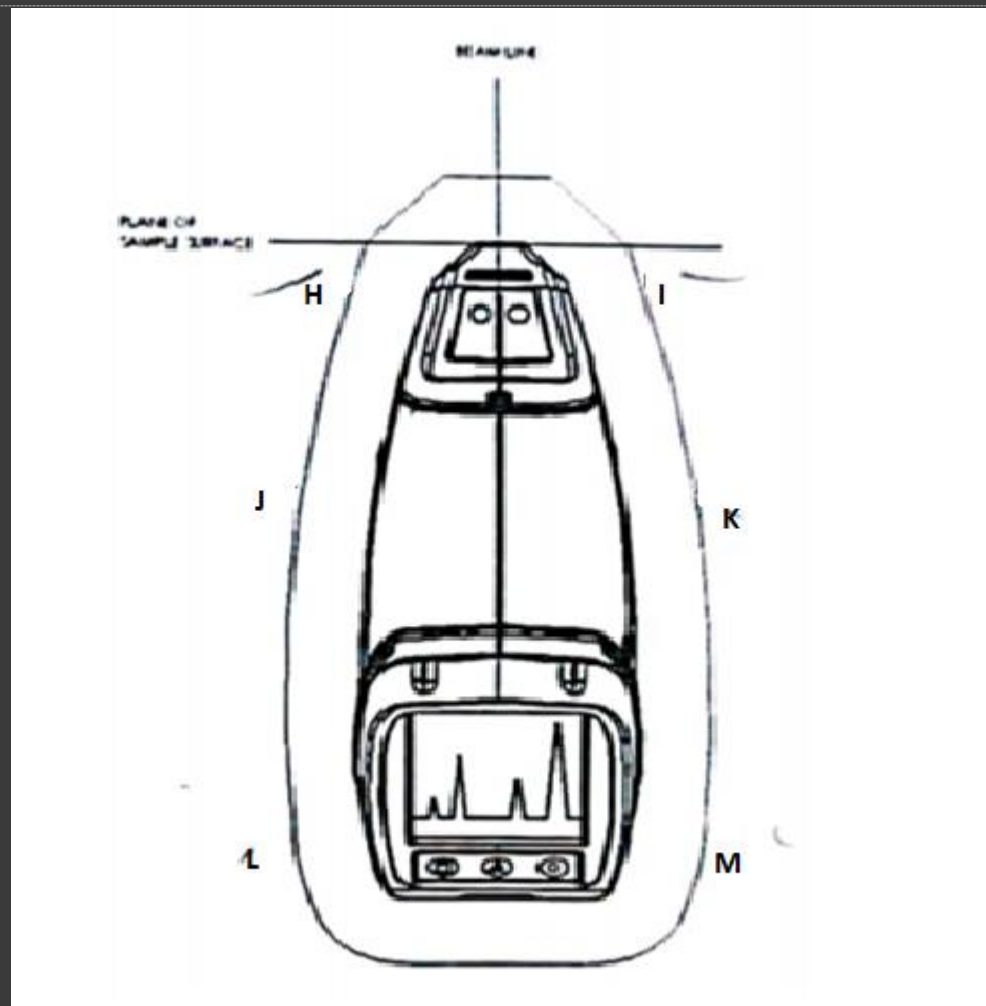
Οι συνθήκες εργασίας εξετάστηκαν διεξοδικά και ο μέγιστος ρυθμός έκθεσης σε ακτινοβολία για το προσωπικό μετρήθηκε χρησιμοποιώντας έναν ανιχνευτή ακτινοβολίας χώρου με θάλαμο ιονισμού (RTI 9DP Survey Meter).

Μετρήσεις ρυθμού ενεργού δόσης, με στοιχεία 50 kV, 39 μ A, με δείγμα υλικού, σε απόσταση 10 cm περιμετρικά του οργάνου, όπως τις δίνει ο κατασκευαστής, παρουσιάζονται στις εικόνες και τον πίνακα που ακολουθούν.



Θέση	Ρυθμός στα 10 cm (μSv/h)
A	0,45
B	0,10
C	0,05
D	Background
F	Background

2. Υλικά & Μέθοδοι



Θέση	Ρυθμός στα 10 cm ($\mu\text{Sv/h}$)
H	0,4
I	0,4
J	0,1
K	0,1
L	0,05
M	0,05

Αυτές οι τιμές είναι χρήσιμες για σύγκριση με τις μετρήσεις *in situ*. Η συσκευή διαθέτει πολλές δικλείδες ασφαλείας για τη λειτουργία της, όπως κωδικό πρόσβασης, οπτικό σήμα, προειδοποίηση εκπομπής ακτίνων Χ, προειδοποιητικό αυτοκόλλητο, αισθητήρα απόστασης, αισθητήρα ρυθμού δόσης, αυτόματη αδρανοποίηση και τέλος οδηγίες ασφαλείας, που συνοψίζονται στο τρίπτυχο χρόνος - απόσταση - θωράκιση (προστατευτικό καπάκι).



3. Αποτελέσματα

Διαπιστώθηκε καταρχάς η ορθή χρήση του εξοπλισμού, ήτοι:

- Χρησιμοποιείται μόνο από την υπεύθυνη χειρίστρια σύμφωνα με την εκπαίδευση που έχει λάβει από την εταιρεία και με κωδικούς ασφαλείας, που γνωρίζει μόνο η ίδια.
- Χρησιμοποιείται κατά κανόνα στη βάση του με κλειστό το κατάλληλο προστατευτικό καπάκι, σε θέση και χώρο κατάλληλο και επιβλεπόμενο.
- Κατά τη φορητή χρήση, η δέσμη κατευθύνεται προς το δείγμα - και όχι το ανάποδο - και χωρίς παρουσία προσωπικού.
- Κατά την εκκίνηση λειτουργίας χρησιμοποιείται πάντα πρότυπο δείγμα για τον (αυτο-) έλεγχο (ποιότητας) της συσκευής.

Ακολουθώντας, κατεγράφησαν το φυσικό υπόστρωμα ακτινοβολίας (background), οι χρόνοι, οι θέσεις και αποστάσεις εργασίας και ο ετήσιος φόρτος εργασίας για καθέναν από τους δύο χρησιμοποιούμενους τρόπους: Το δείγμα στη θέση με κλειστό καπάκι και το δείγμα πάνω στον πάγκο. Στο ύψος των ματιών ανιχνεύθηκε ρυθμός έκθεσης $< 1\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$.

Η ετήσια ενεργός δόση του προσωπικού δεν αναμένεται να υπερβαίνει το $0,5\mu\text{Sv}$.



4. Συμπεράσματα

- Η φασματοσκοπία με τη μέθοδο XRF είναι μια ασφαλής και εύχρηστη πρακτική με χρήση ιοντίζουσας ακτινοβολίας, ιδιαίτερα με φορητό όργανο.
- Με προϋπόθεση την τήρηση των προφυλάξεων και οδηγιών ασφάλειας, η πιθανή ετήσια ενεργός δόση του προσωπικού είναι εξαιρετικά χαμηλή (0,5μSv). Ο εξοπλισμός κρίνεται ως πολύ χαμηλής επικινδυνότητας.
- Η έγκριση της πρακτικής μέσω καταχώρισης διασφαλίζει την ακτινοπροστασία του εμπλεκόμενου προσωπικού μέσω:
 - ✓ της λήψης μέτρων προστασίας,
 - ✓ ορισμού επόπτη ακτινοπροστασίας με σχετικό τίτλο σπουδών, και
 - ✓ αρχικής και συνεχιζόμενης κατάρτισης, σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία ακτινοπροστασίας.