

## Μελέτη ραδιολογικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Η παρούσα οδηγία εκδίδεται βάσει της παρ. 3 του άρθρου 2 της κ.υ.α. 45872/2019 (ΦΕΚ 1103/Β/03.04.2019) και περιλαμβάνει τις πληροφορίες που κατατίθενται στην ΕΕΑΕ ως μέρος της έκθεσης ακτινοπροστασίας και ασφάλειας (περίπτωση δ του άρθρου 19 της εν λόγω κ.υ.α.) στο πλαίσιο έκδοσης της σχετικής άδειας.

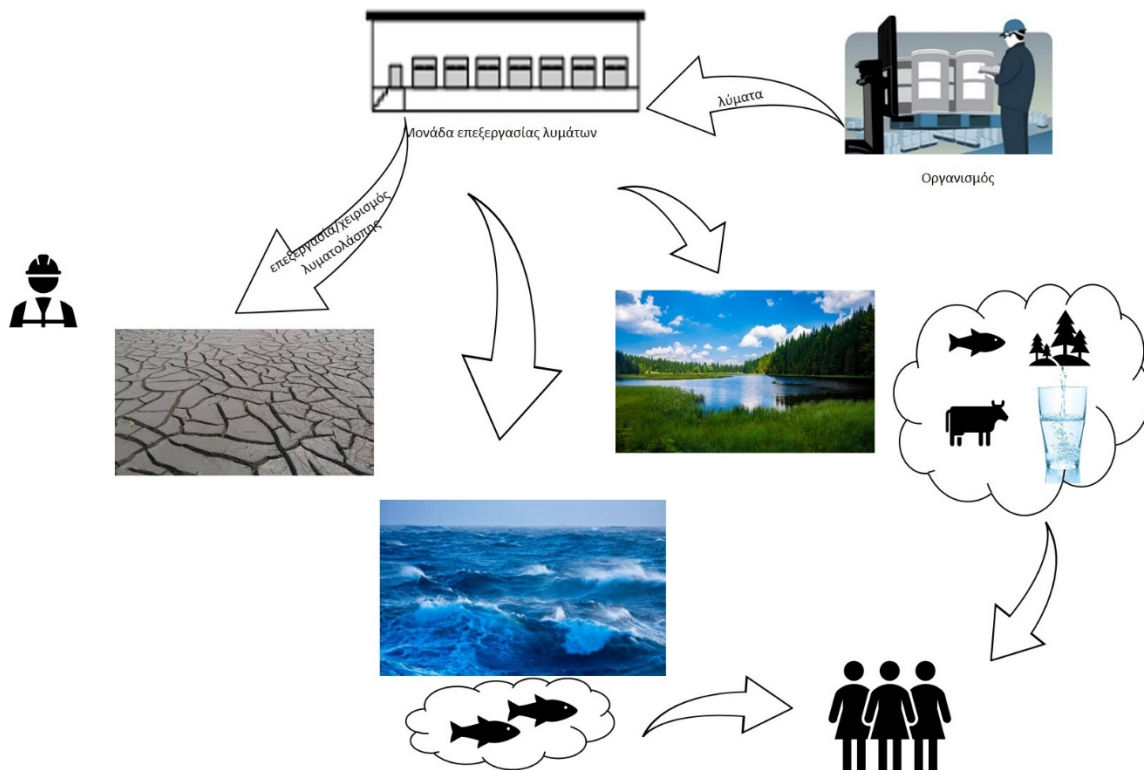
Στη **μελέτη ραδιολογικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων** της έκθεσης ακτινοπροστασίας και ασφάλειας που καταθέτουν οι οργανισμοί περιγράφονται στοιχεία της μεθοδολογίας για τις επιπτώσεις των ραδιενεργών αποβλήτων από τη χρήση ανοιχτών πηγών κατά την αποδέσμευσή τους στον αέρα ή το αποχετευτικό σύστημα ή σε εγκατάσταση αποτέφρωσης ή υγειονομικής ταφής ή άλλης επεξεργασίας εκτός του οργανισμού. Σκοπός της μελέτης είναι η τεκμηρίωση της ασφάλειας των εργαζομένων και των μελών του κοινού.

Στο παρόν κείμενο με τον όρο ραδιενεργά απόβλητα νοούνται όλα τα απόβλητα (στερεά, υγρά, αέρια) που προκύπτουν από τη χρήση ανοιχτών πηγών για βιομηχανικούς σκοπούς, σκοπούς έρευνας, εκπαίδευσης, *in vitro* διαγνωστικές εξετάσεις, ραδιορυπασμένα αντικείμενα που δύναται να προκύψουν από την εφαρμογή των πρακτικών (ενδεικτικά φιαλίδια, σύριγγες, κλπ.) καθώς και εκκρίματα ασθενών. Ωστόσο, διευκρινίζεται, ότι ως εκκρίματα ασθενών εξετάζονται μόνο αυτά που προέρχονται από εσωτερικούς ασθενείς που νοσηλεύονται σε μονάδες πυρηνικής ιατρικής (π.χ. ιωδιοθεραπείες). Εν γένει, τα εκκρίματα ασθενών, συμπεριλαμβανομένων των εξωτερικών ασθενών σε δομές υγείας στους οποίους εφαρμόζονται πρακτικές εκούσιας χορήγησης ραδιενεργών ουσιών για σκοπούς διάγνωσης ή θεραπείας, δεν χρειάζεται να εξετάζονται.

Το παρόν κείμενο δεν αφορά ραδιενεργά απόβλητα που προέρχονται από πρακτικές που περιλαμβάνουν φυσικά ραδιενεργά υλικά.

Αναφορικά με τα *λύματα σε υγρή μορφή* και λαμβανομένων υπόψη των όσων είναι διαθέσιμα σε βιβλιογραφικές αναφορές σχετικά με τον κύκλο ζωής των λυμάτων μετά την απόρριψή τους σε αποχέτευση, τα εξεταζόμενα σενάρια της έκθεσης σε ακτινοβολία περιλαμβάνουν τις διεργασίες στις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων και τις απελευθερώσεις στο υδάτινο φυσικό περιβάλλον μέσω των εκροών των μονάδων αυτών. Λαμβανομένου υπόψη και του σχετικού εφαρμοστέου νομοθετικού πλαισίου<sup>1</sup>, η μελέτη ραδιολογικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων πρέπει να στοχεύει στην εκτίμηση των επιπέδων έκθεσης μιας *κρίσιμης ομάδας* αποτελούμενης από: i) εργαζομένους σε μονάδα επεξεργασίας λυμάτων και ειδικότερα στον χειρισμό ή επεξεργασία της λυματολάσπης (οι οποίοι είναι πιθανόν να εκτεθούν ως συνέπεια των υγρών εκλύσεων της διενεργούμενης πρακτικής αλλά δεν ανήκουν στην κατηγορία των εκτιθέμενων εργαζομένων), με περιοριστικό επίπεδο δόσης τα 300  $\mu\text{Sv}$  ανά έτος και ii) μέλη του κοινού τα οποία δύναται να λάβουν δόσεις μέσω οδών έκθεσης όπως ενδεικτικά φαίνονται στην εικόνα 1, με επίπεδα ενεργού δόσης της τάξης των 10  $\mu\text{Sv}$  το πολύ ανά έτος.

<sup>1</sup> παρ. 5, τμήμα Β, παράρτημα VII, π.δ. 101/2018 και άρθρο 6, π.δ. 101/2018 σε συνδυασμό με την απόφαση 4β/261/07.07.2019, ΦΕΚ 2460/Β/21.07.2019.



Εικόνα 1: Πιθανές οδοί έκθεσης κατά την απόρριψη υγρών ραδιενεργών αποβλήτων σε αποχέτευση.

Κάνοντας χρήση καθιερωμένης μεθοδολογίας η ΕΕΑΕ υπολόγισε, βάσει συντηρητικών υποθέσεων όσον αφορά τις περιβαλλοντικές συγκεντρώσεις και τις συνεπαγόμενες πιθανές εκθέσεις, ότι στη χώρα μας για τις εφαρμογές πυρηνικής ιατρικής (διάγνωση, θεραπεία εξωτερικών ασθενών), καθώς και έρευνας και εκπαίδευσης, τα επίπεδα δόσης δεν αναμένεται να υπερβούν το περιοριστικό επίπεδο των 300  $\mu\text{Sv}$  / έτος για τους εργαζόμενους σε μονάδες επεξεργασίας ή χειρισμού λυματολάσπης και το επίπεδο των 10  $\mu\text{Sv}$  ανά έτος για μέλη του κοινού.

Ειδικότερα, με βάση (i) τους παράγοντες μετατροπής ενεργότητας σε δόση για τους εργαζόμενους και τα μέλη του κοινού<sup>(1)</sup> καθώς και (ii) τους αντίστοιχους διορθωτικούς συντελεστές που περιγράφονται στη βιβλιογραφία<sup>(2)</sup> **δεν αναμένεται** από τους αιτούντες οργανισμούς εκπόνηση μελέτης ραδιολογικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων για τις απορρίψεις ραδιοϊσοτόπων εφόσον αυτές δεν ξεπερνούν 10 φορές τις τιμές της στήλης 3 του πίνακα Β του παρατήματος VII του π.δ. 101/2018 σε μηνιαία βάση για κάθε ραδιοϊσότοπο ή τα 100 GBq σε ετήσια βάση (όποιο των δύο είναι μικρότερο).

Στην περίπτωση που οι απορρίψεις αφορούν περισσότερα του ενός ραδιοϊσότοπα τότε σε μηνιαία βάση θα πρέπει να τηρείται η σχέση:

$$\sum_i \frac{C_i}{C_{i,E}} \leq 10$$

όπου  $C_i$  η ενεργότητα του  $i$  ραδιοϊσοτόπου και  $C_{i,E}$  η ενεργότητα για το ίδιο ραδιοϊσότοπο όπως ορίζεται στη στήλη 3 του πίνακα Β του παρατήματος VII του π.δ. 101/2018.

Δηλαδή, αν κατά την εξέταση των απορρίψεων της πρακτικής προκύπτουν τιμές που δεν ξεπερνούν τις προαναφερόμενες τιμές ενεργότητας μπορεί να γίνει χρήση της επιφύλαξης «όπου εφαρμόζεται» αναφορικά με την απαίτηση γγ της περίπτωσης δ του άρθρου 19 της κ.υ.α. 45872/2019. Εάν προκύπτουν μεγαλύτερες τιμές **ο οργανισμός θα πρέπει να υποβάλει** μελέτη ραδιολογικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Ενδεικτικά, τέτοιες περιπτώσεις αναμένονται για κάποιες πρακτικές εκούσιας χορήγησης ραδιενεργών ουσιών για σκοπούς θεραπείας σε εσωτερικούς ασθενείς (π.χ. ιωδιοθεραπείες) ή για πρακτικές λειτουργίας ανοιχτών πηγών υψηλών συγκεντρώσεων ενεργότητας και χρόνων υποδιπλασιασμού (π.χ. σε βιομηχανικές μονάδες). Ο ακριβής υπολογισμός των εκθέσεων μπορεί να είναι μια ιδιαίτερα πολύπλοκη διαδικασία. Ωστόσο, για τις εφαρμογές στη χώρα μας τα επίπεδα των δόσεων αναμένονται χαμηλά και εκτιμάται ότι η διενέργεια απλοποιημένων υπολογισμών και η χρήση συντηρητικών, από άποψη ακτινοπροστασίας, σεναρίων θα μπορέσει να παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες για την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών ραδιολογικών επιπτώσεων που προκύπτουν από τις σχεδιαζόμενες ραδιενεργές εκλύσεις. Ενδεικτικά, μια τέτοια μελέτη ραδιολογικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων θα μπορούσε να περιλαμβάνει τα εξής βήματα:

- Υπολογισμό της δόσης σε εργαζόμενους σε μονάδα επεξεργασίας λυμάτων, στον χειρισμό ή επεξεργασία λυματολάσπης, που είναι πιθανόν τόσο να εκτεθούν εξωτερικά σε ακτινοβολία από τα ραδιοϊσότοπα που μπορεί να υπάρχουν στη λυματολάσπη (υγρή και αποξηραμένη), όσο να ακτινοβοληθούν και εσωτερικά με εισπνοή ραδιοϊσοτόπων λόγω επαναιώρησης της λυματολάσπης (αποξηραμένης). Ο υπολογισμός αυτός δύναται να πραγματοποιηθεί κάνοντας κατευθείαν χρήση του πίνακα Table I-IV<sup>(1)</sup>.
- Υπολογισμό της δόσης στα μέλη του κοινού από τις αέριες εκλύσεις στην ατμόσφαιρα και τις υγρές εκλύσεις σε υδάτινο φυσικό αποδέκτη κάνοντας κατευθείαν χρήση των πινάκων Table I-I και Table I-II, αντίστοιχα<sup>(1)</sup>. Οι πίνακες αυτοί αφορούν «προσέγγιση μη αραιώσης», δηλαδή οι δόσεις στα μέλη του κοινού της κρίσιμης ομάδας προκύπτουν βάσει των περιβαλλοντικών συγκεντρώσεων στο σημείο της έκλυσης. Εναλλακτικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο πίνακας Table I-V για «προσέγγιση κατόπιν αραιώσης», δηλαδή κατόπιν υπόθεσης συντηρητικής (περιορισμένης) διασποράς σε υδάτινο αποδέκτη (ιδεατό ποτάμι ελάχιστης υδρολογίας).

Στους παραπάνω υπολογισμούς λαμβάνονται υπόψη οι εκτιμώμενες εκλύσεις με βάση τις πραγματικές ενεργότητες και ποσότητες ισοτόπων που αναμένεται να χρησιμοποιούνται από τον οργανισμό.

Σε περιπτώσεις όπου οι παραπάνω υπολογισμοί δεν συνάδουν με τα κριτήρια των 300 μSv / έτος και 10 mSv/ έτος για εργαζομένους και μέλη του κοινού αντίστοιχα, δύναται να γίνει πιο ρεαλιστικός υπολογισμός των περιβαλλοντικών συγκεντρώσεων κάνοντας κατάλληλη χρήση του γενικευμένου περιβαλλοντικού μοντέλου<sup>(1)</sup>. Τέτοιοι διορθωτικοί συντελεστές περιγράφονται αναλυτικά στη βιβλιογραφία<sup>(2)</sup> και δύναται να περιλαμβάνουν:

- Διόρθωση λόγω του γεγονότος ότι σε κάποιες πρακτικές και ειδικότερα στις πρακτικές που περιλαμβάνουν ιατρική έκθεση, ένα μόνο μέρος της χορηγούμενης ενεργότητας απορρίπτεται στο αποχετευτικό δίκτυο in situ και κατά συνέπεια ένα μόνο μέρος λαμβάνεται υπόψη στον υπολογισμό.
- Διόρθωση λόγω της απομείωσης του ραδιενεργού ισοτόπου μέχρι να φτάσει στον εργαζόμενο ή στον υδάτινο αποδέκτη. Ο παράγοντας αυτός είναι ιδιαίτερα σημαντικός για ισότοπα με μικρούς χρόνους υποδιπλασιασμού.

- Αραίωση κατά την επεξεργασία των λυμάτων. Η διόρθωση αυτή αφορά τη δόση στους εργαζόμενους.
- Διόρθωση για να προσμετρηθούν μόνο οι κατά περίπτωση πραγματικά ενεργές οδοί έκθεσης εκ του συνόλου των θεωρουμένων ( μέσω πόσιμου νερού, κατάποση ψαριών, εξωτερική ακτινοβολήση από ισότοπα που επικάθονται σε ιζήματα). Ο παράγοντας αυτός αφορά την έκθεση του κοινού.
- Διασπορά στον τελικό αποδέκτη (θάλασσα ή ποτάμι) χρησιμοποιώντας π.χ. τις πραγματικές υδρολογικές παραμέτρους του ποταμού για την περιοχή που εξετάζεται. Ο παράγοντας αυτός αφορά την έκθεση του κοινού.

Εάν τα αποτελέσματα εξακολουθούν να είναι μεγαλύτερα από τα κριτήρια δόσης τότε ο οργανισμός λαμβάνει επιπρόσθετα μέτρα ακτινοπροστασίας ή τροποποιεί τις πρακτικές (ώστε, π.χ. να περιλαμβάνουν μικρότερες ποσότητες ισωτόπων) ή βελτιώνει τεχνικά τις διαδικασίες εκλύσεων (π.χ. χρήση δεξαμενών καθυστέρησης για υγρές εκλύσεις, χρήση αποδοτικότερων φίλτρων για αέριες εκλύσεις).

Αναφορικά με την αποδέσμευση των στερεών αποβλήτων **δεν απαιτείται** περιβαλλοντική μελέτη εφόσον τηρούνται οι τιμές εξαίρεσης του παραρτήματος VII του π.δ. 101/2018.

#### Αναφορές

1. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Generic Models for Use in Assessing the Impact of Discharges of Radioactive Substances to the Environment, Safety Reports Series No. 19, IAEA, Vienna (2001).
2. E. Carinou, C. Housiadas, Practical guidance on the regulatory management of radioactive liquid discharges from medical, educational and research laboratories, Radiat. Prot. Dosim., 193(2), 124–132, 2021,