



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το πόσιμο νερό αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα αγαθά για τον άνθρωπο. Δεν αποτελεί μόνο απαραίτητο στοιχείο επιβίωσης, αλλά και παράγοντα που επηρεάζει σημαντικά την υγεία. Σε πολλές αναπτυσσόμενες χώρες η κακή ποιότητα του νερού είναι αιτία μαζικών επιδημιών και χιλιάδων θανάτων. Στις ανεπτυγμένες χώρες όπου τα προβλήματα αυτά έχουν εκλείψει λόγω της απολύμανσης που εφαρμόζεται σχεδόν καθολικά, η αστική, βιομηχανική και αγροτική ρύπανση μειώνουν την ποιότητα του φυσικού νερού με αποτέλεσμα να ανακύπτουν προβλήματα αφανή στον απλό καταναλωτή με πιθανές μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στην υγεία.

Τα προβλήματα αυτά έχουν επισημανθεί από αρκετό καιρό από διεθνείς και εθνικούς οργανισμούς και υπηρεσίες και έχουν αποτελέσει αντικείμενο εντατικής έρευνας, αναλύσεων και έντονου προβληματισμού μεταξύ των ειδικών του είδους. Αποτέλεσμα αυτής της προσπάθειας είναι η παραγωγή προτύπων (standards) τα οποία, όταν εφαρμόζονται, εξασφαλίζουν ποιότητα πόσιμου νερού επαρκώς ασφαλή για τον άνθρωπο. Ωστόσο, η γνώση που υπάρχει για τις επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου των στοιχείων που μπορεί να υπάρχουν στο νερό, δεν είναι πλήρης και σε αρκετές περιπτώσεις πολύ περιορισμένη. Η διαρκής έρευνα φέρνει στο φως νέα στοιχεία ή ανατρέπει παλαιότερα συμπεράσματα. Πολλές φορές εξάγονται συμπεράσματα και όρια με την χρήση μαθηματικών μοντέλων και δεδομένα από πειράματα σε ζώα. Τα όρια αυτά τις περισσότερες φορές είναι αδύνατο να ελεγχθούν αν είναι πολύ αυστηρά ή πολύ ελαστικά για τον άνθρωπο.

Οι σημαντικότεροι οργανισμοί ή υπηρεσίες που έχουν εκδώσει οδηγίες και πρότυπα για την ποιότητα του πόσιμου νερού είναι:

- Η Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας (Π.Ο.Υ.).
- Η Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.).
- Η Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος (Υ.Π.Π.) των Η.Π.Α.
- Το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας των Η.Π.Α.

Για την άντληση των στοιχείων που αφορούν την σημασία για την υγεία των χημικών στοιχείων, χημικών ενώσεων ή ιδιοτήτων του νερού έχουν χρησιμοποιηθεί στην έκδοση αυτή κυρίως τα στοιχεία που παρουσιάζονται στην έκδοση της Παγκόσμια Οργάνωσης Υγείας (Π.Ο.Υ.) Guidelines for drinking water quality, 2nd edition, Volume 2, Health criteria and other supporting information, όπου παρέχεται και εκτενής βιβλιογραφία για επιπλέον αναζήτηση στοιχείων.

Τα στοιχεία τοξικότητας προέρχονται από έρευνες που έχουν γίνει και αφορούν, ή κλινικές παρατηρήσεις και μελέτες σε άτομα που έχουν πάρει τυχαία ή ελεγχόμενα κάποιο στοιχείο ή ένωση με το νερό ή την τροφή, ή εργαστηριακές έρευνες σε κύτταρα (in vitro) και πειραματόζωα (in vivo) που έχουν γίνει προκειμένου να μελετηθεί η επίδραση κάποιου συγκεκριμένου στοιχείου ή ένωσης. Τα στοιχεία τοξικότητας από τέτοιες μελέτες συνήθως εκφράζονται σαν βάρος ένωσης ανά βάρος σώματος και ανά ημέρα. Έτσι, προκύπτει η ανάγκη να καθοριστεί ένα *τυπικό βάρος σώματος* και μία *τυπική ποσότητα νερού* που καταναλώνει ένας άνθρωπος ανά ημέρα προκειμένου να μεταφραστούν τα στοιχεία των ερευνών σε όριο συγκέντρωσης για το πόσιμο νερό. Αν και αναγνωρίζεται ότι τόσο το βάρος του σώματος μεταβάλλεται σημαντικά και με την ηλικία και από άτομο σε άτομο αλλά και η ποσότητα του νερού που καταναλώνεται κατά τη διάρκεια της ημέρας εξαρτάται από το κλίμα, το είδος της εργασίας του ατόμου και τις ιδιαίτερες διατροφικές του συνήθειες, σαν βάση για τους υπολογισμούς λαμβάνεται :

- ο ενήλικας βάρους 60 kg που καταναλώνει 2 λίτρα νερό την ημέρα,
- το παιδί βάρους 10 kg που καταναλώνει 1 λίτρο νερό την ημέρα και
- το βρέφος βάρους 5 kg που καταναλώνει 0.75 λίτρα νερό την ημέρα.

Η έκθεση του οργανισμού στις ενώσεις που περιέχει το νερό προφανώς λαμβάνεται για την ποσότητα που λαμβάνεται από το στόμα. Ωστόσο η επαφή του νερού με το δέρμα ή και η εισπνοή των σταγονιδίων του νερού μπορεί να συνεισφέρει στην επίδραση που έχει κάποια συγκεκριμένη ένωση που περιέχει στον οργανισμό. Η έκθεση αυτή θεωρείται γενικά περιορισμένης σημασίας και λαμβάνεται πρόνοια από τους ειδικούς ώστε η τιμή του ορίου για τη

συγκεκριμένη ένωση να λαμβάνει υπόψη όλες τις εναλλακτικές οδούς έκθεσης.

Υπάρχουν βασικά δύο προσεγγίσεις για την παραγωγή των ορίων συγκέντρωσης κάποιας ένωσης ή στοιχείου στο πόσιμο νερό. Της Ημερήσιας Ανεκτής Δόσης (ΗΑΔ) και της Πιθανής Πρόκλησης Καρκίνου.

Η προσέγγιση της Ημερήσιας Ανεκτής Δόσης (ΗΑΔ)

Για τις περισσότερες ενώσεις και στοιχεία πιστεύεται ότι υπάρχει μία δόση που αν ληφθεί από τον άνθρωπο δεν επιφέρει παρατηρήσιμες ανεπιθύμητες ενέργειες. Έτσι η Ημερήσια Ανεκτή Δόση ορίζεται ως:

$$ΗΑΔ = ΕΜΠΑΕ / ΣΑ$$

όπου

ΕΜΠΑΕ = επίπεδο μη παρατηρήσιμων ανεπιθύμητων επιπτώσεων

(NOAEL = not observed adverse effect level)

ΕΠΕΑΕ = επίπεδο παρατήρησης ελάχιστων ανεπιθύμητων επιπτώσεων

(LOAEL = lowest observed adverse effect level)

ΣΑ = συντελεστής αβεβαιότητας

Αν το ΕΜΠΑΕ δεν είναι γνωστό μπορεί να χρησιμοποιηθεί το ΕΠΕΑΕ.

Η Οδηγός Τιμή (ΟΤ) παράγεται από τη σχέση :

$$ΟΤ = (ΗΑΔ) \cdot (Β) \cdot (Π) / (ΗΚΝ)$$

Όπου

Β βάρος σώματος

Π ποσοστό της ΗΑΔ που συνεισφέρει το πόσιμο νερό

ΗΚΝ ημερήσια κατανάλωση νερού

Η ΗΑΔ είναι η εκτίμηση της ποσότητας μίας ένωσης ή στοιχείου που λαμβάνεται με την τροφή ή το πόσιμο νερό κάθε μέρα καθ' όλη τη διάρκεια του βίου χωρίς να προκαλεί παρατηρήσιμες ανεπιθύμητες επιπτώσεις στην υγεία. Εκφράζεται σε βάρος ένωσης ανά βάρος σώματος (mg/kg ή μg/kg).

Μία παρόμοια παράμετρος που χρησιμοποιείται για να εκφράσει τις επιτρεπτές δόσεις για ορισμένα προσθετικά ή υπολείμματα φυτοφαρμάκων σε τροφές, η ημερήσια αποδεκτή δόση, παράγεται με βάση κάποιες αρχές που χρησιμοποιούν τα Joint FAO/WHO meetings on pesticide residues και Joint FAO/WHO expert committee on food additives. Οι αρχές αυτές πολλές φορές χρησιμοποιούνται και για την εκτίμηση της ΗΑΔ, ωστόσο κρίνεται ότι η προσέγγιση της «ανεκτής» και όχι της «αποδεκτής» είναι ασφαλέστερη για το πόσιμο νερό.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η ΗΑΔ αναφέρεται σε μεγάλο χρονικό διάστημα, τον αναμενόμενο χρόνο ζωής. Αυτό σημαίνει ότι κάποια υπέρβαση της τιμής αυτής για μικρό χρονικό διάστημα δεν αναμένεται να προκαλέσει ανεπιθύμητες παρενέργειες. Άλλωστε, ο παράγων αβεβαιότητας έχει συνήθως επαρκή τιμή προκειμένου να εξασφαλίσει την περίπτωση υπέρβασης για μικρό χρονικό διάστημα. Ωστόσο, αν η υπέρβαση είναι σημαντικά υψηλότερα από την ΗΑΔ η περίπτωση πρέπει να ελεγχθεί με προσοχή και να ληφθούν μέτρα.

Το ΕΜΠΑΕ (επίπεδο μη παρατηρήσιμων ανεπιθύμητων επιπτώσεων) ορίζεται σαν το μεγαλύτερο επίπεδο δόσης ή συγκέντρωσης μία χημικής ένωσης που σε κάποια έγκυρη μελέτη ευρέθη με πείραμα ή παρατήρηση να μην έχει κάποιο παρατηρήσιμο αρνητικό αποτέλεσμα στην υγεία. Όταν είναι δυνατόν το ΕΜΠΑΕ στηρίζεται σε μακροχρόνιες μελέτες κατά προτίμηση σχετιζόμενες με την κατανάλωση πόσιμου νερού.

Το ποσοστό της ημερήσιας δόσης που οφείλεται στη λήψη μέσω του πόσιμου νερού είναι επίσης μία εκτιμώμενη ποσότητα. Είναι προφανές ότι οι τροφές που καταναλίσκει ο άνθρωπος καθημερινά περιέχουν λίγο πολύ όλες εκείνες τις χημικές ενώσεις και στοιχεία που μπορεί να περιέχει το πόσιμο νερό. Για όσες περιπτώσεις υπάρχουν στατιστικές παρατηρήσεις για το ποσοστό συμμετοχής του πόσιμου νερού τα σχετικά στοιχεία καθορίζουν τον συντελεστή Π, ενώ όταν δεν υπάρχουν στοιχεία λαμβάνεται η τιμή 10%. Για τις

περισσότερες περιπτώσεις εκτιμάται ότι ο συντελεστής αυτός είναι ασφαλής εκτίμηση. Ωστόσο, στην περίπτωση που είναι γνωστό ότι το πόσιμο νερό περιέχει ασυνήθιστα υψηλές ποσότητες από κάποια χημική ένωση ή στοιχείο τότε οι τοπικές αρχές μπορούν να τροποποιήσουν τον συντελεστή αυτό ώστε να εξασφαλίζεται η προστασία της δημόσιας υγείας.

Η χρήση του συντελεστή αβεβαιότητας είναι συνήθης στην παραγωγή μιας αποδεκτής ημερήσιας δόσης για προσθετικά τροφών, υπολείμματα φυτοφαρμάκων σε τροφές και γενικά περιβαλλοντικούς μολυντές. Η εφαρμογή του συντελεστή αυτού προφανώς απαιτεί την έμπειρη κρίση και γνώση για τη συσχέτιση των διαφόρων πειραματικών και κλινικών στοιχείων.

Για την παραγωγή των οδηγιών για το πόσιμο νερό της Π.Ο.Υ οι συντελεστές αβεβαιότητας εφαρμόστηκαν στο χαμηλότερο NOAEL ή LOAEL για την απόκριση που θεωρήθηκε ως η πλέον βιολογικά σημαντική και προσδιορίστηκε από την σύγκλιση της γνώμης μιας ομάδας ειδικών με βάση τον παρακάτω επιμερισμό:

Αιτία αβεβαιότητας	Συντελεστής
Διαφοροποίηση είδους (από ζώο στον άνθρωπο)	1-10
Διαφοροποίηση στο ίδιο το είδος (μεταξύ ατόμων)	1-10
Επάρκεια της βάσης δεδομένων	1-10
Τύπος και σοβαρότητα της παρενέργειας	1-10

Ο συνολικός συντελεστής αβεβαιότητας δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή 10000 διότι η σχετική οδηγία στερείται ουσιαστικά επιστημονικού περιεχομένου και πρακτικής σημασίας. Για ενώσεις που ο συντελεστής υπερβαίνει την τιμή 1000 η οδηγία θεωρείται προσωρινή. Κρίνεται σκόπιμο και ουσιαστικό για κάθε όριο να είναι γνωστός ο συντελεστής αβεβαιότητας, τουλάχιστον στις αρμόδιες αρχές, προκειμένου να είναι γνωστά τα περιθώρια ασφαλείας που υπάρχουν και να σχεδιάζεται σε ρεαλιστική βάση η αντίδραση και τα μέτρα σε περιπτώσεις προσωρινής ή παρατεταμένης υπέρβασης.

Η προσέγγιση της πιθανής καρκινογένεσης

Η εκτίμηση της πιθανότητας να είναι μια χημική ένωση καρκινογόνα συνήθως βασίζεται σε μακροχρόνιες μελέτες σε ζώα. Σε μερικές περιπτώσεις υπάρχουν στοιχεία για την πρόκληση καρκίνου σε ανθρώπους, κυρίως από μελέτες εργασιακής έκθεσης σε κάποια ένωση.

Με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία το IARC κατατάσσει τις χημικές ενώσεις σε κατηγορίες επικινδυνότητας πρόκλησης καρκίνου :

- Ομάδα 1 καρκινογόνο για το άνθρωπο
- Ομάδα 2Α πιθανόν καρκινογόνο για τον άνθρωπο (περιορισμένες αποδείξεις για τον άνθρωπο, επαρκείς αποδείξεις για τα ζώα)
- Ομάδα 2Β πιθανόν καρκινογόνο για τον άνθρωπο (περιορισμένες αποδείξεις για τον άνθρωπο, ελάχιστα επαρκείς αποδείξεις για τα ζώα)
- Ομάδα 3 δεν κατατάσσεται σαν καρκινογόνο για τον άνθρωπο (ανεπαρκείς αποδείξεις για το άνθρωπο και ανεπαρκείς έως περιορισμένες αποδείξεις για τα ζώα)
- Ομάδα 4 πιθανόν μη καρκινογόνο για τον άνθρωπο

Γενικά είναι αποδεκτό ότι το σημείο έναρξης μιας καρκινογόνου διαδικασίας είναι η πρόκληση μετάλλαξης στο γενετικό υλικό (DNA) των σωματικών κυττάρων (όχι των γεννητικών) και το λέμε γονιδοτοξικό (genotoxic). Ο γονιδοτοξικός μηχανισμός θεωρητικά δεν έχει κάποιο όριο, θεωρητικά υπάρχει πιθανότητα εκκίνησης και από ένα μόριο. Ως εκ τούτου ο προσδιορισμός κάποιας ΗΑΔ είναι ακατάλληλος και εφαρμόζεται μία μαθηματική στατιστική εκτίμηση. Από την άλλη μεριά υπάρχουν ενώσεις που μπορεί να προκαλέσουν καρκίνο στα ζώα μέσω ενός έμμεσου μηχανισμού χωρίς να εκκινούν κάποια γονιδοτοξική διαδικασία. Για τις ενώσεις αυτές εκτιμάται ότι μπορεί να οριστεί μια ΗΑΔ.

Για καρκινογόνα που υπάρχουν πειστικές αποδείξεις ότι δεν εκκινούν κάποιο γονιδοτοξικό μηχανισμό η οδηγός τιμή ή το άνω όριο υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την Προσέγγιση της ΗΑΔ.

Για καρκινογόνες ενώσεις που είναι γνωστό ότι εκκινούν κάποιο γονιδοτοξικό μηχανισμό η οδηγός τιμή ή το άνω όριο προσδιορίζεται

με την χρήση ενός μοντέλου που προβλέπει την τιμή της συγκέντρωσης της ένωσης στο πόσιμο νερό που σε διάστημα 70 ετών είναι πιθανόν να προκαλέσει έναν επιπλέον καρκίνο ανά 100000 ανθρώπους. Είναι ο λεγόμενος κίνδυνος καρκίνου 10^{-5} . Η τιμή αυτή αποτελεί μια παραδοχή. Αν θεωρηθεί ότι ο αποδεκτός κίνδυνος είναι 1 στους 10000 (10^{-4}) τότε η οδηγός τιμή θα πολλαπλασιαστεί με το 10 ενώ αν ο αποδεκτός κίνδυνος είναι 1 στους 1000000 (10^{-6}) τότε η οδηγός τιμή πρέπει να διαιρεθεί με το 10.

Πρέπει να τονιστεί ότι η οδηγός τιμή ή το όριο που υπολογίζεται για κάποια ένωση είναι προϊόν υπολογισμού ενός μαθηματικού μοντέλου και αποτελούν μια χοντρική εκτίμηση της **πιθανότητας** πρόκλησης καρκίνου. Η άποψη των ειδικών είναι ότι οι εκτιμήσεις αυτές είναι γενικά πολύ συντηρητικές και πάντα προς την ασφαλή μεριά για τον άνθρωπο.

Παρουσίαση

Στο **Κεφάλαιο 1** δίνεται μια συνοπτική περιγραφή της νομοθεσίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης που σχετίζεται με το νερό, παρουσιάζεται η νέα Οδηγία 98/83/ΕΚ για το πόσιμο νερό, η ΚΥΑ Υ2/2600/2001 που αποτελεί τον Ελληνικό Νόμο προσαρμογής στην Οδηγία 98/83/ΕΚ και παρουσιάζει τα κύρια χαρακτηριστικά του Νόμου για το Ασφαλές Πόσιμο νερό των Η.Π.Α.

Στο **Κεφάλαιο 2** δίνονται τα βασικά χαρακτηριστικά και ιδιότητες των ανόργανων χημικών στοιχείων και ενώσεων που ελέγχονται από την νέα νομοθεσία, αλλά έχουν παραμείνει και ορισμένα που ελέγχονταν στην Οδηγία 80/778/ΕΟΚ και έχων τώρα απαλειφθεί. Η σειρά παρουσίασης είναι αλφαβητική όπως και σε όλες τις σχετικές νομοθεσίες και συγγράμματα.

Στο **Κεφάλαιο 3** δίνονται τα βασικά χαρακτηριστικά και ιδιότητες των οργανικών χημικών ενώσεων που ελέγχονται από την νέα νομοθεσία, αλλά έχουν παραμείνει και ορισμένα που ελέγχονταν στην Οδηγία 80/778/ΕΟΚ και έχων τώρα απαλειφθεί. Η σειρά παρουσίασης είναι αλφαβητική όπως και σε όλες τις σχετικές νομοθεσίες και συγγράμματα.

Στο **Κεφάλαιο 4** παρουσιάζονται ορισμένα βασικά στοιχεία για την ραδιενέργεια και της επιπτώσεις της στον άνθρωπο καθώς και τον τρόπο ελέγχου του πόσιμου νερού.

Στο **Κεφάλαιο 5** αναλύεται η σημασία των βασικών παραμέτρων της μικροβιολογικής ποιότητας του πόσιμου νερού και παρουσιάζονται τα βακτήρια, τα πρωτόζωα και οι ιοί που θεωρούνται σημαντικότεροι για το πόσιμο νερό.

Στο **Κεφάλαιο 6** παρουσιάζονται οι βασικές μέθοδοι απολύμανσης του πόσιμου νερού, τα κύρια πλεονεκτήματα, μειονεκτήματα και παραπροϊόντα της κάθε μεθόδου.

Συνομογραφίες και Μονάδες.

Ο.Τ.	Οδηγός Τιμή ή επιθυμητή τιμή
Μ.Ε.Ο.	Μέγιστο Επιτρεπτό Όριο
Π.Ο.Υ.	Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας
Υ.Π.Π.	Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος.
IARC	Διεθνής Υπηρεσία Έρευνας για τον Καρκίνο

mg	Χιλιοστογραμμάριο
mg/l	Χιλιοστογραμμάριο ανά λίτρο
μg	Μικρογραμμάριο
μg/l	Μικροκραμμάριο ανα λίτρο

1 kg (κιλό)	=	1000 gr
1 gr	=	1000 mg

1 mg	=	1000 µg
1 mg/l	=	1000 µg/l
1 µg	=	0.001 mg
1 g/l	=	0.001 mg/l