

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΕΜΦΙΑΛΩΜΕΝΩΝ ΝΕΡΩΝ

Φωτίου Ε. and Κολοβός Ν.

Τμήμα Γεωτεχνολογίας & Περιβάλλοντος, ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας 50100 Κοζάνη,
info@macedonianet.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο μελέτης της παρούσας εργασίας, αποτελεί η διερεύνηση και αξιολόγηση της ποιότητας εμφιαλωμένων νερών που κυκλοφορούν στην Ελληνική αγορά με βάση τα αναγραφόμενα στην ετικέτα των φιαλών τους φυσικοχημικά χαρακτηριστικά και η σχέση τους με την επίδρασή τους στην υγεία. Για τον σκοπό αυτό εξετάστηκαν τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά ενός ικανοποιητικού αριθμού δειγμάτων από 26 εγχώρια και 7 εισαγόμενα νερά, και έγινε σύγκριση με τα σταθερότυπα του πόσιμου νερού. Στην παρούσα εργασία δεν γίνεται διάκριση των επιτραπέζιων και φυσικών μεταλλικών νερών. Θεωρούνται όλα πόσιμα και χαρακτηρίζονται το καθένα από αυτά από ιδιαίτερες φυσικοχημικές ιδιότητες, η σημασία των οποίων για τον ανθρώπινο οργανισμό δίνεται μέσα στο κείμενο.

Για τους σκοπούς της παρούσας μελέτης, με τον όρο ποσιμότητα εννοείται η δυνατότητα κάθε εμφιαλωμένου νερού να είναι αποδεκτό για ανθρώπινη κατανάλωση από άποψη φυσικοχημικών παραμέτρων και μόνο.

Οι φυσικοχημικές παράμετροι οι οποίες μελετήθηκαν περιλαμβάνουν: pH, αγωγιμότητα, συγκεντρώσεις χλωριούχων, θειικών, πυριτικών, ασβεστίου, μαγνησίου, νατρίου, καλίου, φθορίου, στερεού υπολείμματος, ολικής σκληρότητας, αλκαλικότητας των οποίων τα αποτελέσματα εκφράζονται σε mg/L. Παράλληλα δίνονται οι ιοντικές σχέσεις, οι οποίες προσφέρουν χρήσιμα στοιχεία της υδροχημείας των νερών.

Για την καλύτερη σύγκριση των παραπάνω μεγεθών δίνονται : το ενδεικτικό επίπεδο τιμών, η ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση και η συγκέντρωση χημικής ανάλυσης.

Οι παραπάνω τιμές μελετήθηκαν και αξιολογήθηκαν με βάση τις τιμές που αναφέρονται στο Φ.Ε.Κ. (αριθμ. Φύλλου: 53, 20 Φεβρουαρίου 1986), προκειμένου να διαπιστωθεί κατά πόσο τα νερά που κυκλοφορούν ελεύθερα στο εμπόριο πληρούν τις προϋποθέσεις που ορίζει η οδηγία 80/778 του συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων της 15/07/80.).

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αντικείμενο μελέτης της παρούσας εργασίας αποτελεί η διερεύνηση της ποιότητας των συσκευασμένων νερών καθώς και οι επιδράσεις των ιχνοστοιχείων και των ιχνοενώσεων αυτού στην υγεία του ανθρώπου. Μέσω της εξέτασης ενός ικανοποιητικού αριθμού δειγμάτων επιχειρείται να εξακριβωθεί κατά πόσο τα νερά που διατίθενται στο εμπόριο ανταποκρίνονται στις γενικές και ειδικές προδιαγραφές που έχουν θεσπισθεί για την προστασία και διαφύλαξη της δημόσιας υγείας.

Επισημαίνεται ότι οι αναγραφόμενες τιμές στις ετικέτες των νερών αντιστοιχούν σε φυσικοχημικά χαρακτηριστικά και επομένως οι αντίστοιχες παρατηρήσεις και συμπεράσματα που θα εξαχθούν θα αφορούν μόνο τα εν λόγω χαρακτηριστικά. Ως εκ τούτου, για τους σκοπούς της παρούσας μελέτης, με τον όρο ποσιμότητα εννοείται η δυνατότητα του καθενός εμφιαλωμένου νερού να είναι κατάλληλο για ανθρώπινη κατανάλωση από άποψη φυσικοχημικών παραμέτρων και μόνο.

Σκοπός επίσης της εργασίας ήταν η αξιολόγηση με βάση τα υδροχημικά στοιχεία, χωρίς να υπεισέρχεται σε θέματα ιατρικής φύσης, όπως οι πιθανές ευνοϊκές ή δυσμενείς επιπτώσεις της υψηλής συγκέντρωσης κάποιων στοιχείων.

2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για τους σκοπούς τη παρούσας μελέτης εξετάσθηκαν 26 δείγματα εγχώριων και 7 δείγματα εισαγόμενων εμφιαλωμένων νερών. Η εξέταση περιλάμβανε τη μελέτη των φυσικοχημικών παραμέτρων έτσι όπως αυτές αναγράφονται στις φιάλες και έχουν προσδιορισθεί από διάφορα επιστημονικά κέντρα και φορείς.

Οι φυσικοχημικές παράμετροι οι οποίες μελετήθηκαν περιλαμβάνουν pH, αγωγιμότητα, συγκεντρώσεις: χλωριούχων, θειικών, πυριτικών, ασβεστίου, μαγνησίου, νατρίου, καλίου, φθορίου, στερεού υπολείμματος, ολικής σκληρότητας, αλκαλικότητας

Τα αποτελέσματα, δίνονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 1 όπου παρουσιάζονται η μέση, η ελάχιστη και η μέγιστη τιμή και οι οποίες συγκρίνονται με τα ανώτερα επιτρεπτά και τα ενδεικτικά όρια, όπως αυτά έχουν καθορισθεί από τη σχετική νομοθεσία. Επίσης στον Πίνακα 2 δίνονται οι ιοντικές σχέσεις, οι οποίες παρέχουν χρήσιμα στοιχεία υδροχημείας και προέλευσης του νερού.

Η ερμηνεία των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών, προϋποθέτει την γνώση της φυσικής σημασίας όλων των παραμέτρων που εξετάζονται. Το παραπάνω γεγονός σε συνδυασμό με την καθοδήγηση του Φ.Ε.Κ. σχετικά με την ποιότητα του νερού (αριθμ. Φύλλου: 53, 20 Φεβρουαρίου 1986), παρέχει την δυνατότητα σύγκρισης, αξιολόγησης και ελέγχου τυχόν αποκλίσεων.

3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα της μελέτης παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Τιμές φυσικοχημικών παραμέτρων στα εμφιαλωμένα νερά που μελετήθηκαν

Φυσικοχημικές παράμετροι	Ανώτερο όριο	Ενδεικτικό όριο	Μέση τιμή	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή
pH	6,5 - 8,5		7,48	6,00	8,30
Αγωγιμότητα		400	477,95	183,00	843,00
Αλκαλικότητα Μ			206,47	12,30	368,00
Ολική σκληρότητα			286,86	16,60	1560,00
Ανθρακική σκληρότητα			202,42	12,30	368,00
Μη ανθρακική σκληρότητα			84,45	0,00	1229,70
Ασβέστιο		100	84,98	4,50	486,00
Μαγνήσιο	50	30	18,23	0,70	89,40
Κάλιο	12	10	1,19	0,39	4,90
Νάτριο	150	20	10,43	1,49	40,00
Σίδηρος	0,2	0,05	0,03	0,03	0,03
Μαγγάνιο	0,05	0,02	0,03	0,03	0,03
Χλωριούχα	200	25	16,09	2,80	85,00
Φθοριούχα	1,5	0,7	0,27	0,09	0,95
Θειικά	250	25	81,01	0,00	1187,00
Όξινα ανθρακικά			251,90	15,01	448,96
Νιτρικά	50	25	6,21	0,00	35,60
Νιτρώδη	0,1		0,00	0,00	0,01
Αμμωνία	0,5	0,05	0,01	0,00	0,10
Πυριτικά			12,28	7,00	17,00
Ξηρό υπόλειμμα	1500		372,08	33,00	2125,00

Η εξέταση των φυσικοχημικών παραμέτρων των 33 δειγμάτων δείχνει ότι αυτές κυμαίνονται εντός ευρέων ορίων, γεγονός που αποδίδεται στην ξεχωριστή προέλευση του κάθε δείγματος από πηγή, η οποία φέρει τα δικά της ιδιαίτερα γεωλογικά και γεωχημικά χαρακτηριστικά.

Το pH παρουσιάζει μέση τιμή 7,5 και κυμαίνεται από 6,0 έως 8,3. Από τους συγκριτικούς πίνακες μόνον ένα δείγμα, το οποίο παρουσιάζει ελάχιστη τιμή 6,0, βρίσκεται εκτός ορίων, χαρακτηριζόμενο ως όξινο. Η ανώτερη τιμή η οποία παρατηρήθηκε είναι 8,3, και ευρίσκεται εντός των επιτρεπομένων ορίων.

Η αγωγιμότητα, η οποία αναφέρεται στην ικανότητα του νερού να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα, σχετίζεται με το συνολικό πόσο των ουσιών που περιέχονται μέσα στο νερό και ιονίζονται (ηλεκτρολύτες), καθώς και με την θερμοκρασία που γίνεται η μέτρηση. Επειδή η θερμοκρασία μεταβάλλεται και επηρεάζει τις τιμές της αγωγιμότητας, γι αυτό η σύγκριση των τιμών της για τα διάφορα δείγματα συσκευασμένου νερού δίνεται στους 25°C. Η μέση τιμή είναι 478 $\mu\text{s}/\text{cm}$, ενώ η κατώτερη 183 $\mu\text{s}/\text{cm}$ και η ανώτερη 843 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Από 28 δείγματα στα οποία υπάρχουν μετρήσεις αγωγιμότητας, τα 20 έχουν τιμή ανώτερη της ενδεικτικής (400 $\mu\text{s}/\text{cm}$), ενώ τα 8 μικρότερη της ενδεικτικής.

Με τον όρο αλκαλικότητα αναφέρεται το μέτρο της ικανότητας των συστατικών του νερού να αντιδρούν με τα υδρογόνιο-κατιόντα (H^+) και συνήθως οφείλεται στην παρουσία όξινων ανθρακικών ιόντων HCO_3^- , ανθρακικών ιόντων CO_3^{2-} , και υδροξυλίων OH^- . Αν όμως υπάρχουν στο νερό και ρίζες ασθενών οξέων όπως π.χ. τα θειώδη SO_3^{2-} , ή τα όξινα φωσφορικά HPO_4^{2-} , τότε και αυτά συμβάλλουν στην αλκαλικότητα. Η μέση τιμή ανέρχεται σε 206,5, ενώ η κατώτερη σε 12,3 και η ανώτερη σε 368,0.

Ως σκληρότητα του νερού, χαρακτηρίζεται το σύνολο των συγκεντρώσεων των ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου εκφρασμένο σαν οξειδίο του ασβεστίου ή σαν ανθρακικό ασβέστιο. Η ολική σκληρότητα παρουσιάζει μέση τιμή 286,9 mg/L με κατώτερη τιμή 16,6 mg/L και ανώτερη τιμή 1560,0 mg/L. Από τα 33 δείγματα το 1 δείγμα ανήκει στην κατηγορία των μαλακών νερών (0-75 mg/L) με τιμή 16,6 mg/L, η οποία θεωρείται ιδιαίτερα χαμηλή. Το εν λόγω δείγμα προέρχεται από εισαγόμενο νερό. Στην κατηγορία των μέτρια σκληρών νερών (76-150 mg/L) ανήκουν 4 δείγματα, εκ των οποίων 3 εγχώρια και 1 εισαγόμενο. Στην κατηγορία των σκληρών νερών (150-300 mg/L) ανήκουν 22 δείγματα, ενώ στην κατηγορία των πολύ σκληρών νερών (>300mg/L) 6 δείγματα.

Η ανθρακική σκληρότητα παρουσιάζει μέση τιμή 202,4 mg/L, και κυμαίνεται μεταξύ 12,3 mg/L και 368,0 mg/L, ενώ η μη ανθρακική σκληρότητα κυμαίνεται 0 mg/L και 1229,7 mg/L.

Το Ca έχει μέση τιμή 85 mg/L, κυμαινόμενο μεταξύ 4,5 mg/L και 486,0 mg/L. Από τα 33 δείγματα τα 28 εμφανίζουν τιμή μικρότερη της ενδεικτικής τιμής (100 mg/L), ενώ τα 5 εμφανίζουν μεγαλύτερη τιμή.

Το Mg παρουσιάζει μέση τιμή 18,2 mg/L, ενώ η ελάχιστη τιμή είναι 0,7 mg/L και η μέγιστη 89,4 mg/L. Με δεδομένο το ανώτερο επιτρεπτό όριο των 50 mg/L φαίνεται ότι 2 δείγματα, ένα εγχώριο και ένα εισαγόμενο ξεπερνούν την τιμή αυτή, ενώ τα υπόλοιπα εμφανίζουν τιμή πολύ κατώτερη της ενδεικτικής.

Το K κυμαίνεται εντός χαμηλών ορίων από 0,4 mg/L έως 4,9 mg/L, με μέση τιμή 1,2mg/L.

Το Na έχει μέση τιμή 10,4 mg/L, ενώ κυμαίνεται μεταξύ 1,5 mg/L και 40,0 mg/L. Από τα 33 δείγματα τα 6 εμφανίζουν τιμή ανώτερη της ενδεικτικής.

Ο Σίδηρος, σε 5 δείγματα για τα οποία υπάρχουν τιμές, κυμαίνεται εντός των επιτρεπτών ορίων.

Τα χλωριούχα κυμαίνονται μεταξύ 2,8 mg/L και 85 mg/L, με μέση τιμή 16,1. Από τα 33 δείγματα τα 8 παρουσιάζουν τιμή ανώτερη της ενδεικτικής (25 mg/L).

Τα φθοριούχα κυμαίνονται από 0,1 mg/L έως 1,0 mg/L, με μέση τιμή 0,3 mg/L. Όλα τα δείγματα παρουσιάζουν τιμές κατώτερες του ανώτερου επιτρεπτού ορίου, ενώ μόνον ένα εμφανίζει τιμή ανώτερη του ενδεικτικού ορίου.

Τα θειικά κυμαίνονται μεταξύ 0.0 mg/L και 1187 mg/L, με μέση τιμή 81,0 mg/L. Από τα 33 δείγματα τα δύο παρουσιάζουν τιμές πολύ πάνω από τις ανώτερες επιτρεπτές, ενώ 7 επιπλέον δείγματα έχουν τιμές ανώτερες της ενδεικτικής.

Τα όξινα ανθρακικά κυμαίνονται μεταξύ 15,0 mg/L και 449,0 mg/L με μέση τιμή 251,9 mg/L.

Τα νιτρικά κυμαίνονται από 0,0 mg/L έως 35,6 mg/L με μέση τιμή 6,2 mg/L. Μόνον ένα εξ αυτών υπερβαίνει την ενδεικτική τιμή των 25 mg/L.

Το NH_4^+ κυμαίνεται εντός των επιτρεπτών ορίων.

Τα πυριτικά κυμαίνονται από 7,0 mg/L έως 17 mg/L με μέση τιμή 12,3 mg/L.

Το ξηρό υπόλειμμα κυμαίνεται από 33,0 mg/L έως 2125,0 mg/L με μέση τιμή 372,1mg/L. Μόνον ένα εκ των δειγμάτων (εισαγόμενο) υπερβαίνει το ανώτερο επιτρεπτό όριο των 1500 mg/L.

Από τα παραπάνω στοιχεία δημιουργούνται εύλογα ερωτήματα σχετικά με τη σημασία των αποκλίσεων για τον ανθρώπινο οργανισμό και οι οποίες παρατηρούνται σε αρκετά νερά σε σχέση

πάντα με τα σταθερότυπα του πόσιμου νερού. Σύμφωνα με τη νομοθεσία, τα εμφιαλωμένα νερά διακρίνονται σε επιτραπέζια και σε φυσικά μεταλλικά νερά. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται κάποιες απόψεις, που διατυπώνονται στην ελληνική και ξένη βιβλιογραφία, σχετικά με τις επιπτώσεις αυτών των αποκλίσεων στον ανθρώπινο οργανισμό, προκειμένου ο υποψήφιος καταναλωτής, έχοντας επίγνωση των ιδιαίτερων αναγκών του να επιλέξει το νερό που τον εξυπηρετεί το δυνατόν καλύτερα.

Το ασβέστιο είναι ένα στοιχείο, που εντοπίζεται σε κάθε δείγμα νερού και συνήθως μάλιστα, στη μεγαλύτερη αναλογία σε σχέση με τα υπόλοιπα χημικά στοιχεία. Συνδέεται άμεσα με την φυσική σύσταση του νερού και ενώνεται με όξινα ανθρακικά και ανθρακικά ανιόντα, δίνοντας τα επικρατέστερα άλατα που συναντώνται στο πόσιμο νερό, μέρος των οποίων αποδίδουν την σκληρότητα. Ωστόσο, από την ισχύουσα υγειονομική διάταξη δεν υπάρχει κάποιο ανώτατο επιτρεπτό όριο για το ασβέστιο παρά μόνο ενδεικτικό επίπεδο (100mg/L) γύρω στο οποίο κυμαίνονται οι διάφορες τιμές συγκεντρώσεων.

Το γεγονός ότι δεν έχει επιβληθεί ανώτατη επιτρεπόμενη τιμή για την ποσότητα του ασβεστίου δηλώνει πως δεν συντρέχει κανένας λόγος ανησυχίας για την ανθρώπινη υγεία, από την πιθανή και μεμονωμένη υπερβολική αύξηση του ασβεστίου σε ορισμένα νερά που προορίζονται για κατανάλωση. Το ασβέστιο που περιέχεται στο πόσιμο νερό βρέθηκε, από προγενέστερες μελέτες, να παρουσιάζει μια ευεργετική αντιτοξική συμπεριφορά, δεδομένου ότι αποτρέπει - μέσω μιας άμεσης αντίδρασης - την απορρόφηση και την μείωση των επιβλαβών τοξικών στοιχείων όπως είναι το κάδμιο και ο μόλυβδος. Εντούτοις, αυτή η προστατευτική ιδιότητα του ασβεστίου, είναι περιορισμένη ποσοτικά, γεγονός που σημαίνει ότι η αποτελεσματική δράση του στοιχείου ενδεχομένως και να εκλείψει για μεγάλες ποσότητες επιβλαβών ουσιών.

Το μαγνήσιο αποτελεί επίσης ένα σημαντικό για την υγεία ιχνοστοιχείο και ανιχνεύεται τόσο στο πόσιμο νερό όσο και στα τρόφιμα. Αξίζει να αναφερθεί ότι προϊόντα που παρουσιάζουν μεγάλη διατροφική αξία περιέχουν μεγάλη συγκέντρωση στο συγκεκριμένο στοιχείο. Σχετικά με την επίδραση του μαγνησίου στον ανθρώπινο οργανισμό, θα λέγαμε πως και αυτό με την σειρά του, αλλά σε μικρότερο βαθμό από ότι το ασβέστιο, παρουσιάζει την ευεργετική αντιτοξική επίδραση που περιγράφηκε προηγουμένως. Έρευνες αναφέρουν ότι το μαγνήσιο παρουσιάστηκε να έχει προστατευτική επίδραση ενάντια σε εγκεφαλοαγγειακές ασθένειες και την υπέρταση. Η απορρόφηση του μαγνησίου από τα τρόφιμα στο έντερο είναι περίπου 30%, σε αντίθεση με την απορρόφηση του από το νερό, όπου το ιχνοστοιχείο αυτό παρουσιάζεται με την ελεύθερη μορφή κατιόντων και είναι απορροφήσιμο σε υψηλότερη έκταση 40-60%, όπως αναφέρεται στην έκθεση (Durlach et al, 1985 Durlach, 1988 Neutra, 1999 Sabatier et al, 2002). Δηλαδή η απορρόφηση του μαγνησίου που προέρχεται από το νερό είναι 30% υψηλότερη έναντι του διαιτητικού μαγνησίου (Marx et. al, 1977). Συμπερασματικά θα λέγαμε πως το νερό είναι η καταλληλότερη πηγή ασβεστίου και μαγνησίου, σε σχέση με τα τρόφιμα, δεδομένου ότι όσο υψηλότερο και αν είναι το ποσοστό των ιχνοστοιχείων αυτών στις τροφές, τόσο χαμηλότερη είναι η απορρόφηση αυτών από τον οργανισμό (Bohmer et. al, 2000 Sabatier).

Θα πρέπει όμως να επισημανθεί ότι η υπερβολική κατανάλωση του μαγνησίου μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στην ομαλή λειτουργία του οργανισμού και γι αυτό και η ελληνική υγειονομική διάταξη παρουσιάζει κάποια επίπεδα τιμών (ενδεικτικό και ανώτατο) συγκέντρωσης του στοιχείου αυτού, μέσα στα οποία πρέπει να κυμαίνονται οι ποσότητες του στα διάφορα συσκευασμένα νερά. Για την χώρα μας το ενδεικτικό επίπεδο συγκέντρωσης μαγνησίου είναι 30mg/L και το ανώτατο 50mg/L. Επισημαίνεται ότι η υψηλή συγκέντρωση μαγνησίου έχει καθαρικό και διουρητικό αποτέλεσμα, ιδιαίτερα κατά τις πρώτες χρήσεις. (Καλλέργης 1986).

Σε ότι αφορά τον σίδηρο, συνήθως οι συγκεντρώσεις του στο πόσιμο νερό είναι μικρότερες των 0.3mg/L. Η πρόσληψη του σιδήρου που προέρχεται από το νερό είναι μικρότερη έναντι αυτής που προέρχεται από την τροφή. Στην χώρα μας το ανώτατο επιτρεπτό όριο παρουσίας του σιδήρου στο νερό που προορίζεται για κατανάλωση είναι 0.1mg/L = 100μg/l, ενώ στις Η.Π.Α. το επιτρεπτό όριο είναι τα 0.3 mg/L = 300μg/l. Η Ε.Ε. συγκαταλέγει τον σίδηρο στις παραμέτρους που αφορούν τις ανεπιθύμητες ουσίες και θεσπίζει σαν ενδεικτικό επίπεδο παρουσίας του στο πόσιμο νερό τα 50 μg/L, ενώ σαν ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση τα 200 μg/L. Παρόλα αυτά στα συσκευασμένα νερά που παρουσιάζονται στην παρούσα μελέτη το ιχνοστοιχείο αυτό είτε απουσιάζει (όπως προκύπτει από την αντίστοιχη χημική ανάλυση) είτε βρίσκεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα.

Τα ιόντα αμμωνίου ευρίσκονται χαμηλότερα των επιτρεπτών ορίων. Ο λόγος που μελετάται ιδιαίτερος είναι ότι αν και εκτιμάται ότι η παρουσία του στο πόσιμο νερό δεν παρουσιάζει ευθέως κανένα κίνδυνο για την υγεία, έχει αποδειχθεί ότι μπορεί προκαλέσει προβλήματα δυσάρεστης γεύσης στο νερό. Γι αυτό είναι ανάγκη να απομακρύνεται από το νερό που προορίζεται για κατανάλωση (εμφιαλωμένα νερά και νερά δικτύου ύδρευσης), με διάφορες τεχνικές. Τα πόσιμα ύδατα που περιέχουν ίχνη αμμωνίου πρέπει να ελέγχονται επισταμένα και συνήθως κρίνονται ακατάλληλα. Η Ε.Ε. συγκαταλέγει το αμμώνιο στις παραμέτρους που αφορούν τις ανεπιθύμητες ουσίες και θέτει σαν ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση για το πόσιμο νερό τα $0.5 \text{ mg/L} = 500 \mu\text{g/L NH}_4^+$, ενώ θεσπίζει σαν ενδεικτικό επίπεδο τα $0.05 \text{ mg/L} = 50 \mu\text{g/L NH}_4^+$. Στις Η.Π.Α. το αντίστοιχο επιτρεπτό όριο είναι τα 0.5 mg/L στα επιφανειακά ύδατα, ενώ το επιθυμητό όριο κυμαίνεται από $0.01 \text{ mg/L} = 10 \mu\text{g/L}$.

Το ποσό των φθοριούχων που λαμβάνεται στοματικώς (μέσω του πόσιμου νερού) σχεδόν ολοκληρωτικά απορροφάται από τον ανθρώπινο οργανισμό. Τα επίπεδα των ιόντων φθορίου στο πόσιμο νερό είναι πολύ παραπλήσια με αυτά που ανευρίσκονται στα πηγαία νερά. Τα επίπεδα αυτά συνήθως δεν ξεπερνούν το 1 mg/L , ανάλογα όμως με τον τύπο και την θέση (κατάσταση) της πηγής (προέλευση νερού), είναι δυνατόν να φθάσουν και τα 10 mg/L . Υποθέτοντας μια κατανάλωση νερού περίπου 2lt ημερησίως, η αντίστοιχη πρόσληψη φθοριούχων (ανά ημέρα) ανέρχεται μεταξύ 1.2 και 3.4 mg. Στην χώρα μας το ανώτατο επιτρεπτό όριο παρουσίας φθοριούχων στο πόσιμο νερό ανέρχεται στα 1.5 mg/L . Επίσης, 1.5 mg/L είναι το αντίστοιχο ανώτατο επιτρεπτό όριο στην πρώην Δ. Γερμανία. Η Ε.Ε. συγκαταλέγει το φθόριο στις παραμέτρους που αφορούν τις ανεπιθύμητες ουσίες και θεσπίζει σαν ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση τα $1500 \mu\text{g/L} = 1.5 \text{ mg/L}$ για θερμοκρασιακή περιοχή 8-12°C. Δηλαδή μπορεί να επισημανθεί το γεγονός ότι η ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση των φθοριούχων στο πόσιμο νερό ποικίλει, ανάλογα με την μέση θερμοκρασία της υπό εξέταση γεωγραφικής περιοχής. Επίσης και η WHO ορίζει τα 1.5 mg/L σαν το όριο παρουσίας των φθοριούχων στο πόσιμο νερό.

Η παρουσία των ιόντων φθορίου στο πόσιμο νερό έχει ιδιαίτερη σημασία αν και κατά καιρούς διατυπώθηκαν αντικρουόμενες απόψεις σχετικά με την επίδραση τους στην υγεία του ανθρώπου. Υπάρχει η άποψη ότι τέτοιου είδους ιόντα στο νερό προφυλάσσουν τα δόντια από τερηδόνα. Αυτός είναι και λόγος που κυκλοφορούν στο εμπόριο οδοντόπαστες που περιέχουν φθοριούχα προερχόμενα από την προσθήκη φθοριούχου νατρίου, ενώ σε μερικές πόλεις στο εξωτερικό φθοριώνουν το νερό.

Το φθόριο έχει μεγάλη υγειονομική σημασία διότι εάν βρίσκεται στα επιτρεπτά όρια συντελεί στην καλύτερη ανάπτυξη της αδαμαντίνης των δοντιών, στην παιδική κυρίως ηλικία, με αποτέλεσμα να περιορίζεται η απώλεια των δοντιών σε σημαντικό βαθμό (60-70%). Αντίθετα εάν υπάρχει υπέρβαση, τότε προσβάλλεται η αδαμαντίνη με στίγματα (κηλιδωτή αδαμαντίνη). Το φθόριο θεωρείται βασικό ιχνοστοιχείο για την ανάπτυξη του ανθρώπου, όταν αυτό λαμβάνεται σε μικρές δόσεις. Τα φθοριούχα ιόντα ελαττώνουν την διαλυτότητα του σμάλτου κάτω από όξινες συνθήκες και έτσι παρέχουν προστασία ενάντια στην τερηδόνα των δοντιών, τόσο στα παιδιά όσο και στους ενήλικους. Η ύπαρξη της τερηδόνας μειώνεται καθώς η συγκέντρωση των εν λόγω ιόντων αυξάνεται έως τα 1 mg/L περίπου, όταν όμως φθάσει στα $1.5-2.0 \text{ mg/L}$ μπορεί να συμβεί κηλίδωση του σμάλτου των δοντιών.

Σε ότι αφορά στη συγκέντρωση νιτρικών και νιτρώδων η Ε.Ε. συγκαταλέγει τα νιτρικά και τα νιτρώδη στις παραμέτρους που αφορούν τις ανεπιθύμητες ουσίες. Επιπλέον θεσπίζει ως ανώτατο επιτρεπτό όριο συγκέντρωσης για τα νιτρώδη: $0.1 \text{ mg/L} = 100 \mu\text{g/L}$ (για κατανάλωση 2lt νερού ημερησίως). Τα νιτρικά και τα νιτρώδη εξετάζονται μαζί εξαιτίας της μετατροπής από την μια μορφή στην άλλη που συμβαίνει στο περιβάλλον. Οι επιδράσεις των νιτρικών στην υγεία είναι γενικώς το αποτέλεσμα της εύκολης μετατροπής τους σε νιτρώδη ιόντα στο ανθρώπινο σώμα.

Πέρα από τις συγκεντρώσεις των στοιχείων και τις πιθανές μικρές ή μεγάλες αποκλίσεις από τα επιτρεπτά όρια, εκτιμάται ότι πολύ μεγαλύτερη σημασία θα πρέπει να επιδειχθεί στον τρόπο διακίνησης και αποθήκευσης του εμφιαλωμένου νερού, καθώς και στον χρόνο κατανάλωσής του.

Στον Πίνακα 2 δίνονται οι ιοντικές σχέσεις που χαρακτηρίζουν την υδροχημεία των εξετασθέντων εμφιαλωμένων νερών. Προκειμένου να γίνει σύγκριση των αναλογιών υπό τις οποίες κάθε ιόν συμμετέχει στο σχηματισμό χημικών ενώσεων, ως μονάδα μέτρησης λαμβάνεται το χιλιοστοϊσοδύναμο ($\text{mg/L} = \text{αντιστοιχεί στην ποσότητα των γραμμοϊσοδυνάμων του ιόντος που περιέχονται σε ποσότητα διαλύματος με όγκο ίσο με 1 λίτρο}$). Από την εξέταση των ιοντικών σχέσεων (Πίνακας 2) δίνονται επίσης χρήσιμα στοιχεία σχετικά με τις γεωλογικές συνθήκες που επικρατούν στην πηγή

προέλευσης. Από τα εν λόγω στοιχεία προκύπτει μια επικράτηση των ασβεστολιθικών υδροφόρων, καθώς στα περισσότερα δείγματα η σχέση Mg/Ca είναι μικρότερη του 0,7. Η σχέση (Ca+Mg)/(Na+K), η οποία σε όλα τα δείγματα υπερβαίνει το 1 δείχνει προέλευση δειγμάτων από περιοχές εμπλουτισμού των υδροφόρων. Η παρατήρηση αυτή επιβεβαιώνεται και από τη σχέση Na/K, η οποία σε όλα τα δείγματα βρίσκεται χαμηλότερα του 50. Η σχέση αυτή παρουσιάζει υψηλές τιμές μόνον για 4 δείγματα 9, 15, 18, 27.

Πίνακας 2. Ιοντικές Σχέσεις στα εμφιαλωμένα νερά που μελετήθηκαν

α/α	Mg/Ca	(Ca+Mg)/ (Na+K)	Na/K	(Na+K)/ Cl	Ca/Cl	SO ₄ /Cl	(Ca+Mg)/ HCO ₃	Mg/Si	Ca / Ολική σκληρότητα
1	0,06	14,16	13,18	1,06	14,11	0,40	1,08		1,01
2	7,25	13,22	13,61	0,75	1,20	0,00	1,41		0,11
3	0,03	23,22	9,99	0,78	17,55	0,31	1,04		0,97
4	0,16	8,75	18,93	1,20	9,05	0,81	1,05		0,86
5	22,33	12,92	28,07	0,82	0,45	0,19	1,04		0,04
6	0,96	14,04	17,44	0,99	7,09	0,82	1,21		0,51
7	0,28	21,44	3,86	0,93	15,55	1,98	1,38		0,78
8	0,04	39,16	10,97	0,83	31,41		1,04		0,96
9	0,64	11,75	43,38	0,94	6,72	0,39	1,07		0,61
10	0,04	39,16	10,97	0,83	31,41		1,04		0,96
11	0,14						1,28		0,88
12	0,01	45,95	4,47	0,45	20,23	0,20	1,05		0,99
13	0,71	3,82	26,27	1,15	2,56	0,80	1,22		0,58
14	0,44	5,76	24,72	1,09	4,33	0,80	1,15	4,03	0,70
15	0,45	1,95	45,37	0,74	1,00	0,13	1,40	3,57	0,70
16	0,44	5,03	28,47	1,24	4,33	0,80	1,15	4,03	0,70
17	0,23	8,01	13,43	1,17	7,63	2,09	1,32		0,84
18	0,61	6,18	40,67	1,03	3,96	1,24	1,22		0,62
19	0,22	33,76	5,95	1,44	39,72	4,05	1,11		0,82
20	0,16	19,67	6,95	2,79	47,19	0,81	1,26		0,86
21	0,28	65,24	4,84	1,69	85,97	87,60	4,72		0,78
22	0,51	24,13	8,51	1,91	30,66	1,64	1,00	4,39	0,66
23	1,11	14,38	10,98	4,27	29,06	1,21	1,00	4,50	0,48
24	0,48	2,31	10,21	1,02	1,59	0,59	1,35	0,46	0,68
25	0,36	13,95	2,53	4,24	43,50	20,94	1,46		0,74
26	0,63	7,54	5,27	2,21	10,22	1,83	1,08	2,01	0,61
27	0,73	7,06	41,25	0,87	3,53	0,20	1,09	5,54	0,58
28	0,15	16,55	20,41	1,70	24,50	3,66	1,25		0,87
29	0,08	91,95	4,37	0,80	67,83	61,18	5,42	3,12	0,92
30	0,37	5,66	28,61	0,97	3,98	0,45	1,09	2,39	0,73
31	0,88	8,56	13,61	0,75	3,39	0,40	1,10		0,53
32	0,01	65,80	6,50	0,45	29,02	0,24	1,06		0,99
33	0,42	3,40	23,39	1,36	3,27	0,40	0,56		0,71

Από τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την εξέταση των εμφιαλωμένων νερών εύλογα μπορεί να τεθεί το ερώτημα κατά πόσον οι ετικέτες των εμφιαλωμένων νερών λένε την αλήθεια. Η απάντηση στο ερώτημα αυτό είναι ότι τα εμφιαλωμένα νερά είναι στην πραγματικότητα ένα από τα ρυθμισμένα τρόφιμα. Τα τμήματα δημόσιας υγείας κάθε χώρας καθώς και ο Διεθνής Οργανισμός Ελέγχου φαρμάκων και τροφίμων (FDA), επιτηρούν την συσκευασία και το μαρκάρισμα των εμφιαλωμένων υδάτων. Επιπλέον ρυθμίζουν δηλώσεις στις ετικέτες και απαγορεύουν εκείνες που θα μπορούσαν να είναι παραπλανητικές για το καταναλωτικό κοινό. Ήδη από το 1924 το ανώτατο δικαστήριο διέταξε ότι τα τρόφιμα και ο νόμος των φαρμάκων καταδικάζουν κάθε δήλωση που μπορεί να παραπλανήσει ή να εξαπατήσει. Έτσι ο καταναλωτής μπορεί να είναι σίγουρος για την αξιοπιστία των ετικετών και να τις συμβουλευτεί ανεπιφύλακτα, με σκοπό την καλύτερη δυνατή εξυπηρέτηση των δικών του ιδιαίτερων αναγκών.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Αναγνωστόπουλος Α. Σύγχρονη Ανόργανη Χημεία - Ειδικά Κεφάλαια. 2^{ος} τόμος, Θεσσαλονίκη 1990.
- Βαλαώρας Β. Περιβάλλον και Υγεία. Ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα 1977.
- Βασιλικιώτη Γ. Χημεία Περιβάλλοντος. Θεσσαλονίκη 1981
- Καλλέργης Γ. Εφαρμοσμένη Υδρογεωλογία. Αθήνα 1986
- Κοΰμτζή Θ. Χημεία Περιβάλλοντος. Θεσσαλονίκη 1989
- Μαρκαντωνάτος Γ. Στοιχεία Υγιεινής Περιβάλλοντος και Υγειονομικής Μηχανικής. Αθήνα 1984
- Πανελλήνιος Σύλλογος Χημικών Μηχανικών - Ε.Υ.Δ.Α.Π. - Σύλλογος Υγειονολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Τεχνολογίας Περιβάλλοντος. Τριήμερη Συνάντηση για το Πόσιμο Νερό. Αθήνα 7,8,9, Φεβρουαρίου 1989.
- Σταυράκη Π., Δημητριάδης Α. Η Γεωχημική Προσέγγιση στην Ανεπάρκεια - Υπερεπάρκεια και Ρύπανση των Ιχθυοστοιχείων στο Έδαφος. Συνέδριο "Περιβαλλοντική Επιστήμη και Τεχνολογία". Μυτιλήνη 1989 Ι.Γ.Μ.Ε.
- Φλωράς Χ. Χαρακτηριστικά των Πόσιμων Υδάτων. Πανεπιστήμιο Αιγαίου - ΙΓ.Μ.Ε., Χημικά Τοξικά στο Περιβάλλον, Σεπτέμβριος 1990.
- Mart G. Μετάφραση Παπαδοπούλου Ν., Προστασία του Περιβάλλοντος>>, Αθήνα 1984.
- Φ.Ε.Κ.(αρ.φύλλου: 53 Αθήνα 20/02/1986 και αρ.φύλλου 892 Αθήνα 11/07/2001), "Ποιότητα του Πόσιμου Νερού σε Συμμόρφωση προς την 80/778 Οδηγία του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων της 15/7/80". "Ποιότητα του Νερού Ανθρώπινης Κατανάλωσης προς την Οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 3^{ης} Νοεμβρίου 1998". Κοινή Υπουργική Απόφαση Υ2/2600/2001.
- Aitio A. Trace Elements in Health and Disease. Cloth Royal Soc. Of Chemistry, Jan.1991.
- Dr. Allen E. Banik, with Carlson Wade. Your Water and Your Health. Keats Publishing, Inc., U.S.A., revised ed. 1990.
- Amavis R., Hunter W., Smeets J. Hardness of Drinking Water and Public Health. Proceedings of the European Scientific Colloquium, Luxembourg, May 1975.
- American Chemical Society. Trace Inorganics in Water. Washington 1998.
- World Health Organization (WHO). Guidelines for Drinking Water- Water Quality. Genova 1984, Reprinted 1988, 1992.
- Ηλεκτρονικές διευθύνσεις:
www.bottledwaterw.com
www.chemicalelements.com
www.water.com
www.mineralwater.com
www.oneadv.gr
www.iatrikionkine.gr
www.medeis.gr

ABSTRACT

EVALUATION OF BOTTLED WATER QUALITY

Fotiou E. and Kolovos N.

*Department of Geotechnology and Environment, Technical University of West Macedonia Kozani
Gr-50100, nestor@kozani.org*

The investigation and the evaluation of the bottled water parameters and their relation to the human health is the main target of this paper. Thirty three samples of bottled water were investigated and the quality parameters were compared according to the standards introduced by EC (instruction 80/778 - 15/07/80) of the drinking water. The physicochemical parameters include pH, conductivity, Cl, SO₄, SiO₂, Ca, Mg, Na, K, F, total hardness and alkalinity.