

3

Ποιοτικά Χαρακτηριστικά Νερού

3.1 Τυπικά συστατικά φυσικών υδατικών πόρων

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των φυσικών νερών διαχωρίζονται σε φυσικά, χημικά και βιολογικά. Τα χημικά χαρακτηριστικά μπορούν επιπλέον να ταξινομηθούν σε ανόργανα και οργανικά. Τα κυριότερα ανόργανα συστατικά φυσικών νερών δίνονται στον Πίνακα 3.1. Εκτός από τα επικρατέστερα ανόργανα συστατικά, επίσης, είναι δυνατόν να βρεθεί στα φυσικά νερά σχεδόν κάθε στοιχείο του περιοδικού πίνακα (βλέπε Παράρτημα Ι) σε πάρα πολύ μικρές συγκεντρώσεις (ιχνοστοιχεία), εξαιτίας ορισμένων γεωλογικών στρωμάτων του εδάφους με τα οποία το νερό έρχεται σε επαφή και βιομηχανικής ή γεωργικής ρύπανσης (Ferro and Nyer, 2007). Τα οργανικά συστατικά των φυσικών νερών προέρχονται από την αποσύνθεση φυτικής και ζωικής ύλης και διάφορες συνθετικές ουσίες όπως τα κοινά διαλυτικά, απορρυπαντικά, εντομοκτόνα και μυκητοκτόνα. Επίσης, στο νερό μπορούν να βρεθούν οργανικά χημικά που δημιουργούνται κατά την επεξεργασία και μεταφορά του νερού, όπως διάφορα παραπροϊόντα που δημιουργούνται κατά την απολύμανση του νερού με χλώριο (π.χ. τριχλωρομεθάνιο ή χλωροφόρμιο, CHCl_3 , διχλωροβρωμομεθάνιο CHCl_2Br , διβρωμοχλωρομεθάνιο, CHBr_2Cl , τριβρωμομεθάνιο ή βρωμοφόρμιο, CHBr_3 , διχλωρο-οξεικό οξύ, CHCl_2COOH , τριχλωρο-οξεικό οξύ, CCl_3COOH).

Πίνακας 3.1: Ανόργανα τυπικά συστατικά φυσικών νερών

Κατιόντα	Ανιόντα	Ουδέτερα
Ασβέστιο	Ca ²⁺	Δισανθρακικά (Υδρογονοανθρακικά)
Μαγνήσιο	Mg ²⁺	Θειικά
Νάτριο	Na ⁺	Χλωρίοντα
Κάλιο	K ⁺	Νιτρικά
Μαγγάνιο	Mn ²⁺	Φωσφορικά
Μόλυβδος	Pb ²⁺	Φθοριόντα
Χαλκός	Cu ²⁺	
Σίδηρος,	Fe ²⁺	

Η ραδιενέργεια στα φυσικά νερά είναι πιθανόν να οφείλεται σε φυσικά αίτια ή και σε ανθρωπογενείς λόγους. Η φυσική ραδιενέργεια οφείλεται σε διάφορα ραδιενεργά στοιχεία που βρίσκονται στα πετρώματα του υπεδάφους ή από στοιχεία που σχηματίζονται από το βομβαρδισμό της ατμόσφαιρας με κοσμική ακτινοβολία. Τα ραδιενεργά ισότοπα διασπώνται ελευθερώνοντας ενέργεια σε μορφή ακτινοβολίας τύπου άλφα ή βήτα ή γάμα. Η ακτινοβολία άλφα αποτελείται από θετικά φορτισμένα ιόντα τα οποία κινούνται με μεγάλες ταχύτητες ($>10^6$ m/s). Η ακτινοβολία βήτα αποτελείται από ηλεκτρόνια τα οποία κινούνται σε ταχύτητες φωτός. Η ακτινοβολία γάμα αποτελείται από ηλεκτρομαγνητικά κύματα με μεγάλη διεισδυτική ικανότητα. Η ακτινοβολία άλφα είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη για τον άνθρωπο (Coppoly, 1978). Τα πιο συνηθέστερα ραδιενεργά ισότοπα που υπάρχουν στο νερό είναι το τρίτιο, ³H, άνθρακας-14, ¹⁴C και το κάλιο-40, ⁴⁰K. Επίσης, μπορεί να υπάρχουν και τα ραδιενεργά ισότοπα ουράνιο-238, ²³⁸U, ουράνιο-235, ²³⁵U, θόριο-232, ²³²Th, καθώς και τα προϊόντα διάσπασής τους το ράδιο-228, ²²⁸Ra, και το ράδιο-226, ²²⁶Ra, ή και τα σπανιότερα φυσικά ραδιενεργά ισότοπα πολώνιο-210, ²¹⁰Po, και ρουβίδιο-87, ⁸⁷Rb, τα οποία εμφανίζονται εξαιτίας ορισμένων ιδιαίτερων πετρωμάτων. Το τρίτιο είναι ραδιενεργό ισότοπο του υδρογόνου, με περίοδο ημιζωής 12,43 χρόνια. Παράγεται κατά την επίδραση της κοσμικής ακτινοβολίας με το ατμοσφαιρικό οξυγόνο και υδρογόνο, οπότε δημιουργούνται μόρια νερού με ³H αντί για ²H. Στη συνέχεια το ³H φτάνει στο έδαφος με τη βροχή και καταλήγει στους υδροφόρους ορίζοντες. Επίσης ο ¹⁴C είναι φυσικό ραδιενεργό ισότοπο του άνθρακα, με περίοδο ημιζωής 5730 χρόνια. Δημιουργείται στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας μετά την αλληλεπίδραση των κοσμικών ακτίνων με το ατμοσφαιρικό άζωτο. Στη συνέχεια ο ¹⁴C οξειδώνεται σε διοξείδιο του άνθρακα και διαχέεται στην ατμόσφαιρα, από όπου τελικά και καταλήγει στο νερό. Το ⁴⁰K προέρχεται από διάφορα πετρώματα ραδιενεργών υλικών στο έδαφος. Η περίοδος ημιζωής του ⁴⁰K είναι 1,4 δισεκατομ-

μύρια χρόνια. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η ραδιενέργεια μετράται σε μονάδες κιουρί (Ci), όπου 1 Ci αντιστοιχεί σε $3,7 \times 10^{10}$ πυρηνικές μετατροπές ανά δευτερόλεπτο. Επίσης, χρησιμοποιούνται και οι μονάδες δόσης ακτινοβολίας, rem (roentgen-equivalent-man), οι οποίες εκφράζουν τις βιολογικές επιδράσεις στον άνθρωπο εξαιτίας της ακτινοβολίας, ανεξάρτητα από τον τύπου ακτινοβολίας, οι οποίες ισοδυναμούν με αυτές που δημιουργούνται από μια μονάδα ραίντγκεν (roentgen) ακτίνων X (Sawyer et al., 2003, p. 385).

Οι μικροοργανισμοί που είναι δυνατόν να υπάρχουν στο νερό είναι διάφορα βακτήρια (π.χ. *Salmonella*, *Shigella*, *Legionella*, *Campylobacter jejuni*, *E.coli*, *Versinia enterocolitica*, *Vibrio cholerae*, *mycobacterium*), ιοί (π.χ. Hepatitis A, Norwalk, Rotaviruses, Polioviruses, Reoviruses, Coxsackieviruses, Adenoviruses) και πρωτόζωα (π.χ. *Cryptosporidium*, *Giardia lamblia*, *Balantidium coli*, *Nagleria frowleri*). Τα βακτήρια είναι μια μεγάλη κατηγορία μονοκυτταρικών μικροοργανισμών οι οποίοι εμφανίζουν μεταξύ τους μεγάλες μορφολογικές και φυσιολογικές διαφορές. Το με μέγεθός τους είναι μεταξύ 0,2 και 5 μm. Η αναπαραγωγή τους γίνεται με δυαδική διάσπαση και τρέφονται κυρίως με οργανική διαλυτή τροφή. Οι ιοί δεν είναι κύτταρα, αλλά σωματίδια (ισσωματίδια, virions) τα οποία αποτελούνται από νουκλεϊκό οξύ (DNA ή RNA) και περιβάλλονται από πρωτεϊνικό μανδύα που ονομάζεται καψίδιο (capsid). Το μέγεθος των ιών είναι μεταξύ 10 και 400 nm. Οι ιοί αναπαράγονται μόνο μέσα σε ζωντανά κύτταρα. Όταν ο ιός δε βρίσκεται μέσα σε κύτταρο-ξενιστή, συμπεριφέρεται σαν ένα αδρανές σωματίδιο (Αγγελής, 2007). Εξαιτίας του μικρού τους μεγέθους οι ιοί δεν απομακρύνονται εύκολα από το νερό. Τα πρωτόζωα είναι μονοκυτταρικοί οργανισμοί οι οποίοι μέσω διάφορων μηχανισμών είναι ικανά να κινούνται. Το μέγεθός τους είναι μεταξύ 10 και 100 μm. Η αναπαραγωγή τους γίνεται με δυαδική διάσπαση και τρέφονται κυρίως με βακτήρια. Τα πρωτόζωα διαιρούνται σε δύο κατηγορίες: (α) τα μαστιγοφόρα τα οποία έχουν μαστίγια για να κινούνται και (β) τα βλεφαριδωτά τα οποία έχουν μικρές κεραίες για να κινούνται (Pollard and Earnshaw, 2002). Εξαιτίας του μεγάλου μεγέθους τους, τα πρωτόζωα απομακρύνονται σχετικά εύκολα από το νερό.

3.2 Εφαρμογή ηλεκτρικής ουδετερότητας

Βάσει της αρχής της ηλεκτρικής ουδετερότητας, στα νερά, το άθροισμα των θετικών φορτίων πρέπει πάντα να ισούται με το άθροισμα των αρνητικών φορτίων:

$$\sum[\text{Κατιόντα (meq/L)}] = \sum[\text{Ανιόντα (meq/L)}] \quad (3.1)$$

Αντίστοιχα, το άθροισμα των χιλιοστογραμμοισοδύναμων (milliequivalents, meq) των κατιόντων πρέπει να ισούται με το άθροισμα των χιλιοστογραμμοισοδύναμων των ανιόντων. Συνεπώς, η ανάλυση ενός υδατικού διαλύματος

μπορεί να ελεγχθεί με τον υπολογισμό των δυο αθροισμάτων, η διαφορά των οποίων δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 5%. Τα κριτήρια αποδοχής της διαφοράς μεταξύ των δυο αθροισμάτων δίνονται στον Πίνακα 3.2 (Standard Methods, 1998, p.1-21).

Πίνακας 3.2: Τυπικά κριτήρια αποδοχής σφάλματος ηλεκτρικής ουδετερότητας

Αθροισμα ιόντων (meq/L)	Αποδεχτή διαφορά
0 - 3,0	± 0,2 meq/L
3,0 - 10,0	± 0,2%
10,0 - 800	± 5%

Παράδειγμα 3.1

Τα αποτελέσματα χημικής ανάλυσης ενός δείγματος υπόγειου νερού δίνονται στον Πίνακα Π3.1.

Πίνακας Π3.1: Αποτελέσματα χημικής ανάλυσης

Κατιόντα	(mg/L)	Ανιόντα	(mg/L)	Ουδέτερα	(mg/L)
Ασβέστιο, Ca ²⁺	1,0	Δισανθρακικά, HCO ₃ ⁻	1315	Διοξείδιο του πυριτίου, SiO ₂	40
Μαγνήσιο, Mg ²⁺	1,0	Θειικά, SO ₄ ²⁻	59		
Νάτριο, Na ⁺	550,0	Χλωριόντα, Cl ⁻	45		
Κάλιο, K ⁺	3,5	Φθοριόντα, F ⁻	0,25		
Σίδηρος, Fe ²⁺	8,7				

Χρησιμοποιώντας την αρχή της ηλεκτρικής ουδετερότητας ζητείται να ελεγχθεί κατά πόσον ακριβής είναι η ανάλυση του δείγματος.

Λύση:

Μετατρέπουμε τις συγκεντρώσεις από mg/L σε meq/L και υπολογίζουμε το άθροισμα των κατιόντων (βλέπε Πίνακα Π3.1α) και ανιόντων (βλέπε Πίνακα Π3.1β). Τα τυπικά βάρη των ιόντων ισοδυναμούν με τα ατομικά τους βάρη, τα οποία δίνονται στον Περιοδικό Πίνακα (Παράρτημα Πίνακας Π1.2).

Πίνακας Π3.1α: Άθροισμα κατιόντων

Κατιόντα	(mg/L)	Τυπικό βάρος	Σθένος	Ισοδύναμο Βάρος (I.B.)	(meq/L)
Ca ²⁺	1,0	40,08	2	20,04	0,05
Mg ²⁺	1,0	24,30	2	12,15	0,08
Na ⁺	550,0	22,99	1	22,99	23,92
K ⁺	3,5	39,10	1	39,10	0,09
Fe ²⁺	8,7	55,85	2	27,92	0,31
Άθροισμα κατιόντων					24,45

Πίνακας Π3.1β: Άθροισμα ανιόντων

Ανιόντα	(mg/L)	Τυπικό βάρος	Σθένος	Ισοδύναμο Βάρος (I.B.)	(meq/L)
HCO ₃ ⁻	1315	61,02	1	61,02	21,55
SO ₄ ²⁻	59	96,07	2	48,03	1,23
Cl ⁻	45	35,45	1	35,45	1,27
F ⁻	0,25	19,00	1	19,00	0,01
Άθροισμα ανιόντων					24,06

Το άθροισμα των κατιόντων είναι μεγαλύτερο από το άθροισμα των ανιόντων κατά 24,45-24,06=0,39 meq/L ή περίπου 1,6% το οποίο είναι μικρότερο του 5%. Ως εκ τούτου η ανάλυση θεωρείται σωστή.

Παράδειγμα 3.2

Τα αποτελέσματα χημικής ανάλυσης ενός δείγματος επιφανειακού νερού δίνονται στον Πίνακα Π3.2.

Πίνακας Π3.2: Αποτελέσματα χημικής ανάλυσης

Κατιόντα	(mg/L)	Ανιόντα	(mg/L)
Νάτριο, Na ⁺	41	Χλωριόντα, Cl ⁻	58
Ασβέστιο, Ca ²⁺	Άγνωστο	Νιτρικά, NO ₃ ⁻	94
Μαγνήσιο, Mg ²⁺	30	Θειικά, SO ₄ ²⁻	76
Στρόντιο, Sr ²⁺	3		

Ζητείται να βρεθεί η συγκέντρωση του ασβεστίου (mg/L) σε αυτό το δείγμα νερού.

Λύση:

Μετατρέπουμε τις συγκεντρώσεις από mg/L σε meq/L. Για τα τυπικά βάρη των ιόντων χρησιμοποιούμε τον Περιοδικό Πίνακα (Παράρτημα Πίνακας Π1.2).

Πίνακας Π3.2α: Άθροισμα κατιόντων

Κατιόντα	(mg/L)	Τυπικό βάρος	Σθένος	Ισοδύναμο Βάρος (I.B.)	(meq/L)
Na ⁺	41	22,99	1	22,99	1,78
Ca ²⁺	Άγνωστο	40,08	2	20,04	Άγνωστο
Mg ²⁺	30	24,30	2	12,15	2,47
Sr ²⁺	3	87,62	2	43,81	0,07
Άθροισμα κατιόντων					4,32+Ca²⁺

Πίνακας Π3.2B: Άθροισμα ανιόντων

Ανιόντα	(mg/L)	Τυπικό βάρος	Σθένος	Ισοδύναμο Βάρος (I.B.)	(meq/L)
Cl ⁻	58	35,45	1	35,45	1,64
NO ₃ ⁻	94	62,01	1	62,01	1,52
SO ₄ ²⁻	76	96,07	2	48,03	1,58
Άθροισμα ανιόντων					4,74

Από την αρχή της ηλεκτρικής ουδετερότητας γνωρίζουμε ότι το άθροισμα των κατιόντων πρέπει να ισούται με το άθροισμα των ανιόντων:

$$\sum[\text{Κατιόντα (meq/L)}] = \sum[\text{Ανιόντα (meq/L)}]$$

$$\Rightarrow [\text{Ca}^{2+}] = 4,74 - 4,32 = 0,42 \text{ meq/L}$$

$$\Rightarrow [\text{Ca}^{2+}] = (0,42 \text{ meq/L})(20,04 \text{ mg/meq})$$

$$\Rightarrow [\text{Ca}^{2+}] = 8,42 \text{ mg/L} \quad \bullet$$

3.5 Σκληρότητα (hardness)

Το άθροισμα των δισθενών κατιόντων, όπως το ασβέστιο και το μαγνήσιο, προκαλεί σκληρότητα στο νερό. Τα πολυσθενή κατιόντα που υπάρχουν στο νερό αντιδρούν με το περιεχόμενο στεατικό οξύ του σαπουνιού σχηματίζοντας δυσδιάλυτα άλατα τα οποία δεν επιτρέπουν τη δημιουργία καλού αφρού στο πλύσιμο. Ως εκ τούτου το σαπούνι δεν επιδρά επαρκώς στην απομάκρυνση των ρύπων από τα ρούχα αλλά σπαταλάται στη δημιουργία δυσδιάλυτων αλάτων, με αποτέλεσμα την αυξημένη κατανάλωση σαπουνιού. Επίσης, τα νερά με μεγάλες συγκεντρώσεις ασβεστίου δημιουργούν ένα ίζημα ανθρακικού ασβεστίου όταν βράσουν. Το ίζημα αυτό παρατηρείται συνήθως στα οικιακά σκεύη (π.χ. κατσαρόλες) και στους σωλήνες ζεστού νερού. Το διαλυτό στο νερό ανθρακικό ασβέστιο στη μορφή του όξινου ανθρακικού ασβεστίου, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, σε μεγάλες θερμοκρασίες μετατρέπεται σε ίζημα ανθρακικού ασβεστίου, CaCO_3 .

Η σκληρότητα οφείλεται σε όλα τα δισθενή κατιόντα που τυχόν περιέχει το νερό. Σε σημαντικές συγκεντρώσεις στα φυσικά νερά είναι συνήθως μόνο τα Ca^{2+} και Mg^{2+} . Επομένως, εάν δεν υπάρχουν άλλα δισθενή κατιόντα, η *ολική σκληρότητα* του νερού θεωρείται ότι προκαλείται μόνο από την παρουσία των δύο αυτών κατιόντων. Η ολική σκληρότητα του νερού εκφράζεται σε mg/L ισοδύναμου CaCO_3 ως εξής:

$$\text{Ολική Σκληρότητα (mg/L CaCO}_3) = 2,50 [\text{Ca}^{2+}] + 4,12 [\text{Mg}^{2+}] \quad (3.9)$$

όπου

$$\begin{aligned} \text{Σκληρότητα Ca}^{2+} \text{ (mg/L CaCO}_3) &= [\text{Ca}^{2+}] \frac{(\text{I.B. CaCO}_3)}{(\text{I.B. Ca}^{2+})} \\ &= 2,50 [\text{Ca}^{2+}] \end{aligned} \quad (3.10)$$

$$\begin{aligned} \text{Σκληρότητα Mg}^{2+} \text{ (mg/L CaCO}_3) &= [\text{Mg}^{2+}] \frac{(\text{I.B. CaCO}_3)}{(\text{I.B. Mg}^{2+})} \\ &= 4,12 [\text{Mg}^{2+}] \end{aligned} \quad (3.11)$$

$$\text{I.B. Ca}^{2+} = \frac{40,08 \text{ g/mol}}{2 \text{ eq/mol}} = 20,04 \frac{\text{g}}{\text{eq}} \quad (3.12)$$

$$\text{I.B. Mg}^{2+} = \frac{24,31 \text{ g/mol}}{2 \text{ eq/mol}} = 12,15 \frac{\text{g}}{\text{eq}} \quad (3.13)$$

$$\text{I.B. CaCO}_3 = \frac{100,08 \text{ g/mol}}{2 \text{ eq/mol}} = 50,04 \frac{\text{g}}{\text{eq}} \quad (3.14)$$

Γενικά, για κάθε ιόν ($X^{+/-}$) η συγκέντρωσή του στο νερό σε mg/L ισοδύναμου CaCO_3 υπολογίζεται ως εξής:

$$X^{+/-} \text{ (mg/L CaCO}_3\text{)} = [M^{+/-}] \frac{50,04 \text{ g/eq}}{\text{(I.B. } X^{+/-}\text{)}} \quad (3.15)$$

Η ολική σκληρότητα (ΟΣ) υποδιαιρείται σε δύο κατηγορίες: την ανθρακική σκληρότητα και τη μη ανθρακική σκληρότητα. Η ανθρακική σκληρότητα, η οποία ονομάζεται και *παροδική σκληρότητα* (ΠΣ), οφείλεται στη συγκέντρωση των ιόντων ασβεστίου και μαγνήσιου τα οποία είναι συνδεδεμένα με ανθρακικά ανιόντα (HCO_3^-). Δηλαδή, η παροδική σκληρότητα οφείλεται στα ευδιάλυτα όξινα ανθρακικά άλατα ασβεστίου, $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, και μαγνήσιου, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$. Η παροδική σκληρότητα εξαφανίζεται (κατακρημνίζεται) εάν βράσουμε το νερό, ή με την προσθήκη οξειδίου του ασβεστίου (lime) ή/και ανθρακικού νατρίου (σόδα) γιατί δημιουργούνται ιζήματα ασβεστίου και μαγνήσιου. Η μη ανθρακική σκληρότητα, η οποία ονομάζεται και *μόνιμη σκληρότητα* (ΜΣ), όταν υπάρχει, οφείλεται στα χλωριούχα, θειικά, νιτρικά και πυριτικά άλατα ασβεστίου και μαγνήσιου. Δηλαδή οφείλεται στη συγκέντρωση των ιόντων ασβεστίου και μαγνήσιου τα οποία δεν είναι συνδεδεμένα με ανθρακικά ανιόντα. Η μόνιμη σκληρότητα δεν κατακρημνίζεται όταν θερμαίνεται το νερό. Επομένως, μπορούμε να γράψουμε τη σχέση:

$$\text{(ΟΣ)} = \text{(ΠΣ)} + \text{(ΜΣ)} \quad (3.16)$$

Η παροδική σκληρότητα είναι ίση με τη δισανθρακική σκληρότητα, εφόσον η δισανθρακική σκληρότητα είναι μικρότερη ή ίση της ολικής σκληρότητας. Εάν η δισανθρακική σκληρότητα είναι μεγαλύτερη της ολικής σκληρότητας, τότε η παροδική σκληρότητα είναι ίση με την ολική σκληρότητα και η μόνιμη σκληρότητα είναι μηδενική.

Η σκληρότητα, εκτός από mg/L CaCO_3 , μετριέται και με πολλές άλλες διαφορετικές μονάδες, όπως είναι οι αγγλικοί, γαλλικοί, και γερμανικοί βαθμοί. Η αντιστοιχία μεταξύ των διαφόρων μονάδων μέτρησης της σκληρότητας του νερού παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.3 (π.χ., ένας γαλλικός βαθμός ισοδυναμεί με 10 mg/L CaCO_3 , ένας αγγλικός βαθμός ισοδυναμεί με 0,80 γερμανικούς βαθμούς). Στον Πίνακα 3.4 κατατάσσονται τα φυσικά νερά σύμφωνα με τη σκληρότητα τους σε κατηγορίες: μαλακά, μέτρια, σκληρά, και πολύ σκληρά (Λέκας, 1996).

Πίνακας 3.3: Αντιστοιχίες διαφόρων μονάδων μέτρησης σκληρότητας

	Γαλλικός βαθμός	Αγγλικός βαθμός	Γερμανικός βαθμός	mg/L CaCO_3
Γαλλικός βαθμός	1	0,70	0,56	10
Αγγλικός βαθμός	1,429	1	0,80	14,29
Γερμανικός βαθμός	1,786	1,25	1	17,86
mg/L CaCO_3	0,1	0,070	0,056	1

Πίνακας 3.4: Κατηγορίες νερών λόγω σκληρότητας*

Ονομασία κατάταξης νερών	Ολική σκληρότητα (mg/L CaCO_3)
Μαλακά	0-75
Μέτρια	75-150
Σκληρά	150-300
Πολύ σκληρά	> 300

*Πηγή: Sawyer et al. (2003, p.564)

Μολονότι πολλοί έχουν υποστηρίξει ότι τα σκληρά νερά μπορεί να συνεισφέρουν σε διάφορες ασθένειες (π.χ. καρδιοπάθειες, κολικούς), τα αποτελέσματά αυτά είναι αβέβαια. Ως εκ τούτου στις ΗΠΑ δεν υπάρχουν ενδεικτικά όρια για τη σκληρότητα του νερού. Στην Ελλάδα προτείνεται ανώτατο όριο τα 350 mg/L CaCO_3 , επίσης η ελάχιστη απαιτούμενη σκληρότητα σε νερά που έχουν υποστεί αποσκληρυνση είναι 60 mg/L CaCO_3 (ΦΕΚ – 379 Β'/86).