

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....	1
2. Εισαγωγικές έννοιες.....	1
3. Το pH.....	3
4. Η Σκληρότητα.....	5
5. Απολύμανση του νερού.....	7
6. Το πρόβλημα των οργανικών επιβαρύνσεων και της οσμής χλωρίου.....	8
7. Τα χημικά της απολύμανσης.....	9
8. Η ανάγκη χρήσης σταθεροποιητή χλωρίου.....	12
9. Αντιμετώπιση των άλγεων.....	13
10. Θολρότητα και αντιμετώπισή της με κροκκιδωτικά.....	15
11. Το πρόβλημα του χρωματισμένου νερού.....	16
12. Ερεθισμοί στα μάτια των κολυμβητών.....	18
13. Η οξείδωση των οργανικών και ο ρόλος του ενεργού Οξυγόνου.....	18
14. Βιβλιογραφία.....	20

1. Εισαγωγή

Αν αναλογιστεί κανείς τις διεργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά τη λειτουργία και τη συντήρηση της πισίνας, θα θεωρήσει το εν λόγω κομμάτι μονότονο και τεχνοκρατικό. Η λειτουργία και η συντήρηση της πισίνας, αποτελεί μια πολύπλοκη και δαπανηρή συνάμα διαδικασία, πίσω από την οποία όμως κρύβεται *μεγάλη δόση Χημείας*. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση από τη σκοπιά της Χημείας, των εν λόγω διεργασιών, και η εξήγησή τους με τρόπο που θα καταστήσει το μάθημα εφαρμόσιμο και συνυφασμένο με την καθημερινή ζωή. Έτσι η εξέταση του θέματος αποτελεί διαθεματική προέκταση στα πλαίσια του μαθήματος της Χημείας, αγγίζοντας έτσι την ύλη όλων των τάξεων της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

2. Εισαγωγικές έννοιες

Με μια γρήγορη ματιά, η συντήρηση της πισίνας περιλαμβάνει διεργασίες:

- Απολύμανσης για προστασία από μικρόβια και μικροοργανισμούς,
- Κροκίδωσης για την καταβύθιση και απομάκρυνση της αιωρούμενης ύλης όπως λάδια σκόνες κλπ.
- Ρύθμισης του pH στην επιθυμητή περιοχή, και συνάμα μέτρησής του κατά τακτά χρονικά διαστήματα, με τη βοήθεια ειδικών συσκευών (test kit) η λειτουργία των οποίων στηρίζεται στους δείκτες,
- Οξειδωσης για την απομάκρυνση ανεπιθύμητων οργανικών ενώσεων, και
- Χρήσης χημικών για την καταπολέμηση των άλγεων.

Μία πισίνα αποτελείται συνήθως από:

- Μία δεξαμενή ορισμένης χωρητικότητας
- Μία βαλβίδα νερού
- Ένα ή περισσότερα σημεία υπερχείλισης (skimmer), από τα οποία λαμβάνεται το νερό της δεξαμενής και με τη βοήθεια μιας αντλίας ανακυκλώνεται μέσω ενός ή περισσότερων φίλτρων
- Ένα σύστημα θέρμανσης (εναλλάκτης θερμότητας) για να αυξάνεται η θερμοκρασία του νερού, όταν ο καιρός είναι κρύος
- Αντλία
- Ένα ή περισσότερα φίλτρα

Το νερό της πισίνας πρέπει να βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας - δηλαδή να μην ευνοεί ούτε διαβρωτικές τάσεις, ούτε επικαθίσεις αλάτων - και να έχει δεδομένα φυσικά, χημικά και μικροβιολογικά χαρακτηριστικά. Για να έχουν αυτά τα χαρακτηριστικά τις ιδανικές τιμές πρέπει να ελέγχεται:

- i) Η σκληρότητα
- ii) Το pH

Ισορροπία Νερού είναι ένας όρος, που περιγράφει την επίδραση του pH, της Ολικής Αλκαλικότητας, της Σκληρότητας ασβεστίου και της μεταξύ τους σχέσης, στη συμπεριφορά του νερού, στις συσκευές και στα μηχανήματα της πισίνας, αλλά και στην ποιότητα του ίδιου του νερού.

3. Το pH

α) Γενικά.

Όσον αφορά το pH του νερού της πισίνας, η θεωρία και η πράξη έχουν δείξει ότι πρέπει να διατηρείται στην περιοχή 7,2 – 7,6 (ιδανική περιοχή). Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται:

- Προστασία των εγκαταστάσεων από εναποθέσεις αλάτων
- Απολύμανση με άριστα αποτελέσματα
- Ελάχιστος ερεθισμός στα μάτια.

Σε πολλές όμως περιπτώσεις το pH του νερού σε μία κολυμβητική δεξαμενή μεταβάλλεται. Αυτό μπορεί να συμβεί είτε λόγω αύξησης του οργανικού φορτίου λόγω του μεγάλου αριθμού λουομένων, είτε λόγω απορρόφησης CO₂ από την ατμόσφαιρα. Τα πλέον συνηθισμένα προβλήματα που προκαλεί η ακατάλληλη ρύθμιση του pH είναι:

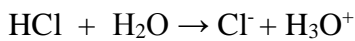
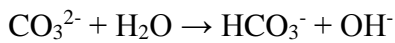
Για pH<7,2:

- Διαβρώσεις
- Ερεθισμοί
- Υπερβολική χρήση απολυμαντικού(Χλωρίου)

Για pH>7,6:

- Επικαθίσεις
- Θολερότητα
- Αποδυνάμωση απολυμαντικού
- Ερεθισμούς

Η διόρθωση του pH και η επαναφορά του στη σωστή περιοχή γίνεται συνήθως με ανθρακικό Νάτριο (ανθρακική σόδα) Na₂CO₃ προκειμένου για αύξηση του pH και με όξινο θειϊκό Νάτριο (Διθειϊκό Νάτριο) ή Υδροχλωρικό οξύ προκειμένου για μείωση pH.



Οι ποσότητες που συνήθως απαιτούνται έχουν ως εξής:

- 600 gr Na₂CO₃ σε 100m³ νερού αυξάνουν το pH κατά 0,1
- 600 gr διθειϊκού Νατρίου σε 100m³ νερού μειώνουν το pH κατά 0,1

Για τον έλεγχο του pH πραγματοποιούνται έλεγχοι δύο φορές συνήθως την εβδομάδα με τη βοήθεια ειδικών για το σκοπό αυτό test kit. Τα test αυτά περιλαμβάνουν κάποιον δείκτη – συνήθως ερυθρό της φαινόλης (phenol red) – και προστίθεται σε νερό που έχει ληφθεί από την πισίνα και συγκρίνεται με τα χρώματα του test κι έτσι υπολογίζεται το pH του νερού. Τα test αυτά διατίθενται τόσο σε χάπια όσο και σε φυαλίδια διευκολύνοντας κατά πολύ την όλη διαδικασία.



Εικόνα : Χαρακτηριστικά Test Kit Χλωρίου και pH με παστίλιες

β) Σύνδεση με τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση

Το συγκεκριμένο κομμάτι που αναφέρεται στο pH μπορεί να συνδεθεί με τα εξής σημεία της ύλης της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης:

- pH
- Δείκτες
- Ιδιότητες οξέων - βάσεων

Δραστηριότητα: Μπορούμε να φέρουμε στην αίθουσα ή στο εργαστήριο μία συσκευή ελέγχου pH (Test Kit) σαν αντικείμενο επίδειξης, και να ζητήσουμε από τους μαθητές να μετρήσουν το pH νερού με τη βοήθεια του kit. Επιπρόσθετα μπορούμε να τους δώσουμε νερό στο οποίο έχουμε μεταβάλλει το pH (με βάση ή με οξύ) και να τους ζητήσουμε να μετρήσουν το pH, και να προτείνουν - σύμφωνα πάντα με αυτά που διδάχθηκαν - λύσεις. Τέλος τους καλούμε να υπολογίσουν εκείνοι την ποσότητα αντιδραστηρίου που απαιτείται, για να διορθώσουν το pH της πισίνας συγκεκριμένης χωρητικότητας (π.χ. 150m³ νερού).



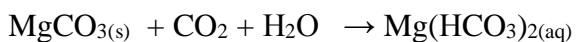
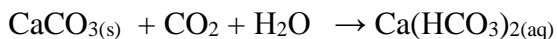
Εικόνα : Χαρακτηριστικά Test Kit pH και Χλωρίου σε φυαλλίδια

4. Σκληρότητα

α) Γενικά.

Επειδή το νερό είναι πολύ καλός διαλύτης, διαλύει διάφορες ουσίες με τις οποίες έρχεται σε επαφή, με αποτέλεσμα να μην είναι σχεδόν ποτέ απόλυτα καθαρό. Όταν έρχεται σε επαφή με την ατμόσφαιρα, διαλύει διάφορα αέρια όπως CO₂, N₂, O₂. Το πόσιμο νερό που χρησιμοποιείται για οικιακή χρήση, περιέχει μικρές ποσότητες αλάτων, κυρίως όξινων ανθρακικών αλάτων ασβεστίου και μαγνησίου. Τα άλατα αυτά προκύπτουν από τη

διαλυτοποίηση πετρωμάτων που περιέχουν CaCO_3 και MgCO_3 με τη δράση του ελαφρά όξινου CO_2 που πάντα υπάρχει διαλυμένο στο νερό.



Ένα χαρακτηριστικό που δείχνει την περιεκτικότητα του νερού σε άλατα είναι η **σκληρότητά του**. Η σκληρότητα εκφράζεται με τα *mg* ιόντων Ca^{2+} και Mg^{2+} που υπάρχουν σε ένα λίτρο νερού. Νερό με λιγότερα από 60mg/λίτρο θεωρείται μαλακό, ενώ με περισσότερα από 180mg/λίτρο θεωρείται σκληρό. (Πολλές φορές αναφέρεται και ολική σκληρότητα ως η σκληρότητα ασβεστίου και μαγνησίου).

Στη χημεία του νερού της κολυμβητικής δεξαμενής, το ενδιαφέρον περιορίζεται μόνο στη σκληρότητα ασβεστίου. Υψηλά επίπεδα σκληρότητας ασβεστίου, ευνοούν το σχηματισμό επικαθίσεων και θολερότητα στο νερό. *Ιδανικά θεωρούνται επίπεδα σκληρότητας ασβεστίου 175-300ppm.*

Η αύξηση της σκληρότητας ασβεστίου είναι γενικά πολύ εύκολη. Συγκεκριμένα, απαιτούνται 1,5 κιλά CaCl_2 σε 100m^3 νερού για να αυξήσουν τη σκληρότητα κατά 10ppm. Αντίθετα, η μείωση της σκληρότητας είναι αρκετά δύσκολη. Στην περίπτωση νερού υψηλής σκληρότητας, η τακτική ανανέωση του νερού, αποτελεί ίσως τη μοναδική λύση για την αντιμετώπιση του προβλήματος της θολερότητας και των επικαθίσεων, που προκαλούνται από τη συμπύκνωση των αλάτων ασβεστίου λόγω εξάτμισης. Οι έλεγχοι που απαιτούνται είναι κατά την έναρξη λειτουργίας της πισίνας, στο μέσον της season και πριν το κλείσιμο, ενώ σε ετήσια βάση απαιτείται έλεγχος κάθε τρεις μήνες.

β) Σύνδεση με τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση

Θα μπορούσε να πει κανείς πως το συγκεκριμένο κομμάτι που αναφέρεται στη σκληρότητα, αποτελεί την αφορμή για την επισήμανση της τεράστιας πρακτικής σημασίας, των «μικρών» μονάδων περιεκτικότητας – ppm και ppb – στην καθημερινή πρακτική, στοιχεία που αποτελούν για πολλούς από τους εκπαιδευτικούς και κατ' επέκταση και τους μαθητές, περιττό συμπλήρωμα της ύλης, με αποτέλεσμα απλά να τα αναφέρουν ή ακόμα χειρότερα και να τα

παραλείπουν εντελώς. Επιπρόσθετα συνδέει την ύλη που αναφέρεται στο κεφάλαιο του νερού και δη της σκληρότητας με την καθημερινή ζωή.

5. Απολύμανση του Νερού

α) Γενικά

Η απολύμανση του νερού της πισίνας αφορά στον έλεγχο και την αντιμετώπιση των παθογόνων μικροοργανισμών (βακτήρια, ιοί κλπ.), στην απομάκρυνση των οργανικών επιβαρύνσεων (περιττώματα, ουρία, λάδια κλπ) και στην αντιμετώπιση της ανάπτυξης των άλγεων. Η κατάλληλη απολύμανση πρέπει να εξασφαλίζει:

- Συνεχές εχθρικό (μικροβιοκτόνο) περιβάλλον για τους παθογόνους μικροοργανισμούς
- Απομάκρυνση οργανικών επιβαρύνσεων
- Προστασία έναντι της ανάπτυξης των άλγεων.

Η προσθήκη χλωρίου για την απολύμανση του νερού της πισίνας, είναι απαραίτητη, γιατί το χλώριο, ή πιο σωστά το υποχλωριώδες οξύ (HClO), έχει μεγάλη οξειδωτική ισχύ, τέτοια ώστε να μπορεί να μειώνει τελείως τη δημιουργία βακτηρίων, μούχλας, ιών κλπ. Με τον τρόπο αυτόν αποφεύγεται η μετάδοση ασθενειών όπως:

- Μυκητιάσεις
- Εκζέματα
- Επιδερμικές αποχρέμψεις
- Ωτίτιδες
- Ιγμορίτιδες

και άλλων ασθενειών, λιγότερο γνωστών, που προέρχονται όμως από το μολυσμένο νερό και μεταδίδονται στους ανθρώπους που το χρησιμοποιούν.

Σημαντικό ρόλο στην απολύμανση του νερού, διαδραματίζει, όπως προαναφέρθηκε το HClO , το οποίο είναι μεν πολύ ασθενές αλλά έχει ισχυρή οξειδωτική ικανότητα. Το υποχλωριώδες οξύ είναι πολύ ασταθές και μπορεί να διασπαστεί σε ιόν υδρογόνου και υποχλωριώδες ανιόν (ClO^-). Δεδομένου ότι το οξύ είναι 100 φορές πιο ενεργό σαν απολυμαντικό απ' ό τι το υποχλωριώδες ανιόν, πρέπει να μειωθεί με κάποιον τρόπο η αντίδραση αποσύνθεσής του. Αυτό επιτυγχάνεται ρυθμίζοντας και ελέγχοντας το pH του νερού. Οι προαναφερθείσες ιδανικές

τιμές του pH μεταξύ 7,2 και 7,6 εξασφαλίζουν άνεση στους λουόμενους και ταυτόχρονα διατηρούν περισσότερο από το μισό χλώριο με τη μορφή υποχλωριώδους οξέως με την υψηλή δραστηριότητα. Το υπόλοιπο βρίσκεται σαν υποχλωριώδες ανιόν (ClO^-) που επιδρά πιο αργά, έχοντας όμως το πλεονέκτημα να βρίσκεται μεγαλύτερο χρονικό διάστημα στο νερό. Γίνεται λοιπόν κατανοητό, ότι η επίδραση του pH στην απολυμαντική ικανότητα του χλωρίου είναι δραματική. Αξίζει μόνο να σημειωθεί πως η συγκέντρωση του HClO στο νερό (που αποτελεί την πλέον ισχυρή απολυμαντική μορφή χλωρίου), μειώνεται δραματικά από 65% σε pH 7 στο 20% σε pH 8.

Ανεξάρτητα πάντως από τη χρησιμοποιούμενη μέθοδο χλωρίωσης, το επίπεδο του ελεύθερου χλωρίου στο νερό της κολυμβητικής δεξαμενής, δεν πρέπει να είναι χαμηλότερο των 0,4 ppm και ανώτερο των 0,7 ppm, όπως ορίζεται από τη σχετική υγειονομική διάταξη. Αναφορικά δε με τον έλεγχο, αυτός πρέπει να γίνεται δύο φορές την ημέρα, πρωί και απόγευμα, και τα αποτελέσματα πρέπει να καταχωρούνται σε ειδικό ημερολόγιο της κολυμβητικής δεξαμενής.

β) Το πρόβλημα των οργανικών επιβαρύνσεων και της οσμής χλωρίου

Στο αποστειρωμένο νερό, η συγκέντρωση του χλωρίου, αυξάνει ανάλογα με την ποσότητα του χλωρίου την οποία προσθέτουμε. Όταν όμως στο νερό υπάρχουν διαλυμένες αζωτούχες ενώσεις, όπως π.χ. η αμμωνία που προέρχεται από τον ιδρώτα, την ουρία ή τον αέρα, περιττώματα, λάδια κλπ, που προέρχονται από τους κολυμβητές ή το περιβάλλον τότε το χλώριο συνδυάζεται σχηματίζοντας μονοχλωραμίνη, διχλωραμίνη ή τριχλωραμίνη. Αυτές οι ενώσεις του χλωρίου, προκαλούν ερεθισμό στα μάτια καθώς και την γνωστή *Μυρωδιά Χλωρίου* στις πισίνες. Αυτά τα φαινόμενα απαντώνται σε pH πάνω από 7,6. Προκειμένου λοιπόν να αποφευχθεί η *Μυρωδιά Χλωρίου* αναπτύχθηκε μία τεχνική που είναι γνωστή ως *Χλωρίωση στο Κρίσιμο Σημείο* ή *Χλωρίωση στο Break Point*. Η όλη διαδικασία έχει ως εξής:

Με καθαρό νερό και σε pH σχεδόν ουδέτερο, προστίθεται τόσο χλώριο ώστε να καταστραφεί η χλωραμίνη (δεσμευμένο χλώριο). Η προσθήκη χλωρίου συνεχίζεται μέχρι να υπάρχει αρκετή ποσότητα ελεύθερου χλωρίου στο νερό. Πρέπει δε να σημειωθεί, πως η εξαφάνιση της *Μυρωδιάς του Χλωρίου*, είναι δυνατή μόνον όταν ξεπεραστεί το λεγόμενο break point. Συνήθως δόση χλωρίου γύρω στα 10 ppm είναι αρκετή για την απομάκρυνση των οργανικών επιβαρύνσεων. Η επαναχρησιμοποίηση της πισίνας από τους λουόμενους πρέπει να γίνει όταν το επίπεδο του χλωρίου πέσει κάτω από 1 ppm. Στην πράξη για να ξεπεραστεί το break point αρκεί να προστεθούν 5-10 ppm χλωρίου στο νερό της πισίνας (5-10gr/m³) και να αφηθεί το

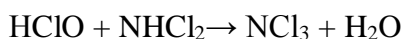
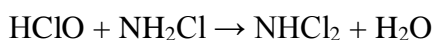
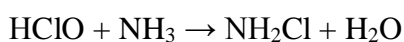
χλώριο να αντιδράσει κατά τη διάρκεια της νύχτας. Μ' αυτόν τον τρόπο, η οξειδωτική δράση του χλωρίου και συγκεκριμένα του HClO , θα έχει το χρόνο να καταστρέψει όλες τις οργανικές ενώσεις, ενώ θα παραμείνει και περίσσεια ενεργού χλωρίου. Αυτή η μέθοδος λέγεται *υπερχλωρίωση ή shock treatment*.

Η προσθήκη μικρών ποσοτήτων χλωρίου, είναι απαραίτητη ώστε η ποσότητα του διαλυμένου χλωρίου στο νερό, να διατηρείται τουλάχιστον κατά 10 φορές υψηλότερη από εκείνη της NH_3 , ώστε να επιτυγχάνεται στο μέγιστο η αντίδραση αποσύνθεσης των χλωραμινών που σχηματίζονται. Παράλληλα καλό είναι να πραγματοποιούνται μετρήσεις (αναλύσεις) κάθε δύο ώρες, με ταυτόχρονη καταγραφή των αντίστοιχων τιμών, με ταυτόχρονη μέτρηση του pH, προκειμένου να εξασφαλίζεται η καλή υγειονομική κατάσταση της πισίνας.

Το ενεργό χλώριο που παραμένει στο νερό πρέπει να έχει τιμές 0,4 ppm (mg/l) έως 0,6ppm (mg/l), ενώ σε κανένα σημείο της πισίνας δεν πρέπει να ξεπερνά – όπως προαναφέρθηκε – το 1ppm.

Για τη μέτρηση του ελεύθερου χλωρίου, χρησιμοποιούνται ειδικά test, γνωστά σαν *DPD 1*, όπως το test της *Διαίθυλ-Π-Φαινολοδιαμίνης*. Για τη μέτρηση του ολικού χλωρίου, ελεύθερου και δεσμευμένου, χρησιμοποιούνται τα test της *ορθοδολιδίνης*.

Οι αντιδράσεις σχηματισμού των χλωραμινών φαίνονται παρακάτω:



γ) Τα «Χημικά» της απολύμανσης

Η απολύμανση του νερού πραγματοποιείται με τη χρήση παραγώγων του χλωρίου, τα οποία διατίθενται σε διάφορες μορφές. Τα κυριότερα εξ' αυτών είναι τα εξής:

- *Υποχλωριώδες Νάτριο*. Είναι η γνωστή χλωρίνη σε πιο συμπυκνωμένη μορφή (11%-14%). Είναι αρκετά οικονομικό (περίπου 0,185€/Kg) αλλά τα διαλύματά του δεν είναι ούτε σταθερά ούτε εύκολα στη χρήση. Για αύξηση του ποσοστού του χλωρίου κατά 1ppm

απαιτείται η προσθήκη 10ppm Υποχλωριώδους Νατρίου. Η χαμηλή συγκέντρωση σε ενεργό χλώριο δημιουργεί ένα επιπλέον πρόβλημα, αυτό της μεγάλης ποσότητας σε αποθήκευση και ως εκ τούτου πρόβλημα χώρου. Το Υποχλωριώδες Νάτριο είναι αλκαλικό και η συχνή χρήση του αυξάνει το pH, με αποτέλεσμα να απαιτείται συχνά η διόρθωσή του με την προσθήκη οξέως. ($\text{ClO}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HClO} + \text{OH}^-$).

- *Υποχλωριώδες Ασβέστιο.* Προϊόν σε σκόνη περιεκτικότητας 65%-70% σε ενεργό χλώριο. Αποτελεί μία από τις καλύτερες λύσεις όσον αφορά τη χλωρίωση, με μοναδικό μειονέκτημα την περιεκτικότητα σε ασβέστιο που ενέχει τον κίνδυνο να αυξήσει της σκληρότητα του νερού. Σαν υλικό είναι πιο ακριβό και από τα ευρέως χρησιμοποιούμενα οργανικά χλώρια (περίπου 2,70€/Kg).



Εικόνα : Δοχεία κοκκώδους (Granular) υποχλωριώδους ασβεστίου

Διατίθεται σε κοκκώδη μορφή καθώς και σε ταμπλέτες διαφόρων μεγεθών (300gr, 140gr, 7gr) οι οποίες χρησιμοποιούνται σε διάφορα συστήματα δοσομέτρησης που έχουν αναπτυχθεί.



Εικόνα : Σύστημα δοσομέτρησης με ταμπλέτα υποχλωριώδους ασβεστίου και οι αντίστοιχες ταμπλέτες

• *Οργανικό χλώριο (χλωροϊσοκυανουρικά)*. Είναι τα προϊόντα του λεγόμενου οργανικού χλωρίου. Ανήκουν στην οικογένεια των προϊόντων που προέρχονται από πολυμερισμό της ουρίας. Δεν πρέπει λόγω ονόματος να συγχέονται με το κυάνιο ή το κυανικό οξύ με το οποίο δεν έχουν καμία σχέση. Στο εμπόριο διατίθενται με τη μορφή δύο κυρίως παραγώγων:

- *Διχλωροϊσοκυανουρικό Νάτριο με 60% ενεργό χλώριο*
- *Τριχλωροϊσοκυανουρικό οξύ με 90% ενεργό χλώριο*



Εικόνα : Συσκευασμένο οργανικό χλώριο

Από τα παραπάνω προϊόντα το διχλωροϊσοκυανουρικό νάτριο διατίθεται σε κοκκώδη μορφή, το δε τριχλωροϊσοκυανουρικό οξύ σε κοκκώδη μορφή, σε σκόνη και σε ταμπλέτες των 200gr.



Εικόνα : Τριχλωροϊσοκυανουρικό οξύ σε ταμπλέτες των 200gr

Η τιμή του είναι αρκετά χαμηλότερη από εκείνη του υποχλωριώδους ασβεστίου (περίπου 2,10€/Kg). Το μειονέκτημα των χλωροϊσοκυανουρικών παραγώγων είναι ότι θεωρούνται σε κάποιο βαθμό καρκινογόνα, εξαιτίας των ισοκυανουρικών. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο όλα τα δημόσια κολυμβητήρια στην Ελλάδα, είναι υποχρεωμένα βάσει νόμου να χρησιμοποιούν μόνο ανόργανο χλώριο (υποχλωριώδες νάτριο ή υποχλωριώδες ασβέστιο).



Εικόνα : Η ανάγκη εύρεσης φθηνού χλωρίου, έχει στρέψει το ενδιαφέρον στην Κινέζικη αγορά. Διάφορες συσκευασίες Κινέζικων προϊόντων οργανικού χλωρίου

δ) Η ανάγκη χρήσης σταθεροποιητή χλωρίου.

Τόσο το διχλωροϊσοκυανουρικό νάτριο όσο και το τριχλωροϊσοκυανουρικό οξύ, όταν διαλυθούν στο νερό ελευθερώνουν χλώριο και ένα σταθεροποιητή χλωρίου, το ισοκυανουρικό οξύ. Τα οργανικά αυτά παράγωγα του χλωρίου - τα χλωροϊσοκυανουρικά - περιέχουν το σταθεροποιητή – το ισοκυανουρικό οξύ - για να αποφεύγεται η απώλεια ενεργού χλωρίου εξ αιτίας των ηλιακών ακτίνων και της θερμοκρασίας. Η παρουσία του σταθεροποιητή, μειώνει την απώλεια χλωρίου που οφείλεται στην παρουσία του φωτός, από 95% σε λιγότερο του 35% μετά από 3 ώρες. Συνεπώς η χρήση του σταθεροποιητή, είναι πολλές φορές λόγω ιδίως των καιρικών συνθηκών και ιδιαίτερα τις θερμές ημέρες επιβεβλημένη, προκειμένου να διατηρείται το ποσοστό του ενεργού χλωρίου στην κολυμβητική δεξαμενή.



Εικόνα : Σταθεροποιητής χλωρίου σε κόκκους (Stabiliser Granules)

ε) Σύνδεση με τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Το συγκεκριμένο κομμάτι που αναφέρεται στην απολύμανση του νερού, μπορεί να συνδεθεί με τα κομμάτια εκείνα της ύλης, που αναφέρονται στην επεξεργασία του νερού (περιβαλλοντικά κομμάτια της ύλης). Παράλληλα και αυτό το κομμάτι αναδεικνύει τη σπουδαιότητα των μικρών μονάδων περιεκτικότητα (ppm και ppb). Επιπρόσθετα, τα σημεία που αναφέρονται στο σχηματισμό και τη δράση των χλωραμινών, είναι κατάλληλα για την οργανική χημεία ιδιαίτερα της Β΄ και Γ΄ Λυκείου.

6. Η αντιμετώπιση των Άλγεων

Τα άλγη (ή άλγεα) είναι μικροσκοπικοί οργανισμοί που υπάρχουν στο νερό της πισίνας, με δυνατότητα θεαματικής αύξησης, όταν βρεθούν σε ευνοϊκές συνθήκες, όπως θερμό νερό, υψηλό οργανικό φορτίο, χαμηλό επίπεδο χλωρίου και ηλιακό φως. Υπάρχουν χιλιάδες είδη άλγεων, και το πιο σημαντικό είναι πως αναπτύσσουν ανθεκτικότητα στα διάφορα αλγεοκτόνα. Για το σκοπό αυτό κρίνεται σκόπιμη η περιοδική αλλαγή των χρησιμοποιούμενων αλγεοκτόνων, ενώ επαρκής και συνεχής φίλτρανση σε συνδυασμό με αποτελεσματική χλωρίωση, είναι συνήθως επαρκή μέτρα για τον έλεγχο της ανάπτυξης των άλγεων. Πρακτικά όμως είναι αδύνατο να διατηρήσουμε σε όλα τα σημεία της δεξαμενής, το επίπεδο χλωρίου που απαιτείται για την καταστροφή τους. Ακόμη δε και σε κλειστές πισίνες, με τέλεια ανακυκλοφορία και επίπεδο χλωρίου μέχρι και 5 ppm, έχει αναφερθεί παρουσία άλγεων ορισμένης κατηγορίας. Στις περιπτώσεις αυτές λαμβάνει χώρα πραγματική προσαρμογή των άλγεων σε περιβάλλον χλωρίου.

Από την υγειονομική διάταξη προβλέπεται η χρησιμοποίηση *Θεικού Χαλκού*, για την εξουδετέρωση των άλγεων. Όμως, οι απαιτούμενες συγκεντρώσεις για αποτελεσματική δράση του Θεικού Χαλκού, προκαλούν προβλήματα τόσο στους κολυμβητές όπως αλλοίωση του χρώματος των μαλλιών, όσο και στις μεταλλικές επιφάνειες, αφού είναι πολύ μεγάλος ο

κίνδυνος διαβρώσεων. Για το σκοπό αυτό, έχει ξεκινήσει από το 1960, η χρήση αλάτων τεταρτοταγούς Αμμωνίου, το οποίο παρουσιάζει σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις, εξαιρετική αλγεοκτόνο δράση (περίπου 5ppm). Από την άλλη, οι πολύ μεγάλες δόσεις τεταρτοταγούς αμμωνίου, δημιουργούν προβλήματα αφρισμού που είναι εξαιρετικά δυσάρεστη και ανεπιθύμητη κατάσταση. Και το πρόβλημα αυτό όμως τείνει να αντιμετωπιστεί αρκετά ικανοποιητικά με τη χρήση πολυμερισμένων παραγώγων του τεταρτοταγούς αμμωνίου, τα οποία λύνουν το πρόβλημα του αφρισμού, αυξάνοντας όμως αρκετά το κόστος αφού έχουν σχεδόν τη διπλή τιμή.



Εικόνα : Συσκευασία αλγεοκτόνων. Χαρακτηριστικές οι σημάνσεις επικινδυνότητας.

Τρεις είναι οι κυριότερες κατηγορίες άλγεων που απαντώνται στις κολυμβητικές δεξαμενές:

- Πράσινα άλγη: Συνήθως αιωρούνται στο νερό της πισίνας και το χρωματίζουν θολό πράσινο. Η άμεση αντιμετώπισή τους είναι συνήθως αποτελεσματική.
- Γαλαζοπράσινα άλγη: Ονομάζονται «black» λόγω της εμφάνισής τους. Απαντώνται συνήθως στα τοιχώματα και στον πυθμένα της πισίνας όπου σχηματίζουν αποικίες. Είναι πολύ ανθεκτικά στα αλγεοκτόνα και αφήνουν στίγματα στις επιφάνειες.
- Φαιοκίτρινα (Mustard): Απαντώνται στα τοιχώματα, τον πυθμένα και τους αρμούς. Καταπολεμούνται πολύ δύσκολα στα συνηθισμένα επίπεδα απολυμαντικού. Η απομάκρυνσή τους απαιτεί τρίψιμο με βούρτσα.

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί πως η αντιμετώπιση του προβλήματος των άλγεων πρέπει να γίνεται στη γέννησή του. Επιπρόσθετα πρέπει να καταστεί σαφές ότι τα διάφορα αλγεοκτόνα είναι αποτελεσματικά πριν την εμφάνιση των άλγεων. Η χρήση τους δηλαδή είναι προληπτική και γίνεται για να μην εμφανιστούν άλγη. Όταν τα άλγη εμφανιστούν η χρήση του

αλγεοκτόνου πολύ λίγα μπορεί να προσφέρει και αυτά με την προϋπόθεση ότι χρησιμοποιείται έγκαιρα.

7. Θολερότητα και η αντιμετώπισή της με κροκιδωτικά.

Η εμφάνιση της θολερότητας στο νερό της πισίνας, μπορεί να οφείλεται σε πολλούς παράγοντες, μερικοί από τους οποίους είναι:

- Υψηλή σκληρότητα του νερού σε συνδυασμό με υψηλό pH και υψηλή θερμοκρασία που προκαλούν μία καθαρή, γαλακτώδους εμφάνισης θολερότητα στο νερό, η οποία αντιμετωπίζεται με ρύθμιση του pH και ανανέωση μέρους του νερού.
- Ανεπαρκής ή μη κανονική υπερχλωρίωση, συνεπάγεται θολή και βρώμικη εμφάνιση του νερού. Η λύση στην περίπτωση αυτή είναι η υπερχλωρίωση, αφού προηγουμένως ρυθμιστεί το pH. Σημειώνεται πως το παράγωγο του χλωρίου το οποίο χρησιμοποιείται για την υπερχλωρίωση, είναι το διχλωροϊσοκυανουρικό Νάτριο.
- Ο μεγάλος αριθμός κολυμβητών σε σχέση με αυτόν τον οποίον μπορούν να «διαχειριστούν» τα μηχανήματα ανακυκλοφορίας, προκαλεί επίσης θολερότητα στο νερό.

Η θολερότητα στο νερό της πισίνας μπορεί να αντιμετωπιστεί αποτελεσματικά με τη χρήση κροκιδωτικών, τα οποία βελτιώνουν την απόδοση των μέσων διυλίσεως του νερού, μέσω ενός μηχανισμού σχηματισμού κροκίδων τέτοιου μεγέθους ώστε να κατακρατώνται από τα φίλτρα, ή να καταβυθίζονται στον πυθμένα της πισίνας όπου απομακρύνονται με απορρόφηση. Τα υλικά τα οποία συνήθως χρησιμοποιούνται για την κροκιδωση είναι:

- Θεϊκό Αργίλιο - $Al_2(SO_4)_3$
- PAC, χλωριούχο πολυαργίλιο (**P**oly**A**loymin **C**hloride) ένα ανόργανο πολυμερές που χρησιμοποιείται αντί του Θεϊκού Αργιλίου.
- Κατιονικοί πολυηλεκτρολύτες, δηλαδή οργανικά πολυμερή που έχουν τη δυνατότητα να δημιουργούν μεγάλους φλόκους οι οποίοι καταβυθίζονται ταχύτατα στον πυθμένα της πισίνας και απομακρύνονται με απορρόφηση και με σύγχρονες και κατάλληλες για το σκοπό αυτό, ειδικές σκούπες.



Εικόνα : Συσκευασία υγρού κροκκιδωτικού.

Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί το γεγονός ότι η κροκκίδωση είναι μια διαδικασία αρκετά λεπτή. Για το λόγο αυτό απαιτείται πολύ προσοχή κατά την εκτέλεσή της, η οποία καλό είναι να γίνεται πάντα από κάποιον ειδικό, ο οποίος και πρέπει να ακολουθεί πολύ πιστά τις οδηγίες χρήσης των προϊόντων κροκκίδωσης. Η συνιστούμενη δοσολογία για μία πισίνα 100 m³ είναι 0,5Kg – 1 Kg κροκκιδωτικού.

8. Το πρόβλημα του χρωματισμένου νερού.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, θολό και χρωματισμένο νερό στην κολυμβητική δεξαμενή, μπορεί να οφείλεται στην παρουσία άλγεων. Σε μερικές όμως περιπτώσεις, το νερό παρ' ότι διατηρεί την καθαρότητά του, εμφανίζει έντονο χρωματισμό, ο οποίος οφείλεται στην παρουσία μεταλλικών αλάτων. Συγκεκριμένα:

- Καθαρό και χρωματισμένο νερό κατά το αρχικό γέμισμα της πισίνας, μπορεί να έχει ως αιτία την παρουσία αλάτων *Σιδήρου*, *Χαλκού* και *Μαγνησίου*. Η απομάκρυνση των εν λόγω χρωματισμών μπορεί να γίνει με προσθήκη θειικού αργιλίου (1Kg/100m³), και με συνεχή λειτουργία των φίλτρων.
- Εάν ο χρωματισμός εμφανισθεί κατά τη διάρκεια λειτουργίας της πισίνας, πιθανόν να οφείλεται σε διάβρωση των μεταλλικών επιφανειών, που συμβαίνει σε χαμηλό pH, και σε νερό χαμηλής σκληρότητας, ενώ πολλές φορές μπορεί να οφείλεται και στη χρήση

αλάτων του Χαλκού ως αλγοκτόνου. Το συγκεκριμένο πρόβλημα μπορεί αρχικά να αντιμετωπιστεί με χρήση κροκιδωτικών, αλλά η ουσιαστική αντιμετώπισή του επιτυγχάνεται με τη ρύθμιση όλων των παραμέτρων ισορροπίας του νερού, όπως έχει παραπάνω περιγραφεί. Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται τα πλέον συνήθη προβλήματα χρωματισμένου νερού, η αιτία και η αντιμετώπισή τους:

ΕΝΔΕΙΞΗ	ΑΙΤΙΑ	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ
Νερό πράσινου χρωματισμού και πράσινες, μαύρες ή καφέ κηλίδες στα τοιχώματα και τον πυθμένα. Επικάλυψη των επιφανειών με ελαφρά πράσινο γλοιώδες στρώμα.	Παρουσία άλγεων.	Ρύθμιση του pH στο 7,2 με 7,6. Υπερχλωρίωση στα 7-10ppm χλωρίου. Βούρτσισμα και μετά από 2 ώρες σκούπα. Επανάληψη υπερχλωρίωσης μετά από 24 ώρες. Σε επιβαρυνμένες περιπτώσεις προ-σθήκη ειδικού αλγοκτόνου. 24ωρη λειτουργία των φίλτρων.
Νερό πράσινου χρωματισμού	Άλατα Σιδήρου σε χαμηλές συγκεντρώσεις.	Ρύθμιση pH Υπερχλωρίωση Προσθήκη $Al_2(SO_4)_3$ 24ωρη λειτουργία των φίλτρων.
Νερό πράσινου χρωματισμού	Άλατα Χαλκού	Ρύθμιση pH Υπερχλωρίωση Προσθήκη $Al_2(SO_4)_3$ 24ωρη λειτουργία των φίλτρων.
Νερό καφέ χρωματισμού	Άλατα Σιδήρου σε υψηλές συγκεντρώσεις	Ρύθμιση pH Υπερχλωρίωση Προσθήκη $Al_2(SO_4)_3$ 24ωρη λειτουργία των φίλτρων.
Νερό καφέ χρωματισμού	Άλατα Μαγνησίου	Ρύθμιση pH Υπερχλωρίωση Προσθήκη $Al_2(SO_4)_3$ 24ωρη λειτουργία των φίλτρων.

9. Ερεθισμοί στα Μάτια των κολυμβητών.

Οι διάφορες μορφές χλωρίου που χρησιμοποιούνται στις πισίνες, στις συγκεντρώσεις που κυκλοφορούν στο εμπόριο, είναι γνωστό ότι προκαλούν ερεθισμούς στα μάτια και στο δέρμα, ως ισχυρά οξειδωτικά. Έτσι είναι ευρύτατα διαδεδομένο, ότι οι ερεθισμοί των ματιών, που προκαλούνται στους κολυμβητές, οφείλονται σε υψηλά επίπεδα χλωρίου στις πισίνες.

Αντίθετα, πολύχρονες έρευνες έδειξαν ότι αυτοί οι ερεθισμοί, οφείλονται σε χαμηλά επίπεδα χλωρίου και στις ανεπαρκείς υπερχλωριώσεις. Πράγματι, η ανεπαρκής χλωρίωση έχει σαν αποτέλεσμα την παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων χλωραμινών στο νερό της πισίνας, οι οποίες ευθύνονται για τους ερεθισμούς του βλεννογόνου, όπως επίσης και για τη χαρακτηριστική οσμή χλωρίου. Το πρόβλημα όπως προαναφέρθηκε αντιμετωπίζεται με χλωρίωση στο Breakpoint που πρακτικά σημαίνει συγκέντρωση χλωρίου δεκαπλάσια του δεσμευμένου.

Τέλος μια άλλη πιθανή αιτία πρόκλησης ερεθισμών στα μάτια, είναι το χαμηλό pH στο νερό της πισίνας.

10. Η οξείδωση των οργανικών και ο ρόλος του ενεργού Οξυγόνου.

Το ενεργό Οξυγόνο το οποίο διατίθεται τόσο σε διάλυμα H₂O₂ 50%, με την εμπορική ονομασία ΠΕΡΡΥΝΤΡΟΛ, όσο και σε στερεή κοκκώδη μορφή, χρησιμοποιείται σαν οξειδωτικό – και μάλιστα πολύ ισχυρό οξειδωτικό - για να αφαιρεί τις οργανικές, μη μικροβιολογικές ενώσεις όπως ιδρώτας, ούρα, λάδια σώματος, καλλυντικά κλπ. Η χρήση παράλληλα του οξυγόνου βελτιώνει την αποτελεσματικότητα των απολυμαντικών, διότι με την οξείδωση και εξάλειψη των μολύνσεων, δεν αντιδρά το χλώριο για να δημιουργήσει χλωραμίνες. Παράλληλα διατηρεί κρυστάλλινο και διαυγές το νερό στην πισίνα.

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί πως το Οξυγόνο δεν δρα ως απολυμαντικό στην πισίνα. Δηλαδή, δεν χρησιμοποιείται για να σκοτώνει βακτήρια ή άλγεια. Ταυτόχρονα αποτελεί και μια εναλλακτική λύση για το σοκ της πισίνας, αφού δεν αυξάνει το επίπεδο του χλωρίου, και η πισίνα δεν είναι αναγκαίο να κλείσει.

Η απαιτούμενη δοσολογία είναι περίπου 12 ppm, ενώ αν πρόκειται για σοκ πρέπει να ανέλθει στα 25ppm.

Το ενεργό Οξυγόνο αποτελεί ένα πολύ σημαντικό κομμάτι στην επεξεργασία του νερού της πισίνας, γι' αυτό και πολλές εταιρείες έχουν επιδοθεί στην εύρεση προϊόντων σε διάφορες μορφές, προκειμένου να κάνουν πιο εύκολη τη ζωή των συντηρητών. Έτσι έχουν

παραχθεί προϊόντα συνδυασμού οξυγόνου και Διχλωροϊσοκυανουρικού Νατρίου σε ταμπλέτες ή σε κοκκώδη μορφή καθώς και ταμπλέτες διαφόρων διαστάσεων.



Εικόνα: Ενεργό οξυγόνο σε ταμπλέτες των 20gr.

Βιβλιογραφία

1. **Μεγαλόπουλος Α.**, *Χημεία και Τεχνολογία του Νερού*, Αθήνα (1977).
2. **Τσώνης Σ.** *Καθαρισμός Νερού*, Παπασωτηρίου 2003
3. **Στάμου Α.** *Βιολογικός Καθαρισμός Αστικών Αποβλήτων*, Παπασωτηρίου 2004
4. www.arch.com
5. www.inquide.com
6. **Ebbing Gammon**, *Γενική Χημεία*, Εκδόσεις Τραυλός
7. **Αναστάσιος Βάρβογλης**, *Χημεία και Καθημερινή ζωή*, Εκδόσεις Κάτοπτρο
8. **Αναστάσιος Βάρβογλης**, *Χημεία και Καθημερινή ζωή*, Εκδόσεις Κάτοπτρο
9. **Αναστάσιος Βάρβογλης**, *Πορτρέτα των Χημικών στοιχείων*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης