



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ  
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά  
μαθήματα ΠΠ

# Τεχνολογία Περιβάλλοντος: Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων

## Ενότητα 9: Απολύμανση

Κορνάρος Μιχαήλ  
Πολυτεχνική Σχολή  
Τμήμα Χημικών Μηχανικών

# Απολύμανση

- Η εκροή που προέρχεται από πρωτοβάθμια, δευτεροβάθμια ή τριτοβάθμια επεξεργασία συνήθως απαιτείται να απολυμανθεί πριν οδηγηθεί στους φυσικούς αποδέκτες.
- Η απολύμανση συνίσταται στην καταστροφή των μικροοργανισμών που βρίσκονται σε αιώρηση και μπορεί να επιτευχθεί με την χρήση
- (α) **φυσικών μεθόδων** (θερμότητα, ακτινοβολία UV) ή
- (β) **χημικών μεθόδων** (προσθήκη ουσιών που καταστρέφουν το κύτταρο).



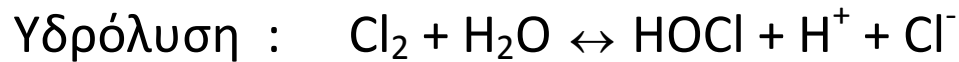
# Απολύμανση

- Οι φυσικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται κυρίως για **αποστείρωση** (πλήρη εξουδετέρωση μικροοργανισμών)
- για **απολύμανση** (εξουδετέρωση του μεγαλύτερου μέρους κολοβακτηριδίων) χρησιμοποιείται κυρίως η προσθήκη χημικών όπως **χλώριο, βρώμιο, ιώδιο, όζον, φαινόλες, αλκοόλες, βαρέα μέταλλα, απορρυπαντικά, υπεροξείδιο του υδρογόνου, βάσεις και οξέα.**
- Απ' αυτά το πιο συνηθισμένο είναι το **χλώριο.**



# Χημεία του Χλωρίου

Όταν το χλώριο σε αέρια μορφή προστεθεί στο νερό δύο αντιδράσεις λαμβάνουν χώρα:



Οι αντιδράσεις αυτές έχουν σταθερές ισορροπίας  $K_H$  και  $K_I$  αντίστοιχα όπου:

$$K_H = \frac{[\text{HOCl}][\text{H}^+][\text{Cl}^-]}{[\text{Cl}_2]}$$

$$K_I = \frac{[\text{H}^+][\text{OCl}^-]}{[\text{HOCl}]}$$

Τυπικές τιμές (στους 25°C) είναι  $K_H=4,5 \times 10^{-4}$  και  $K_I=3,7 \times 10^{-8}$ .



# Χημεία του Χλωρίου (συνέχεια)

Από αυτές τις σχέσεις παίρνουμε:

$$\frac{[\text{HOCl}]}{[\text{HOCl}] + [\text{OCl}^-]} = \frac{1}{1 + \frac{K_1}{[\text{H}^+]}}$$

Το άθροισμα  $[\text{HOCl}] + [\text{OCl}^-]$  ονομάζεται **ελεύθερο διαθέσιμο χλώριο**.

Το κλάσμα που δίνεται από την σχέση είναι ιδιαίτερα σημαντικό μια και η αποτελεσματικότητα του  $[\text{HOCl}]$  ως απολυμαντικό είναι 40 με 80 φορές μεγαλύτερη αυτής του  $[\text{OCl}^-]$ .

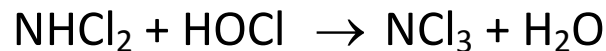
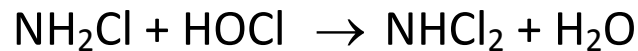
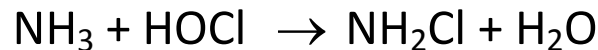
Το κλάσμα είναι συνάρτηση του pH: μικρά pH αντιστοιχούν σε μεγάλες τιμές του κλάσματος και επομένως σε αποτελεσματικότερη απολύμανση.



# Χημεία του Χλωρίου (συνέχεια)

- Το χλώριο το οποίο προστίθεται στο νερό δεν παραμένει όλο ελεύθερο (υπό την μορφή HOCl ή OCl<sup>-</sup>)
- Αντιδρά τόσο με Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, H<sub>2</sub>S, την υπάρχουσα οργανική ύλη, όσο και με την υπάρχουσα αμμωνία.

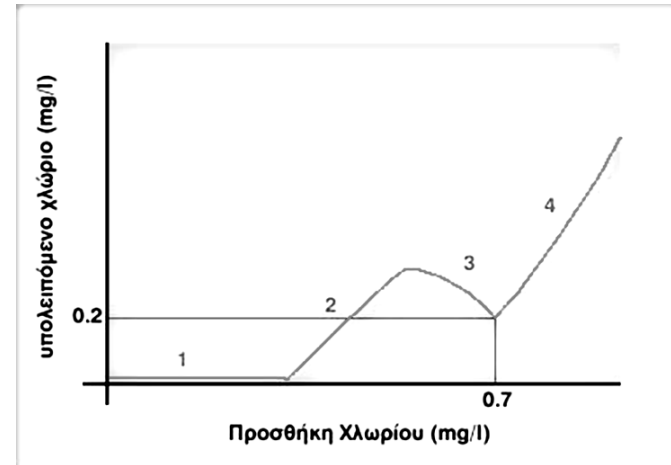
Οι αντιδράσεις με την υπάρχουσα αμμωνία οδηγούν σε σχηματισμό **χλωραμινών**:



Οι χλωραμίνες έχουν κι αυτές απολυμαντική δράση αλλά πολύ μικρότερη αυτής του ελεύθερου χλωρίου.



# Διάγραμμα Θραύσεως



Διακρίνουμε 4 περιοχές:

- (1) Το προστιθέμενο χλώριο δεσμεύεται λόγω οξείδωσης  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  και οργανικής ύλης.
- (2) Το χλώριο αντιδρά για τον σχηματισμό χλωραμινών και χλωροργανικών ενώσεων.
- (3) Οι χλωραμίνες οξειδώνονται μειώνοντας το χρήσιμο χλώριο για απολύμανση.
- (4) Η αρχή αυτής της περιοχής λέγεται "**σημείο θραύσεως**" και είναι περίπου 7,6 προς 1 σε αναλογία βάρους χλωρίου και αμμωνιακού αζώτου.

Προσθήκη περαιτέρω χλωρίου δεν δεσμεύεται αλλά οδηγεί σε ελεύθερο χλώριο.



# Διάγραμμα Θραύσεως

- Η απαιτούμενη συγκέντρωση χλωρίου για διεργασίες ενεργού ιλύος είναι 2-8 mg/L.
- Συνήθως η δοσομέτρηση του διαλύματος χλωρίου γίνεται αυτομάτως
- Η αποτελεσματικότητα θα εξαρτάται τελικά από τον παρεχόμενο χρόνο επαφής.
- Για αποτελεσματική απολύμανση απαιτείται τουλάχιστον το 80 με 90% της εκροής να έχει τον απαραίτητο χρόνο επαφής, η απολύμανση επιτυγχάνεται κάλλιστα σε αντιδραστήρες βηματικής ροής.





Τέλος Ενότητας

# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα

# Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση **1.0.0**.



# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών. Αναπληρωτής Καθηγητής, Μιχαήλ Κορνάρος. «Τεχνολογία Περιβάλλοντος: Διαχείριση Υγρών Αποβλήτων, Απολύμανση». Έκδοση: 1.0. Πάτρα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <https://eclass.upatras.gr/courses/CMNG2143>



# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.