



Τεχνική Περιβάλλοντος

Ενότητα 12: Απολύμανση λυμάτων

Ευθύμιος Νταρακάς
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη 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.



Απολύμανση υγρών αποβλήτων

- Είναι απαραίτητη; Γιατί;
- Τι προβλήματα υπάρχουν;
- Πως (με τι μέσα) γίνεται;
- Τι κινδύνους εγκυμονεί (η χλωρίωση) για τον αποδέκτη;
- Πως ελέγχεται η αποτελεσματικότητά της;



Απολύμανση υγρών αποβλήτων

- **Σκοπός:** Απομάκρυνση των παθογόνων μικροοργανισμών από τα επεξεργασμένα λύματα προκειμένου αυτά να αποδοθούν αβλαβή στους επιφανειακούς αποδέκτες.
- **Είδη απολυμαντικών:** Χημικά μέσα όπως το χλώριο και το όζον, μη χημικά όπως η υπεριώδης ακτινοβολία, οι μεμβράνες, και η θερμική επεξεργασία.
- **Προβλήματα:** Από τυχόν παραπροϊόντα της απολύμανσης.
- **Έλεγχος αποτελεσματικότητας:** Μικροβιολογικές αναλύσεις, Μέτρηση υπολειμματικού χλωρίου.



Τυπικές συγκεντρώσεις και βιωσιμότητα παθογόνων οργανισμών σε ανεπεξέργαστα υγρά απόβλητα και επιφανειακά νερά (20 – 30 °C)

Παθογόνοι οργανισμοί	Συγκέντρωση (MPN / 100 mL) (Υγρά απόβλητα)	Χρόνος Βιωσιμότητας (Νερά & υγρά απόβλητα)
Βακτήρια (Κολοβακτηρίδια κοπράνων)	$10^6 - 10^8$	< 60 ημέρες Συνήθως < 30 ημέρες
Πρωτόζωα (Cryptosporidium parvum)	$10^1 - 10^3$	< 30 ημέρες Συνήθως < 15 ημέρες
Έλμινθες (Σκουλήκια)	$10^1 - 10^3$	Μήνες
Ιοί (Εντεροϊοί)	$10^3 - 10^4$	< 120 ημέρες Συνήθως < 50 ημέρες

Πηγή:

Metcalf & Eddy, Inc., “Μηχανική υγρών αποβλήτων, Επεξεργασία & Επαναχρησιμοποίηση” Εκδόσεις Τζιόλα, 2006



Μικροοργανισμοί και ασθένειες μεταδιδόμενες με το νερό

Μικροοργανισμός	Κατηγορία	Κύριες ασθένειες
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Πρωτόζωα	Οξεία εντεροκολίτιδα
<i>Cyclospora</i>	Πρωτόζωα	Οξεία εντεροκολίτιδα
<i>Toxoplasma gondii</i>	Πρωτόζωα	Τοξοπλάσμωση
<i>Legionella pneumophila</i>	Βακτήρια	Νόσος των Λεγεωναρίων
<i>Campylobacter jejunii</i>	Βακτήρια	Γαστρεντερίτιδα
<i>Escherichia coli O157:H7</i>	Βακτήρια	Αιμορραγική κολίτιδα
<i>Helicobacter pylori</i>	Βακτήρια	Γαστρικά έλκη
<i>Vibrio cholerae O139</i>	Βακτήρια	Χολέρα
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Βακτήρια	Οξεία διάρροια
<i>Norovirus and Sapovirus</i>	Ιοί	Οξεία γαστρεντερίτιδα
<i>Hepatitis E virus</i>	Ιοί	Ηπατίτιδα



Μικροοργανισμοί και ασθένειες μεταδιδόμενες με το νερό

Περιεκτικότητα κολοβακτηριδίων σε
ανεπεξεργαστα αστικά λύματα:

$10^7 - 10^9$ MPN / 100 mL

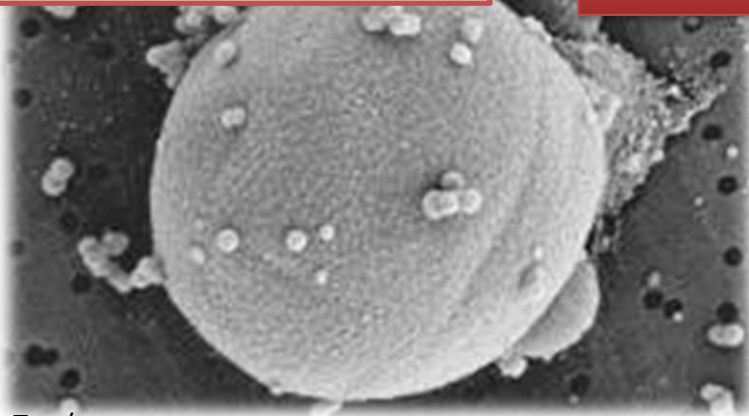
Παράμετρος	Ανώτατο επιτρεπτό όριο σε νερά κολύμβησης
Ολικά κολοβακτηρίδια / 100 mL	10.000
Κολοβακτηρίδια κοπράνων / 100 mL	100
Σαλμονέλα /100 mL	0



(Παθογόνα)

Πρωτόζωα – Βακτήρια

Chytridiosporidium parvum

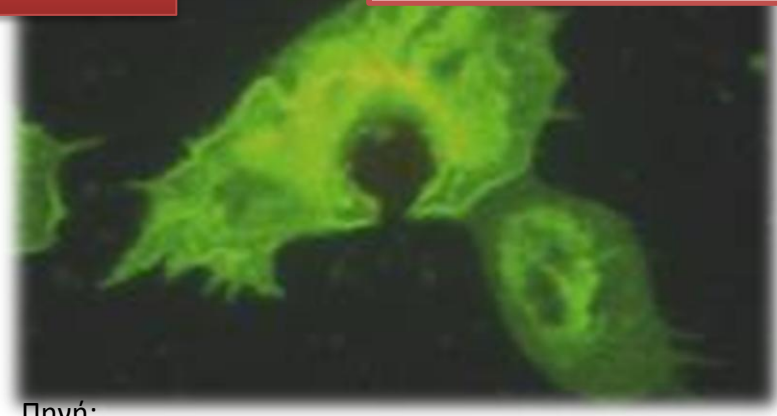


Πηγή:

<http://www.esemag.com/archive/0103/crypto.html>

Παθογόνα πρωτόζωα

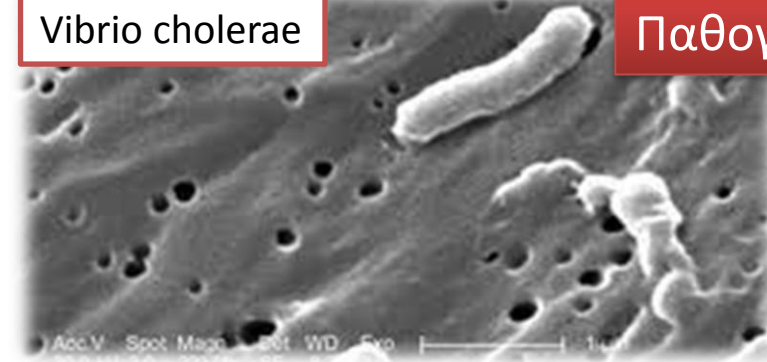
Ιστολυτική αμοιβάδα



Πηγή:

<http://image.frompo.com/8774ed1efe3a049a361d7ebd0a416887>

Vibrio cholerae



Πηγή:

<http://antoniopelaez3.blogspot.gr/2012/11/etiologia-del-colera.html>

Παθογόνα βακτήρια

Salmonella typhi



Πηγή:

<http://www.goldcrestpolychem.com/bacterial-diagnostics.html>



Μικροβιολογικός χαρακτηρισμός νερών

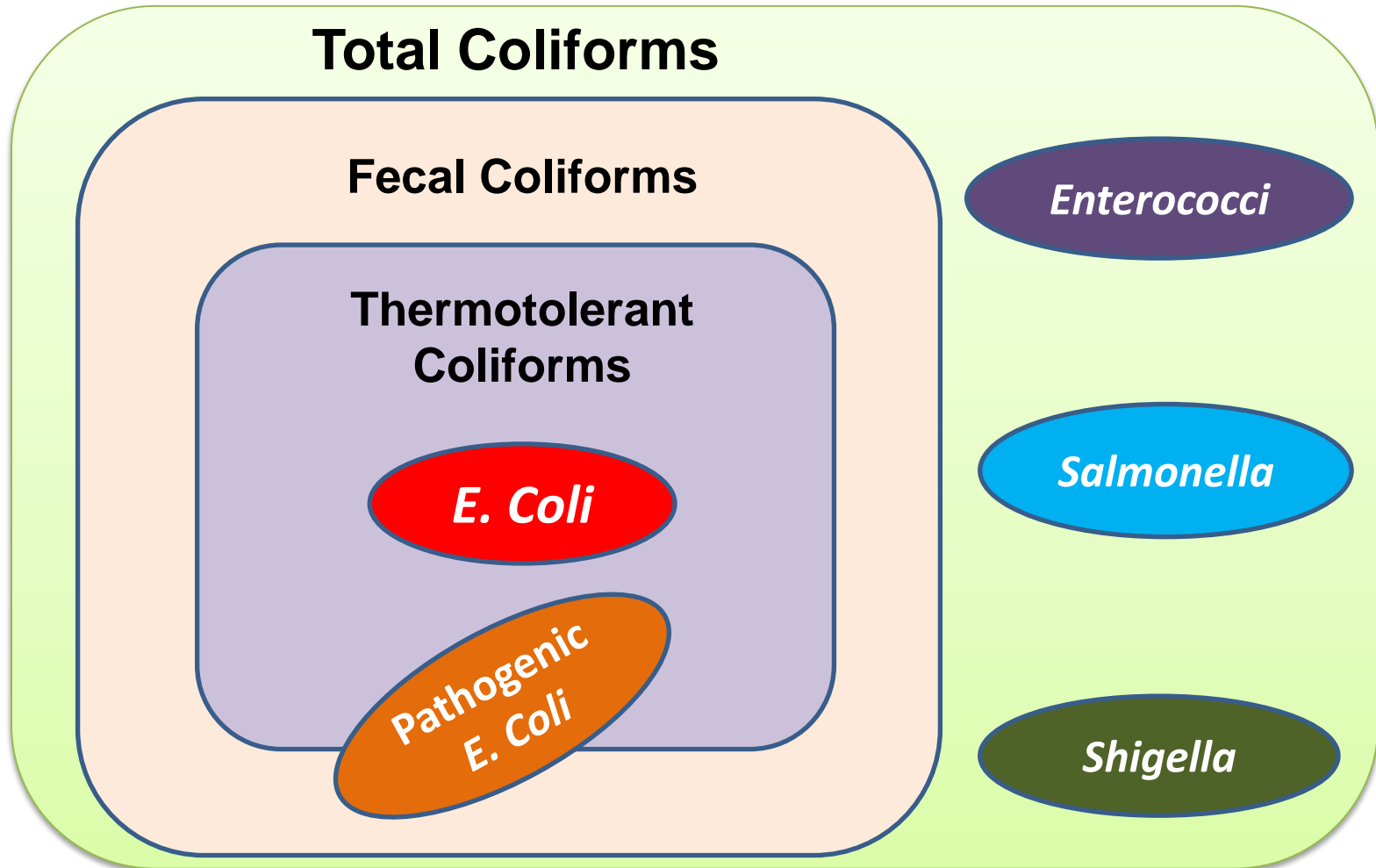
Total Coliforms CFU/100 mL	Χαρακτηρισμός
0	Πόσιμο νερό
10 – 100	Επιφανειακά νερά μη μολυσμένα
100 – 1.000	Νερά ύποπτα μόλυνσης
1.000 – 5.000	Νερά μέτρια μολυσμένα
5.000 – 100.000	Νερά έντονα μολυσμένα
> 100.000	Λύματα

CFU : Colony Forming Units

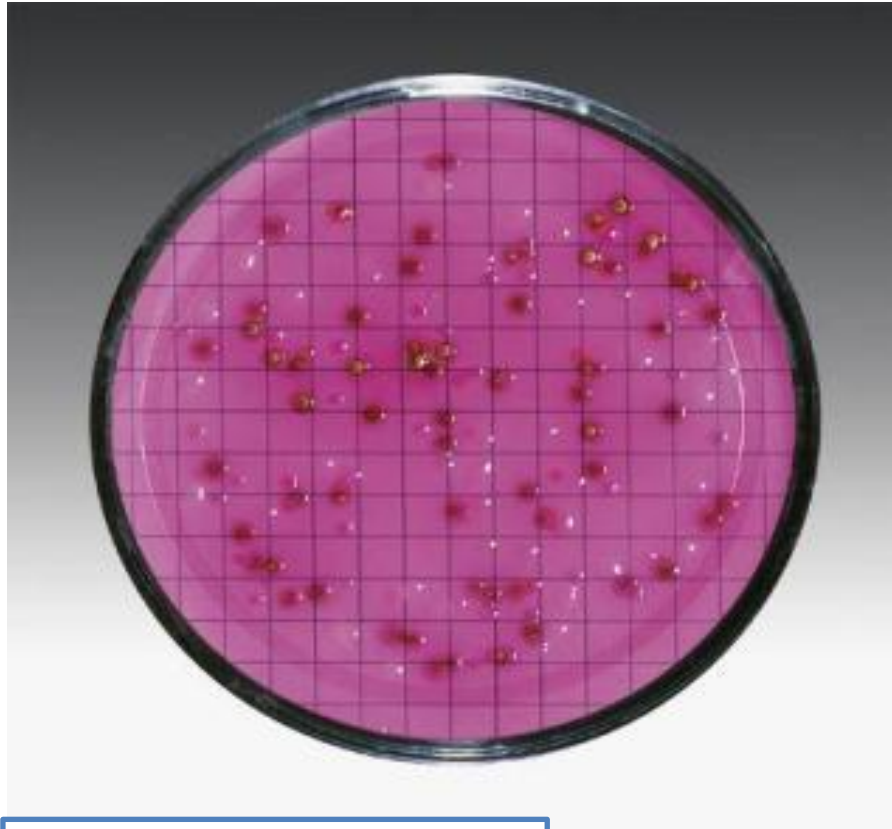


Οργανισμοί δείκτες

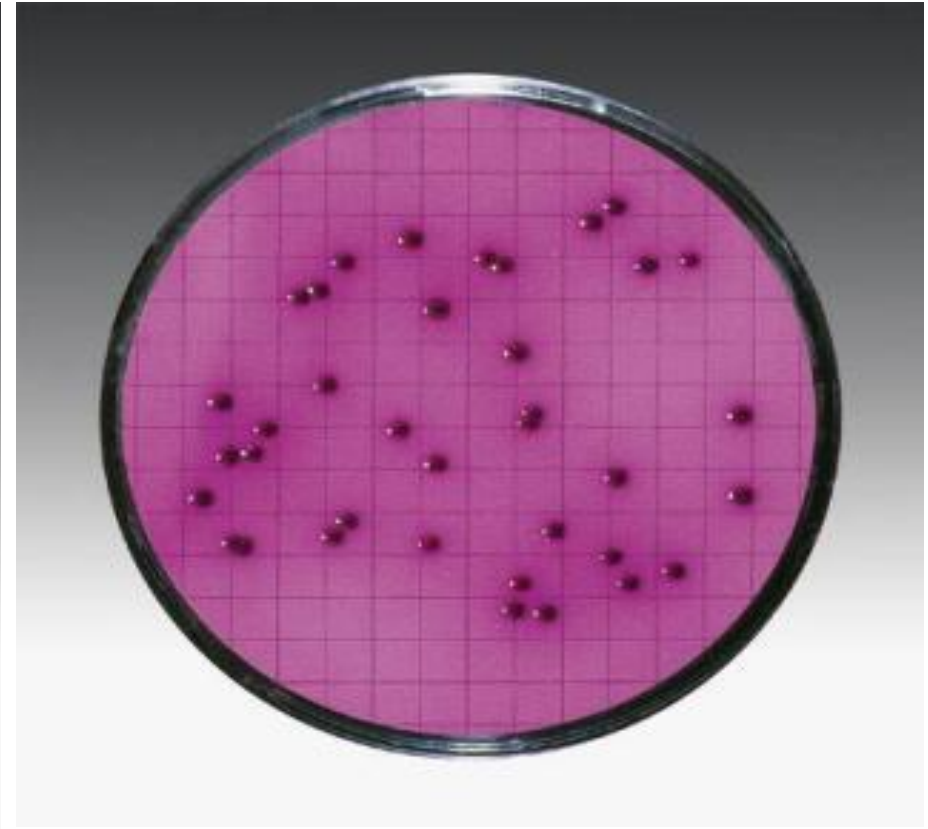
Η οικογένεια των κολοβακτηριοειδών



Αποικίες κολοβακτηριοειδών και κολοβακτηριοειδών κοπράνων σε τρυβλίο



CFU : Colony Forming Units



Πηγή:

<http://microsite.sartorius.com/index.php?id=10266&uid=29>



Ανώτατα επιτρεπτά όρια για τα κολοβακτηριοειδή κοπράνων στα νερά

Κατηγορία νερών	CFU/100 mL
Πόσιμο νερό	0
Νερό κολύμβησης	100
Για αλιεία	1000
Επεξεργασμένη εκροή λυμάτων	200

CFU : Colony Forming Units



Απομάκρυνση παθογόνων μικροοργανισμών

Διεργασία	Ποσοστό απομάκρυνσης (%)
Εσχάρωση	10 – 20
Εξάμμωση	10 – 25
Καθίζηση	25 – 75
Βιολογική επεξεργασία (Μέθοδος Ενεργού Ιλύος)	90 – 98
Απολύμανση	98 – 99,99



Απολυμαντικά

Μη χημικά	Χημικά	
	Οξειδωτικά	Μη οξειδωτικά
<p>Υπεριώδης ακτινοβολία (UV)</p> <p>Ραδιενεργός ακτινοβολία Αποστειρωτική διήθηση Θερμότητα</p>	<p>Cl₂</p> <p>ClO₂</p> <p>NaOCl</p> <p>O₃</p> <p>Br₂</p> <p>I₂</p> <p>H₂O₂</p>	<p>Μεθυλενοδιθειοκυάνιο (MBT)</p> <p>Διβρωμονιτριλοπροπιο-αμίδιο (BNPA)</p> <p>Χλωριωμένες φαινόλες Ισοθειαζόλες</p> <p>Δι-τριβουτυλοξείδιο του κασσιτέρου (TBTO)</p>

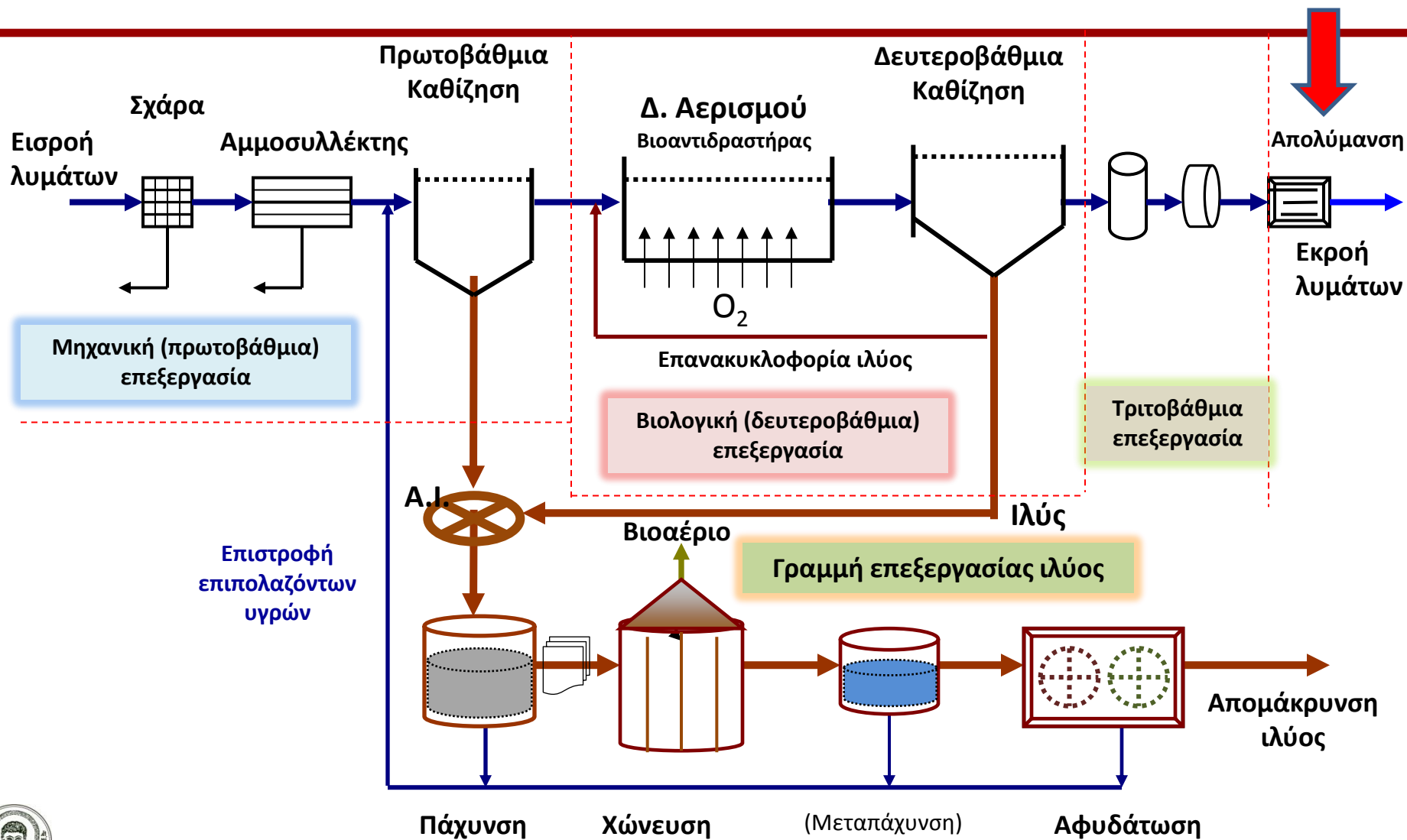


Απολυμαντικά

- Το απολυμαντικό μέσο πρέπει:
 - Να είναι δραστικό σε όλες τις κατηγορίες μικροοργανισμών που παρουσιάζονται ή αναμένεται να παρουσιασθούν στο σύστημα.
 - Να συμφέρει οικονομικά η εφαρμογή του.
 - Να μην δημιουργεί παρενέργειες στο σύστημα και να μη διευκολύνει την ανεξέλεγκτη ανάπτυξη ανεπιθύμητων ειδών.
 - Να μην δημιουργεί σοβαρούς κινδύνους για το προσωπικό και το περιβάλλον.



Απολύμανση λυμάτων





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Χλωρίωση

Μορφές του χλωρίου και ουσίες που συνδέονται με τη χλωρίωση

Χημικός τύπος	Ονοματολογία
Cl_2	Χλώριο
Cl^-	Χλωριούχο ιόν
ClO^-	Υποχλωριώδες ιόν
ClO_2^-	Χλωριώδες ιόν
ClO_3^-	Χλωρικό ιόν
ClO_4^-	Υπερχλωρικό ιόν
Cl_2O	Μονοξείδιο χλωρίου
ClO_2	Διοξείδιο του χλωρίου
NH_2Cl	Μονοχλωραμίνη
NHCl_2	Διχλωραμίνη
NCl_3	Τριχλωραμίνη

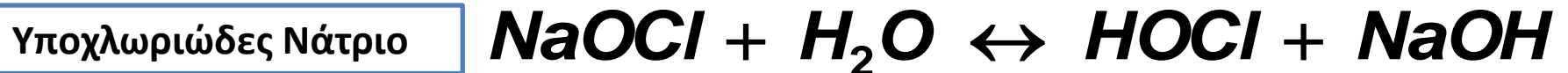
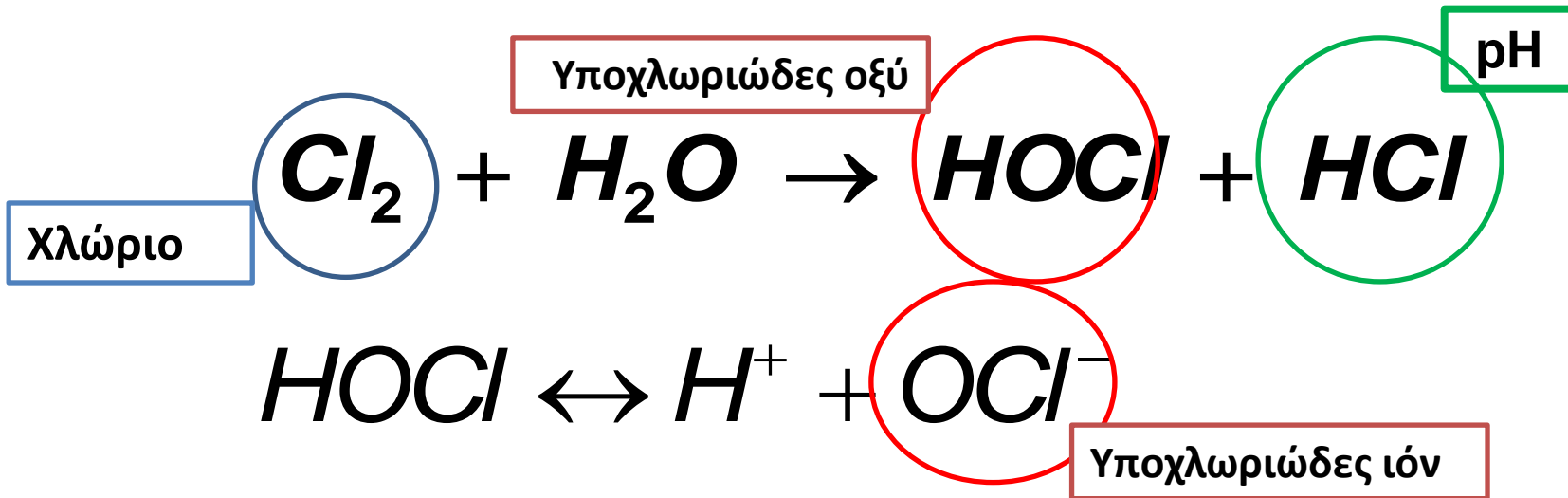


Συγκεντρώσεις αερίου χλωρίου που απαιτούνται για απολύμανση

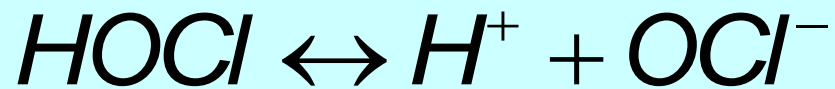
Είδος χλωρίωσης	Ποσότητα Cl ₂ (mg/L)
Απολύμανση ακατέργαστων λυμάτων	10-30
Απόσμηση	4
Απολύμανση επεξεργασμένων λυμάτων	2
Απολύμανση καθαρού νερού (ύδρευση)	0.1-0.5



Χλωρίωση (Χημικές αντιδράσεις)



Υποχλωριώδες οξύ – Υποχλωριώδες ión

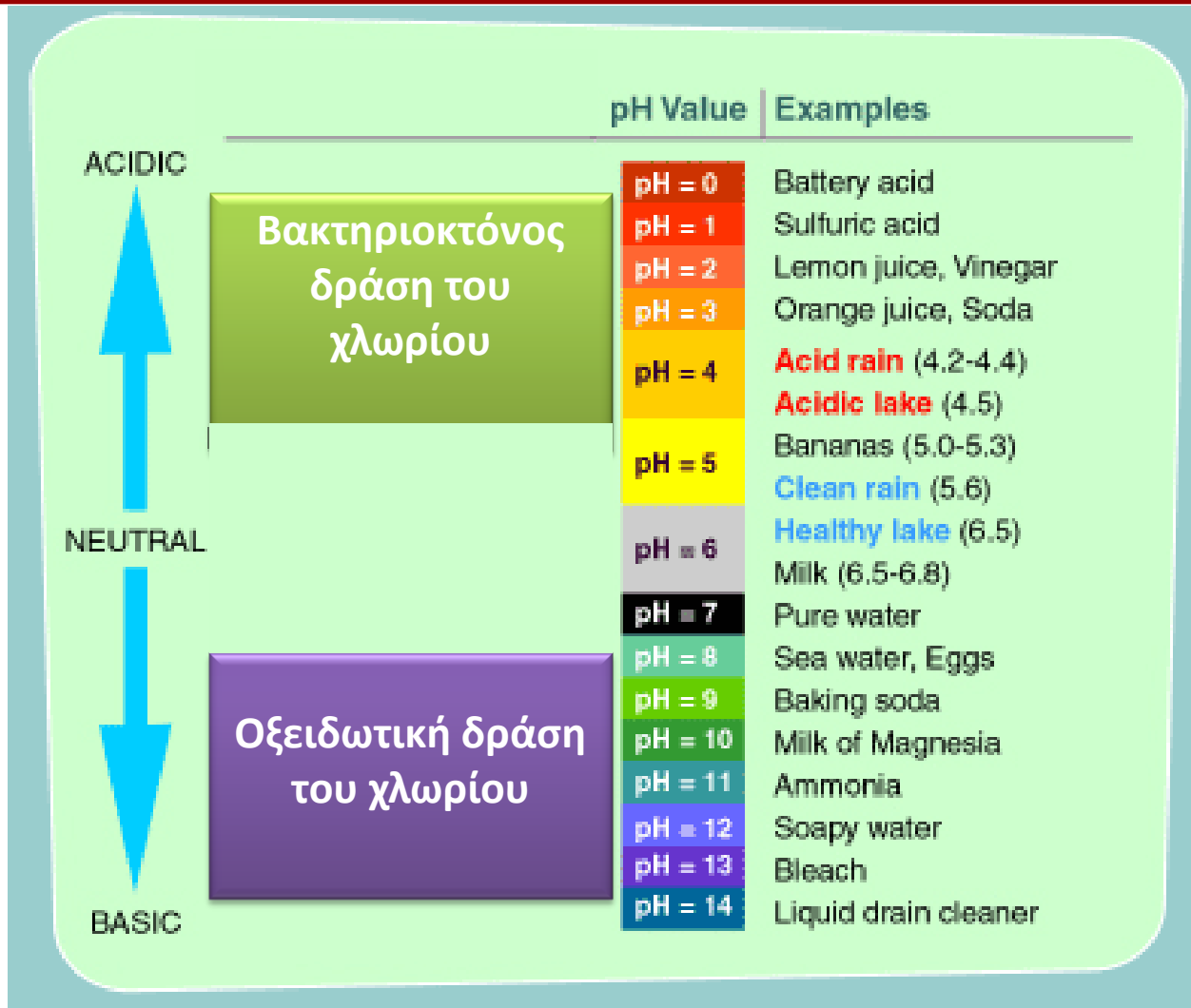


Η βακτηριοκτόνος δράση του υποχλωριώδους οξέως (HOCl) είναι ισχυρότερη από αυτήν του υποχλωριώδους íοντος.

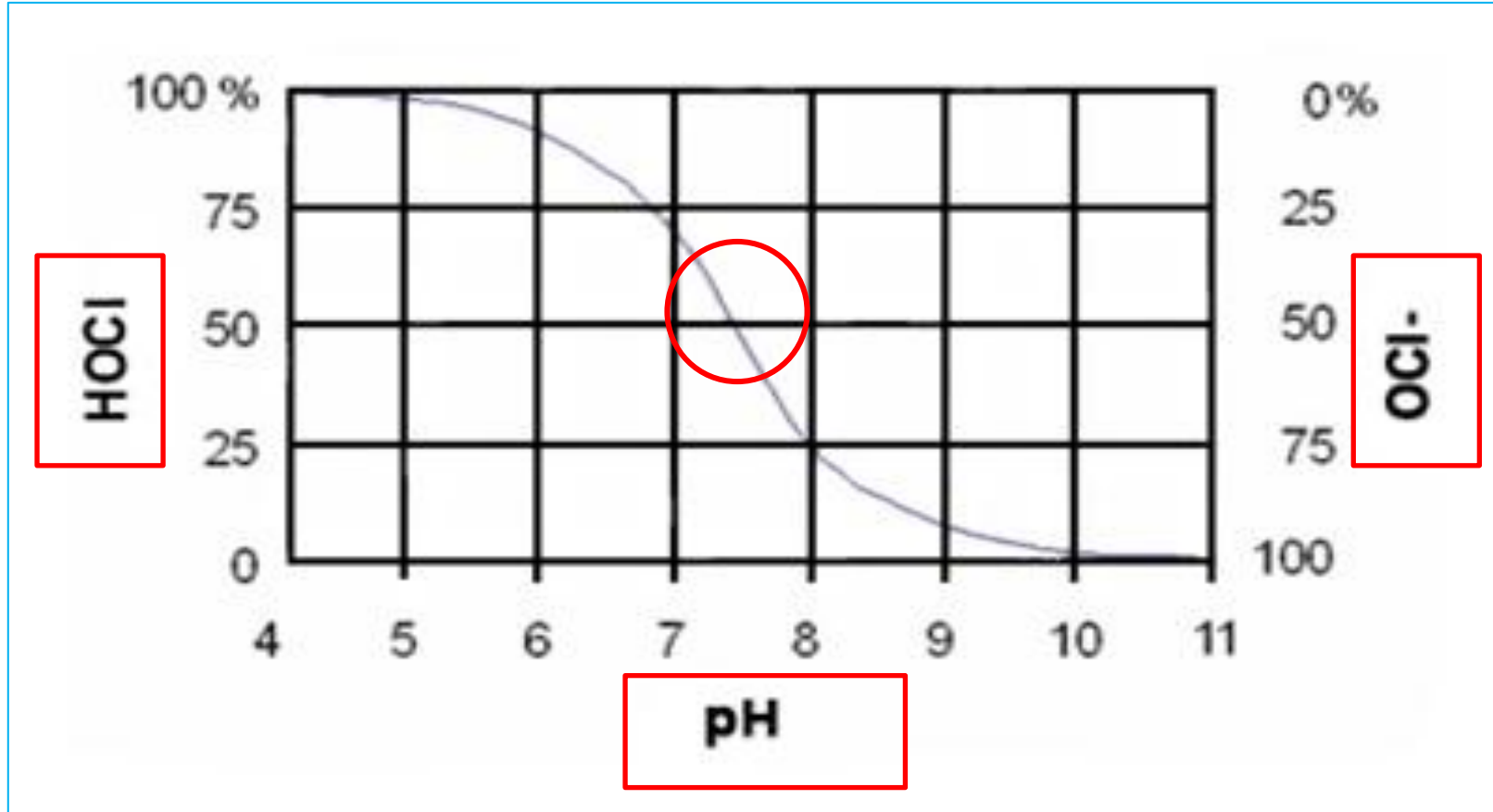
Έχει διαπιστωθεί ότι το υποχλωριώδες οξύ είναι 80-100% πιο αποτελεσματικό απ' ότi τα υποχλωριώδη íοντα. Η παρουσία όμως του υποχλωριώδους οξέως στο νερό εξαρτάται κυρίως από το pH. Έτσι, σε χαμηλές τιμές pH υπερισχύει το οξύ (HOCl), ενώ σε υψηλές τιμές υπερισχύουν τα υποχλωριώδη íοντα (OCl⁻)



Βακτηριοκτόνος / Οξειδωτική δράση του χλωρίου σε σχέση με το pH



Καμπύλη ιονισμού του HOCl σε σχέση με το pH σε θερμοκρασία 25 °C

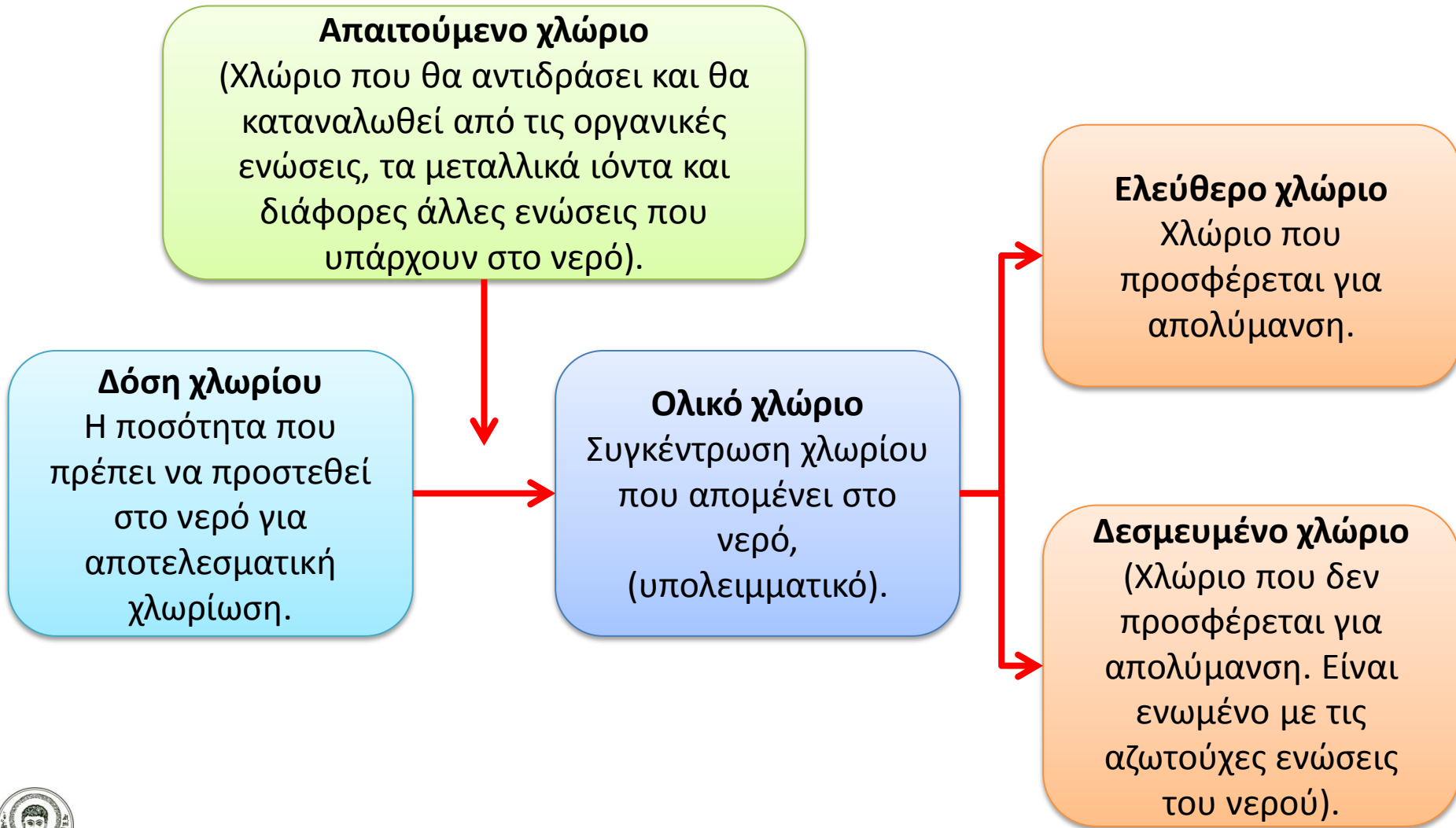


Ποσοστιαία αναλογία OCl^- και HOCl για διάφορες τιμές του pH

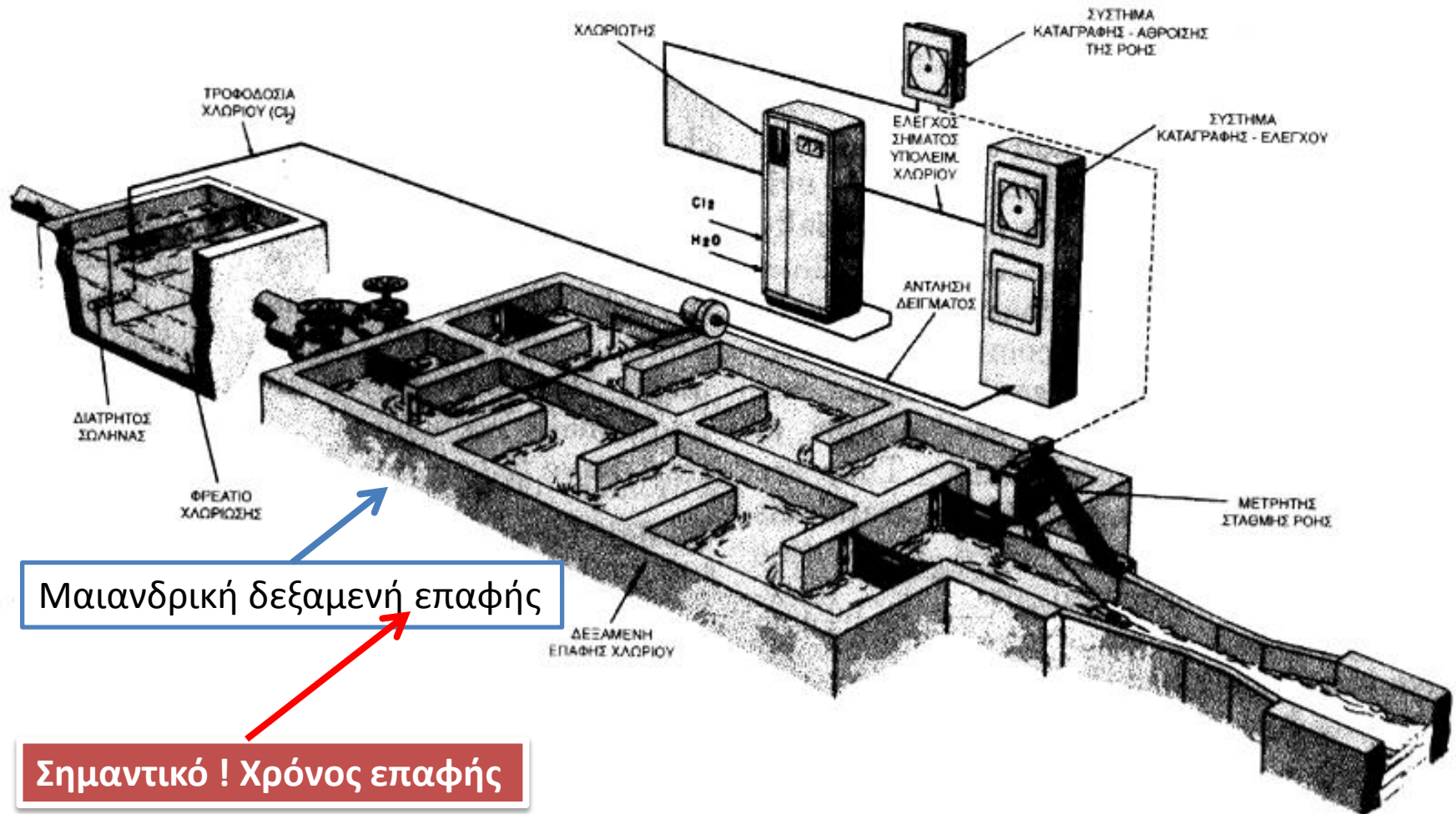
pH	OCl^-	HOCl
6,0	3,50%	96,5%
6,5	10,0%	90,0%
7,0	27,5%	72,5%
7,5	50,0%	50,0%
8,0	78,5%	21,5%
8,5	90,0%	10,0%
9,0	95,0%	5,0%



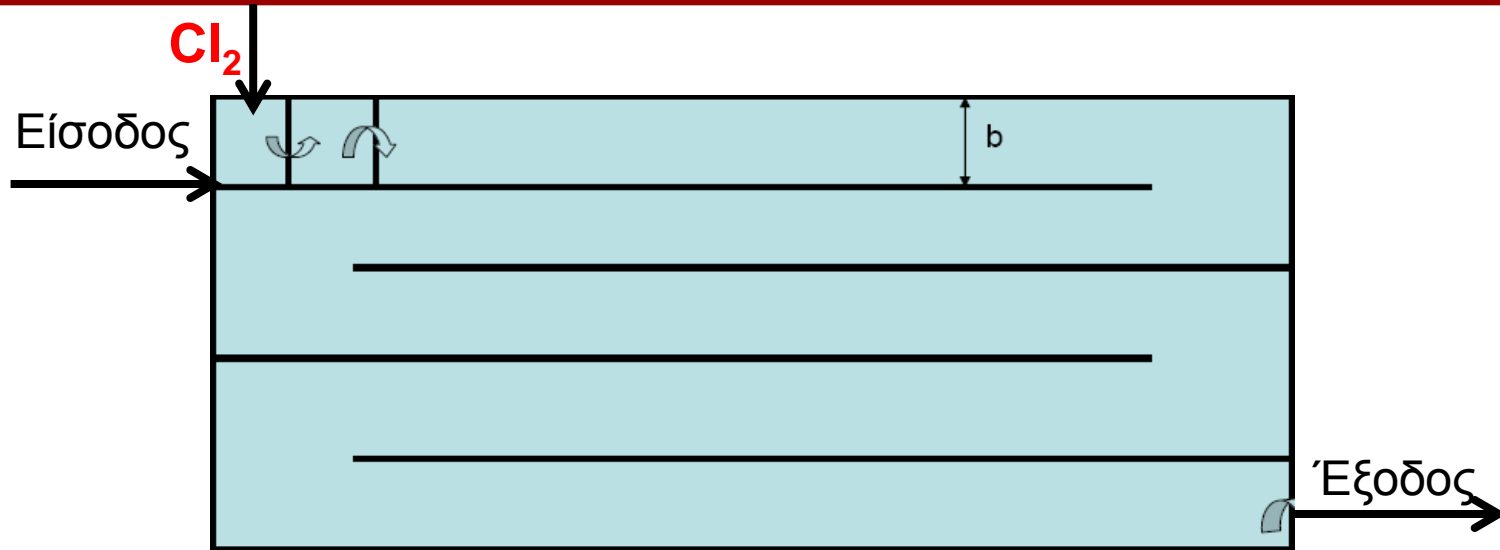
Ορολογία που χρησιμοποιείται κατά την απολύμανση νερού



Χλωρίωση λυμάτων



Δεξαμενή χλωρίωσης



Πηγή:
<http://www.johnstown-redevelopment.org/virtualtour.htm>

Πηγή:
http://www.sheboyganwwtp.com/3a_fi_nal_clarifiers.php

Πηγή:
<http://imgarcade.com/1/chlorination-of-wastewater/>

Μαιανδρικές δεξαμενές χλωρίωσης



Πηγή:

<http://www.johnstown-redevelopment.org/virtualtour.htm>



Πηγή:

<http://southbend.in.gov/government/content/treatment-plant>



Τυπικές δόσεις χλωρίου για χρόνο επαφής 30 λεπτών

Τύπος υγρών αποβλήτων	Αρχική μέτρηση CFU/100mL	Δόση χλωρίου (mg/L) για μείωση σε:			
		1000 CFU/100mL	200 CFU/100mL	23 CFU/100mL	≤22 CFU/100mL
Ανεπεξέργαστα απόβλητα	$10^7 - 10^9$	15 – 40	-	-	-
Πρωτοβάθμια εκροή	$10^7 - 10^9$	10 – 30	20 – 40	-	-
Εκροή ενεργού ιλύος	$10^5 - 10^6$	2 – 10	5 – 15	10 - 30	-
Διηθημένη εκροή ενεργού ιλύος	$10^4 - 10^6$	4 – 8	5 – 15	6 – 20	8 - 30
Εκροή αμμόφιλτρου	$10^2 - 10^4$	1 – 5	2 – 8	5 – 10	8 - 18

CFU: Colony Forming Units



Χλωρίωση – Αποχλωρίωση



Το χλώριο αντιδρά με οργανικές ενώσεις σχηματίζοντας αλογονοφόρμια ή τριαλομεθάνια (THM) όπως για παράδειγμα χλωροφόρμιο CHCl_3 .

Η ανησυχία για τις πιθανές επιπτώσεις των τριαλομεθανίων στην ανθρώπινη υγεία, άρχισε με την υπόθεση ότι το χλωροφόρμιο είναι καρκινογόνο.

Σήμερα μελετώνται και άλλες παρενέργειες όπως στειρότητα, επίδραση στα νεφρά ή το ήπαρ, επίδραση στο νεφρικό ή αιμοποιητικό σύστημα κ.λ.π.

- Είναι απαραίτητη γιατί η υψηλή υπολειμματική συγκέντρωση του χλωρίου είναι **τοξική για τους υδρόβιους οργανισμούς**.
- Για την αποχλωρίωση χρησιμοποιείται συνήθως **διοξείδιο του θείου (SO_2)** ή **ενεργός άνθρακας**.





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Οζόνωση

Το όζον (O₃) – Οζόνωση

Το O₃ έχει αντίστοιχη δράση με το χλώριο.

Δημιουργεί λιγότερα προβλήματα παραπροϊόντων απολύμανσης απ' ότι το Cl₂.

Η διαδικασία παραγωγής όζοντος είναι αρκετά επικίνδυνη και απαιτεί συντήρηση από εξειδικευμένο προσωπικό.

Η κατανάλωση ενέργειας είναι υψηλή και το κόστος μεγαλύτερο από αυτό για τη χλωρίωση.

- Το όζον έχει πολύ ισχυρή και γρήγορη απολυμαντική δράση επιτυγχάνοντας ταυτόχρονα καταστροφή των ιών.
- Για πλήρη καταστροφή των κυτταρικών δεσμών ακόμη και στην περίπτωση των ιών, απαιτούνται υπολειμματικές συγκεντρώσεις από **0,2 έως 0,5 mg/L** με χρόνο επαφής τουλάχιστον **6 λεπτά**.
- Η ποσότητα όζοντος που απαιτείται για την απολύμανση βιολογικά κατεργασμένων λυμάτων είναι **15 – 20 gr/m³** λυμάτων και η διάρκεια της αντίδρασης είναι **15 – 30 λεπτά**.



Συσκευές παραγωγής όζοντος

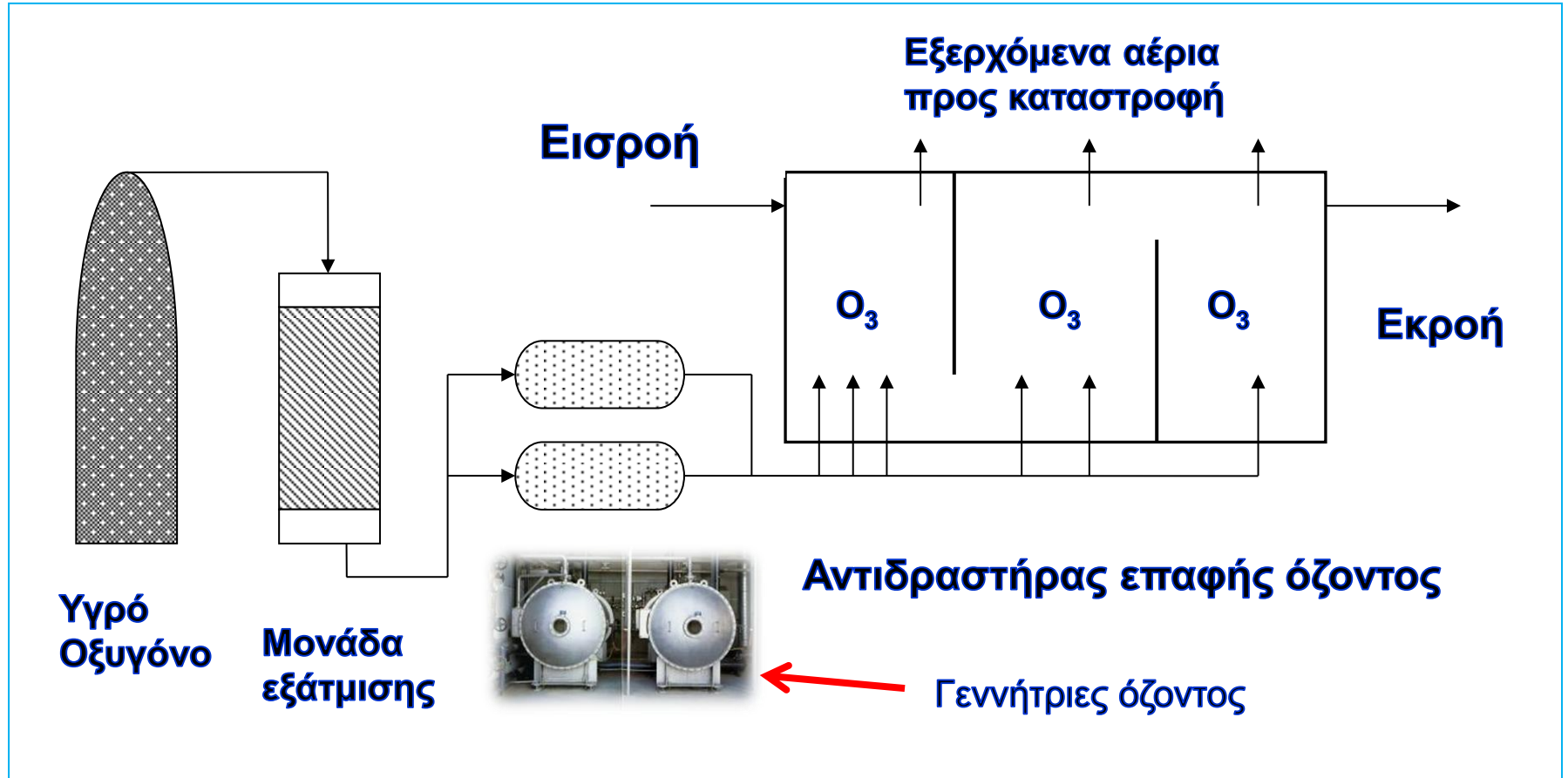


Πηγή:

<http://www.plastep.eu/english/project/>



Σχηματικό διάγραμμα οζόνωσης



Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα της απολύμανσης με όζον

- Δεν τίθενται θέματα ασφάλειας σε σχέση με τη μεταφορά και την αποθήκευση.
- Το όζον έχει εξαιρετικές απολυμαντικές ιδιότητες.
- Καταστρέφει ταχύτατα μικροοργανισμούς ανθεκτικούς στο χλώριο ή άλλα απολυμαντικά όπως αμοιβάδες, κόκκοι, μύκητες, μυξομύκητες, φύκια, σπόροι και κύστες.
- Η απολύμανση με όζον λαμβάνει χώρα σχεδόν ακαριαία.
- Οι χρόνοι εφαρμογής είναι μικροί, ο οζονισμός απαιτεί περίπου 20 min ενώ η χλωρίωση 30 – 35 min.
- Ο οζονισμός έχει μικρότερη ευαισθησία στο pH και τη θερμοκρασία.
- Η απολυμαντική ικανότητα παρουσιάζεται αναλλοίωτη για pH 6 – 10 και θερμοκρασία 2 – 30 °C.
- Με τον οζονισμό δεν προκαλείται αύξηση των ολικών διαλυμένων στερεών στα επεξεργασμένα απόβλητα.
- Επιτυγχάνεται μείωση του χρώματος και της θολότητας των αποβλήτων.
- Το υπολειμματικό όζον μιας διεργασίας απολύμανσης είναι εξίσου τοξικό με το υπολειμματικό χλώριο αλλά αποσυντίθεται πολύ γρήγορα, οπότε δεν δημιουργεί προβλήματα στον υδάτινο αποδέκτη.

- Υψηλό πάγιο και λειτουργικό κόστος.
- Ορισμένα βιομηχανικά απόβλητα περιέχουν ρυπαντές που καταναλώνουν οξειδωτικό ανταγωνιστικά, γεγονός που μπορεί να καταστήσει τον οζονισμό ασύμφορο.
- Απαιτείται πιλοτική εγκατάσταση για να βρεθεί η βέλτιστη δόση όζοντος.
- Σχηματίζονται ενώσεις επικίνδυνες για την υγεία όπως εποξειδία, βρωμικά και βρωμιωμένες οργανικές ενώσεις.





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

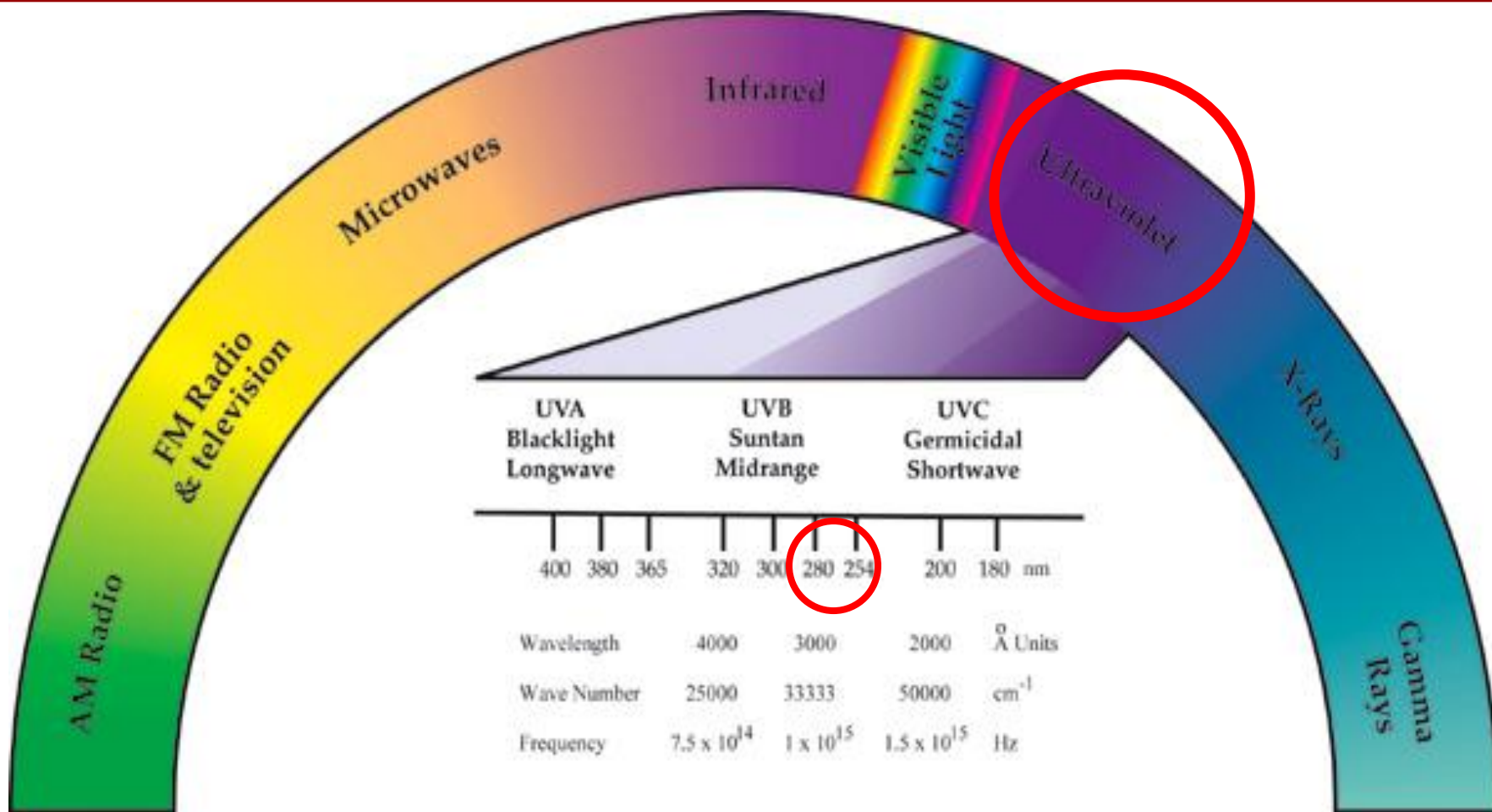
Απολύμανση με UV

Απολύμανση με UV

- Τα σοβαρά μειονεκτήματα της απολύμανσης με χλώριο (υπολείμματα χλωρίου στο νερό, σχηματισμός χλωροπαραγώγων, σχηματισμός δύσοσμων χλωροαμινών και χλωροφαινολών) έστρεψαν το ενδιαφέρον σε εναλλακτικές μεθόδους απολύμανσης.
- Η χρήση της UV ακτινοβολίας είναι μια καλή απάντηση στο πρόβλημα αφού σαν φυσική διεργασία δεν αφήνει υπολείμματα.
- Η ακτινοβολία UV έχει απολυμαντική δράση εναντίον των παθογόνων ιών και των βακτηριδίων.
- Μέχρι σήμερα δεν έχει μελετηθεί πλήρως η επίδρασή της στα περιεχόμενα χημικά στο νερό. Σε αρκετές περιπτώσεις υπολειμμάτων παρασιτοκτόνων επιταχύνει την διάσπαση αυτών.



Το φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

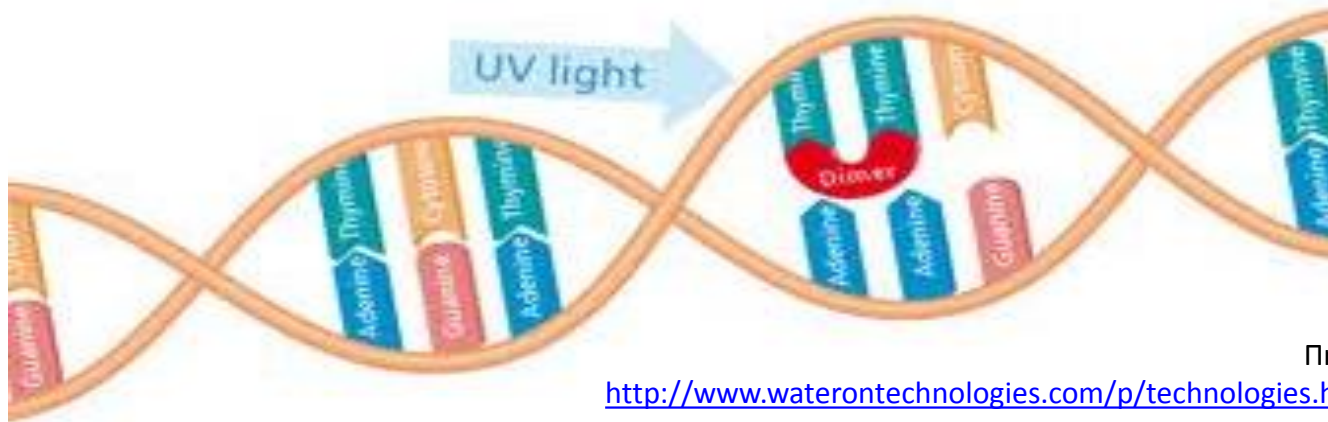


Πηγή:

<http://uvp.com/uvapplications.html>



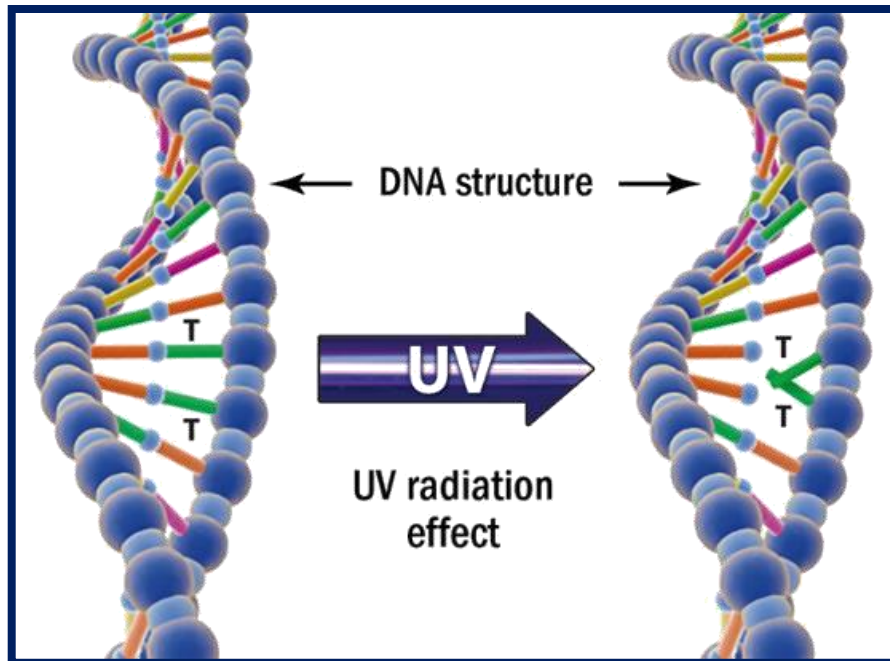
Απολύμανση με UV



- Η απολύμανση με UV είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική στην καταστροφή μονοκύτταρων μικροοργανισμών, όπως είναι οι παθογόνοι ιοί.
- Η καταστροφή των μικροοργανισμών οφείλεται στην **απορρόφηση της ακτινοβολίας από το γενετικό υλικό (DNA) των κυττάρων.**
- Η μέγιστη καταστροφική ικανότητα της υπεριώδους ακτινοβολίας επιτυγχάνεται σε μήκος κύματος **250 - 265 nm**, όπου αναφέρεται η μέγιστη απορρόφησή της από τα νουκλεϊκά οξέα.

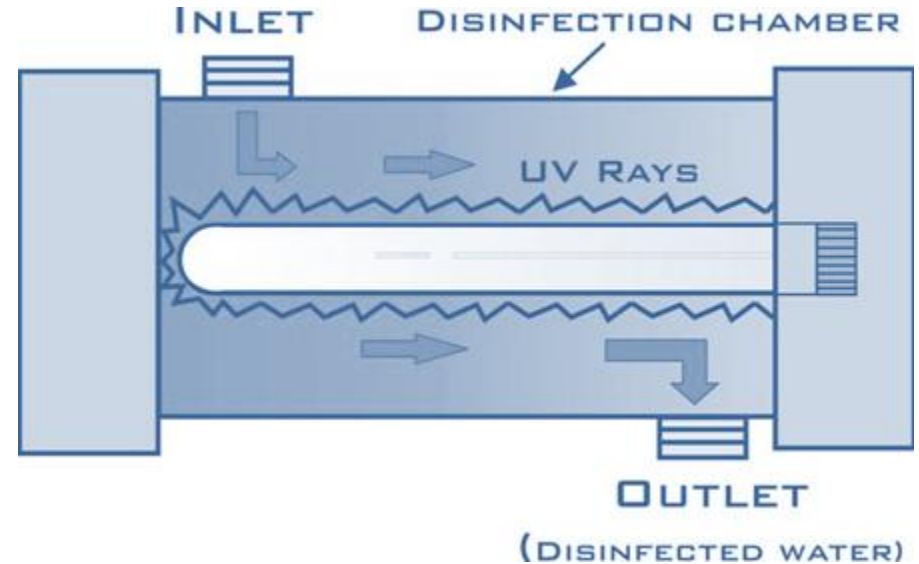


Απολύμανση με UV



Πηγή:

<http://www.lit-uv.com/technology/>



Πηγή:

http://www.synergyboreholes.co.uk/water_boreholes/index/uv/



Απολύμανση με UV



Πηγή:

<http://www.thewatertreatments.com/disinfection/disinfectant-types/>

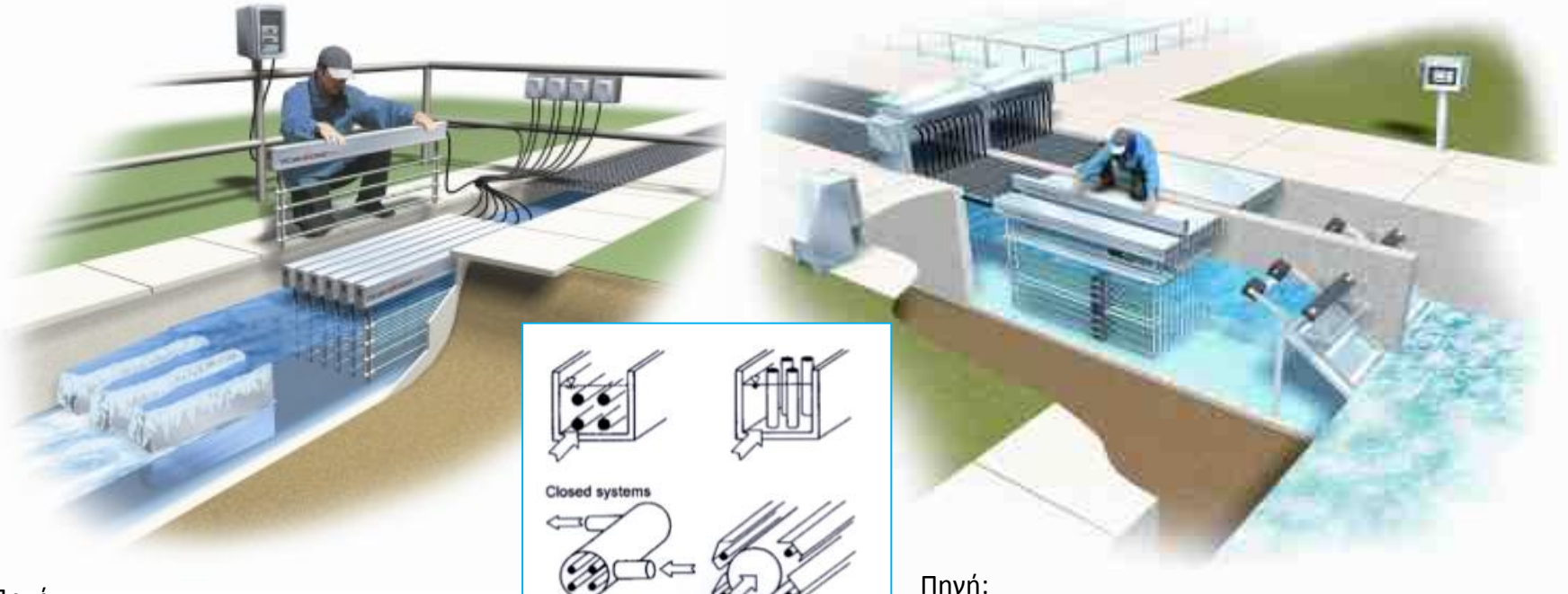


Πηγή:

<http://www.water-technology.net/contractors/disinfection/wedeco2/wedeco23.html>



Κανάλι απολύμανσης με UV



Πηγή:

http://www.michos.gr/en/index.php?lang=gr§ion=&option=contents&task=view_content&category=203&id=53

Πηγή:

<http://www.ceetwater.com/open-channel-uv-disinfection>

Τοποθέτηση συστοιχίας λαμπτήρων UV ακτινοβολίας για απολύμανση νερού



Κανάλι απολύμανσης με UV



Απολύμανση με UV

Δόση ακτινοβολίας

$$D = \frac{mW}{cm^2} \times s$$

mW = Ενέργεια ακτινοβολίας

s = Διάρκεια ακτινοβολίας (sec)

cm² = Επιφάνεια που ακτινοβολείται

Χρόνος και ένταση
ακτινοβολίας



Απολύμανση με UV

Ροή	Δόση UV
0.32 Lt/s	16.000 $\mu\text{W}\times\text{sec}/\text{cm}^2$
0.19 Lt/s	40.000 $\mu\text{W}\times\text{sec}/\text{cm}^2$
0.08 Lt/s	90.000 $\mu\text{W}\times\text{sec}/\text{cm}^2$



Προϋποθέσεις καλής απολύμανσης με UV

- Περιοδικός καθαρισμός των λαμπτήρων (π.χ. ανά 10 ημέρες).
- Χαμηλή περιεκτικότητα σε αιωρούμενα στερεά πριν από την απολύμανση (<20mg/L).



Απολύμανση με UV

Παράμετρος	Επίδραση στην αποτελεσματικότητα της απολύμανσης του νερού	Ανώτατο επιτρεπτό όριο για αποτελεσματική απολύμανση του νερού
pH	Επηρεάζει τη διαλυτότητα των μετάλλων, σχετίζεται με τη συγκέντρωση των ανθρακικών του νερού	6.5 – 9.5
Χρώμα	Το χρώμα δεν επηρεάζει την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης με UV ακτινοβολία	-
TSS	Απορροφούν την ακτινοβολία, δημιουργούν θύλακες προστασίας των μικροοργανισμών	10 mg/L
Θολότητα	Απορροφά την ακτινοβολία	5 NTU
Χουμικά	Απορροφούν την ακτινοβολία	
Σκληρότητα	Επηρεάζει τη διαλυτότητα των μετάλλων, δημιουργεί αποθέσεις αλάτων στους σωλήνες quartz που περιέχουν τους λαμπτήρες	< 6 °D
Fe	Απορροφά έντονα την ακτινοβολία	0.3 mg/L
Mn	Απορροφά έντονα την ακτινοβολία	0.05 mg/L
NH₃	Δεν επηρεάζει την απολύμανση	-
NO₂⁻	Δεν επηρεάζουν την απολύμανση	-
NO₃⁻	Δεν επηρεάζουν την απολύμανση	-



Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα

- Η μέθοδος είναι αποτελεσματική για πολλά και διάφορα είδη μικροοργανισμών.
- Δεν επιφέρει χημικές μεταβολές στα απόβλητα οπότε δεν μεταβάλλει την επίπτωσή τους στον υδάτινο αποδέκτη.
- Δεν υπάρχει τοξική υπολειμματική συγκέντρωση.
- Ο εξοπλισμός καταλαμβάνει μικρό χώρο και είναι σχετικά οικονομικός.

- Πτώση της απόδοσης των συσκευών ακτινοβολίας.
- Μείωση της διάρκειας ζωής των λαμπτήρων.
- Οι λαμπτήρες και οι επιφάνειες ανάκλασης λερώνουν με την πάροδο του χρόνου.
- Απουσία μετρήσιμης υπολειμματικής ποσότητας (δυσκολία όσον αφορά τον άμεσο έλεγχο της διαδικασίας).
- Απουσία μεθόδων μέτρησης της δόσης, γεγονός που παρεμποδίζει επίσης τον έλεγχο και την πιθανότητα φωτοεπισκευής των κυττάρων που έχουν πληχθεί από την ακτινοβολία UV.



Σύγκριση των τριών μεθόδων απολύμανσης

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ		
	Οζόνωση	UV	Χλωρίωση
Απομάκρυνση κολοβακτηριδίων	Πολύ καλή	Πολύ καλή	Πολύ καλή
Απομάκρυνση ιών	Πολύ καλή	Καλή	Μέτρια
Επανάπτυξη μικροοργανισμών	Καμία	Σημαντική	Ελάχιστη
Επίδραση στον αποδέκτη	Καμία	Καμία	Πολλά στερεά
Παραπροϊόντα απολύμανσης	Κανένα	Κανένα	Αλογονοφόρμια
Επικινδυνότητα παραπροϊόντων	Μηδενική	Μηδενική	Μεγάλη
Επικινδυνότητα χημικών	Καμία	Καμία	Μεγάλη
Κόστος εγκατάστασης	Σημαντικό	Σημαντικό	Μέσο
Κόστος λειτουργίας και συντήρησης	Μέσο	Σημαντικό	Μέσο
Απαιτούμενη έκταση εγκατάστασης	Μέση	Μικρή	Μεγάλη



Απομάκρυνση ρυπαντών από τα υγρά απόβλητα με απολύμανση και προσρόφηση

Ρυπαντής	Απολύμανση	Προσρόφηση
Suspended Organic Matter	-	ΚΑΛΗ – ΑΡΙΣΤΗ
Dissolved Organic Matter	-	ΚΑΛΗ – ΑΡΙΣΤΗ
Ammonia Nitrogen	ΜΕΤΡΙΑ – ΚΑΛΗ	ΜΕΤΡΙΑ – ΚΑΛΗ
Inorganic Nitrogen	-	ΚΑΚΗ
Phosphorus	-	-
Sulfides	ΚΑΛΗ – ΑΡΙΣΤΗ	ΚΑΛΗ – ΑΡΙΣΤΗ
VOC	-	-
SOC	ΚΑΚΗ	ΚΑΛΗ – ΑΡΙΣΤΗ
Pesticides	ΚΑΚΗ	ΚΑΛΗ – ΑΡΙΣΤΗ
Heavy metals	-	ΚΑΛΗ – ΑΡΙΣΤΗ
Pathogens	ΚΑΛΗ – ΑΡΙΣΤΗ	-

ΚΑΚΗ : 0 – 20 % Απομάκρυνση

ΜΕΤΡΙΑ : 20 – 60 % Απομάκρυνση

ΚΑΛΗ : 60 – 90 % Απομάκρυνση

ΑΡΙΣΤΗ : 90 – 100 % Απομάκρυνση



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Ευθύμιος Νταρακάς.
«Τεχνική Περιβάλλοντος». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2014.

Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:
<http://eclass.auth.gr/courses/OCRS460/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Παρόμοια Διανομή [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».



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

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





Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Ολυμπία Τασκάρη
Θεσσαλονίκη, 1/9/2014



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Σημειώματα

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

