



Πανεπιστήμιο
Αιγαίου

Ανοικτά
Ακαδημαϊκά
Μαθήματα



ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΝΕΡΟΥ

Διδάσκων: Επίκουρος Καθηγητής Αθ. Στασινάκης



Άδειες Χρήσης

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. Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, διαγράμματα, κείμενα, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα. Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου**» 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.



Απομάκρυνση Ρύπων από Υδατικά Διαλύματα

Φυσικοχημικές Μεθόδους

Καθίζηση

Επίπλευση

Διήθηση

Προσρόφηση

Απολύμανση

....

Βιολογικές Μεθόδους

Ενεργός ιλύς

Βιολογικά Φίλτρα

Αναερόβια επεξεργασία

Κομποστοποίηση

....



Φυσικοχημικές Μέθοδοι

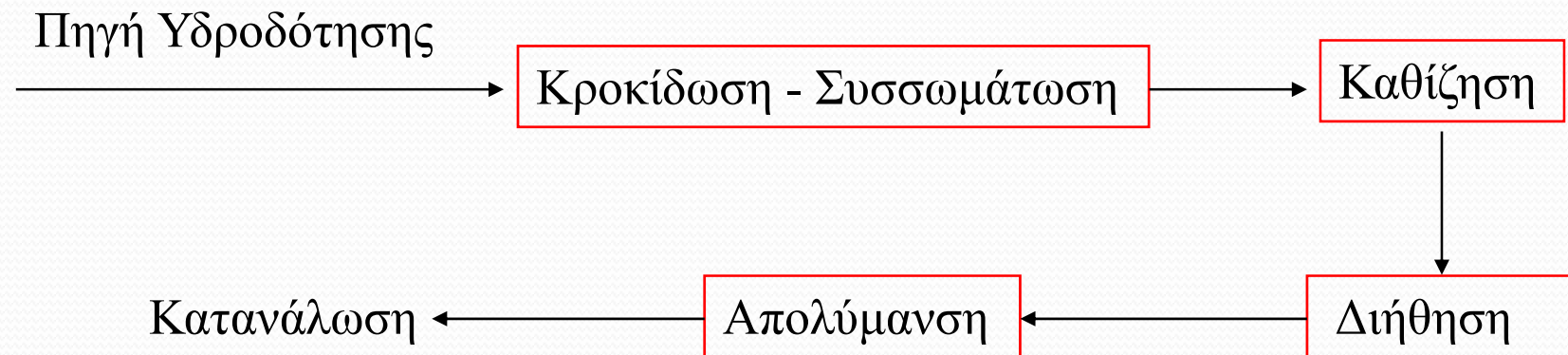


Συστήματα Επεξεργασίας Πόσιμου Νερού

Στόχος: βελτίωση ποιότητας πόσιμου νερού (Οδηγία 98/83/ΕΚ)

Η εφαρμοζόμενη μέθοδος επεξεργασίας εξαρτάται από την πηγή υδροδότησης

Τυπικό Σύστημα Επεξεργασίας Πόσιμου Νερού



Κροκίδωση - Συσσωμάτωση

Στόχος: απομάκρυνση κολλοειδών σωματιδίων

- ✓ αρνητικά φορτισμένα σωματίδια μικρού μεγέθους (0,01 μm – 10 μm)
- ✓ άργιλος, οξείδια μετάλλων, μικροοργανισμοί.....
- ✓ πιθανή προσρόφηση οργανικών ενώσεων σε κολλοειδή

Αύξηση μεγέθους \longrightarrow **Καθίζηση**

Επίδραση Μεγέθους Σωματιδίου στο Χρόνο Καθίζησης

Διάμετρος (μm)	Χρόνος καθίζησης κατά 1m (sec)
10000	1 sec
1000	10 sec
100	2 min
10	2 h
1	8 days
0,1	2 χρόνια
0,01	20 χρόνια

Κροκίδωση - Συσσωμάτωση

Κροκίδωση (coagulation): μείωση των ηλεκτροστατικών δυνάμεων απώθησης που υπάρχουν μεταξύ των ομοιόμορφα φορτισμένων αιωρούμενων στερεών στο νερό

Συσσωμάτωση (flocculation): σύνολο μηχανισμών με τους οποίους προκαλείται σύγκρουση και συγκόλληση των κολλοειδών σωματιδίων σε σωματίδια μεγαλύτερου μεγέθους

Κροκιδωτικά: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \times 18 \text{H}_2\text{O}$, FeCl_3 , FeSO_4 ,.....

Συστήματα Επεξεργασίας Πόσιμου Νερού

Κροκίδωση

Προσθήκη στο διάλυμα ιόντων αντίθετου φορτίου από φορτίο κολλοειδών



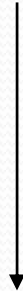
Όσο υψηλότερο το φορτίο ιόντος τόσο αποτελεσματικότερη η εξουδετέρωση
(Na^+ , Ca^{2+} , Al^{3+})

Συστήματα Επεξεργασίας Πόσιμου Νερού

Συσσωμάτωση

Συσσωμάτωση εξαρτάται από:

Συγκρούσεις μεταξύ των στερεών που προκαλούνται από τη σχετική τους κίνηση



Όταν δεν υπάρχουν απωθητικές δυνάμεις, κάθε σύγκρουση οδηγεί σε συσσωμάτωση

Συστήματα Επεξεργασίας Πόσιμου Νερού


Κροκίδωση - Συσσωμάτωση

Τυπικό σύστημα κροκίδωσης - συσσωμάτωσης

Δεξαμενή ταχείας ανάμιξης: προσθήκη κροκιδωτικού σε δεξαμενή με χρόνο παραμονής 30-60 sec

Δεξαμενή αργής ανάμιξης: συσσωμάτωση, χρόνος παραμονής 30 min

<http://www.youtube.com/watch?v=M2gRyYR482A>



Συστήματα Επεξεργασίας Πόσιμου Νερού

Καθίζηση

Στόχος: παραμονή νερού σε δεξαμενή για ικανό χρονικό διάστημα για την καθίζηση αιωρουμένων στερεών (1-10 ώρες)

Συστήματα Επεξεργασίας Πόσιμου Νερού

Καθίζηση

$$\theta = \frac{V}{Q}$$

Όπου:

θ = υδραυλικός χρόνος παραμονής (ώρες)

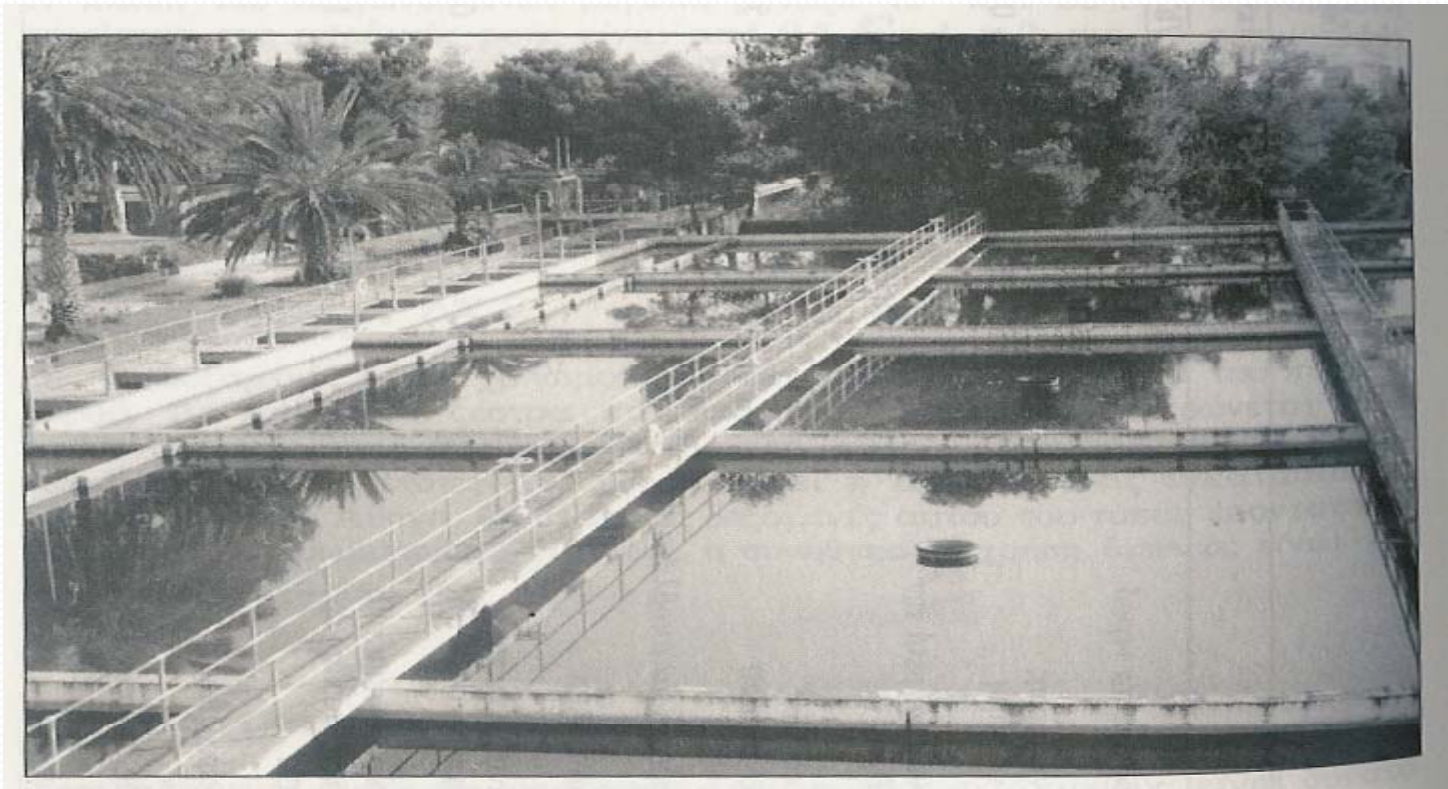
V = όγκος δεξαμενής (m^3)

Q = παροχή εισερχόμενου νερού ($m^3/ώρα$)

Μεγαλύτερο θ => Μεγαλύτερη απομάκρυνση Στερεών => Μεγαλύτερο V

Συστήματα Επεξεργασίας Πόσιμου Νερού

Καθίζηση



Ορθογωνική Δεξαμενή (ΜΕΥΑ Γαλατσίου)

Συστήματα Επεξεργασίας Πόσιμου Νερού

Καθίζηση



Κυκλική δεξαμενή καθίζησης

<https://www.youtube.com/watch?v=zfOIQBOstvw>

Συστήματα Επεξεργασίας Πόσιμου Νερού

Διήθηση

Στόχος: απομάκρυνση μικρότερων αιωρουμένων στερεών μέσω διέλευσης νερού από πορώδες μέσο

Διηθητικά Υλικά: άμμος, ανθρακίτης ενεργός άνθρακας, συνθετικοί κόκκοι από πολυαιθυλένιο

Συστήματα Επεξεργασίας Πόσιμου Νερού

Διήθηση

Φίλτρα Χαμηλής Ροής

- Στρώμα άμμου (30 – 75 cm) υποστηρίζεται σε στρώμα χαλικιών
- Ταχύτητα διήθησης: 0,010-0,110 mm/sec
- Χρόνος καθαρισμού: κάθε 20-60 μέρες
- Μέθοδος καθαρισμού: Απομάκρυνση επάνω στρώματος (1-3 cm) και έκπλυση του υπολοίπου από πάνω
- **Απαιτούμενη Επιφάνεια: 100 – 2000 m²**

Συστήματα Επεξεργασίας Πόσιμου Νερού

Διήθηση

Φίλτρα Υψηλής Ροής

- Στρώμα άμμου (60-100 cm) υποστηρίζεται σε στρώμα χαλικιών
- Ταχύτητα διήθησης: 5-15 mm/sec
- Χρόνος καθαρισμού: κάθε 12-72 ώρες
- Μέθοδος καθαρισμού: Έκπλυση κατά αντιστροφή με υψηλή ταχύτητα
- **Απαιτούμενη Επιφάνεια: 10-80 m²**

<http://www.agr.gc.ca/eng/science-and-innovation/agricultural-practices/water/ponds-and-dugouts/farm-surface-water-management/filtration-how-does-it-work-/?id=1189695164631>



Συστήματα Επεξεργασίας Πόσιμου Νερού

Απολύμανση

Στόχος: θανάτωση παθογόνων μικροοργανισμών

Απολύμανση



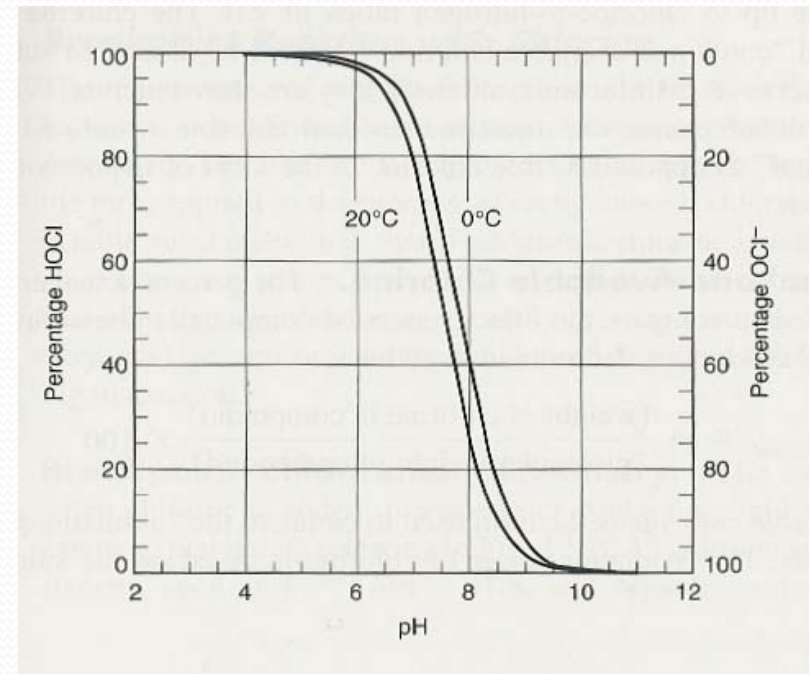
Βασικές αντιδράσεις:

1. $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HOCl} + \text{H}^+ + \text{Cl}^-$ (υδρόλυση)
2. $\text{HOCl} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OCl}^-$ (ιονισμός)

$\text{HOCl} + \text{OCl}^- =$ ελεύθερο διαθέσιμο χλώριο



τοξικότερο



Απολύμανση

Επίδραση Χρόνου επαφής:

Αύξηση χρόνου επαφής – Αύξηση θανάτωσης μικροοργανισμών

$$N_t = N_0 e^{-kt}$$

N_t = αριθμός μικροοργανισμών τη χρονική στιγμή, t

N_0 = αριθμός μικροοργανισμών για $t = 0$

k = σταθερά θανάτωσης μικροοργανισμών (χρόνος⁻¹)

t = χρόνος

Συστήματα Επεξεργασίας Πόσιμου Νερού

Απολύμανση – Cl₂

- + Παρουσία υπολειμματικού χλωρίου στο δίκτυο ύδρευσης
- Σχηματισμός τριαλογονωμένων μεθανίων, THMs (CHCl₃)

Συστήματα Επεξεργασίας Πόσιμου Νερού

Απολύμανση

Άλλες ουσίες που χρησιμοποιούνται:

Χλωραμίνες => όχι ιδιαίτερα ισχυρό απολυμαντικό

ClO_2 => δραστικό αλλά και υψηλό κόστος

O_3 => δραστικό, όχι υπολειμματική δράση

<http://www.agr.gc.ca/eng/science-and-innovation/agricultural-practices/water/ponds-and-dugouts/farm-surface-water-management/disinfection-why-is-it-necessary-/?id=1189692479708>

Αττική

Πηγές Υδροληψίας

- ✓ Ταμιευτήρας Μαραθώνα (κατασκευή 1925-1929, τροφοδοτείται από ταμιευτήρες Υλίκης, Μόρνου)
- ✓ Ταμιευτήρας Υλίκης (φυσική λίμνη, χρήση από 1956)
- ✓ Ταμιευτήρας Μόρνου (κατασκευή 1972-1979)
- ✓ Ταμιευτήρας Ευήνου (κατασκευή 1992-2001, Σήραγγα Ευήνου – Μόρνου για μεταφορά υδάτων από το φράγμα στον ταμιευτήρα Μόρνου)
- ✓ 100 γεωτρήσεις

Αττική

Μονάδες Επεξεργασίας Νερού

MEN Γαλατσίου (1931)

MEN Αχαρνών (1970)



$1,9 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{O}/\text{ημέρα}$

MEN Πολυδενδρίου (1986)

MEN Μάνδρας (1997)

Προσθήκη χλωρίου (προχλωρίωση)

Προσθήκη θειικού αργιλίου (κροκίδωση)

Καθίζηση (απομάκρυνση 80% αιωρούμενων στερεών)

Διήθηση (απομάκρυνση 20% αιωρούμενων στερεών)

Μεταχλωρίωση

Αττική

Δίκτυα Ύδρευσης

Μήκος Δικτύων: 7000 χλμ

Κατασκευή δικτύου: (1926.....)

Υλικό κατασκευής

65% σωλήνες από αμιαντοτσιμέντο

15% χαλυβδοσωλήνες

15% χυτοσίδηροι σωλήνες

5% σωλήνες PVC