



Τεχνική Περιβάλλοντος

Ενότητα 8: Απονιτροποίηση - Αποφωσφάτωση - Απολύμανση

Αντιγόνη Ζαφειράκου
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών



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.



Τεχνολογία Επεξεργασίας Λυμάτων

- Α' ΜΕΡΟΣ (Γενικά)

- Συστήματα επεξεργασίας λυμάτων
- Διαγράμματα ροής εγκαταστάσεων επεξεργασίας λυμάτων
- Τεχνικά έργα επεξεργασίας λυμάτων και πόσιμου νερού

- Β' ΜΕΡΟΣ (Ειδικά)

- Εσχάρωση λυμάτων
- Αμμοσυλλογή λυμάτων
- Καθίζηση λυμάτων
- Αερισμός λυμάτων
- Διυλιστήρια λυμάτων
- **Απονιτροποίηση**
- **Αποφωσφάτωση**
- **Απολύμανση λυμάτων**
- Επεξεργασία βοθρολυμάτων



Αποδόσεις διαφόρων σταδίων καθαρισμού

Πίνακας 1.

Παράμετρος	Ανεπεξέργαστα λύματα	Μηχανικός Καθαρισμός	Βιολογικός χωρίς νιτροποίηση	Βιολογικός με νιτροποίηση + Απονιτροποίηση	Βιολογικός με νιτροποίηση απονιτροποίηση + απομάκρ. P
Στερεά (σύνολο)	~400	180	40	20	10
BOD₅	400	250	40	15	15
Ολικός - P	15	10 – 15	8 – 10	8 – 10	2
N-NH₄	40	35	30 - 35		

* Τιμές σε mg / l





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Απονιτροποίηση

Επιλογή μεθόδου βιολογικής επεξεργασίας

- **ΧΩΡΙΣ ΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ:** όταν οι προδιαγραφές του αποδέκτη επιτρέπουν τη διάθεση λυμάτων με μέση τιμή οργανικού φορτίου

$$\phi_{\text{EK.}} \leq 20 \text{ mgBOD}_5 / \text{lt}$$

- **ΜΕ ΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ:** όταν οι προδιαγραφές του αποδέκτη επιτρέπουν τη διάθεση λυμάτων με συγκέντρωση αμμωνιακών ($\text{NH}_4^+ - \text{N}$)

$$\phi_{\text{EK.}} \leq 3 \text{ mg}(\text{NH}_4^+ - \text{N}) / \text{lt}$$



Βιολογική επεξεργασία

ΜΕ νιτροποίηση

- Επιλέγεται όταν οι προδιαγραφές του **αποδέκτη** επιτρέπουν τη διάθεση λυμάτων με συγκέντρωση **αμμωνιακών** $(\text{NH}_4^+ - \text{N}) \leq 3 \text{ mg/l}$
- Βασικές παράμετροι για **$T \geq 15^\circ \text{C}$**
 - $\Phi_B = 0,15 \text{ kg BOD/kg}\cdot\text{d}$ (για $T < 10^\circ \text{C}$, $\Phi_B < 0,15 \text{ kg/kg}\cdot\text{d}$)
 - $B = 3,3 \text{ kg BOD/m}^3$ ($2,5 \text{ kg/m}^3$ όταν $\Delta\text{OI} > 150 \text{ ml/g}$)
 - $\Phi = 0,5 \text{ kg/m}^3\cdot\text{d}$



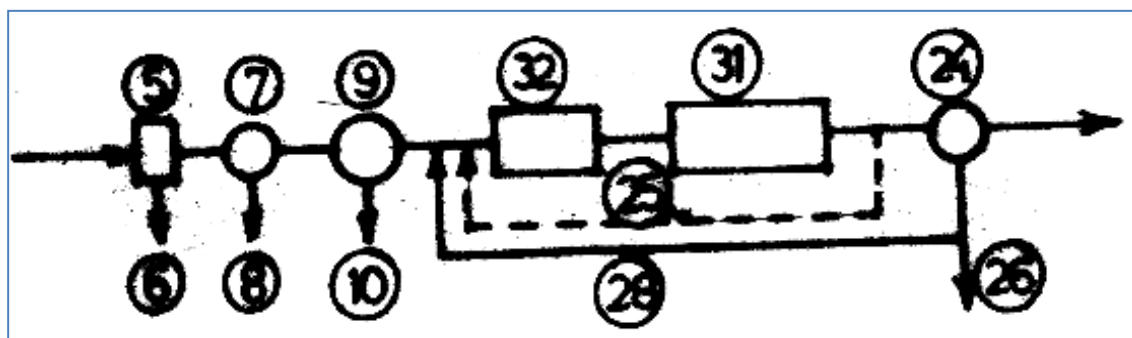
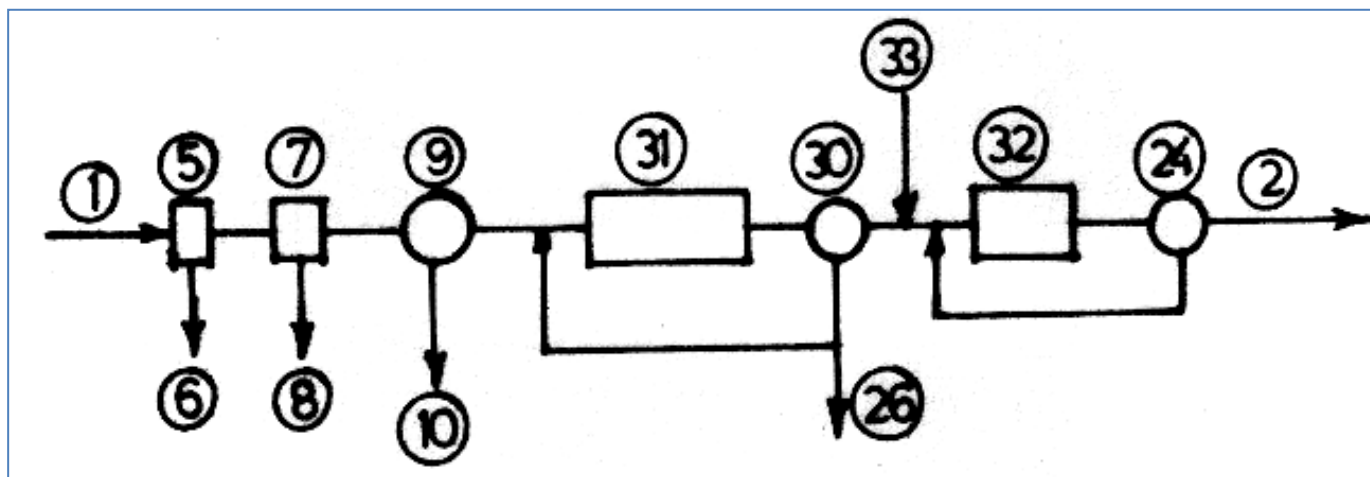
Βιολογική επεξεργασία

ΜΕ νιτροποίηση

- **Χρόνος παραμονής** λυμάτων στις δεξαμενές αερισμού σε παντορροϊκό δίκτυο **> 1,5 h**
- **Ποσότητα οξυγόνου** για τον εμπλουτισμό των λυμάτων:
2,5 kg O₂ /kg BOD₅



Εναλλακτικές μέθοδοι νιτροποίησης – απονιτροποίησης



- (31) Νιτροποίηση
- (30) Δ.Κ.
- (33) Τροφή βακτηριδίων
- (32) Απονιτροποίηση
- (24) Δ.Τ.Κ.

Σχήμα 2.



Νιτροποίηση – Απονιτροποίηση

- Όταν η δεξαμενή απονιτροποίησης τοποθετείται **μετά** την δεξαμενή νιτροποίησης
 - Παρατηρείται **έλλειψη τροφής** στη Δ.Απονιτροποίησης
 - Η απονιτροποίηση εξελίσσεται με πολύ **βραδείς ρυθμούς**
 - Διαστασιολογείται για πολύ **μεγάλους χρόνους παραμονής** των λυμάτων

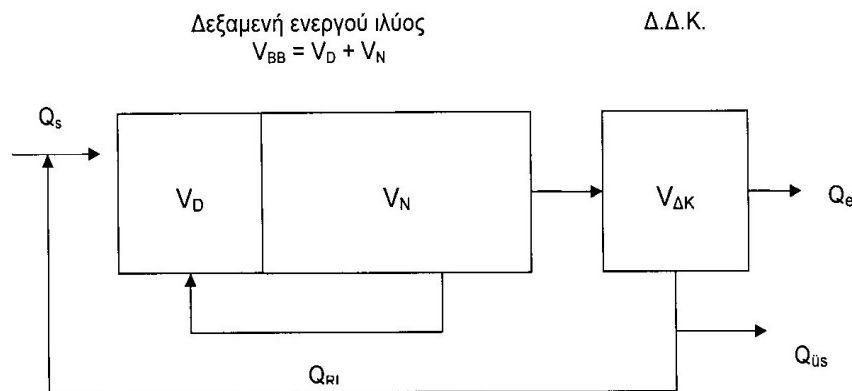


Απονιτροποίηση – Νιτροποίηση

- Η πιο συχνά εφαρμοζόμενη λύση σήμερα
- Όταν η δεξαμενή απονιτροποίησης τοποθετείται **πριν** την δεξαμενή νιτροποίησης
 - Τα **εισερχόμενα λύματα** αναμιγνύονται με τα λύματα και την ιλύ επανακυκλοφορίας
 - Τα **βακτηρίδια** απονιτροποίησης αναπτύσσονται ταχύτατα, χρησιμοποιώντας σαν τροφή τις οργανικές ουσίες των λυμάτων
 - Το **άζωτο** διαφεύγει στην ατμόσφαιρα με τον αερισμό των λυμάτων στη Δ.Ν. που ακολουθεί



Λειτουργία συστήματος δεξαμενή ενεργού ιλύος–δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης



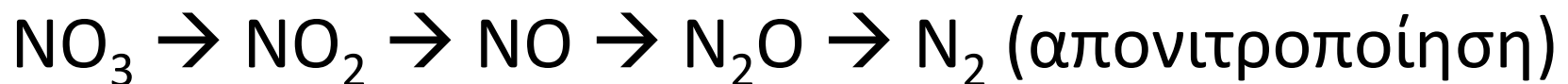
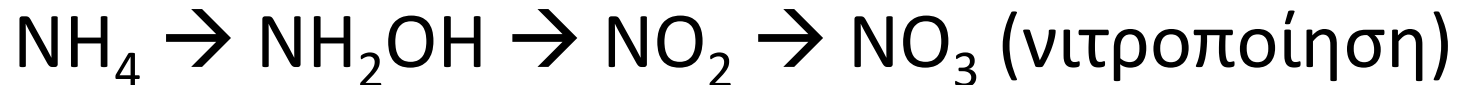
- V_D : όγκος απονιτροποίησης
- V_N : όγκος νιτροποίησης και οξείδωσης ενώσεων άνθρακα
- $V_{\Delta K}$: όγκος δεξαμενής δευτεροβάθμιας καθίζησης
- Q_{RS} : επανακυκλοφορία ιλύος
- Q_{RI} : ανακυκλοφορία μικτού υγρού
- $Q_{\ddot{u}s}$: πλεονάζουσα ιλύς προς απομάκρυνση / επεξεργασία
- Q_s : εισερχόμενα λύματα
- Q_e : εξερχόμενα επεξεργασμένα λύματα



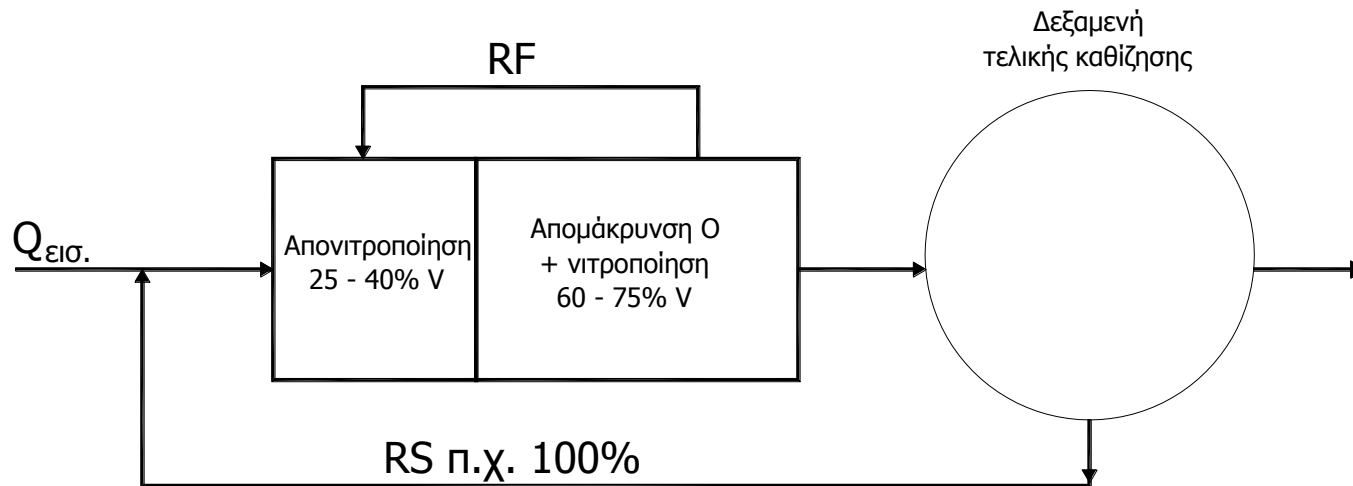
Απομάκρυνση αζώτου

Α' στάδιο : οξείδωση ενώσεων αζώτου σε NO_3
(νιτροποίηση)

Β' στάδιο : κατανάλωση του οξυγόνου του NO_3
από κατάλληλους μικροοργανισμούς σε
περιβάλλον ανοξικό
(απονιτροποίηση). Απελευθέρωση του
αερίου N_2 .



Απομάκρυνση αζώτου

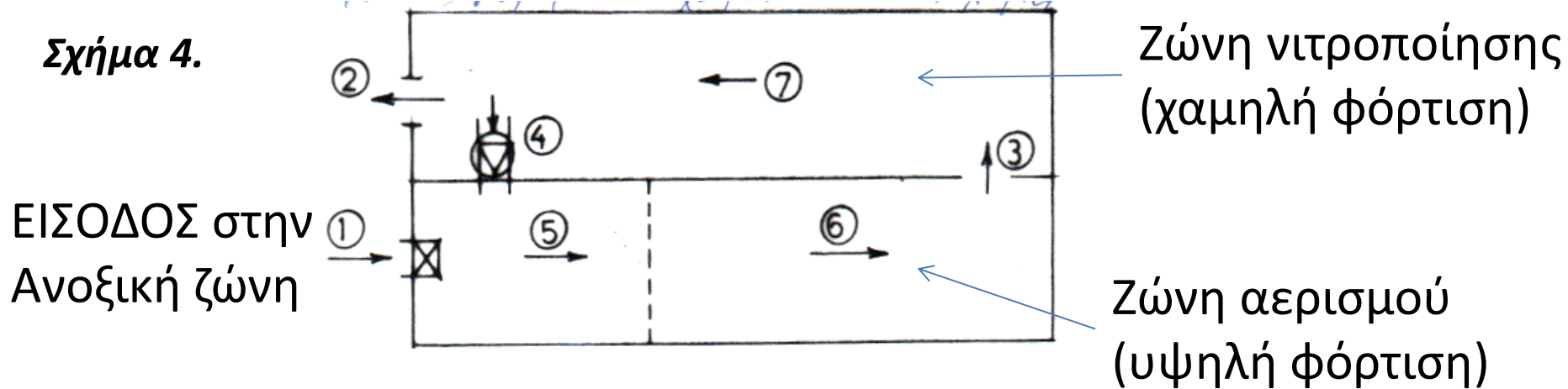


Σχήμα 3.



Νιτροποίηση – Απονιτροποίηση στην ίδια δεξαμενή (σύγκοινη)

Σχήμα 4.



- **Α' τμήμα δεξαμενής: ΑΝΟΞΙΚΗ**
 - Ανάδευση μόνο, για την αποφυγή καθίζησης των φερτών υλών
 - Όχι εμφύσηση αέρα
- **Υπόλοιπο τμήμα δεξαμενής:**
 - Νιτροποίηση με κανονικό αερισμό



Νιτροποίηση – Απονιτροποίηση

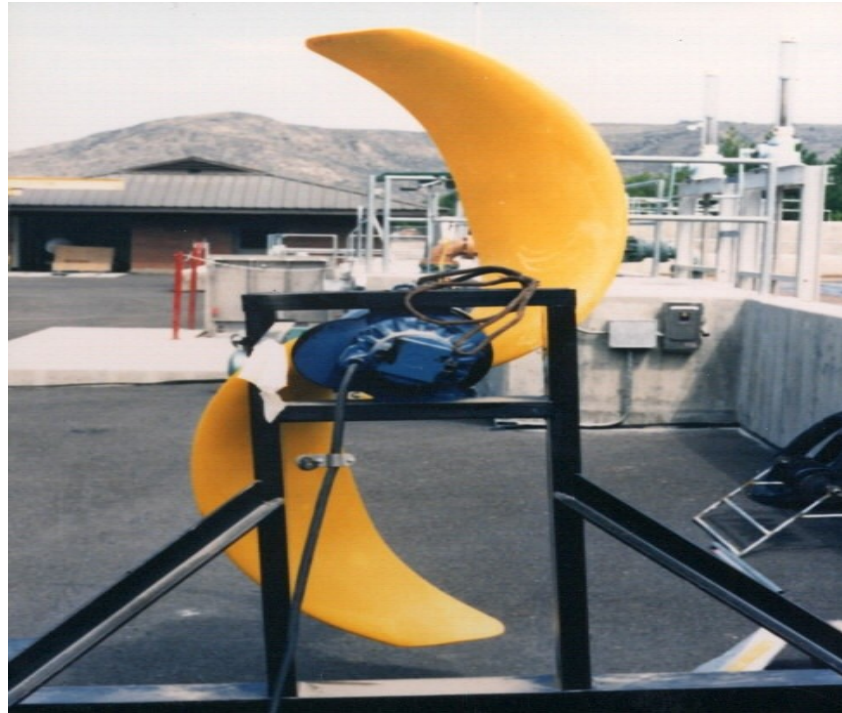


Πηγή:
<http://2186.mx.all.biz/>

Η νιτροποίηση – απονιτροποίηση είναι δυνατόν να γίνει σε μια δεξαμενή, χωρίς τον χωρισμό σε αεριζόμενο και μη αεριζόμενο θάλαμο



Αναμείκτης για απονιτροποίηση

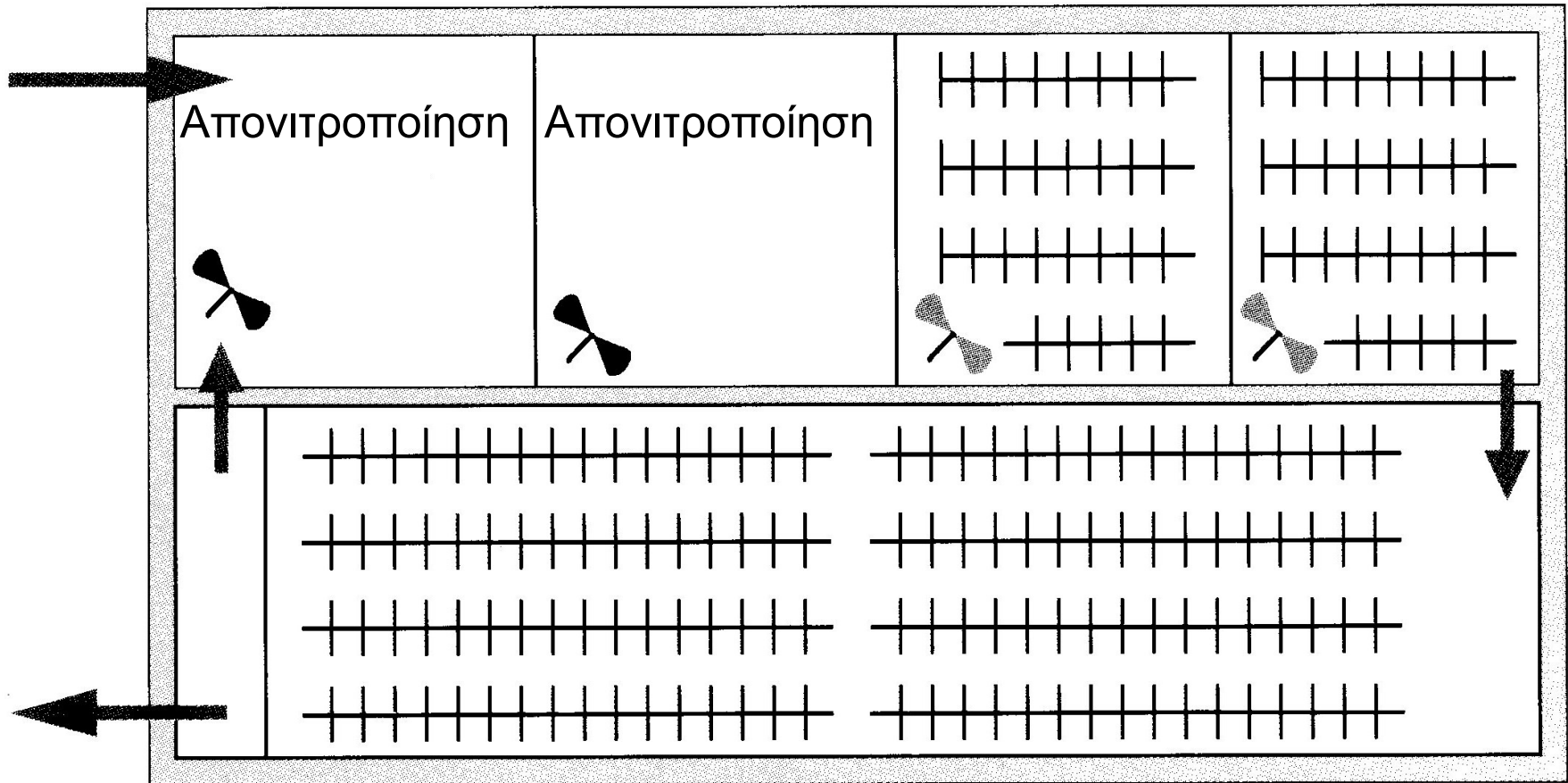


Πηγή:
<http://2186.mx.all.biz/>

Αναμείκτης τύπου μπανάνα για αργόστροφη ανάδευση (χρήση για απονιτροποίηση)



Διάταξη δεξαμενής ενεργού ιλύος με πρόβλεψη νιτρ/σης – απονιτρ/σης



Σχήμα 5.



Δεξαμενή ενεργού ιλύος με προτασόμενη ανοξική ζώνη

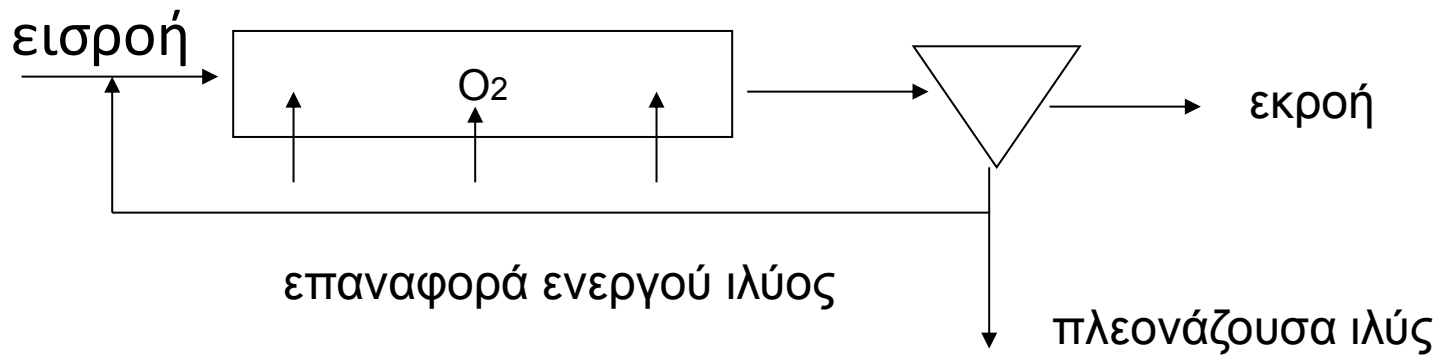


Πηγή:

<http://www.fulda.de/aktuelles/news/einzelansicht/gesplittete-abwassergebuehr-fordert-nachfragen.html>



Ταυτόχρονη ή διακοπτόμενη απονιτροποίηση

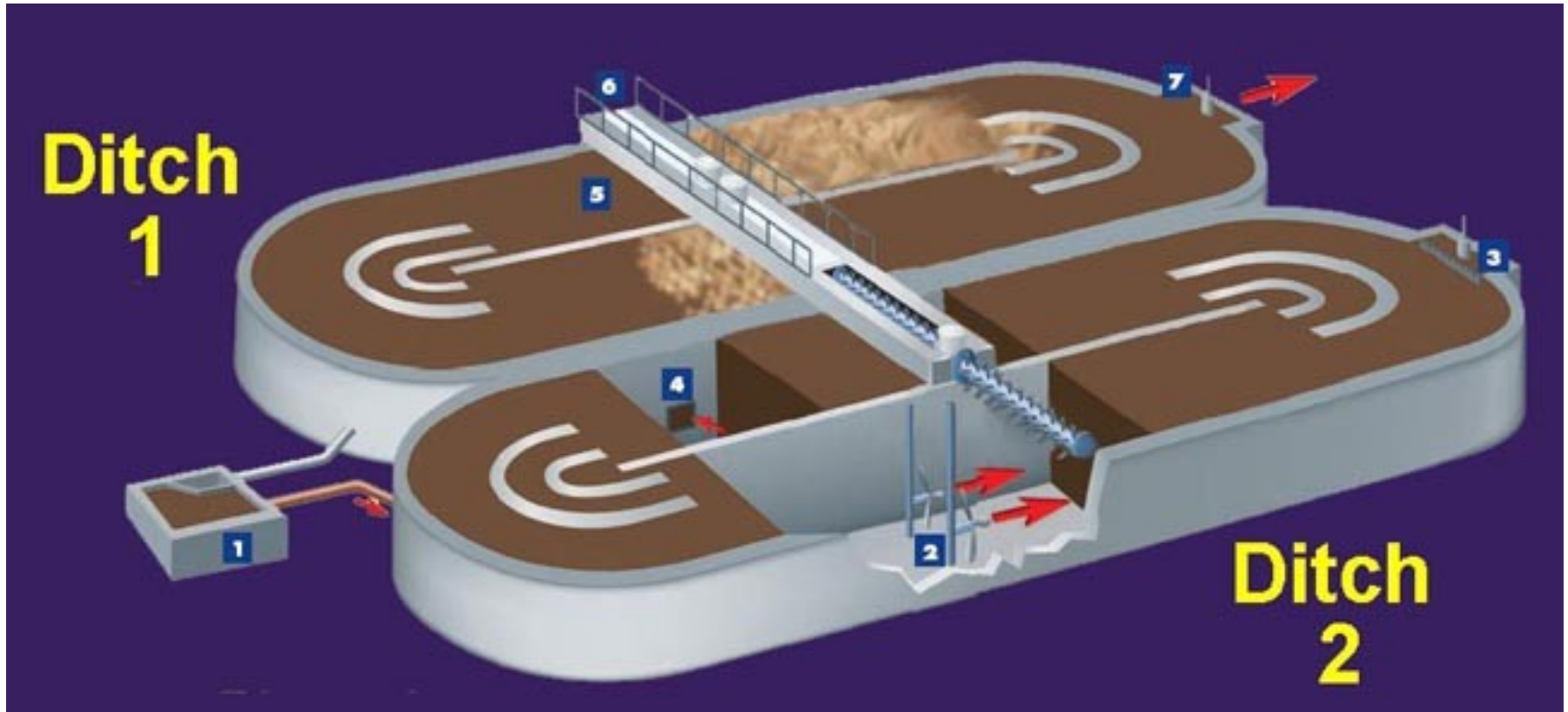


Σχήμα 6. Εναλλαγή αεριζόμενων με μη αεριζόμενες ζώνες

ΕΕΛ ΚΑΒΑΛΑΣ ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΕΣ ΤΑΦΡΟΙ ΕΝΑΛΑΣΣΟΜΕΝΗΣ ΑΠΟΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗΣ - ΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗΣ



Σχηματική διάταξη δίδυμων οξειδωτικών τάφρων

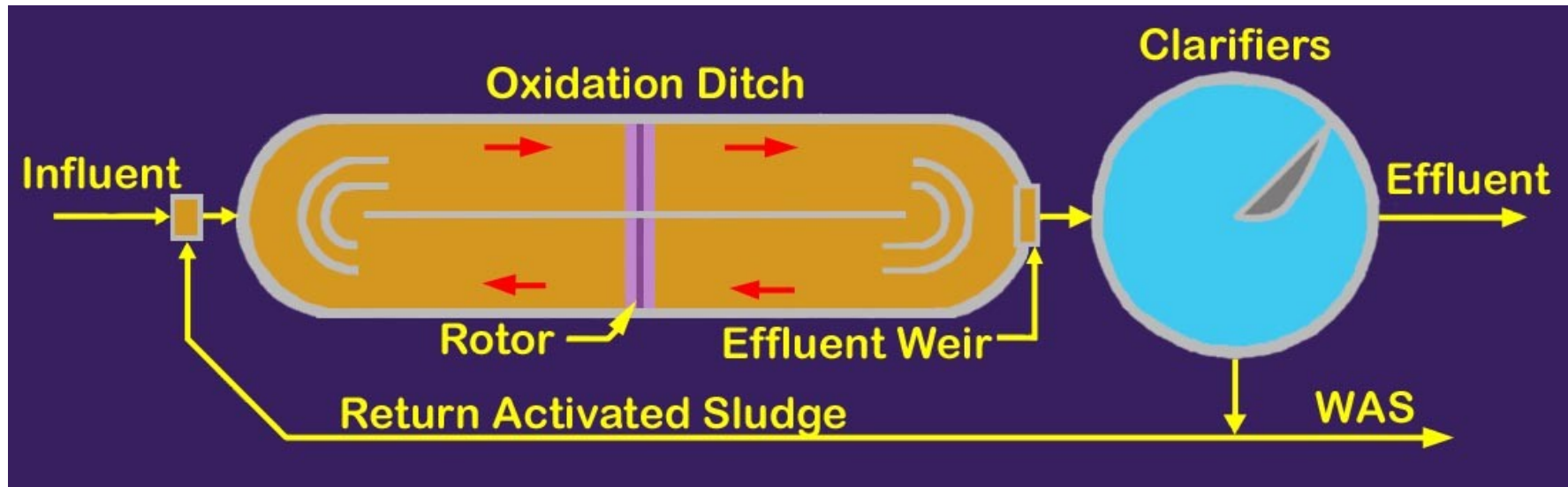


Πηγή:

<http://www.greenworld.vn/products/thiet-bi-moi-truong-67.html>



Αρχή λειτουργίας της οξειδωτικής τάφρου



Πηγή:

<http://www.thewatertreatments.com/wastewater-sewage-treatment/oxidation-ditch-sewage-treatment/>

(ταυτόχρονη απονιτροποίηση)



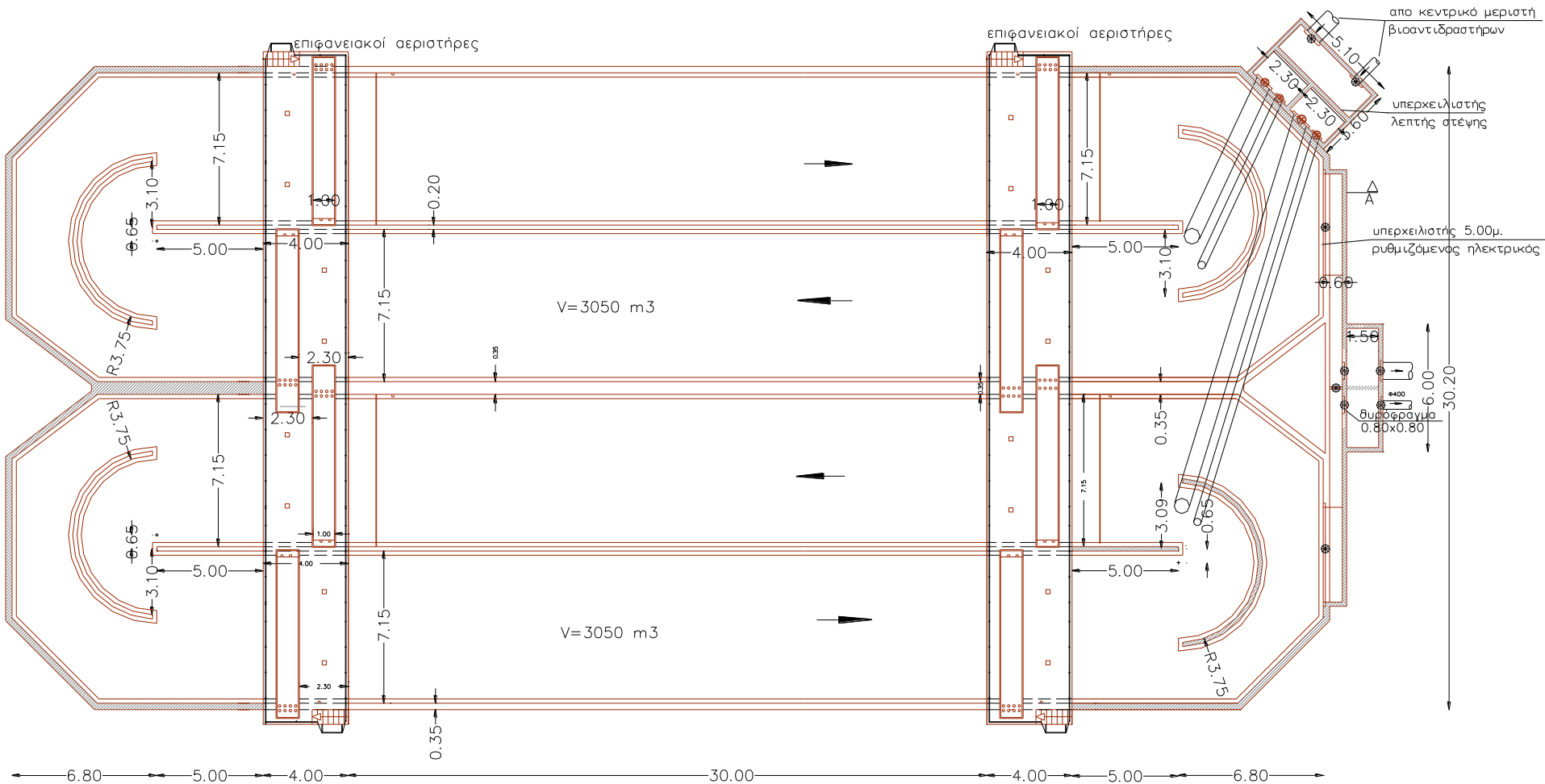
Οξειδωτική τάφρος σε φάση κατασκευής



Πηγή:
B. Ιωσηφίδης, 2010

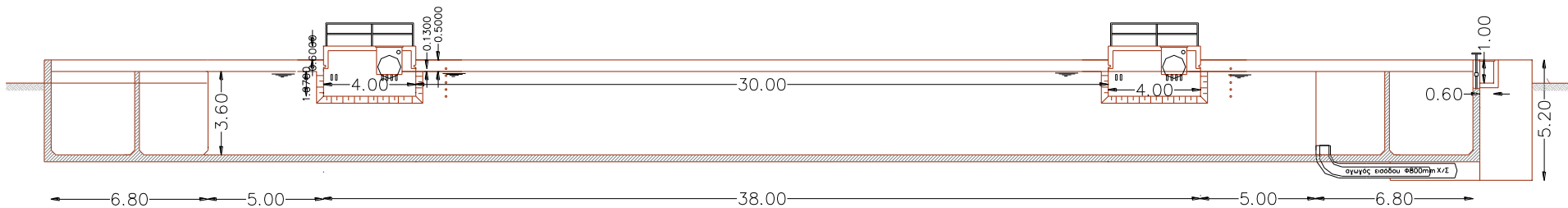


Δεξαμενή Βιολογικής Επεξεργασίας κάτοψη



Πηγή: Β. Ιωσήφιδης, 2010

Δεξαμενή Βιολογικής Επεξεργασίας τομή



Πηγή: Β. Ιωσηφίδης, 2010



Δεξαμενές αερισμού



Πηγή:
<http://www.thewatertreatments.com/wastewater-sewage-treatment/oxidation-ditch-sewage-treatment/>

Δεξαμενές αερισμού με Mammittrotors (βούρτσες) για διαλείπουσα απονιτροποίηση



Δεξαμενές αερισμού



Πηγή:
<http://watershedprocessall.es976-public.sharepoint.com/>

Δεξαμενές αερισμού με Mammittrotors (βούρτσες) για διαλείπουσα απονιτροποίηση



Διαστασιολόγηση δεξαμενών Νιτροποίηση - Απονιτροποίηση

Παράμετροι διαστασιολόγησης εγκατάστασης νιτρ/σης–απονιτρ/σης

- Διαλυμένο οξυγόνο στις Δ.Ν.: $2\text{mgO}_2/\text{l}$
- Οργανική φόρτιση Δ.Ν.:
 - $\Phi_B = 0,2 \text{ kg/kg d}$ για $T=12^\circ \text{ C}$
 - $\Phi_B = 0,3 \text{ kg/kg d}$ για $T=17^\circ \text{ C}$
- Χρόνος παραμονής στις Δ.Α. $t=8-10\text{hr}$
- Απομάκρυνση αερίων (N_2 και CO_2) γίνεται με την παρεμβολή αερισμών μικρής χρονικής διάρκειας, στις Δ.Απ.



Βασικά κριτήρια

- **ΜΕ ΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗ:** όταν οι προδιαγραφές του αποδέκτη επιτρέπουν τη διάθεση λυμάτων με συγκέντρωση **αμμωνιακών** ($\text{NH}_4^+ - \text{N}$)

$$\phi_{\text{ΕΚ.}} \leq 3 \text{ mg}(\text{NH}_4^+ - \text{N})/\text{lt}$$

- Σε εγκαταστάσεις ενεργού ιλύος ισχύει:
- $\Phi_B \leq 0,6 \text{ kg}/\text{m}^3\text{d} \rightarrow$ χαμηλή φόρτιση Δ.Α.
- $\Phi_B \geq 0,6 \text{ kg}/\text{m}^3\text{d} \rightarrow$ υψηλή φόρτιση Δ.Α.



Στάδια επίλυσης

A. Δεξαμενή αρχικής καθίζησης

- Υπολογισμός οργανικού φορτίου που κατακρατείται στις Δ.Α.Κ.

B. Δεξαμενές αερισμού

- Υπολογισμός οργανικού φορτίου εισροής στις Δ.Α., $\varphi_{\text{εισ}}$
- Απόδοση εγκατάστασης βιολογικής επεξεργασίας, n
- Υπολογισμός επιτρεπόμενης οργανικής φόρτισης στις Δ.Α., Φ



Στάδια επίλυσης

B. Δεξαμενές αερισμού

- Υπολογισμός ημερήσιου οργανικού φορτίου που διοχετεύεται στις Δ.Α. από τον οικισμό
- Υπολογισμός απαιτούμενου όγκου Δ.Α., V
- Υπολογισμός πλεονάζουσας βιομάζας, $B_{πλ}$



Στάδια επίλυσης

Γ. Οξυγόνο

- Κατανάλωση οξυγόνου, O_c
- Ποσότητα διαλυμένου οξυγόνου στα λύματα, $O_{λυμ}$
- Οξυγόνο που είναι δυνατόν να διαλυθεί στο καθαρό νερό, $O_{νε}$

Δ. Επανακυκλοφορία ιλύος από τις Δ.Τ.Κ.





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΑΠΟΦΑΣΦΑΤΩΣΗ (Απομάκρυνση φωσφόρου)

Διαδικασίες προχωρημένου καθαρισμού

- Χημική – βιολογική επεξεργασία βιομηχανικών αποβλήτων
 - Αποφωσφάτωση
 - Αποχρωματισμός
 - Απόσμηση



Αποφωσφάτωση

- Η προχωρημένη επεξεργασία λυμάτων αφαιρεί σχεδόν όλο το ποσοστό των παθογόνων ουσιών κυρίως με χημικές διαδικασίες. Δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα εργοστάσια επεξεργασίας λυμάτων εξαιτίας του υψηλού κόστους του εξοπλισμού.
- Κύριος σκοπός είναι η **αφαίρεση του φωσφόρου**. Οι ενώσεις του φωσφόρου (άλατα) μπορούν να προκαλέσουν **ευτροφισμό** στις λίμνες ή στη θάλασσα.



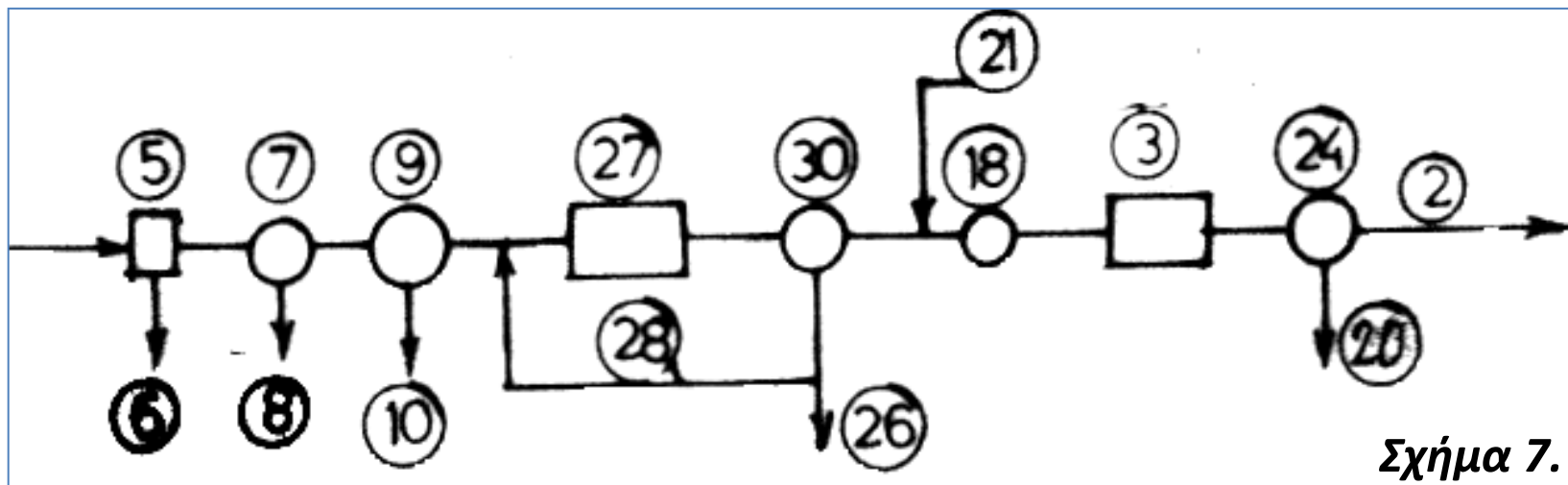
Απομάκρυνση φωσφόρου

- Σε ξεχωριστή δεξαμενή μετά τη βιολογική επεξεργασία
- Στην ίδια δεξαμενή μαζί με την βιολογική (νιτροποίηση – απονιτροποίηση)
 - Η απομάκρυνση του **φωσφόρου** έχει νόημα μόνον όταν ταυτόχρονα απομακρύνονται και τα άλατα του **αζώτου**

Σύγκοινη βιολογική – χημική επεξεργασία



Σύνθετες μέθοδοι επεξεργασίας για > 10.000 κατοίκους



Σχήμα 7.

(5) Σχάρα

(7) Αμμοσυλλέκτης

(9) Δεξαμενή Αρχικής Καθίζησης

(27) Δεξαμενές αερισμού

(30) Δεξαμενή ενδιάμεσης καθίζησης

(21) Αντιδραστήρια

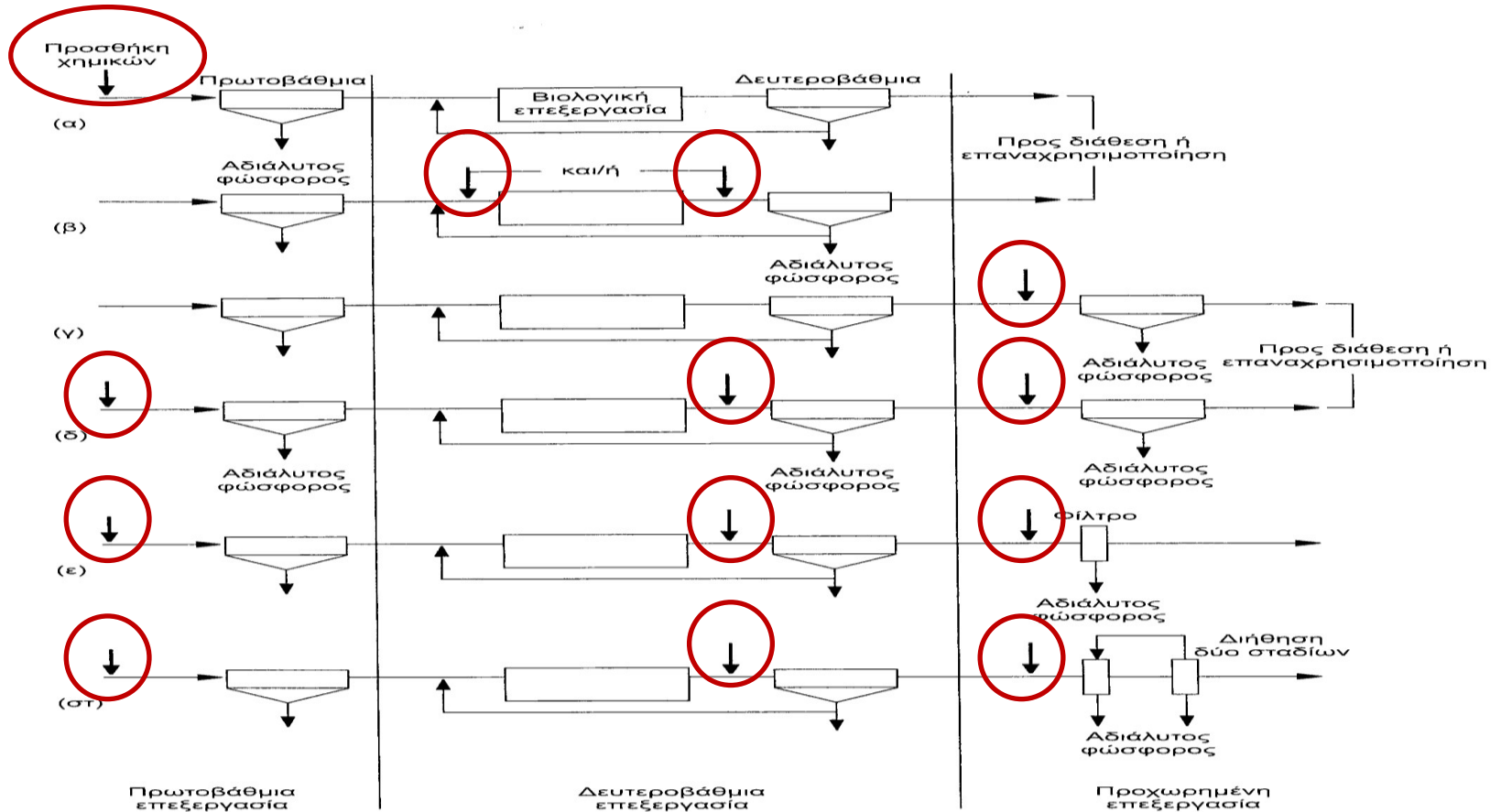
(18) Δεξαμενή ανάμιξης

(3) Δεξαμενή αντίδρασης

(24) Δεξαμενή Τελικής Καθίζησης



1. Χημική απομάκρυνση φωσφόρου



Σχήμα 8.



1. Χημική απομάκρυνση φωσφόρου

Εναλλακτικά σημεία προσθήκης χημικών για την απομάκρυνση φωσφόρου:

(α) πριν την πρωτοβάθμια καθίζηση, **(β)** πριν και / ή μετά τη βιολογική επεξεργασία,

(γ) μετά τη δευτεροβάθμια επεξεργασία και

(δ-στ) σε διάφορα σημεία μιας διεργασίας (γνωστή ως «πολυσημειακή επεξεργασία»)



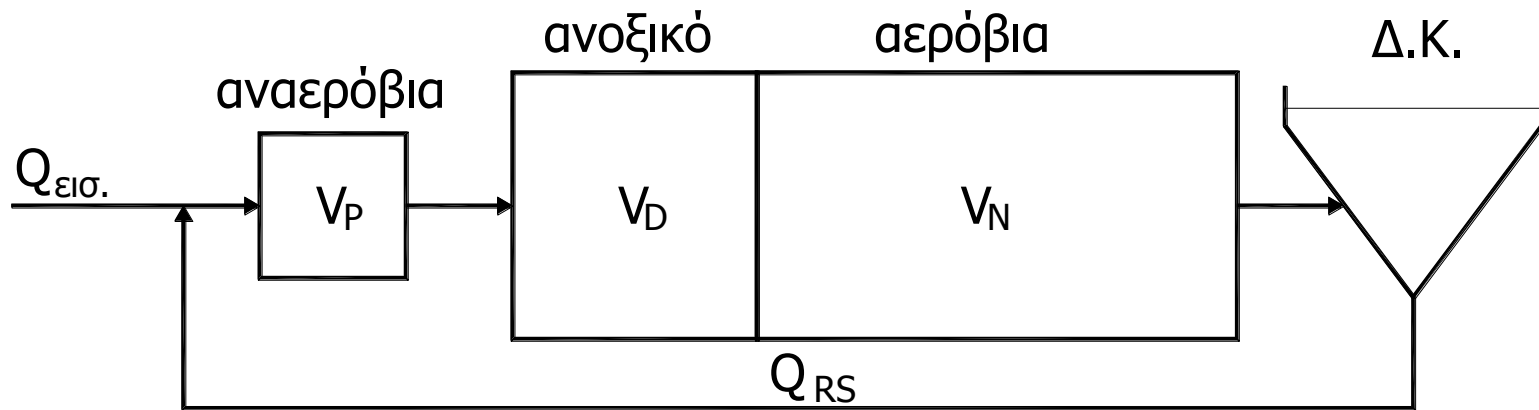
2. Βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου

Πριν από την είσοδο στη δεξαμενή ενεργού ιλύος προτάσσεται δεξαμενή αναερόβιων συνθηκών (απλή ανάμειξη χωρίς προσθήκη οξυγόνου).

Υπολογισμός όγκου για χρόνο παραμονής 0,5 – 0,75 h για το σύνολο της παροχής (εισερχόμενη + επανακυκλοφορία).



2. Βιολογική απομάκρυνση φωσφόρου



Σχήμα 9.

ΕΕΛ ΚΑΒΑΛΑΣ
ΠΡΟΤΑΣΣΟΜΕΝΗ ΑΝΟΞΙΚΗ ΖΩΝΗ
(ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΦΩΣΦΟΡΟΥ)



Αποδόσεις διαφόρων σταδίων καθαρισμού

Πίνακας 2.

Παράμετρος	Ανεπεξέργαστα λύματα	Μηχανικός Καθαρισμός	Βιολογικός χωρίς νιτροποίηση	Βιολογικός με νιτροποίηση + Απονιτροποίηση	Βιολογικός με νιτροποίηση απονιτροποίηση + απομάκρ. P
Στερεά (σύνολο)	~400	180	40	20	10
BOD₅	400	250	20 – 40	15	15
Ολικός - P	15	10 – 15	8 – 10	8 – 10	2
N-NH₄	40	35	30 - 35	1	1

* Τιμές σε mg / l





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Υπότιτλος

Απολύμανση λυμάτων

Απολύμανση

- Το στάδιο αυτό είναι επιθυμητό όταν η παρουσία **βιομηχανικών αποβλήτων** στα λύματα είναι σημαντική και ο στόχος είναι η **επαναχρησιμοποίηση των λυμάτων** (π.χ στην βιομηχανία, για άρδευση ή για χώρους αναψυχής).
- Στο στάδιο αυτό περιλαμβάνονται επεξεργασίες όπως η **κροκίδωση - ιζηματοποίηση**, η **διύλιση**, η **προσρόφηση από ενεργό άνθρακα** και **διεργασίες με μεμβράνες** (π.χ. αντίστροφης όσμωσης).

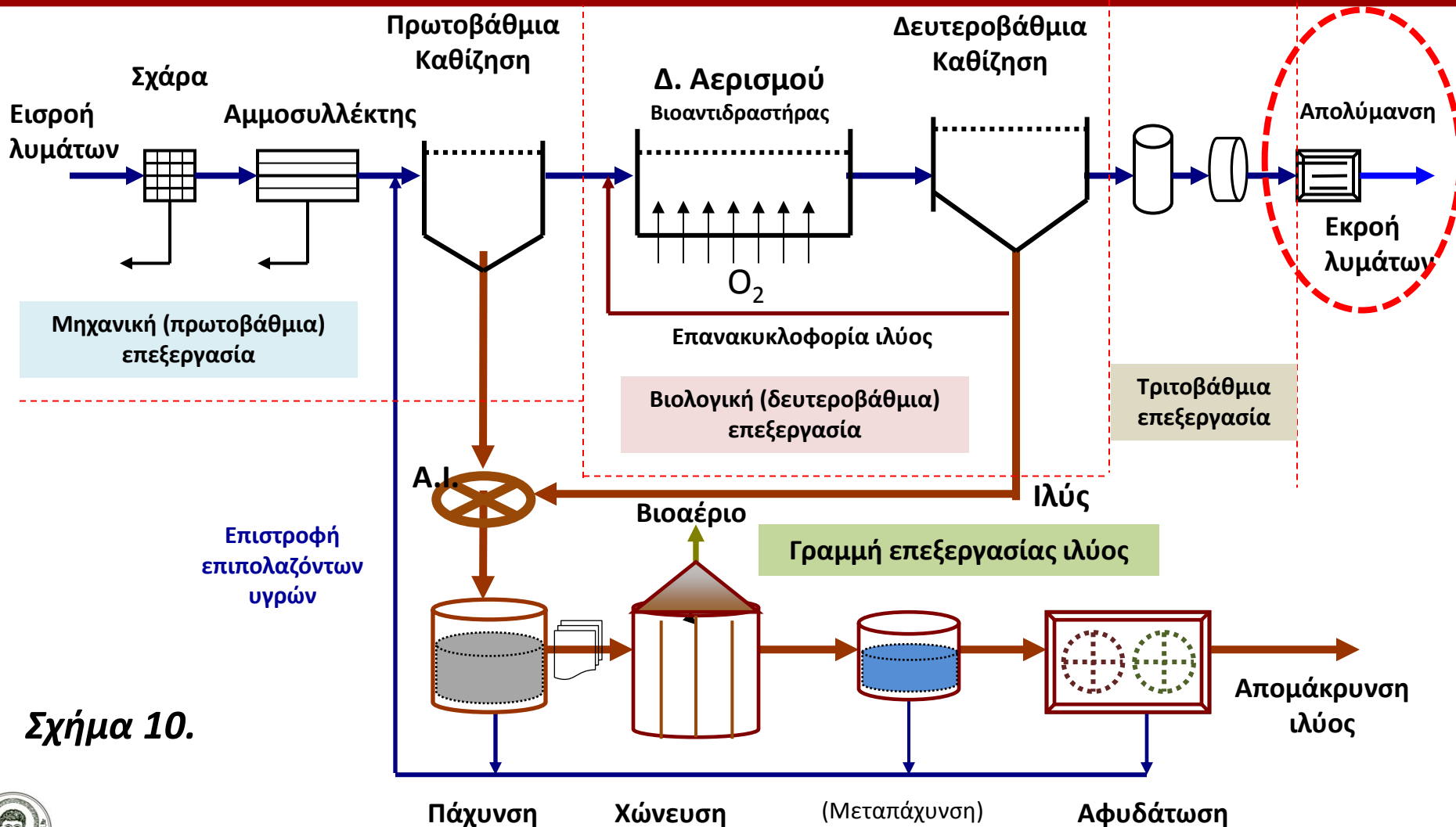


Χημική επεξεργασία λυμάτων

- Η χημική επεξεργασία των λυμάτων μας δίνει τη δυνατότητα να **διαχωρίσουμε από τα λύματα οποιαδήποτε ουσία**, κι όχι μόνο αυτές που αποικοδομούνται ή δεσμεύονται βιολογικά.
- Στην επεξεργασία **βιομηχανικών** αποβλήτων η χημική επεξεργασία κατέχει εξέχουσα θέση.
- Αντίθετα, για την επεξεργασία λυμάτων **οικιακής** μόνο προέλευσης είναι **οικονομικά ασύμφορη**.



Τυπικό διάγραμμα ροής Ε.Ε.Λ. με τη μέθοδο της ενεργού ιλύος



Σχήμα 10.



Λύματα

- Στα λύματα βρίσκονται **βακτηρίδια, ιοί** και **ωάρια** κάθε είδους παρασιτικών οργανισμών.
- Μερικές από τις πιο επικίνδυνες **αρρώστιες** μπορούν να μεταφερθούν στον άνθρωπο από **μολυσμένα νερά** (τύφος, διφθερίτιδα, **φυματίωση, μηνιγγίτιδα**)
- Στα περιττώματα ανθρώπων και ζώων διαβιώνουν κυρίως **μη παθογόνοι μικροοργανισμοί** (π.χ. **κολοβακτηρίδιο E-coli**)



Μείωση παθογόνων βακτηριδίων από διεργασίες επεξεργασίας

Πίνακας 3.

Διεργασία	% Απομάκρυνση
Εσχάρωση	10 – 20
Εξάμμωση	10 – 25
Καθίζηση	25 – 75
Ενεργός ιλύς	90 – 98
Απολύμανση	98 – 99,99



Υγειονομικές προδιαγραφές – Αραίωση λυμάτων

- Οι υγειονομικές προδιαγραφές , ως προς την παρουσία δεικτών στα δείγματα των νερών, είναι πολύ αυστηρές
 - Για το **πόσιμο νερό** δεν επιτρέπεται η παρουσία κανενός κολοβακτηριοειδούς σε δείγμα 100ml νερού
 - Για τα νερά ακτών **κολύμβησης**, των **ιχθυοτροφείων** και **οστρακοτροφείων** στα διάφορα κράτη ισχύουν ανάλογες προδιαγραφές.
- Τα λύματα που διατίθενται στους αποδέκτες πρέπει να υποστούν εξαιρετικά μεγάλη **αραίωση** ($1:10^6$ – $1:10^7$)



Μικροβιολογικές παράμετροι (1)

Πίνακας 4.

Παράμετροι	Όγκος του δείγματος (σε ml)	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση	
		Μέθοδος διηθητικών μεμβρανών MF	Μέθοδος των πολλαπλών σωλήνων NPP
Ολικά κολοβακτηριοειδή ^(α)	100	0	NPP < 1
Κολοβακτηριοειδή κοπράνων	100	0	NPP < 1
Στρεπτόκοκκοι κοπράνων	100	0	NPP < 1
Κλωστρίδια αναγωγικά θειωδών αλάτων	20	---	NPP < 1

(α) Υπό τον όρο ότι θα εξετασθεί ικανός αριθμός δειγμάτων (το 95 % των αποτελεσμάτων πρέπει να πληρούν τους όρους της προδιαγραφής).



Μικροβιολογικές παράμετροι (2)

Πίνακας 5.

Παράμετρος: Καταμέτρηση συνολικών βακτηριδίων	Όγκος του δείγματος (σε ml)	Ενδεικτικό επίπεδο	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση
για το πόσιμο νερό (επώαση 37 °C)	1	10 (α), (β)	---
για το πόσιμο νερό (επώαση 22 °C)	1	100 (α), (β)	---
για τα συσκευασμένα νερά (37 °C)	1	5	20
για τα συσκευασμένα νερά (22 °C)	1	20 (γ)	100



Μικροβιολογικές παράμετροι (2)

- Για τα νερά που έχουν υποστεί απολύμανση, οι αντίστοιχες τιμές πρέπει να είναι σαφώς κατώτερες στην έξοδο του σταθμού κατεργασίας
- Κάθε υπέρβαση αυτών των τιμών, εφόσον επιμένει κατά τη διάρκεια διαδοχικών δειγματοληψιών, πρέπει να γίνει αφορμή για έλεγχο.
- Οι τιμές της ανώτατης παραδεκτής συγκέντρωσης πρέπει να μετρώνται μέσα στις 12 ώρες που ακολουθούν τη συσκευασία, ενώ το νερό των δειγμάτων θα διατηρείται σε μια θερμοκρασία σταθερή κατά τη διάρκεια αυτή των 12 ωρών.



Απολύμανση

Απομάκρυνση των παθογόνων μικροοργανισμών από τα επεξεργασμένα λύματα προκειμένου να αποδοθούν αβλαβή στους επιφανειακούς αποδέκτες.

Πίνακας 6.

Παράμετρος	Οδηγία	Ανώτατο Όριο
Ολικά κολοβακτηρίδια σε 100ml	500	10.000
Faecal coliform	100	2.000
Στρεπτόκοκκος /100ml	100	-
Σαλμονέλα /100ml	0	0



Απολύμανση

Μικροβιολογική ποιότητα σε νερά κατάλληλα για **κολύμβηση** σύμφωνα με την οδηγία της Ε.Ε.

Αρχική περιεκτικότητα λυμάτων σε κολοβακτηρίδια:
 $10^7 - 0^9 / 100ml$



Μέθοδοι απολύμανσης

Απολύμανση

- Σε ακατέργαστα λύματα
- Σε προκατεργασμένα λύματα (μηχανικός καθαρισμός)
- Σε βιολογικά ή χημικά κατεργασμένα λύματα

Μέθοδοι

- Χλωρίωση
- Οζόνωση
- Υπεριώδης ακτινοβολία (UV)
- Ανοδική οξείδωση
- Ακτίνες γ
- Ακτίνες ηλεκτρονίων
- Θερμική επεξεργασία
- Φίλτραση με μεμβράνες



Συγκριτική αξιολόγηση των μεθόδων απολύμανσης

Πίνακας 7.

Μέθοδος	Αποτελεσματικότητα	Λειτουργική εμπειρία	Περιβαλλοντική συμβατότητα	Κόστος €/m ³
UV ακτινοβολία	+	++	+	0,05 – 0,10
Χλωρίωση	++	++	-	0,08 – 0,12
Οζόνωση	+	+	-	0,10 – 0,35
Φίλτραση με μεμβράνες	++	-	++	0,40 – 1,60

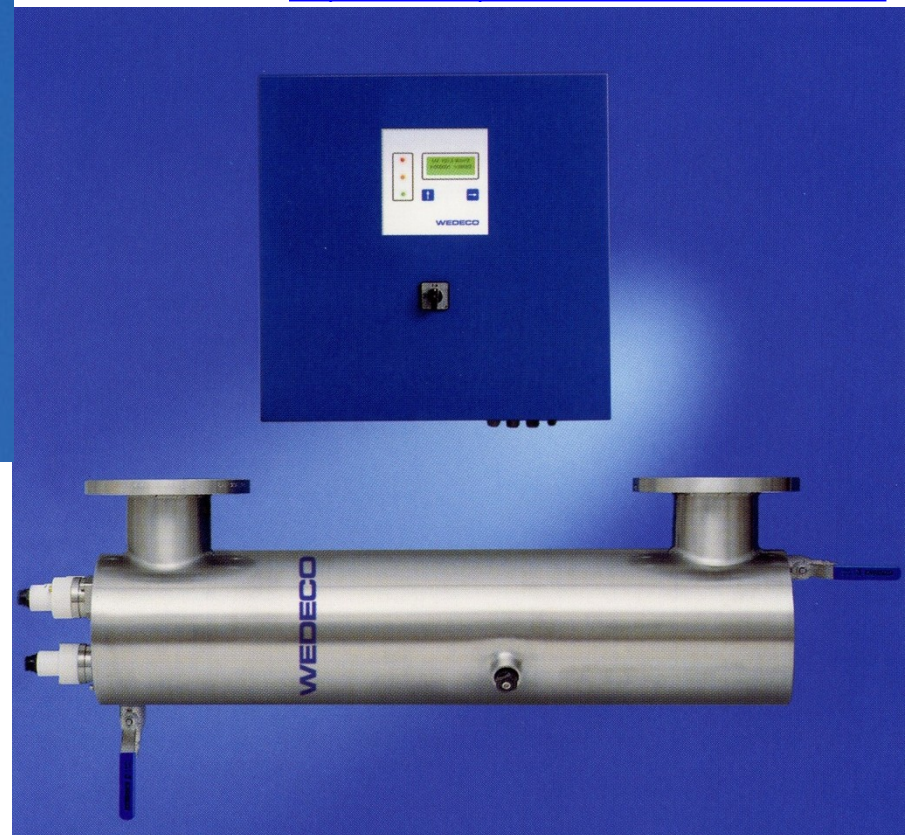


UV - Απολύμανση

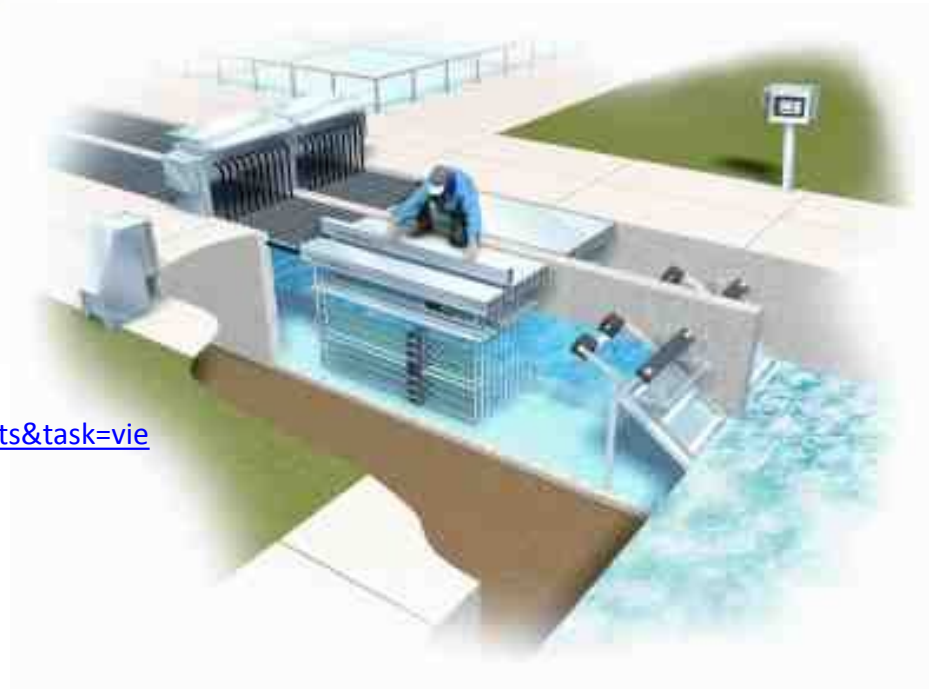
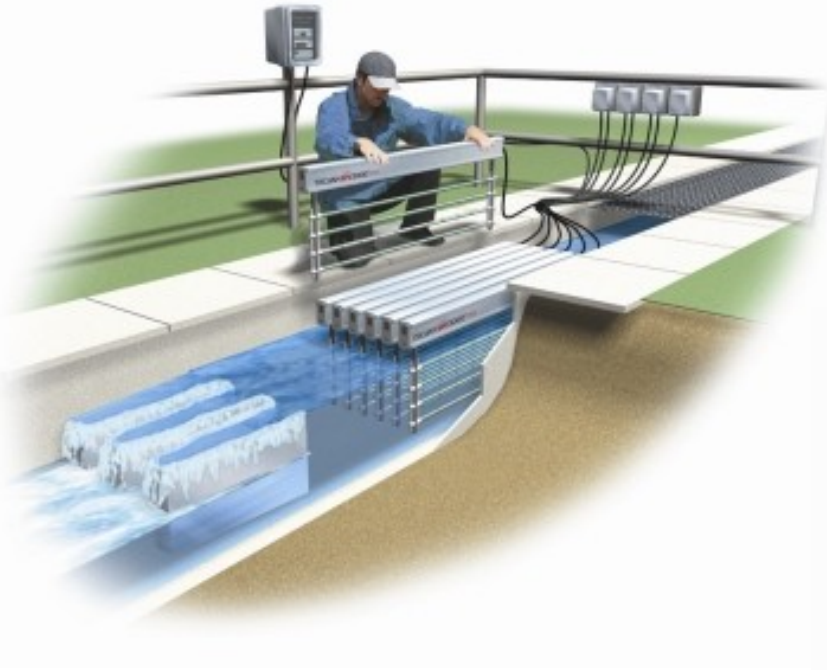


Πηγή:
<http://www.water-technology.net/contractors/disinfection/wedeco2/wedeco23.html>

Πηγή:
<http://www.aquaculture-com.net/recircu.htm>



UV - Απολύμανση



Πηγή:

http://www.michos.gr/index.php?lang=gr&option=contents&task=view_tag&category=225&id=219&tag=491&print=1



Εγκατάσταση απολύμανσης με UV



Πηγή:
<http://www.abwasserzv.de/index.php?id=0,19>



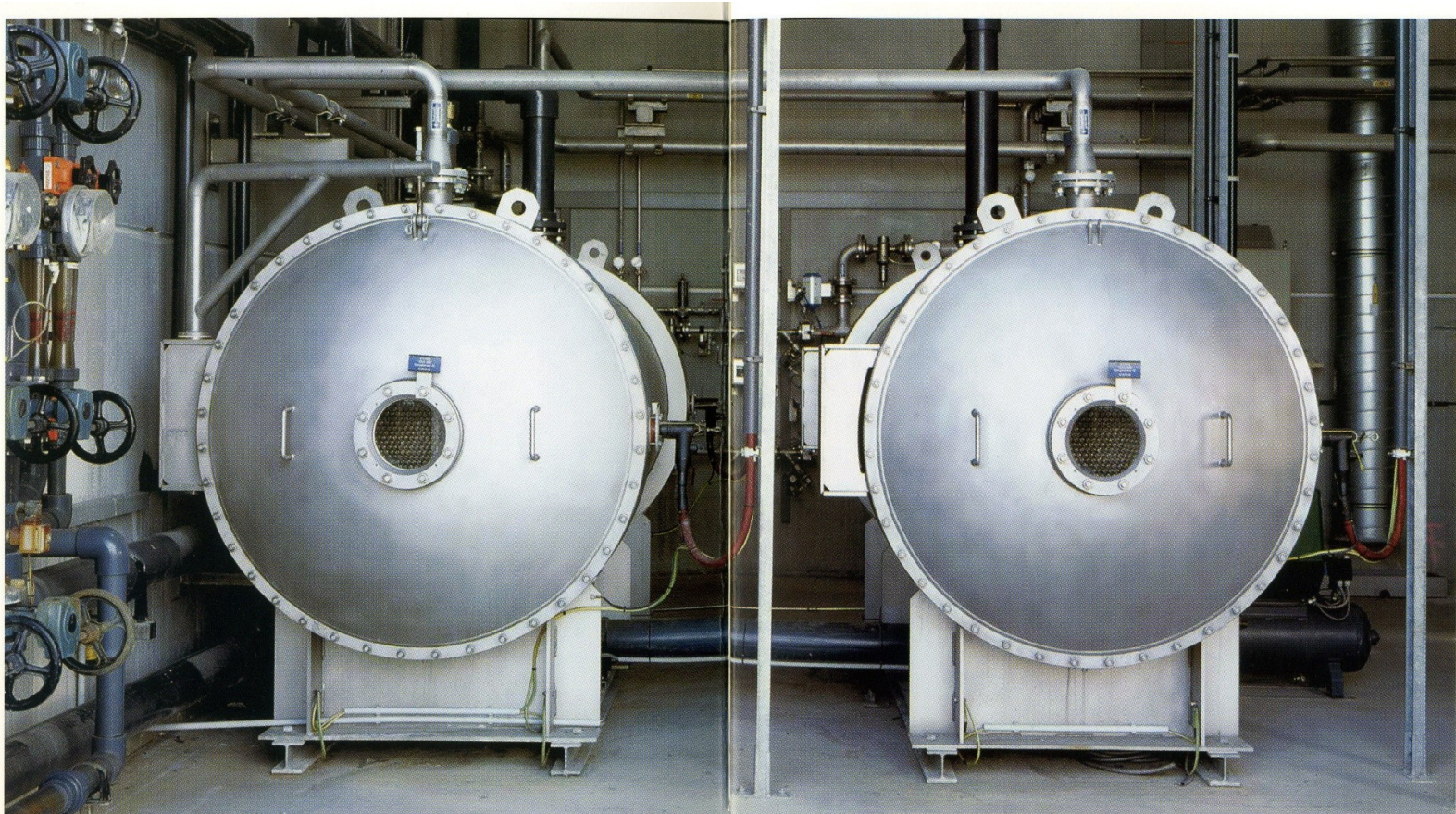
Οζονιστήρας: Παραγωγή όζοντος για απολύμανση



Πηγή:
<http://www.plastep.eu/polski/projekt/>



Συσκευές παραγωγής όζοντος

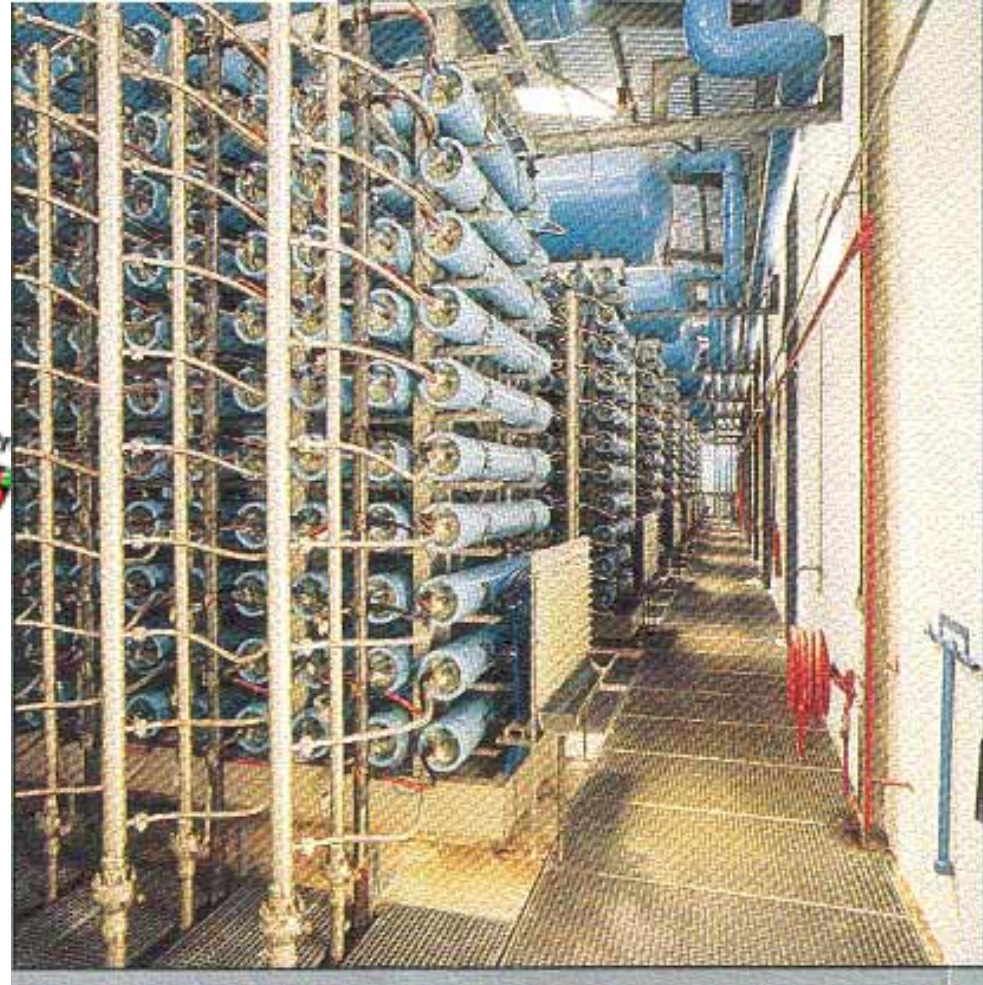
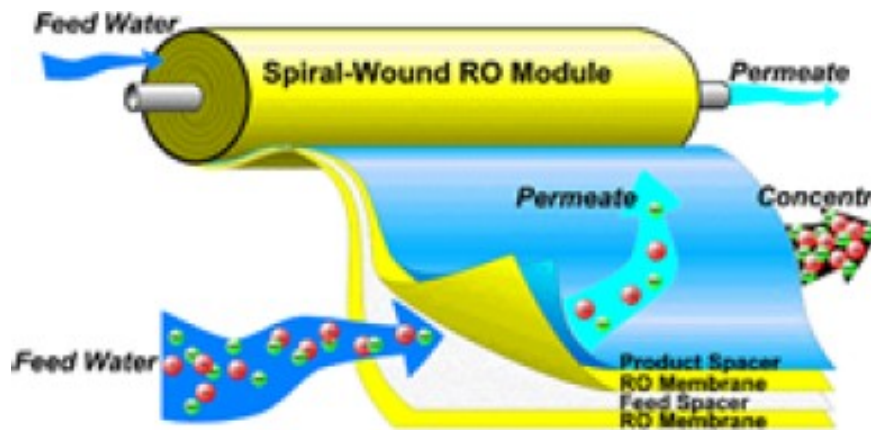


Πηγή:

<http://www.esc.com.tr/tr/urunler-detay/ozon-sistemleri/>



Φίλτραυση με μεμβράνες



Πηγή:
B. Ιωσηφίδης, 2010



ΔΙΟΧΕΤΕΥΣΗ ΣΤΟΝ ΑΠΟΔΕΚΤΗ
ΑΠΟΣΤΑΣΗ 960m, ΒΑΘΟΣ 22m

ΕΕΛ ΚΑΒΑΛΑΣ
ΚΡΟΚΙΔΩΣΗ – ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ UV





Κροκίδωση

Κροκίδωση

- Κροκίδωση είναι μια **φυσικοχημική** διεργασία κατά την οποία τα στερεά σε διασπορά μετασχηματίζονται σε **θρόμβους** (κροκίδες και ιζήματα) με την βοήθεια ειδικών χημικών ουσιών που προστίθενται στα νερά.
- Στόχος της χημικής αυτής επεξεργασίας είναι να επιτευχθεί
 - **αύξηση του μεγέθους** (κροκίδωση-συσσωμάτωση) των στερεών - ρυπαντών ώστε
 - σύμφωνα με τον νόμο του Stoke's να αναπτυχθεί **μεγαλύτερη ταχύτητα καθίζησης** που θα επιτρέψει τον διαχωρισμό με καθίζηση.



Κροκίδωση

- Η νέα αυτή ταχύτητα επιτρέπει **τον διαχωρισμό, την συγκέντρωση και συμπύκνωση των στερεών** ώστε να πραγματοποιείται το επιθυμητό, δηλαδή: **απομάκρυνση των ιζημάτων (θολότητας)** με την μέγιστη δυνατή συγκέντρωση εις την λάσπη, δηλαδή με τον ελάχιστο δυνατό όγκο παραγόμενης λάσπης.



Διατάξεις κροκίδωσης

- Οι κροκιδώσεις εκτελούνται σε **δύο ομότιχες δεξαμενές** που διαθέτουν **αναδευτήρες** (βλ. σχήμα)
- Η **πρώτη δεξαμενή** με το **πολύστροφο αναδευτήρα** (90RPM) χρησιμοποιείται για την **περικινητική κροκίδωση**, όπου τα στερεά δημιουργούν μικρού μεγέθους συσσωματώσεις με την βοήθεια ειδικών χημικών πρόσθετων. Ο χρόνος παραμονής στην περικινητική δεξαμενή είναι μικρός **max 5min**. (Δεξαμενή ταχείας ανάδευσης).

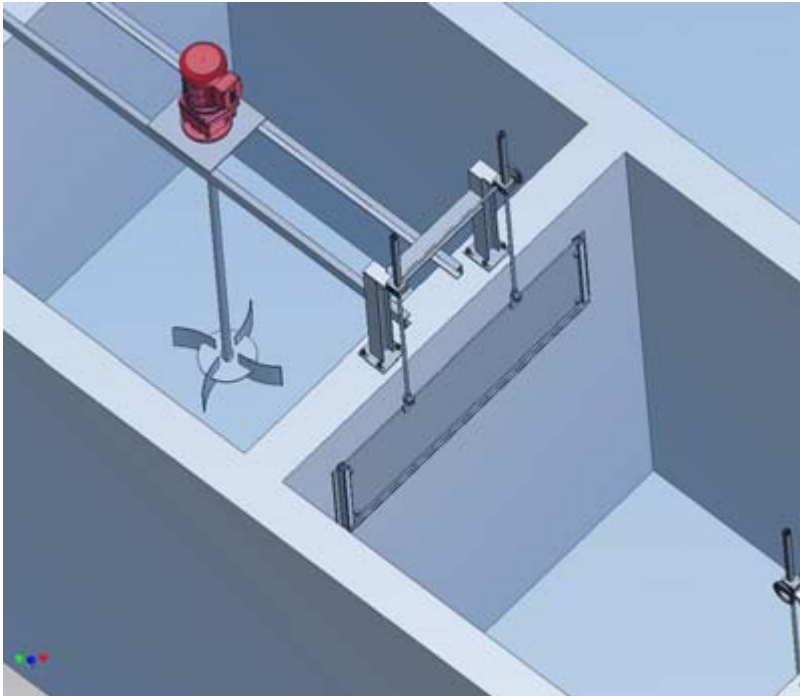


Διατάξεις κροκίδωσης

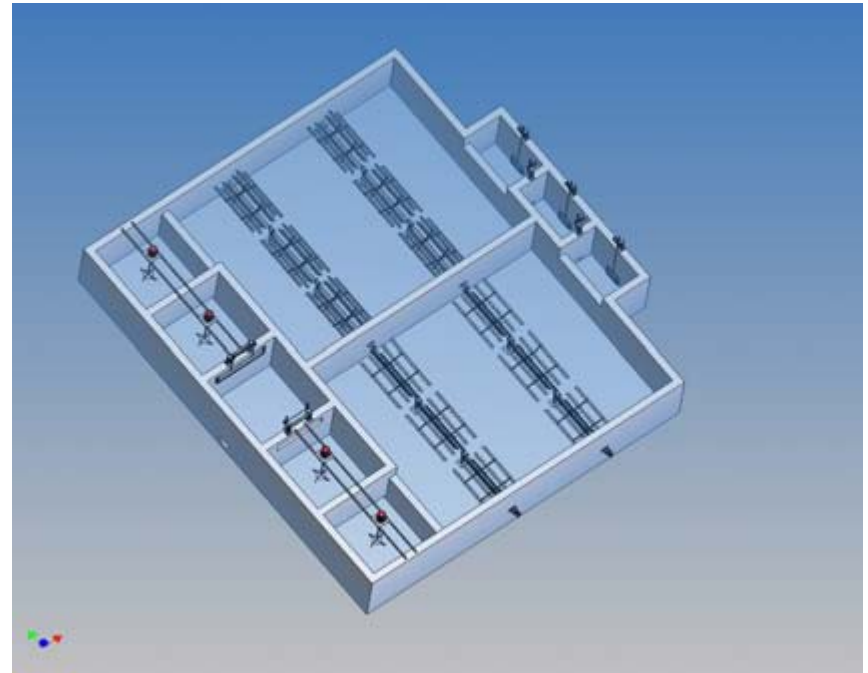
- Η **δεύτερη** δεξαμενή χρησιμοποιείται ώστε με αργή ανάδευση και την προσθήκη διαφορετικών χημικών υλών οι συσσωματώσεις να διογκωθούν. Η φάση της **ορθοκινητικής κροκίδωσης** περιλαμβάνει την χρησιμοποίηση ενός ακόμη χημικού μέσου, με σκοπό την γεφύρωση όλων των μικρού μεγέθους κροκιδώσεων της περικινητικής δράσης. Ο νέος σχηματισμός των συσσωματώσεων είναι ορατός δια γυμνού οφθαλμού (δεξαμενή αργής ανάδευσης). Συνήθης χρόνοι παραμονής εις την δεξαμενή ορθοκινητικής κροκίδωσης είναι **30 min**.



Διατάξεις κροκίδωσης



Πηγή: Β. Ιωσηφίδης, 2010



Διαστασιολόγηση δεξαμενών κροκίδωσης

- Οι υπολογισμοί του μεγέθους των δεξαμενών κροκίδωσης, του απαιτούμενου χρόνου παραμονής, της ταχύτητας περιστροφής των αναδευτήρων, το ζητούμενο μέγεθος των ιζημάτων και το είδος και η ποσότητα των χημικών πρόσθετων εξαρτώνται από την ποιότητα και την προέλευση των προς επεξεργασία ρυπαντών.
- Οι χημικές ύλες προετοιμάζονται κατάλληλα ώστε να ωριμάζουν και να διοχετεύονται στα νερά ανάλογα με την παροχή αλλά και βεβαίως με την συγκέντρωση της περιεχόμενης θολότητας.



Διαστασιολόγηση δεξαμενών κροκίδωσης

- Ως κροκιδωτικά χρησιμοποιούνται πολυηλεκτρολύτες - πολυακρυλαμίδια και σύμπλοκα άλατα αργιλίου και σιδήρου.
- Η διαδικασία της κροκίδωσης εναλλακτικά πραγματοποιείται και σε **δεξαμενή ενσωματωμένη με την καθίζηση** όπου τα ιζήματα έρχονται σε άμεση επαφή με την ήδη υπάρχουσα λάσπη. Η διεργασία αυτή **μειώνει** την κατανάλωση των χημικών προσθέτων και του χρόνου κροκίδωσης έχει όμως το **μειονέκτημα** της έλλειψης ευελιξίας.



Παρασκευαστήρια και διάταξη προσθήκης των χημικών υλών



Πηγή:

http://www.tolemaritma.com/diger_ekipmanlar.htm



Διάθεση υγρών αποβλήτων



Πηγή:

<http://www.getdomainvids.com/keyword/agricultural%20water%20pollution/>



Σημείωμα Αναφοράς

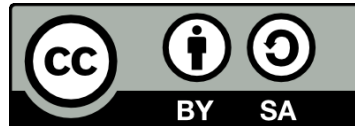
Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Αντιγόνη Ζαφειράκου.
«Τεχνική Περιβάλλοντος». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2014.

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.

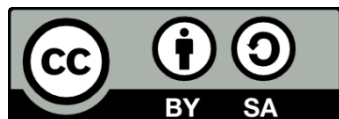
[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>





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



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
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.

